



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة
Université Frères Mentouri Constantine
Faculté des Science de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Animale

N° d'ordre : 64/D3C/2018

N° de série : 04/BA/2018

THESE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTORAT 3^{EME} CYCLE

Spécialité : Biologie Animale

Option : Biodiversité et Ecologie des Arthropodes

Analyse systématique et étude bio-écologique de
la faune des acridiens (Orthoptera,
Acridomorpha) de la région des Aurès, Batna,
Algérie

Présentée par :

BETINA SARA IMENE

Devant le jury :

Président : Mr HamraKroua Salah Pr

Université Frères Mentouri Constantine

Directeur de thèse : Mr Harrat Abboud Pr

Université Frères Mentouri Constantine

Examineurs :

Mr Benlaribi Mostefa Pr

Université Frères Mentouri Constantine

Mme Benkenana Naima MCA

Université Frères Mentouri Constantine

Mr Moussi Abdelhamid MCA

Université Mohamed Khider Biskra

Soutenu le : 19/06/2018

Dédicaces

À mon père bien-aimé, qui m'a accompagné tout au long de ma carrière académique. Merci Papa

*À ma très chère mère qui était toujours là à mes cotés.
Je t'aime Maman*

À vous deux les plus précieux que mes yeux, je dédie ce travail car il n'aura jamais existé sans vous

Iméne

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes, , Faculté des Science de la nature et de la vie, Département de biologie animale à l'Université Mentouri Constantine en Algérie Et dans l'unité de génétique moléculaire animale, Faculté des sciences et techniques, laboratoire des collections de Zoologie et de Botaniques à l'université de Limoges en France.

Je voudrais tout d'abord exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de thèse Monsieur Harrat Abboud, Professeur à l'université des Frères Mentouri de Constantine, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour m'avoir fait bénéficier de son expérience et pour m'avoir conseillé et orienté. Je lui réitère ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements.

Je tiens tout particulièrement à remercier Monsieur Daniel Petit, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Limoges, de m'avoir accueilli dans son laboratoire et pour avoir accepté de co-diriger avec beaucoup d'attention et de soin cette thèse. C'est lui qui a animé mes recherches sur la plasticité de la phénologie et l'écologie des acridiens Je lui suis très reconnaissante pour sa disponibilité, sa bienveillance et son soutien permanent, et d'avoir porté un intérêt constant au sujet de la thèse et les articles. Je lui dois beaucoup pour le contenu du travail présenté, pour ses critiques constructives, ces conseils et son aide précieuse aux différents obstacles rencontrés. Je lui témoigne ici toute mon admiration pour ses qualités scientifiques, son ouverture d'esprit, sa gentillesse et ses qualités humaines.

Je tiens à remercier Monsieur Hamra Kroua Salah, Professeur à l'université des Frères Mentouri de Constantine et qui me fait l'honneur de présider mon jury, pour ses conseils et son soutien qui m'étaient d'une grande aide.

Je tiens à remercier Monsieur Benlaribi Mostefa, Professeur à l'université des Frères Mentouri de Constantine, pour son aide dans

l'identification initial des espèces de plante et pour avoir accepté d'examiner ce travail.

J'ai le plaisir, aussi, de remercier Madame Benkenana Naima, Maitre de conférences et directrice de laboratoire de bio systématique et écologie des arthropodes à l'université des Frères Mentouri de Constantine, pour avoir accepté d'examiner ce travail. Ainsi que pour son aide si précieux dans la confirmation et l'identification de certaines espèces acridiennes.

Je tiens à remercier Monsieur Moussi Abdelhamid, Maitre de conférences à l'université de Biskra d'avoir acceptées d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier Monsieur Madaci Brahim, le chef de département de la Biologie animale qui m'a beaucoup facilité les procédures administratives, Je lui suis très reconnaissante.

Je tiens à remercier également toute l'équipe du secteur Fesdis et Hamla du parc national de Belezma pour leurs aide sur le terrain ainsi que pour leurs Sympathie.

Je tiens à remercier l'équipe de la station météorologique de l'aéroport de Batna et de Constantine qui m'ont fourni les informations et les données dont j'avais besoin.

Toute ma gratitude à Monsieur Djenhi Fouad ingénieur au Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes et Florence Vallet ingénieur au laboratoire des collections de Zoologie et de Botaniques à l'université de Limoges en France pour leur soutien, leur patiente aide, notamment pour leur disponibilité à tout moment.

Un immense merci à mon mari, mes frères, ma sœur et ma grande famille pour leurs encouragements et leurs aides psychiques.

Je ne saurai pas oublier mes collègues les docteurs et les doctorants qui ont su créer une cordiale atmosphère de travail dans le laboratoire pendant des années, je les remercie très sincèrement.

Enfin, je tiens à remercier toute personne qui à contribué à la réalisation de cette thèse de près ou de loin m'ont témoigné leur aide et leur sympathie.

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....2

CHAPITRE 01: DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

Contexte physique et biologique des Aurès

I. Situation physique.....	6
a) Cadre géographique	6
b) Topographie et relief	7
c) Réseau hydrographique.....	9
d) Aperçu climatique	10

Caractéristiques des principaux éléments du climat.....10

1) Le régime pluviométrique.....	10
1-1-Variation mensuelles et annuelles des précipitations	12
2) La température	13
3) Les vents.....	13
4) L'évapotranspiration	14
5) Synthèse climatique	15
5-1-Le diagramme Ombrothermique de Gaussen	15
5-2-Le Climagramme d'Emberger	15

II. Partie Biologique.....16

a) Couvert végétale.....	17
1. Les milieux forestiers	17
2. Les milieux para-forestiers	18
3. Les parcours.....	18
4. Cultures et milieu agricole	19
b) Propriétés faunistique.....	19

Les Orthoptères : matériel biologique de l'étude

1. Systématique.....	21
----------------------	----

2. Morphologie.....	22
3. Biologie	23
4. Ecologie	25

CHAPITRE : MATERIELS ET METHODES

I. Localisation géographique des sites d'étude.....	28
II. Travail sur terrain	
a) Echantillonnage des plantes.....	31
b) Echantillonnage des acridiens.....	32
III. Travail au laboratoire	
1) Conservation et détermination des espèces végétales récoltées.....	33
2) Préparation et conservation des acridiens.....	33
3) Détermination et identification des espèces acridienne récoltées.....	33
4) Plasticité climatique des acridiens.....	35
IV. Analyse statistique et écologique	
a) Analyse écologique de la faune et la flore.....	37
1) Richesse.....	37
2) Fréquence relative	37
3) Constance.....	37
4) Similarité des peuplements	38
5) Indices écologique.....	38
5.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H').....	38
5.2. Indice de Simpson.....	39
b) Analyse statistique.....	39
1) Diversité bêta.....	39
2) Test de corrélation croisée.....	40
3) Plasticité écologique.....	40
4) Modèle Linéaire Général (GLM).....	41
5) Analyse de similarité (ANOSIM)	41
6) L'analyse factorielle des correspondances (AFC).....	41
7) La classification ascendante hiérarchique (CAH).....	41

CHAPITRE : RESULTATS

I. Composition floral.....	44
a) Analyse de la vegetation.....	47
II. Résultats Faunistique.....	48
a) Analyse écologique de la faune	51
1) Richesse.....	51
2) Richesse moyenne	51
3) Fréquence relative	52
4) Constance.....	53
5) Similarité des peuplements	55
6) Indices écologique.....	55
7) Structure de la communauté acridienne	56
8) Climat et cycle de vie.....	57
9) Effet milieu de domaine.....	60
10) Analyse de similarité (ANOSIM)	62
11) L'analyse factorielle des correspondances (AFC)	63
12) La classification ascendante hiérarchique (CAH).....	64
b) L'analyse des données de la plasticité climatique des acridiens	
1) Comparaison entre les données météorologiques des sites.....	66
2) Cycle annuel des acridiens	68
3) Plasticité de la phénologie de l'acridien.....	69
Discussion.....	73
Conclusion et perspectives.....	80
Références bibliographiques.....	82
Annexes	

Listes des Figures

Figure 01 : Limites du massif des Aurès	6
Figure 02 : Le relief des Aurès	7
Figure 03 : Carte géomorphologique du Djebel Chélia	8
Figure 04 : Chevelu hydrographiques des Aurès	10
Figure 05 : Les précipitations moyennes dans le massif de l'Aurès (1913-1963)	11
Figure 06 : Extrait de la carte d'évapo potentielle annuelle moyenne de l'Est Algérien	14
Figure 07 : Diagramme ombrothermique de Gaussen des stations du nord et du sud	15
Figure 08 : Climagramme d'Emberger des deux stations nord et sud de la région de Batna	16
Figure 09 : Carte du couvert végétal	17
Figure 10 : Répartition de la SAU par type de culture dans la wilaya de Batna	19
Figure 11 : Les trois parties du corps de l'acridien	23
Figure 12 : Cycle biologique d'un acridien	24
Figure 13 : Localisation des stations	28
Figure 14 : Le site d'étude Lazrou	29
Figure 15 : Le site d'étude Djerma	30
Figure 16 : Le site d'étude Hamla	31
Figure 17 : Transect végétal d'une plaine au Congo	32
Figure 18 : Méthodes utilisés pour la capture des acridiens	32
Figure 19 : Quelques parties du corps de l'acridien qui ont fait l'objet de l'identification	34
Figure 20 : Diagramme ombrothermique de Gaussen basé sur les données météorologiques recueillies de 1982 à 2012	36
Figure 21 : Représentation des sous familles des espèces végétales dans les sites d'étude : A : Lazrou, B : Hamla, C : Djerma	44
Figure 22 : Nombre total d'individus collectés dans chaque site	48
Figure 23 : Nombre total des adultes et des larves collectés pour chaque site	49
Figure 24 : Représentation des sous-familles dans les trois sites	50
Figure 25 : Fréquence relative des espèces acridiennes recensées dans les trois sites	53
Figure 26 : Constance des espèces acridiennes dans le site de Djerma	54
Figure 27 : Constance des espèces acridiennes dans le site de Hamla	54
Figure 28 : Constance des espèces acridiennes dans le site de Lazrou	55
Figure 29 : Structure communautaire des acridiens dans les trois sites	56
Figure 30 : Variations temporelles des sous-familles	58
Figure 31 : Relation entre le barycentre altitudinal et l'amplitude	61

Figure 32: Représentation des espèces dans le plan F1-F3 de l'Analyse Factorielle des Correspondances	63
Figure 33: Représentation de la classification ascendante hiérarchique (CAH) des assemblages acridiens	65
Figure 34 : Précipitations mensuels collectés en 2012 et 2013 à Batna	66
Figure 35 : Températures moyennes enregistrés dans les trois sites pendant 2012 et 2013	67
Figure 36 : Différences en températures moyennes en 2012 et 2013 dans les trois sites	68
Figure 37 : Barycentres temporels moyens à Djerma et à Hamla	71

Liste des Tableaux

Tableau 01 : Evaluation de la pluviométrie et des températures pour chaque massif à différentes altitudes	12
Tableau 02 : Précipitations (mm) collectés dans la station de l'Aérodrome et la station de Chaàba	12
Tableau 03 : Températures collectés dans Station de l'Aérodrome et la station de Chaàba	13
Tableau 04 : Extrait de l'échelle de Beaufort	14
Tableau 05 : Tableau récapitulatif des espèces	18
Tableau 06 : Extrait de l'inventaire des arthropodes	20
Tableau 07 : Extrait de l'inventaire des insectes	20
Tableau 08 : Description des sites d'étude	29
Tableau 09 : Températures moyennes, maximales, minimales et précipitations de la période (1982-2012) dans les trois sites d'étude	35
Tableau 10 : Les espèces répertoriées dans le site de Lazrou et leurs taux de couverture	45
Tableau 11 : Les espèces répertoriées dans le site de Djerma et leurs taux de couverture	45
Tableau 12 : Les espèces répertoriées dans le site de Hamla et leurs taux de couverture	46
Tableau 13 : Pourcentages de couverture des différentes classes phytosociologiques	47
Tableau 14 : Inventaire des espèces acridiennes dans les trois sites d'étude	50
Tableau 15 : La richesse total dans la région de Batna	51
Tableau 16 : La richesse moyenne des espèces dans le site de Djerma	51
Tableau 17 : La richesse moyenne des espèces dans le site de Hamla	52
Tableau 18 : La richesse moyenne des espèces dans le site de Lazrou	52
Tableau 19 : Similarité des peuplements floristique et faunistique	55
Tableau 20 : Indices écologique et abondance dans les trois sites	56
Tableau 21 : Les décalages mensuels entre les sous-familles dans les trois sites	57
Tableau 22 : Modèle cyclique des acridiens dans les trois sites	60
Tableau 23 : Répartition des espèces le long du gradient altitudinal	62
Tableau 24 : Comparaison des assemblages par ANOSIM	62
Tableau 25 : Plasticité des acridiens adultes dans le site de Djerma.	69
Tableau 26 : GLM des différences dans le barycentre enregistré	70
Tableau 27 : Variations dans les moyennes des différences de barycentre selon les habitats et les sites	70

Introduction

Introduction

Depuis l'apparition de l'agriculture, la sécurité alimentaire repose essentiellement sur la protection des cultures, ces dernières font l'objet d'attaques endémiques par les insectes qui sont considérés comme le groupe le plus important du règne animal sur le plan taxonomique comme celui de la diversité. Si on prend seulement les ravageurs phytophages, 12 000 espèces ont été recensées dans le monde (Riba et Silvy, 1989) in Medane, 2014. Dans les pays en voie de développement comme de nombreux pays africains largement fondés sur une agriculture de subsistance et à l'équilibre alimentaire souvent précaire, l'estimation des pertes des productions alimentaires enregistre des valeurs entre 20 et 30 % dues aux insectes nuisibles (Nwilene et *al.*, 2008).

Selon Voisin (1986), les Orthoptères constituent l'ordre le plus important des Orthoptéroïdes, ils regroupent plus de 20 000 espèces dans le monde dont environ 10 000 pour les acridiens. Ces derniers sont considérés comme les principaux ravageurs de la production agricole. Le total des pertes annuelles dues aux acridiens est suffisamment élevé pour que ces insectes soient classés parmi les ennemis majeurs des cultures. En 1968, ils ont causé des pertes agricoles dans sept pays du Sahel estimées à 77 millions de dollars. Le coût de la lutte antiacridienne est revenu à 31 millions de dollars (Ould El-Hadj, 1991).

Ils ont été le sujet de beaucoup de travaux dans le domaine économique : en particulier les ravages causés par les espèces qui sont capables d'effectuer des migrations spectaculaires et de transformation de phase, de la phase solitaire qui comprend une densité faible des criquets à la phase grégaire présentative des plus forts d'effectifs et responsable des dégâts, souvent considérables (Uvarov, 1977). Parmi 250 espèces enregistrées en Afrique, plus de 20 espèces sont considérées comme potentiellement nocives pour les cultures (Chiffaud et Mestre, 1991). En effet, ils détruisent tous les végétaux trouvés sur leur chemin, et lorsqu'ils ne trouvent pas de quoi manger, ils s'attaquent même à la bouse de vache (Pasquier, 1929).

L'Algérie qui par sa situation géographique et l'étendue de son territoire, a subi fréquemment les invasions acridiennes, ce qui l'a fait occuper une place prépondérante dans l'aire d'habitat de ces insectes. On y trouve plusieurs espèces grégariaptés et beaucoup d'autres non grégariaptés qui provoquent des dégâts parfois très importants sur différentes cultures (Doumandji et Doumandji-Mitiche, 1994). D'après Mdjebara (2009), plus de 90 espèces acridiennes sont inventoriées à l'échelle nationale.

L'Aurès est une région emblématique de l'est de l'Algérie, caractérisée par son histoire, son implantation, montagnes et topographie. En raison de sa biodiversité de 651 animaux et

650 espèces végétales, et en particulier les vieilles forêts de *Cedrus atlantica*, le parc national de Belezma à l'est des montagnes de l'Aurès, a été créé en 1984 (Beloula, 2008). Il couvre une superficie de 26 250 ha à des altitudes comprises entre 1020 et 2138 m A.S.L. Les premières enquêtes ont permis de décrire dans le parc national une nouvelle espèce de criquet endémique à l'Algérie et les régimes alimentaire des espèces appartenant à la famille des Pamphagidae (Benkenana et al., 2012 et Benkenana et al., 2013). Ces résultats ont été une motivation pour mener une étude approfondie de tous les familles acridiennes dans trois sites différent par leur altitude et leur végétation.

La raison de mener cette étude est de comparer la diversité des Orthoptères et la composition de la communauté en trois élévations entre 800 m et 1200 m A.S.L. et d'analyser les facteurs impliqués dans la composition de la communauté à différentes échelles. A l'échelle locale, il est attendu un lien entre l'acridien et la composition de la flore herbacée (Kemp et al., 1990, Moussi et al., 2011, Sobhi et al., 2013), et plus particulièrement entre les perturbations et la perte d'espèces d'insectes rares (Tscharntke et Greiler, 1995). À l'échelle régionale, il existe deux types de contraintes climatiques qui peuvent influencer le cycle de vie des insectes, en termes de phénologie et de nombre de générations:

La sécheresse estivale liée à un climat méditerranéen (Moussi et al., 2011, Guendouz-Benrima et al., 2011, Petit 2014) et la diminution de la saison de croissance avec les altitudes croissantes (Berner et al., 2004, Nufio et al., 2010).

La présente étude a également examiné la contribution du l'effet du milieu de domaine, ou mid-domain effect (Colwell et Hurtt, 1994, Colwell et Lees, 2000, Colwell et al., 2005). Selon ce modèle, il existe un pic de richesse en espèces animales et végétales à mi-hauteur de la montagne (McCoy, 1990). Étant donné que le sommet de la montagne Belezma atteint environ 2140 m, le modèle prédit que la diversité culminerait à environ 1070 m, et que les espèces montrent leur maximum d'abondance près du centre du gradient et auraient les plus grandes plages moyennes, étant donné la répartition tronquée des espèces situées plus près des limites.

Selon de nombreuses études sur l'effet des changements climatiques sur les populations d'insectes (Parmesan & Yohe, 2003), il a été démontré que les températures croissantes entraînent un déplacement vers le nord de l'hémisphère, ou des lieux plus élevés en altitude et une avancée de la phénologie. Dans les zones arides ou semi-arides, il y a une autre contrainte qui affecte le cycle de vie des insectes. Par exemple, des travaux antérieurs menés en Algérie ont conclu que plusieurs espèces d'Orthoptères peuvent commencer leur développement larvaire plus tôt face à une sécheresse précoce à la fin du printemps afin de

compléter leur vie adulte quand l'herbe ou les ressources trophiques sont toujours disponibles (Guendouz-Benrima et *al.*, 2011). De plus, la contrainte de la sécheresse estivale, lié au climat méditerranéen, est un facteur défavorable aux insectes univoltins présentant un pic d'adultes en été. Plusieurs stratégies sont enregistrées pour faire face à cette caractéristique méditerranéenne : (i) un décalage de l'abondance maximale vers le printemps ou l'automne dans le cas d'une génération unique, ou (ii) deux générations (au printemps et en automne) qui encadrent la période sèche (Moussi et *al.*, 2011). En conséquence, il y a un pic d'adultes survenant avant ou après la pénurie de ressources végétales due à la sécheresse d'été.

Cependant, comment l'habitat et l'altitude peuvent moduler la réponse des acridiens dans ce contexte est une matière peu étudiée. Uvarov (1977) a décrit plusieurs catégories de sauterelles en fonction de leur habitat. Par exemple, les Géophiles (= geobiont, terricole) passent la majeure partie de leur vie active au sol, les phytophiles (= phytobiont, planticole) vivent principalement sur des plantes, et les dendrophiles (= arboricole) se trouvent sur les arbres et les grands arbustes ligneux. Au sein des espèces phytophiles, cet auteur distingue les graminicoles vivant principalement sur les habitats d'herbe et les herbicoles sur les habitats herbacés, y compris les arbustes et les herbes.

Le but de cette étude consiste à caractériser la biologie de ces insectes, il sera nécessaire de faire un suivi par des relevés mensuels des espèces dans tous les sites d'étude. L'étude doit d'être complétée par la description de la végétation environnante qui constitue différentes strates.

L'étude a pour but final :

- d'évaluer l'influence des différents facteurs sur la biodiversité acridienne dans cette partie des monts Aurès.
- d'enregistrer les réponses des acridiens (larves tardives et stades adultes) aux variations climatiques en fonction de l'environnement (habitat et altitude). Nous regardons aussi l'influence de la systématique, c'est-à-dire s'il y a une tendance dans la réponse de la phénologie à l'échelle de la sous-famille.

Le problème est de comprendre la capacité des insectes à faire face aux changements climatiques, et prédire les changements dans la structure de la communauté. Ce dernier point a des conséquences sur le fonctionnement de réseau alimentaire sur terre car ces insectes sont la nourriture principale de nombreux oiseaux, lézards et autres vertébrés.

Chapitre 01 :
Données
Bibliographique

Contexte physique et biologique des Aurès

I. Situation physique

a) Cadre géographique

L'Aurès ou Aoures en langue berbère vient du latin *Aurasius mons* qui signifie la montagne fauve. Il est compris entre les deux parallèles 34°- 45' et 33°- 30' Nord et les longitudes 5° - 45' et 7° à l'Est du méridien international, il s'étend entre Batna, Khenchela et Biskra (**Fig. 01**) sur une superficie de 7000 km².

Les limites du massif de l'Aurès proprement dit sont marquées à l'ouest par l'oued El Kantara (le pont) et la voie romaine de Lambiridis (El-Biar) à Biskra qui la sépare des monts du Zab; au sud par la steppe du Chott Melghir et la route de Biskra à Nègrine par Zéribet El Oued; à l'est par l'Oued El Arab qui la sépare du Djebel Cherchar (mont des cascades) et qui est suivi par l'ancienne voie romaine de Badès à Khenchela; au nord par la steppe de la Sebkha Djendli et de la Garaa El Tarf que suit en longeant parfois les premières pentes du massif Aurisien la route carrossable de Batna à Khenchela (De Lartigue, 1904).

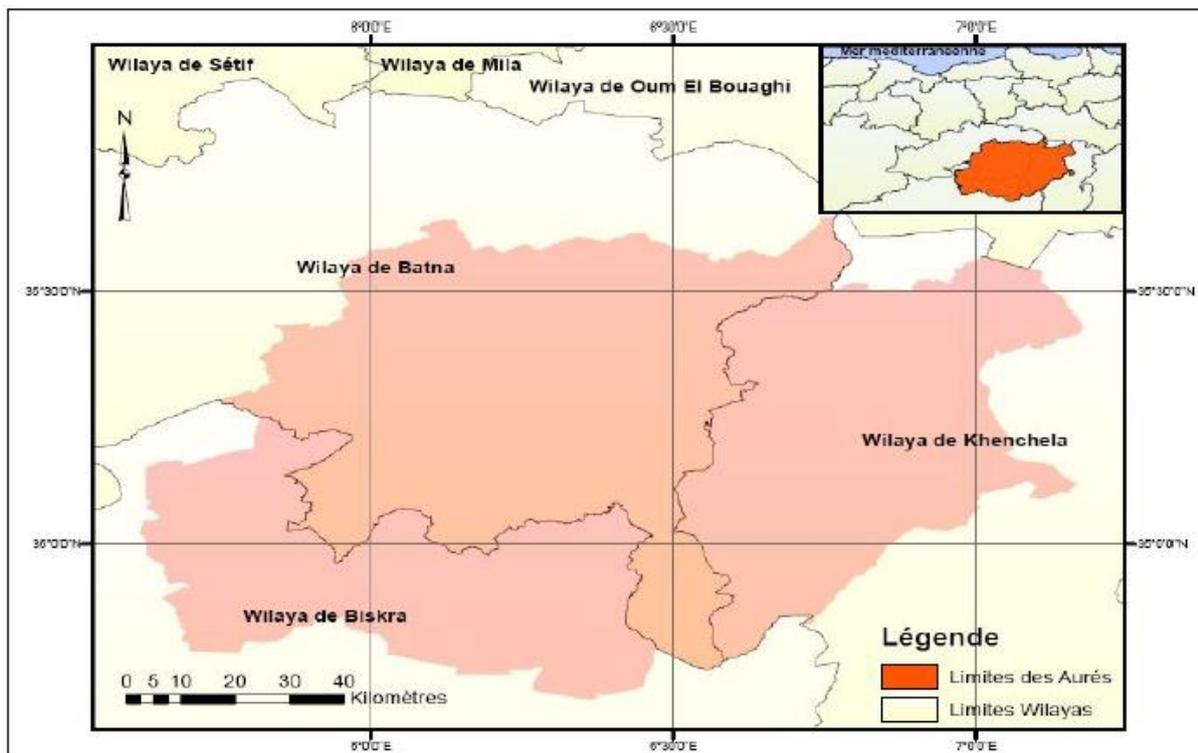


Fig.01 : Limites du massif des Aurès (Benmessaoud, 2010)

b) Topographie et relief

L'Aurès offre une très grande hétérogénéité de paysages avec de vastes plaines recouvertes de pelouses, des steppes à élevages, des oasis, des forêts et clairières labourées, maquis et garrigues, et des montagnes dont les formes sont orientées Nord-Est / Sud-Ouest (orientation typique de la chaîne atlasique) (Guedjiba, 2012). Cette série montagneuse se présente comme un puissant toit à double pente, dissymétrique, raide et parallèle. Elle atteint 2200 - 2300 m et comprend le mont de Chélia comme point culminant (**Fig. 02**). Au nord de cette ligne de crête une pente de 10 ou 20 km établit la jonction avec les hautes plaines situées à 900 m d'altitude entre Batna et Khenchela. Au sud, un long versant mène en 50 ou 60 km au piémont saharien sis à 100 m d'altitude (Cote, 2003).

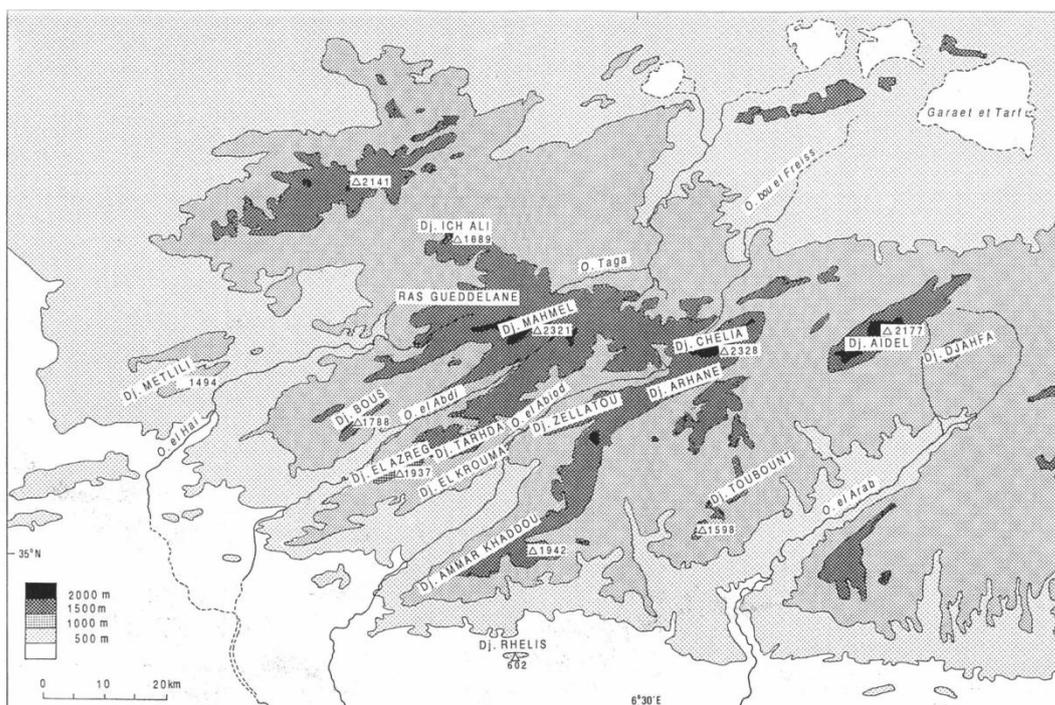


Fig.02 : Le relief des Aurès (Ballais, 1984)

Selon Benmessaoud (2010), la chaîne de partage des eaux entre le versant saharien et la plaine des Sbaks est marquée de l'ouest vers l'est par :

- Le Djebel Ich Ali (1810 m) dont le sommet est à environ 7 km au Sud de Batna, le Djebel Assière (1835 m), le Drâa Ben Chibane (1944 m) et le Ras Tafsart (1981 m).
- La partie du Djebel Mahmel située au Nord d'Aïounet El -Amar (2214 m) continue sous le nom de Kef Mahmel, le Djebel Iddert (1901 m) et le Ras El Kriane (1948 m).
- Le Theniet AïnYoub et le Theniet El Kadir (1645 m), venant de Foum Toub dans la plaine de Médina et le Djebel Tedfedjir (1715m).

- Le Djebel Chélich ou Chélia. Le soulèvement de ce massif important, le plus élevé de l'Algérie de Nord (2328 m) (**Fig.03**) a eu lieu suivant un axe est –ouest. Son point le plus élevé est le Ras Kalthoum.

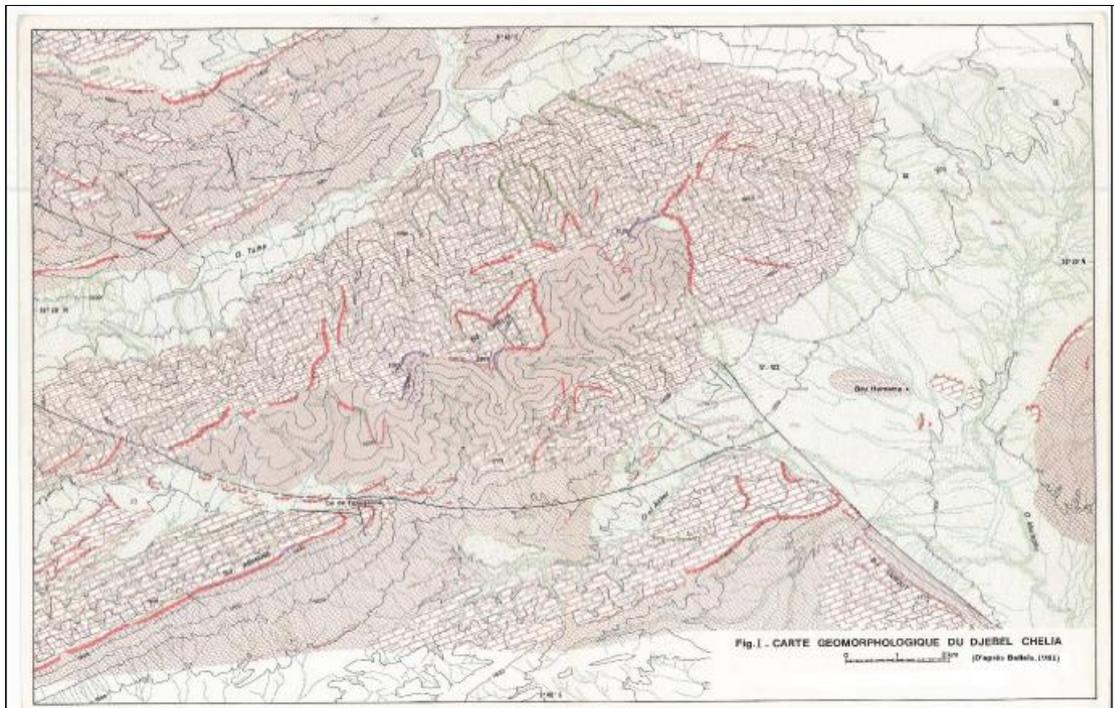


Fig.03 : Carte géomorphologique du Djebel Chélia (Ballais, 1981)

- La grande chaîne de partage se continue ensuite par le Djebel Foural (1700 m) et le Djebel Taferoust (1592 m).
- Un col dont l'altitude ne dépasse pas 1250 m du nord à Aïn Cheroui, celui du sud à Henchir Etouan et fait communiquer la grande route de Batna à Khenchela avec Bou Hamama (vallée de Mellagou).
- Le Kef Gâam (1656 m).
- Le Djebel Aourès (1551 m).
- Le Chorf Nourris et le Tizzi Nourris où passe la route de Khenchela au col de Tizougarine par Oued Tamza.
- Le Djebel Pharaoun (2094 m).
- Le Kef Tifkressa (1947 m).
- Le Ras Chabor (1216 m) qui domine Khenchela

Le versant saharien comprend différentes chaînes de montagnes qui se détachent de la chaîne de partage et se séparent les unes des autres.

c) Réseau hydrographique

La variété des structures géographiques dans le massif des Aurès s'accompagne d'un réseau hydrographique très dense (**Fig. 04**). En effet, celui-ci constitue un grand réservoir d'eau souterraine dont les écoulements sont essentiellement dirigés vers le sud (Rihani, 2008). Selon De lartigue (1904), Ballais (1981), Abdessemed (1984(a)), le réseau hydrographique est endoréique ou aréique pour l'ensemble du massif. Il comprend sept bassins versants à écoulement permanent ou temporaire dans deux directions générales soit quatre au sud et trois au nord d'après la récente synthèse de Tebbi (2014) :

- Oued El Arab d'une superficie de 2600 km² résulte de la confluence de l'Oued Mellagou et de l'Oued Labiod qui prennent leurs sources respectivement au Djebel Chelia et au Djebel Aidel. Il représente la limite exacte du massif qui le délimite des monts des Nememchas.
- Oued Labiod totalise une superficie de près de 1300 km², il représente la confluence de torrents descendants des pentes du Chelia et d'Ichemoul qui traversent Tighanimine, Rhoufi, et M'chouneche et se jette à la fin dans les gorges du barrage de Foum El Kherza (189 m).
- Oued Abdi d'une superficie de près de 600 km² prend sa source au pied du Djebel Mahmel qui culmine à 2321 m pour rejoindre l'Oued Biskra dans le sud.
- Oued Fedhala se situe plus à l'ouest, au pied du Djebel Ich Ali culmine à 1809 m.
- Oued Tagaprenant prend sa source au Djebel Mahmel. Au nord de Timgad, il reçoit l'Oued Reboa endigué par le barrage de Koudiat M'Daouar.
- Oued Boulefreis prend sa source dans le Djebel Cheliaa 2300 m d'altitude. Il descend en traversant le Djebel Islef Bou el Arouah, vers la plaine de Boulefreis où il se perd dans le Garaat el Tarf 70 km plus loin.
- Oued Issaoul prend sa source dans le massif de l'Aurès au Djebel Aidel, à sa sortie de l'Aurès, il prend le nom d'El Gueiss où l'ancien barrage de Foum El Gueiss est érigé.

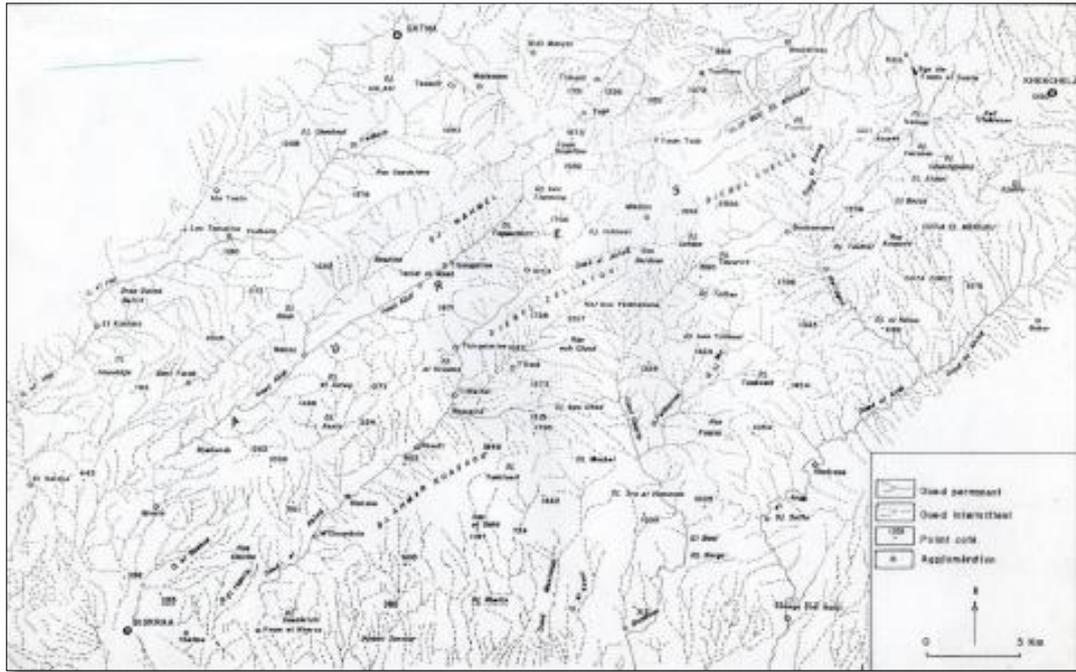


Fig.04 : Chevelu hydrographiques des Aurès
 Source : Carte topographique IGN in Meharzi (2010)

d) Aperçu climatique

Le climat joue un rôle majeur dans la croissance, l'individualisation et la répartition des êtres vivants (Ramade, 1984). Il affecte également l'utilisation de certaines ressources naturelles telles que l'eau, la production agricole et la consommation d'énergie. Le climat méditerranéen est connu par l'été chaud et très sec avec un hiver très frais et humide, pour les zones bordées par la mer (ce sont les plus tempérés) (Benabadji et Bouazza, 2000). Le climat de l'Algérie se caractérise par deux saisons bien séparées, la saison des pluies accompagnée du froid et celle de la sécheresse accompagnée de la chaleur (Le Houerou, 1995 ; Beltrondo, 2011). Les informations climatiques de l'Aurès sont marquées par leur insuffisance ainsi que des observations incomplètes. De ce fait, les chercheurs se basent souvent sur les données de Seltzer (1946), mais vu le changement climatique récent, ces dernières ne sont pas toujours pertinentes.

Selon Berkane & Yahiaoui (2007), l'Aurès est caractérisé par un climat varié, du subhumide aux sommets, du semi-aride au nord et dans les vallées, à l'aride au sud. Les grands traits du climat des Aurès sont collectés depuis plusieurs ressources et travaux, synthétisés et présentés ci-dessous.

Caractéristiques des principaux éléments du climat

1) Le régime pluviométrique

La pluviométrie est un élément fondamental du climat. Elle repose essentiellement sur la moyenne annuelle ou mensuelle des précipitations, en combinaison avec les moyennes et /ou les extrêmes de température. L'est algérien est caractérisé par une pluviosité hivernale d'une grande variabilité inter-mensuelle et inter-annuelle.

Seltzer (1946) a montré que l'origine des pluies dans le massif de l'Aurès est orographique ; Meharzi (1994) le confirme et affirme que la répartition spatiale des pluies obéit à deux paramètres à savoir :

- la répartition hypsométrique, c'est-à-dire que les secteurs les plus arrosés sont les plus élevés (**Fig. 05**)
- la disposition du relief nord-est/ sud-ouest

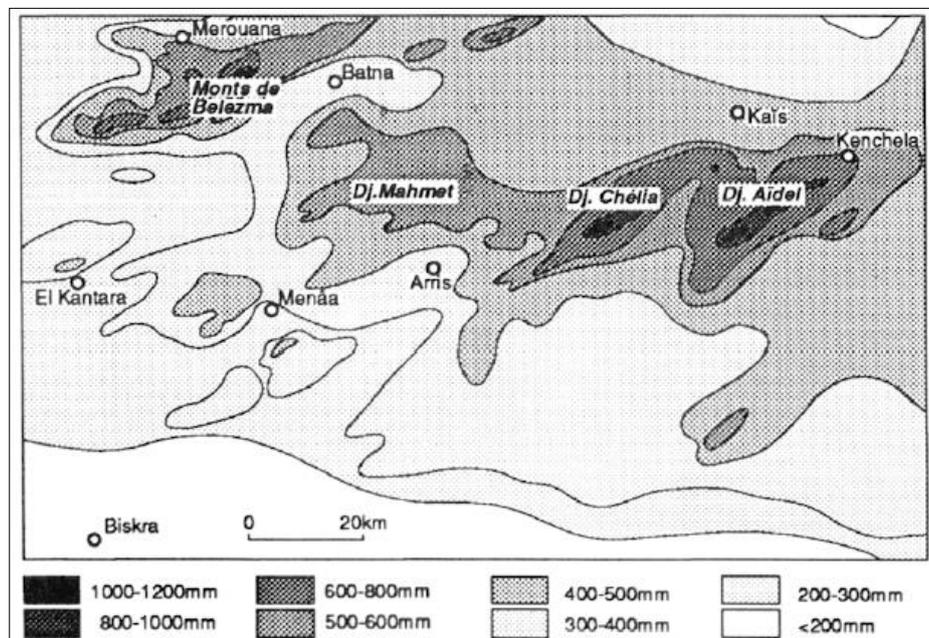


Fig. 05 : Les précipitations moyennes dans le massif de l'Aurès (1913-1963)
(Chaumont & Paquin, 1971)

Donc, en fonction de l'altitude et l'orientation des chaînes de montagnes, l'étude fait ressortir trois secteurs de pluviosité bien distincts :

- Un secteur humide correspondant aux montagnes et aux sommets dépassant les 1800 m d'altitude (**Tableau 01**).
- Un secteur à précipitations moyennes allant entre 400 et 800 mm/an et correspondant au versant nord du massif.
- Un secteur sec dont les précipitations moyennes allant entre 150 et 400 mm/an et se répartissant aussi bien à l'ouest qu'au sud du massif.

Tableau. 01 : Evaluation de la pluviométrie et des températures pour chaque massif à différentes altitudes (1915-1924) (Abdessemed, 1984 b)

	Belezma Nord				Belezma Sud		Chelia Nord Ferasou Nord		Chelia Sud Ferasou Sud		S Gag		Dj. Aareg		
	P	M	m	M-m	Q 2	P	Q 2	P	Q 2	P	Q 2	P	Q 2		
1200 m	515	32,2	-0,45	32,6	54	-	-	530	55,7	-	-	-	-	354	37,2
1300	555	31,5	-0,9	32,4	58,7	470	49,7	570	60,3	482	51	-	-	384	40,6
1400	595	30,8	-1,35	32,1	63,5	490	52,3	610	65,1	502	53,6	-	-	414	44,2
1500	635	30,1	-1,8	31,9	68,2	510	54,8	650	69,8	522	56,1	-	-	444	47,7
1600	675	29,4	-2,25	31,6	73,2	530	57,5	690	74,9	541	58,7	470	51	474	51,4
1700	715	28,7	-2,7	31,4	78	550	60	730	79,7	561	61,2	510	55,7	504	55
1800	755	28	-3,15	31,1	83,2	570	62,8	770	84,9	581	64	540	70,6	534	58,9
1900	795	27,3	-3,6	30,9	88,2	590	65,5	810	89,9	601	66,7	600	75,5	564	62,6
2000	835	26,6	-4	30,6	93,6	610	68,3	850	95,2	620	69,5	-	-	-	-
2100	875	25,9	-4,5	30,4	98,7	630	71	890	100,4	640	72,2	-	-	-	-
2200	915	25,2	-4,9	30,1	104	650	74	930	105,9	660	75,2	-	-	-	-
2300	-	24,5	-5,4	29,9	-	-	-	970	111,2	680	77,4	-	-	-	-

D'une manière générale, l'Aurès connaît une grande concentration des précipitations au cours des périodes printanières (mars, avril et mai) et automnales (septembre, octobre et novembre). Notons que le mois le moins arrosé coïncide généralement avec le mois de juillet avec un été sec (Meharzi, 1994).

La présente étude a eu lieu à la région de Batna ; nous nous sommes basées sur le travail de Hannachi (2010) qui a pris en considération la variabilité climatique entre deux stations météorologiques différentes, la station de l'aérodrome de Batna au nord et la station de Chaâba au sud. Ces deux stations sont les plus représentatives de la région de Batna du point de vue précipitations et température.

1-1-Variation mensuelles et annuelles des précipitations

Les précipitations englobent toutes les formes d'eau qui tombent sur la surface de la terre. Les précipitations collectées pour la station du nord et la station du sud sont classées dans le **Tableau 02**.

Tableau.02 : Précipitations (mm) collectés dans la station de l'Aérodrome et la station de Chaâba

Station	Période	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Tot
Aérodrome	(1983-2003)	44.5	28.3	46.1	40.2	30.2	27.8	9.8	15.8	36.7	26.9	39.7	28.9	375
Chaâba	(1995-2007)	36	24.6	27.6	39.6	41.0	17.7	5.4	17	43.1	22.1	30.8	38.7	344

D'après ces données, on constate que dans la région nord le mois le plus pluvieux est le mois de janvier avec 44,5 mm. La région du sud marque une différence, avec 43,1 mm pour le mois de septembre. En revanche, le mois le moins pluvieux est le mois de juillet en ne dépassent même pas les 10 mm dans les deux stations.

2) La température

C'est le facteur le plus important parmi le reste des facteurs climatiques (Dreux, 1980) car elle contrôle presque la plupart des phénomènes métaboliques (Lacoste & Salanon 1969). Les températures moyennes, minimales et maximales collectées pour les deux stations sont classés dans le **Tableau 03**

Tableau.03 : Températures collectés dans Station de l'Aérodrome et la station de Chaàba

Station		Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Aérodrome	m (C°)	1.1	0.7	0.8	2.4	8.3	12	15.2	15.8	9.4	5.7	1.9	1.2
	M (C°)	8.3	11.1	11.6	16.4	22.4	19.3	29.7	30.2	23.7	18.2	14	9.8
Chaàba	m (C°)	0.1	0.4	2.8	6.0	10.5	14.9	17.3	16.3	14.0	10.0	4.6	1.7
	M (C°)	12.0	13.7	17.5	20.5	26.5	32.2	35.9	34.9	28.9	24.3	16.9	12.5

D'après ces résultats, on constate que dans la région sud le mois le plus chaud est le mois de juillet alors que le mois de janvier présente le mois le plus froid. La station du nord marque une différence car le mois le plus chaud est le mois d'août avec 30,2 C° tandis que le mois le plus froid est celui de février avec 0,7 C°.

3) Les vents

Selon Meharzi (2010), le massif de l'Aurès se trouve à la conjonction des deux courants atmosphériques, les courants nordiques polaires et les courants subtropicaux qui sont canalisés par les massifs montagneux tels que le Belezma ainsi que par les monts qui encadrent les vallées, ce qui justifie la prédominance des vents dirigés dans la direction sud-ouest et un peu moins du nord-est. À Batna, la vitesse du vent varie entre 3,9 m/s et 4,5 m/s soit une moyenne de 4,3 m/s avec certains dépassant les 5,2 m/s surtout au mois de février et pouvant atteindre le degré 5 sur l'échelle de Beaufort (**Tableau.04**). Le nombre moyen de jours qui dépassent cette vitesse est enregistré aux mois de janvier et février.

Tableau.04 : Extrait de l'échelle de Beaufort

Degré	Appellation	Sur mer	Sur terre	Vitesse en nœuds
5	Bonne brise	Vagues modérées : nombreuses	Les petits arbres feuillus commencent à se balancer	17 à 21

4) L'évapotranspiration :

Mebarki (2004) a calculé l'évapotranspiration potentielle, les résultats ont conduit à des valeurs comprises entre 900 et 1200 mm caractérisant principalement les sommets les plus élevés de l'Aurès et les hautes plaines par des courbes de 1300 à 1500 mm. Le piémont sud des Aurès est balayé par des lames d'évapotranspiration comprises entre 1600 et plus de 2200 mm (**Fig.06**).

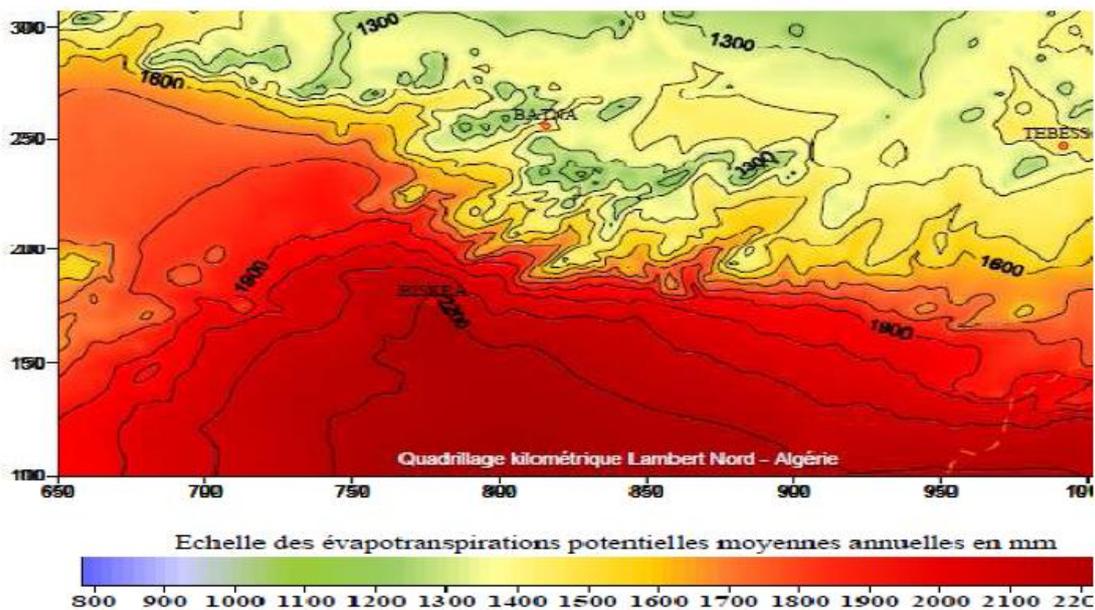


Fig.06 : Extrait de la carte d'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne de l'est algérien (Mebarki 2004) in Tebbi (2014)

Par contre Rihani (2008) a calculé les valeurs de l'évapotranspiration réelle moyenne (ETPM) de trois stations représentatives de la wilaya de Batna, S'gag (1650 m), Bouzina (1350 m) et Menâa (983 m). Selon Thornthwaite, l'ETPM désigne la quantité exacte d'eau évapotranspirée par une couverture végétale réelle et les résultats obtenus sont respectivement

de l'ordre de 298,33 mm soit 66% des précipitations 280,46 mm soit 95% des précipitations et de 236,96 mm soit 97 % des précipitations moyennes annuelles.

5) Synthèse climatique

D'après Le Houérou (1977 et 1993), un diagramme ombrothermique est un type particulier de diagramme climatique représentant les variations mensuelles sur une année des éléments du climat d'une région (précipitation et température) pendant une période donnée et permet de mettre en évidence la durée de la période sèche.

5-1-Le diagramme Ombrothermique de Gausсен

La sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle (P) exprimée en mm est inférieure au double de température moyenne exprimée en degrés Celsius. A cet effet, les diagrammes ombrothermique de Gausсен de la station du nord et du sud de Batna sont illustrés dans la **Figure 07**. Cette expression montre que Batna subit une période sèche de 5 mois qui s'étale de début juin à octobre et culmine au mois de juillet.

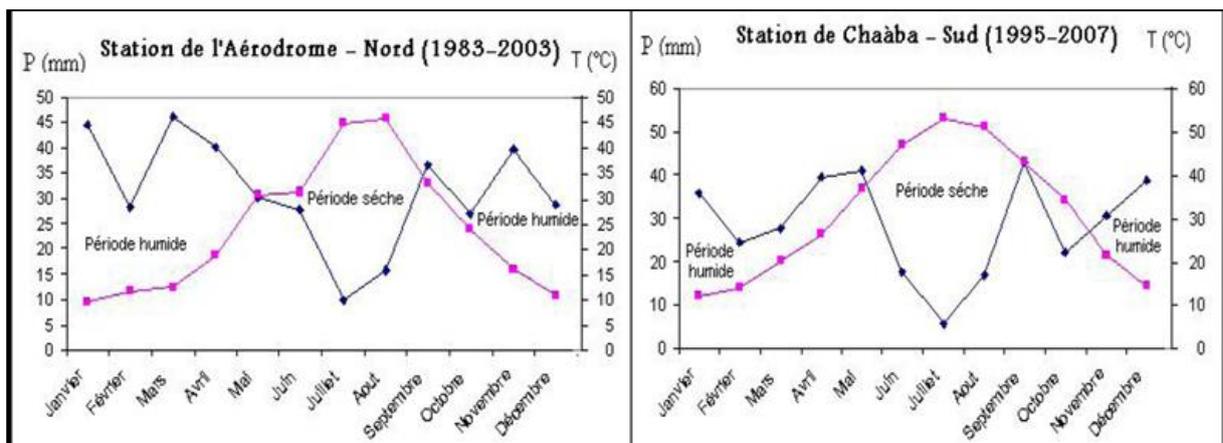


Fig.07 : Diagramme ombrothermique de Gausсен des stations du nord et du sud

5-2-Le Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviothermique d'Emberger (Q) permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une région donnée et de la situer dans le climagramme d'Emberger. C'est un quotient qui est fonction de la température moyenne maximale (M) du mois le plus chaud, de la moyenne minimale (m) du mois le plus froid, et de la pluviosité moyenne annuelle (P) (Emberger, 1952). Il est calculé par la formule suivante : $Q = 3.43 \times P / (M - m)$ où :

- Q : quotient pluviothermique en mm / °C,
- 3,43: constante relative à la région : Algérie Maroc.
- M : température maximale moyenne du mois le plus chaud en °C.
- m : température minimale moyenne du mois le plus froid en °C.
- P : pluviométrie moyenne annuelle en mm.

Pour la période entre 1983-2007, le Q dans la station de l'Aérodrome = 44,2, tandis que pour la station de Chaâba il a la valeur de 33,9. Cela place le nord de Batna à l'étage bioclimatique semi-aride et le sud à l'étage bioclimatique aride (**Fig.08**)

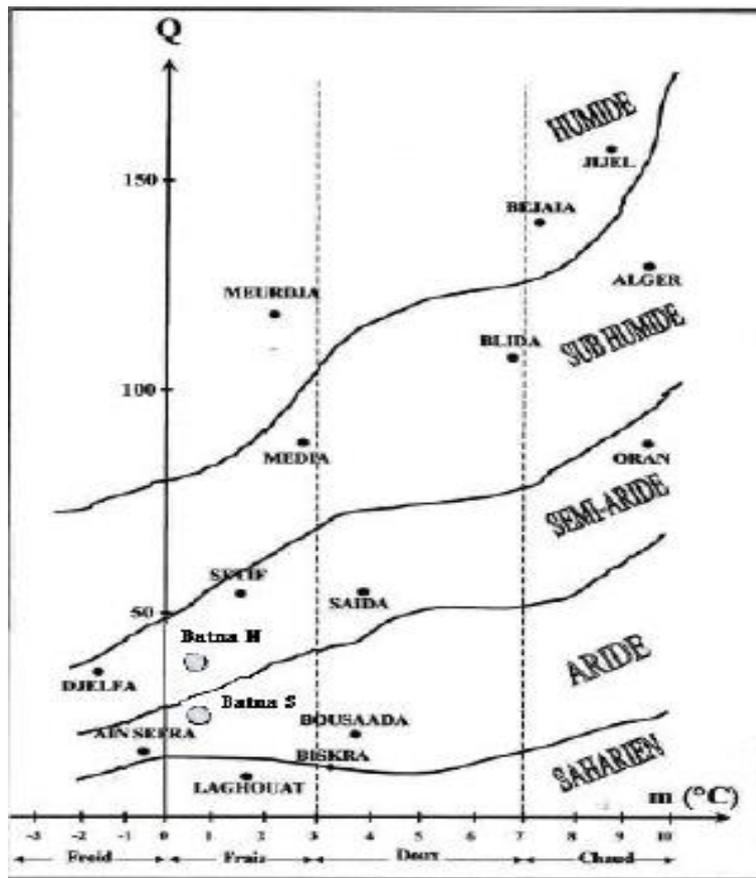


Fig.08 : Climagramme d'Emberger des deux stations nord et sud de la région de Batna

II. Partie Biologique

Les écosystèmes particuliers et originaux sont la caractéristique des zones arides et semi-arides tant du point de vue de la flore que de la faune, et qui sont de fait parfaitement adaptés à des conditions climatiques difficiles (Jauffret, 2007).

a) Couvert végétal

Le tapis végétal est lié à la nature du sol et au type de climat. L'Aurès est soumis à des influences climatiques à la fois continentales steppiques, méditerranéennes maritimes et tempérées montagnardes. De ce fait, cette zone présente une grande richesse et une forte diversité floristique. D'après Benmessaoud (2010), le couvert végétal aurasien est formé de quatre milieux : forestier, para-forestier, les parcours et les cultures (**Fig.09**).

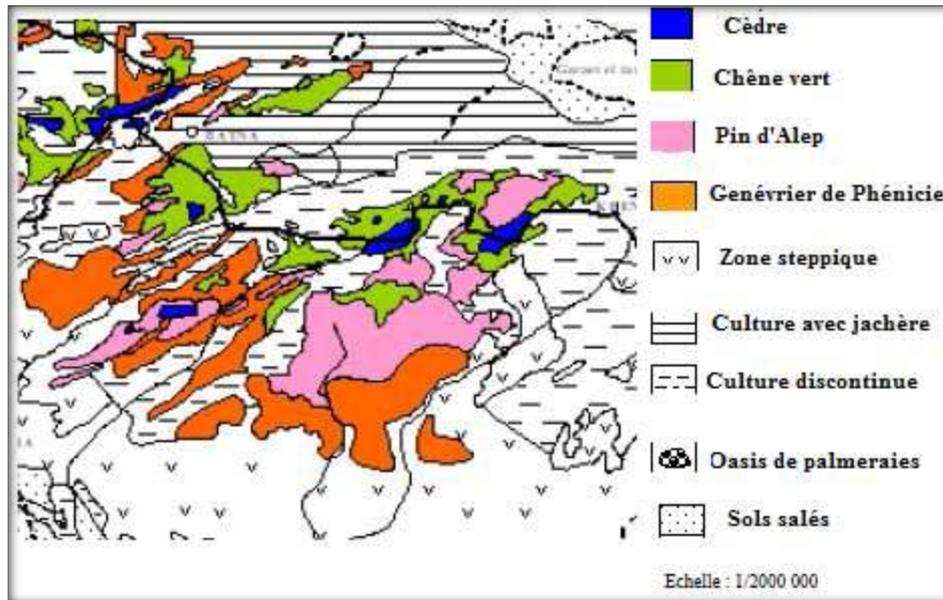


Fig.09 : Extrait de la carte établis par Gaussen et Vernet (1958) et complétée par Mebarki (2004) in Tebbi (2014).

1. Les milieux forestiers

Abdessemed, (1984 (a)), Louni (1994), Mhirit (1999), Benmessaoud, (2010), Rahmani (2010), Beghami (2013), Slimani (2014) et Garah *et al.* (2016) ont montré que les forêts des Aurès présentent une diversité considérable marquée par la présence des espèces : le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), le chêne vert (*Quercus ilex*), le frêne épineux (*Fraxinus xanthoxyloides*), le pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le complexe des genévriers commun (*Juniperus communis*), rouge (*Juniperus phoenicea*) et l'oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*). Les informations relatives aux espèces précédemment décrites sont récapitulées dans le **Tableau.05**.

Tableau.05 : Tableau récapitulatif des espèces

Espèce	Conditions édaphiques	Répartition	Etage bioclimatique	Altitude
Le cèdre de l'atlas	grès de l'Aptien, de l'Albien et du Berriasien	versants nord du Belezma, le Chélia, le Djebel Feraoun, Aïdel et le Sgag.	semi-aride supérieur froid	1000 à 2200 m
	sols calcaires, des marnes du Cénomanién et du Turonien et des Dolomies	versants sud du Chélia, Belezma, Djebel Azreg , Sgag et Taghda		
le chêne vert	sols calcaires	Djebel Chentgouma et à la base du versant nord du Chélia	semi-aride froid	1400 à 1550 m
le pin d'Alep	sols calcaires et des marnes calcaires du Turonien	forêt des Beni-Imloul	semi-aride froid au subhumide froid	1000 à 1500 m
le frêne épineux	sols calcaires, grès, grès calcaires	Belezma, Djebel Ichmoul et Djebel Feraoun	semi-aride froid au subhumide inférieur froid.	1100 à 1600 m
le complexe des genévriers	grès et sols calcaires	Chélia, Djebel Feraoun, Djebel Kasserou, Bouarif et le Belezma	semi-aride frais	800 à 1100 m

2. Les milieux para-forestiers

Les maquis sont constitués principalement d'arbrisseaux résistants à la sécheresse et formant des fourrés épineux tel que le chêne vert qui a acquis une résistance biomorphologique au feu (Hamel, 2016). Ces zones sont en état de dégradation et vieillissement très avancé.

3. Les parcours

Ces formations sont représentées par de moyennes étendues de végétation basse qui englobent toutes les superficies à couvert herbacées ayant un aspect dégradé et affecté par le surpâturage. Ces domaines comprennent principalement les espèces caractérisant les régions steppiques à savoir l'alfa et l'armoise blanche (Djbaili et *al*, 1989). Selon Boukkeddid (2014), la région steppique algérienne représente un vaste territoire de l'ordre de 20 millions d'hectares et offre une végétation permanente qui permet l'élevage ovin. C'est « le pays du mouton ».

4. Cultures et milieu agricole

Le milieu agricole des Aurès est caractérisé par une agriculture de montagne de subsistance axée essentiellement sur la combinaison d'élevage en association à la céréaliculture, au maraîchage et l'arboriculture fruitière (**Fig.10**).

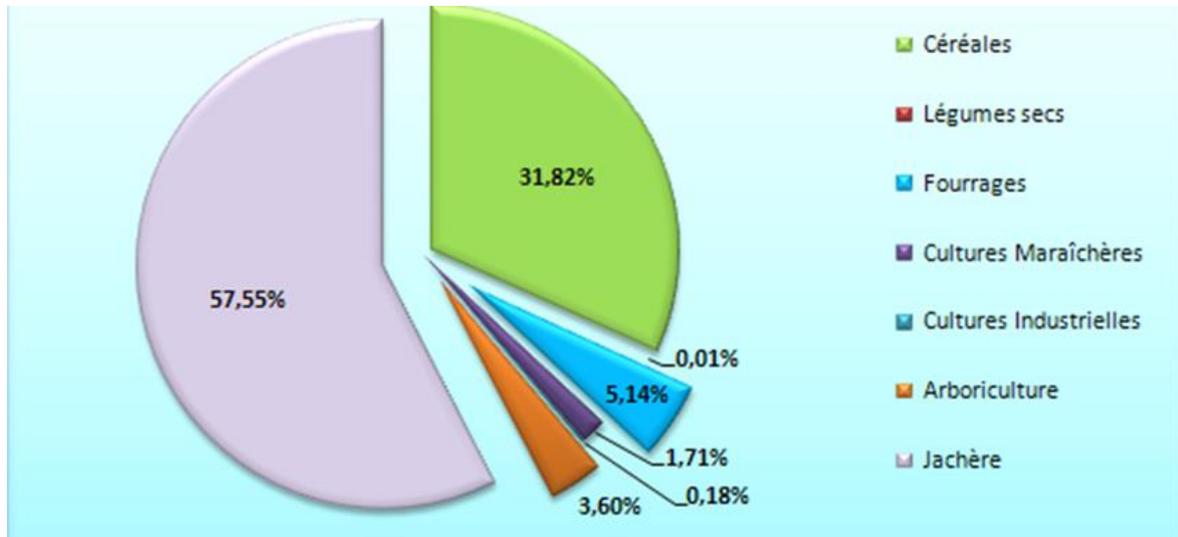


Fig.10 : Répartition de la SAU par type de culture dans la wilaya de Batna (campagne agricole 2008/2009)

b) Propriétés faunistiques

Les mammifères sont représentés par plusieurs espèces. Gouat & Gouat (1983) ont inventorié le Goundi (*Ctenodactylus gundi*), Sellami et al. (1993) la Gazelle de Cuvier (*Gazella cuvieri ogilby*). Mahdaoui (2009) a enrichi l'inventaire par une liste importante d'espèces sauvages dont l'hyène rayée (*Hyaena hyaena*), le lièvre (*Lepus sp.*), le fennec (*Vulpes zerda*), le sanglier (*Sus scrofa*), et le chacal (*Canis aureus algirensis*) et d'espèces domestiques dont l'âne (*Equus asinus*), le cheval (*Equus caballus*), le bovin (*Bos taurus*), le mouton (*Ovis aries*) et la chèvre (*Capra aegagrus*).

Les reptiles, selon Belloula (2008) sont représentés par *Timon pater* (= *Lacerta pater*), le Psammodrome algire (*Psammodromus algirus*), le Psammodrome blanc (*Psammodromus blanci*), le lézard aveugle de l'ouest (*Ophisops occidentalis*) et le reptile à doigt épineux (*Acanthodactylus sp.*).

L'ornithofaune algérienne a fait l'objet de plusieurs travaux tels que ceux de Heim de Balsac (1924), Blondel, (1979), Isenmann & Moali (2000) et Samraoui & Samraoui (2008). Pour la région de l'Aurès, Belloula (2008) a mentionné la présence de l'aigle royal, Mahdaoui

(2009) a confirmé cette présence accompagnée du coucou gris, du pic-vert et de la mésange bleue. Une synthèse récente de Chenchouni (2010), montre que la région des Aurès abrite un peuplement aviaire composé de 207 espèces réparties dans 20 ordres, 50 familles et 123 genres différents. L'ordre des Passeriformes est le mieux représenté avec 88 espèces et 18 familles, suivi des ordres des Charadriiformes avec 29 espèces et 5 familles, puis viennent les Falconiformes avec 20 espèces et 3 familles. Les familles les plus représentées en espèces sont les Turdidés, les Scolopacidés et les Sylviidés avec respectivement 17, 18 et 20 espèces.

D'après Belloula (2008), l'Aurès offre un biotope qui assure l'hétérogénéité des individus invertébrés, parmi ceux-ci, les Arachnides, les Gastéropodes, les Myriapodes et les Chilopodes **Tableau.06**.

Tableau.06 : Extrait de l'inventaire des arthropodes établis par (Belloula, 2008)

Classe	Ordre	Famille	Espèce
Arachnida	Scorpionés	Buthidae	<i>Buthus sp</i>
	Araneae	Araneae	<i>Araneus sp</i>
Gastropoda	Pulmonata	Sphincterochilidae	<i>Albea candidissima</i>
Myriapoda	Diplopoda	Diplopodae	<i>Diplopoda sp</i>
Chilopoda	Scolopendromorpha	Scolopendridae	<i>Scolopendra cingulata</i>

La classe des insectes occupe une place très importante dans la communauté des invertébrés, en particulier celles des arthropodes des Aurès par la présence des Diptères, Hyménoptères, Ephéméroptères, Coléoptères, Hémiptères, Lépidoptères et Orthoptères (**Tableau.07**).

Tableau.07 : Extrait de l'inventaire des insectes établis par (Belloula, 2008)

Ordre	Famille	Espèce
Coleoptera	Carabidae	<i>Chlaenius sp</i>
		<i>Carabus morbillosus</i>
		<i>Calosoma sp</i>
	Silphidae	<i>Silpha opaca</i>
	Buprestidae	<i>Capnodis tenebrionis</i>
	Meloidae	<i>Lytta sp</i>
	Cleridae	<i>Trichodes alvearius</i>
	Geotrupidae	<i>Geotrupes laevigatus</i>
Scarabaeidae	<i>Oxythyrea sp.</i>	
Hemiptera	Pyrrhocoridae	<i>Pyrrhocoris apterus</i>
Diptera	Tachinidae	<i>Tachina sp</i>
		<i>Phryxe sp</i>

	Tipulidae	<i>Tipula sp</i>
Lepidoptera	Pieridae	<i>Pieris rapae</i>
		<i>Gonepteryx cleopatra</i>
	Nymphalidae	<i>Vanessa sp</i>
Orthoptera	Acrididae	<i>Acrotylus patruelis</i>

Une mise à jour récente des Ephéméroptères révèle la présence de 4 familles réparties en 6 genres et 10 espèces (Bebba et al., 2015), une autre sur les Diptères a permis de voir la famille des Simuliidae figurée par 6 espèces : *Metacnephia blanci*, *Simulium velutinum*, *S. ruficorne*, *Simulium gr. Ornatum*, *S. pseudequinum* et *S. sergenti* (Arigue et al, 2016). Pour les Hyménoptères, Maghni et al. (2017) ont inventorié 33 espèces dont 6 sont nouvelles pour l'Algérie, appartenant à la tribu des Anthophorini, famille des Apidae : *Anthophora (Anthophora) punctilabris* (Pérez, 1879), *A. (Dasymegilla) quadrimaculata* Panzer, 1798, *A. (Lophanthophora) mucida* (Gribodo, 1873), *A. (Petalosternon) extricata* Priesner, 1957, *A. (Petalosternon) moricei* Friese, 1899, et *A. (Paramegilla) dubia* Eversmann, 1852.

Pour les Orthoptères, cet Ordre n'a fait l'objet que de très peu d'études dans la région des Aurès : Benharzallah (2004) totalise 21 espèces dans la wilaya de Batna. Ces dernières sont réparties dans trois familles: Acrididae, Pyrgomorphidae et Pamphagidae. La famille des Acrididae est la plus représentée et répartie en huit sous-familles d'importance inégale. Par contre Betina (2011) a seulement inventorié 11 espèces appartenant aux mêmes familles et se répartissant en 8 genres *Pamphagus*, *Euryparyphes*, *Pyrgomorpha*, *Acrotylus*, *Thalpomena*, *Dociostaurus*, *Omocestus* et *Truxalis*. Selon Benkenana et al. (2012), dix espèces de Pamphagidae marquent leur présence dont une nouvelle pour la science, il s'agit de *Pamphagus batnensis* (Benkenana & Petit, 2011). Ces espèces appartiennent aux genres : *Pamphagus*, *Ocneridia*, *Paraeuryparyphes*, *Euryparyphes*, *Tmethis*, *Acinipe* et *Paracinipe*.

Les Orthoptères : matériel biologique de l'étude

1. Systématique

Le mot « Orthoptères » se compose de deux racines étymologiques, « Ortho » droit et « pteron » aile (Douamndji & Doumandji-Mitiche, 1994). En effet ce groupe d'insectes est un des hexapodes les plus anciens, leurs apparition été au début du carbonifère et ils ont subis une évolution qui s'est étendu jusqu'au jurassique moyen (Jean-Christophe, 2001).

Selon (EL Ghadraoui, 2002), les Orthoptères composent le principale ordre du super-ordre des Orthoptéroïdes regroupant plus de 20.000 qui se réparties en deux sous-ordres : les Ensifères et les Caelifères.

Les Ensifères sont caractérisés par leurs longues antennes, les femelles possèdent des valves génitales bien développées, organe stridulant mâle sur le champ dorsal de l'élytre. L'organe tympanique sur le tibia des pattes antérieures. Ce sous-ordre est constitué de trois familles : les Tettigoniidae, les Gryllidae et les Sténopelmatidae (Chopard, 1943).

Les Caelifères (locustes et sautereaux) ont des antennes courtes bien que multiarticulées. Les valves génitales des femelles sont robustes et courtes. L'organe stridulant des mâles est constitué par une crête du fémur postérieur frottant sur une nervure intercalaire des élytres. Les organes tympaniques sont situés sur les côtés du premier segment abdominal. Les oeufs sont généralement pondus en masse, enrobés ou surmontés de matière spumeuse et enfouis dans le sol par la pénétration presque totale de l'abdomen.

Duranton & *al.*, (1982), ont subdivisé les Caelifères en trois grandes super-familles : les Tridactyloidea, les Tetrigoidea et les Acridoidea. La faune des Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord établie par (Chopard, 1943), reste une référence précieuse pour la détermination des acridiens. Au delà, plusieurs genres ont été révisés, la nomenclature et la classification des Orthoptères ont subi plusieurs remaniements et des nouvelles espèces ont été décrites. La classification retenue d'après le site Orthoptera Species Files <http://orthoptera.speciesfile.org> , montre que le groupe le plus important : Acridomorpha comprend 11 familles.

2. Morphologie

Les acridiens sont des Orthoptères dont la taille est comprise entre 6 mm de long pour les petits, à 12 cm, avec une envergure alaire de 23 cm pour les grands. Leur corps est plutôt cylindrique et se caractérise par un ronflement ou un rétrécissement aux extrémités. Il porte les trois tagmes : tête, thorax et abdomen (**Fig.11**).

La tête des acridiens est de type orthognathe (Bitsch & *al.*, 1973), elle porte les yeux composés, les ocelles et les appendices céphaliques : les antennes et les pièces buccales.

Les antennes sont filiformes et comportent moins de trente articles et jouent un rôle capital dans l'orientation, la sélection de l'alimentation et le choix du site de ponte (Chen & *al.*, 2003). L'appareil buccal est de type broyeur (Meglitsch, 1975). Les mandibules sont bien développées. Les maxilles et le labium ont typiquement une structure généralisée.

Le thorax porte les organes locomoteurs : les deux paires d'ailes et les trois paires de pattes. Les ailes antérieures ou élytres sclérifiées, plus ou moins rigides, recouvrant les ailes postérieures membraneuses. Les pattes des acridiens ont une triple fonction : déplacement, protection et stridulation. Pour cela, la troisième paire de pattes est muni d'un fémur bien développé.

La partie abdominale est allongée. Elle est formée de plusieurs segments et porte à son extrémité postérieure les pièces génitales externes.

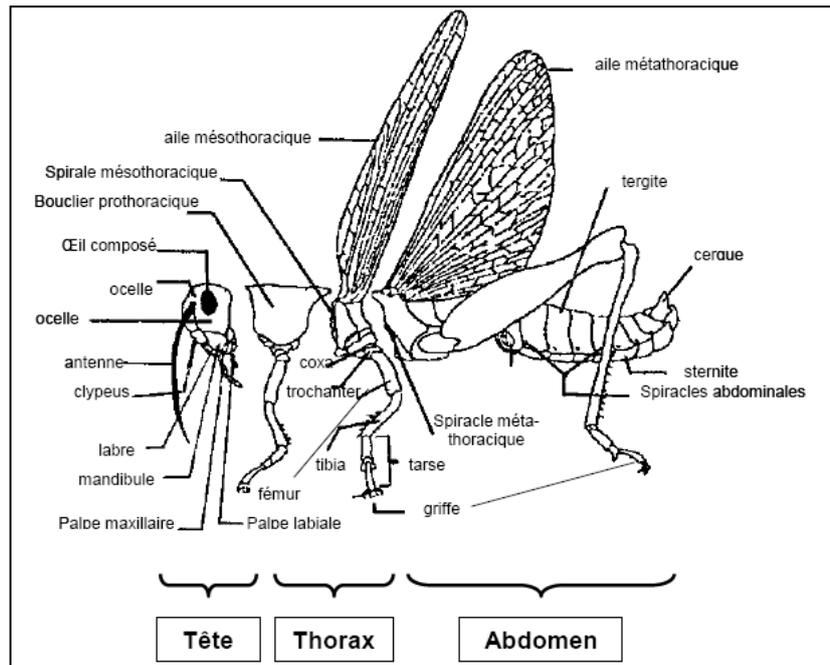


Fig.11 : Les trois parties du corps de l'acridien (Moussi, 2012)

3. Biologie

Selon (Maissiat & *al*, 1998), les acridiens sont des insectes hétérométaboles paurométaboles ou à métamorphose incomplète. Ils passent par trois états biologiques : l'état embryonnaire (l'œuf), l'état larvaire (la larve), et l'état imaginal (l'imago) (**Fig. 12**).

L'état embryonnaire est généralement hypogé, par contre les deux autres états sont épigés.

La très grande majorité des criquets dépose leurs œufs dans le sol, cela a lieu en générale le jour et dure une heure et plus. L'ensemble de processus conduisant au dépôt des œufs se déroule en quatre étapes :

La recherche d'un site de ponte, le forage du trou de ponte, le dépôt des œufs et de la matière spumeuse et enfin le damage et le balayage du sol (Popov & *al.*, 1990).

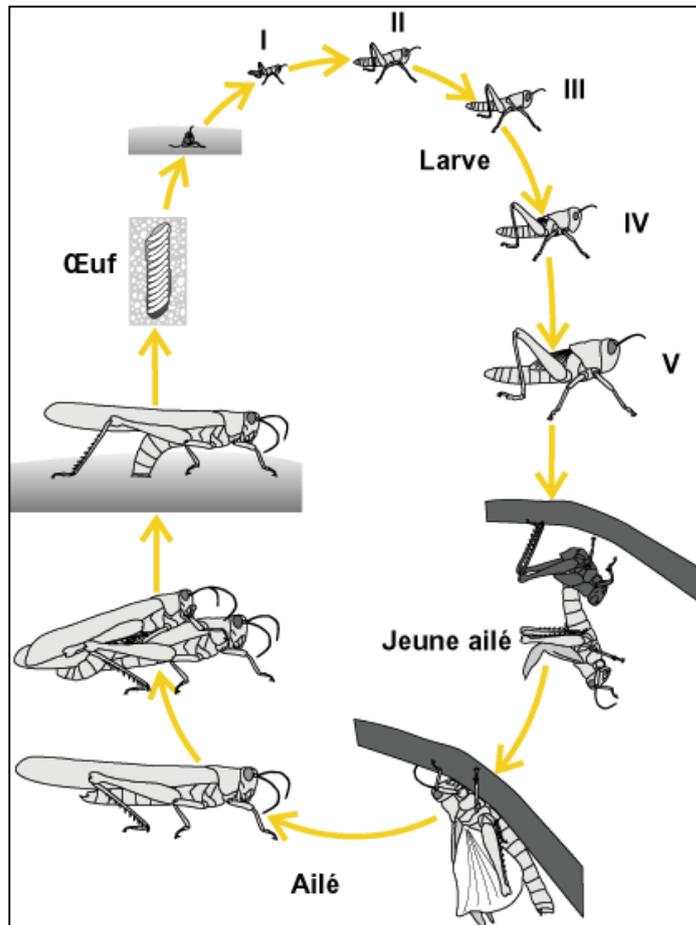


Fig.12 : Cycle biologique d'un acridien (Symmons & Cressman, 2001)

L'éclosion de l'œuf se produit à la fin du développement embryonnaire libérant une larve enveloppée d'une cuticule. Cette dernière se détache de la larve lors d'une mue appelée mue intermédiaire, qui donne naissance à une larve du premier stade.

Les jeunes larves se débarrassent de leurs téguments chitineux pour qu'elles puissent se développer et augmenter en volume, c'est la mue. En générale, l'état larvaire est divisé en cinq stades. La larve est dépourvue d'ailes mais possède des ébauches alaires.

La dernière mue ou mue imaginal permet l'émergence de l'imago. Les ébauches alaires sont entièrement développées, le durcissement des téguments est rapide.

Les imagos deviennent capables de se déplacer et de voler à la recherche d'un biotope favorable.

Chez les Orthoptères, la diapause désigne un arrêt de développement obligatoire prolongé, qui se manifeste à un stade bien précis selon les espèces, sans relations avec les facteurs du milieu. Par contre, la quiescence se manifeste immédiatement dès que les conditions abiotiques de température et l'humidité soient défavorables. Ainsi on distingue :

- Les espèces à diapause embryonnaire, c'est le cas de *Locusta migratoria* (Linné, 1798) (Harrat, 1999 ; Harrat & Petit, 2007).
- Les espèces à diapause larvaire : chez *pamphagus elephas* (Linné, 1785) (Aiouaz & Boufersaoui (1973) in Guergazi (2010)
- Les espèces à diapause imaginal : chez *Anacridium aegyptium* (Linné, 1964) (Guergazi, 2010).

4. Ecologie

L'humidité, la température, le sol et la végétation ont une grande influence sur la distribution des Orthoptères. Lorsque ces conditions sont favorable pour l'acridien, il se développe rapidement et fonde une population importante. Selon Boitier (2004), les acridiens peuvent coloniser des habitats variant de faible à haute altitude, à savoir les zones tropicales, les déserts, les milieux cultivés, les sols dénudés et les terrains boisés.

La température module l'activité générale, la vitesse de développement et le taux de mortalité. Son action finale porte sur la distribution géographique des espèces. Les acridiens, comme tous les insectes, sont des poïkilothermes ; leur température du corps est variable et dépend de la température ambiante. Les possibilités de régulation sont faibles, bien que leur température interne puisse, par insolation directe, dépasser de 10° à 15° la température externe (Duranton *et al.*, 1982), les mêmes auteurs affirment que La lumière agit sur le comportement et la physiologie de reproduction. En général, les acridiens sont attirés par les sources lumineuses mais des différences importantes sont observées en fonction des espèces, du sexe et de l'état physiologique des individus.

L'eau constitue le premier facteur déterminant la distribution géographique des acridiens (Le coq, 1978). Les œufs ont besoin d'absorber de l'eau dans les jours qui suivent la ponte, les larves et les ailés recherchent une source hydrique leur permettant de satisfaire leur équilibre interne en eau. L'alimentation des acridiens est quasi totalement végétale, ils équilibrent leur balance hydrique interne par voie alimentaire. Chaque espèce a ses exigences écologiques et peut donc se montrer plus ou moins dépendante des facteurs de l'environnement, mais cet apport d'eau par voie alimentaire est généralement vital pour les larves et les ailés. On distingue trois groupes d'espèces :

- ❖ les espèces hygrophiles recherchant les milieux humides.
- ❖ les espèces mésophiles ayant une préférence pour les milieux d'humidité moyenne.
- ❖ les espèces xérophiles vivant dans les milieux secs.

Le sol en tant que facteur édaphique est un élément permanent de l'environnement de l'acridien. Il est le support normal des plantes dont les larves et les ailés se nourrissent. Chaque espèce a ses propres critères d'appréciation de la qualité des sols, en rapport avec ses exigences et ses tolérances écologiques.

Les acridiens sont exclusivement phytophages (Boué et Chanton, 1971) et consomment en grosse majorité les Graminées (Barataud, 2003). La mise en place des adaptations écologiques des acridiens dépend principalement de l'environnement végétal (Le Gall et Gillon, 1989). Les acridiens trouvent dans la végétation abri, perchoir et nourriture. Trois facteurs de différenciation interviennent dans la perception du tapis végétal :

- ❖ Sa composition floristique (espèces végétales présentes).
- ❖ Sa structure (pelouse, prairie, savane, steppe, forêt).
- ❖ Son état phénologique (germination, feuillaison, floraison).

Le tapis végétal offre des conditions de vie différentes du milieu ambiant, à microéchelle.

L'acridien y trouve généralement une température et une humidité relative différentes, des alternances de plages d'ombre et de soleil, un abri contre le vent ou la pluie, des supports pour la rosée qu'il lui arrive de boire à l'aube. Dans tous les cas, les criquets se perchent pour effectuer toutes leurs mues, sauf la première à l'éclosion (mue intermédiaire) qui a lieu au sol. La quantité et la qualité de l'alimentation influencent les caractéristiques de croissance des populations d'acridiens.

De nombreux ennemis naturels vertébrés et invertébrés attaquent les acridiens, Les ennemis majeurs des œufs des acridiens sont les insectes parasites (hyménoptères), les Nématodes et les Acariens. Parmi les parasites des larves et des ailés, on trouve des Nématodes et des Diptères. Les prédateurs sont les oiseaux et certains Hyménoptères et Diptères (Duranton *et al.*, 1982).

Chapitre 02 :

Matériels

Et

Méthodes

I. Localisation géographique des sites d'étude

Pour réaliser l'analyse systématique et l'étude bio-écologique de la faune des acridiens de la région des Aurès nous avons choisi trois sites d'étude dans la wilaya de Batna : Djerma, Hamla et Lazrou. Batna se situe au nord-est de l'Algérie, dans la région des Aurès ($35^{\circ} 47' 00''$ N $6^{\circ} 03' 00''$ E) et s'étend sur une superficie d'environ 13 000 km². Elle est bordée 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.

Le choix des sites est pris en fonction du relief, de l'altitude et du type du tapis végétal. Les sites de Hamla et Djerma se trouvent dans le parc national de Belezma qui se situe dans la partie orientale du nord de l'Algérie, dans le massif montagneux de Belezma. Ce dernier se trouve à l'extrémité ouest des Monts des Aurès, à 7 km environ au nord-ouest de la ville de Batna. Il correspond à un chaînon montagneux marquant le début du massif des Aurès. Il s'étend sur une superficie de 26 250 hectares (Beloula, 2008). Il faut noter que le site de Lazrou ne se présente pas dans le parc (**Fig.13**).

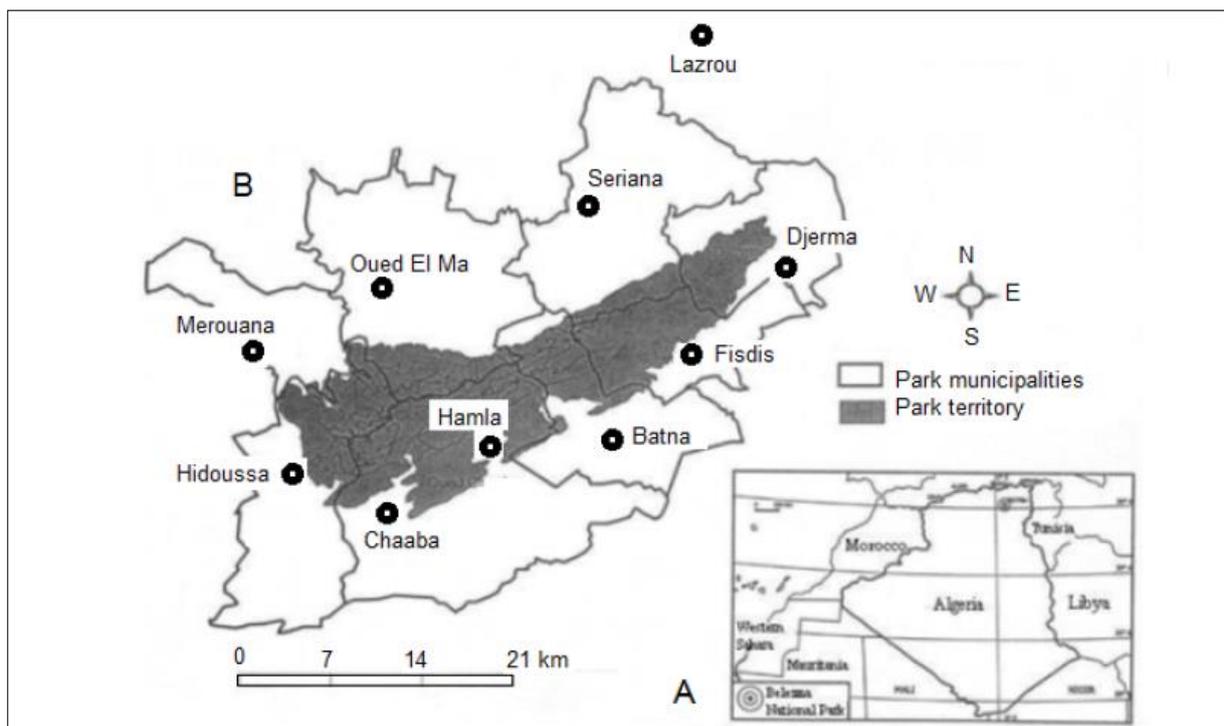


Fig.13 : Localisation des sites. A-Localisation de la wilaya de Batna. B-Localisation du parc national de Belezma dans la wilaya de Batna

La description et les informations de chaque site sont récapitulées dans le **Tableau 08**.

Tableau 08 : Description des sites d'étude

Sites	Lazrou	Djerma	Hamla
Cordonnés	35°47'13.16" N 6°13'03.22" E	35°40'31.87" N 6°16'32.94" E	35°34'48.09" N 6°04'37.00" E
Végétation	Verger de pommier	Steppe à Alfa	Maquis dégradé de chêne vert
Ph du sol	Alcalin 7.20	Alcalin 7.77	Alcalin 7.5
Altitude	810 m	1021 m	1260 m

La dénomination de Lazrou provient du nom mot « Azrou » qui signifie dans la langue berbère « Roc » c'est-à-dire masse de pierre très dure. Elle se situe à 50 km au nord de la wilaya de Batna et s'étend sur une surface de 168 km², limitée par les communes suivantes : Bir-Chouhada au nord, Zana-el-Beida à l'ouest, Ain-Yagout à l'est et Seriana au sud. Elle est connue par l'élevage ainsi que par les cultures fourragères et maraîchères. La couverture forestière reste relativement modeste et ne dépasse pas les 14 %. Le site d'étude consiste en un verger de pommiers (**Fig.14**).



Fig.14 : Le site d'étude Lazrou (photo originale 2013)

Djerma a reçu sa dénomination originale pendant l'époque amazigh qui veut dire la région qui mène l'eau ou qui est riche en eaux souterraines. Elle est située à 20 km au nord est du Batna et s'étend sur une superficie de 9966 hectares constituant une partie de la zone éparsée de la commune d'El-Madher. Elle a un aspect rural et agricole. Le site d'étude est une steppe

présente trois strates végétales : herbacée, arbustive et arborescente avec une prédominance des touffes d'Alfa (**Fig.15**).



Fig.15 : Le site d'étude de Djerma (photo originale 2012)

Hamla est située à une dizaine de km à l'ouest du centre ville de Batna, et s'étend sur une surface de 1856 hectares. Elle est bordée par les communes suivantes : Oued-Elma au nord, Batna au nord-est, Tazoult et Bani-Fdhala au sud-est, Ain-Touta au sud-ouest et Hidoussa à l'ouest. Ce site est un maquis dégradé de chêne vert (**Fig.16**).



Fig.16 : Le site d'étude Hamla (photo originale 2012)

II. Travail sur terrain

a) Echantillonnage des plantes

Pour l'échantillonnage des plantes, nous avons suivi la méthode du transect, qui désigne un dispositif d'observation de terrain ou la représentation d'un espace, le long d'un tracé linéaire et selon la dimension verticale, destiné à mettre en évidence une superposition, une succession spatiale ou des relations entre phénomènes (**Fig.17**). Nous avons utilisé des surfaces de 250 m² (50 m x 5 m). Cette méthode nous a permis de réaliser 6, 6 et 7 transects à Lazrou (surface prospective = 1500 m²), Djerma (surface prospective = 1500 m²), et Hamla (surface prospective = 1750 m²) respectivement. Nous avons enregistré le nombre d'individus et le pourcentage de couverture de chaque espèce végétale. Le nombre de chaque espèce végétale est dénombré à vue dans une superficie de 50 m de long et les pourcentages des plantes dans chaque site d'étude sont calculés ainsi.

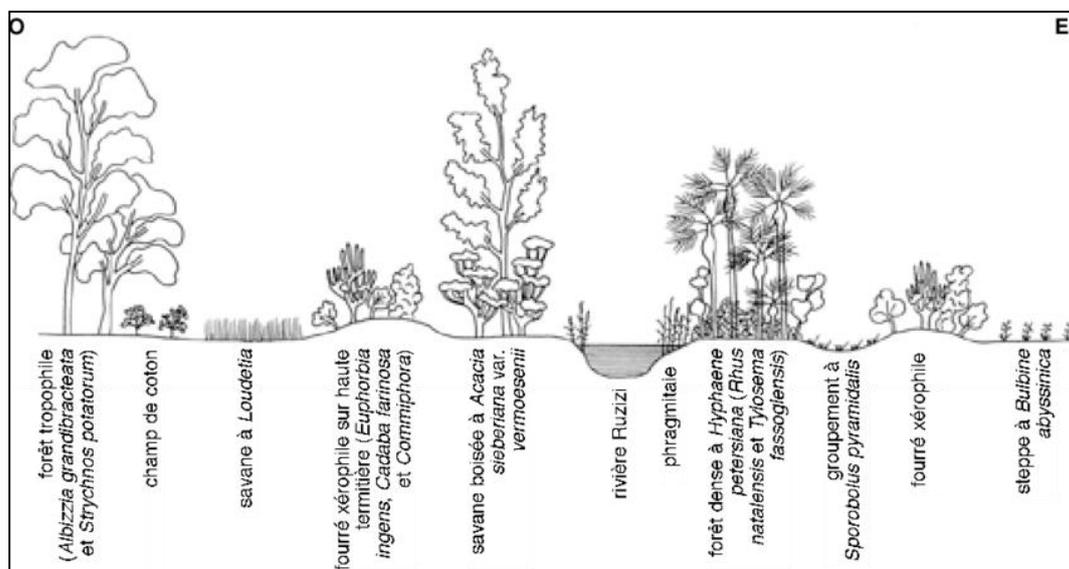


Fig. 17 : Transect végétal d'une plaine au Congo (Byavu et *al.*, 2000)

b) Echantillonnage des acridiens

Les prélèvements ont été réalisés durant toute l'année pendant deux ans (2012-2013), en moyenne deux à trois fois par mois pour chaque site à partir de 9h 30 du matin jusqu'à 17 h du soir. Nous avons utilisé les mêmes transects des plantes pour récolter les criquets. Nous avons utilisé le filet fauchoir pour la capture des individus ailés. La chasse à vue et la capture à la main constituent le meilleur moyen pour récolter les acridiens (**Fig.18**). Une fois l'acridien capturé, il est placé avec précaution dans une boîte ou un sachet en plastique sur lesquels la date et le lieu de capture sont mentionnés. A mesure que la température s'élève, les espèces deviennent de plus en plus mobiles et rapides et leur capture devient de plus en plus difficile. L'inventaire des acridiens nous a permis d'acquérir une connaissance sur leur diversité et établir une collection de référence.



Fig.18 : Méthodes utilisé pour la capture des acridiens. A : la chasse à vue, B : filet fauchoir

III. Travail au laboratoire

1) Conservation et détermination des espèces végétales récoltées

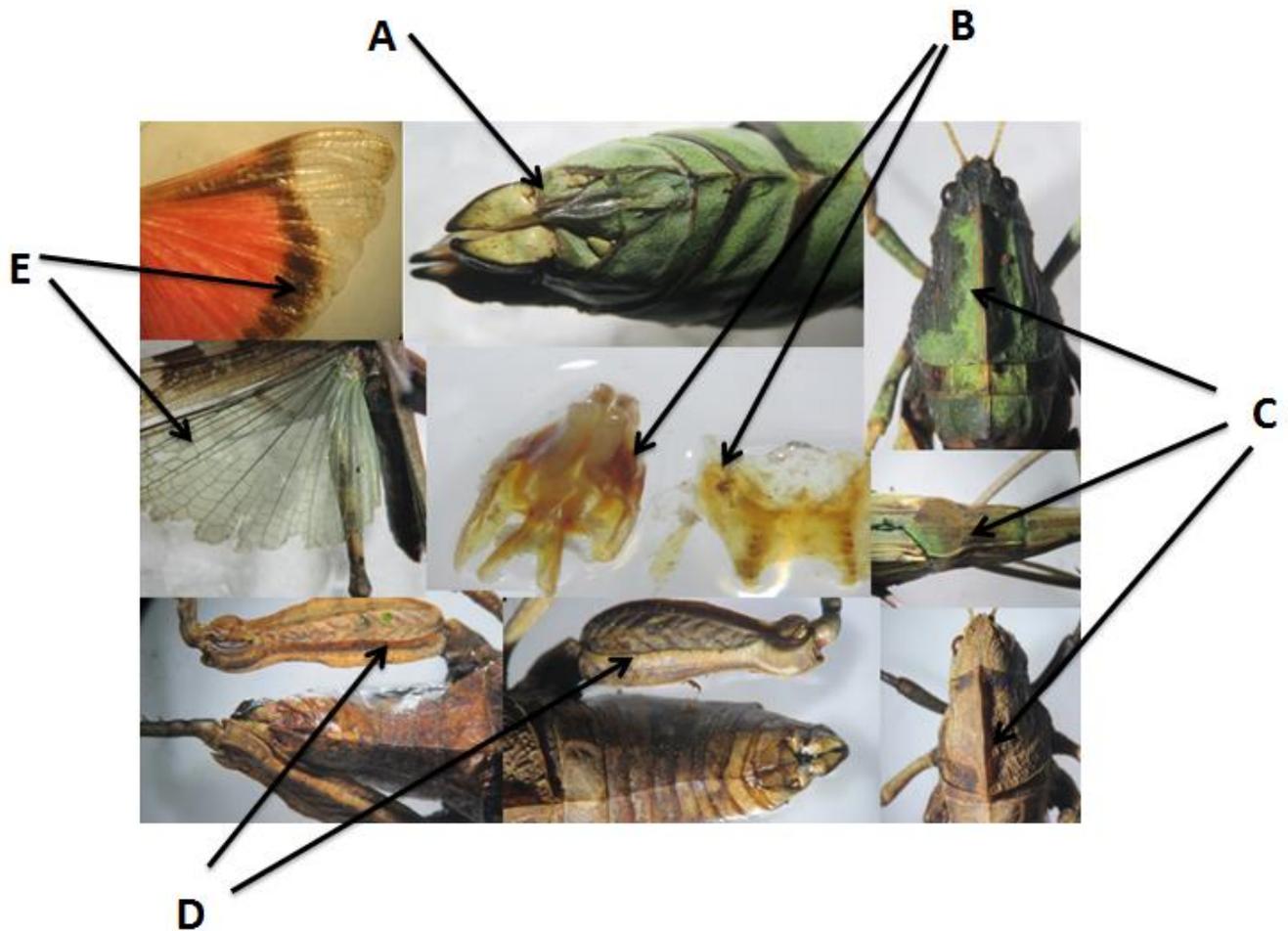
Les plantes sont recueillies, séchées et conservées dans un herbier de référence, dont la date et le site de récolte sont mentionnés. Pour la détermination, nous avons utilisé les clés établies par Quézel & Santa, (1962) et Beniston, (1984). La nomenclature a été mise à jour avec Tela-Botanica, disponible à l'adresse <http://www.tela-botanica.org>. Pour chaque espèce végétale, son signification phytosociologique a été attribuée dans les systèmes de Kaabeche (1996) et Julve (2010) pour déterminer les communautés végétales comme dans les travaux de Moussi et *al.*, 2011, Guendouz-Benrima et *al.*, 2011, Sobhi et *al.*, 2013, et Mahloul et *al.*, 2016. Pour traiter l'intensité de la perturbation due à la culture, il est nécessaire de calculer le pourcentage de classes de végétation des mauvaises herbes.

2) Préparation et conservation des acridiens

Les criquets ont été tués en les plaçant au congélateur à -15°C. Après cette opération, les gros individus sont vidés de leur contenu interne tout en préservant leurs parties génitales ; une incision au niveau de la membrane unissant les tergites et les sternites abdominaux est pratiquée soigneusement avec des ciseaux fins et à l'aide d'une petite pince, les viscères sont enlevés par l'ouverture pratiquée. Une fois la cavité générale de l'insecte vidée, on procède à son nettoyage avec du coton et on la remplit avec la même matière. Après l'avoir identifié, l'acridien est piqué à l'aide d'une épingle entomologique au niveau du pronotum et placé dans une boîte de collection contenant de la naphthaline.

3) Détermination et identification des espèces acridienne récoltées

Nous nous sommes basée sur l'étude des caractères morphologiques (**Fig. 19**) pour l'identification des espèces récoltées : la forme du pronotum, la coloration des ailes membraneuses et la forme de pattes postérieures. Nous avons pris en considération le complexe phallique pour l'identification des Pamphagidae. Nous avons utilisé les clés d'identification de Chopard (1943), Louveaux & Benhalima (1986), Ihsan (1988), Massa et *al.* (1993), Defaut (1999), Massa (2013), Defaut & François (2013). La nomenclature a été mise à jour à l'aide des sites Web (<http://orthoptera.speciesfile.org>) et MNHN Paris web site (<http://acrinwafrica.mnhn.fr>).



Légendes :

- A : Vue dorsal de l'appareil reproducteur femelle
- B : Vue dorsal du complexe phallique (génitalias males)
- C : Vue dorsal du pronotum
- D : Vue latéral du fémur postérieur
- E : Vue latéral de l'aile postérieure

Fig.19 : Quelques parties du corps de l'acridien qui ont fait l'objet de l'identification

4) Plasticité climatique des acridiens

Pour quantifier l'amplitude des contraintes climatiques que peuvent subir les acridiens, il était nécessaire de définir les paramètres climatiques des stations d'étude de manière globale, c'est-à-dire sur au moins 20 ans, mais aussi au niveau des 2 années d'étude. Le climat des trois sites est situé à l'étage aride supérieur (précipitations moyennes annuels 330 mm environ), le mois le plus chaud étant le plus sec (Le Houérou et *al.*, 1977). Durant la période entre 1982-2012, le site de Hamla a eu une quantité un plus élevée de précipitations par rapport aux autres sites, par contre Djerma et Lazrou ont enregistré les valeurs les plus élevées des températures dans le mois le plus chaud et le plus froid respectivement (**Tableau 09**). Les données sont récapitulées depuis la station météorologique de l'aéroport de Batna et le site web : <http://tutiempo.net/en/Climate/europe.htm>.

Tableau 09 : Températures mensuelles moyennes, maximales, minimales et précipitations mensuelles pendant la période (1982-2012) dans les trois sites d'étude

	période 1982-2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Djerma	T moy	5	6,3	8.7	11.8	16.4	21.5	25.2	24.5	20.6	14.9	9.6	6.1
	T max	9,7	11,4	14.4	18.4	23.3	28.9	33.4	32.4	27.4	20.9	14.8	10.8
	T min	0,3	1,2	3	5.3	9.5	14.2	17	16.7	13.8	9	4.5	1.4
	Précipitation	28	29	37	31	35	20	8	15	33	29	34	30
	Q2	34,09											
Hamla	T moy	4,6	5,8	8.3	11.6	15.9	21.3	24.9	24.3	20.2	14.5	9.3	5.4
	T max	9,2	10,9	14	18.2	22.9	28.7	33.2	32.2	27.1	20.5	14.4	10.1
	T min	0	0,7	2.6	5.1	9	13.9	16.6	16.4	13.4	8.6	4.2	0.8
	Précipitation	30	29	37	30	36	21	8	14	33	31	37	33
	Q2	35,02											
Lazrou	T moy	6	7,2	9.7	12.6	16.3	21.1	24.4	23.9	20.8	15.8	10.9	7.1
	T max	10,5	12,1	15.2	18.9	22.9	28.1	32.2	31.4	27.4	21.6	15.9	11.7
	T min	1,6	2,3	4.3	6.4	9.7	14.2	16.6	16.5	14.3	10	5.9	2.6
	Précipitation	37	33	37	33	39	24	7	12	30	31	37	32
	Q2	35,87											

Pour estimer la longueur de la période sèche, nous avons schématisé le diagramme ombrothermique de (Gausson, 1954) pour la période 1982-2012 illustré dans **la figure 20**. Le mois est considéré comme sec lorsque les précipitations sont au dessous de la courbe des températures moyennes selon l'index mensuel de l'aridité qui est calculé depuis l'évaporation potentielle (Mahloul et *al.*, 2016). Le diagramme montre que le début de la période sèche se

produit dans la deuxième quinzaine de mai. La fin de la période se produit au début d'octobre à Hamla et 15 jours plus tard à Djerma et Lazrou.

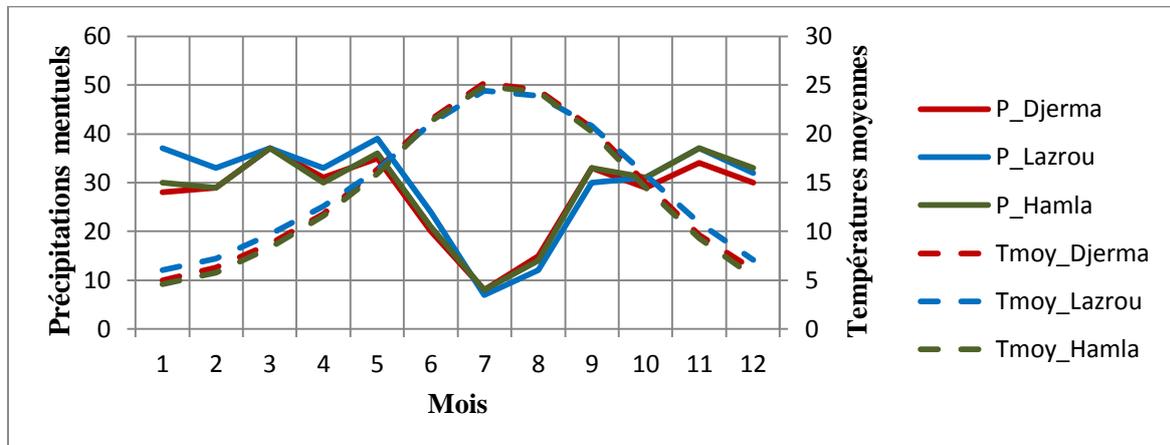


Fig.20 : Diagramme ombrothermique de Gaussen basé sur les données météorologiques recueillies de 1982 à 2012.

Par ailleurs, il est attendu que les contraintes climatiques s'exercent de manière différente selon l'habitat de l'insecte, puisque les touffes d'herbent offrent une protection thermique meilleure que l'herbe rase. Uvarov (1977) a décrit plusieurs catégories de criquets selon leur habitat. Les géophiles (géobiontes = terricole) passent la plus grande partie de leur vie active au sol, les phytophiles (phytobiontes = planticoles) vivent principalement sur des plantes, et les dendrophiles (= arboricoles) se trouvent sur des arbres et grands arbustes ligneux. Dans les espèces phytophiles, cet auteur distingue les graminicoles vivant principalement sur les habitats herbeux et les herbicoles sur les habitats herbacés, y compris les arbustes et les herbes. Les habitats des acridiens ont été recueillis à partir des travaux de Chopard (1943), Louveaux et Benhalima (1986), Ihsan (1988), Massa et *al.* (1993), Doumandji et Doumandji-Mitiche., 1994) et un résumé est fourni à l'annexe 1. Les espèces géophiles (par exemple, *Oedipodinae*, *Ocneridia*) correspondent à l'habitat 1, les phytophiles (par exemple *Pamphagus*, *Pyrgomorpha*) à l'habitat 2 et dendrophiles (*Anacridium aegyptium*) à l'habitat 3.

IV. Analyse statistique et écologique

Une connaissance approfondie des orthoptères est exigée afin de les maîtriser du point de vue biologique et écologique. C'est dans cette perspective que nous avons essayé de dégager plusieurs paramètres écologiques et statistiques permettant de connaître le type de répartition et la structure des peuplements des espèces acridiennes inventorié dans les sites d'étude, l'étude de la richesse et le pourcentage de recouvrement des plantes est inclus. Toutes les statistiques ont été menées en utilisant Past 2.17 (Hammer et *al.*, 2001).

a) Analyse écologique de la faune et la flore

Pour évaluer l'écologie des plantes et des insectes, plusieurs paramètres ont été considérés:

1. Richesse

Selon Defaut (1999), La richesse totale (S) est le nombre total des espèces rencontré dans un échantillon d'un biotope au cours de (N) relevés.

$$S = \text{esp}_1 + \text{esp}_2 + \text{esp}_3 + \text{esp}_4 + \dots + \text{esp}_n$$

La richesse moyenne (S') est le rapport entre le nombre total d'individus (Qi) pour chacune des espèces et le nombre total de relevés (N) effectués.

$$S' = Q_i / N$$

2. Fréquence relative

La fréquence relative (F) correspond au pourcentage des individus d'une espèce (ni) par rapport au nombre total des individus (N).

$$F = \frac{ni \times 100}{N}$$

3. Constance

D'après Ramade (1984), la constance est correspond au pourcentage de nombre de relevé contenant l'espèce i (Ni) par rapport au nombre total des prélèvements effectué (N).

$$C = \frac{Ni \times 100}{N}$$

Si :

50% < C > 25% : l'espèce est accessoire

C > 50% : l'espèce est considérée comme constante

4. Similarité des peuplements

D'après Dajoz (1982), l'indice de similarité de SORENSEN est donné sous l'expression suivante :

$$Cs = \frac{2J}{A+B}$$

Avec :

A : le nombre d'espèces présentes dans le site a

B : le nombre d'espèces présentes dans le site b

J : le nombre d'espèces communes aux sites a et b

Cet indice varie entre 0 et 1, Si :

Cs = 0 : Les deux sites n'ont aucune espèce en commun

Cs = 1 : La similarité entre les deux sites est complète

5. Indices écologique

5.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H')

L'indice de diversité de Shannon (H') mesure le degré et le niveau de complexité d'un peuplement. Plus il est élevé, plus il correspond à un peuplement composé d'un grand nombre d'espèces avec une faible représentativité. A l'inverse, une valeur faible traduit un peuplement dominé par une espèce ou un peuplement à petit nombre d'espèces avec une grande représentativité (Blondel, 1975). Il s'exprime en Bit (binary digit unit) et calculé par la formule suivante:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

avec :

H' : indice de biodiversité de Shannon

i : une espèce du milieu d'étude

S : richesse spécifique

P_i : Proportion d'une espèce (i) par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu), qui se calcule de la façon suivante :

$P_i = ni / N$ Où ni est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total.

5.2. Indice de Simpson

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce il est calculé par la formule suivante:

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

Avec :

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

N : nombre total d'individus.

Cet indice aura une valeur de 0 pour indiquer le maximum de diversité, et une valeur de 1 pour indiquer le minimum. Dans notre étude, nous avons préféré appliquer 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. Il donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. Le fait d'ajouter des espèces rares à un échantillon, ne modifie pratiquement pas la valeur de l'indice de diversité.

b) Analyse Statistique

1) Diversité bêta

Pour quantifier la différenciation entre les sites le long du gradient d'altitude, les diversités bêta ont été calculées en utilisant les formules $\beta = \gamma/\alpha$ (expression de ratio) et $\beta = \gamma - \alpha$ (expression de différence) où γ est l'indice global de Shannon pour les sites adjacents, et α la moyenne des indices Shannon locaux (Whittaker, 1972).

2) Test de corrélation croisée

Pour comparer la phénologie interspécifique des adultes, c'est-à-dire le profil mensuel de l'abondance, des corrélations croisées (statistiques temporelles) ont été menées pour obtenir le retard et la valeur p associée entre chaque espèce. Pour chaque taxon, l'abondance moyenne mensuelle au cours des deux années de l'étude a été calculée. Un retard de -1 indique que la première espèce est en avance d'un mois par rapport à la seconde (Djazouli et *al.*, 2009, Mostefaoui et *al.*, 2014).

3) Plasticité écologique

La plasticité de chaque espèce acridienne peut s'exprimer au travers des amplitudes d'élévation (plasticité d'habitat) et des variations climatiques (plasticité phénologique).

Concernant l'amplitude d'élévation, les variations d'abondance de chaque espèce sont considérées de manière synchrone c'est-à-dire indépendante de l'année. Elle a été obtenue en prenant l'exponentielle de l'indice de Shannon, à partir des abondances moyennes de chaque site (Whittaker, 1972). Pour évaluer la relation entre l'amplitude et le barycentre (centroïde) de chaque espèce le long du gradient en élévation, nous avons utilisé la formule :

Barycentre $B = \sum (ER_i * A_{bi}) / \sum A_{bi}$, avec ER_i = rang d'élévation du site i , variant de 1 (Lazrou) à 3 (Hamla) et A_{bi} = abondance moyenne d'espèces dans le site i .

Concernant la plasticité phénologique, il est nécessaire de calculer les décalages entre les pics d'abondances (barycentres temporels) observés en 2012 et 2013 pour chaque espèce et chaque site, séparément pour les juvéniles tardifs et les adultes. Ces décalages sont calculés à partir des différences entre les barycentres exprimés en décimales.

Pour calculer le barycentre temporel, nous avons commencé à transformer les dates en format décimal. Par exemple, le 20 mars devient 3,67. Pour chaque espèce et chaque génération, le barycentre temporel des adultes a été calculé par formule:

$$B = \sum (N_i * \text{abondance}) / \sum (\text{abondance})$$

Avec N_i = date décimale et abondance_i = abondance à cette date. Dans le cas des juvéniles, nous avons regroupé les abondances de L3, L4 et L5. La comparaison du barycentre entre les adultes et les juvéniles de la même espèce nous ont permis d'évaluer le nombre de générations pour chaque espèce.

4) Modèle Linéaire Général

Pour comprendre les facteurs intervenant dans les variations des barycentres de chaque espèce, nous avons mené un Modèle Linéaire Général (GLM), compte tenu des altitudes (trois modalités), des habitats (deux modalités) et systématique (trois modalités). Nous avons enlevé la modalité dendrophile dans les habitats parce qu'une seule espèce n'était concernée. Les trois modalités du facteur systématique sont les Oedipodinae, les Pamphaginae et les Pyrgomorphinae. Comme les espèces acridiennes restantes sont éparpillées en petits groupes, elles étaient considérées comme des données manquantes.

5) Analyse de similarité (ANOSIM)

C'est une méthode développée par Clarke (1993) visant à tester les différences de composition entre des groupes de relevés (> 5 si possible) par un test de permutation. L'indice de similarité préconisé est celui de Bray-Curtis. Une valeur p inférieure à 5% indique une différence significative entre les groupes de relevés, que l'on peut alors qualifier d'assemblages. Ce test peut être à un seul facteur si on ne considère que des groupes de relevés, mais aussi à 2 facteurs si on tient compte en plus de la saison ou d'un autre facteur.

6) L'analyse factorielle des correspondances (AFC)

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) consiste à rechercher la meilleure représentation simultanée entre les lignes et les colonnes d'un tableau de type stations/espèces. Elle permet d'individualiser de façon objective et statistiquement fiable les groupements. Les graphiques utilisés représentent une projection simultanée des sites et des espèces dans un espace ayant autant de dimensions que de variables mesurées. En général, on utilise une représentation des plans formés par deux axes orthogonaux, ces axes étant ceux représentant un maximum de variance pour l'analyse (la plupart du temps, les deux ou trois premiers axes sont utilisés) (Mahloul, 2017). L'interprétation des résultats se fait en termes de proximité entre sites, entre espèces ou entre sites et espèces.

7) La classification ascendante hiérarchique (CAH)

La classification ascendante hiérarchique ou CAH mesure la similarité entre les paires d'échantillons à l'aide d'indices comme Bray-Curtis, par exemple dans le cas de données brutes, mais de la distance euclidienne dans le cas des coordonnées des points issus d'une

AFC. Les résultats sont affichés dans un dendrogramme. L'objectif principal des méthodes de classification automatique est de répartir les éléments d'un ensemble en groupes et de les hiérarchiser. Généralement ces regroupements sont réalisés à partir d'une matrice de distances inter-sites calculées à l'aide d'un algorithme de classification, selon un ordre décroissant de niveaux de ressemblance (Lebart *et al.*, 1984). Il existe plusieurs méthodes de classification et plusieurs choix de calcul de la distance entre deux entités.

Chapitre 03 :

Résultats

I. Composition floristique

Le recensement des plantes a révélé 60 espèces qui ont été distribuées dans les trois sites d'étude avec une richesse de 13, 40 et 21 dans Lazrou, Djerma et Hamla respectivement (**Fig. 21**). Il y avait une faible similitude entre Lazrou et Djerma (8%), et plus élevé entre Djerma et Hamla (26%) et entre Hamla et Lazrou (35%). Le sol nu a occupé une surface croissante avec l'altitude, passant de 20% à Lazrou à 58% à Hamla. Sur les trois sites, la famille des Asteraceae était la mieux représentée. En ce qui concerne le site d'altitude le plus bas Lazrou, les valeurs de couverture de l'inventaire floristique se trouvent dans le (**Tableau 10**). *Malus communis* se présente comme l'espèce dominante, suivi par *Hordeum murinum* et *Avena fatua* avec des pourcentages inférieurs à 8%. Les études floristiques du site de Djerma (**Tableau 11**) indiquent que la composition de la flore était dominée par *Stipa tenacissima*. Outre les Asteraceae, les principales familles étaient Lamiaceae avec quatre espèces, et Fabaceae, Resedaceae et Papaveraceae avec trois espèces. Le recensement de la flore du site de Hamla (**Tableau 12**) a révélé la présence dominante d'*Avena fatua* et d'*Asphodelus ramosus*. Outre les Asteraceae, les familles les mieux représentées étaient les Fabaceae avec trois espèces, et les Poaceae, Cupressaceae et Lamiaceae avec deux espèces chacune.

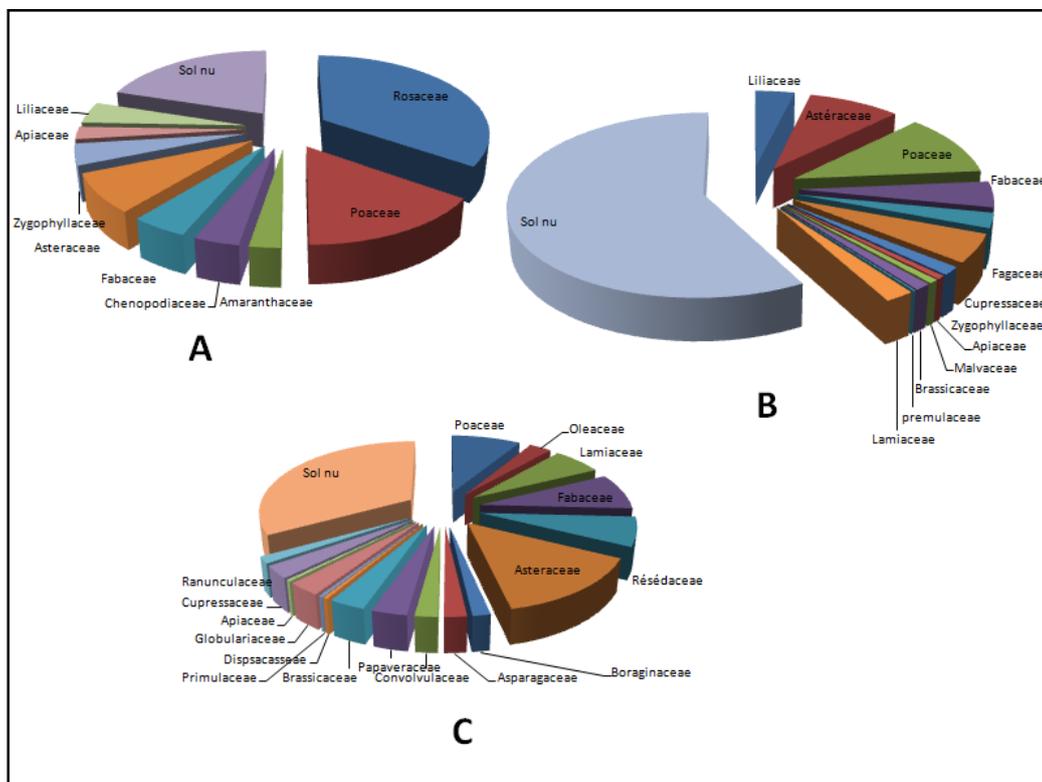


Fig. 21 : Représentation des sous familles des espèces végétales dans les sites d'étude :
A : Lazrou, B : Hamla, C : Djerma

Tableau 10: Les espèces répertoriées dans le site de Lazrou et leurs taux de couverture

Famille	Espèce	Taux de couverture
Amaranthaceae	<i>Beta vulgaris</i>	2.52%
Apiaceae	<i>Aegopodium podagraria</i>	2.55%
Asteraceae	<i>Scolymus maculatus</i>	2.36%
	<i>Anacyclus clavatus</i>	1.84%
	<i>Asteriscus spinosus</i>	3.68%
Chenopodiaceae	<i>Atriplex halimus</i>	3.68%
Fabaceae	<i>Melilotus macrocarpa</i>	1.06%
	<i>Medicago truncatula</i>	3.52%
Liliaceae	<i>Asphodelus albus</i>	4.41%
Poaceae	<i>Avena fatua</i>	7.65%
	<i>Hordeum murinum</i>	7.7%
Rosaceae	<i>Malus communis</i>	34.74%
Zygophyllaceae	<i>Peganum harmala</i>	4.29%
Sol nu		20.00%
Total		100.00%

Tableau 11 : Les espèces répertoriées dans le site de Djerma et leurs taux de couverture

Famille	Espèce	Taux de couverture
Asparagaceae	<i>Drimia undulata</i> = <i>Urginea undulata</i>	1.99%
Asteraceae	<i>Artemisia herba-alba</i>	3.96%
	<i>Calendula arvensis arvensis</i>	1.99%
	<i>Carduus macrocephalus</i>	1.59%
	<i>Centaurea calcitrapa</i>	0.57%
	<i>Picris sp</i>	0.79%
	<i>Carduus pteracanthus</i>	1.19%
	<i>Carthamus lanatus</i>	0.58%
	<i>Artemisia campestris</i>	0.79%
	<i>Reichardia picroides intermedia</i>	0.79%
	<i>Onopordon arenarium</i>	1.19%
<i>Urospermum dalechampii</i>	0.79%	
Apiaceae	<i>Daucus sp</i>	0.39%
Boraginaceae	<i>Borrago officinalis</i>	1.59%
Brassicaceae	<i>Diplotaxis erucoides</i>	1.99%
	<i>Matthiola fruticosa</i>	1.19%
Convolvulaceae	<i>Convolvulus cantabrica</i>	1.99%
Cupressaceae	<i>Juniperus oxycedrus</i>	1.59%
	<i>Juniperus phoenicea</i>	1.19%
Dispsacaceae	<i>Scabiosa sp</i>	0.43%
Fabaceae	<i>Genista microcephala</i>	3.78%
	<i>Medicago truncatula</i>	1.58%

	<i>Hedysarum coronarium</i>	2.78%
Globulariaceae	<i>Globularia alypum</i>	2.96%
Lamiaceae	<i>Rosmarinus officinalis</i>	1.59%
	<i>Salvia verbenaca</i>	1.19%
	<i>Marrubium alysson</i>	2.39%
Papaveraceae	<i>Papaver hybridum</i>	0.79%
	<i>Papaver rhoeas</i>	1.35%
	<i>Fumaria densiflora</i>	0.97%
Poaceae	<i>Stipa tenacissima</i>	7.34%
	<i>Avena fatua</i>	1.35%
Primulaceae	<i>Lysimachia arvensis</i>	0.36%
Ranunculaceae	<i>Adonis dentata</i>	0.73%
	<i>Ranunculus sp</i>	0.79%
Resedaceae	<i>Reseda alba</i>	2.39%
	<i>Reseda arabica</i>	2.58%
	<i>Reseda decursiva</i>	1.59%
Sol nu		33.12%
Total		100.00%

Tableau 12 : Les espèces répertoriées dans le site de Hamla et leurs taux de couverture

Famille	Espèce	Taux de couverture
Apiaceae	<i>Eryngium tricuspdatum</i>	0.62%
Asteraceae	<i>Artemisia herba-alba</i>	1.62%
	<i>Onopordum arenarium</i>	0.74%
	<i>Anacyclus clavatus</i>	3.01%
	<i>Asteriscus spinosus</i>	1.72%
	<i>Inula conyza</i>	1.74%
Brassicaceae	<i>Sinapis arvensis</i>	1.18%
Cupressaceae	<i>Juniperus oxycedrus</i>	2.17%
	<i>Juniperus phoenicea</i>	2.87%
Fabaceae	<i>Astragalus armatus Willd</i>	1.17%
	<i>Genista microcephala</i>	1.69%
	<i>Calicotome spinosa</i>	1.72%
Fagaceae	<i>Quercus ilex</i>	2.62%
Lamiaceae	<i>Teucrium polium</i>	1.29%
	<i>Marrubium alysson</i>	0.86%
Asparagaceae	<i>Asphodelus ramosus</i>	3.77%
Malvaceae	<i>Malva sylvestris</i>	0.68%
Poaceae	<i>Hordeum murinum</i>	2.34%
	<i>Avena fatua</i>	8.62%
Primulaceae	<i>Lysimachia arvensis</i>	0.12%
Zygophyllaceae	<i>Peganum harmala</i>	1.44%
Sol nu		58.01%
Total		100.00%

a) Analyse de la végétation

Sauf un certain nombre d'espèces endémiques en Afrique du Nord, la plupart des espèces peuvent être associées à une division du système phytosociologique. Les résultats sont présentés dans le **Tableau 13** et exprimés en pourcentage de la couverture végétale.

Tableau 13 : Pourcentages de couverture des différentes classes phytosociologiques

Classes	Vegetation	Lazrou	Djerma	Hamla
<i>Lygeo-stipetea</i> Rivas-Martinez 1978 em. Kaabeche 1990	Steppe en climat aride	3,52%	15,69%	3,53%
<i>Rosmarinetea officinalis</i> (Braun- Blanquet 1947) Gaultier 1990	Garrigue ouest- méditerranéenne	0%	7,33%	0%
<i>Stellarietea mediae</i> (Braun-Blanquet 1921) Tüxen, Lohmeyer & Preising in Tüxen 1950 em. Schubert in Schubert, Hilbig & Klotz 1995	Mauvaises herbes annuelles basophiles	0%	10,32%	1,30%
<i>Pistacio lentisci - Rhamnetealaterni</i> subsp. <i>alaterni</i> Julve 1993	Matorral méditerranéen	0%	4,39%	6,76%
<i>Pino halepensis - Quercetea ilicis</i> coll. (Braun-Blanquet in Braun-Blanquet, Emberger & Molinier 1947) de Foucault & Julve 1991	Boisement méditerranéen à feuilles persistantes	0%	0%	2,62%
<i>Papaveretalia rhoeadis</i> Hüppe & Hofmeister 1990	Mauvaises herbes basophiles	7,65%	0%	8,62%
<i>Rhamno catharticae - Prunetea spinosa</i> Rivas Goday & Borja Carbonell 1961	Verger de Pommier	34,74%	0%	0%
<i>Sisymbrietea officinalis</i> Gutte & Hilbig 1975	Friche européenne annuelle	11,90%	2,17%	5,35%
<i>Onopordetea acanthii</i> subsp. <i>acanthii</i> Braun-Blanquet 1964 em. Julve 1993	Friche européenne xérophile pérenne	2,52%	0,57%	0,68%
<i>Sarcocornieteal fruticosae</i> Braun- Blanquet & Tüxen 1943 ex A. & O. de Bolòs in A. de Bolòs 1950	Buissons halophiles	3,68%	0%	0%
<i>Pegano harmalae - Salsoletea vermiculatae</i> Braun-Blanquet & O. de Bolòs 1958	Buissons méditerranéens sub- désertiques halophiles	4,29%	0%	1,44%
<i>Glechomo hederaceae - Urticetea dioicae</i> (Passarge 1967) Julve 2003 class. nov. hoc loco	Friches et lisières médio-européennes neutrophiles pérennes	2,55%	0%	0%
<i>Dactylo glomeratae</i> subsp. <i>hispanicae</i> - <i>Brachypodietea retusi</i> Julve 1993	Prairie naturelle méditerranéenne basophile	8,09%	6,36%	5,49%
<i>Stipo capensis - Brachypodietea distachyi</i> (Braun-Blanquet 1947) Brullo 1985	Pelouse écorchée européenne annuelle basophile	0%	0,79%	0%

Plusieurs groupes végétaux basophiles ont été trouvés, en relation avec le sol alcalin des trois sites. La végétation de Lazrou était entièrement constituée d'espèces liées à la culture, logiquement associées au verger de pommiers : les mauvaises herbes basophiles, les jachères annuelles et pérennes représentent environ 25% de la couverture végétale totale, tandis que le sol nu représente 20%. En revanche, la présente étude a enregistré dans les sites de Djerma et de Hamla la colonisation de buissons méditerranéens (garrigue et mattoral sur des sols alcalins et relativement acides) indiquant une influence humaine moindre. La végétation dominante de Djerma était la steppe à Alpha (*Stipa tenacissima*), avec une couverture atteignant seulement 16% en raison de perturbations : les mauvaises herbes annuelles basophiles occupent environ 10%. A Hamla, les terres steppiques sont remplacées par une forêt relique de chênes verts, très dégradée (couvrant moins de 3%). Ceci est dû à la conjonction du climat car cette station est proche de la limite entre les étages supérieurs arides et semi-arides, défavorable au développement du chêne et de l'influence humaine, car de nombreux troncs ont été dévastés pour le bois de chauffage. En conséquence, le sol nu occupe plus de 50% de la surface et on observe l'établissement de mauvaises herbes basophiles et des jachères européennes, avec une couverture totale d'environ 14%. En ce qui concerne les groupes phytosociologiques indicatifs de perturbation, c'est-à-dire *Stellarietea mediae*, *Papaveretalia rhoeadis* et *Sisymbrietea officinalis*, les résultats montrent des pourcentages de couverture à 19,5%, 12,5% et 15,3% pour Lazrou, Djerma et Hamla respectivement.

II. Résultats Faunistiques

Au cours des deux années d'étude, 133 visites sur le terrain ont été effectuées pour quantifier l'abondance des acridiens. Nous avons collecté 8985 individus d'acridiens dans la région de Batna (**Fig. 22**) composé de 7082 adultes et 1968 larves (**Fig. 23**).

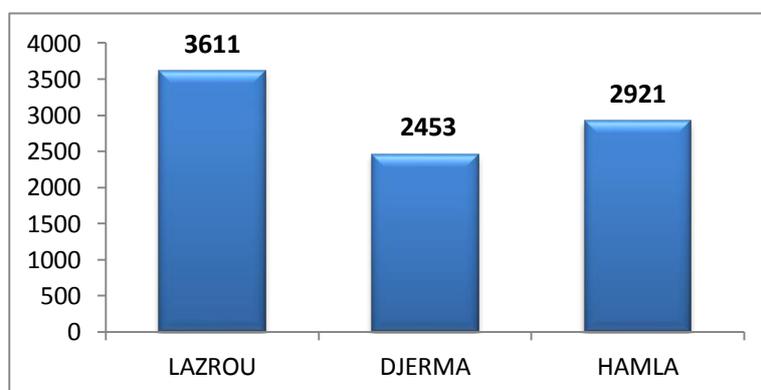


Fig. 22 : Nombre total d'individus collecté dans chaque site

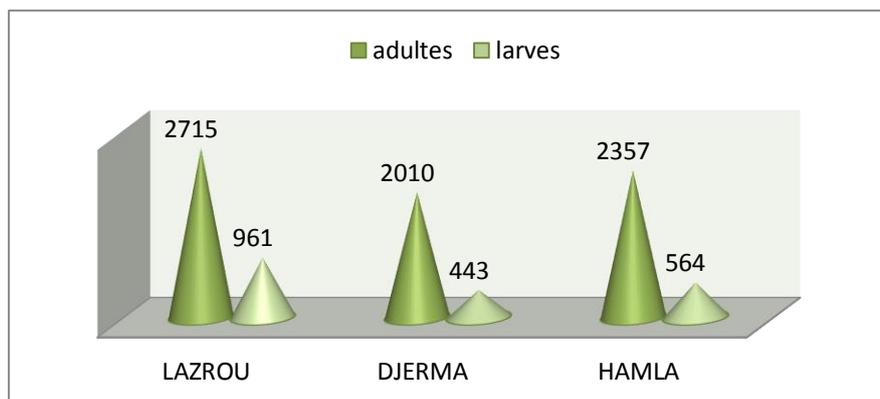


Fig. 23 : Nombre total des adultes et des larves collecté pour chaque site

Nous avons dénombré 21 espèces appartenant à trois familles ; à savoir les Pyrgomorphidae, les Pamphagidae et les Acrididae (**Tableau 14**). Ces dernières se divisent en 8 sous-familles (**Fig. 24**). Le site de Djerma compte sept sous-familles ; la sous-famille des Oedipodinae est représentée par cinq espèces, les Pamphaginae par quatre espèces, deux espèces représentent les Pyrgomorphinae, les restes des sous-familles sont représentées par une espèce chacune. Le site de Hamla abrite cinq sous-familles ; la sous-famille des Oedipodinae est représentée par quatre espèces, les Pamphaginae par deux espèces, les restes des sous-familles sont représentées par une espèce chacune. Le site de Lazrou regroupe huit sous-familles ; la sous-famille des Pamphaginae est représentée par trois espèces, les sous-familles des Pyrgomorphinae et Oedipodinae par deux espèces, les restes des sous-familles sont représentées par une espèce chacune.

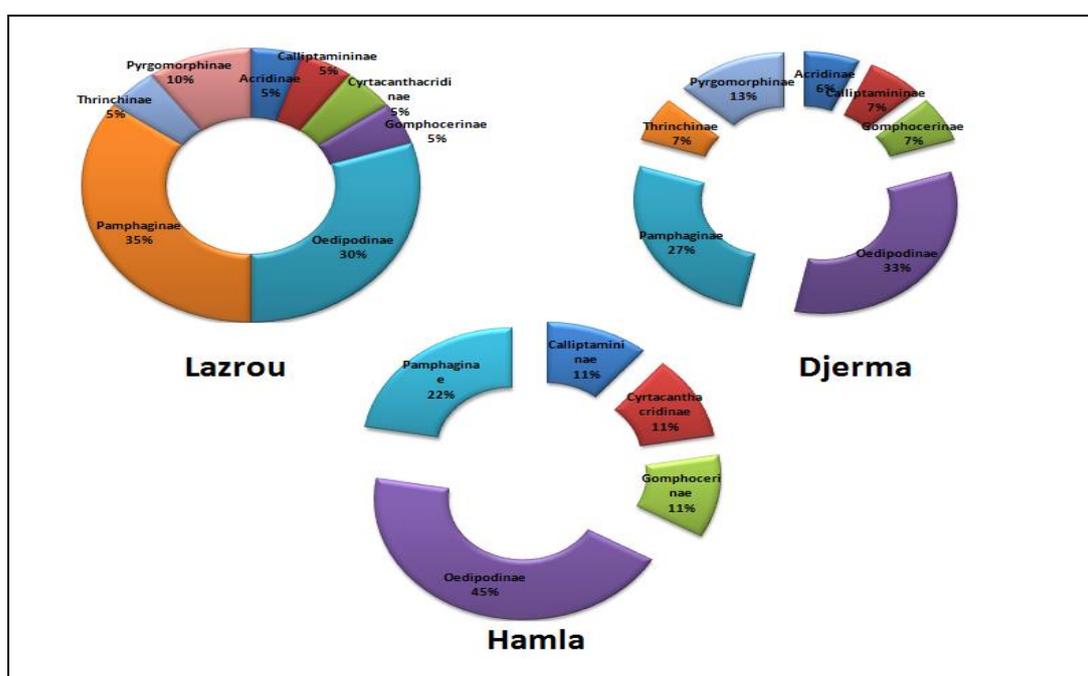


Fig. 24 : représentation des sous-familles dans les trois sites

Tableau 14 : Inventaire des espèces acridiennes dans les trois sites d'étude

Famille	Sous-famille	Espèce	Djrm	Hml	Lzr	
Acrididae	Acridinae	<i>Truxalis nasuta</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	+	
	Calliptamininae	<i>Calliptamus wattenwylanus</i> Pantel, 1896	+	+	+	
	Cyrtacanthacridinae	<i>Anacridium aegyptium</i> (Linné, 1764)	-	+	+	
	Gomphocerinae	<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i> Soltani, 1978	+	+	+	
		<i>Dociostaurus marrocanus</i> (Thunberg, 1815)	-	+	-	
	Oedipodinae	<i>Acrotylus patruelis patruelis</i> (Herrich-Shaffer, 1838)	+	-	+	
		<i>Oedaleus decorus</i> (Germar, 1826)	+	-	-	
		<i>Oedipoda caerulescens sulfurescens</i> Saussure, 1884	-	+	-	
		<i>Oedipoda fuscocincta</i> Lucas, 1849	+	+	-	
		<i>Oedipoda miniata miniata</i> Pallas, 1771	+	+	-	
			<i>Thalpomena algeriana algeriana</i> (Lucas, 1849)	+	+	+
	Pamphagidae	Pamphaginae	<i>Euryparyphes sitifensis</i> (Brisout de Barneville, 1854)	+	-	-
			<i>Ocneridia canonica</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 djelfensis</i> Vosseler, 1902			+	-	-	
Thrinchinae		<i>Tmethis cisti</i> (Fabricius, 1787)	+	-	+	
Pyrgomorphidae	Pyrgomorphinae	<i>Pyrgomorpha conica conica</i> (Olivier, 1791)	+	-	+	
		<i>Pyrgomorpha vosseleri</i> Uvarov, 1923	+	-	+	

+ : Presence, - : Absence

Djrm : Djerma, Hml : Hamla, Lzr : Lazrou

a) Analyse écologique de la faune

1. Richesse

nous avons dénombré 21 espèces au cours de 133 sorties, le nombre d'espèces pour chaque site est mentionné dans le **Tableau 15**.

Tableau 15 : La richesse total dans la région de Batna

	Lazrou	Djerma	Hamla	Total
Nombre total des relevés (N)	42	44	47	133
Richesse totale (S)	12	15	10	21

2. Richesse moyenne

Au cours des 44 sorties sur terrain, les calculs de la richesse moyenne des espèces inventoriées dans le site de Djerma (**Tableau 16**) montre qu' *Acrotylus patruelis patruelis* est la plus représentée sur le terrain, et l' *Euryparyphes sitifensis* reçoit la plus faible valeur, à Hamla (**Tableau 17**), où 47 sorties ont été effectuées, l' *Ocneridia canonica* reçoit la valeur la plus élevée, mais à Lazrou (**Tableau 18**) c'est l' *Acrotylus patruelis patruelis* sur 42 sorties effectués.

Tableau 16 : La richesse moyenne des espèces dans le site de Djerma

Espèces	Nombre total d'individus	Richesse moyenne
<i>Pyrgomorpha conica</i>	145	3.29
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	124	2.82
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	186	4.23
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	231	5.25
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	186	4.23
<i>Oedaleus decorus</i>	166	3.77
<i>Oedipoda fuscicornis</i>	147	3.34
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	207	4.70
<i>Truxalis nasuta</i>	150	3.41
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	182	4.14
<i>Pamphagus auresianus</i>	180	4.09
<i>Pamphagus batnensis</i>	160	3.64
<i>Pamphagus djelfensis</i>	136	3.09
<i>Euryparyphes sitifensis</i>	91	2.07
<i>Tmethis cisti</i>	162	3.68

Tableau 17 : La richesse moyenne des espèces dans le site de Hamla

Espèces	Nombre total d'individus	Richesse moyenne
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	449	9.55
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	337	7.17
<i>Oedipoda carulescens sulfurecens</i>	297	6.32
<i>Oedipoda fuscocincta</i>	258	5.49
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	390	8.30
<i>Dociostaurus marrocanus</i>	2	0.04
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	294	6.25
<i>Anacridium aegyptium</i>	247	5.25
<i>Ocneridia canonica</i>	390	8.30
<i>Ocneridia microptera</i>	257	5.47

Tableau 18 : La richesse moyenne des espèces dans le site de Lazrou

Espèces	Nombre Total d'individus	Richesse moyenne
<i>Pyrgomorpha conica</i>	209	4.98
<i>Pyrgomorpha vosseleri</i>	216	5.14
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	401	9.55
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	463	11.02
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	324	7.71
<i>Truxalis nasuta</i>	213	5.07
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	319	7.59
<i>Anacridium aegyptium</i>	248	5.90
<i>Pamphagus auresianus</i>	330	7.86
<i>Pamphagus batnensis</i>	326	7.76
<i>Ocneridia volxemii</i>	309	7.36
<i>Tmethis cisti</i>	318	7.57

3. Fréquence relative

Les valeurs des fréquences relatives des espèces acridiennes recensées dans le site de Djerma montrent qu'*Acrotylus patruelis patruelis* présente la valeur la plus élevée de la fréquence relative, à l'opposé de *Pyrgomorpha vosseleri* qui enregistre le taux le plus faible. Celles du site de Hamla montrent que *Thalpomena algeriana algeriana* présente la valeur la plus élevée de la fréquence relative, alors que *Anacridium aegyptium* reçoit le taux le plus faible. La présence accidentelle de *Dociostaurus marrocanus* due à sa migration n'a pas été prise en considération. Pour Lazrou, *Acrotylus patruelis patruelis* présente la valeur la plus

élevé de la fréquence relative tandis que *Pyrgomorpha conica conica* montre la valeur minimale. Toutes les valeurs sont illustrées dans la **Figure 25**.

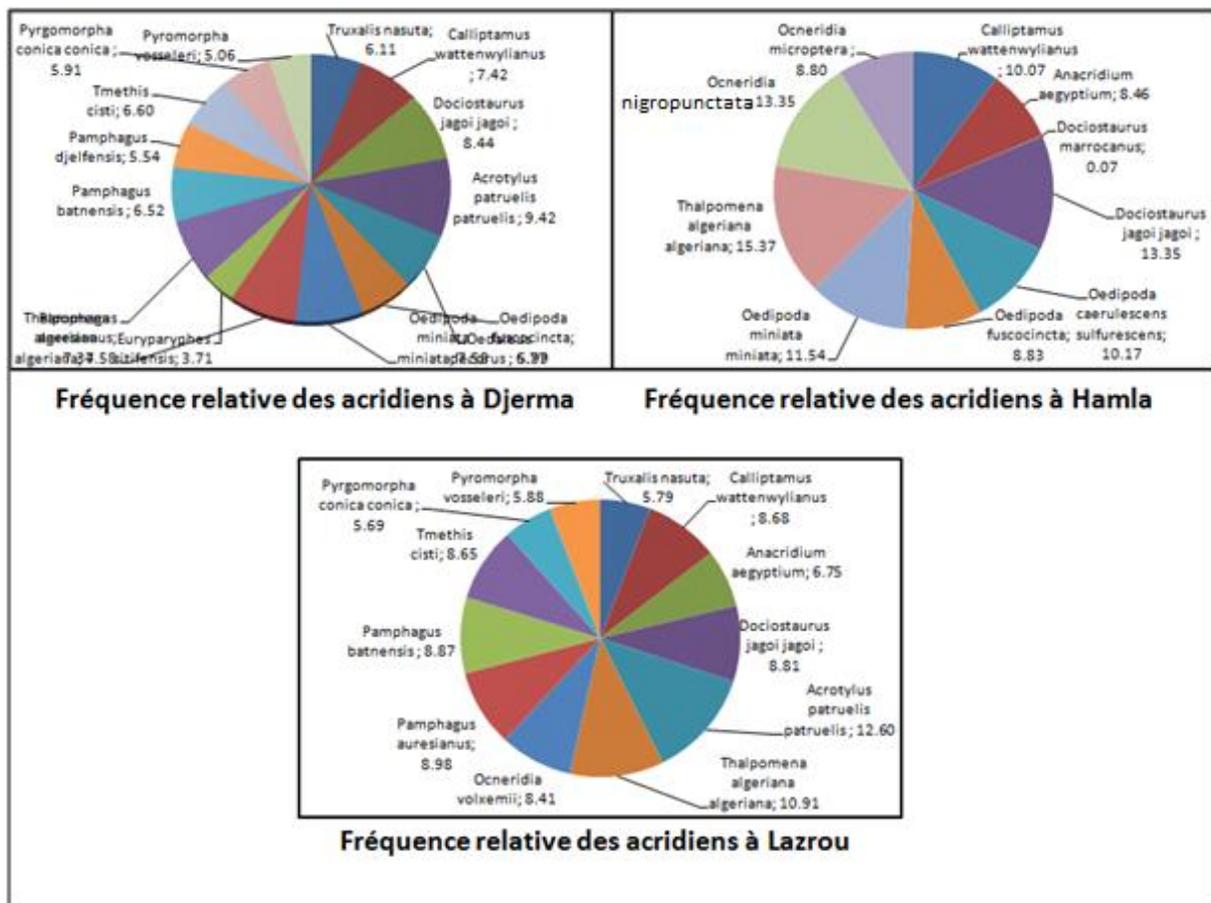


Fig.25: Fréquence relative des espèces acridiennes recensées dans les trois sites

4. Constance

Les valeurs de la constance des espèces acridiennes recensées dans le site de Djerma sont illustrées dans la **figure 26**. Ces résultats montrent que *Thalpomena algeriana algeriana* apparut d'une manière spectaculaire vu qu'elle est présente presque dans plus des deux tiers des relevés, on note également que *Doclostaurus jagoi jagoi* et *Acrotylus patruelis patruelis* sont considérés comme espèces constantes, par contre le reste des espèces sont accessoires.

Les valeurs de la constance des espèces acridiennes recensées dans le site de Hamla figurent dans la **figure 27**. Ces résultats montrent que *Thalpomena algeriana algeriana* et *Doclostaurus jagoi jagoi* présentent les valeurs les plus élevées de la constance, les espèces des Oedipodinae sont considérées comme constantes, le reste des espèces sont accessoires.

Les valeurs de la constance des espèces acridiennes recensées dans le site de Lazrou figurent dans **la figure 28**. Ces résultats montrent qu'*Acrotylus patruelis patruelis*, *Dociostaurus jagoi jagoi* et *Thalpomena algeriana algeriana* sont des espèces constantes, le reste des espèces sont considérés comme accessoires.

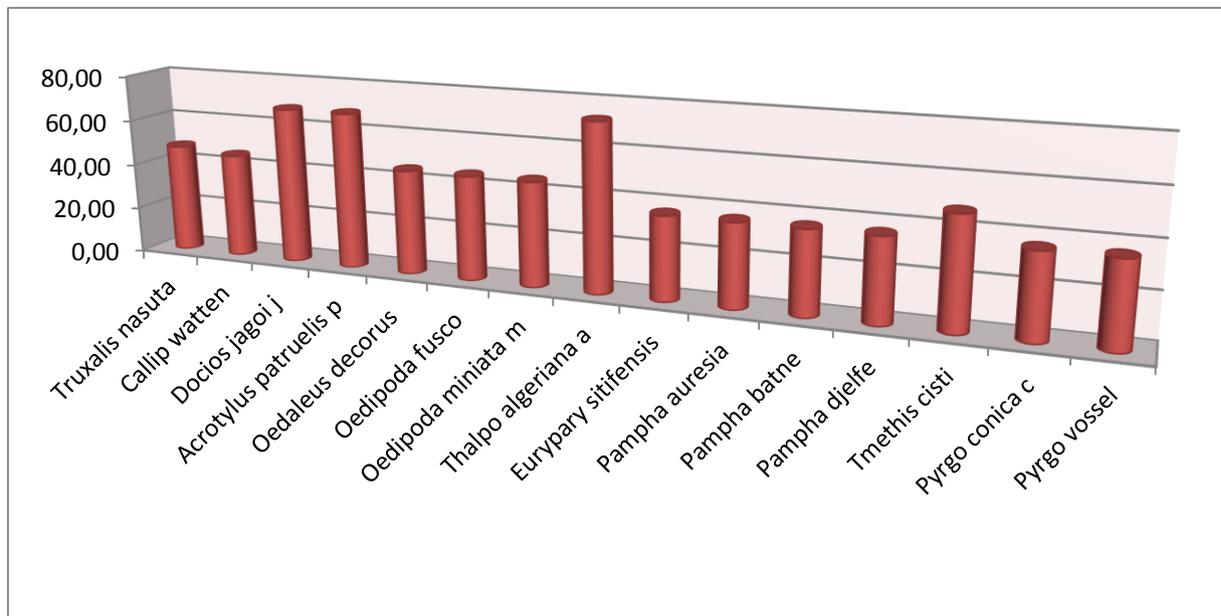


Fig. 26 : Constance des espèces acridiennes dans le site de Djerma

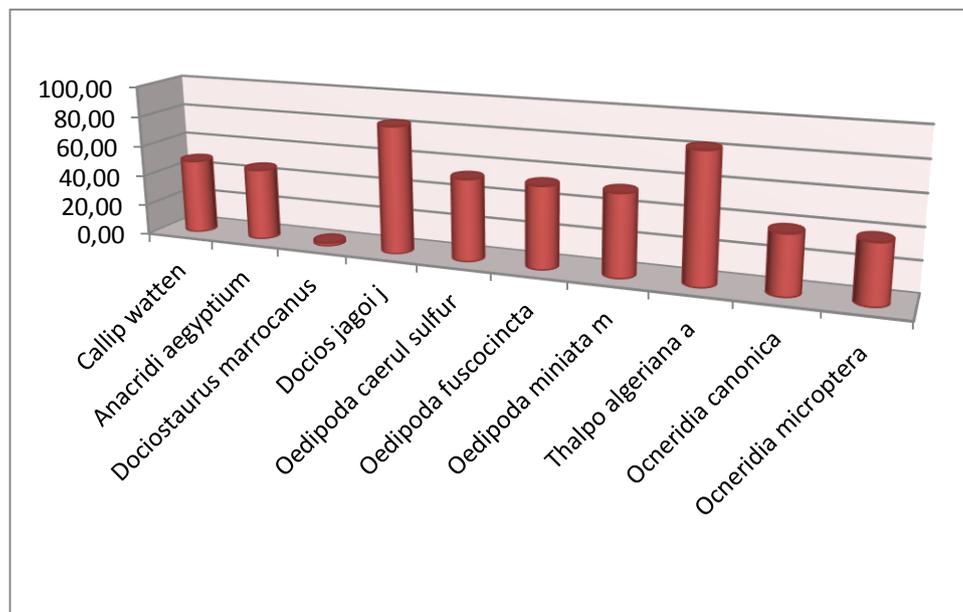


Fig 27 : Constance des espèces acridiennes dans le site de Hamla

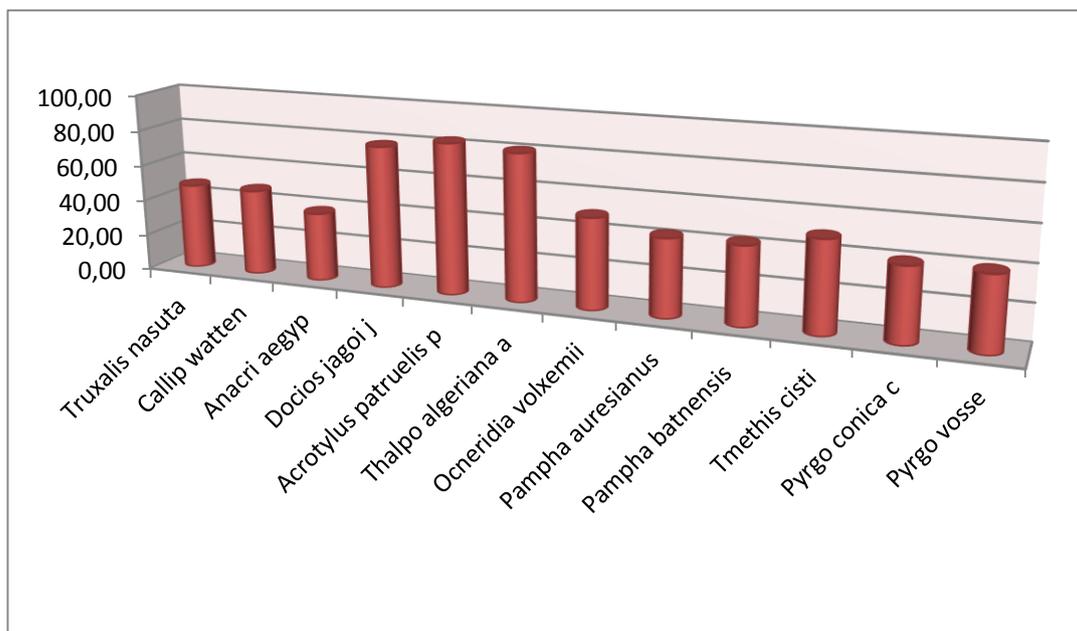


Fig. 28 : Constance des espèces acridiennes dans le site de Lazrou

5. Similarité des peuplements

Les valeurs de la similarité des peuplements entre les sites sont calculées et mentionnées dans le **Tableau 19**.

Tableau 19 : Similarité des peuplements floristique et faunistique

	Entre Djerma et Hamla	Entre Djerma et Lazrou	Entre Hamla et Lazrou
Similarité d'espèces végétales	0.26	0.08	0.35
Similarité d'espèces acridiennes	0.40	0.74	0.36

Ces résultats montrent que le tapis végétale de Lazrou a un degrés de similitude un peu plus avec le couvert du Hamla par rapport à celui de Djerma, tandis que la composition acridienne de Lazrou et très proche à celle de Djerma et loin de la faune du Hamla.

6. Indices écologique

Il apparaît que la diversité, exprimée par la richesse et les indices de Simpson et Shannon, atteint un pic à Djerma (**Tableau 20**), tandis que la plus forte abondance moyenne a été enregistrée à Lazrou, avec plus de 80 individus par date d'échantillonnage.

Tableau 20 : Indices écologique et abondance dans les trois sites

	Lazrou	Djerma	Hamla	Total
Simpson_1-D	0,912	0,931	0,884	0,935
Indice de Shannon	2,45	2,65	2,18	2,86
Abondance moyenne (S')	87,52	55,75	62,15	68,04

7. Structure de la communauté acridienne

Selon (Frontier et Pichod-Viale, 1998), elle est souvent illustrée par les courbes rangs / ln (abondance) (**Fig.29**). La pente de Motomura est liée à la diversité, car une pente décroissante rapide correspond à une faible diversité. Il semble que les trois communautés ont une structure assez identique, car les pentes des trois courbes sont parallèles. Dans chaque cas, il est révélateur d'une communauté stable.

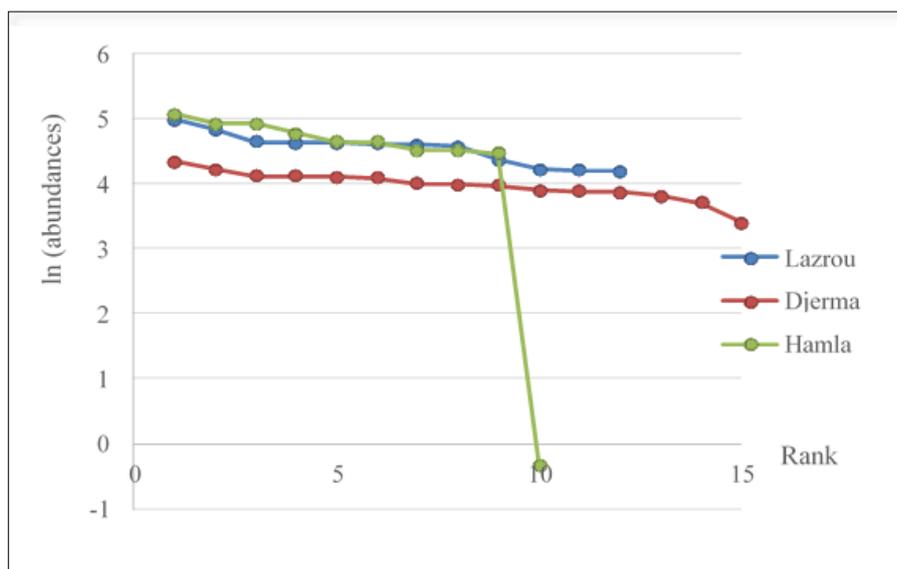


Fig.29: Structure communautaire des acridiens dans les trois sites

Cependant, il convient de noter que le très rare *Dosciostaurus maroccanus* dans le site de Hamla ($\ln(\text{abondance}) = -0,70$) n'appartient pas vraiment à la communauté, une vue confortée par une absence de juvénile sur ce site, l'espèce étant donc seulement accidentelle. Sinon, la plus grande richesse dans la station de Djerma semble être due à trois espèces, à l'extrémité droite de la courbe. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons calculé le rang des trois taxons spécifiques à Djerma: *Oedaleus decorus* 7/15, *Pamphagus djelfensis* (13/15) et *Euryparyphes sitifiensis* (15/15). Cette idée est donc soutenue pour les deux dernières espèces.

La différenciation entre les stations exprimées par les diversités bêta sont les suivantes : dans l'expression du ratio, les différences bêta pour Lazrou-Djerma et Djerma-Hamla sont respectivement de 1,06 et 1,145; dans l'expression de la différence, les mêmes couples de sites ont donné 0,16 et 0,36 respectivement, indiquant avec les deux calculs une plus grande différenciation entre les sites d'élévation moyenne et supérieure qu'entre les sites d'élévation inférieure et moyenne.

8. Climat et cycle de vie

L'accent a été mis sur une vue temporelle des variations d'abondance dans les trois communautés. À une première étape, la phénologie a été évaluée en considérant le niveau de la sous-famille, car les différentes espèces d'une sous-famille donnée présentent globalement le même profil. Les variations saisonnières de chaque espèce dans les trois sites pendant les deux années d'échantillonnage sont illustrées dans **les annexes 01, 02, 03**.

Le site Lazrou a le plus grand nombre de sous-familles avec 8, puis Djerma avec 7 (Cyrtacanthacridinae manque) et Hamla avec seulement 5 (Acridinae, Pyrgomorphae et Thrinchinae manquent). Pour comprendre la signification biologique de ces sous-familles insuffisantes, il a été testé si ces sous-familles ont des phénologies synchrones ou présentent un décalage temporel entre elles (**Tableau 21**). Les résultats sont présentés à la **Figure 30**.

Tableau 21 : les décalages mensuels entre les sous-familles dans les trois sites

	Lazrou		Djerma		Hamla	
	Lag	P value	Lag	P value	Lag	P value
Pyrgomorphae/Pamphaginae	0	$2,2 \cdot 10^{-8}$	0	$2,2 \cdot 10^{-8}$		
Pamphaginae/Calliptaminae	-2	$7,8 \cdot 10^{-10}$	-3	$1,8 \cdot 10^{-5}$	-2	$4,2 \cdot 10^{-3}$
Calliptaminae/Thrinchinae	0	$1,4 \cdot 10^{-14}$	0	$1,6 \cdot 10^{-13}$	0	$1,7 \cdot 10^{-13}$
Thrinchinae/Oedipodinae	0	$2,3 \cdot 10^{-15}$	0	$1,9 \cdot 10^{-9}$		
Oedipodinae/Gomphocerinae	0	$3,0 \cdot 10^{-14}$	0	$7,3 \cdot 10^{-7}$	0	$3,3 \cdot 10^{-8}$
Gomphocerinae/Acridinae	0	$1,6 \cdot 10^{-8}$	0	$1,2 \cdot 10^{-9}$		
Gomphocerinae/Cyrtacanthacridinae	-1	$5,4 \cdot 10^{-7}$	-1		-1	$2,2 \cdot 10^{-6}$

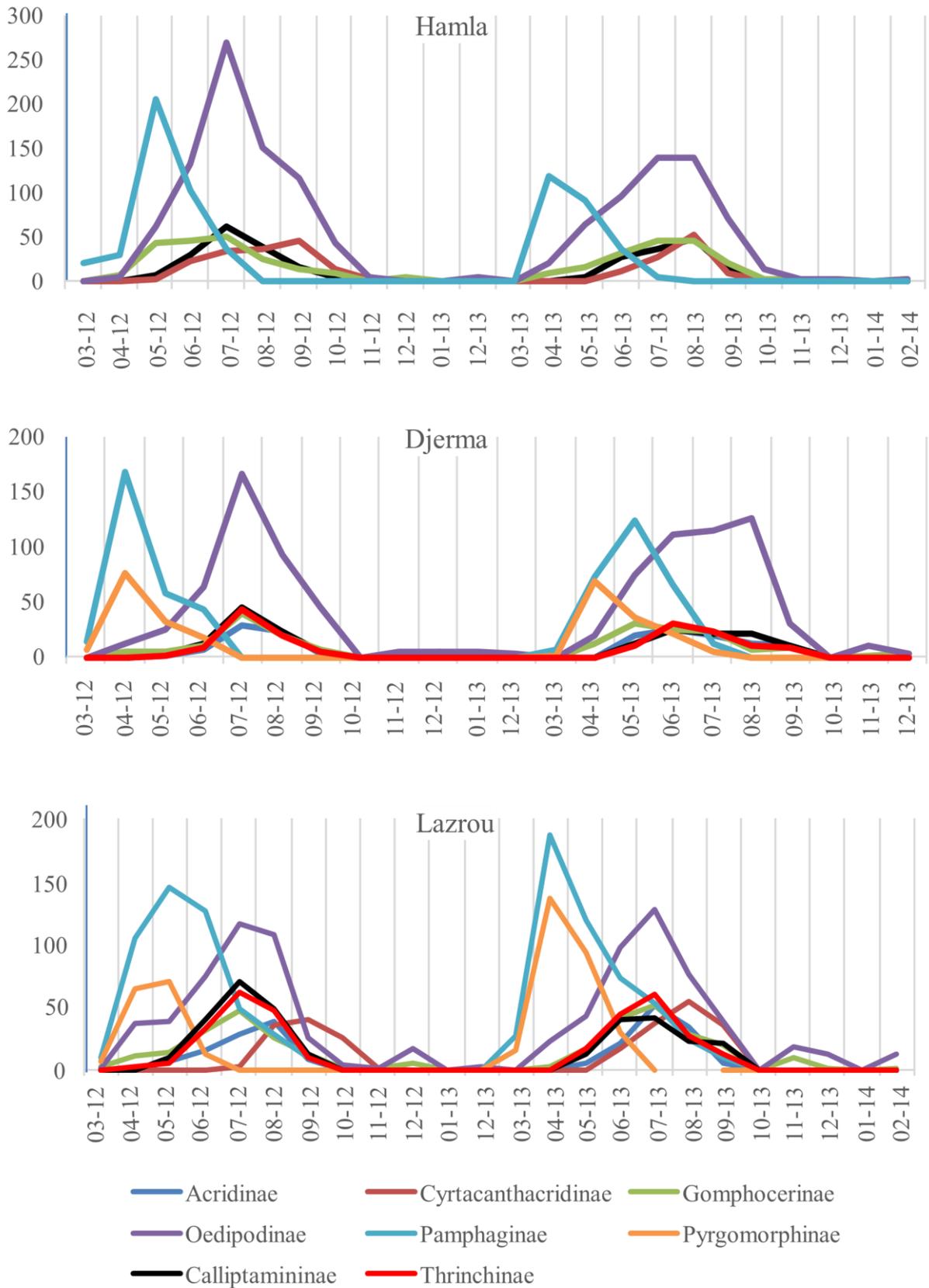


Fig. 30: Variations temporelles des sous-familles. L'abscisse correspond aux mois des deux années d'étude, et les ordonnées à l'abondance moyenne d'adultes par mois.

Il semble qu'il y ait une succession de trois groupes de sous-familles dans les trois sites :

- le premier, représenté par Pyrgomorphae et Pamphaginae, était en plus forte présence en avril et en mai, soit deux à trois mois avant le deuxième groupe.
- le second, comprenant les Calliptaminae, Thrinchinae, Oedipodinae, Gomphocerinae et Acridinae, a montré leur abondance maximale en juillet.
- le troisième était constitué des Cyrtacanthracridinae, un mois plus tard que le deuxième groupe, et atteint sa plus haute densité en août et en septembre.

On peut conclure que la plupart des sous-familles atteignent le nombre le plus élevé en juillet, alors que certains taxons sont précoces ou tardifs. On peut penser que le raccourcissement de la saison de croissance dans les zones les plus élevées devrait contre-sélectionner les pics d'espèces au printemps. En effet, sur le site de haute altitude Hamla, les deux espèces de Pyrgomorphae (sous-famille précoce) disparaissent. De plus, sur les 7 Pamphaginae au printemps, seuls deux sont enregistrés sur ce site (*Ocneridia microptera* et *O. nigropunctata*). En ce qui concerne l'absence de *Tmethis cisti* (Thrinchinae) et *Truxalis nasuta* (Acridinae), les adultes montrent un pic en juillet, ce qui semble parfaitement adapté au climat local de Hamla, ce qui conduit à la conclusion que la cause de leur absence n'est pas liée à une relation cycle / climat.

Bien que les prévisions semblent rencontrer un certain soutien à partir des données sur le terrain, cette vue est simplifiée car plusieurs espèces présentent 2 générations par an (bivoltine).

La présente étude a encore comparé les trois communautés selon leur cycle. Comme il a été développé dans (Moussi et *al.*, 2011 et Petit, 2014), il existe une adaptation des acridiens à la sécheresse d'été à travers le type de cycle dans les climats méditerranéens. Une espèce univoltine dont la population adulte atteint un sommet en juillet est contre-adaptée, alors qu'un changement vers le printemps ou l'automne permet d'éviter cette saison défavorable. Une autre solution possible est une stratégie de cycle bivoltin, chaque génération ayant sa plus haute densité au printemps et en automne. Profitant des juvéniles et des enregistrements adultes, nous avons pu déterminer sans équivoque le cycle de chaque espèce sur chaque site. Aucun changement dans le type de cycle n'a été observé entre les trois sites pour chaque espèce. Les résultats (**Tableau 22**) indiquent que la proportion de cycles adaptés diminue régulièrement du site d'altitude la plus basse à Lazrou à la plus élevée à Hamla, donc du plus au climat moins aride.

Tableau 22 : Modèle cyclique des acridiens dans les trois sites

	Lazrou	Djerma	Hamla
1Gs	4	6	2
1Ga	1	0	1
2G	3	3	2
1Gj	4	6	4
cycles adaptés %	67	60	56

Avec 1Gs = une génération qui culmine au printemps; 1Ga = une génération qui culmine en automne; 1Gj = une génération atteignant un sommet en juillet; 2G = 2 générations. Cycle adapté = 1Gs + 1Ga + 2G / total.

On peut conclure que la plus grande diversité de Djerma provient d'un excès d'espèces présentant des pics d'espèces univoltines au printemps et en juillet. En ce qui concerne la plus faible diversité enregistrée dans Hamla, l'explication tient compte de la durée totale plus courte de la saison de croissance. Cette longueur peut être déduite des températures moyennes supérieures à 10 ° C, ce qui correspond en mars à l'émergence de juvéniles. Cette longueur a été de 3 à 4 semaines plus courtes chez Hamla que dans les deux autres sites, ce qui a permis de contre-sélection des espèces univoltines précoces (seulement deux espèces) et des espèces bivoltines (seulement trois espèces), entraînant un appauvrissement du nombre de taxons.

9. Effet milieu de domaine

Comme seuls trois sites ont été étudiés, il était inapproprié de tester directement l'effet du milieu de domaine (mid-domain effect). Bien sûr, le site de Djerma, à environ 1000 m, présentait une richesse et une diversité plus importantes pour les plantes et les acridiens que pour les deux autres sites, ce qui correspond bien au modèle. Compte tenu des enregistrements différents, cette observation n'est pas convaincante par cette évidence directe. Cependant, on peut considérer certaines conséquences de cette théorie, étant donné la distribution tronquée des espèces près des limites du gradient. Cette caractéristique peut être étudiée à travers deux aspects : (i) la plupart des espèces devrait être situées près d'une parabole dans un graphe xy traitant de la relation amplitude-barycentre (Sobhi *et al.*, 2013), et (ii) les espèces typiques des limites devraient montrer une faible abondance quand ils se trouvent loin de leur propre frontière.

En ce qui concerne la relation entre l'amplitude d'élévation et le barycentre d'altitude (ou centroïde) des espèces, la plupart des espèces sont situées sur une courbe parabolique, exprimant que les taxons vivant au centre du gradient ont un habitat plus large que ceux

proches des limites (**Fig. 31**). Il est à noter qu'*Oedaleus decorus*, *P. djelfensis* et *Euryparyphes sitifiensis* sont nettement sous la courbe, alors que *A. aegyptium* est légèrement en dessous.

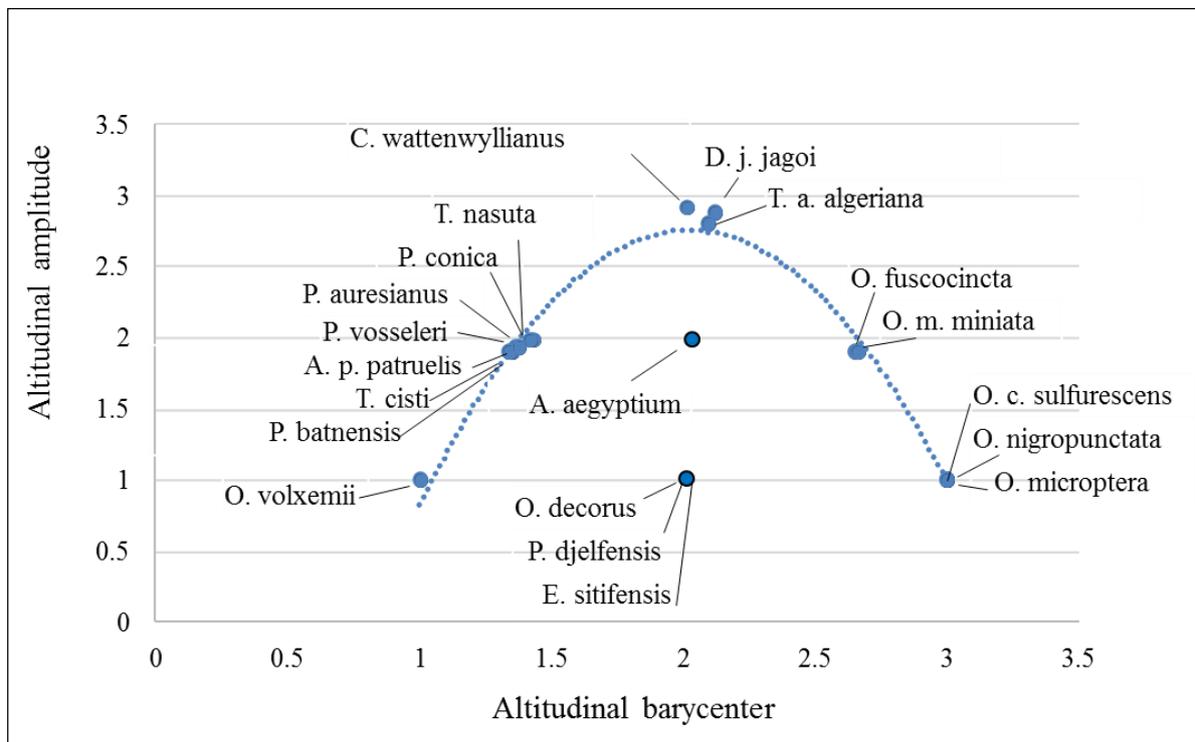


Fig. 31: Relation entre le barycentre altitudinal et l'amplitude. L'équation de la courbe parabolique a été calculée à partir des espèces situées sur la courbe.

$$y = -1,850x^2 + 7,473x - 4,787, R^2 = 0,977.$$

Lazrou, Djerma et Hamla correspondent aux abscisses = 1, 2 et 3 respectivement.

En ce qui concerne l'abondance décroissante des taxons spécifiques aux limites de leurs propres limites, le **Tableau 23** indique que 13/20 espèces (65%) soutiennent cette hypothèse. En conséquence, le pic de diversité de Djerma pourrait être largement expliqué par cet effet. La part provenant des taxons spécifiques à ce site (3) n'est que marginale et représente 15%. Il est à noter que quatre espèces sont plus abondantes près des deux limites que dans le centre du gradient.

Tableau 23 : Répartition des espèces le long du gradient altitudinal.

Espèces	Abondance. Lazrou	Abondance. Djerma	Abondance. Hamla
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	146.2	76.4	0.0
<i>Pamphagus auresianus</i>	104.2	59.5	0.0
<i>Tmethis cisti</i>	100.4	53.6	0.0
<i>Pamphagus batnensis</i>	02.9	52.9	0.0
<i>Truxalis nasuta</i>	67.3	49.6	0.0
<i>Pyrgomorpha conica</i>	66.0	48.0	0.0
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	68.2	41.0	0.0
<i>Ocneridia volxemii</i>	97.6	0.0	0.0
<i>Oedipoda fuscocincta</i>	0.0	48.6	91.2
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	0.0	61.5	119.1
<i>Oedipoda caerulescens sulfurescens</i>	0.0	0.0	105.0
<i>Ocneridia nigropunctata</i>	0.0	0.0	137.8
<i>Ocneridia microptera</i>	0.0	0.0	90.8
<i>Doclostaurus jagoi jagoi</i>	102.3	68.5	137.8
<i>Calliptamus wattenwyllianus</i>	100.7	60.2	103.9
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	126.6	61.5	158.7
<i>Anacridium aegyptium</i>	78.3	0.0	87.3
<i>Oedaleus decorus</i>	0.0	54.9	0.0
<i>Pamphagus djelfensis</i>	0.0	45.0	0.0
<i>Euryparyphes sitifensis</i>	0.0	30.1	0.0

10. Analyse de similarité (ANOSIM)

Nous avons cherché à dégager les paramètres qui structurent en premier lieu le peuplement observé dans les sites. L'analyse de similarité (ANOSIM) utilisant Bray-Curtis comme mesure de distance avec 10000 permutations, permet de comparer les assemblages deux à deux (**Tab. 24**). Le résultat indique des variations significatives de la composition du peuplement acridien d'un site à un autre ($p \leq 0.01$ quelle que soit la combinaison).

Tableau 24 : Comparaison des assemblages par ANOSIM (Bray-Curtis comme mesure de distance avec 10000 permutations). Seules les probabilités sont indiquées.

	Site de Lazrou	Site de Djerma	Site de Hamla
Site de Lazrou	0	0.0008	0.0001
Site de Djerma	0.0008	0	0.0002
Site de Hamla	0.0001	0.0002	0

11. L'analyse factorielle des correspondances (AFC)

L'ensemble des données correspond à une matrice de 133 relevés x 20 espèces a été soumis à une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC), dans le but de mettre en évidence les différents assemblages d'Orthoptères ainsi que les espèces caractéristiques de chaque assemblage. L'AFC fournit respectivement 34.6 %, 25.62 % et 15.25 % de l'inertie du nuage pour les trois premiers axes factoriels. Ces résultats révèlent l'influence prépondérante de plusieurs facteurs écologiques sur l'Orthoptérofaune. L'interprétation des axes principaux (facteurs) peut s'effectuer indirectement en fonction des espèces présentant une forte contribution relative aux valeurs propres de chacun des axes, compte-tenu de leur écologie et de leur chorologie. L'examen des cartes factorielles relatives aux axes 1-3 (**Fig. 32**) conduit à discriminer 5 assemblages bien séparés les uns des autres.

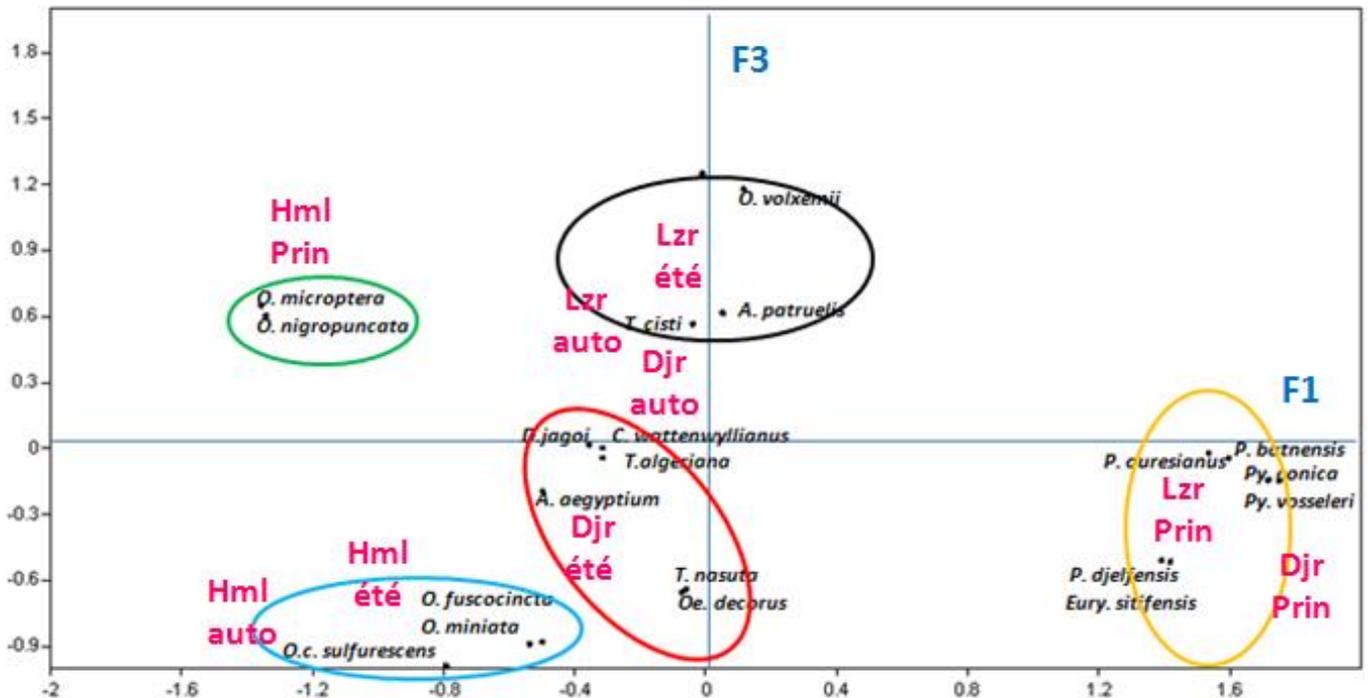


Fig.32 : Représentation des espèces dans le plan F1-F3 de l'Analyse Factorielle des Correspondances.

Abréviation : Lzr site de Lazrou ; Hml site de Hamla ; Djr site de Djerma ; Prin printemps ; auto automne.

- ❖ En coordonnées positives de l'axe F1, le 1er groupe (Hml) nettement discriminé du nuage global, est associé exclusivement aux relevés provenant du site de Hamla avec *Ocneridia microptera*, *Ocneridia nigropunctata* comme espèces caractéristique. Qui sont déjà signalées dans les hautes altitudes (Bounechada & Doumandji, 2011, Benkenana et al., 2012). L'axe 1 s'avère donc représentatif d'un facteur altitude.
- ❖ En coordonnées négatives de l'axe F3 les deux groupes Hml automne, été et Djr été réunissent les relevés provenant du site Hamla et Djerma. Ils rassemblent la plupart des espèces les plus géophiles, adeptes d'une végétation très basse, discontinu à sols caillouteux et bien ensoleillés ; *Oedipoda caerulea sulfurescens* (Defaut & Benmammar-Hasnaoui, 2016), *Oedipoda fuscocincta* (Maurel, 2008), *Oedipoda miniata miniata* (Chara, 1987 ; Benmadani et al., 2015), *Oedaleus decorus* (Mekkioui & Mesli, 2010 ; Defaut & Benmammar-Hasnaoui, 2016), *Thalpomena algeriana algeriana* (Bounechada et al., 2006 ; Maurel, 2008), *Calliptamus wattenwyllianus* (Jago, 1963 ; Louveaux et al., 1996).
- ❖ Du côté opposé en coordonnées positives de l'axe F3 les relevés provenant des sites Djerma et Lazrou en période printanière, on note la présence des espèces phytophiles adeptes d'une végétation basse mais un peu plus fournie ; le complexe *Pamphagus* qui comprends : *Pamphagus auresianus*, *Pamphagus batnensis* et *Pamphagus djelfensis*, et le complexe *Pyrgomorpha* englobant *Pyrgomorpha conica* et *Pyrgomorpha vosseleri*. La liste est complétée par *Euryparyphes sitifensis*

L'axe F3 semble ordonner les espèces selon un gradient croissant de taux de recouvrement de la végétation ; il oppose les végétations herbacées, et les espèces qui y sont associées, aux sites à recouvrement végétal discontinu, qui hébergent des espèces volontiers géophiles.

12. La classification ascendante hiérarchique (CAH)

La délimitation des ensembles de relevés ou les assemblages, ainsi que leur constitution, ont été largement facilitées par la classification hiérarchique ascendante, calculée à partir des distances euclidiennes entre les espèces et les relevés d'après les trois premiers scores de l'AFC (**Fig.33**).

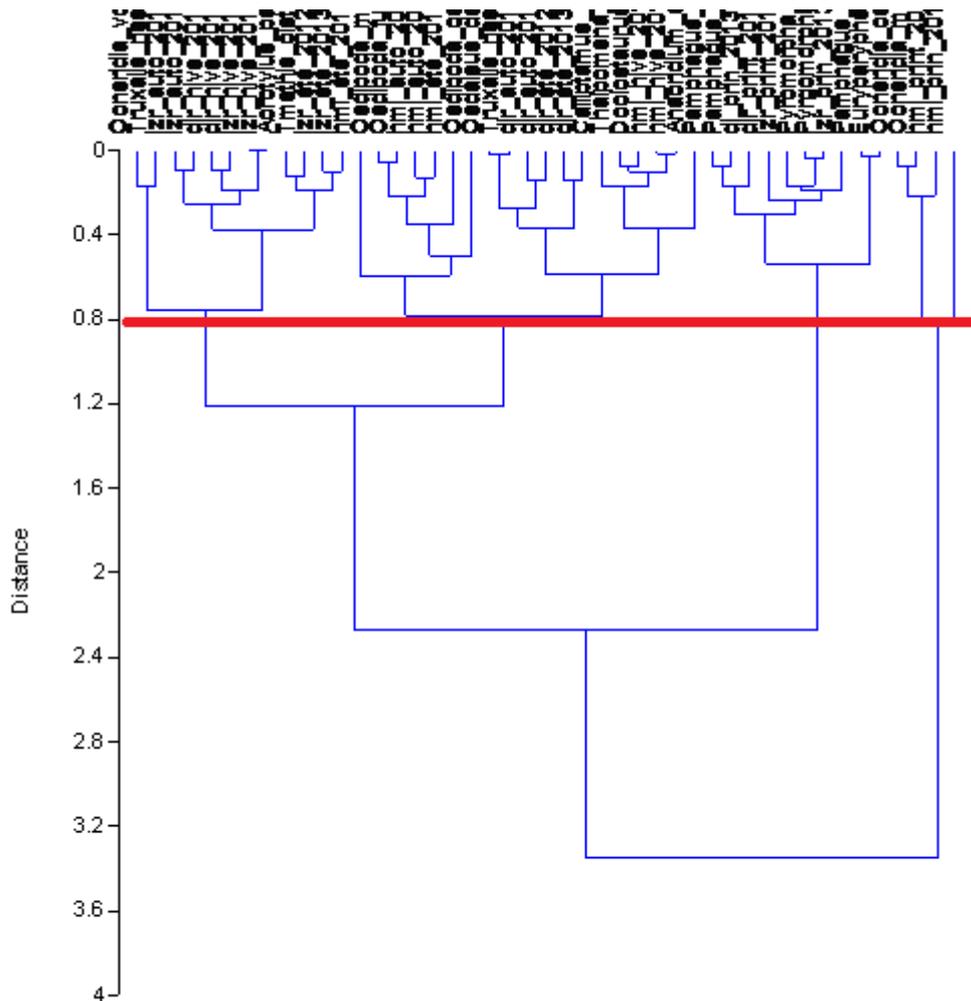


Fig.33 : Représentation de la classification ascendante hiérarchique (CAH) des assemblages acridiens

La classification hiérarchique conduit à décrire le nombre total des assemblages qui est 5 et les espèces caractéristiques de chaque assemblage :

- 1) Le premier assemblage comprend : *Ocneridia microptera*, *Ocneridia nigropunctata*
- 2) Au sein du deuxième assemblage se trouvent : *Pamphagus auresianus*, *Pamphagus batnensis*, *Pamphagus djelfensis*, *Pyrgomorpha conica*, *Pyromorpha vosseleri* et *Euryparyphes sitifensis*
- 3) Le troisième englobe : *Anacridium aegyptium*, *Dociostaurus jagoi jagoi*, *Thalpomena algeriana algeriana*, *Calliptamus wattenwyllianus*, *Truxalis nasuta* et *Oedaleus decorus*

- 4) Le quatrième contient : *Oedipoda fuscocincta*, *Oedipoda miniata miniata* et *Oedipoda caerulescens sulfurescens*
- 5) Le cinquième et dernier assemblage comprend : *Tmethis cisti*, *Acrotylus patruelis patruelis* et *Ocneridia volxemii*

III. L'analyse des données de la plasticité climatique des acridiens

1) Comparaison entre les données météorologiques des sites

Au cours des deux années d'échantillonnage, il y a eu des variations importantes dans les précipitations et les régimes de températures. Malheureusement, seules les pluies de Batna étaient disponibles mais nous pouvons faire l'hypothèse que des variations parallèles se sont produites dans les trois sites. Compte tenu de la courte distance et de la même altitude entre Batna et Djerma, les données de Batna sont une bonne estimation pour la station de Djerma. Au printemps de février à avril, l'humidité était généralement plus élevée en 2012 qu'en 2013, alors que de juin à la fin de l'année, il y a eu une plus grande quantité de précipitations en 2013 qu'en 2012 (**Fig.34**).

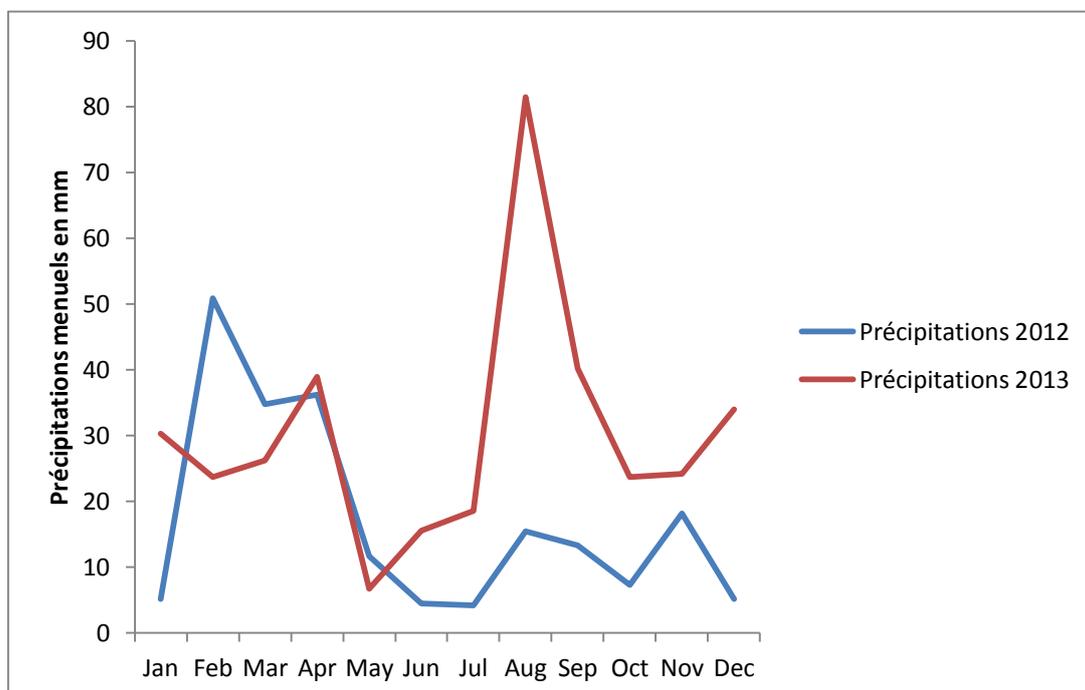


Fig.34 : Précipitations mensuels collectés en 2012 et 2013 à Batna

Si nous considérons les températures moyennes, celles enregistrées à Hamla étaient significativement inférieures à celles de Djerma, avec 18,4 ° C et 21,6 ° C en 2012, et 17,3 ° C et 19,2 ° C en 2013, respectivement (Tests de Wilcoxon, N = 60, $p < 3 \cdot 10^{-6}$ pour les deux années). Cependant, aucune différence n'a été enregistrée entre les valeurs de Lazrou et Djerma en 2012 et 2013 (tests de Wilcoxon, N = 60, $p > 0,11$ pour les deux années).

Si nous prenons les données mensuellement, les données enregistrées dans chaque station montrent qu'en 2012, les températures de Hamla étaient plus faibles que dans les deux autres stations. En revanche, en 2013, les températures de Lazrou étaient plus élevées d'avril à août que dans les deux autres stations (**Fig.35**).

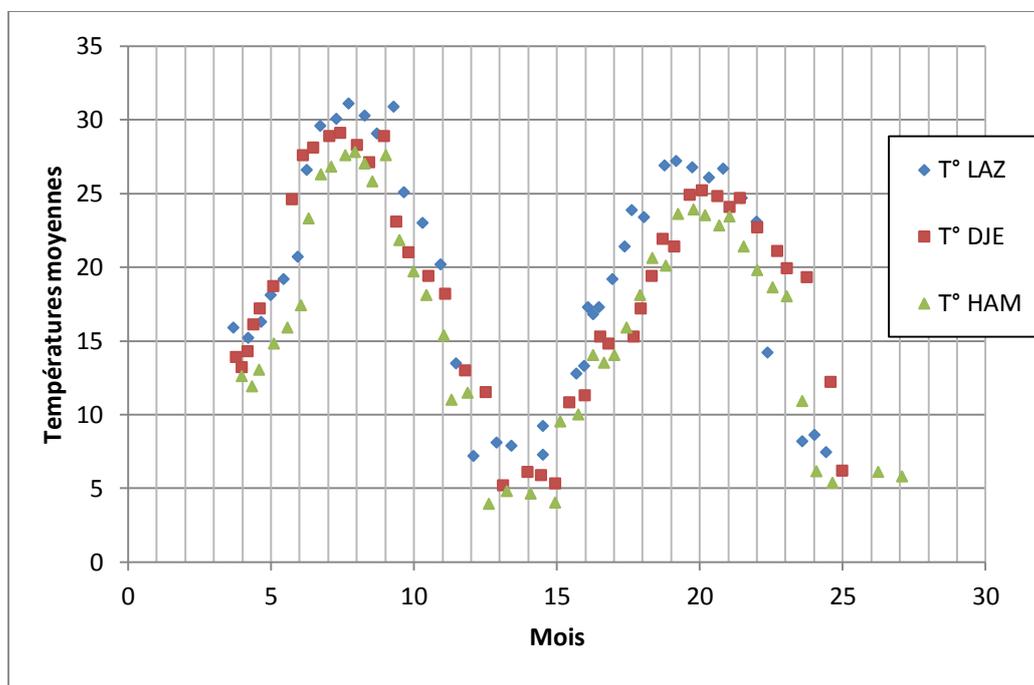


Fig.35: Températures moyennes enregistrés dans les trois sites pendant 2012 et 2013

Selon le diagramme de Gaussen, la sécheresse débute en 2012 une semaine plus tôt à Djerma et Lazrou qu'à Hamla, à la fin d'avril. En 2013. Elle se produit une semaine plus tôt à Lazrou que dans les deux autres sites. Pour comparer les températures moyennes en 2012 et 2013, nous avons calculé les différences entre les valeurs enregistrées dans chaque site. Pour cela, nous avons considéré les valeurs lissées des températures moyennes sur une fenêtre de cinq semaines parce que chaque site a été échantillonné à différents jours au cours de chaque mois.

Le résultat dans la **Figure 36** montre que de mars à mi-juin, les températures sont nettement plus élevées en 2012 qu'en 2013 à Djerma. Dans la même période, les températures sont légèrement inférieures en 2012 à Lazrou. Comme Hamla, les températures sont assez constantes mais à peine inférieures en 2012. De la mi-juin à mi-août, les températures observées en 2012 sont plus élevées qu'en 2013 dans les trois sites, Avec un niveau constamment plus élevé à Djerma.

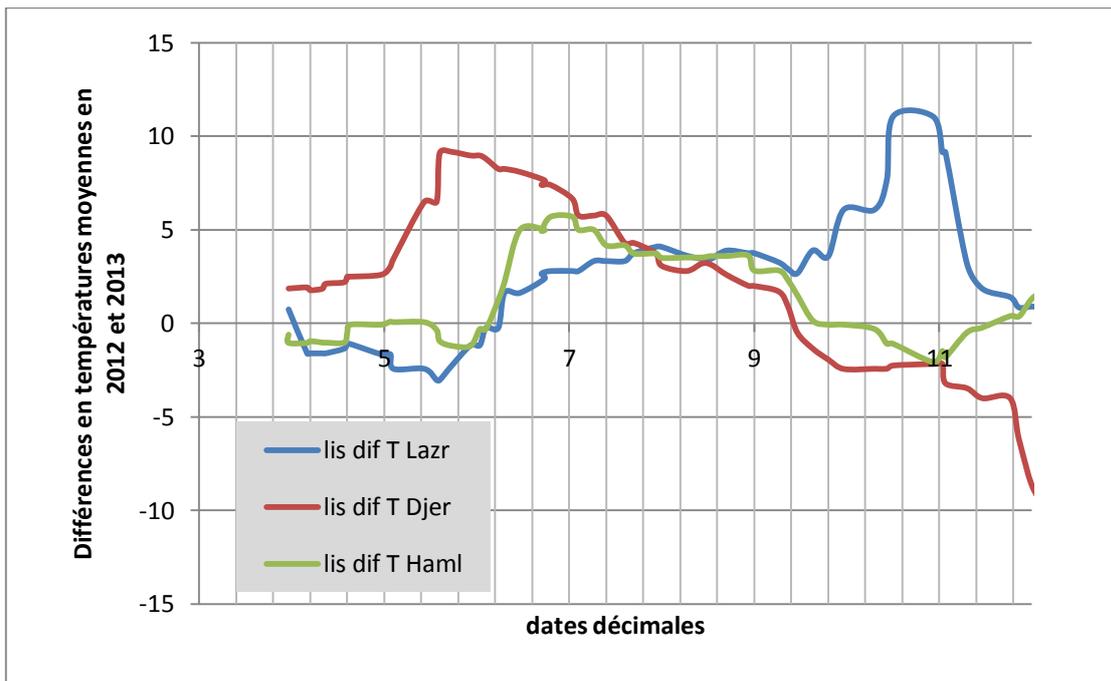


Fig.36 : Différences en températures moyennes en 2012 et 2013 dans les trois sites

Les conséquences de ces caractéristiques météorologiques sur la phénologie des acridiens sont traitées comme suit :

2) Cycle annuel des acridiens

Lorsque nous considérons à la fois les juvéniles et les adultes des différentes espèces, la plupart des espèces ont été révélées univoltines, à l'exception de trois qui présentent 2 générations par an : *Dociostaurus jagoi jagoi*, *Acrotylus patruelis patruelis* et *Thalpomena algeriana algeriana*. Une mention spéciale devrait être apportée à *Dociostaurus marocanus* pour lequel aucun juvénile ne pouvait être détecté. Ce qui implique que les adultes correspondent à des individus migrants et non à une population établie. Cette espèce n'a pas été introduite dans les prochains calculs.

3) Plasticité de la phénologie de l'acridien

Nous avons calculé les décalages entre les barycentres temporels observés en 2012 et 2013 pour chaque espèce et chaque site (**annexe 4**), séparément pour les juvéniles tardifs et les adultes. Il devrait être noté que la taille de la population pour la deuxième génération était généralement beaucoup plus faible que pour la première, cela nous a empêché de calculer des barycentres précis pour la deuxième génération. En conséquence, seule la première génération a été prise en compte dans les calculs des barycentres.

Pour avoir une première idée sur la plasticité de la phénologie parmi les différentes espèces, nous avons consacré d'abord aux données des adultes de Djerma, où les plus grandes différences dans les températures printanières sont observées. Le résultat (**Tableau 25**) indique clairement une forte opposition selon l'habitat : les espèces géophiles ont un retard significatif positif et les phytophiles négatifs. Au sein du groupe géophile, les trois espèces bivoltines présentent des différences de barycentre très élevées.

Tableau 25 : Plasticité des acridiens adultes dans le site de Djerma.

Species	baryc 2012	baryc 2013	Barycenter différences	Crosscorr. tests
<u><i>Dociostaurus jagoi jagoi</i> Soltani, 1978</u>	7.81	7.03	0.78	*
<u><i>Thalpomena algeriana algeriana</i> (Lucas, 1849)</u>	7.90	7.23	0.67	NS
<i>Tmethis cisti</i> (Fabricius, 1787)	7.97	7.36	0.62	*
<u><i>Acrotylus patruelis patruelis</i> (Herrich-Shaffer, 1838)</u>	7.62	7.06	0.56	*
<i>Oedipoda miniata miniata</i> Pallas, 1771	8.16	7.68	0.48	NS
<i>Truxalis nasuta</i> (Linnaeus, 1758)	8.07	7.66	0.41	**
<i>Oedaleus decorus</i> (Germar, 1826)	8.16	7.94	0.22	*
<i>Calliptamus wattenwylanus</i> Pantel, 1896	7.92	7.72	0.20	NS
<i>Oedipoda fuscocincta</i> Lucas, 1849	8.00	8.07	-0.07	*
<i>Pyrgomorpha conica conica</i> (Olivier, 1791)	5.02	5.40	-0.38	*
<i>Pyromorpha vosseleri</i> Uvarov, 1923	4.87	5.41	-0.55	*
<i>Pamphagus batmensis</i> Benkenana et Petit, 2012	4.89	5.69	-0.80	*
<i>Eurypryphes sitifensis</i> (Brisout de Barneville, 1854)	5.00	5.82	-0.82	*
<i>Pamphagus auresianus</i> Massa, 1992	5.05	5.87	-0.83	NS
<i>Pamphagus djelfensis</i> Vosseler, 1902	4.90	5.95	-1.05	*

Les espèces phytophiles et géophiles sont sur fond gris et blanc respectivement. Les espèces bivoltines sont soulignées. NS = non significatif, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$.

Pour comprendre les facteurs qui peuvent affecter ces retards, nous avons regroupé toutes les données des trois stations pour conduire un modèle linéaire général (**Tableau 26**). Le résultat global est hautement significatif ($p = 0,0006$) avec un effet dominant de l'habitat et du site d'étude, alors que la systématique et le nombre de générations n'ont aucun effet.

Tableau 26 : GLM des différences dans le barycentre enregistré en 2012 par rapport à 2013

Facteurs	Coeff	P
Site d'étude	-0.16318	0.023
Habitats des acridiens	-0.48375	0.002
Systematique	-0.030848	0.780
Nombre de générations	-0.088638	0.494

Pour approfondir dans les variations des barycentres selon les habitats, nous avons effectué des tests de Wilcoxon pour toutes les espèces appartenant à des habitats donnés et à des stations données (**Tableau 27**). Ce test est plus précis que le GLM car la comparaison entre les barycentres est appréhendée espèce par espèce.

Il révèle qu'à Lazrou, les espèces géophiles sont en avance de 0,23 mois (environ six jours) en 2013 relativement en 2012 (valeur $p = 0,009$). Il n'y a pas de différence significative pour les espèces phytophiles dans la même station (valeur $p > 0,4$). À Djerma, nous observons 0,37 mois (environ 10 jours) par avance en 2013 qu'en 2012 (valeur $p < 0,1\%$). Dans le même site, le retard est révélateur pour les espèces phytophiles avec un décalage significatif (valeur $p < 1\%$) de 0,43 mois (environ 13 jours). Dans le site de Hamla, nous n'avons trouvé que des espèces géophiles et aucune différence significative dans leurs barycentres n'a été enregistrée (valeur $p > 0,15$).

Tableau 27 : Variations dans les moyennes des différences de barycentre selon les habitats et les sites.

Sites	Catégories d'habitat	N	diff bar	st error	bar moy	med bar	test de Wilcoxon
Lazrou	Géophiles	10	0,23	0,05	6,61	6,76	0,009 **
	Phytophiles	12	0,12	0,09	5,60	5,44	0,48 N.S.
Djerma	Géophiles	16	0,37	0,06	6,75	6,74	0,0005 ***
	Phytophiles	14	-0,43	0,12	5,28	5,01	0,0063 **
Hamla	Géophiles	18	0,14	0,10	6,46	6,22	0,17 N.S.

Les valeurs du barycentre sont exprimées en mois décimal.

Si nous comparons les barycentres des acridiens entre les trois sites, nous devons limiter les échantillonnages aux espèces communes entre les trois combinaisons de sites, indépendamment de leurs habitats préférés. Entre Lazrou et Djerma, le test de Wilcoxon ne montre aucune différence significative ($p > 0,8$). En revanche, comme l'illustre la **Figure 37**, la moyenne des barycentres des acridiens à Hamla est (6,94), plus élevée qu'à Djerma (6,72). Le test de Wilcoxon montre une différence significative ($p = 0,05$). En ce qui concerne la dernière combinaison de sites, c'est-à-dire Lazrou et Hamla, aucune différence significative dans les barycentres n'a été enregistrée ($p > 0,5$).

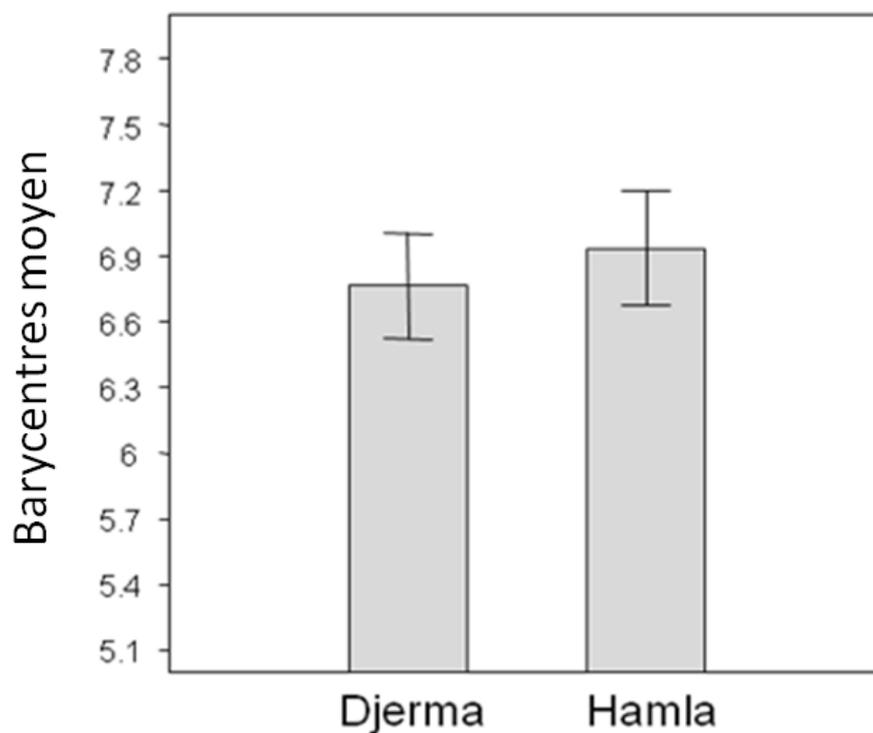


Fig. 37 : Barycentres temporels moyens à Djerma et à Hamla

Discussions

La faune Orthoptérologique de l'Algérie reste peu connue, sauf pour les grégariaptés ou les locustes qui sont bien étudiés et considérés comme espèces d'intérêt économique telles que *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) (Benfekih et al., 2002 et Chaouch et al., 2014) *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Guendouz-Benrima et al., 2007 et Mahdjoubi et al., 2017), et *Locusta migratoria* (Linné, 1798) (Benfekih et Petit, 2010).

Les sautériaux qui sont incapables de présenter des modifications phasaires aussi importantes et vivent à l'état solitaire. Certaines espèces peuvent constituer un danger sur les cultures en adoptant un phénomène grégaire qui leur permet de se déplacer sans constituer des essaims, c'est la pullulation. Plusieurs espèces non grégariaptés ont fait l'objet de beaucoup de travaux reposant sur l'écologie, la biologie, l'éthologie et la répartition afin de prévenir l'accès au statut de ravageur redoutable des cultures. Parmi ces espèces : *Calliptamus barbarus barbarus* (Costa, 1836) qui est une espèce géophile qui se répartit dans les friches et les garrigues ouvertes entourées de jachère en plaine et en moyenne altitude (Benzara, 2004). *Ocneridia volxemii* (Bolivar, 1878) est une espèce phytophile fréquente dans les friches bordées de céréales (Bounechada et Doumandji, 2011). D'après Fellaouine (1995) cette espèce est caractérisée par sa voracité spectaculaire ; c'est une espèce graminivore.

Anacridium aegyptium (Linné, 1764) est une espèce à large répartition géographique ; elle fait son apparition à Constantine (Harrat et Moussi, 2007), dans les palmeraies de Biskra (Moussi et al., 2011), sur les plaines côtières de Jijel (Tekkouk, 2012) et dans les monts de Tlemcen (Defaut et Benmammar-Hasnaoui, 2016).

Les prospections et les enquêtes ont été entreprises dans plusieurs endroits de l'Algérie afin de faire une mise à jour récente en établissant une liste de la faune acridienne du pays. Vu la grande superficie de l'Algérie, chaque endroit a sa spécificité géologique, climatique, floristique et faunistique qui implique une diversité de la faune.

LA FAUNE ALTICOLE DES AURES

L'inventaire de la faune acridienne dans la région de Batna révéla vingt et une espèces d'orthoptères, qui sont réparties en trois familles (Pamphagidae, Pyrgomorphidae et Acrididae). Ce résultat est comparable à l'inventaire de Benharzallah (2004) qui a enregistré 22 espèces dans la même région. Cette faune peut être comparée à celle décrite en Europe du Sud, en particulier à la faune méditerranéenne décrite par Dreux (1961) et Claridge & Singhhrao (1978) pour les Alpes et le Mont-Ventoux respectivement. Dans le cas des Alpes, les taxons xérophiles présents dans les isothermes de juillet 13 à 25 ° C ne sont pas identiques à la faune d'Aurès mais correspondent au niveau des sous-familles, avec une dominance d'Oedipodinae et Calliptaminae: il a été enregistré *Calliptamus barbarus*, *Oedipoda c.*

caerulescens et *Oedipoda germanica*. La faune d'Aurès est encore plus proche de celle du Mont-Ventoux, pour les espèces enregistrées à moins de 590 m ASL : ajouté aux taxons cités, les auteurs ont rencontré *Dociostaurus maroccanus*, *Dociostaurus genei* (proche de *D. jagoi*), *Oedaleus decorus* et *Pyrgomorpha conica*. On peut déduire que la faune des Aurès correspond à peu près à la faune méditerranéenne de plaines dans le sud de la France, et est très différente des faunes européennes montagnarde et subalpine, dominées par les Gomphocerinae (Dreux, 1961).

A Sétif la capitale des hauts plateaux, Sofrane (2006) a prospecté une prairie naturelle sur sol sableux et caractérisée par un climat continental semi-aride à une altitude de 823 m. Il a noté la dominance des Oedipodinae avec quatre espèces, alors que dans le même endroit *Dociostaurus jagoi jagoi* est considéré comme espèce accessoire et *Omocestus lucasii* comme accidentelle. Les Calliptaminae sont représentés uniquement par *Calliptamus barbarus*.

D'après Sobhi (2009), une seule espèce de Gomphocerinae *Dociostaurus jagoi jagoi* marque sa présence à El Ghorra qui est l'une des régions les plus arrosées de l'Algérie du nord avec 1441 mm/ an (Seltzer, 1946). Elle se situe à une altitude de 874 m et est constituée par une formation de Chêne zeen, présentant un recouvrement de plus de 75 %. Elle se trouve juste au dessous du point culminant qui est le Djebel El-Ghorra (1202 m d'altitude). L'orthoptérofaune est dominée par la présence d'*Oedipoda caerulescens sulfurescens*, *Oedipoda fuscocincta*, *Calliptamus barbarus* et *C. wattenwyllianus*.

Une investigation menée à Tizi-Ouzou par Bouanem (2011) dans plusieurs sites d'étude dont deux ayant des altitudes variant entre 900 et 1013 m a montré la présence de cinq espèces d'Oedipodinae, deux Calliptaminae et quatre des Gomphocerinae ; il s'agit de *Dociostaurus jagoi jagoi*, *Omocestus lucasii*, *Omocestus africanus* et *Ochrilidia tibialis*. Rouibah et Doumandji (2013) dans leur étude à Jijel avec son climat méditerranéen dans une garrigue à 850 m, confirment cette dominance des Oedipodinae avec la présence de six espèces, les Calliptaminae sont représentés par une seule et les Gomphocerinae par cinq : *Dociostaurus jagoi jagoi*, *Ochrilidia tibialis*, *Ochrilidia sp*, *O. africanus* et *O. lucasii*.

La wilaya de Batna est l'une des régions où est représenté *Dociostaurus maroccanus* (Chaouch, 2009). Vers les 846 m d'altitude, Fritas (2012) la considère comme espèce peu abondante dans un champ de blé, alors qu'à la même altitude, *Calliptamus barbarus* et *C. wattenwyllianus* étaient des espèces très abondantes avec une absence totale des Oedipodinae.

Par contre la faune des Gomphocerinae du Maroc se caractérise par une abondance et une présence permanente des espèces *Dociostaurus jagoi jagoi* et *Dociostaurus maroccanus* dans les montagnes du Moyen Atlas dans cinq sites d'étude avec un altitude variant entre 800

et 1960 m (Elghadraoui et al., 2003, Essakhi et al., 2014). Cette faune est très diversifiée, on y trouve : *Chorthippus apicalis abbreviatus* et *Euchorthippus albolineatus albolineatus* qui se trouvent dans le Rif Central vers les 1500 m d'altitude, dans le même endroit *Chorthippus maroccanus* marque sa présence entre les 1540 et 2300 m d'altitude aussi pour le *Chorthippus vagans africanus* vers le 900 et 2300 m. D'une autre part *Omocestus alluaudi*, *Omocestus lepineyi* et *Omocestus africanus* sont inventoriés dans des altitudes supérieures à 2000 m jusqu'à 3500 m (Badih et Pascual 1998 (a,b), Badih et al., 2003).

Cependant, la faune des monts Aurès est enrichie par les taxons de la famille des Pamphagidae, particulièrement développés en Afrique du Nord, mais d'une façon sporadique du côté nord de la Mer Méditerranée (Massa, 2013) et les montagnes de l'ouest de l'Iran (Sergeev, 1996).

En résumé, la faune alticole d'Algérie semble moins riche que celle du Maroc, particulièrement en ce qui concerne les Gomphocerinae d'affinité européenne, sans doute à cause de l'éloignement du continent européen. Les taxons de Pamphagidae alticoles sont très différents de ceux du Maroc, ce qui s'explique par leurs faibles capacités de déplacement et donc un endémisme marqué.

VARIATION DANS LA DIVERSITE DE LA FAUNE DES AURES

L'étude de la diversité et la distribution des espèces le long de gradients d'élévation et la compréhension des facteurs qui sous-tendent les espèces font partie des préoccupations de nombreux écologues et biogéographes, en particulier avec la théorie du mid-domain effect (Colwell et Lees, 2000). Par exemple dans les rivières de l'Himalaya, Bhat et al. (2012) ont montré une tendance à la diminution de la richesse en espèces de poissons endémiques le long du gradient d'élévation au-dessus d'un large pic entre 700-1500 m, avec une loi inverse dans le cas des espèces non endémiques.

Plusieurs facteurs peuvent être impliqués dans la différence de la composition et de la richesse acridienne dans les sites de l'Aurès, agissant à différentes échelles (Whittaker et al., 2001), élevant plusieurs questions : (i) pourquoi y a-t-il un pic de diversité à Djerma ? (ii) pourquoi la diversité dans le site ayant l'altitude la plus élevée est si faible ?

En ce qui concerne la richesse de Djerma, la flore est un facteur local important car ce site d'une part hébergeait les deux tiers de la richesse totale de la flore, c'est-à-dire environ deux fois plus que dans les autres, et d'autre part contenait le plus faible pourcentage d'indicateurs de perturbation des plantes. Cependant, la richesse de la flore et les indicateurs de perturbation n'expliquent pas la plus grande diversité acridienne observée à Hamla par

rapport à Lazrou. Il faut cependant reconnaître que les diversités des plantes et des acridiens ne varient pas obligatoirement en parallèle, comme il a été trouvé au Montana (Wachter et *al.*, 1998).

De plus, l'effet de la perturbation sur la diversité des insectes dépend des taxons végétaux comme dans le cas des papillons et des acridiens étudiés dans les zones humides montagnardes suisses (Wettstein et Schmid, 1999). Néanmoins, il convient de rappeler le pourcentage élevé de sol nu à Hamla, près de 50%, plus élevé que dans les deux autres sites, ce qui pourrait jouer défavorablement sur la diversité acridienne dans la zone la plus en altitude des Aurès.

En conclusion, à moins d'imaginer un compromis complexe entre le sol nu et le couvert d'espèces végétales appropriées, la végétation a un pouvoir explicatif limité sur la diversité des acridiens à l'échelle locale.

D'autre part, le climat peut agir comme un facteur limitant à travers le cycle des espèces acridiennes. Les résultats de Moussi et *al.* (2011) rendent compte de la proportion majoritaire de cycles adaptés au climat aride Méditerranéen à Lazrou. Cependant cette logique ne peut pas conduire par elle-même un appauvrissement d'un site particulier, cela joue sur la proportion de type de cycle. Plus intéressant, le raccourcissement de la saison de croissance (Berner et *al.*, 2004), estimé à environ 3 à 4 semaines de moins à Hamla par rapport aux deux autres sites, contre-sélectionne les espèces univoltines culminant au printemps et les bivoltines. Ce fait explique objectivement le faible nombre de taxons à Hamla, mais ne dit rien sur la variation de la diversité à Djerma par rapport à Lazrou.

La prise en compte de l'effet de milieu de domaine était constructive : environ 65% de la variation de richesse a été expliquée par cet effet. Il est vrai que le site situé dans le « mid-domain », Djerma, montre une plus grande diversité que les autres sites. La modalité de cet effet ne doit pas être considérée comme agissant uniquement sur les insectes, mais aussi à travers la végétation. En effet, la logique de cette théorie étant géométrique, les plantes sont également affectées. En conséquence, le *mid-domain effect* agit directement sur la distribution des insectes (Colwell et Lees, 2000) mais indirectement aussi, à travers la végétation (effet local).

PLASTICITE DE PHENOLOGIE

Dans les pays tempérés, il existe une prédiction directe d'une précocité phénologique des insectes herbivores résultant de températures plus élevées : le cycle est raccourci lorsque les individus restent dans le même endroit. Effectivement, nous trouvons une confirmation de

cette idée dans la comparaison des barycentres temporels des espèces entre Hamla et Djermla, puisqu'il existe une précocité significative des espèces de Hamla par rapport à celles de la station de Djerma, située plus en altitude (noté à travers notre GLM, $p = 0,023$).

Dans les pays méditerranéens, les choses sont plus complexes car une autre contrainte est ajoutée, à savoir la sécheresse estivale et ceci est particulièrement vrai dans le cas des insectes dans les régions arides (Petit, 2014). Les espèces présentant un pic d'abondance au milieu de l'été sont particulièrement mal adaptées. Une sécheresse avancée au cours de la saison devrait également mener à une apparition précoce du stade adulte. Dans ces zones, les deux variables températures et précipitations au printemps ne sont pas liées les unes aux autres et peuvent avoir des effets contradictoires. Par exemple, si le printemps est à la fois frais et sec ou chaud et humide, il est difficile de fournir une prédiction sur le retard phénologique.

Nous avons profité des deux années d'échantillonnages car nous avons observé des conditions climatiques contrastées, les criquets étant des insectes particulièrement sensibles à leur environnement : il est bien connu que la structure de la végétation a un fort impact sur les populations et les assemblages (Boitier, 2004, Moussi *et al.*, 2011, Sobhi *et al.*, 2013, Mahloul *et al.*, 2016). Par conséquent, ils perçoivent les variations climatiques très différemment s'ils sont sur un sol nu ou au milieu de végétation herbacée dense. Dans les trois sites d'étude, nous avons pu enregistrer les variations temporelles dans le pic de l'abondance des populations entre les deux années pour les espèces univoltines et la première génération des bivoltines, aussi bien pour les larves tardives que pour les adultes. Selon les espèces, nous observons des variations dans la direction et la valeur absolue du décalage dans le barycentre temporel. Si nous considérons d'abord la direction du décalage, il y a des réponses contrastées selon les habitats des acridiens.

En ce qui concerne les espèces géophiles, leurs populations atteignent leur maximum en 2013 dans les trois sites d'étude. Le printemps plus sec enregistré en 2013 correspond bien aux réponses des acridiens : la stratégie consiste à accomplir leur cycle le plus tôt possible avant la sécheresse de l'environnement. Il peut donc être conclu que le facteur d'humidité prévaut sur la température.

Le cas des espèces phytophiles est plus complexe. A Lazrou, le décalage va dans la même direction que pour les espèces géophiles, mais les différences ne sont pas significatives, montrant l'effet tampon de la végétation. Nous pourrions aussi invoquer l'ombre projetée par les arbres fruitiers. A Djerma, le décalage est inversé, car les populations des acridiens atteignent leur maximum d'abondance plus tôt en 2012. Ce fait correspond mieux à l'élévation

nette des températures printanières en 2012 par rapport à 2013 (moyenne différence de 5,01°C entre la mi-mars et la mi-juin). Ici, l'effet de la température est plus grand que celui de l'humidité.

Sinon, la valeur absolue du décalage varie selon les espèces. Compte tenu de l'importance de l'habitat, nous émettons l'hypothèse que l'espèce peut trouver un refuge dans la végétation à des degrés divers. En effet, parmi les espèces géophiles, les décalages temporels sont plus élevés pour *D. jagoi jagoi* et *T. algeriana algeriana* (par exemple du tableau 22) que ceux d'*Oedaleus decorus* et *C. wattenwyllianus*, ce qui irait dans le sens d'une plus grande affinité pour le sol nu pour les deux premières espèces par rapport aux deux dernières. Symétriquement chez les phytophiles, nous nous attendons à ce que les deux espèces de *Pamphagus* vivent plus fréquemment dans les touffes herbacées que les deux espèces de *Pyrgomorpha*. Cette idée mérite d'être testée.

Les trois sites se trouvent dans le même territoire géographique, cela pourrait offrir aux espèces la possibilité d'échanger les individus entre les sites c'est-à-dire entre les populations et ainsi d'homogénéiser la composition génétique des populations d'une façon permanente.

Conclusion

Et

Perspectives

Pour conclure, les différentes échelles de facteurs sont complexes et jouent des rôles différents et complémentaires sur la diversité des insectes, mais d'autres sites devraient être explorés pour préciser la contribution de chaque.

Est-il facile de classer les espèces acridiennes en fonction de leur plasticité vers les contraintes climatiques ? La réponse est non à cause du comportement des espèces. C'est vrai que nous avons observé des différences plus ou moins prononcées dans leur plasticité, mais nous avons souligné l'importance majeure du comportement, en fonction de leur préférence géophile ou phytophile. C'est sûr qu'il est certainement exagéré de considérer les catégories claires définies par (Uvarov, 1977) malgré sa grande expérience. Il devrait être utile d'explorer également les variations de l'habitat des espèces selon le stade : en Europe, les larves d'*Oedipoda coerulea* par exemple sont phytophiles alors que les adultes sont géophiles (Guéguen, 1976). Des études supplémentaires sont nécessaires pour fournir de nouvelles données sur l'écologie fine des acridiens de l'Afrique du Nord.

La faune montagnarde sud européenne caractérisée par une dominance des Gomphocerinae n'est représentée qu'au Maroc, et particulièrement dans le Moyen Atlas, le Rif et le Haut Atlas, où le climat est humide. En Algérie, il semble que les conditions soient trop sèches ou que les altitudes soient insuffisantes pour abriter cette faune de manière significative. Il est également possible que cette faune montagnarde européenne soit passée par une autre direction comme le sud de l'Espagne, Portugal ou le Maroc mais n'a pas atteint l'Algérie, à cause de la distance du détroit de Gibraltar. Il n'en reste pas moins que la comparaison entre les espèces européennes et celles de l'Afrique du Nord par des analyses moléculaires serait nécessaire et très utile.

Le *Mid domain effect* n'a pu être abordé que très partiellement car 3 sites seulement ont été appréhendés. Il serait donc souhaitable d'augmenter le nombre de sites d'échantillonnage dans le gradient d'altitude des Aurès de manière à mieux préciser l'influence des facteurs locaux et en particulier de la couverture végétale (recouvrement et composition).

Concernant la plasticité écologique relative à la phénologie des espèces, il conviendrait de tester si l'insecte peut faire une différenciation de son cycle biologique selon sa provenance le long des gradients climatiques (Berner et al., 2004). Naturellement, les expérimentations doivent se faire en conditions homogènes, en partant d'œufs ou de stades larvaires précoces issus de localités différentes. Cela permettrait de savoir si les décalages de phénologies sont dues à des conditions locales ou à des écotypes différents.

Références
Bibliographiques

Abdessemed.K., 1984 (a) - Les problèmes de la dégradation des formations végétales dans l'Aurès (Algérie). 1ère partie: la dégradation, ses origines et ses conséquences. forêt méditerranéenne, t. VI, no 1.

Abdessemed, K., 1984 (b) - Les relations climat-végétation dans le sud Constantinois. Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques, 131(2-4), 145-155.

Arigue, S. F., Adler, P. H., Belqat, B., Bebba, N., & Arab, A., 2016 - Biodiversité des mouches noires (Diptera: Simuliidae) et qualité physicochimique des eaux du bassin versant de l'oued El Haï (Aurès-Algérie)[Biodiversity of the Black Flies (Diptera: Simuliidae) and physicochemical quality of watercourses of the oued El Haï basin (Aures-Algeria)]. J. Mater. Environ. Sci. 7 (12) 4839-4849.

Badih, A. M., et Pascual, F., 1998 (a) - Los Caelifera (Insecta, Orthoptera) del norte de Marruecos (Rif y depresión baja del Muluya).

Badih, A., et Pascual, F., 1998 (b) - Données préliminaires sur les Célibères du Nord du Maroc (Orthoptera, Caelifera). Nouvelle Revue d'Entomologie, 131-150.

Badih, A., Fortis, P. J., et Pascual, F., 2003 - Diversidad faunística y ecológica de los ortópteros de la comarca Sierra Sur de Jaén (Insecta: Orthoptera). In Memoriam al Dr. Isidoro Ruiz Martínez, 295-328.

Ballais, J. L., 1981 - Recherches géomorphologiques dans les Aurès . Doctoral dissertation, Thèse Doctorat Etat Paris 1: 347-363.

Ballais J.L., 1984 - Recherches géomorphologiques dans les Aurès (Algérie), A.N.R.T., Lille, , 2 t., 626 p.

Barataud J., 2003 - Orthoptères et milieux littoraux- Influence de la gestion des habitats herbacés sur les ressources trophiques et enjeux pour la biodiversité. BTS Gestion des espaces naturels, session 2003-2005, 86p.

Bebba, N., El Alami, M., Arigue, S. F., & Arab, A., 2015 - Etude mésologique et Biotypologique du peuplement des Ephéméroptères de l'oued Abdi (Algerie). J. Mater. Environ. Sci. 6 (4) 1164-1177.

Beghami, Y., 2013 - Écologie et dynamique de la végétation de l'Aurès: analyse spatio-temporelle et étude de la flore forestière et montagnarde. Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra.

Beloula A., 2008 - Inventaire faunistique et floristique au Parc de Belezma Batna. Mémoire d'ingénieur d'état, Université de Batna, 90 p.

Beltrondo., 2011 - Les climats, processus, variabilité et risques. Armand Colin, Coll. U, 270 p (2ème édition), 286 p.

Benabadji & Bouazza., 2000 - Quelques modifications climatiques intervenues dans le sud-ouest de l'Oranie (Algérie occidentale). Rev. Energ. Ren. Vol.3, 117-125.

Benfekih L., Chara B., Doumandji-Mitiche B., 2002 - Influence of anthropogenic impact on the habitats and swarming risks of *Dociostaurus maroccanus* and *Locusta migratoria* (Orthoptera, Acrididae) in the Algerian Sahara and the semiarid zone. Journal of Orthoptera Research:11:243-250.

Benfekih L., Petit D., 2010 - The populations of *Locusta migratoria cinerascens* (Orthoptera: Acrididae: Oedipodinae) in Algerian Sahara: life cycle. Annales de la Société Entomologique de France : 46(3-4):351-358.

Benharzallah, N., 2004 – Contribution à l'inventaire et étude bio-systématique de la faune acridienne dans la région des Aurés, Wilaya de Batna, Algérie. Thèse de Magistère en Entomologie. Université Mentouri Constantine, 141 p.

Beniston., 1984 - Les fleurs d'Algérie. Ed. Entreprise Nationale du livre Alger, 359p.

Benkenana, N., Harrat, A., & Petit, D., 2012 - The Pamphagidae (Orthoptera) from East Algeria and description of a new species. Zootaxa, 3168(1), 22-38.

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 - European Journal of Entomology.110(2):355-364.

Benmadani, S., Guerzou, A., Doumandji-Mitiche, B., Doumandji, S., 2015 – Orthoperological fauna in the region of Djelfa (Algeria). Advances in environmental Biology: 9(27):294-300.

Benmessaoud, H., 2010 - Etude de la vulnérabilité à la désertification par des méthodes quantitatives numériques dans le massif des aures (Algérie). Thèse du docteur en aménagement du territoire . Université de Batna, 227p.

Benzara, A., 2004 – Polymorphisme géographique de l'espèce *Calliptamus barbarus barbarus* (Costa, 1836) (Orthoptera : Acrididae) en Algérie. Thèse de Doctorat, Institut agronomique El Harrach-Alger, Algérie,154 p.

Berkane A. & Yahiaoui A., 2007 - L'érosion dans les Aurès .Sécheresse, 2007, 18 (3): 213-6.

Berner D., Körner C., Blanckenhorn WU., 2004 - Grasshopper populations across 2000 m of altitude: is there life history adaptation Ecography : 27(6):733-740.

Bétina, S. I., 2011 - Contribution à l'étude de la faune des acridiens inféodée aux steppes à Alfa de la région de Batna, Algérie. Thèse de Master en Biologie Animale, Spécialité : Biologie, Évolution et Contrôle des Populations d'Insectes. Université Mentouri Constantine.

Bhatt, J. P., Manish, K., et Pandit, M. K., 2012 - Elevational gradients in fish diversity in the Himalaya: water discharge is the key driver of distribution patterns. PLoS One, vol. 7, no 9, p. e 46237.

Bistch J, Denis J.R, Seguy E & Termier M., 1973 – Traité de zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie ; Insectes, tête, aile, vol. Tome VIII, fascicule I. Masson et Cie éditeurs, Paris. France, 799 p.

Blondel J., 1975 - Analyse des peuplements d'oiseaux d'eau. Elément d'un diagnostic écologique. I : La méthode des échantillonnages fréquentiels . — *Terre et Vie* 29: 533-589.

Blondel, J., 1979 - Biogéographie de l'avifaune algérienne et dynamique des communautés. Séminaire international sur l'avifaune algérienne, 5-11 juin 1979, Inst. Nati. Agro. El Harrach, Algérie.

Boitier E., 2004 – Caractérisation écologique et faunistique des peuplements d'Orthoptères en montagne de auvergnate. Thèse pour obtenir le diplôme d'études et de recherches en Sciences de la vie et de la terre. Université de Limoge, 87 p.

Boué H. et Chanton R., 1971 – Zoologie I. Invertébrés. Ed. Doin, 743p.

Bouanem, A., 2011 - Contribution à l'étude de la faune Orthoptérologique de la région de Larbâa Nath Irathen. Thèse de Magistère en sciences agronomiques. Option : Acridologie (Protection des végétaux). Ecole national supérieur agronomique, El Harrache.

Boulkaddid, T., 2014 - L'utilisation des ressources productives dans l'agriculture algérienne : Evolution Et Perspectives. Thèse de Magister en sciences économiques Option: économie de développement, Université de Constantine 2.

Bounechada, M., Doumandji, S., Ciplak, B., 2006 – Bioecology of the Orthoptera species of the setifian plateau, North-East Algeria. Turkish Journal Of Zoologie. 30:245-253.

Bounechada, M., & Doumandji, S., 2011 - Régime alimentaire et évolution de la consommation des feuilles de blé dur (*triticum durum*) chez *ocneridia volxemii* (insecta, orthoptera) dans la région de Sétif. Revue Agriculture, 2(2), 33-42.

Byavu, N., Henrard, C., Dubois, M., & Malaisse, F., 2000 - Phytothérapie traditionnelle des bovins dans les élevages de la plaine de la Ruzizi. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 4(3), 135-156.

Chaouch A., Doumandji-Mitiche B., Allal-Benfekih L., 2014 - Food diet of *Dociostaurus maroccanus* Thunberg, 1815 (Orthoptera, Acrididae) in its gregarious state: a study in Sidi Belabbes region, Algeria. International Journal of Zoology and Research. 4(5):61-70.

Chara, B., 1987 – Etude comparée de la biologie et de l'écologie de *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) et de *Calliptamus wattenwylanus* (Pantel, 1896) (Orthoptera, Acrididae) dans l'ouest algérien. Thèse de Docteur ingénieur, Université Aix-Marseille, France, 190pp.

Chaouch, A., 2009 - Etats phasaires de *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) (Acrididae, Gomphocerinae). En vue de l'obtention du diplôme de Magister en sciences agronomiques. Option : Entomologie appliquée Institut National Agronomique D'el Harrach – Alger.

Chaumont & Paquin., 1971 - Carte pluviométrique de l'Algérie, (moyenne 1913-1963), 1/500 000, 4 planches, Alger.

Chen H-H, Zhao Y-X & Le Kang., 2003 – Antennal sensilla of grasshoppers (Orthoptera : Acrididae) in relation to food preferences and habits. J. Biosci. **28** (6): 743-752.

Chenchouni, H., 2010 - Statuts de protection et de conservation des oiseaux recensés dans les Aurès et ses alentours (nord-est Algérien). Actes du Séminaire International sur la Biodiversité Faunistique en Zones Arides et Semi-arides, Ouargla University, Algeria, 56-75.

Chiffaud J., Mestre J., 1991 - Eléments d'acridologie ouest-africaine. Publication Agrhymet 227, Nyamey, 56 p.

Chopard., 1943 - Faune de l'empire français, Tome I, orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord, éd. Librairie la rose, Paris, 450 p.

Claridge MF., Singhrao JS., 1978 - Diversity and altitudinal distribution of grasshoppers (Acridoidea) on a Mediterranean mountain. Journal of Biogeography :5(3):239-250.

Clarke K.R., 1993 - Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. — Austr. J. Ecol. 18: 117–143.

Colwell RK, Hurtt GC., 1994 - Nonbiological gradients in species richness and a spurious Rapoport effect. The American Naturalist : 144(4):570-595.

Colwell R., Lees D., 2000 - The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. Trends in Ecology and Evolution : 15:70-76.

Colwell RK, Rahbek C, Gotelli NJ., 2005 - The mid-domain effect : there's a baby in the bathwater. *The American Naturalist* : 166(5):149-154.

Cote, M., 2003 - Société d'étude et de recherche sur L'Aurès antique, revues annuelle N° 1 Paris. 100 P.

Dajoz., 1982 - Précis d'écologie. Edition Gauthier-villars, Paris 503p.

Defaut., 1999 - Détermination des orthoptères de France, G.E.R.D.A.T, 83 p.

Defaut & François., 2013 - The identification of the species and subspecies of the genus *Tmethis Fieber* 1853 in Maghreb (Caelifera, Pamphagidae, Thrinchinae). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 2013, n° 35, 95-102.

Defaut, B., et Benmammar-Hasnaoui, H., 2016 - Pré-inventaire des Orthoptéroïdes des monts de Tlemcen et des environs immédiats (Algérie nord-occidentale)(Orthoptera, Mantodea, Phasmida). *Matériaux Orthoptériques et entomocénotiques* 21 : 5-33.

De Lartigue, R. J. F., 1904 - Monographie de l'Aurès. Imprimerie à vapeur Marle-Audrino.

Djazouli ,Z.E., Doumandji–Mitiche, B & Petit D., 2009 - Spatiotemporal variations of functional groups in a *Populus nigra* L. entomocenosis in the Mitidja plain (Algeria). *Comptes Rendus Biologies* ; 332:848-860.

Djebaili, S., Djellouli, Y., & Daget, P., 1989 - Les steppes pâturées des Hauts Plateaux algériens. *Fourrages*, 120, 393-400.

Doumandji, S., Doumandji-Mitiche, B., 1994 - Criquets et sauterelles (Acridologie). Office Des Publications Universitaires ed., Algérie, 99 p.

Dreux., 1961 - Recherches écologiques et biogéographiques sur les Orthoptères des Alpes françaises. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie* :12(3):323-766.

Dreux., 1980 - Précis d'écologie .Ed. presses universitaire de France, paris,231p.

Durantou J.F, Launois M, Launois-Luong M.H & Le Coq M., 1982 – Manuel de prospection en zone tropicale sèche. Ed. G. E. R. D. A. T, Paris, Tome 1, 625 p.

El Ghadraoui L., 2002 – Etudes bioécologiques du criquet marocain *Dociostaurus Maroccanus* dans le site Al-Azaghar du moyen atlas. Thés.doctoral.Univ.Fes-Saïss. 2002,.

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*, 25, 81-86.

Emberger, L., 1952 - Sur le quotient pluviothermique. *Comptes rendus hebdomadaires des seances de l'academie des sciences*,234(26), 2508-2510.

Essakhi, D., Benjelloun, M., Errabhi, N., El Harchli, H., & El Ghadraoui, L., 2014 - Richesse spécifique en Orthoptères Acridiens du Moyen Atlas marocain Locusts Grasshoppers species richness of the Moroccan Middle Atlas. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, (36), 41-48.

Fellaouine, R., 1995 - Organisation spatiale et temporelle des relations entre *praephippiger pachygaster* (lucas, 1849) (Orthoptera, Tettigoniidae) et ses plantes hotes dans l'est algerien . thèse de Docteur Ingénieur. Université Paris Sud Centre d'Orsay, France, 89 p.

Fritas, S., 2012 - Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la region de Batna. (Algérie). Thèse de Magister. Option : Ecologie et biologie des populations. Universite Abou Bakr Belkaid.Tlemcen.

Frontier S., Pichod-Viale D. 1998 - Écosystèmes. Structure.Fonctionnement. Évolution. Dunod, Paris, 447.

Garah. K., Chafai. Ch et Bentouati A., 2016 - Évolution spatio-temporelle des écosystemes forestiers a pin d'alep de l'Aurés oriental en Algerie. Lebanese Science Journal, Vol. 17, No. 2.

Gouat, P., & Gouat, J., 1983 - L'habitat du goundi (*ctenodactylus gundi*) dans le massif de l'aures (Algérie). Mammalia, 47(4), 507-518.

Guedjiba, A., 2012 - La situation linguistique dans le massif central de l'Aurés (Etude sociolinguistique). Doctoral dissertation, Université Mouloud Maameri de Tizi Ouzou.

Guendouz-Benrima A., Duranton JF., Benhammouda MEH., Mitiche BD., 2007 - Distribution des populations de Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk 1775 (Insecta orthoptera) en période de rémission en Algérie de 1983 à 2000. Science Changements Planétaires Sécheresse :18(4):246-253.

Guendouz-Benrima, A., Mitiche, B & Petit, D., 2011 - Effects of weak climatic variations on assemblages and life cycles of Orthoptera in North Algeria. J. Arid Envir. 75(5), 416-423.

Guergazi F., 2010 – Contribution à l'étude de la bioécologie des acridiens. Régime alimentaire de *Tropidopola cylindrica* (Charpentier, 1825) et d'*Anacridium aegyptium* (Linné, 1764) dans la région d'Ourlal (Biskra). Thèse d'ingénieur d'état en Ecologie et l'environnement. Université de Mohamed Khider Biskra.

Hamel, H., 2016 - Contribution à l'analyse de la dynamique post-incendie de la série de chêne liège (*quercus suber*) de la forêt domaniale de Mizrana (wilaya de Tizi-Ouzou). Thèse de magistère. Université Mouloud Maameri de Tizi-Ouzou.

Hammer, O., Harper, R., Ryan, P. D., 2001 - PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Palaeontologica Electronica* ; 4(1):9, <http://palaeo.electronica.org/~1/Past/issue-01.htm>.

Hannachi, A., 2010 - Étude des mauvaises herbes des cultures de la région de Batna: Systématique, Biologie et Écologie. Mémoire de Magistère en sciences agronomiques Option : Amélioration de la production végétale. Université Farhat Abbès Sétif.

Harrat A., 1999 – Evolution des cellules du corps sous-œsophagien et des cellules péricardiales lors d'une embryogenèse avec ou sans diapause chez *Locusta migratoria* (Linnaeus) (Orthoptera : Acrididae). Thèse de Doctorat d'état es Sciences Naturelles. Université Mentouri de Constantine, Algérie, 190 p.

Harrat A & Petit D., 2007 – Chronologie du développement embryonnaire de la souche «ESPIQUETTE» avec ou sans diapause de *Locusta migratoria* Linnaeus (Orthoptera : Acrididae). *C.R.Biologies* 332 :613-622.

Harrat A & Moussi A., 2007 – Inventaire de la faune acridienne dans deux biotopes de l'est algérien. *Sciences & Technologie C-* (26) :99-105.

Heim De Balsac, H., 1924 - L'ornithologie dans le Sahara septentrional en Algérie et en Tunisie. P Lechevalier, Paris.

Ihsan., 1988 - Systématique des Acridiens du Proche-Orient. Aspects physiologiques et ultrastructuraux d'une embryogenèse avec ou sans diapause chez *Locusta migratoria* L. Thèse de Doctorat. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 208 p.

Isenmann, P., Moali, A., 2000 - The birds of Algeria – Les oiseaux d'Algérie. Ed. SEOF, Paris, France, 336 p.

Jago, N D., 1963 – A revision of the genus *Calliptamus* serville (Orthoptera : Acrididae). *Bulletin of the British Museum (Ent.)* 13 (9): 289-322.

Jauffret, S, 2007 - Pourquoi la surveillance écologique à long terme dans les zones arides et semi-arides. *Sécheresse* vol. 18, n° 4 : 232-3.

Jean-Christophe L., 2001 – Phylogénie des Cyrtacanthacridinae (Orthoptera, Acrididae). Thèse de DEA en Systématique Animale et Végétale. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris France, 40 p.

Julve P ff. Baseveg., 2010 - Index phytosociologique synonymique de la végétation de la France. Version 20th of August,. Programme Catminat. URL: <http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm>.

Kaabeche M., 1996 - La végétation steppique du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Essai de synthèse phytosociologique par application des techniques numériques d'analyse. Doc. Phytosoc. N.S. (Camerino) :16:45-58.

Kemp W., Harvey S.J., O'Neil K.M., 1990 - Patterns of vegetation and grasshopper community composition. *Oecologia*: 83:299-308.

Lacoste & Salanon., 1969 - Eléments de biogéographie et de l'écologie. Paris, Nathan. Coll.Fac.géographie, 189 p.

Le Bart L., Morineau A. & Warwick K. M., 1984 - Multivariate descriptive analysis: Correspondence analysis and related techniques for large matrices. — New York.

Lecoq, M., 1978 - Biologie et dynamique d'un peuplement acridien de zone soudanienne en Afrique de l'ouest (Orthoptera-Acrididae). *Annls. Soc. Ent. Fr.* (N.S) 14(4), pp.603 - 681.

Le Gall P. et Gillon Y., 1989 – Partage des ressources et spécialisation trophique chez les acridiens (Insecta : Orthoptera : Acridomorpha) non-graminivores dans une savane préforestière (Lamto, Côte d'Ivoire). *Acta oecologica/oecol. Gener.*, Vol. 10; n °1, pp.51-74.

Le Houerou H, N., 1977 - Etude bioclimatique des steppes algériennes *Bull. Soc. H. N. A.F.N.* 68, Fasc, 3,4, pp 33-34

Le Houerou H, N., 1993 - Changements climatiques et désertification In *Sécheresse* n° 2, vol IV, pp 95 – 111.

Le Houerou H, N., 1995 - Considérations biogéographiques sur les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse* 2, Vol 6, 167-182.

Louni, D., 1994 - Les forêts algériennes. Forêt méditerranéenne, t.XV, n°1.

Louveaux & Benhalima., 1986 - Catalogue des Orthoptères Acridoidea d'Afrique du Nord-Ouest. *Bull. Soc. Ent., France*, 91(3-4) : pp.73-87.

Louveaux,A., Mouhim, A., ROUX, G., Gillon, Y., & Barral, H., 1996 - Influence du pastoralisme sur les populations acridiennes dans le massif du Siroua (Maroc). *Revue d'écologie (la Terre et la vie)* 51 : 139 – 151.

Maghni, N., Louadi, K., Ortiz-Sanchez, F. J., & Rasmont, P., 2017 - Les Anthophores de la région des Aurès (nord-est de l'Algérie)(Hymenoptera: Apidae: Anthophorini). In *Annales de la Société entomologique de France (NS)*. Vol. 53, No. 1, pp. 55-73.

Mahdaoui, A., 2009 - Contribution à la connaissance du polymorphisme et de la diversité biologique des populations avicoles dans la région des Aurès. Thèse de Magistère. Ecole

Nationale Supérieure d'agronomie el-Harrach Alger. Département : production animale
option : Sciences Animales.

Mahdjoubi D., Guendouz-Benrima A., Petit D., 2017 - Plant communities and solitary Desert Locust abundance in the Algerian Sahara, compared to other African countries. *Phytocoenologia*; 47(2):125-137.

Mahloul, S., Harrat, A., & Petit, D., 2016 - Diversity of grasshoppers (Caelifera) recorded on the banks of a Ramsar listed temporary salt lake in Algeria. *Eur. J. Entomol*, 113, 158-172.

Mahloul, S., 2017 - La faune acridienne inféodée à la végétation environnante des lacs salés de l'Est algérien (Chott Tinsilt - Oum El Bouaghi), Thèse de Doctorat, Spécialité : Biologie Animale, Option : Biodiversité et écologie des arthropodes. Université des frères Mentouri.

Maissiat J, Baehr J.C & Picaud J.L., 1998 – Biologie animale, invertébrés. DUNOD Paris.

Massa B, Lo Valvo, M & Lo Verde, G., 1993 - Le specie del genere *Pamphagus* Thunberg 1815 (Orthoptera, Pamphagidae), Estratto del bolletino del museo regionale di scienze naturali-Torino, 11(2), 445-486.

Massa, B., 2013 - Pamphagidae (Orthoptera: Caelifera) of North Africa: key to genera and the annotated check-list of species. *Zootaxa* 3700 (3): 435–475.

Maurel, H., 2008 – premier inventaire des Orthoptères de la collection systématique du laboratoire de zoologie de l'institut national agronomique d'el Harrach (Algérie) (Ensifera, Caelifera). *Matériaux Orthoptériques et entomocénétiques*, 13 : 33-42.

McCoy ED., 1990 - The distribution of insects along elevational gradients. *Oikos* : 58:313-322.

Mdjebara, F., 2009 - Catalogue préliminaire des Orthoptères d'Algérie. Thèse de Magister En vue de l'obtention du diplôme en sciences agronomiques. Option : Ecologie des communautés biologiques Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie d'El-Harrach Alger.

Mebarki., 2004 - Hydrologie des bassins de l'est algérien : ressources en eau, aménagement et environnement. Université Mentouri Constantine.

Medane, A., 2014 - Etude bioécologique et régime alimentaire des principales espèces d'Orthoptères de la région d'Ouled Mimoun (Wilaya de Tlemcen). Thèse de magistère en Ecologie et Biologie des populations. Université de Tlemcen.

Meharzi, M, K., 1994 - Le rôle de l'orographie dans la répartition spatiale des précipitations dans le massif de l'Aurès. *Méditerranée*, 80(3), 73-78.

Meharzi, M. K., 2010 - Forêts géosystèmes, et dynamique du milieu (Cas de l'Aurès). Thèse de doctorat d'État en Aménagement du Territoire, Option Géographie Physique, 258 p.

Meglith P.A., 1975 – Zoologie des invertébrés, arthropodes mandibulés (Crustacés, Myriapodes et Insectes) et deutérostomiens (Echinodermes et Lophophoriens). DOIN éditeurs, Paris, France, 362 p.

Mekkioui, A., Mesli, L., 2010 – Etude préliminaire des Orthoptères caelifères de deux stations dans la région de Hafir (Monts de Tlemcen, Ouest Algérien). Matériaux Orthoptériques et entomocénétiques : 14 : 53-60.

Mhirit, O., 1999 - Le cèdre de l'Atlas à travers le réseau "Silva mediterranea" cèdre". Bilan et perspectives. Forêt méditerranéenne, t.XX, n°3.

Mostefaoui, H., Allal-Benfekih, L., Djazouli, Z.E., Petit, D. & Saladin, G., 2014 - Why the aphid *Aphis spiraecola* is more abundant on clementine tree than *A. gossypii*, Comptes Rendus Biologies ; 337:123-133.

Moussi, A., Abba, A., Harrat, A., Petit, D., 2011 - Desert acridian fauna (Orthoptera, Acridomorpha): comparison between steppic and oasian habitats in Algeria. C. R. Biol., 334(2), 158-167.

Moussi, A., 2012 - Analyse systématique et étude bio écologique de la faune des acridiens (Orthoptera, Acridomorpha) de la région de Biskra. Thèse de Doctorat en sciences en Biologie. Spécialité : Biologie animale. Université Mentouri Constantine.

Nufio CR., McGuire CR., Bowers MD., Guralnick RP., 2010 - Grasshopper community response to climatic change: variation along an elevational gradient. PLoS ONE : 5(9):e12977.

Nwilen FE., Nwanze KF., et Youdeowei A., 2008 – Impact of integrated pest management on food and horticultural crops in Africa. Entomologia Experimentalis et Applicata, 128,355-363.

Ould El Hadj M.D., 1991 – Bioécologie des sauterelles et des sautériaux de trois zones au Sahara. Thèse magistère, Inst.Nat.Agro, El Harrach, Alger, 85 p.

Parmesan, C & Yohe, G., 2003 - A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature, 421(6918), 37-42.

Pasquier, P. 1929 - La lutte contre les Sauterelles en Algérie. Anc. Impr. V.Heintz, Alger, 73 p.

Petit D., 2014 - Climatic changes in Algeria and responses from acridian insects. Agrobiologia : 6: 5-12.

Popov G.B, Launois-Luong M & Van Der Weel P, 1990 – Les Oothèques des criquets du Sahel. CIRAD/PRIFAS, p 92.

Quezel & Santa., 1962 - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertique méridionales. éd. Gent. Nat. Rech. Sci, p 556.

Ramade, 1984 - Eléments d'écologie, écologie fondamentale , Auckland, mcgraw-Hill,Paris, 397 p.

Rahmani, Y., 2010 - Contribution à l'étude des insectes associés au dépérissement du cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica*) Dans la région de Batna : cas de la cédraie de Belezma. Thèse de magistère en sciences agronomiques, option : entomologie agricole et forestière, Université El-hadj Lakhdar Batna.

Rihani, A., 2008 - Etude hydrogéologique du bassin de Bouzina (sous bassin versant de l'oued Abdi massif des Aurès). Thèse du magistère en géologie du génie civil et des milieux aquifères , Université El hadj Lakhdar, Batna, Algérie.

Rouibah, M., & Doumandji, S., 2013 - Inventaire de trois peuplements d'Orthoptères dans le Parc National de Taza (Jijel, Algérie). Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, Série Zoologie, 2013, n°49, 71-77.

Samraoui, B., Samraoui, F., 2008 - An ornithological survey of Algerian wetlands: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. Wildfowl, 58: 71-98.

Sellami, M., Bouredjli, H, A., & Chapuis, J, L., 1990 - Répartition de la gazelle de Cuvier (*Gazella cuvieri* Ogilby, 1841) en Algérie. Vie et Milieu, 40(2/3), 234-237.

Seltzer, P., 1946 - Le climat de l'Algérie. Alger, Institut deMétéorologie et de Physique du Globe, Carbonnel, 219 p.

Sergeev, M. G., 1996 - La sécheresse et les schémas de distribution des criquets en Asie centrale et septentrionale.Science et changements planétaires/Sécheresse, 7(2), 129-132.

Slimani, S., 2014 - Reconstitutions dendrochronologiques du climat et de l'historique des incendies dans les régions des Aurès et de Kabylie, nord de l'Algérie. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algeria.

Sobhi, Z., 2009 - Impact des facteurs climatiques et anthropiques sur la diversité et l'écologie trophique des peuplements d'Orthoptères Caelifères dans l'est algérien (El-Tarf–El-Kala). Thèse en vue de l'obtention du diplôme de magister en sciences agronomiques. Option : Acridologie (Protection des végétaux). Institut National Agronomique D'el Harrach – Alger

Sobhi, 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. Bulletin de la Société zoologique de France.; 138(1-4):229-250.

Sofrane Z., 2006 – Contribution à l'inventaire et étude bioécologique du peuplement Acridien dans la région de Sétif. Etude du régime alimentaire d'*Acrotylus patruelis patruelis* (Herrich-Schaeffer, 1838) (Orthoptera, Acrididae). Thés. Magister. Univ. Mentouri, Constantine, p 154.

Symmons P & Cressman K., 2001–Directives sur le Criquet pèlerin. Biologie et comportement. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, p 43

Tebbi, F, Z., 2014 - Modélisation de la régularisation des barrages dans la région des Aurès . Doctoral dissertation, Université de Batna 2.

Tekkouk, F., 2012 - Ecological study of four populations acridians (insecta-orthoptera) area of El-Aouana (Jijel-Algeria). Agricultural and Biology Journal of North America, 3(2), 57-68.

Tscharntke T., Greiler HJ., 1995 - Insect communities, grasses, and grasslands. Annual review of entomology:40(1):535-558.

Uvarov, B., 1977 - Grasshoppers and locusts. A handbook of general acridology. Volume 2. Behaviour, ecology, biogeography, population dynamics. Centre for Overseas Pest Research ed.

Voisin, J.F., 1986 - Une méthode simple pour caractériser l'abondance des Orthoptères en milieux ouverts. L'Entomologiste, 42, 113-119.

Wachter DH., O'Neill KM., Kemp WP., 1998 - Grasshopper.(Orthoptera: Acrididae) communities on an elevational gradient in southwestern Montana. Journal of the Kansas Entomological Society : 71(1):35-43.

Wettstein W., Schmid B., 1999 - Conservation of arthropod diversity in montane wetlands: effect of altitude, habitat quality and habitat fragmentation on butterflies and grasshoppers. Journal of Applied Ecology : 36(3):363-373.

Whittaker., 1972 - Evolution and measurement of species diversity. Taxon : 21(2-3):213-251.

Whittaker RJ., Willis KJ., Field R., 2001 - Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. Journal of Biogeography:28(4):453-470.

Annexes

Annexe 01 : Variation du nombre d'individus au cours des prospections dans le site de Djjerma

Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes printanières de l'année 2012						
	<i>Pyrgomorpha conica</i>	0	0	7	12	13	12
<i>larves</i>	0	3	3	3	2	0	2
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	0	0	6	13	9	8	4
<i>larves</i>	1	2	2	3	4	0	1
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	0	0	0	0	0	0	3
<i>larves</i>	0	0	0	3	3	2	1
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	0	0	0	0	0	0	4
<i>larves</i>	0	0	0	4	3	6	1
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	4
<i>Oedaleus decorus</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	2
<i>Oedipoda fuscicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	3
<i>Doclostaurus jagoi jagoi</i>	0	0	0	0	0	0	3
<i>larves</i>	0	0	0	2	3	1	1
<i>Truxalis nasuta</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	2
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	3
<i>Pamphagus auresianus</i>	0	0	5	14	21	12	12
<i>larves</i>	0	2	6	4	3	0	2
<i>Pamphagus batnensis</i>	0	0	7	13	14	9	3
<i>larves</i>	1	5	3	2	3	0	0
<i>Pamphagus djelfensis</i>	0	0	6	17	11	7	2
<i>larves</i>	1	3	2	5	4	0	0
<i>Euryparyphes sitifensis</i>	0	0	4	8	6	7	1
<i>larves</i>	2	1	5	4	2	0	3
<i>Tmethis cisti</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	2
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes estivales de l'année 2012						
<i>Pyrgomorpha conica</i>	8	4	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	0	5	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalpomena algeriana</i>	6	7	6	8	12	13	11

<i>algeriana</i>							
<i>larves</i>	2	1	2	1	0	0	0
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	9	5	8	9	15	12	4
<i>larves</i>	1	2	1	0	0	0	0
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	0	5	6	10	21	8	6
<i>larves</i>	9	1	2	1	0	0	0
<i>Oedaleus decorus</i>	0	3	7	13	14	5	12
<i>larves</i>	4	1	0	0	0	0	1
<i>Oedipoda fuscocincta</i>	0	3	5	9	16	12	9
<i>larves</i>	4	1	1	0	0	0	0
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	4	3	10	14	14	9	11
<i>larves</i>	1	2	1	0	0	0	0
<i>Truxalis nasuta</i>	0	3	9	7	12	9	14
<i>larves</i>	2	2	1	0	0	0	0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	0	6	11	12	22	17	7
<i>larves</i>	4	2	1	0	0	0	0
<i>Pamphagus auresianus</i>	6	6	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus batnensis</i>	6	3	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus djelfensis</i>	9	2	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	2	0	0	0	0	0	0
<i>Euryparyphes sitifensis</i>	2	5	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Tmethis cisti</i>	0	3	11	13	15	11	9
<i>larves</i>	5	1	2	2	0	0	0
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes automnales et hivernales de l'année 2012						
<i>Pyrgomorpha conica</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	9	2	0	0	0	0	1
<i>larves</i>	0	0	0	2	0	0	0
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	6	1	0	0	0	0	3
<i>larves</i>	0	0	0	3	0	0	0
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	12	3	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oedaleus decorus</i>	8	3	0	0	0	0	0

<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda fuscotineta</i>	1	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	4	2	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	2	0	5
<i>Truxalis nasuta</i>	2	1	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	1	3	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus auresianus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus batnensis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus djelfensis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Euryparyphes sitifensis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Tmethis cisti</i>	2	3	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes hivernales de l'année 2013					
<i>Pyrgomorpha conica</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	4	0	1	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	0	0	2	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Oedaleus decorus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda fuscotineta</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	0	0	2	0	0	0
<i>larves</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Truxalis nasuta</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	0	0	0	0	0	0

<i>larves</i>	0	0	0	0	0	
<i>Pamphagus auresianus</i>	0	0	0	0	0	
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	
<i>Pamphagus batnensis</i>	0	0	0	0	0	
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	
<i>Pamphagus djelfensis</i>	0	0	0	0	0	
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	
<i>Euryparyphes sitifensis</i>	0	0	0	0	0	
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	
<i>Tmethis cisti</i>	0	0	0	0	0	
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes printanières de l'année 2013					
<i>Pyrgomorpha conica</i>	0	0	12	15	12	11
<i>larves</i>	0	1	3	4	2	0
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	0	0	14	17	7	2
<i>larves</i>	0	1	2	3	2	1
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	0	0	0	0	3	9
<i>larves</i>	0	0	2	6	1	2
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	0	0	0	0	6	11
<i>larves</i>	0	0	7	5	2	1
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	6	9
<i>Oedaleus decorus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	9	7
<i>Oedipoda fuscotineta</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	3	5
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	0	0	0	0	6	15
<i>larves</i>	0	0	7	5	2	7
<i>Truxalis nasuta</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	7	12
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	9	4
<i>Pamphagus auresianus</i>	0	0	3	12	21	19
<i>larves</i>	0	3	3	2	1	0
<i>Pamphagus batnensis</i>	0	0	6	13	23	14
<i>larves</i>	0	2	2	7	1	1
<i>Pamphagus djelfensis</i>	0	0	3	2	14	9
<i>larves</i>	0	1	7	2	4	2
<i>Euryparyphes sitifensis</i>	0	0	1	7	9	3
<i>larves</i>	0	0	2	1	2	1

<i>Tmethis cisti</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	9	2	
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes estivales de l'année 2013						
<i>Pyrgomorpha conica</i>	3	5	1	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	8	5	4	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	13	4	12	11	3	7	3
<i>larves</i>	2	1	0	0	0	0	0
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	22	12	22	6	12	5	9
<i>larves</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	11	3	23	9	17	4	7
<i>larves</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Oedaleus decorus</i>	14	9	5	9	0	15	11
<i>larves</i>	2	1	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda fuscocincta</i>	4	8	12	7	12	6	16
<i>larves</i>	2	0	0	0	0	0	0
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	18	4	19	5	0	6	0
<i>larves</i>	3	0	0	0	0	0	0
<i>Truxalis nasuta</i>	12	11	17	2	1	4	7
<i>larves</i>	3	0	0	0	0	0	0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	9	15	16	5	14	2	6
<i>larves</i>	2	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus auresianus</i>	3	11	8	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus batnensis</i>	14	6	1	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus djelfensis</i>	12	6	2	0	0	0	0
<i>larves</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Euryparyphes sitifensis</i>	9	3	2	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tmethis cisti</i>	16	13	22	1	5	1	4
<i>larves</i>	1	1	0	0	0	0	0
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes automnales et hivernales de l'année 2013						
<i>Pyrgomorpha conica</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalpomena algeriana</i>	1	3	0	0	0	1	0

<i>algeriana</i>							
<i>larves</i>	0	0	0	2	0	0	0
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	0	0	0	0	0	2	0
<i>larves</i>	0	0	0	6	3	0	0
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	7	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oedaleus decorus</i>	6	5	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda fuscospincta</i>	2	6	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Doclostaurus jagoi jagoi</i>	2	7	0	0	0	0	3
<i>larves</i>	0	0	0	0	2	0	0
<i>Truxalis nasuta</i>	1	9	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	2	9	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus auresianus</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus batnensis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus djelfensis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euryparyphes sitifensis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tmethis cisti</i>	3	5	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 02 : Variation du nombre d'individus au cours des prospections dans le site de Hamla

Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes printanières de l'année 2012					
	<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	0	0	0	0	4
<i>larves</i>	0	0	4	7	6	4
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	7
<i>Oedipoda carulescens sulfurecens</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	9
<i>Oedipoda fuscospincta</i>	0	0	0	0	0	0

<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	4	
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	0	0	0	0	0	6	13	
<i>larves</i>	0	0	7	11	8	6		
<i>Dociostaurus marrocanus</i>	0	0	0	0	0	0		
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0		
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	0	0	0	0	0	0		
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	8		
<i>Anacridium aegyptium</i>	0	0	0	0	0	0		
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0		
<i>Ocneridia canonica</i>	0	0	0	0	28	34		
<i>larves</i>	17	15	14	15	15	24		
<i>Ocneridia microptera</i>	0	0	0	0	15	37		
<i>larves</i>	3	0	1	13	14	11		
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes estivales de l'année 2012							
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	15	31	34	24	13	9	14	16
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	4	22	41	24	15	16	7	13
<i>larves</i>	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda carulescens sulfurecens</i>	7	16	35	17	22	9	18	15
<i>larves</i>	3	1	0	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda fuscocincta</i>	4	12	21	9	16	8	9	17
<i>larves</i>	11	5	0	0	0	0	0	0
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	16	22	27	11	11	5	9	12
<i>larves</i>	9	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dociostaurus marrocanus</i>	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	5	12	27	13	21	9	9	22
<i>larves</i>	9	5	0	0	0	0	0	0
<i>Anacridium aegyptium</i>	0	0	0	0	0	0	0	7
<i>larves</i>	0	2	7	5	12	14	9	5
<i>Ocneridia canonica</i>	20	34	19	7	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ocneridia microptera</i>	24	25	9	2	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes automnales et hivernales de l'année 2012							
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	14	21	11	3	0	0	0	
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	5	0	
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	21	11	9	4	0	0	0	
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Oedipoda carulescens</i>	12	7	3	1	0	0	0	

<i>sulfurecens</i>							
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda fuscosincta</i>	18	14	10	2	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	6	9	7	2	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	4
<i>Dociostaurus marrocanus</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	7	9	5	1	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anacridium aegyptium</i>	13	21	32	14	2	0	0
<i>larves</i>	0	2	0	0	0	0	0
<i>Ocneridia canonica</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ocneridia microptera</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes hivernales de l'année 2013						
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	1			3			1
<i>larves</i>	0			0			0
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	0			0			0
<i>larves</i>	0			0			0
<i>Oedipoda carulescens sulfurecens</i>	0			0			0
<i>larves</i>	0			0			0
<i>Oedipoda fuscosincta</i>	0			0			0
<i>larves</i>	0			0			0
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	0			3			0
<i>larves</i>	1			0			0
<i>Dociostaurus marrocanus</i>	0			0			0
<i>larves</i>	0			0			0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	0			0			0
<i>larves</i>	0			0			0
<i>Anacridium aegyptium</i>	0			0			0
<i>larves</i>	0			0			0
<i>Ocneridia canonica</i>	0			0			0
<i>larves</i>	0			0			0
<i>Ocneridia microptera</i>	0			0			0
<i>larves</i>	0			0			0
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes printanières de l'année 2013						
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	0	0	0	0	0	0	6
<i>larves</i>	0	0	2	7	11	15	4

<i>Oedipoda miniata miniata</i>	0	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	3	9
<i>Oedipoda carulescens sulfurecens</i>	0	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	4	12
<i>Oedipoda fuscosincta</i>	0	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	3	9
<i>Doclostaurus jagoi jagoi</i>	0	0	0	0	0	0	5
larves	0	0	2	3	5	8	3
<i>Doclostaurus marrocanus</i>	0	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	0	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	0	5
<i>Anacridium aegyptium</i>	0	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ocneridia canonica</i>	0	0	0	9	31	32	16
larves	0	0	13	9	5	4	4
<i>Ocneridia microptera</i>	0	0	0	5	29	24	8
larves	0	0	14	3	1	2	1
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes estivales de l'année 2013						
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	12	23	14	23	12	9	13
larves	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	0	6	22	17	6	15	19
larves	12	5	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda carulescens sulfurecens</i>	0	9	18	9	8	16	16
larves	9	2	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda fuscosincta</i>	0	4	20	7	5	9	12
larves	11	3	0	0	0	0	0
<i>Doclostaurus jagoi jagoi</i>	17	13	32	15	13	12	22
larves	2	0	0	0	0	0	0
<i>Doclostaurus marrocanus</i>	0	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	9	13	15	21	13	15	21
larves	2	3	0	0	0	0	0
<i>Anacridium aegyptium</i>	0	0	9	19	24	12	16
larves	3	9	0	0	0	0	0
<i>Ocneridia canonica</i>	11	11	3	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ocneridia microptera</i>	7	7	2	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	0	0
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes automnales et hivernales de l'année 2013						

<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	12	9	5	0	0	2	0	1	3
larves	0	0	0	0	3	1	0	0	0
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	16	7	3	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda carulescens sulfurecens</i>	7	8	4	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oedipoda fuscosincta</i>	8	5	2	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	14	7	3	0	0	1	2	0	3
larves	0	0	0	0	2	0	0	1	0
<i>Dociostaurus marrocanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	9	6	0	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anacridium aegyptium</i>	5	4	1	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ocneridia canonica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ocneridia microptera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 03 : Variation du nombre d'individus au cours des prospections dans le site de Lazrou

Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes printanières de l'année 2012					
<i>Pyrgomorpha conica</i>	0	0	9	12	18	16
larves	3	8	3	0	0	0
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	0	0	8	11	21	15
larves	4	7	2	0	0	0
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	0	0	0	0	0	3
larves	0	5	6	8	12	5
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	0	0	0	0	0	3
larves	1	3	6	9	9	7
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	0	0	0	0	0	2
larves	2	0	5	7	5	7
<i>Truxalis nasuta</i>	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	2	5
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	0	0	0	0	0	0
larves	0	0	0	0	4	5
<i>Anacridium aegyptium</i>	0	0	0	0	0	0

<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus auresianus</i>	0	0	0	3	16	32
<i>larves</i>	2	9	14	12	7	3
<i>Pamphagus batnensis</i>	0	0	0	5	14	38
<i>larves</i>	7	12	19	25	4	3
<i>Ocneridia volxemii</i>	0	0	0	0	3	14
<i>larves</i>	0	0	0	6	9	2
<i>Tmethis cisti</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	3	1	5
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes estivales de l'année 2012					
<i>Pyrgomorpha conica</i>	7	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	5	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	12	26	34	28	31	14
<i>larves</i>	0	0	0	2	4	0
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	16	17	28	24	38	21
<i>larves</i>	2	2	0	0	0	0
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	8	16	21	23	17	6
<i>larves</i>	3	4	0	3	2	0
<i>Truxalis nasuta</i>	5	8	11	17	13	25
<i>larves</i>	0	2	0	0	0	0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	16	20	29	41	33	16
<i>larves</i>	3	1	0	0	0	0
<i>Anacridium aegyptium</i>	0	0	0	0	0	5
<i>larves</i>	0	0	0	2	13	17
<i>Pamphagus auresianus</i>	31	12	0	0	0	0
<i>larves</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus batnensis</i>	30	9	0	0	0	0
<i>larves</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Ocneridia volxemii</i>	19	21	20	23	16	12
<i>larves</i>	0	0	4	2	1	0
<i>Tmethis cisti</i>	4	18	39	19	28	19
<i>larves</i>	7	3	0	3	0	0
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes automnales et hivernales de l'année 2012					
<i>Pyrgomorpha conica</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	6	2	1	0	0	1

<i>larves</i>	0	0	0	0	1	3	3
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	12	5	2	0	0	0	2
<i>larves</i>	0	0	0	1	0	6	2
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	9	3	1	0	0	0	1
<i>larves</i>	0	0	0	0	1	2	3
<i>Truxalis nasuta</i>	7	1	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	9	4	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anacridium aegyptium</i>	13	24	19	6	1	0	0
<i>larves</i>	3	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus auresianus</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus batnensis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ocneridia volxemii</i>	4	5	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tmethis cisti</i>	7	2	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes hivernales de l'année 2013						
<i>Pyrgomorpha conica</i>	0			0			
<i>larves</i>	0			0			
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	0			0			
<i>larves</i>	0			0			
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	0			1			
<i>larves</i>	0			0			
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	0			2			
<i>larves</i>	0			0			
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	0			1			
<i>larves</i>	0			0			
<i>Truxalis nasuta</i>	0			0			
<i>larves</i>	0			0			
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	0			0			
<i>larves</i>	0			0			
<i>Anacridium aegyptium</i>	0			0			
<i>larves</i>	0			0			
<i>Pamphagus auresianus</i>	0			0			
<i>larves</i>	0			0			
<i>Pamphagus batnensis</i>	0			0			
<i>larves</i>	0			0			
<i>Ocneridia volxemii</i>	0			0			

<i>larves</i>	0				0			
<i>Tmethis cisti</i>	0				0			
<i>larves</i>	0				0			
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes printanières de l'année 2013							
<i>Pyrgomorpha conica</i>	0	0	0	0	2	19	16	11
<i>larves</i>	2	8	11	17	13	6	9	3
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	0	0	0	0	5	17	22	18
<i>larves</i>	1	5	3	14	21	9	9	5
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>larves</i>	0	0	0	0	4	5	7	15
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>larves</i>	0	0	0	0	6	7	5	13
<i>Doclostaurus jagoi jagoi</i>	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>larves</i>	0	0	0	0	2	0	6	8
<i>Truxalis nasuta</i>	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	2	1
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	4	9
<i>Anacridium aegyptium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus auresianus</i>	0	0	1	2	13	21	25	22
<i>larves</i>	3	11	23	21	12	8	3	0
<i>Pamphagus batnensis</i>	0	0	2	3	9	26	22	18
<i>larves</i>	4	9	18	14	8	6	7	2
<i>Ocneridia volxemii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	7	13
<i>Tmethis cisti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	2	15
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes estivales de l'année 2013							
<i>Pyrgomorpha conica</i>	9	7	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	9	5	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	13	28	26	31	22	16	16	16
<i>larves</i>	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	21	33	37	34	23	15	15	15
<i>larves</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Doclostaurus jagoi jagoi</i>	17	23	28	24	16	13	13	13
<i>larves</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Truxalis nasuta</i>	9	12	26	24	26	8	8	8

<i>larves</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	13	24	25	17	12	10
<i>larves</i>	3	0	0	0	0	0
<i>Anacridium aegyptium</i>	0	0	0	0	24	29
<i>larves</i>	4	13	20	17	2	0
<i>Pamphagus auresianus</i>	15	5	0	0	0	0
<i>larves</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus batnensis</i>	7	2	0	0	0	0
<i>larves</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Ocneridia volxemii</i>	2	22	29	22	12	10
<i>larves</i>	15	2	2	0	2	0
<i>Tmethis cisti</i>	7	14	33	26	19	8
<i>larves</i>	20	3	1	0	0	0
Espèces	Nombre d'individus récoltés pendant Les sorties en périodes automnales et hivernales de l'année 2013					
<i>Pyrgomorpha conica</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pyromorpha vosseleri</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	14	0	0	0	2	1
<i>larves</i>	0	2	0	2	1	0
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	13	1	0	0	3	2
<i>larves</i>	0	8	0	4	6	9
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	11	4	0	0	7	1
<i>larves</i>	0	4	0	1	2	0
<i>Truxalis nasuta</i>	5	1	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Calliptamus wattennylianus</i>	16	5	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Anacridium aegyptium</i>	24	12	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus auresianus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pamphagus batnensis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Ocneridia volxemii</i>	7	3	0	0	0	0
<i>larves</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Tmethis cisti</i>	6	4	0	0	0	0
<i>larves</i>	2	0	0	0	0	0

Annexe 04 : Barycentres des espèces acridiennes et leurs plasticités annuels

Lazrou 810 m

Sous-familles	Espèces	hbts	Systmt	bar 2012	bar 2013	dif bar	plasticité annuel (test de corrélation croisé)
Acridinae	Truxalis nasuta (Linnaeus, 1758)	2		7.99	7.58	0.41	L = 1 ***
	Larves	2		5.99	6.02	- 0.02	L = 0 **
Calliptaminae	Calliptamus wattenwylanus Pantel, 1896	1		7.70	7.30	0.40	L = 1 **
	Larves	1		5.91	5.62	0.28	L = 0 NS
Cyrtacanthacridinae	Anacridium aegyptium (Linné, 1764)	3		9.82	7.65	2.17	L = 2 *
	Larves	3		8.35	7.2	1.15	L = 2 *
Gomphocerinae	Dociostaurus jagoi jagoi Soltani, 1978	1		7.68	7.52	0.16	L = 0 **
	Larves	1		5.77	5.41	0.36	L = 1 NS
Oedipodinae	Acrotylus patruelis patruelis (Herrich- Shaffer, 1838)	1	1	7.81	7.47	0.34	L = 0 **
	Larves	1	1	5.26	5.22	0.04	L = 0 **
	Thalpomena algeriana algeriana (Lucas, 1849)	1	1	7.60	7.65	- 0.05	L = 0 ***
	Larves	1	1	5.52	5.34	0.18	L = 1 NS
Pamphaginae	Ocneridia volxemii (Bolivar, 1878)	2	2	7.32	7.41	- 0.09	L = 0 *
	Larves	2	2	5.97	5.98	- 0.01	L = 0 NS
	Pamphagus auresianus Massa, 1992	2	2	6.01	5.35	0.67	L = 1***
	Larves	2	2	4.86	4.32	0.53	L = 1***
	Pamphagus batnensis Benkenana & Petit, 2012	2	2	5.98	5.21	0.76	L = 2 **
	Larves	2	2	4.73	4.39	0.33	L = 2 **

Thrinchinae	Tmethis cisti (Fabricius, 1787)	1		7.77	7.35	0.42	L = 0 **
	Larves	1		6.22	6.09	0.13	L = 0 ***
Pyrgomorphae	Pyrgomorpha conica conica (Olivier, 1791)	2	3	5.45	5.50	- 0.05	L = 0 **
	Larves	2	3	4.18	4.48	- 0.30	L = - 1 **
	Pyromorpha vosseleri Uvarov, 1923	2	3	5.43	5.44	0.00	L = 0 **
	Larves	2	3	4.10	4.62	- 0.52	L = - 2 **

Djerma 1021 m

Sous-familles	Espèces	hbts	Systmt	bar 2012	bar 2013	dif bar	plasticité annuel (test de corrélation croisé)
Acridinae	Truxalis nasuta (Linnaeus, 1758)	2		8.07	7.66	0.41	L = 4**
	Larves	2		6.23	5.90	0.33	L = 1 NS
Calliptaminae	Calliptamus wattenwylanus Pantel, 1896	1		7.92	7.72	0.20	L = 0 NS
	Larves	1		6.16	5.82	0.33	L = 2 **
Gomphocerinae	Dociostaurus jagoi jagoi Soltani, 1978	1		7.81	7.03	0.78	L = 4 *
	Larves	1		5.40	5.30	0.10	L = 2 *
Oedipodinae	Acrotylus patruelis patruelis (Herrich- Shaffer, 1838)	1	1	7.62	7.06	0.56	L = 3 *
	Larves	1	1	5.19	4.97	0.23	L = 1 *
	Oedaleus decorus (Germar, 1826)	1	1	8.16	7.94	0.22	L = 2 *
	Larves	1	1	6.41	5.89	0.52	L = 1 NS
	Oedipoda fuscocincta Lucas, 1849	1	1	8.00	8.07	- 0.07	L = 0 *
	Larves	1	1	6.12	5.93	0.20	L = 1 *
	Oedipoda miniata miniata Pallas, 1771	1	1	8.16	7.68	0.48	L = 2 NS
	Larves	1	1	6.22	5.91	0.32	L = 1 ***
	Thalpomena algeriana algeriana (Lucas, 1849)	1	1	7.90	7.23	0.67	L = 2 NS
	Larves	1	1	5.53	5.33	0.20	L = 0 *
Pamphaginae	Euryparaphes sitifensis (Brisout	2	2	5.00	5.82	- 0.82	L = - 4 *

	de Barneville, 1854)						
	Larves	2	2	4.57	5.18	- 0.61	L = 0 *
	Pamphagus auresianus Massa, 1992	2	2	5.05	5.87	- 0.83	L = - 3 NS
	Larves	2	2	4.54	4.52	0.02	L = 0 *
	Pamphagus batnensis Benkenana & Petit, 2012	2	2	4.89	5.69	- 0.80	L = - 3 *
	Larves	2	2	4.32	4.78	- 0.46	L = - 2 NS
	Pamphagus djelfensis Vosseler, 1902	2	2	4.90	5.95	- 1.05	L = - 4 *
	Larves	2	2	4.50	5.05	- 0.56	L = 0 NS
Thrinchinae	Tmethis cisti (Fabricius, 1787)	1		7.97	7.36	0.62	L = 2 *
	Larves	1		6.44	5.84	0.61	L = 2 *
Pyrgomorphae	Pyrgomorpha conica conica (Olivier, 1791)	2	3	5.02	5.40	- 0.38	L = 0 *
	Larves	2	3	4.59	4.80	- 0.21	L = - 3 **
	Pyromorpha vosseleri Uvarov, 1923	2	3	4.87	5.41	- 0.55	L = 0 *
	Larves	2	3	4.41	4.96	- 0.55	L = - 2 *

Hamla 1260 m

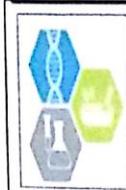
Sous-familles	Espèces	hbts	Systmt	bar 2012	bar 2013	dif bar	plasticité annuel (test de corrélacion croisé)
Calliptamininae	Calliptamus wattenwylanus Pantel, 1896	1		8.05	7.98	0.07	L = 0 ***
	Larves	1		6.30	6.26	0.04	L = 0 *
Cyrtacanthacridinae	Anacridium aegyptium (Linné, 1764)	3		8.44	8.39	0.05	L = 0 *
	Larves	3		8.1	6.68	1.42	L = 4 *
Gomphocerinae	Doclostaurus jagoi jagoi Soltani, 1978	1		7.49	7.96	-0.46	L = - 1 **
	Larves	1		5.50	5.27	0.23	L = 1 NS
Oedipodinae	Oedipoda caerulescens sulfurescens Saussure, 1884	1	1	7.91	8.41	-0.50	L = - 1 NS

	Larves	1	1	6.15	6.04	0.11	L = 0 *
	Oedipoda fuscocincta Lucas, 1849	1	1	8.29	8.34	-0.05	L = 0 **
	Larves	1	1	6.36	6.13	0.22	L = 0 *
	Oedipoda miniata miniata Pallas, 1771	1	1	7.90	8.44	-0.54	L = 0 *
	Larves	1	1	6.11	6.19	-0.07	L = 0 NS
	Thalpomena algeriana algeriana (Lucas, 1849)	1	1	7.70	7.96	-0.26	L = 0 *
	Larves	1	1	5.31	5.16	0.15	L = 0 *
Pamphaginae	Ocneridia nigropunctata (Lucas, 1849)	1	2	6.25	5.58	0.67	L = 1 *
	Larves	1	2	5.14	4.78	0.37	L = 0 NS
	Ocneridia microptera (Brisout de Barneville, 1850)	1	2	6.38	5.49	0.89	L = 3 NS
	Larves	1	2	5.23	4.56	0.66	L = 0 NS

Annexe 05 : Distances euclidiennes entre les espèces et les relevés d'après les trois premiers scores de l'AFC

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
<i>Pyrgomorpha_conica</i>	1.7168	0.61634	-0.14241
<i>Pyromorpha_vosseleri</i>	1.7509	0.63997	-0.14805
<i>Thalpomena_algeriana_algeriana</i>	-0.35636	-0.17333	0.015904
<i>Acrotylus_patruelis_patruelis</i>	0.052012	-0.59471	0.6166
<i>Oedipoda_miniata_miniata</i>	-0.5382	-0.092829	-0.89007
<i>Oedaleus_decorus</i>	-0.072907	-0.49954	-0.65382
<i>Oedipoda_fuscocincta</i>	-0.49846	-0.13275	-0.87931
<i>Dociostaurus_jagoi_jagoi</i>	-0.31584	-0.18119	-0.043194
<i>Truxalis_nasuta</i>	-0.060143	-0.49544	-0.64153
<i>Calliptamus_wattennylanus</i>	-0.31623	-0.36594	0.0030982
<i>Pamphagus_auresianus</i>	1.5348	0.47806	-0.021282
<i>Pamphagus_batnensis</i>	1.596	0.52346	-0.044343
<i>Pamphagus_djelfensis</i>	1.4184	0.46272	-0.51376
<i>Euryparyphes_sitifensis_</i>	1.3913	0.44511	-0.50902
<i>Tmethis_cisti</i>	-0.039807	-0.65232	0.56556
<i>Oedipoda_carulescens_sulfurecens</i>	-0.79282	0.17405	-0.98658
<i>Anacridium_aegyptium</i>	-0.49827	-0.52705	-0.19524
<i>Ocneridia_nigropunctata</i>	-1.3434	2.3149	0.60427
<i>Ocneridia_microptera</i>	-1.3572	2.3708	0.64889
<i>Ocneridia_volxemii</i>	0.11571	-0.63597	1.1796
<i>Truxalis_nasuta</i>	-0.011677	-0.73199	1.2495
djr_print_2012	1.8104	0.68669	-0.31593

hml_print_2012	-1.2705	2.242	0.79473
lzt_print_2012	1.7714	0.62248	0.01672
djr_été_2012	-0.084865	-0.37649	-0.32035
hml_été_2012	-0.72828	0.34969	-0.51734
lzt_été_2012	0.042622	-0.50558	0.73867
djr_auto_2012	-0.31223	-0.44568	-0.46106
hml_auto_2012	-0.56722	-0.33416	-0.72647
lzt_auto_2012	-0.34444	-0.68016	0.30878
djr_hive_2012	-0.23059	-0.46356	0.42451
hml_hive_2012	-0.40749	-0.24276	-0.011169
lzt_hive_2012	-0.16966	-0.53156	0.53808
dj_prin_2013	1.5467	0.54297	-0.188
hml_prin_2013	-1.5311	2.99	1.0371
lzt_prin_2013	1.8905	0.7224	-0.11222
djr_été_2013	0.045406	-0.31589	-0.34942
hml_été_2013	-0.60136	-0.058231	-0.5128
lzt_été_2013	-0.04282	-0.55931	0.73583
djr_auto_2013	-0.30253	-0.48057	-0.5942
hml_auto_2013	-0.55833	-0.21129	-0.76158
lzt_auto_2013	-0.30861	-0.60677	0.35918
djr_hive_2013	-0.23886	-0.43755	0.33302
hml_hive_2013	-0.40144	-0.24412	-0.024354
lzt_hive_2013	-0.16966	-0.53156	0.53808



E-ISSN: 2320-7078
P-ISSN: 2349-6800
JEZS 2017, 5(5): 339-348
© 2017, JEZS
Received: 13-07-2017
Accepted: 14-08-2017

Sara Imène Betina
Laboratoire de Biosystématique
et écologie des arthropodes,
Université Constantine 1, route
d'Ain-El-Bey, 25000
Constantine, Algeria

Aboud Harrat
Laboratoire de Biosystématique
et écologie des arthropodes,
Université Constantine 1, route
d'Ain-El-Bey, 25000
Constantine, Algeria

Daniel Petit
UMR 1061 INRA, Université de
Limoges, 123, avenue Albert
Thomas, 87060 cedex, France

Analysis grasshopper diversity and associated factors involved in grasshopper diversity in arid Aurès mountains (Batna, Algeria)

Sara Imène Betina, Aboud Harrat and Daniel Petit

Abstract

The present study was conducted to investigate the diversity of grasshoppers in three sites of Aurès mountains between 800 and 1200 m A.S.L. through monthly samplings from March 2012 to February 2014. The present study recorded 21 species of grasshopper belonging to Pamphagidae, Pyrgomorphidae and Acrididae, and 60 plant species which were interpreted using the phytosociological system. At a local scale, flora variation explains the highest grasshopper diversity in Djerma, but not the differences observed between Hamla and Lazrou. At a regional scale, climatic constraints expressed by the shortage of growing season at higher altitudes explains the lowest grasshopper diversity at Hamla, through a counter-selection of taxa showing non-adapted life cycles. The mid-domain effect explains more than 50% of the variations in grasshopper diversities, through direct and indirect actions on grasshoppers. The local and regional scales contribute in an intricate manner, as well as mid-domain effect, to the diversity of grasshoppers.

Keywords: Grasshopper, Batna, Diversity index, mid-domain effect, local and regional scales

1. Introduction

Locusts are considered as the main pests of agricultural production. They have been the subject of much work in the economic field: particularly the ravages caused by species which are able of spectacular migrations and phase transformation^[1]. Of the 250 species recorded in Africa, more than 20 species are considered to be potentially harmful to crops^[2]. The grasshopper fauna of Algeria remains poorly known, except for the well-studied gregariapt species of economic interest such as: *Dociolestes maroccanus* (Thunberg, 1815)^[3, 4], *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775)^[5, 6], and *Locusta migratoria* (Linné, 1758)^[7]. The Aurès is an emblematic region of east Algeria, characterized by its history, settlement, mountains and topography. Owing to its biodiversity of 651 animals and 650 plant species, and particularly old forests of *Cedrus atlantica*, the Belezma National Park at the east of Aurès mountains, has been created in 1984^[8]. It covers an area of 26 250 ha at altitudes between 1020 and 2138 m A.S.L. First surveys allowed the description in the National Park of a new grasshopper species endemic to Algeria and the diets of the species belonging to the Pamphagidae family^[9, 10]. These results were a motivation to conduct an in-depth study of all the families of grasshoppers in three sites differing by their altitude and vegetation.

The rationale of the study is to compare grasshopper diversity and community composition at three elevations between 800 m and 1200 m A.S.L. and to analyze the factors involved in community composition at different scales. At a local scale, it is expected a link between grasshopper and herbaceous flora composition^[11, 12, 13], and specifically between disturbances and loss of rare insect species^[14]. At a regional scale, there are two sorts of climate constraints that may influence the life cycle of insects, in terms of phenology and number of generations: summer draught linked to a Mediterranean climate^[12, 15, 16] and decrease of growing season with increasing altitudes^[17, 18]. The present study further considered the contribution of mid-domain effect^[19, 20, 21] i.e. peak of richness at mid elevation^[22] in spite of the small number of sampling sites. Given that the summit of Belezma mountain reaches about 2140 m, this model predicts that diversity would peak at around 1070 m, and that species showing a maximum abundance near the center of the gradient would have the largest mean ranges, given the truncated distribution of species situated closer to the boundaries. In summary, the aim of this work is to evaluate the weight of the different factors that possibly influence grasshopper biodiversity in this part of Aurès mountains.

Correspondence
Daniel Petit
UMR 1061 INRA, Université de
Limoges, 123, avenue Albert
Thomas, 87060 cedex, France

2. Materials and Methods

2.1 Study sites

In order to carry out the inventory of the grasshoppers and associated flora in the region of Batna (Fig. 1), the present

study considered two sites included in the National Belezma Park (Hamla at 1260 m A.S.L. and Djerma at 1021 m A.S.L.) and one outside (Lazrou site) at a lower altitude around 800 m A.S.L. (Fig. 1).

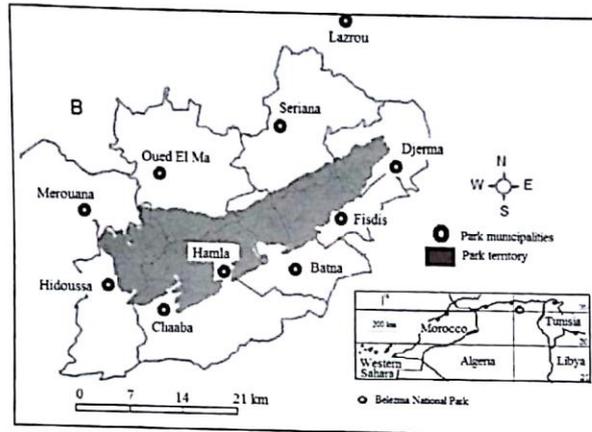


Fig 1: Location of Batna region

Lazrou site is an apple orchard of 1 ha but the agriculture of the area is devoted to livestock, forage and vegetable crop, and is situated 50 km north of Batna wilaya. Djerma site (El-Madher municipality, 20 km north east of Batna) has a vegetation less influenced by human, composed of Alpha

steppe (*Stipa tenacissima*), dotted with *Pinus halepensis* and *Juniperus oxycedrus*. Hamla (about 10 km west of Batna city) is a degraded holm oak scrub (*Quercus ilex*) of around one hectare but is comprised in vast area of hundreds ha with the same vegetation (Table 1).

Table 1: Characteristic parameters of the three sites (climatic data in the 1982-2012 period)

Stations	Lazrou	Djerma	Hamla
Coordinates	35°47'13.16" N 6°13'03.22" E	35°40'31.87" N 6°16'32.94" E	35°34'48.09" N 6°04'37.00" E
Physiognomy of vegetation	Apple tree orchard	Alfa steppe	Degraded Holm Oak scrub
Soil pH	Alcaline 7.20	Alcaline 7.77	Alcaline 7.5
Altitude	810 m A.S.L.	1021 m A.S.L.	1260 m A.S.L.
Annual rainfall	320 mm	329 mm	339 mm
Minima mean of coldest month	1.6 °C	0.3 °C	0 °C

Given the annual rainfalls around 330 mm, the three stations are in the upper arid bioclimatic stage [23], near the semi-arid one, especially when winter temperatures are cold. As aridity increases with a shortage of rainfall and mildness of winter [24], there is a low-amplitude gradient from upper arid toward semi-arid stage from Lazrou to Hamla.

2.2 Sampling

For the sampling of plants, we used the transect method using 250 m² (50 m x 5 m) surfaces. This method allowed us to realize 6, 6 and 7 transects in Lazrou (prospective area = 1500 m²), Djerma (prospective area = 1500 m²) and Hamla (prospective area = 1750 m²) respectively.

The surveys of plant species have been conducted in the month of May for 2012 and 2013 and we retained the highest values according to the year. We recorded the number of individuals and the percentage of coverage of each plant species. The number of each plant species is counted at sight within an area of 50 meters in length and the percentages of plants in each study site are calculated.

Plants were collected, dried and stored in a reference herbarium, mentioning the indication of date and location. Determinations were conducted using the keys established by

[25, 26] and updated with Tela-Botanica, available at <http://www.tela-botanica.org>. For each plant species, its phytosociological significance was assigned in the systems of [27, 28] to determine the plant communities as in our previous works [12, 13, 15, 29]. To address the intensity of disturbance due to cultivation, it is necessary to calculate the percentage of vegetation classes of weeds.

The sampling of grasshoppers has been carried out from March 2102 to February 2014, two to three times a month for each site from 9:30 am until 5 pm, on the same transects as for plants. The capture of fast moving winged individuals was done using a sweep net, and others by hand. Elevated temperatures were avoided to ensure almost exhaustive samplings. The captured insects were placed plastic boxes mentioning the date and the situation.

To kill the grasshoppers, they were placed in the freezer at -15 °C. The largest individuals were then emptied of their internal contents and filled with cotton, while preserving their genital parts, useful in the case of Pamphagidae specimens. A voucher collection was established and the identifications were conducted using keys from several authors [30, 31, 32]. Nomenclature was updated using the website (<http://orthoptera.speciesfile.org>) and MNHN Paris website

2.3 Statistical analyses

To assess the ecology of plants and insects, several parameters were considered: richness (total number of species), cover percentage of plant species, mean abundance S' (ratio of the total number of individuals for each species to the total number of surveys), Simpson and Shannon indexes. To compare the composition between assemblages, the similarity index of Sorensen, varying from 0 to 1, was calculated $C_s = \frac{a}{A+B}$ with A = the number of species present in the site a; B = the number of species present in site b; J = number of species common to sites a and b.

To quantify the differentiation between stations along the altitude gradient, beta diversities^[31] were calculated using the formulas $\beta = \gamma/\alpha$ (ratio expression) and $\beta = \gamma - \alpha$ (difference expression) where γ is the global Shannon index for adjacent sites, and α the mean of local Shannon indexes.

To compare interspecific phenology of adults, i.e. the monthly profile of abundance, cross-correlations (temporal statistics) were conducted to obtain the lag and the associated p-value between each species. For each taxon, the monthly mean abundance over the two years of the study was calculated. A lag of -1 indicates that the first species is in advance of one month relatively to the second one^[34, 35].

To assess the relationship between the amplitude and barycenter (centroid) of each species along the elevational gradient, we used the formula:

Barycenter $B = \sum (ER_i * Abi) / \sum Abi$, with ER_i = elevation rank of station i, varying from 1 (Lazrou) to 3 (Hamla), and Abi = mean abundance of species in station i.

The elevation amplitude (ecologic plasticity) of each species was obtained by taking the exponential of Shannon index, from the mean abundances in each site^[33].

All the statistics were conducted using Past 2.17^[36].

3. Results

3.1 Flora composition

The census of plants revealed 60 species that were distributed in the three study sites with a richness of 13, 40, and 21 in Lazrou, Djerma, and Hamla respectively. There was a weak similarity between Lazrou and Djerma (8%), and higher between Djerma and Hamla (26%) and between Hamla and Lazrou (35%). The bare ground occupied an increasing surface with altitude, from 20% in Lazrou to 58% in Hamla. In the three sites, the Asteraceae family was the best represented.

As regard the lowest altitude site at Lazrou, the cover values of the floristic inventory are in Table 6. *Malus communis* occurs in the dominant species, followed by *Hordeum murinum* and *Avena fatua* with percentages lower than 8%. The floristic surveys of the Djerma site (Table 7) indicate that the flora composition was dominated by *Stipa tenacissima*. Besides Asteraceae, the main families were Lamiaceae with four species, and Fabaceae, Resedaceae and Papaveraceae with three species. The census of the flora of the Hamla site (Table 8) revealed the dominating presence of *Avena fatua* and *Asphodelus ramosus*. Besides the Asteraceae, the best represented families were the Fabaceae with three species, and the Poaceae, Cupressaceae and Lamiaceae with two species each.

3.2 Vegetation analysis

Except a few number of species endemic to North Africa, most species could be associated to a division of the phytosociological system. The results are presented in Table 2 and expressed as the percentages of plant cover.

Table 2: Cover percentages of the different phytosociological classes

Classes	Vegetation	Lazrou	Djerma	Hamla
<i>Lygeo-stipetea</i> Rivas-Martinez 1978 em. Kaabeche 1990	Steppic land in arid climate	3.52%	15.69%	3.53%
<i>Rosmarinetea officinalis</i> (Braun-Blanquet 1947) Gaultier 1990	West Mediterranean guarrigue	0%	7.33%	0%
<i>Stellarietea mediae</i> (Braun-Blanquet 1921) Tüxen, Lohmeyer & Preising in Tüxen 1950 em. Schubert in Schubert, Hilbig & Klotz 1995	Basophile annual weeds	0%	10.32%	1.30%
<i>Pistacio lentisci - Rhamnetea alaterni subsp. alaterni</i> Julve 1993	Mediterranean matorral	0%	4.39%	6.76%
<i>Pino halepensis - Quercetea ilicis</i> coll. (Braun-Blanquet in Braun-Blanquet, Emberger & Molinier 1947) de Foucault & Julve 1991	Mediterranean evergreen wood	0%	0%	2.62%
<i>Papaveretalia rhoeadis</i> Hüppe & Hofmeister 1990	Basophile weeds	7.65%	0%	8.62%
<i>Rhamno catharticae - Prunetea spinosae</i> Rivas Goday & Borja Carbonell 1961	Apple tree stand	34.74%	0%	0%
<i>Sisymbrietea officinalis</i> Gutte & Hilbig 1975	European annual fallow land	11.90%	2.17%	5.35%
<i>Onopordetea acanthii subsp. acanthii</i> Braun-Blanquet 1964 em. Julve 1993	European xerophile perennial fallow land	2.52%	0.57%	0.68%
<i>Sarcocornieteae fruticosae</i> Braun-Blanquet & Tüxen 1943 ex A. & O. de Bolòs in A. de Bolòs 1950	Halophile scrub	3.68%	0%	0%
<i>Pegano harmalae - Salsotea vermiculatae</i> Braun-Blanquet & O. de Bolòs 1958	Mediterranean to sub-desert halophile scrubs	4.29%	0%	1.44%
<i>Glechomo hederaceae - Urticetea dioicae</i> (Passarge 1967) Julve 2003 class. nov. hoc loco	Medio-European neutrophile perennial fallow land and wood edges	2.55%	0%	0%
<i>Dactylo glomeratae subsp. hispanicae - Brachypodietea retusi</i> Julve 1993	Mediterranean basophile natural lawn	8.09%	6.36%	5.49%
<i>Stipo capensis - Brachypodietea distachyi</i> (Braun-Blanquet 1947) Brullo 1985	European annual basophile open lawn	0%	0.79%	0%

Several basophile vegetation groups were found, in relation with the alkaline soil of the three stations. The Lazrou vegetation was entirely constituted of species linked to cultivation, logically associated to the apple tree orchard: basophile weeds, annual and perennial fallow land constitute about 25% of total plant cover, while bare ground represents 20%. In contrast, the present study recorded in Djerma and Hamla stations the settlement of Mediterranean scrubs (garrigue and matorral on alkaline and relatively acidic soils respectively) indicative of a lesser human influence. The dominant vegetation of Djerma was the Alpha steppe (*Stipa tenacissima*), with a cover reaching only 16% as a result of disturbance: basophile annual weeds occupy about 10%. In Hamla, the steppe land is replaced by a relictual holm oak forest, much degraded (cover less than 3%). This is due to the conjunction of climate as this station is near the limit between upper arid and semi-arid stages, unfavorable for holm oak development, and of human influence, as numerous trunks have been devastated for firewood. As a result, bare ground occupies more than 50% of the surface and there was a

settlement of basophile weeds and European fallow lands, with a total cover about 14%. Regarding the phytosociological groups indicative of disturbance, i.e. *Stellarietea mediae*, *Papaveretalia rhoeadis* and *Sisymbrietea officinalis*, the results show cover percentages at 19.5%, 12.5% and 15.3% for Lazrou, Djerma and Hamla respectively.

3.3 Faunistic results

During the two years of study, 133 field trips were conducted to quantify grasshopper abundance. Table 9 gathers the distribution of species for the site of Lazrou, Djerma and Hamla. The numbers of samplings, the total and average richness at the three sites are shown in Table 3. During the present surveys, 9050 grasshopper individuals were collected, consisting of 7082 adults and 1968 larvae. It appears that diversity, expressed by richness and Simpson and Shannon indexes was peaking at Djerma, while the highest mean abundance was recorded at Lazrou, with more than 80 individuals by sampling date.

Table 3: Total number, richness of species and number of surveys for all sites

	Lazrou	Djerma	Hamla	Total
Total number of individuals (Q _i)	3676	2453	2921	9050
Adults	2715	2010	2357	7082
Larvae	961	443	564	1968
Number of samplings (N)	42	44	47	133
Total richness (S)	12	15	10	21
Simpson 1-D	0.912	0.931	0.884	0.935
Shannon index	2.45	2.65	2.18	2.86
Number of subfamilies	8	7	5	8
Mean abundance (S')	87.52	55.75	62.15	68.04

3.4 Structure of community: It is often illustrated by rank/ln (abundance) curves (Fig. 2). The Motomura slope is related to diversity, as a fast decreasing slope corresponds to a weak diversity [37]. It appears that the three communities have a fairly identical structure, as the slopes of the three curves are parallel. In each case, it is indicative of a stable community.

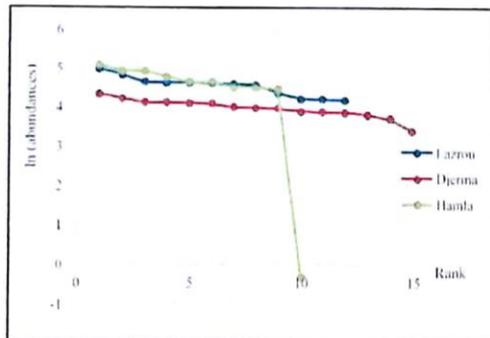


Fig 2: Community structure of grasshoppers in the three stations

However, it should be noted that the very rare *D. maroccanus* in Hamla station (ln (abundance = -0.70)) does not truly belong to the community, a view supported by an absence of larvae in this site, the species being thus only accidental. Otherwise, the higher richness in Djerma station seems to be due to three rare species, at the right end of the curve. To verify this hypothesis, we calculated the rank of the three taxa specific to Hamla: *Oedaleus decorus* 7/15, *Pamphagus djelfensis* (13/15), and *Euryparyphes sitifiensis* (15/15). This idea is thus supported for the last two species.

The differentiation between stations expressed by beta diversities are as following: in the ratio expression, beta diversities for Lazrou-Djerma and Djerma-Hamla are 1.06 and 1.145 respectively; in the difference expression, the same couples of sites gave 0.16 and 0.36 respectively, indicating with both calculations a greater differentiation between mid and higher elevation sites than between lower and mid elevation sites.

3.5 Climate and life cycle: A focus was brought on a temporal view of abundance variations in the three communities. At a first step, the phenology was assessed by considering the subfamily level, as the different species of a given subfamily show globally the same profile. The Lazrou site has the highest number of sub-families with 8, then Djerma with 7 (Cyrtacanthacridinae lacking), and Hamla with only 5 (Acridinae, Pyrgomorphinae and Thrinchinae lacking). To understand the biological significance of these lacking subfamilies, it was tested whether these subfamilies have synchronic phenologies or show a temporal lag between each other (Table 10). The results are presented in Fig. 3.

It appears that there was a succession of three groups of subfamilies in the three sites:

- the first one, represented by Pyrgomorphinae and Pamphaginae, was peaking in April and May, i.e. two to three months before the second group;
- the second one, comprising the Calliptaminae, Thrinchinae, Oedipodinae, Gomphocerinae and Acridinae, showed their maximum abundance in July;
- the third one was constituted of the Cyrtacanthacridinae, one month later than the second group, and reaches its highest density in August and September.

It can be concluded that most subfamilies peak in July, while some taxa are precocious or late. It can be hypothesized that the shortage of growing season in highest areas should counter-select the species peaking in spring. Indeed, in the highest elevation site Hamla, both species of Pyrgomorphae (precocious subfamily) disappear. Moreover, of the 7 Pamphaginae peaking in spring, only two are recorded in that site (*Oeneridia microptera* and *O. nigropunctata*). Regarding

the absence of *Tmethis cisti* (Thrinchinae) and *Truxalis nasuta* (Acridinae), adults are ordinary peaking in July, that seems to be perfectly adapted to the local climate of Hamla, leading to the conclusion that the cause of their absence is not related to a cycle/climate relationship.

Although the predictions seem to meet some support from field data, this view is simplified as several species show 2 generations a year (bivoltine).

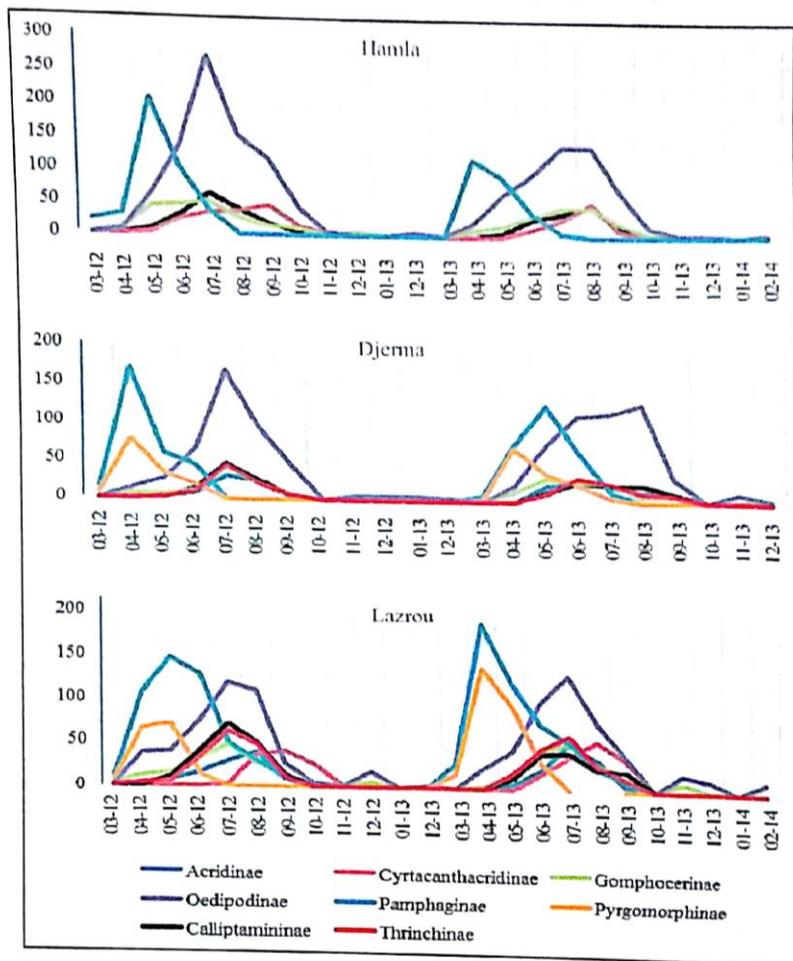


Fig 3: Temporal variations of the subfamilies. The abscissa corresponds to the months of the two years of study, and the ordinates to the mean abundance of adults per month.

The present study further compared the three communities by their cycle pattern. As developed in [12, 16], there is an adaptation of grasshopper species to summer draught through the cycle type in Mediterranean climates. An univoltine species whose adult population is peaking in July is counter-adapted whereas a shift toward spring or autumn allows avoiding this unfavorable season. Another possible solution is a bivoltine strategy, each generation having its highest density in spring and autumn. Taking advantage of larvae and adult records, we could unambiguously determine the cycle of each species at each site. No change in type cycle was observed between the three sites for each species. The results (Table 4) indicate that the proportion of adapted cycles decreases regularly from the lowest altitude site at Lazrou to the highest one at Hamla, thus from the most to the less arid climate.

Table 4: Cycle pattern of grasshoppers in the three sites

	Lazrou	Djerma	Hamla
1Gs	4	6	2
1Ga	1	0	1
2G	3	3	2
1Gj	4	6	4
Adaptated cycles %	67	60	56

With 1Gs = one generation peaking in spring; 1Ga = one generation peaking in autumn; 1Gj = one generation peaking in July; 2G = 2 generations. Adapted cycle = 1Gs+1Ga+2G/total.

It can be concluded that the highest diversity in Djerna comes from an excess of species showing univoltine species peaking

in spring and in July. As regard the lowest diversity recorded in Hamla, the explanation lays in the shorter total length of the growing season. This length can be deduced from the mean temperatures above 10 °C, which in March correspond to the emergence of larvae. This length was 3 to 4 weeks shorter in Hamla than in the two other sites, resulting in counter-selection of precocious univoltine (only two species) and bivoltine species (only three species), leading to an impoverishment of taxa number.

3.6 Mid-domain effect: As only three sites have been studied, it was inappropriate to test directly the mid-domain effect. Of course, the Djerma site around 1000 m showed a higher richness and diversity for both plants and grasshoppers than the two other sites, fitting to the model. Given the different environments recorded, this observation is not convincing by this direct evidence. However, it can be

considered some consequences of this theory, given the truncated distribution of species near the boundaries of the gradient. This feature can be studied through two aspects: (i) most species should be situated near a parabola in a x-y plot dealing with amplitude-barycenter relationship^[13], and (ii) the species typical of the boundaries are expected to show a decreasing abundance when they are found far from their own boundary.

Regarding the relationship between the relation between elevation amplitude and altitude barycenter (or centroid) of species, most species are situated on a parabolic curve, expressing that the taxa living in the center of the gradient have a wider habitat range than those close to the boundaries (Fig. 4). Of note, *Oedaleus decorus*, *P. djelfensis* and *Eurypryphes sitifensis* are clearly under the curve, while *A. aegyptium* is slightly below.

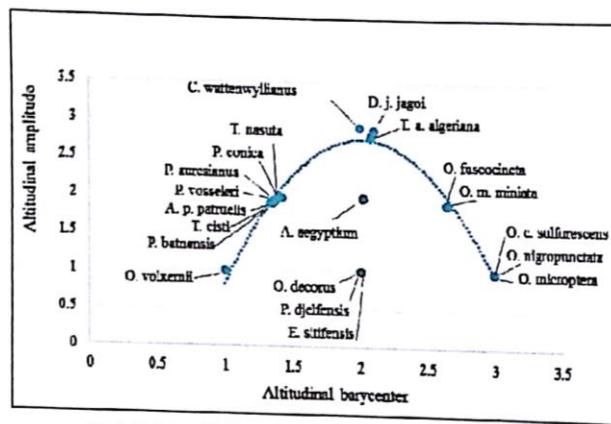


Fig 4: Relationship between altitudinal barycenter and amplitude.

The equation of the parabolic curve was calculated from the species situated on the curve.

$y = -1.850x^2 + 7.473x - 4.787$, $R^2 = 0.977$. Lazrou, Djerma and Hamla corresponds to abscissae = 1, 2 and 3 respectively. Regarding the decreasing abundance of boundary-specific taxa from their own boundaries, Table 5 indicates that 13/20

species (65%) support this hypothesis. As a result, the peak of diversity in Djerma could largely be explained by this effect. The part coming from taxa specific to this site (3) is only marginal and represents 15%. Of note, there are four species more abundant near both boundaries than in the center of the gradient.

Table 5: Distribution of species along the altitudinal gradient.

Species	Abund. Lazrou	Abund. Djerma	Abund. Hamla
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	146.2	76.4	0.0
<i>Pamphagus aurelianus</i>	104.2	59.5	0.0
<i>Tmethis cisti</i>	100.4	53.6	0.0
<i>Pamphagus batnensis</i>	02.9	52.9	0.0
<i>Truxalis nasuta</i>	67.3	49.6	0.0
<i>Pyrgomorpha conica</i>	66.0	48.0	0.0
<i>Pyromorpha vosseleeri</i>	68.2	41.0	0.0
<i>Ocneridia volxemii</i>	97.6	0.0	0.0
<i>Oedipoda fuscocincta</i>	0.0	48.6	91.2
<i>Oedipoda miniata miniata</i>	0.0	61.5	119.1
<i>Oedipoda caerulescens sulfurescens</i>	0.0	0.0	105.0
<i>Ocneridia nigropunctata</i>	0.0	0.0	137.8
<i>Ocneridia microptera</i>	0.0	0.0	90.8
<i>Doclostaurus jagoi jagoi</i>	102.3	68.5	137.8
<i>Calliptamus wattenwyllianus</i>	100.7	60.2	103.9
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	126.6	61.5	158.7
<i>Anacridium aegyptium</i>	78.3	0.0	87.3
<i>Oedaleus decorus</i>	0.0	54.9	0.0
<i>Pamphagus djelfensis</i>	0.0	45.0	0.0
<i>Eurypryphes sitifensis</i>	0.0	30.1	0.0

Table 6: The species listed in the site of Lazrou and their cover rates

Family	Species	Cover rates
Amaranthaceae	<i>Beta vulgaris</i>	2.52%
Apiaceae	<i>Aegopodium podagraria</i>	2.55%
Asteraceae	<i>Scolymus maculatus</i>	2.36%
	<i>Anacyclus clavatus</i>	1.84%
	<i>Asteriscus spinosus</i>	3.68%
Chenopodiaceae	<i>Atriplex halimus</i>	3.68%
Fabaceae	<i>Melilotus macrocarpa</i>	1.06%
	<i>Medicago truncatula</i>	3.52%
Liliaceae	<i>Asphodelus albus</i>	4.41%
Poaceae	<i>Avena fatua</i>	7.65%
	<i>Hordeum murinum</i>	7.7%
Rosaceae	<i>Malus communis</i>	34.74%
Zygophyllaceae	<i>Peganum harmala</i>	4.29%
Bare ground		20.00%
Total		100.00%

Table 7: The plant species listed in the site of Djerma and their cover rates

Family	Species	Cover rates	
Asparagaceae	<i>Drimia undulata = Urginea undulata</i>	1.99%	
Asteraceae	<i>Artemisia herba-alba</i>	3.96%	
	<i>Calendula arvensis arvensis</i>	1.99%	
	<i>Carduus macrocephalus</i>	1.59%	
	<i>Centaurea calcitrapa</i>	0.57%	
	<i>Picris sp</i>	0.79%	
	<i>Carduus pteracanthus</i>	1.19%	
	<i>Carthamus lanatus</i>	0.58%	
	<i>Artemisia campestris</i>	0.79%	
	<i>Reichardia picroides intermedia</i>	0.79%	
	<i>Onopordon arenarium</i>	1.19%	
	<i>Urospermum dalechampii</i>	0.79%	
	Apiaceae	<i>Daucus sp</i>	0.39%
	Boraginaceae	<i>Borrago officinalis</i>	1.59%
Brassicaceae	<i>Diplotaxis erucoides</i>	1.99%	
	<i>Matthiola fruticosa</i>	1.19%	
Convolvulaceae	<i>Convolvulus cantabrica</i>	1.99%	
Cupressaceae	<i>Juniperus oxycedrus</i>	1.59%	
	<i>Juniperus phoenicea</i>	1.19%	
Dispsacaceae	<i>Scabiosa sp</i>	0.43%	
Fabaceae	<i>Genista microcephala</i>	3.78%	
	<i>Medicago truncatula</i>	1.58%	
	<i>Hedysarum coronarium</i>	2.78%	
Globulariaceae	<i>Globularia alypum</i>	2.96%	
Lamiaceae	<i>Rosmarinus officinalis</i>	1.59%	
	<i>Salvia verbenaca</i>	1.19%	
	<i>Marrubium alysson</i>	2.39%	
Papaveraceae	<i>Papaver hybridum</i>	0.79%	
	<i>Papaver rhoeas</i>	1.35%	
	<i>Fumaria densiflora</i>	0.97%	
Poaceae	<i>Stipa tenacissima</i>	7.34%	
	<i>Avena fatua</i>	1.35%	
Primulaceae	<i>Lysimachia arvensis</i>	0.36%	
Ranunculaceae	<i>Adonis dentata</i>	0.73%	
	<i>Ranunculus sp</i>	0.79%	
	<i>Reseda alba</i>	2.39%	
Resedaceae	<i>Reseda arabica</i>	2.58%	
	<i>Reseda decursiva</i>	1.59%	
Bare ground		33.12%	
Total		100.00%	

Table 8: The species listed in the site of Hamla and their cover rates

Family	Species	Cover rates
Apiaceae	<i>Eryngium tricuspdatum</i>	0.62%
Asteraceae	<i>Artemisia herba-alba</i>	1.62%
	<i>Onopordum arenarium</i>	0.74%
	<i>Anacyclus clavatus</i>	3.01%
	<i>Asteriscus spinosus</i>	1.72%
	<i>Inula comiza</i>	1.74%
Brassicaceae	<i>Sinapis arvensis</i>	1.18%
Cupressaceae	<i>Juniperus oxycedrus</i>	2.17%
	<i>Juniperus phoenicea</i>	2.87%
Fabaceae	<i>Astragalus armatus Willd</i>	1.17%
	<i>Genista microcephala</i>	1.69%
	<i>Calicotome spinosa</i>	1.72%
Fagaceae	<i>Quercus ilex</i>	2.62%
Lamiaceae	<i>Teucrium polium</i>	1.29%
	<i>Marrubium alysson</i>	0.86%
Asparagaceae	<i>Asphodelus ramosus</i>	3.77%
Malvaceae	<i>Malva sylvestris</i>	0.68%
Poaceae	<i>Hordeum murinum</i>	2.34%
	<i>Avena fatua</i>	8.62%
Primulaceae	<i>Lysimachia arvensis</i>	0.12%
Zygophyllaceae	<i>Peganum harmala</i>	1.44%
Bare ground		58.01%
Total		100.00%

Table 9: List and percentages of grasshopper species recorded in the three sites

Families	Sub-families	Species	Lazrou	Djerma	Hamla
Acrididae	Acridinae	<i>Truxalis nasuta</i> (Linnaeus, 1758)	5.79	6.11	-
	Calliptaminae	<i>Calliptamus wattenwylanus</i> Pantel, 1896	8.68	7.42	10.07
	Cyrtacanthacridinae	<i>Anacridium aegyptium</i> (Linné, 1764)	6.75	-	8.46
	Gomphocerinae	<i>Dociolestes jagoi jagoi</i> Soltani, 1978	8.81	8.44	13.35
		<i>Dociolestes maroccanus</i> (Thunberg, 1815)	-	-	0.07
	Oedipodinae	<i>Acrotylus patruelis patruelis</i> (Herrich-Shaffer, 1838)	12.6	9.42	-
		<i>Oedaleus decorus</i> (Germar, 1826)	-	6.77	-
		<i>Oedipoda caerulescens sulfurescens</i> Saussure, 1884	-	-	10.07
		<i>Oedipoda fuscocincta</i> Lucas, 1849	-	5.99	8.83
		<i>Oedipoda miniata miniata</i> Pallas, 1771	-	8.8	11.24
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i> (Lucas, 1849)		10.91	7.58	15.37	
Pamphagidae	Pamphaginae	<i>Euryparyphes sitifensis</i> (Brisout de Barneville, 1854)	-	3.71	-
		<i>Ocneridia nigropunctata</i> (Lucas, 1849)	-	-	13.35
		<i>Ocneridia microptera</i> (Brisout de Barneville, 1850)	-	-	8.80
		<i>Ocneridia volxemii</i> (Bolivar, 1878)	8.41	-	-
		<i>Pamphagus auresianus</i> Massa, 1992	8.98	2.34	-
		<i>Pamphagus batnensis</i> Benkenana & Petit, 2012	8.87	6.52	-
		<i>Pamphagus djelfensis</i> Vosseler, 1902	-	5.54	-
		<i>Pamphagus cistii</i> (Fabricius, 1787)	8.65	6.60	-
Pyrgomorphidae	Pyrgomorphinae	<i>Pyrgomorpha conica conica</i> (Olivier, 1791)	5.69	5.91	-
		<i>Pyrgomorpha vosseleri</i> Uvarov, 1923	5.88	5.06	-

Table 10: Monthly lags between the subfamilies in the three sites

	Lazrou		Djerma		Hamla	
	lag	p value	lag	p value	lag	p value
Pyrgomorphinae/Pamphaginae	0	2.2 10 ⁻⁸	0	2.2 10 ⁻⁸		
Pamphaginae/Calliptaminae	-2	7.8 10 ⁻¹⁰	-3	1.8 10 ⁻⁵	-2	4.2 10 ⁻³
Calliptaminae/Thrinchinae	0	1.4 10 ⁻¹⁴	0	1.6 10 ⁻¹³	0	1.7 10 ⁻¹³
Thrinchinae/Oedipodinae	0	2.3 10 ⁻¹⁵	0	1.9 10 ⁻⁹		
Oedipodinae/Gomphocerinae	0	3.0 10 ⁻¹⁴	0	7.3 10 ⁻⁷	0	3.3 10 ⁻⁸
Gomphocerinae/Acridinae	0	1.6 10 ⁻⁸	0	1.2 10 ⁻⁹		
Gomphocerinae/Cyrtacanthacridinae	-1	5.4 10 ⁻⁷	-1		-1	2.2 10 ⁻⁶

4. Discussion

The inventory of grasshopper fauna in the Batna region revealed twenty-one grasshopper species, which are distributed into three families (Pamphagidae, Pyrgomorphidae and Acrididae). This result is comparable to the inventory of

[38] who recorded 22 species in the same region. This fauna can be compared to the one described in Southern Europe. For example, in the mountains of France, it shows some affinity to the Mediterranean fauna described by [39, 40] for Mont-Ventoux and the Alps respectively. In the case of the Alps, the

xerophile taxa spread within the July isotherms 13 to 25 °C are not identical to Aurès fauna but correspond at the subfamily level, with a dominance of Oedipodinae: it has been recorded *Calliptamus barbarus*, *Oedipoda c. caeruleascens* and *Oedipoda germanica*. The Aurès fauna is even closer to the one of Mont-Ventoux, for species recorded under 590 m ASL: added to the cited taxa, the authors encountered *D. maroccanus*, *D. genei* (close to *D. jagoi*), *O. decorus* and *P. conica*. It can be deduced that mountain fauna of Aurès roughly corresponds to the Mediterranean fauna of plains in South France, and is very different from its montane and subalpine faunas, dominated by Gomphocerinae [40]. However, the fauna of Aurès mountains is enriched in Pamphagidae taxa, which are particularly developed in North Africa, but sporadic on the northern side of Mediterranean Sea [32].

There are several factors possibly involved in the difference of composition and richness of grasshopper in the sites of Aurès mountains, acting at different scales [41], raising several questions: (i) why there is a peak of diversity in Djerma? (ii) why the diversity in the site having the highest elevation is so low?

As regard Djerma richness, flora is an important local factor as this site hosted the two thirds of total flora richness, i.e. about two times as much as in the other ones, and contains the lowest percentage of plant indicators of disturbance. This last feature could be linked to the presence of several rare grasshopper species in Djerma site. However, flora richness and disturbance indicators do not explain the greater grasshopper diversity at Hamla than at Lazrou. Plant and grasshopper diversities do not vary in parallel, as ever found in Montana [42]. Moreover, the effect of disturbance on insect diversity depends on the taxa as what ever found in the case of butterflies and grasshoppers in Swiss montane wetlands [43]. Nevertheless, it should be remembered the high percentage of bare ground in Hamla, near 50%, greater than in the two other sites. In conclusion, unless imagining a complex compromise between bare ground and cover of suitable plant species, the vegetation at the local scale has a limited explanatory power on grasshopper diversity.

On the other hand, the climate can act as a limitation factor through the cycle pattern of grasshopper species. The results of [11] are supported as the proportion of cycles adapted to arid Mediterranean climate is the highest in Lazrou, but these proportions cannot drive by themselves an impoverishment of a particular site. More interestingly, the shortage of the growing season [18], broadly estimated around 3 to 4 weeks in Hamla relatively to the two other sites, counter-selects the univoltine species peaking in spring and the bivoltine ones. This fact objectively explains the weak number of grasshopper taxa in Hamla, but does not tell anything on the variation of diversity in Hamla and Lazrou.

The consideration of mid-domain effect was constructive as about 65% of richness variation was explained by this effect. It is true that the mid-domain site, Djerma, shows a greater diversity than the other sites. The modality of this effect must not be considered as acting on the insects solely, but also through vegetation. The rationale of this theory being geometric, the plants also are affected. As a result, the mid-domain effect acts directly on insect distribution [20] but indirectly as well, through vegetation (local effect).

In conclusion, the different scales of factors are intricate and play different and complementary roles on insect diversity, but more sites should be explored to precise the contribution of each.

5. Acknowledgements

The grant from Constantine I University allowing the internship of SIB in Limoges laboratory was greatly appreciated.

6. References

1. Uvarov B Grasshoppers, and locusts, 2. Centre for Overseas Pest Research, London, 1977.
2. Chiffaud J, Mestre J. Eléments d'acridologie ouest-africaine. Publication AGRHYMET 227, Nyamey, 1991, 56.
3. Chaouch A, Doumandji-Mitiche B, Allal-Benfekih L. 2014. Food diet of *Doclostaurus maroccanus* Thunberg, 1815 (Orthoptera, Acrididae) in its gregarious state: a study in Sidi Belabbes region, Algeria. International Journal of Zoology and Research. 2009; 4(5):61-70.
4. Benfekih L, Chara B, Doumandji-Mitiche B. Influence of anthropogenic impact on the habitats and swarming risks of *Doclostaurus maroccanus* and *Locusta migratoria* (Orthoptera, Acrididae) in the Algerian Sahara and the semiarid zone. Journal of Orthoptera Research. 2002; 11:243-250.
5. Guendouz-Benrima A, Duranton JF, Benhammouda MEH, Mitiche BD. Distribution des populations de Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk 1775 (Insecta orthoptera) en période de rémission en Algérie de 1983 à 2000. Science Changements Planétaires Sécheresse. 2007; 18(4):246-253.
6. Mahdjoubi D, Guendouz-Benrima A, Petit D. Plant communities and solitary Desert Locust abundance in the Algerian Sahara, compared to other African countries. Phytocoenologia. 2017; 47(2):125-137.
7. Benfekih L, Petit D. The populations of *Locusta migratoria cinerascens* (Orthoptera: Acrididae: Oedipodinae) in Algerian Sahara: life cycle. Annales de la Société Entomologique de France. 2010; 46(3-4):351-358.
8. Beloula A. Inventaire faunistique et floristique au Parc de Belezma Batna. Mémoire d'ingénieur d'état, Université de Batna. 2007, 90.
9. Benkenana N, Harrat A, Petit D. The Pamphagidae (Orthoptera) from East Algeria and description of a new species. Zootaxa. 2012; 3168:22-38.
10. Benkenana N, Harrat A, Petit D Analysis of the number of sensilla on the labrum and the diet of grasshoppers belonging to the family Pamphagidae. European Journal of Entomology. 2013; 110(2):355-364.
11. Kemp WP, Harvey SJ, O'Neil KM. Patterns of vegetation and grasshopper community composition. Oecologia. 1990; 83:299-308.
12. Moussi A, Abba A, Harrat A, Petit D. Desert acridian fauna (Orthoptera, Acridomorpha): comparison between steppe and oasian habitats in Algeria. Comptes Rendus Biologies. 2011; 334:158-167.
13. Sobhi Z, Allal-Benfekih L, Petit D. Biodiversité acridienne des zones humides et des écosystèmes forestiers (de *Quercus suber* et de *Q. canariensis*): Effets du climat et de la végétation. Bulletin de la Société zoologique de France. 2013; 138(1-4):229-250.
14. Tschamtké T, Greiler HJ. Insect communities, grasses, and grasslands. Annual review of entomology. 1995; 40(1):535-558.
15. Guendouz-Benrima A, Doumandji Mitiche B, Petit D. Effects of weak climatic variations on assemblages and life cycles of Orthoptera in North Algeria. Journal of

- Arid Environments. 2011; 75:416-423.
16. Petit D. Climatic changes in Algeria and responses from acridian insects. *Agrobiologia*. 2014; 6:5-12.
 17. Nufio CR, McGuire CR, Bowers MD, Guralnick RP. Grasshopper community response to climatic change: variation along an elevational gradient. *PLoS ONE*. 2010; 5(9):e12977.
 18. Berner D, Körner C, Blanckenhorn WU. Grasshopper populations across 2000 m of altitude: is there life history adaptation? *Ecography*. 2004; 27(6):733-740.
 19. Colwell RK, Hurtt GC. Nonbiological gradients in species richness and a spurious Rapoport effect. *The American Naturalist*. 1994; 144(4):570-595.
 20. Colwell RK, Lees DC. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Trends in Ecology and Evolution*. 2000; 15:70-76.
 21. Colwell RK, Rahbek C, Gotelli NJ. The mid-domain effect: there's a baby in the bathwater. *The American Naturalist*. 2005; 166(5):149-154.
 22. McCoy ED. The distribution of insects along elevational gradients. *Oikos*. 1990; 58:313-322.
 23. Le Houérou HN, Claudin J, Pouget JCM. Etude bioclimatique des steppes algériennes. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Afrique du Nord Alger*. 1977; 68(3-4):33-74.
 24. Sauvage C. Étages bioclimatiques. Comité National de géographie du Maroc. Atlas du Maroc, notices explicatives, section II: physique du globe et météorologie, 1963, 31.
 25. Quézel P, Santa S. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS ed., Paris. 1962-1963, 1265.
 26. Beniston WS. Les fleurs d'Algérie. Ed. Entreprise Nationale du livre, Alger, 1984, 359.
 27. Kaabeche M. La végétation steppique du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Essai de synthèse phytosociologique par application des techniques numériques d'analyse. *Doc. Phytosoc. N.S. (Camerino)*. 1996; 16:45-58.
 28. Julve P ff. Baseveg. Index phytosociologique synonymique de la végétation de la France. Version 20th of August, 2010. Programme Catminat. URL: <http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm>.
 29. Mahloul S, Harrat A, Petit D. The banks of a Ramsar temporary salt lake in Algeria and its grasshopper diversity. *European Journal of Entomology*. 2016; 113:158-172.
 30. Chopard L. Faune de l'empire français, Tome I, Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord, éd. Librairie La Rose, Paris, 1943, 450.
 31. Massa B, Lo Valvo M, Lo Verde G. Le specie del genere *Pamphagus* Thunberg 1815 (Orthoptera, Pamphagidae). *Estratto del bollettino del museo regionale di scienze naturali-Torino*. 1993; 11(2):445-486.
 32. Massa B. Pamphagidae (Orthoptera : Caelifera) of North Africa : key to genera and the annotated check-list of species. *Zootaxa*. 2013; 3700(3):435-475.
 33. Whittaker RH. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*. 1972; 21(2-3):213-251.
 34. Djazouli ZE, Doumandji-Mitiche B, Petit D. Spatio-temporal variations of functional groups in a *Populus nigra* L. entomocenosis in the Mitidja plain (Algeria). *Comptes Rendus Biologies*. 2009; 332:848-860.
 35. Mostefaoui H, Allal-Benfekih L, Djazouli ZE, Petit D, Saladin G. Why the aphid *Aphis spiraecola* is more abundant on clementine tree than *A. gossypii*? *Comptes Rendus Biologies*. 2014; 337:123-133.
 36. Hammer O, Harper R, Ryan PD. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Palaeontologica Electronica*. 2001; 4(1):9, <http://palaeo.electronica.org/2001-1/Past/issue-01.htm>.
 37. Frontier S, Pichod-Viale D. Écosystèmes. Structure. Fonctionnement. Évolution. Dunod, Paris, 1998, 447.
 38. Benharzallah N Contribution à l'inventaire et étude biosystématique de la faune acridienne dans la région des Aurès, Wilaya de Batna, Algérie. Thèse de Magistère en Entomologie. Université Mentouri Constantine, 2004, 141 p.
 39. Claridge MF, Singhrao JS. Diversity and altitudinal distribution of grasshoppers (Acridoidea) on a Mediterranean mountain. *Journal of Biogeography*. 1978; 5(3):239-250.
 40. Dreux P. Recherches écologiques et biogéographiques sur les Orthoptères des Alpes françaises. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie*. 1961; 12(3):323-766.
 41. Whittaker RJ, Willis KJ, Field R. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*. 2001; 28(4):453-470.
 42. Wachter DH, O'Neill KM, Kemp WP. Grasshopper. (Orthoptera: Acrididae) communities on an elevational gradient in southwestern Montana. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 1998; 71(1):35-43.
 43. Wettstein W, Schmid B. Conservation of arthropod diversity in montane wetlands: effect of altitude, habitat quality and habitat fragmentation on butterflies and grasshoppers. *Journal of Applied Ecology*. 1999; 36(3):363-373.

تحليل منهجي ودراسة بيولوجية وإيكولوجية للجراد (Orthoptera, Acridomorpha) لمنطقة الأوراس، باتنة، الجزائر

ملخص

الأوراس هي منطقة تقع شرق الجزائر، وتتميز بجبالها العالية، سهولها الواسعة، تاريخها، سكانها، عاداتها وتقاليدها. الموقع الاستراتيجي لهذه المنطقة و الأعمال العلمية التي قدمت من طرف الباحثين كانت حافزا لإجراء دراسة شاملة عن الجراد. على اثر الخرجات الميدانية التي أجريت في منطقة الأوراس على مستوى ثلاث مواقع مختلفة: لآزرو، جرمة و حملة ارتفاعاتها تتراوح بين 800 متر إلى 1200 متر، تم احصاء 21 نوعا من الجراد تنتمي إلى العائلات التالية: Acrididae, Pamphagidae, Pyrgomorphidae بالإضافة الى 60 نوعا من النباتات التي تم تحليل بياناتها باستخدام نظام phytosociologique.

على المستوى المحلي، التباين في اصناف النباتات يفسر التنوع الكبير للجراد في جرمة، ولكن ليس الفرق الملاحظ بين حملة ولآزرو.

وعلى الصعيد الإقليمي، فإن القيود المناخية التي يعبر عنها بقصر موسم النمو على ارتفاعات عالية تفسر انخفاض تنوع الجراد في حملة، من خلال اختيار الاصناف التي تظهر دورات حياة غير مناسبة.

ويوضح تأثير الوسط أكثر من 50% من التغيرات في تنوع الجراد، من خلال إجراءات مباشرة وغير مباشرة. كما تساهم المقاييس المحلية والإقليمية بطريقة معقدة في التأثير على تنوع الجراد.

الكلمات الدالة: الأوراس، مؤشر التنوع، باتنة، الجراد، تأثير الوسط، *Pamphagus auresianus*، اللدونة الفينولوجية

Systematic analysis and bio-ecological study of the locust fauna (Orthoptera, Acridomorpha) of the Aurès region, Batna, Algeria

Summary

Aures is a region of eastern Algeria, characterized by its high mountains, vast plains, history, population and their customs and traditions. The strategic location of this region and the ancient scientific work provided by the researchers has been a motivation for conducting a comprehensive study on locusts.

due to the prospections carried out in the Aurès region in three sites at different altitudes: Lazrou, Djerma and Hamla ranging from 800 m to 1200 m, we inventoried 21 locust species belonging to the families Pamphagidae, Pyrgomorphidae and Acrididae, and 60 plant species that have been interpreted using the phytosociological system.

At the local scale, variation in flora accounts for the greater diversity of Orthoptera in Djerma, but not the differences observed between Hamla and Lazrou. On a regional scale, climatic constraints expressed by the shortening of the high-altitude growing season explain the lower diversity of locusts in Hamla, through a counter-selection of taxa showing unsuitable life cycles. The mid-domain effect explains more than 50% of the variations in locust diversity, through direct and indirect actions on Locusts. Local and regional scales contribute in a complex way, as well as the effect of the field environment, to locust diversity.

Key words: Aurés, diversity index, Batna, Locusts, Mid-field effect, *Pamphagus auresianus*, phenological plasticity

Analyse systématique et étude bio-écologique de la faune des acridiens (Orthoptera, Acridomorpha) de la région des Aurès, Batna, Algérie

Résumé

L'Aurès est une région de l'est algérien, caractérisé par ses hautes montagnes, vastes plaines, son histoire, son peuplement et leurs coutumes et traditions. L'endroit stratégique de cette région et les anciens travaux scientifiques munis par les chercheurs ont été une motivation pour mener une étude approfondie sur les acridiens.

Grâce aux prospections réalisées dans la région des Aurès dans trois sites à différentes altitudes : Lazrou, Djerma et Hamla allant de 800 m à 1200 m, nous avons inventorié 21 espèces acridiennes appartenant aux familles des Pamphagidae, Pyrgomorphidae et Acrididae, et 60 espèces de plantes qui ont été interprétées en utilisant le système phytosociologique.

À l'échelle locale, la variation de la flore explique la plus grande diversité des Orthoptères à Djerma, mais pas les différences observées entre Hamla et Lazrou. A l'échelle régionale, les contraintes climatiques exprimées par le raccourcissement de la saison de croissance à haute altitude expliquent la plus faible diversité des acridiens à Hamla, à travers une contre-sélection de taxons montrant des cycles de vie non adaptés. L'effet milieu de domaine explique plus de 50% des variations dans la diversité acridienne, à travers des actions directes et indirectes sur les Acridiens. Les échelles locales et régionales contribuent de manière complexe, ainsi que l'effet du milieu de domaine, à la diversité acridienne.

Mots clés : Aurès, index de diversité, Batna, Acridiens, Effet milieu de domaine, *Pamphagus auresianus*, plasticité phénologique

Soutenu le 19/06/2018

Présentée par : Betina Sara Iméne

Analyse systématique et étude bio-écologique de la faune des acridiens (Orthoptera, Acridomorpha) de la région des Aurès, Batna, Algérie

Résumé

L'Aurès est une région de l'est algérien, caractérisé par ses hautes montagnes, vastes plaines, son histoire, son peuplement et leurs coutumes et traditions. L'endroit stratégique de cette région et les anciens travaux scientifiques munis par les chercheurs ont été une motivation pour mener une étude approfondie sur les acridiens.

Grâce aux prospections réalisées dans la région des Aurès dans trois sites à différentes altitudes : Lazrou, Djerma et Hamla allant de 800 m à 1200 m, nous avons inventorié 21 espèces acridiennes appartenant aux familles des Pamphagidae, Pyrgomorphidae et Acrididae, et 60 espèces de plantes qui ont été interprétées en utilisant le système phytosociologique.

À l'échelle locale, la variation de la flore explique la plus grande diversité des Orthoptères à Djerma, mais pas les différences observées entre Hamla et Lazrou. A l'échelle régionale, les contraintes climatiques exprimées par le raccourcissement de la saison de croissance à haute altitude expliquent la plus faible diversité des acridiens à Hamla, à travers une contre-sélection de taxons montrant des cycles de vie non adaptés. L'effet milieu de domaine explique plus de 50% des variations dans la diversité acridienne, à travers des actions directes et indirectes sur les Acridiens. Les échelles locales et régionales contribuent de manière complexe, ainsi que l'effet du milieu de domaine, à la diversité acridienne.

Mots clés : Aurès, index de diversité, Batna, Acridiens, Effet milieu de domaine, *Pamphagus auresianus*, plasticité phénologique

Département de Biologie Animale

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Université Frères Mentouri Constantine

Directeur de thèse : Harrat Abboud Pr