

تيروهمجلا تيرنازجلا تيطار قميدلا تيبعشلا

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

قرازو ميلعتلا يلاعلا و ثحبلا يملعلا

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

دملا رسة طولانية العليا للفلاحة - شارحلا - رنازجلا

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE AGRONOMIQUE – EL HARRACH – ALGER

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques

Thème

Bioécologie de la faune orthoptérologique dans quelques localités en Algérie. Etude biosystématique et physio-histologique de quelques genres d'intérêt agronomique : *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) et *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804).

Par M. Kamel HAMADI

Devant le jury d'examen :

Président :	M. DOUMANDJI Salaheddine	Professeur (E.N.S.A., El Harrach)
Directeur de thèse :	M ^{me} DOUMANDJI-MITICHE Bahia	Professeur (E.N.S.A., El Harrach)
Examineurs :	M ^{me} DAOUDI-HACINI Samia	Professeur (E.N.S.A., El Harrach)
	M. MOULAI Riadh	Professeur (Univ. Béjaia)
	M ^{me} SAHIR-HALOUANE Fatma	Professeur (Univ. Boumerdès)
	M ^{elle} MILLA Amel	Maître de Conférences (E.N.S.V., El Harrach)

Soutenue le : 16 / 03 / 2015

Remerciements

A l'issue de ce modeste travail de recherche, je tiens en premier lieu à exprimer ma profonde gratitude à Madame Doumandji – Mitiche Bahia, professeur à l'École Nationale Supérieure d'Agronomie d'El Harrach, pour avoir accepté de diriger cette thèse, pour son soutien permanent et pour tous les conseils qu'elle m'a suggérés. Sa gentillesse et sa disponibilité m'ont beaucoup facilité la tâche.

Mes remerciements vont à Monsieur Doumandji Salaheddine, professeur à l'École Nationale Supérieure d'Agronomie d'El Harrach pour son aide précieuse apportée dans l'identification de certaines espèces, ses précieux conseils et de bien vouloir mettre son savoir et son expérience à notre service. Je le remercie encore une fois d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse.

Il me faut vivement remercier Madame Daoudi – Hacini Samia, professeur à l'École Nationale Supérieure d'Agronomie d'El Harrach, Monsieur Moulai Riadh professeur à l'Université de Béjaïa, Madame Sahir – Halouane Fatma professeur à l'Université de Boumerdes et Mademoiselle Milla Amel Maître de conférences à l'École Supérieure Vétérinaire d'El Harrach pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier Monsieur Boufersaoui Abdelkader professeur à la Faculté des Sciences Biologiques de l'USTHB et responsable du laboratoire

d'entomologie pour m'avoir accueilli dans son laboratoire de recherche, je le remercie pour ses précieuses conseils et pour sa disponibilité à chaque fois qu'on a besoin de lui.

Je remercie toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail, en particulier M. Hamani Adel, Mme Saidi – Touati Mahdia, M. Moulai Riadh, M. Abed Abdelkrim, Mme Hammana Soukaina, Mme Chahbar Nora, Mme Kherbouche – Abrous Ourida, M. Nacef Lamri, Melle Hafiane Mouna, Mme Nateche Farida, Mon ami Bouarour Ahmed et Melles : Khaldi Zahia, Tighidet Zina, Boudjenouia Amel, Kaci Nassima, Bachouche Malika, Dahmani Samia, Kadi Souhila, Benkeri Samira et Boumerdassi Hanane.

HAMADJ Kamel

Sommaire

Sommaire

Liste des tableaux	H
Liste de figures	I
Introduction	2
Chapitre I – Présentation des régions d'étude	7
1.1. Situation géographique	7
1.1.1. La plaine de la Mitidja	7
1.1.1.1. Situation géographique de la région de Baba-Ali	8
1.1.1.2. Situation géographique de la région d'El Harrach	8
1.1.1.3. Situation géographique de la région de Ain-Taya	8
1.1.2. Position géographique de la région de Cap-Djinet	9
1.1.3. Position géographique de la région de Béjaia	9
1.1.4. Position géographique du barrage de Boughezoul	10
1.2. Les facteurs climatiques	11
1.2.1. La température	11
1.2.2. La pluviométrie	14
1.2.3. Synthèses bioclimatiques	17
1.2.3.1. Les diagrammes ombrothermiques des différentes stations d'étude	17
1.2.3.2. Climagramme d'Emberger	21
Chapitre II – Matériel et méthodes de travail	25
2.1. Description des stations d'étude	25
2.1.1. Les stations de la Mitidja	25
2.1.1.1. La station de Baba-Ali	25

2.1.1.2. La station d'El Harrach	26
2.1.1.3. La station de Ain-Taya	26
2.1.2. La station de Cap-Djinet	30
2.1.3. Les stations de la région de Béjaia	30
2.1.3.1. Station friche (Tichy)	30
2.1.3.2. La station verger d'agrumes (Tichy)	31
2.1.3.3. La station garrigue (Gouraya)	31
2.1.4. La station du Barrage de Bougezoul	33
2.2. Matériel et méthodes utilisés pour l'étude bioécologique des Orthoptères	34
2.2.1. Matériel utilisé sur terrain	34
2.2.2. Matériel utilisé au laboratoire pour la détermination et la conservation des Orthoptères	35
2.2.3. Méthode d'échantillonnage et de détermination des espèces orthoptériques	35
2.3. Méthode d'exploitation des résultats	36
2.3.1. Calcul de la richesse totale et moyenne spécifique	36
2.3.2. Calcul de la fréquence relative	36
2.3.3. Calcul de la fréquence d'occurrence (Constance)	36
2.3.4. Indice de diversité de Shannon-Weaver	37
2.3.5. L'équitabilité	37
2.3.6. Analyse factorielle des correspondances	37
2.4. Matériel et méthodes utilisés pour l'étude histophysiologique du tube digestif des acridiens traités par <i>Bacillus thuringiensis</i> et par l'huile essentielle d' <i>Origanum glandulosum</i> , et ceux alimentés par <i>Inula viscosa</i>	38
2.4.1. Choix des insectes traités	38
2.4.1.1. <i>Schistocerca gregaria</i> (Forsk., 1775)	38
2.4.1.2. <i>Aiolopus strepens</i> (Latreille, 1804)	39
2.4.2. Choix de la bactérie	40

2.4.3. Choix des plantes acridifuges utilisées	43
2.4.3.1. <i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter	43
2.4.3.2. <i>Origanum glandulosum</i> (Desf)	44
2.4.4. Méthodes de traitement des individus de <i>S. gregaria</i> et d' <i>A. strepens</i>	45
2.4.4.1. Traitement des individus d' <i>A. strepens</i> et de <i>S. gregaria</i> avec <i>B. thringiensis</i> souche Fr4	45
2.4.4.2. Alimentation des adultes de <i>S. gregaria</i> par <i>I. vicosa</i> à l'état frais et par l'huile essentielle d' <i>Origanum glandulosum</i>	46
2.4.5. Méthode d'étude histologique du tube digestif des deux espèces acridiennes testées	46
2.4.5.1. Dissection	47
2.4.5.2. Fixation	47
2.4.5.3. Inclusion	47
2.4.5.4. Réalisation des coupes histologiques	48
2.4.5.4.1. Microtomisation et étalement des coupes	48
2.4.5.4.2. Déparaffinage et réhydratation	48
2.4.5.4.3. Coloration des coupes	48
2.4.5.4.4. Déshydratation et montage des coupes	49
Chapitre III – Résultats et interprétations	51
3.1. Inventaire et systématique des Orthoptères recensées dans les stations d'étude	51
3.2. Analyses écologiques et statistique des espèces orthoptérologiques recensées en Mitidja	59
3.2.1. Effectif des Orthoptères recensés dans les stations de la Mitidja	60
3.2.2. La richesse totale et la richesse moyenne spécifique des trois stations d'étude de la Mitidja, Baba-Ali, El Harrach et Ain-Taya	61
3.2.3. La fréquence relative et la constance des espèces orthoptérologiques enregistrées dans les des trois stations d'étude de la Mitidja, Baba-Ali, El Harrach et Ain-Taya	63
3.2.4. L'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité de l'orthoptérofaune des trois stations d'étude de la Mitidja, Baba-Ali, El Harrach et Ain-Taya	64
3.2.5. Analyse factorielle des correspondances calculée pour les trois stations de la Mitidja	66
3.3. Analyse écologique des résultats obtenus de l'étude de l'orthoptérofaune de la région de Cap-Djinet	69

3.4. Analyse écologique et statistique des espèces orthoptériques recensées dans la région de Béjaia	73
3.4.1. La richesse totale, la richesse moyenne spécifique, la fréquence centésimale, la fréquence d'occurrence et l'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité calculés pour les espèces orthoptérologiques recensées dans les trois stations d'étude de la région de Béjaia	73
3.4.2. Analyse factorielle de correspondance calculée pour les trois stations de la région de Béjaia	84
3.5. Effet histophysiologique de <i>Bacillus thuringiensis</i> , souche Fr4 sur les adultes d' <i>Aiolopus strepens</i> et de <i>Schistocerca gregaria</i>	87
3.5.1. Observation de l'aspect externe du tube digestif des individus témoins	87
3.5.2. Observation de l'aspect externe du tube digestif des individus traités	88
3.5.3. Etude histologique du tube digestif d' <i>Aiolopus strepens</i> et de <i>Schistocerca gregaria</i> , des témoins et des traités par <i>Bacillus thuringiensis</i> , souche FR4	88
3.5.3.1. Stomodeum des individus témoins d' <i>Aiolopus strepens</i>	89
3.5.3.2. Stomodeum des individus d' <i>Aiolopus strepens</i> traités par Bt, souche FR4	90
3.5.3.3. Caecum gastrique d' <i>Aiolopus strepens</i> témoin	91
3.5.3.4. Caecum gastrique d' <i>Aiolopus strepens</i> des individus traités par Bt, souche Fr4...	92
3.5.4. Etude histologique du tube digestif de <i>Schistocerca gregaria</i> des témoins et des traités par Bt, souche FR4	93
3.5.4.1. Stomodium de <i>Schistocerca gregaria</i> témoin	93
3.5.4.2. Stomodeum des individus de <i>Schistocerca gregaria</i> traités par Bt, souche Fr4	94
3.5.4.3. Méésentéron de <i>Schistocerca gregaria</i> témoin	95
3.5.4.4. Méésentéron des individus de <i>Schistocerca gregaria</i> traités par Bt, souche Fr4	96
3.5.4.5. Proctodeum de <i>Schistocerca gregaria</i> témoin	97
3.5.4.6. Proctodeum des individus de <i>Schistocerca gregaria</i> traités par <i>B. thuringiensis</i> , souche Fr4	98
3.6. Etude de l'activité biologique de <i>D. viscosa</i> et de l'huile essentielle d' <i>Origanum glandulosum</i> sur l'histophysiologie de la sphère digestive des adultes de <i>Schistocerca gregaria</i>	99
3.6.1. Observation de l'aspect externe du tube digestif des individus testés	99
3.6.2. Comparaison entre le stomodeum des individus de <i>S. gregaria</i> témoins et ceux alimentés par <i>D. viscosa</i>	99
3.6.3. Stomodeum des individus de <i>S. gregaria</i> traités par l'huile d'Origan	102
3.6.4. Comparaison entre le méésentéron de <i>S. gregaria</i> témoin et celui des individus alimentés par <i>D. viscosa</i>	103

3.6.5. Le mésentéron des individus de <i>S. gregaria</i> traités par l'huile d'Origan	105
3.6.6. Comparaison entre le proctodeum de <i>S. gregaria</i> témoin et celui des individus alimentés par <i>D. viscosa</i>	106
3.6.7. Le proctodeum des individus de <i>S. gregaria</i> traités par l'huile d'Origan	108
Chapitre IV– Discussion	110
4.1. Inventaire systématique et effectif des Orthoptères recensés dans les stations d'étude	110
4.2. Traitement des espèces orthoptérologiques recensées dans les stations d'étude par des indices écologiques	113
4.3. Analyse factorielle des correspondances appliquée aux espèces orthoptériques enregistrées en Mitidja et à Béjaïa	122
4.4. Effet histopathologique de <i>B. thuringiensis</i> souche Fr4 sur le tube digestif d' <i>A. strepens</i> et de <i>S. gregaria</i>	122
4.5. Etude de l'activité biologique de <i>D. viscosa</i> et de l'huile essentielle d' <i>O. glandulosum</i> sur l'histophysiologie de la sphère digestive de <i>S. gregaria</i>	125
Conclusion et perspectives	130
Références bibliographiques	135
Annexe	147
Résumés	162

Liste des tableaux

Tableau 1 - Températures moyennes mensuelles des années 1996 et 1997 des trois stations d'étude de la Mitidja.....	12
Tableau 2 - Températures moyennes mensuelles (en °C) des années 2010 et 2011 de la station de Cap-Djinet.....	13
Tableau 3 - Les températures moyennes mensuelles (en °C) des années 2000 et 2001 de la région de Béjaia.....	13
Tableau 4 - Températures moyennes mensuelles (en °C) de l'année 2010 de la région de Boughezoul.....	14
Tableau 5 - Total des précipitations mensuelles en mm des années 1996 et 1997 des trois stations de la Mitidja.....	15
Tableau 6 - Précipitations mensuelles en mm des années 2010 et 2011 au niveau de la station de Cap-Djinet.....	15
Tableau 7 - Total des précipitations mensuelles en mm des années 2000 et 2001 de la station région de Béjaia.....	16
Tableau 8 – Cumul des précipitations mensuelles de l'année 2010 enregistré au niveau de la station de Boughezoul.....	16
Tableau 9 - Liste des principales espèces végétales recensées dans les stations d'étude : Baba-Ali, El Harrach et Ain-Taya.....	28
Tableau 10 - Liste des espèces végétales de la région Boumlih à Cap Djinet.....	147
Tableau 11 - Les étapes suivies en pratique histologique.....	150
Tableau 12 - Inventaire et systématique des espèces orthoptérologiques recensées dans les trois stations d'étude de la Mitidja Baba-Ali, El Harrach et Ain-Taya (1996 / 1997).....	52
Tableau 13 - Inventaire et systématique des espèces orthoptérologiques recensées dans les stations d'étude de la région de Béjaia (2000 / 2001).....	56
Tableau 14 - Inventaire et systématique des espèces orthoptérologiques recensées dans les stations Cap-Djinet et Boughezoul (2010 / 2011).....	58
Tableau 15 - Photographies des principales espèces d'Orthoptères Caelifères recensées dans nos stations d'étude.....	60
Tableau 16 - Effectif de l'orthoptérofaune recensée dans les trois stations d'études de la	

Mitidja.....	61
Tableau 17 : La richesse totale et moyenne spécifique stationnelles et mensuelles réalisées au niveau des stations Baba-Ali, El Harrach et Ain-Taya.....	62
Tableau 18 - La fréquence relative et la constance des espèces orthoptérologiques recensées dans les trois stations d'étude de la Mitidja.....	64
Tableau 19 - L'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité des espèces orthoptérologiques recensées dans les trois stations d'étude de la Mitidja.....	65
Tableau 20 - La richesse totale, la fréquence centésimale, la fréquence d'occurrence et l'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité calculés pour les espèces orthoptérologiques recensées au niveau de la station Cap-Djinet.....	70
Tableau 21 - La richesse totale, la richesse moyenne spécifique, la fréquence centésimale, la fréquence d'occurrence et l'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité calculés pour les espèces orthoptérologiques recensées au niveau de la station friche - Béjaia.....	74
Tableau 22 - La richesse totale, la richesse moyenne spécifique, la fréquence centésimale, la fréquence d'occurrence et l'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité calculés pour les espèces orthoptérologiques recensées dans le verger d'agrumes (Béjaia).....	76
Tableau 23 - La richesse totale, la richesse moyenne spécifique, la fréquence centésimale, la fréquence d'occurrence et l'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité calculés pour les espèces orthoptérologiques recensées dans la station Garrigue (Béjaia).....	78

Liste des figures

Fig.1 – Localisation géographique des stations d'étude.....	7
Fig. 2 - La Mitidja – situation et limite.....	9
Fig. 3 - Situation et limite géographique des régions : Cap-Djinet et Béjaia.....	10
Fig. 4 - Localisation géographique du Barrage de Boughezoul.....	11
Fig. 5 - Diagramme ombrothermique de Gaussen de la station de Dar El Beida durant l'année 1996	17
Fig. 6 - Diagramme ombrothermique de Gaussen de la station de Dar El Beida durant l'année 1997.	18
Fig. 7 - Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Béjaia durant l'année 2000.....	18
Fig. 8 - Diagramme ombrothermique de Gaussen de la station de Béjaia pour l'année 2001.....	19
Fig. 9 - Diagramme ombrothermique de Gaussen de la station de Cap-Djinet pour l'année 2010.....	20
Fig. 10 - Diagramme ombrothermique de Gaussen de la station de Cap-Djinet pour l'année 2011...	20
Fig. 11 - Diagramme ombrothermique de Gaussen de la station du Barrage de Boughezoul pour l'année 2010.....	21
Fig. 12 - Place des régions d'étude dans le climagramme pluviothermique d'Emberger.	23
Fig. 13 – Localisation de la station de Baba-Ali.....	26
Fig. 14 – Localisation de la station d'El Harrach.....	27
Fig. 15 – Localisation de la station de Ain-Taya.....	27
Fig. 16 - Station Cap-Djinet présentant un milieu en jachère près du bâtiment administratif.....	30
Fig. 17 – Région d'El Maghra (Béjaia) présentant le milieu Friche.....	31
Fig. 18 – Région d'El Maghra (Béjaia) présentant le verger d'agrumes.....	32
Fig. 19 – Le Parc National de Gouraya (Béjaia) présentant la station garrigue.....	32
Fig. 20 – Limite du milieu échantillonné avec l'eau du barrage de la station de Boughezoul.....	33
Fig. 21 – Présentation de la parcelle échantillonnée au niveau du barrage de Boughezoul.....	34
Fig. 22 - Adulte de <i>S. gregaria</i> (Forskål, 1775).....	38

Fig. 23 - <i>Aiolopus strepens</i> (Latreille, 1804)	39
Fig. 24 - La suspension bactérienne de <i>B. thuringiensis</i> souche FR4.....	40
Fig. 25 – Cristaux protéique d’une forme sporulée de <i>Bacillus thuringiensis</i>	41
Fig. 26 - mode d’action du delta endotoxines de <i>Baccillus thuringiensis</i>	42
Fig. 27 - <i>Dittrichia viscosa</i> (Asteracea).....	43
Fig. 28 - <i>Origanum glondulosum</i> (Desf.).....	44
Fig. 29 - Cage d’isolement des acridiens à tester.....	46
Fig. 30 - Les différentes étapes suivies pour la réalisation des coupes histologiques.....	50
Fig. 31 - Pourcentages des familles orthoptériques recensées en Mitidja.....	55
Fig. 32 - Pourcentages des familles orthoptériques recensées dans la région de Béjaia	58
Fig. 33 - Pourcentages des familles orthoptériques recensées dans les stations: Cap-Djinet et Boughezoul	60
Fig. 34 - Comparaison des richesses moyennes spécifiques des stations d’étude de la Mitidja.....	63
Fig. 35 - Comparaison des résultats de l'indice de diversité de Shannon-Weaver calculé pour les trois stations de la Mitidja.....	66
Fig. 36 - Comparaison des résultats de l'indice d'équitabilité calculé pour les trois stations de la Mitidja.....	67
Fig. 37 - La carte factorielle des correspondances des espèces orthoptérologiques des trois stations d’étude de la Mitidja.....	69
Fig. 38 - Comparaison des richesses moyennes spécifiques des stations d’étude de la région de Béjaia.....	83
Fig. 39 - Comparaison des résultats de l'indice de diversité de Shannon-Weaver calculé pour les trois stations de la région de Béjaia.....	83
Fig. 40 - Comparaison des résultats de l'indice d'équitabilité calculé pour les trois stations de la région de Béjaia.....	83
Fig. 41 - La carte factorielle des correspondances des espèces orthoptérologiques des trois stations d’étude de larégion de Béjaia.....	86
Fig. 42 - Aspect externe du Tube digestif de <i>Schistocerca gregaria</i> témoin.....	88

Fig. 43 - Coupe transversale au niveau du stomodeum des individus témoins d' <i>Aiolopus strepens</i> ...	89
Fig. 44 - Coupe transversale au niveau du stomodeum d' <i>Aiolopus strepens</i> traité par <i>B. thuringiensis</i> souche Fr4.....	90
Fig. 45 - Coupe transversale au niveau du caecum gastrique d' <i>Aiolopus strepens</i> témoin.....	91
Fig. 46 - Coupe transversale au niveau du caecum gastrique des individus d' <i>Aiolopus strepens</i> traités par Bt souche Fr4.....	92
Fig. 47 - Coupe transversale au niveau du stomodeum de <i>Schistocerca gregaria</i> témoin.....	93
Fig. 48 - Coupe transversale au niveau du stomodeum des individus de <i>Schistocerca gregaria</i> traités par <i>B. thuringiensis</i> souche FR4.....	94
Fig. 49 - Coupe transversale au niveau du mésentéron de <i>Schistocerca gregaria</i> témoin.....	95
Fig. 50 - Coupe transversale au niveau du mésentéron des individus de <i>Schistocerca gregaria</i> traités par Bt souche Fr4.....	96
Fig. 51 - Coupe transversale au niveau du proctodeum de <i>Schistocerca gregaria</i> témoin.....	97
Fig. 52 - Coupe transversale au niveau du proctodeum des individus de <i>Schistocerca gregaria</i> traité par Bt, souche Fr4.....	98
Fig. 53 - Coupe transversale au niveau du stomodeum des individus témoins de <i>Schistocerca gregaria</i>	100
Fig. 54 - Coupe transversale au niveau du stomodeum des individus de <i>S. gregaria</i> nourris par <i>Dittrichia viscosa</i>	101
Fig. 55 - Coupe transversale au niveau du stomodeum des individus de <i>S. gregaria</i> traité par l'huile d'Origan.....	102
Fig. 56 - Coupe transversale au niveau du mésentéron des individus témoins de <i>Schistocerca gregaria</i>	103
Fig. 57 - Coupe transversale au niveau du mésentéron des individus de <i>S. gregaria</i> nourris par <i>Dittrichia viscosa</i>	104
Fig. 58 - Coupe transversale au niveau du mésentéron des individus de <i>S.gregaria</i> traités par l'huile d'Origan.....	105
Fig. 59 - Coupe transversale au niveau du proctodeum de <i>Schistocerca gregaria</i> témoins.....	106
Fig. 60 - Coupe transversale du proctodeum des individus de <i>S. gregaria</i> nourris par <i>D. viscosa</i>	107
Fig. 61 - Coupe transversale au niveau du proctodeum des individus de <i>S. gregaria</i> traité par l'huile d'Origan.....	108

Introduction

- Introduction

Les Orthoptères (*Insecta, Orthoptera*) sont des insectes avant tout distribués dans les régions tropicales et subtropicales. En Europe, les espèces de cet ordre sont pour la plupart originaires de la région chaude (notamment du bassin méditerranéen). Ce sont des insectes exigeants vis-à-vis de la température et ce paramètre constitue pour un nombre élevé d'espèces un facteur bionimique essentiel (Bellmann & Luquet, 1995).

L'Algérie par sa situation géographique et l'étendue de son territoire occupe une place prépondérante dans l'aire d'habitat des Orthoptères (Pasquier et Gerbinot, 1945). Ces derniers, Sauterelles, Criquets et Grillons ; forment une part importante de la biomasse terrestre, souvent la plus importante des invertébrés. Leur rôle de consommateurs primaire des végétaux les rendent parfois très nuisibles à l'agriculture. Certaines espèces sont des fléaux principalement au Proche – Orient où des espèces migratrices dévastent occasionnellement les récoltes (Zahradnik, 1988). Les dégâts de sauteriaux sont fréquemment enregistrés chaque année dans une zone ou une autre du Sahel (Lecoq et Mestre, 1988). Il s'agit d'insectes largement répandus et généralement abondants, qui se distinguent souvent par leur fidélité à un type d'habitat précis et par leur grande sensibilité à l'évolution des écosystèmes (Boitier, 2003). En Afrique du nord, le problème des Orthoptères nuisibles a été de tout temps et reste l'une des préoccupations majeures des agriculteurs. Dix sept espèces de Cealifères sont déclarées nuisible à l'agriculture par le centre de recherche sur les ravageurs d'Outre mer (Fellaouine, 1989; Hamdi, 1989). Dans les agroécosystèmes, les cultures à végétations pluriannuelles se distinguent radicalement des cultures annuelles sur les plans du niveau et de la fréquence des perturbations qu'elles subissent. Ces milieux sont essentiels, car ils permettent à de nombreux organismes de réaliser leur cycle biologique (Badenhausser, 2012), et de trouver les conditions qui leurs conviennent pour assurer leur développement et leur pérennité. La structure du tapis végétal est un élément fondamental dans la description de la niche écologique des criquets (Le Gall, 1989 ; Sardet, 2000) ; car ces derniers sont très sensibles aux changements de leurs habitats, notamment aux changements de la structure de la végétation (Pratz, 2004 ; Benfekih et Petit, 2010) ; et sont même en mesure de renseigner sur l'évolution de leurs biocénoses sur de micro-territoires (Boitier, 2003). Ainsi, ces insectes forment des communautés fortement inféodées aux différentes catégories de milieux (Petit, 2006).

Contrairement à d'autres groupes d'insectes, il est maintenant bien établi que l'on peut considérer les Orthoptères comme de bons indicateurs de l'intégrité des écosystèmes

terrestres, car s'agissant d'insectes généralement très mobiles, ils sont très réactifs aux modifications de leurs milieux de vie (Boitier, 2005). Actuellement, la présence des Orthoptères dans un milieu donné, leur abondance et la diversité de ces insectes constituent des paramètres pertinents pour l'évaluation de la valeur écologique des milieux naturels (Sobhi *et al.*, 2013). De nombreuses espèces d'orthoptères sont aujourd'hui menacées d'extinction par les atteintes à l'environnement. Les espèces hautement spécialisées sur des milieux précis (prés salés, plages de graviers des cours d'eau,...) ainsi que celles inféodées aux milieux humides sont les plus fortement menacées (Barataud, 2005). Ces communautés d'espèces sont communément utilisées pour caractériser l'état de santé d'un milieu (Petit, 2006). En France, une liste rouge nationale et des listes rouges par domaines biogéographiques ont été établies sur les Orthoptères menacés ; 37 % de la faune orthoptérique française (soit 79 espèces) méritent un état de veille pour assurer une conservation durable (Sardet et Defaut, 2004).

En Algérie d'intéressants travaux relatifs à l'étude des orthopterocénoses ont été effectués. Nous citons ceux de Hamadi et Doumandji-Mitiche (1999) en Mitidja, Bounechada *et al.* (2006) au nord est de l'Algérie, Harrat et Moussi (2007) dans deux biotopes, Biskra et Constantine de l'est algérien et Guendouz-Benrima *et al.* (2011) au nord d'Algérie. Seulement il reste beaucoup à faire sur la systématique, la bioécologie et la fluctuation de la densité de la faune orthoptérique dans différents biotopes.

La première partie de notre étude a pour but d'étudier la bioécologie de l'orthoptérofaune dans quelques localités en Algérie et d'établir des inventaires les plus exhaustifs que possible dans quelques agrosystèmes situés au nord d'Algérie. Dans ce présent travail, le peuplement orthoptérologique de la région de Béjaïa centre a été étudié pour la première fois. Aucun inventaire n'a été établi ou signalé auparavant dans cette région. Les espèces orthoptériques recensées dans les stations prospectées font l'objet d'une analyse écologique et statistique tout en tenant compte du milieu étudié et de la période d'échantillonnage.

Aucune insuffisance du potentiel de lutte ou carence conjoncturelle ne serait mettre en cause l'intérêt de la lutte préventive qui a permis d'éviter dans les années 1970 /1980 au moins une grande invasion généralisée du criquet pèlerin (Roy, 1997). En 1986, 35 millions de Dollars ont été consacrés à la lutte contre les criquets dans différents états du SILSS (Comité inter-Etat de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel) (Lecoq, 1988).

Les conséquences de la lutte chimique sur la santé humaine et sur l'environnement suscitent une demande croissante pour des nouvelles méthodes de lutte, ce qui justifie l'adoption

de la lutte biologique qui correspond à l'utilisation d'organismes et/ou composés naturels pour détruire ou contrôler d'autres organismes nuisibles sur le plan agronomique ou au niveau des espaces naturels. Ces agents sont regroupés sous l'appellation de «biopesticides».

Actuellement, la mise au point d'un biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis* constitue un axe de recherche prioritaire dans le domaine de lutte contre les déprédateurs de cultures. Cette bactérie a la capacité de produire des corps d'inclusions protéiques possédant une activité entomopathogène majoritairement spécifique (Helassa, 2008). Depuis leur première mise en marché dans les années 1930, les toxines insecticides produites par le bacille de Thuringe sont demeurées les biopesticides les plus utilisés dans le monde, en agriculture et en foresterie ; appliquées comme insecticides ou directement intégrées au sein de plantes modifiées génétiquement (Brunet, 2010). *Bacillus thuringiensis* est le moyen de contrôle le plus répandu dans le monde, cette bactérie représente aujourd'hui plus de 90% du marché des biopesticides (Castella, 2008).

De même, plusieurs chercheurs ont prouvé que certaines plantes ont des capacités naturelles de réduire la portée des dommages auxquels elles peuvent être soumises. Des défenses mécaniques comme des épines peuvent empêcher les herbivores de grande taille de dévorer le feuillage. Mais dans d'autres cas ce sont des produits chimiques présents dans les tissus végétaux qui peuvent intoxiquer les espèces phytophages nuisibles (Mouffette, 1992). En conséquence, de nouveaux produits d'origine végétale sont de plus en plus recherchés pour, d'une part, assurer une protection efficace de la production agricole et, d'autre part, contribuer au développement d'une agriculture durable (Meftah *et al.*, 2011). Nous avons choisi deux plantes acridifuges de familles botaniques différentes à tester sur *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775). Il s'agit de *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter (Asteraceae) et de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* (Desf.) (Lamiaceae). Notre expérimentation consiste à vérifier l'effet de ces plantes sur l'histophysiologie du tube digestif de l'acridien testé.

Dans le premier chapitre nous présentons les différentes stations d'étude, leur situation géographique, données climatiques avec des analyses bioclimatiques des régions d'étude. Pour le deuxième chapitre nous avons détaillé le matériel et les méthodes utilisés sur terrain et au laboratoire pour la capture et l'identification des espèces orthoptérologiques. Nous avons présenté dans le même chapitre le matériel et les méthodes qui ont servi à notre expérimentation dans l'étude de l'effet histophysiologique sur le tube digestif d'une souche locale de *Bacillus thuringiensis* appliquée sur deux espèces acridiennes *Aiolopus strepens* et *Schistocerca gregaria* ; ainsi que ceux utilisés dans l'étude de l'activité biologique de

Dittrichia viscosa et de l'huile essentielle d'*Origanum glondulosum* sur la sphère intestinale de *Schistocerca gregaria*. Le troisième chapitre est consacré aux résultats et leurs interprétations. Les résultats obtenus de l'étude bioécologique des espèces orthoptériques recensées sont ainsi exploités par de différents indices écologiques et statistiques. Toujours dans le même chapitre nous avons interprété les résultats issus des tests effectués avec la souche locale de *Bacillus thuringiensis* sur le tube digestif des deux acridiens, *Aiolopus strepens* et *Schistocerca gregaria* et les plantes acridifuges sur *Schistocerca gregaria*. Dans le quatrième et dernier chapitre les résultats obtenus de différentes parties de notre travail sont ainsi discutés et sont suivi d'une conclusion et perspectives.

Chapitre I

Présentation des régions d'étude.

Chapitre I - Présentation des régions d'étude

La présente étude s'est déroulée dans six régions. Trois d'entre-elles appartiennent à la plaine de la Mitidja ; il s'agit de la région de Baba-Ali, El Harrach et Ain-Taya. Les autres milieux prospectés se trouvent dans les régions : Cap-Djinet, Béjaïa et Boughezoul (Fig. 1).

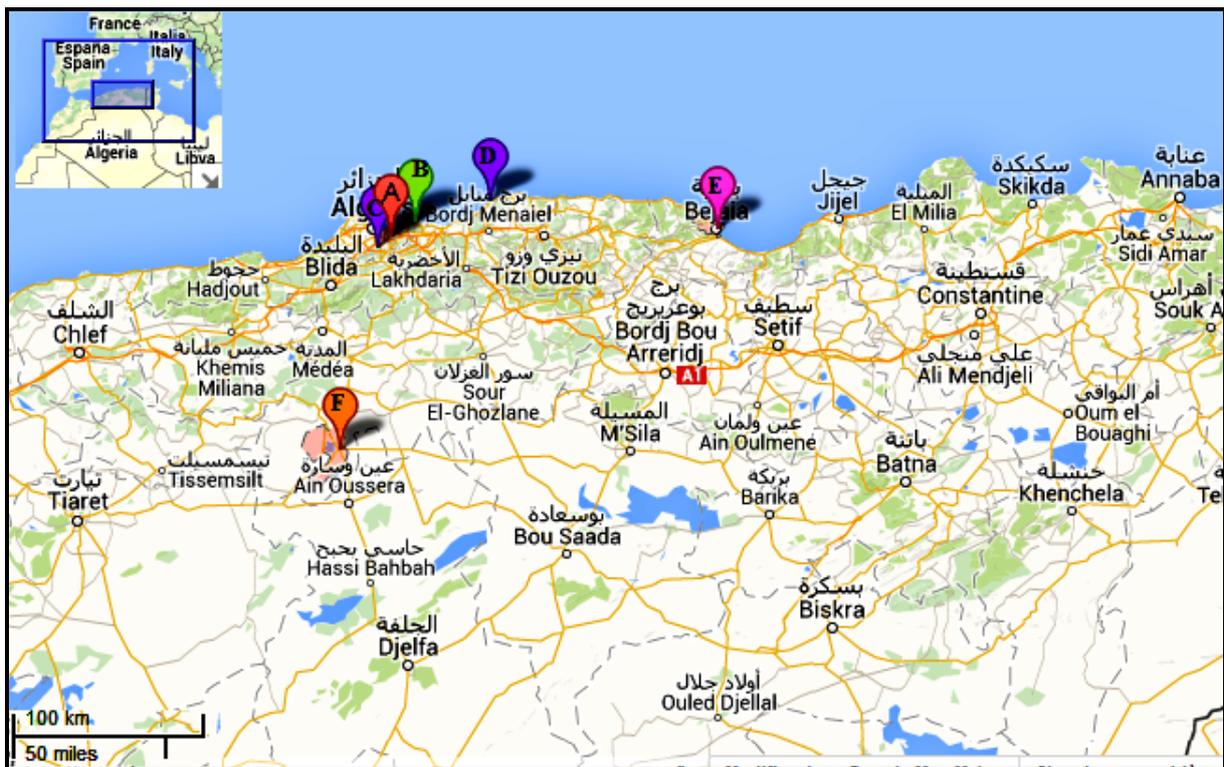


Fig.1 – Localisation géographique des stations d'étude

- A : El Harrach - B: Ain-Taya - C: Baba-Ali
- D: Cap-Djinet - E: Béjaïa - F : Boughezoul (Google map)

1.1. Situation géographique

1.2.

1.1.1. La plaine de la Mitidja

La Mitidja est la plus vaste plaine sublittorale d'Algérie. Elle est isolée de la mer par la ride du Sahel. Au sud et sur les marges orientale et occidentale, la Mitidja est bordée par

tout un ensemble de montagnes. Au nord-ouest et à l'ouest la plaine est limitée par le Djebel Chenoua (905m), la chaîne de Bou-Maad et le Djebel Zekkar. Enfin, ce sont les hauteurs et collines de Basse Kabylie qui ferment la plaine à l'est (Mutin, 1977).

Les milieux échantillonnés se localisent dans trois régions différentes de la Mitidja, qui sont : Baba-Ali, El Harrach et Ain-Taya (Fig.1 et 2).

1.1.1.1. Situation géographique de la région de Baba-Ali

La région de Baba-Ali appartient à la commune de Saoula qui se situe au Nord sur les collines du Sahel au sud de la plaine (P.D.A.U., 1991) ($36^{\circ} 42' 59''$ nord, $3^{\circ} 9' 00''$ est). Baba-Ali est limitée au nord par la région de Ouled Belhadj, à l'est par le Gué de Constantine, au sud-ouest par la région de Birtouta et à l'ouest par la route nationale qui mène vers Birkhadem (Fig.2).

1.1.1.2. Situation géographique de la région d'El Harrach

La région d'El Harrach est située dans la partie orientale de la Mitidja. Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, au sud par la plaine de la Mitidja et à l'est par Oued Smar et Rouiba. C'est un milieu suburbain qui se trouve à 50m d'altitude, dont les coordonnées géographiques sont $36^{\circ} 43' 16''$ nord, $3^{\circ} 18' 15''$ est (Fig.2).

1.1.1.3. Situation géographique de la région de Ain-Taya

La commune de Ain-taya est située à environ 30 km d'Alger et à 35 km de Boumerdes ($36^{\circ} 47' 00''$ nord, $3^{\circ} 14' 00''$ est). Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par Réghaia, à l'ouest par les communes de Heuraoua et Rouiba. Il est à signaler que la commune de Ain-Taya était beaucoup plus vaste qu'actuellement, car elle regroupait également les trois autres communes issues du dernier découpage de 1984 à savoir : Bordj El Bahri, El Marsa et Heuraoua (Subdiv. Agri., 1997). La vocation principale de cette commune est l'agriculture où prédominent les cultures maraîchères (Fig.2).

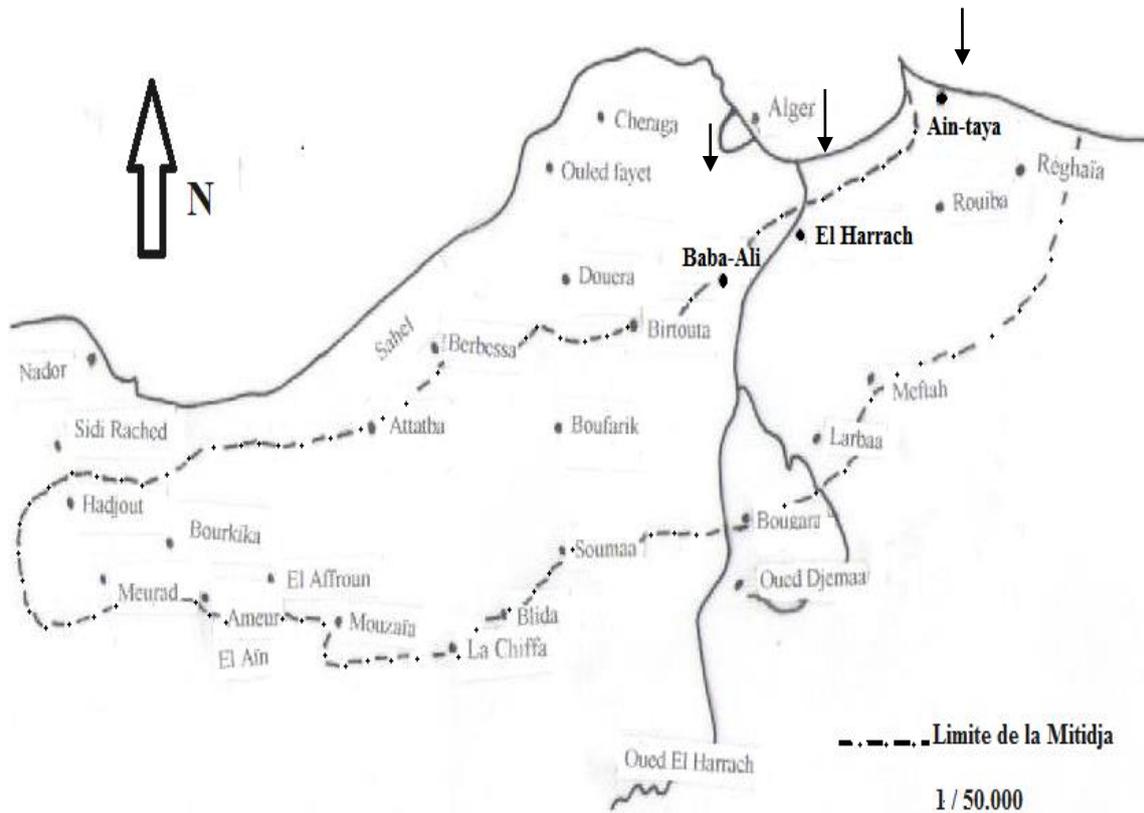


Fig. 2 - La Mitidja – situation et limite

(I.T.A.B, 1975).

1.1.2. Position géographique de la région de Cap-Djinet

La station d'étude est située dans la région de Cap-Djinet et plus exactement au niveau de la ferme pilote arboricole de Boumlih, dans la Daïra de Bordj-Menaiel ; elle-même faisant partie de la wilaya de Boumerdes. Elle se trouve à 4km de la côte et 75km à l'Est d'Alger à 20 m d'altitude. Ses coordonnées géographiques sont 36°49' N. et 3°42' E. La ferme bénéficie d'une situation géographique favorable car elle se trouve quelque peu abritée par les collines dominant la vallée de l'oued Isser (Fig. 3).

1.1.3. Position géographique de la région de Béjaïa

La région de Béjaïa est située entre les latitudes 36°15' et 36°55' nord et les longitudes 4°20' et 5° 30'est. Béjaïa s'étend sur une superficie de 3261 km². Elle est limitée à l'est et au sud est par le Mont Babor auquel les Bibans font suite vers le sud, la mer méditerranée vers le nord et les crêtes de Djurdjura à l'ouest (D.P.A.T., 1999) (Fig.3).

L'étude de l'orthoptérofaune de cette région a été réalisée dans trois stations différentes renfermant les milieux suivants : une friche et un verger d'agrumes situés à El Maghra (Tichy) et une garrigue localisée au niveau du Parc National de Gouraya.



Fig. 3 - Situation et limite géographique des régions : Cap-Djinet et Béjaïa

----- Limite de la Wilaya (Google map)

1.1.4. Position géographique du barrage de Boughezoul

Le barrage de Boughezoul est situé à 174 km au Sud d'Alger et à 25 km au Sud de Ksar El-Boukhari à une altitude de 643 m dont les coordonnées géographiques sont 35° 45' nord ; 2° 47' est. Le lac du barrage est situé sur les Hauts plateaux en milieu steppique sur l'Oued Chélif, sans relief marqué. Il est peu profond, légèrement salé et ses berges sont basses (Ledant et Vandijk, 1977). La zone en eau couvre une superficie à l'origine de 10 km², mais qui doit être aujourd'hui considérablement réduite. Cette superficie constitue la plus grande partie de la région inondable et correspond à Dayet El-Kissiria située en amont du barrage au Sud-Ouest. Le lac du barrage est limité par la route nationale Alger - Djelfa (Cherbi, 1986) (Fig. 4).

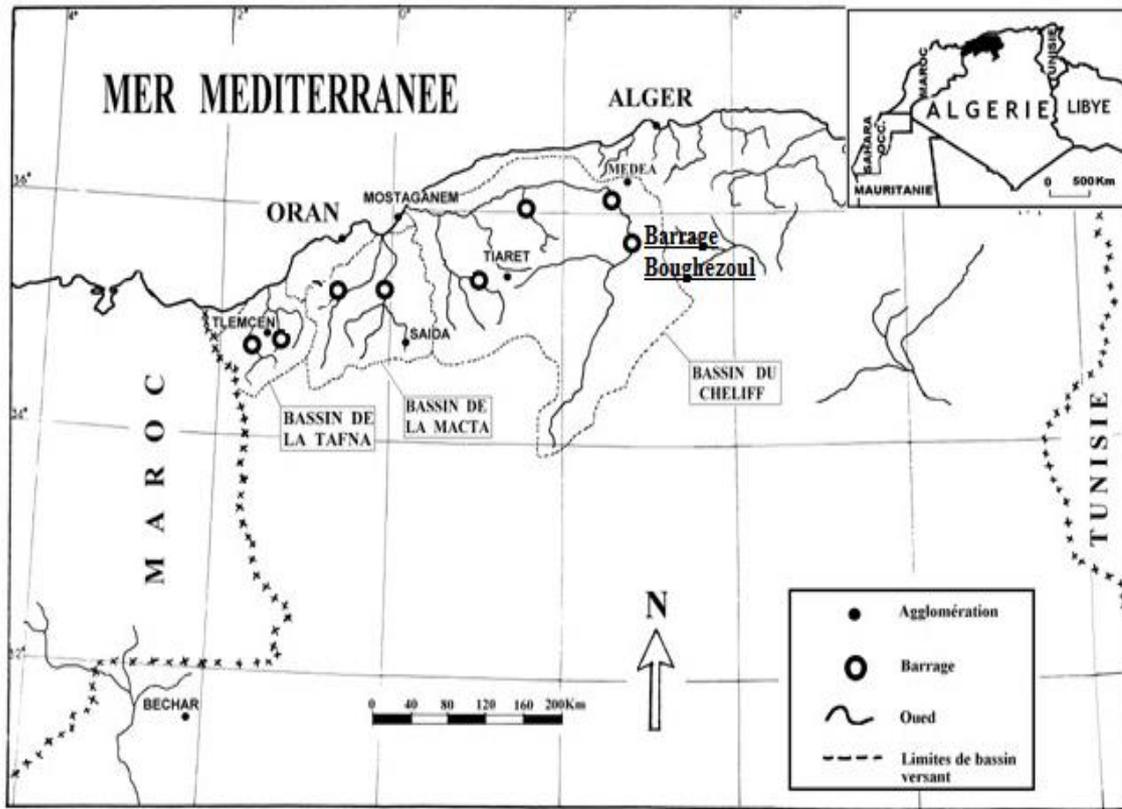


Fig.4 - Localisation géographique du Barrage de Boughezoul

(Medjber, 2011)

1.2. Les facteurs climatiques

Les facteurs climatiques jouent un rôle prépondérant dans la distribution spatiale des espèces (Dreux, 1972). Parmi les facteurs climatiques, la température et les précipitations constituent les deux groupes de paramètres fondamentaux qui caractérisent les milieux continentaux (Ramade, 1984).

1.2.1. La température

L'importance de la température préférentielle ou référendum thermique varie suivant les espèces. Elle explique souvent les particularités de la répartition des animaux dans leurs biotopes ainsi que leur déplacement (Dajoz, 1971). La température présente donc un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1984).

- Les températures mensuelles maxima, minima et moyennes des années 1996 et 1997 des régions Baba-Ali, El Harrach et Ain-Taya sont mentionnées dans le tableau 1.

Tableau 1 - Températures moyennes mensuelles des années 1996 et 1997 des trois stations d'étude de la Mitidja.

Année	Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1996	M (°C)	19,0	15,6	18,9	20,4	23,3	27,2	30,8	31	27,2	23	21,6	19,6
	m (°C)	9,5	7,0	7,8	9,9	10,6	15,7	18,2	20,3	15,9	11,1	9,5	8,1
	M+m / 2	14,1	11,0	13,2	15,2	17,6	21,4	24,4	25,5	21,4	16,8	15,1	13,2
1997	M (°C)	18,2	19	19,7	22,1	24,7	28,9	28,9	31,5	29,8	26,8	21	18,5
	m (°C)	8,5	5,2	4,0	8,9	14,5	16,8	18,8	20,0	18,8	15,6	11,6	8,1
	M+m / 2	13,35	12,1	11,85	15,5	19,6	22,85	23,85	25,75	24,6	21,2	16,3	13,3

(O.N.M., 1996 ; 1997)

M : valeurs mensuelles maximales.

m : valeurs mensuelles minimales.

M + m / 2 : moyenne.

Le tableau n°1 montre que la moyenne mensuelle minimale de l'année 1996 a été enregistrée pour le mois de février avec 11°C, alors que la moyenne mensuelle maximale est notée pour le mois d'août avec 25,5°C. De même, nous remarquons que pour l'année 1997 la température minimale moyenne est notée pour le mois de mars avec 11,85°C, quant à la température moyenne la plus élevée, elle est notée pour le mois d'août avec 25,75°C.

Selon Mutin (1977), les températures mitidjiennes sont soumises à l'influence de la mer qui se traduit par le mois le plus chaud qui est août, alors que le mois le plus froid reste février.

- Dans le tableau n°2 suivant, nous allons donner les températures moyennes (T°c) de la région de Cap-Djinet pour les deux années de travail, 2010 et 2011.

Tableau 2 - Températures moyennes mensuelles (en °C) des années 2010 et 2011 de la station de Cap-Djinet.

	Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2010	M (°C)	16,4	18,4	18,5	19,2	21,8	24,7	27,5	27,4	26,8	24,4	19,4	18,4
	m (°C)	9,2	10	10,5	12,1	13,3	16,5	20	20,1	18,7	15,6	12,2	9,7
	M+m/2	12,8	14,2	14,5	15,6	17,6	20,6	23,8	23,7	22,7	20	15,8	14,1
2011	M+m/2	11,9	11,2	14,6	18,2	20,5	23,3	27,3	28,1	25	20,9	17,6	13,1

(O.N.M., 2010 ; 2011).

Le tableau n° 2 montre un accroissement des moyennes des températures minima et maxima enregistrées durant l'année 2010. Celles-ci augmentent du mois de janvier jusqu'aux mois de juillet et août puis régressent jusqu'au mois de décembre. Les valeurs maximales sont notées pour juillet et août avec respectivement 23,8°C et 23,7°C ; et la plus faible valeur est enregistrée en janvier avec 12,8°C. De même en 2011, le mois d'août reste le mois plus chaud de l'année avec une valeur de 28,1°C et février le mois le plus froid avec une moyenne de 11,2°C.

- Les températures maximales, minimales et moyennes mensuelles des années 2000 et 2001 de la région de Béjaia sont représentées dans le tableau 3.

Tableau 3 - Les températures moyennes mensuelles (en °C) des années 2000 et 2001 de la région de Béjaia.

Année	Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2000	M (°C)	15,1	17,9	19,1	22,5	23,2	25,5	32,2	31,90	28,3	24,3	22,1	19,9
	m (°C)	5,3	7,3	9,0	11,3	15,6	17,5	21,4	21,5	19,2	15,1	11,9	9,5
	M+m/2	10,2	12,6	14,05	19,4	19,4	21,5	25,8	26,7	23,7	19,7	17	14,7
2001	M (°C)	18,3	17,5	22,4	20,4	21,8	27,7	29,4	29,3	27,3	28,8	20,1	16,3
	m (°C)	9,0	7,1	12,0	10,7	13,5	18,6	20,2	21,5	19,6	18,2	11,1	6,9
	M+m/2	13,6	12,3	17,2	15,55	17,65	23,15	24,8	25,4	23,45	23,5	15,6	11,6

(O.N.M., 2000 ; 2001).

Il ressort du tableau ci-dessus que les températures moyennes maximales de la région de Béjaïa sont atteintes au mois d'août avec des valeurs de 26,7°C et 25,4°C respectivement pour les années 2000 et 2001. De même, nous remarquons que les moyennes des basses températures sont notées en mois de janvier 2000 avec 10,2°C et en décembre 2001 avec 11,6°C (Tab. 3).

- Les températures moyennes mensuelles en °C de l'année 2010 de la région de Boughezoul sont regroupées dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4 - Températures moyennes mensuelles (en °C) de l'année 2010 de la région de Boughezoul.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2010	7,3	10	13,1	14,8	24,8	27,8	32,7	32	26,4	18,6	13,5	9,7

(O.N.M., 2010).

D'après ce tableau, nous constatons que les moyennes des températures enregistrées en 2010 sont élevées en juillet et août avec respectivement 32,7°C et 32°C ; et la plus faible valeur est notée pour le mois de janvier avec 7,3°C (Tab. 4).

1.2.2. La pluviométrie

La pluie peut être un facteur fatal pour les espèces acridiennes, comme elle peut être indispensable à leur vie. En zone tropicale sèche, où le facteur hydrique est déterminant, le groupement des espèces acridiennes reproductrices est observé là où l'humidité du sol est persistante (Popov *et al.*, 1990).

- Les valeurs en mm des relevés totaux des précipitations mensuelles des années 1996 et 1997 des stations de la Mitidja sont regroupées dans le tableau 5 suivant :

Tableau 5 - Total des précipitations mensuelles en mm des années 1996 et 1997 des trois stations de la Mitidja.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
1996	94	232	57	161	36	32	7	4	38	86	27	34	808
1997	38	24	9	95	6	10	9	33	36	45	129	93	527

(O.N.M. ; 1996 ; 1997)

D'après le tableau n° 5, le total annuel des précipitations enregistré pour l'année 1996 est beaucoup plus élevé que celui de l'année 1997. Il est respectivement de 808 mm pour la première année, et 527 mm pour l'année d'après.

Selon Mutin (1977), la Mitidja reçoit annuellement une somme de précipitations entre 600 et 900 mm. Les rythmes pluviométriques sont caractérisés par une double irrégularité annuelle et inter – annuelle.

- Dans le tableau 6 qui suit, sont mentionnées les précipitations mensuelles en mm des années 2010 et 2011 enregistrées pour région d'étude de Cap-Djinet.

Tableau 6 - Précipitations mensuelles en mm des années 2010 et 2011 au niveau de la station de Cap-Djinet.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Tota.
2010	77,7	51,1	87,8	54,3	24,9	19,1	1,3	13,6	64	129,4	121,2	83,1	727,5
2011	76,4	132,7	33,2	86,2	104,6	40,3	0,00	0,1	33,1	98,5	137,7	85,7	828,5

(O.N.M., 2010; 2011).

Les résultats des deux années montrent une irrégularité dans le volume des précipitations. Les précipitations mensuelles enregistrées dans cette zone montrent que l'année 2010 est moins pluvieuse que 2011 avec un total annuel qui est respectivement de

727,5 mm et 828,5 mm. Le mois le plus pluvieux en 2010 est octobre avec 129,4 mm. Par contre en 2011, le maximum des précipitations est enregistré au mois de novembre avec 137,7 mm. Le mois le plus sec est juillet avec 1,3 mm en 2010 et avec une absence totale des pluies en 2011 (Tab. 7).

Les valeurs des précipitations mensuelles en mm des années 2000 et 2001 de la région de Béjaia sont indiquées dans le tableau 7 suivant :

Tableau 7 - Total des précipitations mensuelles en mm des années 2000 et 2001 de la station région de Béjaia.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
2000	72,9	21,7	13,9	27,3	53,6	5,6	1,4	00	13,0	76,5	30,9	65,6	382,4
2001	212	68	9	66	37	00	00	12	47	3	104	71	629

(O.N.M., 2001)

Pour l'année 2001, le mois le plus pluvieux est janvier avec une valeur de 212 mm et les mois les moins pluvieux sont juin et juillet avec 0 mm. Par ailleurs, un total de 382,4 mm est enregistré pour l'année 2000 et 629 mm pour l'année 2001 (Tab. 7).

- Dans le tableau 8 ci-dessous, sont mentionnées les précipitations mensuelles en mm de l'années 2010 enregistrées pour région d'étude de Boughezoul.

Tableau 8 – Cumul des précipitations mensuelles de l'année 2010 enregistré au niveau de la station de Boughezoul.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Tota.
2010	13,9	48,7	22	5,6	34,1	9,5	0	21	2,5	40,9	11,3	5,8	215,3

Au niveau de la station de Boughezoul, le cumul des précipitations enregistrées en 2010 est de 215,3 mm. Le taux le plus élevé est obtenu pour le mois de février avec 48,7 mm ; alors que le mois le plus sec est juillet avec 0°C (Tab 8).

1.2.5. Synthèses bioclimatiques

Pour la région méditerranéenne les synthèses climatiques les plus utilisées sont celles de Gaussen et Bagnouts, et Emberger.

1.2.5.1. Les diagrammes ombrothermiques des différentes stations d'étude

Pour Gaussen et Bagnouts, les mois secs sont ceux pour lesquels la pluviosité exprimée en millimètres est inférieure au double de la température exprimée en degré Celsius. La période sèche est constituée par plusieurs mois secs consécutifs (Ozenda, 1958).

Les diagrammes ombrothermiques de Dar El Beida pour les années 1996 – 1997 sont représentés dans les figures 5 et 6, ceux de Béjaia pour 2000 et 2001 sont représentés dans les figures 7 et 8. Les figures 9 et 10 sont relatives à ceux de Cap-Djinet et la figure 11 à Boughezoul.

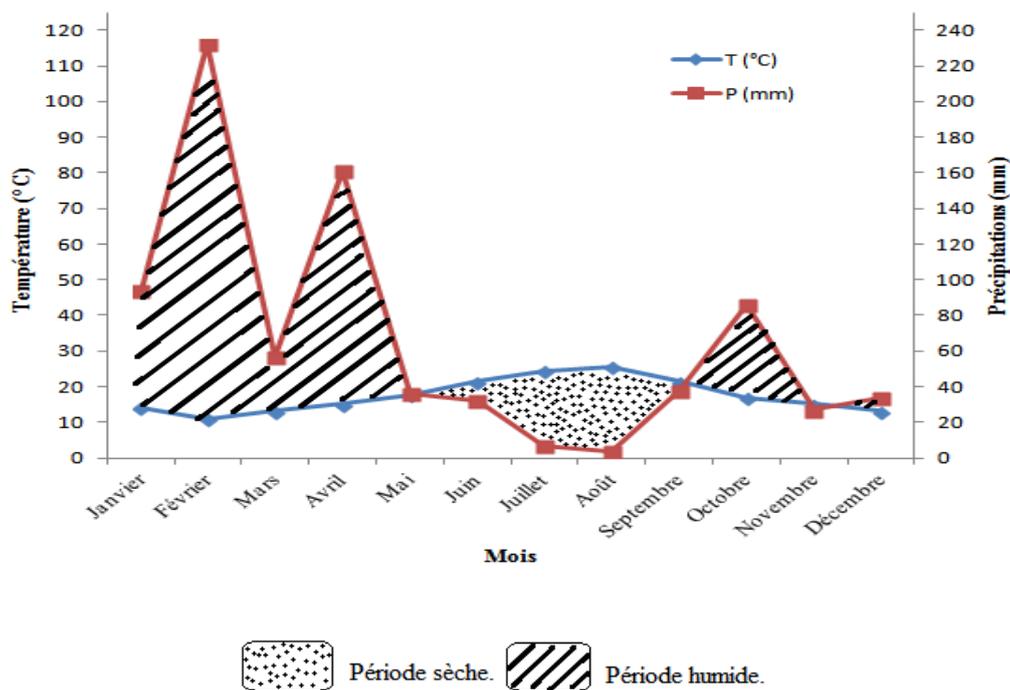


Fig. 5 - Diagramme ombrothermique de Gaussen de la station de Dar El Beida durant l'année 1996

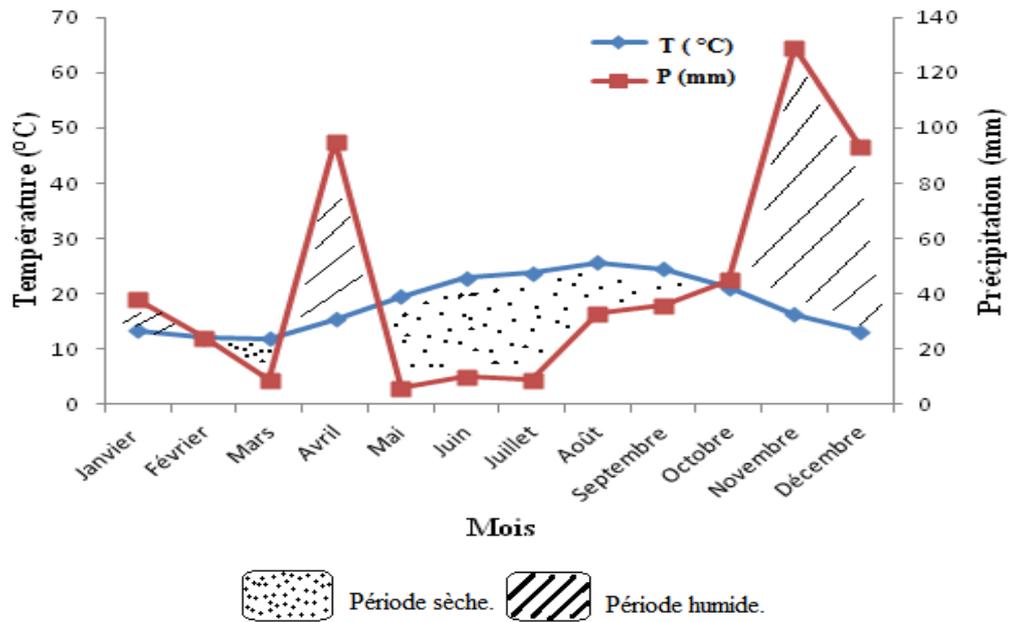


Fig. 6 - Diagramme ombrothermique de Gaussen de la station de Dar El Beida durant l'année 1997

Les diagrammes ombrothermiques ci-dessus nous renseignent sur la saison sèche de la Mitidja calculée pour les périodes 1996 et 1997. En effet, celle-ci s'étale en 1996 du mois de mai jusqu'à la fin du mois de septembre (Fig.5). Alors qu'en 1997, la même saison apparaît du mois de février jusqu'au début du mois de mars, puis elle réapparaît plus longue du début mai jusqu'à la mi-octobre. Nous constatons que la durée de cette saison est plus importante pendant l'année 1997 (Fig.6).

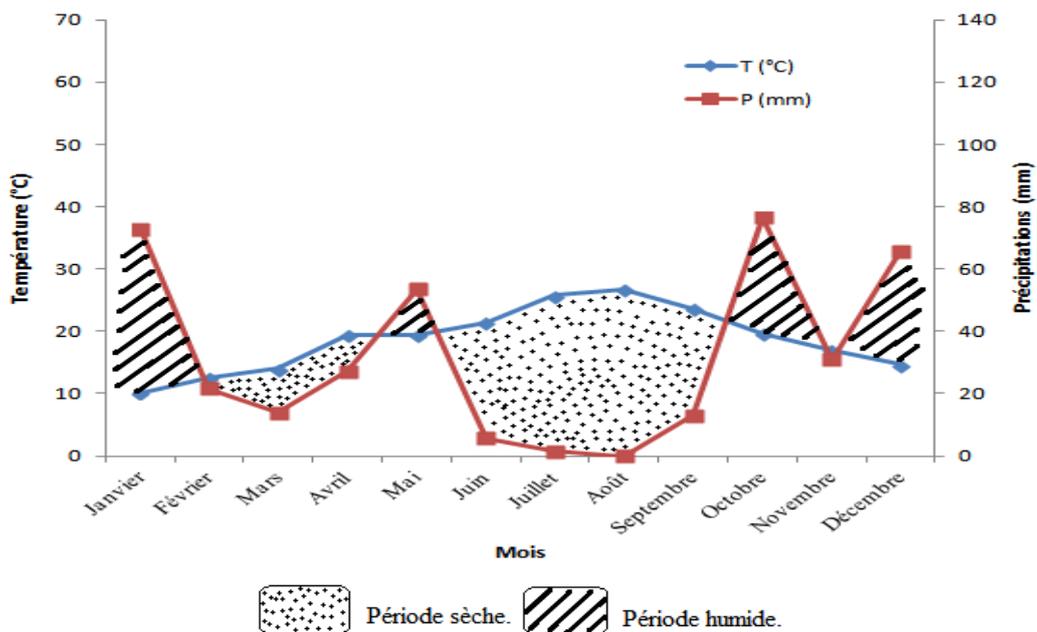


Fig. 7 - Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Béjaia durant l'année 2000

D'après le diagramme ombrothermique ci-dessus (Fig. 7), nous remarquons que la saison sèche s'étale du mois de février jusqu'au mois d'octobre. Celle-ci est entrecoupée par une période humide de pratiquement 1 mois, qui commence en fin avril et se termine en mi mai.

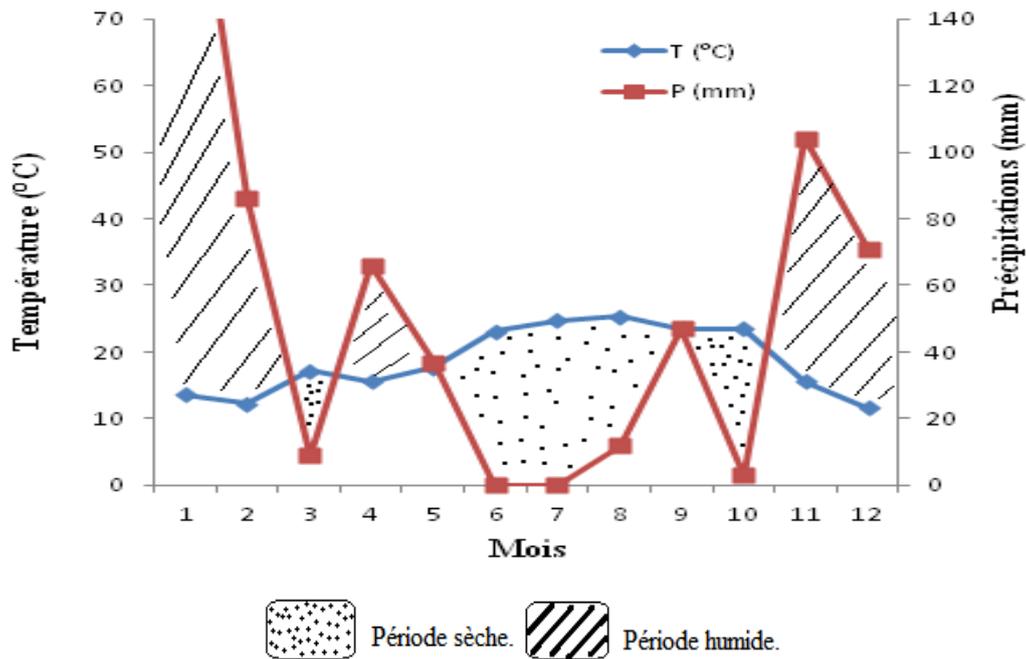


Fig. 8 - Diagramme ombrothermique de Gausson de la station de Béjaïa pour l'année 2001.

Selon la figure 8, nous constatons que la saison sèche calculée pour la région de Béjaïa pour l'année 2001 commence du début mars jusqu'à la fin octobre. Cette saison est entrecoupée par une période humide de deux mois, débutant en fin mars pour se poursuivre jusqu'à la fin mai.

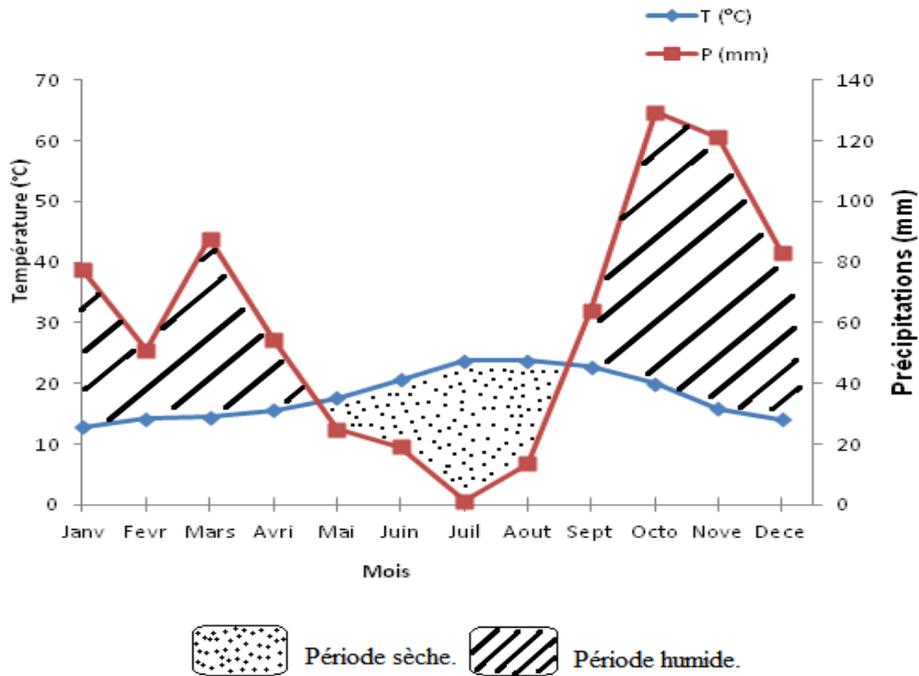


Fig. 9 - Diagramme ombrothermique de Gaussen de la station de Cap-Djinet pour l'année 2010.

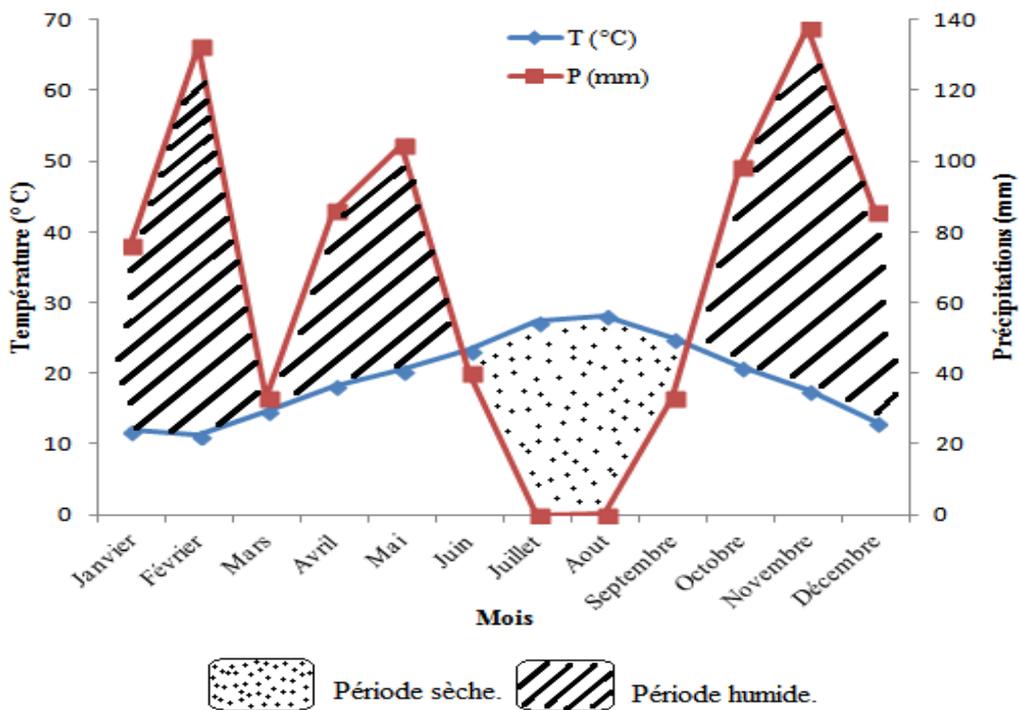


Fig. 10 - Diagramme ombrothermique de Gaussen de la station de Cap-Djinet pour l'année 2011.

Le diagramme ombrothermique de la région de Cap-Djinet tracé pour l'année 2010 montre une période sèche qui s'étale sur quatre mois. Elle s'étend de la fin du mois d'avril jusqu'à la fin du mois d'août. La période humide est très longue atteignant 8 mois, elle

s'étend de la mi-août jusqu'à la mi-avril (Fig.9). En outre, nous remarquons dans la même station qu'en 2011 la saison sèche commence du mi juin jusqu' à la fin du mois de septembre donc occupe une période de 3 mois, et les autres mois de l'année présentent la saison humide (Fig. 10).

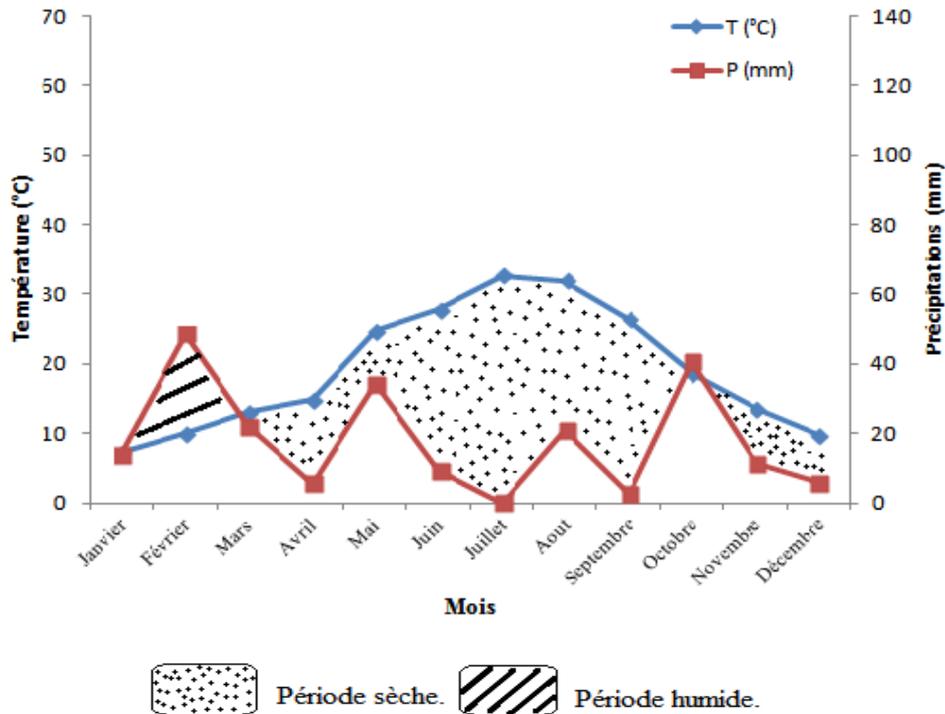


Fig. 11 - Diagramme ombrothermique de Gaussen de la station du Barrage de Bougezhoul pour l'année 2010.

Le diagramme ombrothermique de l'année 2010 calculé pour la station Bougezhoul révèle une courte saison humide qui s'étale sur une période de deux mois seulement, du début janvier jusqu'au début mars. Les autres mois de l'année marquent la saison sèche ; celle-ci dure pratiquement 10 (Fig. 10).

1 – 2 - 5 – 2 - Climagramme d'Emberger :

D'après Ozenda (1958), Emberger a démontré que l'aridité dépend de l'amplitude thermique annuelle, c'est-à-dire de l'écart entre la température maximale du mois le plus chaud et la température minimale du mois le plus froid. Il a proposé d'exprimer l'aridité par la formule suivante : $Q = (P / 2(M + m / 2) (M - m)) \times 100$.

Cette formule appelée le quotient pluviométrique, a été modifiée par Stewart (1969) afin de faciliter les calculs. Donc : $Q = 3,43 \times P / M - m$.

P : Total des précipitations en millimètres.

M : Moyenne des températures du mois le plus chaud exprimée en degré Celsius.

m : Moyenne des températures du mois le plus froid exprimée en degré Celsius.

La valeur du quotient pluviométrique « Q » de Dar El Beida calculé sur une période de 25 ans, de 1977 à 2001 est égale à 78,51 pour une température minimale de 5,1 °C. En rapportant cette valeur sur le climagramme d'Emberger nous constatons que les stations d'étude Baba-Ali El Harrach et Ain-Taya se situent dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré (Fig. 12).

A Cap-Djinet la valeur du quotient pluviométrique d'Emberger calculée pour une période de 10 ans allant de 2003 à 2012 est de 168,04 pour une température minimale de 8,9 °C. Cette valeur reportée sur le climagramme d'Emberger montre que la région de Cap-Djinet se situe dans l'étage bioclimatique humide à hiver chaud (Fig.12).

Pour la région de Béjaïa, la valeur du quotient sur une période 10 ans, précisément de 1990 à 2000 est de 99,31 pour une température minimale de 7,3 °C. Béjaïa se situe donc dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver chaud. Par ailleurs, nous notons pour la région de Boughezoul sur une période qui s'étale de 2001 à 2012, une valeur du quotient de 21,03 pour une température minimale de 2,6 °C. Cette région est ainsi située dans l'étage bioclimatique aride à hiver frais (Fig.12).

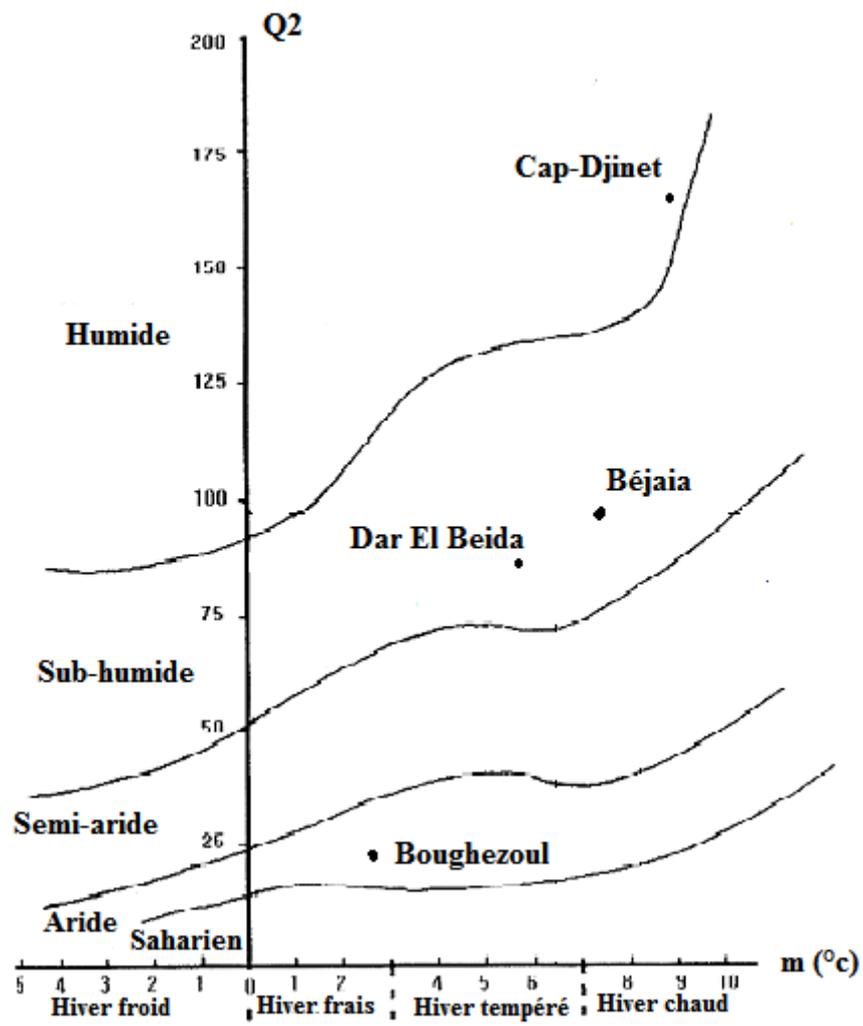


Fig. 12 - Place des régions d'étude dans le climagramme pluviothermique d'Emberger.

Chapitre II

Matériel et

méthodes

Chapitre II - Matériel et méthodes de travail

Nous allons aborder dans ce chapitre le choix et la description des stations d'étude. Ensuite, le matériel et les différentes méthodes utilisés dans l'étude de la faune orthoptérique, et dans l'étude histophysiologique du tube digestif des acridiens alimentés avec les feuilles d'*Inula viscosa* et traités par *Bacillus thuringiensis* et par l'huile essentielle de l'*Origanum glandulosum*. Ainsi que la méthodologie d'exploitation des résultats.

2.1. Description des stations d'étude

2.1.1. Les stations de la Mitidja

L'étude de l'orthoptérofaune a été réalisée dans trois milieux différents ; deux agrosystèmes, l'un est situé à Baba-Ali et l'autre à Ain-Taya. Le troisième milieu est représenté par le jardin botanique de l'Ecole National Agronomique d'El Harrach.

2.1.1.1. La station de Baba-Ali

Au niveau de cette station la parcelle choisie est une jachère située entre deux parcelles cultivées. Elle est limitée à l'est par un verger de pêcher, au sud et à l'ouest par des parcelles de vignes. Cette station est caractérisée par une végétation herbacée dont l'espèce la plus dominante est *Cynodon dactylon* (Poaceae), les autres espèces végétales occupent une place beaucoup moins importante en nombre et leur répartition est surtout hétérogène (Tab. 9). Le milieu échantillonné présente une pente de 10%, exposition ouest et sur une altitude entre 20 et 60 m (Fig. 13).



Fig. 13 – Localisation de la station de Baba-Ali (Google map)

2.1.1.2. La station d'El Harrach

La station d'El Harrach est représentée par le parc de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique. Le milieu d'échantillonnage est le jardin botanique. Ce dernier regroupe toute une collection de plantes. Le pourtour est occupé par les arbres, et au centre se trouve un petit bassin d'eau entouré par plusieurs espèces de plantes herbacées et arbustives (Tab. 9). Ce milieu est caractérisé par une altitude de 20 m, une pente de 0% et une exposition nord (Fig. 14).

2.1.1.3. La station de Ain-Taya

Au niveau de cette station, la parcelle choisie est une friche située à proximité des terrains cultivés. Ces derniers sont occupés par la pomme de terre et la laitue pendant la période automnale et hivernale ; puis par la tomate, l'aubergine et le piment pendant la fin de la période printanière et la période estivale. Cette parcelle est également caractérisée par une végétation herbacée dont l'espèce la plus dominante reste toujours *Cynodon dactylon* (Tab. 9). La parcelle échantillonnée est sur une altitude de 20m, une pente de 0 % et une exposition nord (Fig. 15).

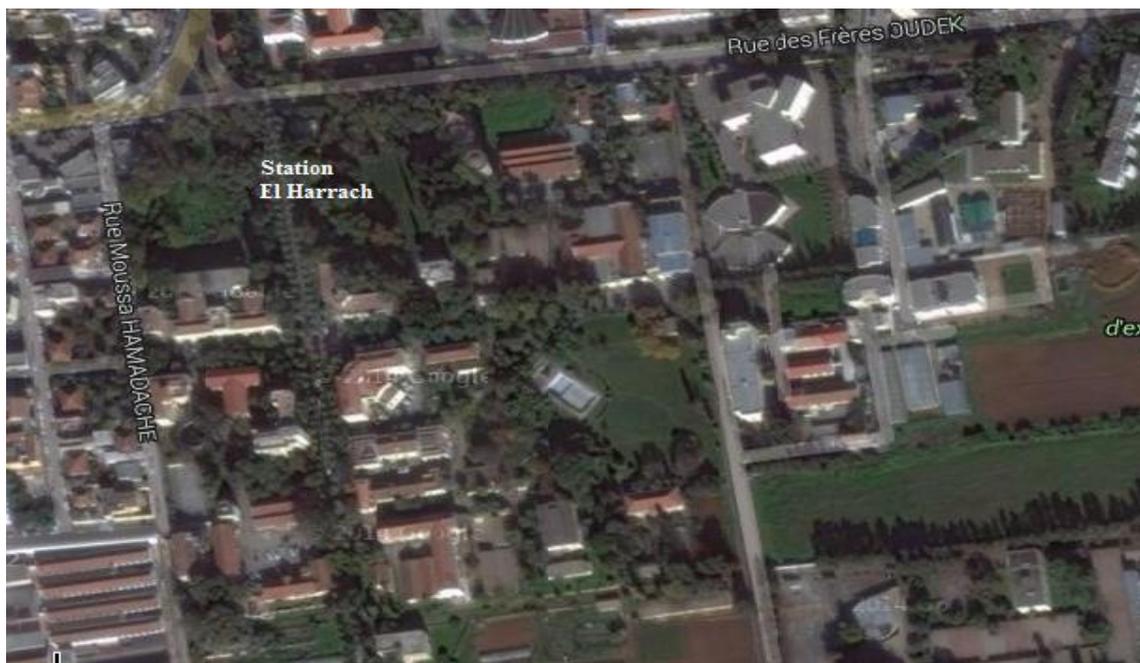


Fig. 14 – Localisation de la station d'El Harrach (Google map)



Fig. 15 – Localisation de la station de Ain-Taya (Google map)

- Les principales espèces recensées dans les trois stations d'étude de la Mitidja sont regroupées dans le tableau 9 suivant :

Tableau 9 - Liste des principales espèces végétales recensées dans les stations d'étude : Baba-Ali, El Harrach et Ain-Taya.

- Familles :	- Espèces :	Baba-Ali	El Harrach	Ain-Taya
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> L.	+	-	+
	<i>Fragmites australis</i>	-	+	-
	<i>Avena alba</i> Vahl	-	-	+
	<i>Avena sterilis</i> L.	+	-	-
	<i>Avena sp</i>	+	+	-
	<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Huds)	-	-	+
	<i>Lolium multiflorum</i> L.M.K.	-	-	+
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	+	-	+
Amarantaceae	<i>Amaranthus angustifolius</i> L.M.K.	+	-	-
Brassicaceae	<i>Sinapis arvensis</i> L.	+	+	-
Violaceae	<i>Viola odorata</i> L.	-	+	-
Malvaceae	<i>Lavatera cretica</i> L.	-	+	-
	<i>Lavatera trimestris</i> L.	+	-	-
Convolvulaceae	<i>Convolvulus althaeoides</i> L.	-	+	+
	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	+	-	+
Scophulariaceae	<i>Verbascum sinuatum</i> L.	-	-	+
Oxalidaceae	<i>Oxalis pes-caprae</i>	+	+	+
Apiaceae	<i>Eryngium compestris</i> L.	-	+	-
Boraginaceae	<i>Heliotropium europaeum</i> L.	-	+	+
	<i>Cynoglossum creticum</i> Miller	-	+	-
Solanaceae	<i>Cistrum factidum</i>	-	+	-
	<i>Solanum nigrum</i> L.	+	-	-
Verbinaceae	<i>Verbena officinalis</i> L.	-	+	-

	<i>Lantana camara</i> L.	-	+	-
Lamiaceae	<i>Teucrium fruticans</i> L.	-	+	-
	<i>Calamintha menthifolia</i> Host.	-	+	-
	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	-	+	-
	<i>Salvia officinalis</i> L.	-	+	-
	<i>Origanum majorana</i> L.	-	+	-
Oleaceae	<i>Phillyrea medea</i> L.	-	+	-
	<i>Olea europaea</i> L.	-	+	-
Rubiaceae	<i>Paederia foetida</i> L.	-	+	-
Asteraceae	<i>Picris echioides</i> L.	-	+	-
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	-	+	-
	<i>Andryala integrifolia</i> L.	-	-	+
	<i>Calendula arvensis</i> L.	-	-	+
	<i>Erigeron canadensis</i> L.	-	+	+
	<i>Erigeron bonariensis</i> L.	-	+	-
	<i>Santolina eu-chamaecyparissus</i> P.F.	-	+	+
	<i>Senecio mikanoides</i> Otto.	-	+	-
	<i>Tithonia tagetiflora</i> Desf.	-	+	-
	<i>Carthamus caeruleus</i> L.	-	+	-
	<i>Chrysanthemum rubellum</i>	-	+	-
	<i>Chrysanthemum coronarium</i> L.	+	-	-
	<i>Xanthium cavanillesii</i> Schoum	+	-	-
	<i>Urospermum picoides</i> (L.)	+	-	-
	<i>Cichorium intybus</i> L.	+	-	-
Rosaceae	<i>Rosa sp</i>	-	+	-
Total : 19	48	14	30	14

2.1. 2. La station de Cap-Djinet

La station choisie se situe au niveau de la ferme pilote de Boumlih (36° 49' N, 3° 42'E). Le milieu en question est un agroécosystème où se trouve diverses variétés d'Oliviers et d'autres arbres fruitiers. Malgré que la vocation de cette station soit l'oléiculture, des parcelles sont souvent destinées à la céréaliculture et très peu d'entre elles aux maraichages. Les autres parcelles sont quasiment laissées en jachère présentant ainsi une végétation très diversifiée (Tab. 10, Annexe 1) (Fig.16).



Fig. 16 - Station Cap-Djinet présentant un milieu en jachère près du bâtiment administratif.

2.1.3. Les stations de la région de Béjaia

Afin d'étudier la diversité orthoptérique de la région de Béjaia, trois milieux différents ont été prospectés. Ces derniers sont représentés par une friche et un verger d'agrumes situés à Tchy, et une Garrigue localisée au niveau du Parc National de Gouraya.

2.1.3.1. Station friche (Tichy)

Cette station est représentée par une friche située à 6 km à l'ouest du chef lieu de la daïra de Tichy. Elle s'étend sur une superficie de plus de 100 ha, à une altitude d'environ de 1,75m au dessus du niveau de la mer. Le tapis végétal de notre station est représenté par une strate herbacée très homogène. Les principales espèces rencontrées sont : *Ammi majus*, *Echium plantagineum*, *Oryzopsis miliacea*, *Avena sativa* et *Inula viscosa* (Fig. 17).

2.1.3.2. La station verger d'agrumes (Tichy)

La deuxième station se localise à proximité du village d'El Maghra, toujours dans la daïra de Tichy. Le milieu en question est un verger d'agrumes qui s'étend sur une superficie de 300 ha, à une altitude de 2m au dessus du niveau de la mer. Cette station est caractérisée par une strate arborescente qui est formée d'une seule espèce ; le Citronnier, *Citrus limon* avec une hauteur moyenne de 3 à 4,5 m. La strate herbacée est très dense, peut même dépasser les 1 m. Elle est composée des principales espèces suivantes : *Rhaphnus raphanistrum*, *Lavatera cretica* et *Fumaria capreolata* (Fig. 18).

2.1.3.3. La station garrigue (Gouraya)

La station garrigue est située au sud-est du Parc National de Gouraya. Elle est limitée au nord par la montagne de Gouraya et au sud par la ville de Béjaïa, avec une altitude de 200 à 300 m. En général, la garrigue présente une formation buissonnante. Le tapis végétal de cette station est caractérisé par la dominance de *Pistacia lentiscus*, *Callicotome spinosa*, *Cistus monspelliensis*, *Galactites tomentosa* et *Rubus ulmifolius* (Fig. 19).



Fig. 17 – Région d'El Maghra (Béjaïa) présentant le milieu Friche.



Fig. 18 – Région d’El Maghra (Béjaia) présentant le verger d’agrumes (Google map)



Fig. 19 – Le Parc National de Gouraya (Béjaia) présentant la station garrigue

2.1.4. La station du Barrage de Bougezoul

Le site d'échantillonnage est situé aux bords du Barrage de Bougezoul. Il s'agit d'un milieu semi ouvert formé d'une strate arborescente à base de Pins d'Alep et de quelques arbres d'Eucalyptus et de Cyprès. La strate herbacée est à dominance de Poacées, notamment d'*Oryzopsis miliacea* Linné, d'*Avena alba* et de *Fragmites communis* (Fig. 20 et 21).



Fig. 20 – Limite du milieu échantillonné avec l'eau du barrage de la station de Bougezoul



Fig. 21 – Présentation de la parcelle échantillonnée au niveau du barrage de Boughezoul

2.2. Matériel et méthodes utilisés pour l'étude bioécologique des Orthoptères

2.2.1. Matériel utilisé sur terrain

Le principal matériel utilisé sur terrain pour capturer les Orthoptères de toutes espèces confondues est le suivant :

- Une ficelle de 12 m de long munie de quatre bâtons en bois un tous les trois mètres, pour délimiter les quadrats de 3 m de côté (9 m²).
- Un filet fauchoir utilisé surtout pour la capture des insectes adultes.
- Des sachets en plastique utilisés pour le transport des individus jusqu'au laboratoire. Ils peuvent aussi servir pour la capture des larves des premiers stades.
- Des sachets en papier pour transporter les relevés floristiques.
- Un carnet pour noter les observations faites sur le terrain.
- Un thermomètre pour noter la température au niveau du sol ou de la végétation.

2.2.2. Matériel utilisé au laboratoire pour la détermination et la conservation des Orthoptères

Le matériel utilisé au laboratoire pour la détermination et la conservation des Orthoptères échantillonnés est le suivant :

- Une loupe binoculaire ; pour l'observation des critères morphologiques de détermination.
- un étaloir, une pince et des épingles entomologiques pour étaler et fixer les individus à conserver.
- Une boîte de collection et du paradichlorobenzène pour mieux conserver les individus et empêcher leur dégradation.
- Des clés dichotomiques, des ouvrages de reconnaissance d'Orthoptères ainsi que les collections du département de Zoologie agricole et Forestière de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach, sont utilisés dans la détermination des espèces

2.2.3. Méthode d'échantillonnage et de détermination des espèces orthoptériques

Pour Voisin (1980), il faut recueillir des échantillons aussi représentatifs que possible de la faune des stations où l'on travaille, afin de mieux connaître les effectifs et les proportions des différentes espèces. Pour cela la méthode utilisée est celle du dénombrement sur quadrats. Dreux (1972), signale que la méthode la plus subjective consiste en la capture de toute la faune qui se trouve sur une surface donnée. A l'aide d'un filet fauchoir, on fauche la surface choisie plusieurs fois et on récupère toute la faune qui sera ensuite soigneusement prélevée dans un filet. Quelques adultes se déplacent souvent hors quadrats. Ils seront capturés sans être endommagé à l'aide d'une tapette à maille fine fixée à un manche (cope). Pour l'identification des espèces orthoptériques, nous avons utilisé les ouvrages de certains auteurs tels que Chopard (1943), Lecoq (1988), Louveaux *et al.* (2013) .., ainsi que la collection d'insectes Orthoptères du département de Zoologie Agricole et Forestière de l'ENSA. La confirmation de certaines espèces a été faite par le Professeur DOUMANDJI Salaheddine.

2.3. Méthode d'exploitation des résultats

Les résultats obtenus de l'étude de l'orthoptérofaune de quelques localités en Algérie sont tout d'abord exploités par des indices écologiques, puis soumis à une analyse factorielle des correspondances.

2.3.1. Calcul de la richesse totale et moyenne spécifique

La richesse totale d'une biocénose correspond à la totalité des espèces qui la composent. La richesse moyenne spécifique correspond au nombre moyen d'espèces présentes dans un échantillon (Ramade, 1984).

Donc : $R_s = \sum S / N$

R_s : la richesse moyenne spécifique

N : nombre de relevés

S : la richesse totale.

2.3.2. Calcul de la fréquence relative

La fréquence relative est le pourcentage d'individus d'une espèce par rapport au total des individus. Elle peut être calculée pour un prélèvement ou pour l'ensemble des prélèvements d'une biocénose (Dajoz, 1971).

Elle est désignée par le pourcentage suivant : $F (\%) = n_i / N \times 100$.

Où n_i est le nombre d'individus pour une espèce donnée ; N est le nombre total des individus.

2.3.3. Calcul de la fréquence d'occurrence (Constance)

La fréquence d'occurrence (F_o) ou la constance (C) est le rapport entre P qui est le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée, sur R qui est le nombre de relevés effectué, multiplier par 100 (Dajoz, 1982).

Duriet in Moulai (1997) retient cinq classe de constance selon la valeur de la fréquence d'occurrence.

- L'espèce est dite omniprésente si $75\% < F_o \leq 100\%$.
- L'espèce est constante si $50\% < F_o \leq 75\%$
- L'espèce est régulière si $25\% < F_o \leq 50\%$
- L'espèce est accessoire si $5\% < F_o \leq 25\%$
- L'espèce est rare si $F_o \leq 5\%$

2.3.4. Indice de diversité de Shannon-Weaver

Selon Ramade (1984), parmi les indices de diversité les plus utilisés, on note celui de Shannon-Weaver donné par la formule suivante :

$$H \text{ (bits)} = -\sum q_i \log_2 q_i$$

d'où $q_i = n_i / N$ est la probabilité de rencontrer l'espèce de rang i , n_i est l'effectif de chaque espèce dans l'échantillon et N est la somme des n_i toutes espèces confondues.

2.3.5. L'équitabilité

Indice d'équitabilité (E) ou l'équirépartition correspond au rapport de la diversité observée (H) à la diversité maximale (Hmax) exprimé en bits (Blondel, 1979).

La diversité maximale $H_{\max} = \log_2 S$ ou S est la richesse totale. Selon Ramade (1984), E tend vers zéro quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement, et E tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus.

2.3.6. Analyse factorielle des correspondances

L'analyse factorielle des correspondances est une méthode descriptive. Elle a pour objet la représentation avec le minimum de perte d'informations dans un espace à deux ou trois dimensions d'un ensemble de points, appartenant à un espace à n dimension (Ramade, 1984). D'après Daget et Poissonet (1978), l'observation du graphique peut donner une idée sur l'interprétation des facteurs et montrer quelles variables sont responsables de la proximité entre telle ou telle observation.

2.4. Matériel et méthodes utilisés pour l'étude histophysiologique du tube digestif des acridiens traités par *Bacillus thuringiensis* et par l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum*, et ceux alimentés par *Inula viscosa*.

2.4.1. Choix des insectes traités

Les espèces acridiennes étudiées sont le criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* et le criquet farouche (ou l'oedipode automnale), *Aiolopus strepens*.

2.4.1.1. *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

Le criquet pèlerin (Fig. 22) a fait objet de cette expérimentation, car il s'agit d'une espèce considérée depuis longtemps comme le principal ravageur pour de nombreux pays d'Afrique et du proche et du moyen orient. Depuis des siècles, les invasions de *S. gregaria* se sont succédées à un rythme élevé (PRIFAS, 2001). En matière de lutte contre les locustes, le problème de *S. gregaria* n'est pas encore résolu, sachant qu'elle présente un habitat permanent étant solitaire et un autre beaucoup plus vaste étant grégaire. Ce dernier est plus difficile à contrôler de façon efficace (Ben Hamouda, S.D.). Nous voulons apporter notre contribution dans la lutte contre ce ravageur, en vérifiant l'action de certains agents biologiques sur l'histophysiologie du tube digestif de cet insecte.

- La figure 22 présente une photo d'un adulte de *Schistocerca gregaria* utilisé dans notre expérimentation.



Fig. 22 - Adulte de *S. gregaria* (Forskål, 1775) (Original).

Nous avons travaillé sur les adultes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae) issus d'un élevage de masse au service d'acridologie de l'Institut National de Protection des Végétaux d'El Harrach.

2 – 4 – 1 – 2 - *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804)

Nous avons choisi de travailler sur *Aiolopus strepens* (Orthoptera, Oedipodinae), car cette espèce fréquente beaucoup les agroécosystèmes où elle présente souvent des effectifs élevés par rapport aux autres Orthoptères. Elle peut même provoquer des dégâts occasionnels sur différentes cultures (maraichères ou céréalières) si l'espèce n'est pas bien contrôlée. En Mitidja, Hamadi (1998) rapporte que les larves de cette espèce sont recensées lors de deux périodes différentes de l'année, ce qui prouve qu'il s'agit d'une espèce bivoltine. Benrima (1993), a noté qu'*A. strepens* a consommé la vesce-avoine à raison de 40 % durant les mois de juin et juillet, et aux mois d'août et septembre, une déprédation de cette espèce a été notée sur la culture de tomate à Soumâa. Plusieurs autres auteurs ont signalé la présence d'*A. strepens* sur les milieux cultivés ; à savoir, Zergoun (1994) dans la région de Ghardaia, Touati (1996) à Birkhadem et Menzer (1997) à Bordj El Kiffan (Fig. 13).

Les individus utilisés dans notre expérimentation ont été échantillonnés au niveau du campus de l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene de Bab ezzouar. La figure 23 présente l'espèce *Aiolopus strepens* à l'état adulte.



Fig. 23 - *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804)

(insect.org)

2.4.2. Choix de la bactérie

La bactérie choisie est *Bacillus thuringiensis*. C'est une bactérie aérobie facultative, Gram positive. Elle fait partie d'un groupe des six bacilles rassemblés sous le terme «groupe *Bacillus cereus*» ; il s'agit de *Bacillus anthracis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus mycoïde*, *Bacillus pseudomycoïdes*, *Bacillus weihenstephanensis* et *Bacillus thuringiensis*. À l'état végétatif, *Bacillus thuringiensis* a la forme d'un Bacille rectiligne à extrémité carrée ou arrondie, d'une taille qui varie de $0,5 \times 1,2 \mu\text{m}$ jusqu'à $2,5 \times 10 \mu\text{m}$ (Helassa, 2008). Elle est mobile grâce à une ciliature péritriche, sporulant et ayant des propriétés de résistance à la chaleur et à la déshydratation (Castella, 2008). Abderrahmani (2011) signale qu'après 24h d'incubation à une température égale à 30°C sur gélose nutritive ordinaire, *B. thuringiensis* se présente sous forme de colonies rondes, plates, granuleuses, à bord irréguliers, opaques et de couleur blanchâtre.

- La figure 24 représente la solution bactérienne utilisée dans notre expérimentation.



Fig. 24 - La suspension bactérienne de *B. thuringiensis* souche FR4.

Selon la classification de Bergy (2001), *Bacillus thuringiensis* appartient au :

Règne : Bacteria.

Phylum : Firmicutes.

Classe : Bacilli

Ordre : Bacilliales

Famille : Bacillaceae

Genre : *Bacillus*

Espèce : *Bacillus thuringiensis*.

Quatre types de toxines peuvent être isolés de souches de *B. thuringiensis*, les α -exotoxines ; β - exotoxines ; δ -endotoxines et γ -exotoxines. Au moins une centaine de gènes codant pour ces différentes toxines ont été répertoriées et c'est l'un des rares exemples de famille multigénique chez une bactérie. Ces gènes sont portés par des plasmides transférables, ce qui augmente les possibilités pour une souche de produire des toxines de types différents et donc de changer son spectre d'hôte (Klier, 2007).

L'un des caractères les plus intéressants de *B.thuringiensis* réside dans la majorité des cas dans sa haute spécificité vis-à-vis non seulement d'un ordre d'insecte donné, voire quelques espèces proches. Les ordres concernés les plus importants sont ceux des Lépidoptères, les Diptères et les Coléoptères. Cependant, il a été isolé des souches actives sur d'autres ordres d'insectes comme les Hyménoptères, les Homoptères, les Orthoptères, les Mallophages ; mais aussi sur des Nématodes et des Protozoaires qui peuvent également présenter des problèmes sur le plan agronomique ou sanitaire, (Helassa, 2008 ; Jean- Frédéric, 2008).

Les delta-endotoxines ne sont pas des insecticides de contact. C'est suite à une ingestion par les insectes sensibles que la toxine agit. Plusieurs étapes sont nécessaires avant que la toxine puisse acquérir son pouvoir (Fig. 25).

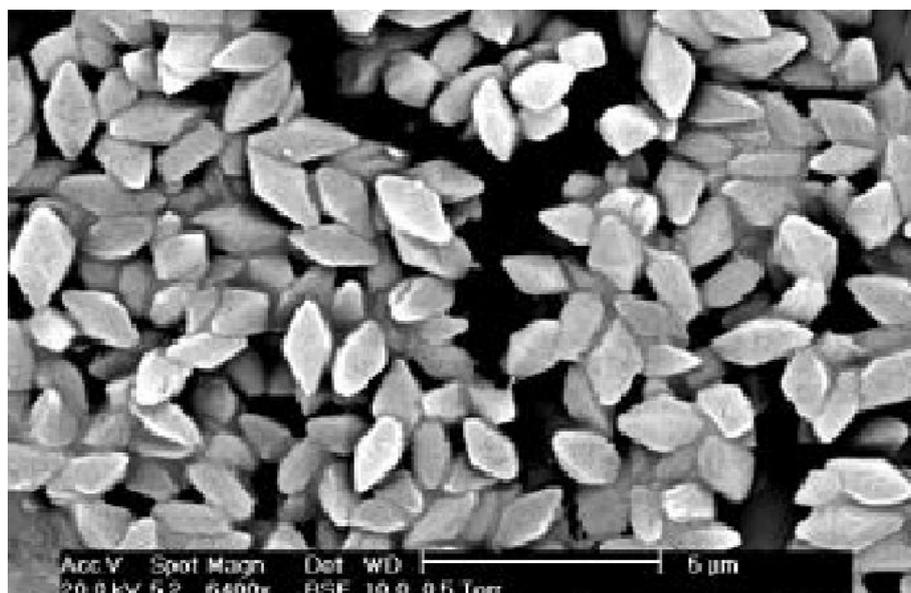


Fig. 25 – Cristaux protéique d'une forme sporulée de *Bacillus thuringiensis*

(Wikipedia.org)

- Solubilisation et activation :

Une fois ingérées, les protéines cristallines sont solubilisées dans l'intestin de l'insecte à un pH basique (10-12). Les protoxines libérées sont par la suite transformées en toxines actives après une lyse partielle par les enzymes du tube digestif.

-liaison sur le site récepteur :

La toxine activée traverse la membrane péritrophique, elle se fixe sur des récepteurs spécifiques, présent à la surface des microvillosités des cellules épithéliales de l'intestin moyen de l'insecte.

-formation des pores :

L'interaction toxines-récepteurs aboutit à la formation d'un pore dans la cellule cible. Cela entraîne une perturbation des échanges ioniques, une modification du pH intestinal, puis la lyse de la cellule épithéliale de l'intestin. Cette lyse provoque une paralysie du tube digestif de l'insecte qui cesse de s'alimenter et meurt affamé un à trois jours après l'ingestion du cristal (Drabo, 2005) (Fig. 26).

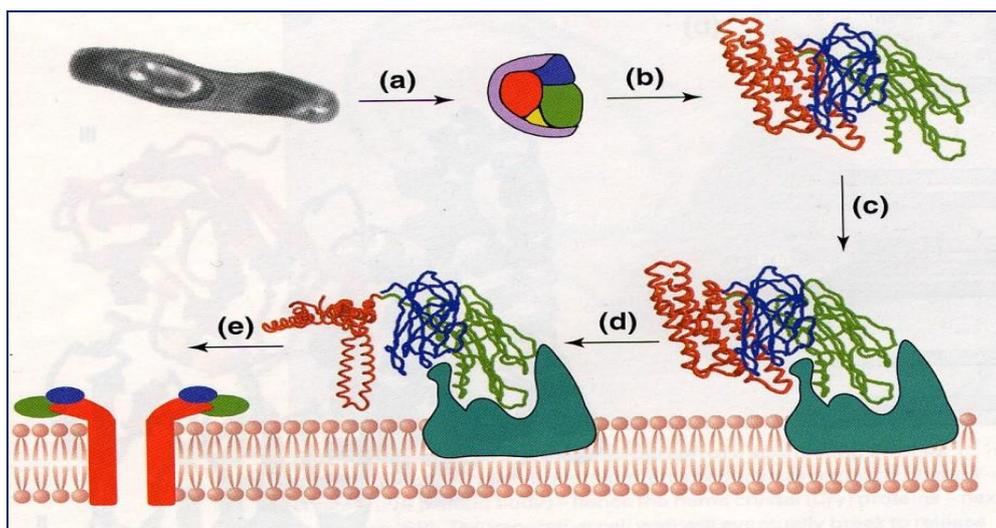


Fig. 26 : mode d'action du delta endotoxines de *Bacillus thuringiensis* (Vassal, 2004)

- (a) solubilisation. (b) activation. (c) et (d) liaison avec le site récepteur.
(e) formation des pores.

La bactérie utilisée dans notre expérimentation est une souche locale de *Bacillus thuringiensis* FR4 fournie par l'équipe du laboratoire de microbiologie de la Faculté des Sciences Biologiques de l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumedienne. La concentration utilisée est fixe est de 10^7 Cel. / mm^3 .

2.4.3. Choix des plantes acridifuges utilisées

2.4.3.1. *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter

Dittrichia viscosa (*Inula viscosa*) appelée communément مقرمان est une plante de la famille des Astéracées. Elle est visqueuse à odeur désagréable, ligneuse à la base. Elle présente un capitule plus petit en longue grappe pyramidale, sa hauteur varie de 0,5 à 1 m (Fournier, 1946) (Fig. 27). Selon Somon (1987), cette espèce est pionnière colonisatrice de terrain en friche .Elle contient une essence spéciale. Elle a été utilisée en tisanes et en bains contre le paludisme et les maladies des voies urinaires.

Au niveau du centre cynégétique de Zeralda, nous avons remarqué durant les mois d'octobre et novembre qu'*Inula viscosa* a été utilisé comme perchoir par les adultes et les larves d'*Anacridium aegyptium*. Les feuilles visqueuses de cette plante sont consommées avec voracité par les larves de cette espèce. Sachant que *D. viscosa* a montré des effets acridifuges et voir même acridicides (Hamadi 1998 ; Tail et Doumandji-Mitiche, 2006), nous voulons ainsi confirmer l'effet de cette plante sur les acridiens en vérifiant son action au niveau du tube digestif de ces insectes.



Fig. 27 - *Dittrichia viscosa* (Asteracea) (Original).

Cette plante a été collectée au niveau du campus de l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene de Bab ezzouar.

2.4.3.2. *Origanum glandulosum* (Desf)



Fig. 28 - *Origanum glandulosum* (Desf.) (Belyagoubi, 2005).

Origanum glandulosum appelé communément l'Origan <<Zâateur, الزعتر >> appartient à la famille des Lamiacées. C'est une plante herbacée, sous- ligneuse à la base. La première inflorescence est en épis réunis en inflorescences composées (Fig. 28).

Cette plante est utilisée dans les préparations culinaires et est considérée essentiellement comme une plante médicinale pour traiter les maladies sévères (Bekhchi et *al.*, 2008). Présentant ainsi des propriétés antitussif, aromatique, calmant, carminatif, digestif, tonique et antiseptique (Baba Aissa, 1999).

Les principaux constituants de l'huile essentielle d'Origan sont : thymol, carvacrol, linalol, bornéol, pinène, caryollène, résine, flavonoïdes, stérol ... Et le pourcentage des constituants majoritaires sont : la carvacrol(41,1%), le thymol(26,4%), le p-Cyméné(9,7%) (Belyagoubi, 2005).

L'extrait de l'huile essentielle de l'Origan utilisé dans notre expérimentation est obtenu par la méthode d'hydrodistillation réalisée au niveau du laboratoire de chimie de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach.

2.4.4. Méthode de traitement des individus de *S. gregaria* et d'*A. strepens*

L'expérience se déroule au laboratoire de l'entomologie de la Faculté des Sciences Biologique de l'Université des Sciences et de Technologie Houari Boumediene de Bab Ezzouar. Le principe consiste à mettre les individus à tester dans les mêmes conditions d'expérimentation. Ils sont placés dans une salle où la température ambiante est entre 25 et 30°C. La photopériode et l'humidité relative de l'air ne sont pas régulées.

2.4.4.1. Méthode utilisée pour traiter les individus d'*A. strepens* et de *S. gregaria* avec *B. thuringiensis* souche Fr4

- **individus témoins :**

Les témoins sont au nombre de 5 individus de *S. gregaria* et 10 individus d'*A. strepens* constituant un lot à part. Ils sont placés individuellement dans des petites cages grillagées et mis dans les mêmes conditions d'expérimentation que les individus testés. Aucun traitement bactérien ne leur sera appliqué.

- **Individus infestés :**

Les acridiens à traiter, comme les témoins sont mis individuellement dans des petites cages grillagées (Fig. 29). Le nombre d'individus à tester est égale à celui des témoins ; 5 individus pour *S. gregaria* et 10 individus d'*A. strepens*. La méthode de traitement est la suivante :

- Gavage ou forçage buccale : Il suffit de maintenir l'insecte sous la loupe binoculaire et à l'aide d'une seringue on lui fait ingérer 0,1 ml de la solution bactérienne à 10^6 spores /ml. L'insecte réagit à la présence du liquide par un réflexe de déglutition et d'absorption.
- Badigeonnage : Il s'agit de couvrir l'abdomen de l'insecte à l'aide d'un pinceau trempé dans la solution bactérienne.
- Badigeonner les feuilles offertes à l'acridien par une solution bactérienne à l'aide d'une pince fine stérilisée.

Suite à cette opération, différentes observations sont notées : comportement, alimentation, mortalité ...



Fig. 29 - Cage d'isolement des acridiens à tester.

2.4.4.2. Alimentation des adultes de *S. gregaria* par *D. viscosa* à l'état frais et par l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum*

Le principe consiste à mettre les individus de *S. gregaria* individuellement dans des cages pendant 24 heures pour qu'ils vident leur tube digestif des aliments déjà pris. Le premier test concrétisé consiste à alimenter les individus en leur donnant *I. viscosa* à l'état frais. Pour le deuxième test, les acridiens ont subi un forçage buccale (ou le gavage) en leur faisant ingérer une goutte de 0,1 ml de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum*. Les témoins sont nourris par les feuilles d'*Avena alba* Vahl (Poacées), qui est une plante très appréciée par les acridiens. La nourriture est renouvelée quotidiennement. Un total de 20 individus de *S. gregaria* a été utilisé dans notre expérimentation, soit 5 individus pour chaque test. Il est à préciser que le témoin de l'huile d'Origan a subi lui aussi un forçage buccal en lui ingérant 0,1 ml d'eau distillé. Pour chaque test, une étiquette est collée sur chaque cage où le nom de l'espèce est mentionné, la plante testée, la date et l'heure du début traitement.

2.4.5. Méthode d'étude histologique du tube digestif des deux espèces acridiennes testées

L'objectif de cette étude est d'établir une comparaison entre le tube digestif des témoins avec ceux des traités afin de mettre en évidence les effets toxiques de *Bacillus*

thuringiensis souche Fr4 et des plantes acridifuges testées sur la sphère digestive des espèces acridiennes choisies. Les différentes étapes de cette étude sont détaillées dans la figure 30.

2.4.5.1. Dissection

Une fois que l'individu est mort, les élytres et les ailes membraneuses ainsi que les deux paires de pattes antérieurs sont enlevés. L'incision se fait de la partie postérieure de l'abdomen vers la partie antérieure à l'aide des ciseaux ophtalmiques. La cuticule coupée est ensuite écartée et fixée sur un support de polyester par des épingles. Le tube digestif est dégagé délicatement de ses attaches et du corps gras de l'insecte et mis immédiatement dans le fixateur.

2.4.5.2. Fixation

C'est une étape essentielle et primordiale à l'étude histologique. Elle immobilise et conserve la structure cellulaire et tissulaire dans un état aussi proche que possible du vivant. Elle s'oppose aussi à l'autolyse des protéines en acidoamines sous l'action des enzymes cellulaires et protège contre les attaques bactériennes (Martoja et Martoja, 1967).

Nous avons utilisé comme agent fixateur le Bouin aqueux qui a plusieurs avantages. C'est un mélange d'acide picrique, du formol et de l'acide acétique. Le Bouin aqueux est un liquide fixateur topographique qui favorise l'observation de l'anatomie microscopique.

2.4.5.3. Inclusion

L'inclusion n'est pas un simple enrobage, mais une véritable imprégnation du tissu afin d'éliminer les molécules d'eau des pièces fixées qui sont hydratées et les traiter par différents solvants dans un ordre croissant. La paraffine est le milieu d'inclusion le plus répandu, son intérêt est chimiquement neutre, soluble dans de nombreux solvants et facile à couper au rasoir. Le procédé d'inclusion comprend les étapes suivantes:

- Déshydrations

La déshydrations est l'étape préliminaire avant l'imprégnation à la paraffine Elle a pour but d'éliminer totalement l'eau des tissus étudiés. Par conséquent, la pénétration de la paraffine sera facile car elle n'est pas miscible à l'eau. La déshydrations est achevée par deux bains de toluène ou bien un seul bain de butanol qui joue un rôle intermédiaire entre l'alcool et la paraffine. C'est un solvant organique soluble dans les deux composés (voir annexe 1).

- Imprégnation à la paraffine

L'imprégnation à la paraffine est effectuée dans une étuve réglée à 60° C (point de fusion de la paraffine). Les pièces anatomiques sont disposées dans un pilulier rempli d'un mélange de

paraffine et de butanol pendant une heure, puis dans deux bains de paraffine pure d'une heure chacun. Lorsque l'imprégnation à chaud est terminée, les pièces sont mises en bloc.

- Préparations des blocs

Les blocs sont construits grâce à un moule formé de deux barres de LEUCKART agencées correctement sur plaque de verre. On verse la paraffine fondue, filtrée au préalable dans le moule, la pièce anatomique à inclure sortie du dernier bain de paraffine est mise dans le moule à l'aide d'une pince chauffée, elle sera orientée selon le plan de la coupe que l'on doit réaliser. Ce moule comportera une étiquette mentionnant les références de la pièce anatomique. L'opération doit être rapide dans le but d'éviter la formation de bulles d'air.

2.4.5.4. Réalisation des coupes histologiques

2.4.5.4.1. Microtomisation et étalement des coupes

Le bloc de paraffine obtenu est taillé à l'aide d'un scalpel, afin d'éliminer le surplus de paraffine qui entoure l'organe, le but est l'obtenir un trapèze dont les bases sont rigoureusement parallèles. Le bloc taillé est fixé sur le port objet.

Les coupes sériées de 7 μm sont réalisées par le microtome. Les rubans des coupes sont étalés sur les lames propres avec l'eau gélatinée à 0.5%. L'ensemble lame plus coupes est disposé sur une plaque chauffante pour déplier les rubans et laisser ensuite à l'air libre pendant 24h pour le séchage.

2.4.5.4.2. Déparaffinage et réhydratation

Le déparaffinage consiste à éliminer le milieu d'inclusion. Les lames subissent ensuite la réhydratation qui consiste à effectuer dans un premier temps deux bains de toluène, puis six bains d'alcool éthylique décroissant (100°, 95°, 70°), enfin rinçage dans de l'eau distillée.

2.4.5.4.3. Coloration des coupes

La coloration permet de mettre en évidence les différents tissus formant l'organe en augmentant le contraste de différentes structures cellulaires. Dans notre étude nous avons utilisé deux colorations :

- **Coloration de Mallory**

Cette coloration est très utilisée pour les organes d'origine ectodermique. Elle permet la mise en évidence de la cuticule et ses différentes parties qui sont colorées en bleu. Elle permet aussi d'identifier le noyau grâce à la Fuchsine acide. Le collagène grâce au bleu d'aniline et le cytoplasme par l'organe «G».

- **Coloration de l'AZAN de HEIDENHEIN**

Cette coloration est utilisée pour la diversité des structures histologiques contrastées. Elle allie les avantages du bleu d'aniline en tant que colorant des fibres de collagène avec une coloration nucléaire solide. Les noyaux se colorent en rouge, le cytoplasme en jaune et les fibres musculaires se colorent en orange marron.

2.4.5.4.4. Déshydratation et montage des coupes

Les lames colorées passent successivement dans les bains d'alcool croissant suivis de deux bains de toluène ; les coupes sont montées entre lame et lamelle au baume de Canada (gouttes). Une pression est exercée sur la lamelle au cours du montage pour chasser les bulles d'air et éliminer l'excès de baume. Les montages sont conservés après séchage à l'air libre pour être ensuite observés sous microscope photonique. Des photographies seront prises à l'aide d'un appareil photographique numérique.

				
<i>Dissection</i>	<i>Fixation (Bain aqueux)</i>	<i>Déshydratation (Alcool)</i>	<i>Imprégnation à la paraffine</i>	<i>Coulage des blocs</i>
				
<i>Bloc étiquetés</i>	<i>Microtomisation</i>	<i>Ruban des coupes</i>	<i>Etalement et séchage</i>	<i>Déparaffinage et réhydratation</i>
				<i>Observation microscopique</i>
<i>Coloration (Azan de Heidenhain)</i>	<i>Réhydratation</i>	<i>Montage au baume de Canada</i>	<i>Rangement des lames</i>	

Fig.30 - Les différentes étapes suivies pour la réalisation des coupes histologiques

Chapitre III

Résultats

et

interprétations

Chapitre III - Résultats et interprétations.

Les résultats de la bioécologie de l'orthoptérofaune étudiée sont présentés selon les stations et en fonction de la période d'échantillonnage. Nous trouvons ceux de la station d'El Harrach, Baba-Ali et Ain-Taya pour la période 1996 / 1997. Les résultats de la région de Béjaia avec les trois milieux friche, verger d'agrumes et garrigue pour la période 2000/2001 sont données. Puis viennent ceux de Cap-Djinet et Boughezoul pour l'année 2010 / 2011.

3.1. Inventaire et systématique des Orthoptères recensés dans les stations d'étude

D'après les tableaux n°12, 13 et 14, nous remarquons que le nombre d'espèces orthoptérologiques échantillonné diffère d'une région prospectée à l'autre. Ce dernier est de 21 espèces en Mitidja (1996 – 1997), 26 espèces dans la région de Béjaia (2000 – 2001), 20 espèces dans la région de Cap-Djinet (2010 – 2011) et 25 espèces au Barrage de Boughezoul (2010 – 2011).

Les résultats de l'inventaire et systématique des espèces orthoptérologiques recensés dans les différents milieux prospectés sont regroupés dans les tableaux 12,13 et 14. De même, nous présentons les photographies des principales espèces du sous ordre des Caelifères dans le tableau 15 de l'annexe3.

Dans le tableau 12, nous portons les espèces échantillonnées dans les trois stations de la Mitidja.

Tableau 12 - Inventaire et systématique des espèces orthoptérologiques recensés dans les trois stations d'étude de la Mitidja Baba-Ali, El Harrach et Ain-Taya (1996 / 1997).

Familles	Sous-familles	Espèces	Baba-Ali	ElHarrach	Ain-Taya
Tettigoniidae	Conocephalinae	<i>Conocephalus conocephalus</i> (Linné, 1767)	-	-	+
	Phaneropterinae	<i>Odontura algerica</i> Brunner, 1878	+	-	+
		<i>Odontura microptera</i> Chopard, 1943	+	-	+

	Decticinae	<i>Rhacocleis sp</i> Fieber, 1853	-	-	+
Gryllidae	Trigonidinae	<i>Trigonidium cicindeloides</i> Rambur, 1839	-	+	+
	Gryllinae	<i>Gryllus bimaculatus</i> De Geer, 1773	-	+	+
Acrididae	Acridinae	<i>Acrida turrata</i> Linné, 1758	+	+	+
		<i>Truxalis nasuta</i> (Linné, 1758)	+	-	+
	Oedipodinae	<i>Oedipoda caerulescens sulfurescens</i> Saussure 1884	+	+	+
		<i>Acrotylus patruelis</i> (Herrich-Schaffer, 1938)	+	+	+
		<i>Aiolopus strepens</i> (Latreille, 1804)	+	+	+
		<i>Aiolopus thalassinus</i> (Fabricius, 1781)	+	+	+
		<i>Locusta migratoria</i> (Linnaeus,1758)	+	+	-
	Eyrepocneminae	<i>Eyrepocnemis plorans</i> (Charpentier, 1825)	-	+	-
	Catantopinae	<i>Pezottetix giornai</i> (Rossi, 1794)	+	+	+
	Calliptaminae	<i>Calliptamus barbarus</i> (Costa, 1836)	-	-	+
	Gomphocerinae	<i>Ochrilidia tibialis</i> (Fieber, 1853)	+	+	+
<i>Omocestus raymondi</i> (Yersin, 1863)		-	-	+	
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i> Soltani, 1978		-	-	+	
Tetrigidae	Tetriginae	<i>Paratettix meridionalis</i> Rambur, 1839	+	+	+
Pamphagidae	Pamphaginae	<i>Pamphagus elephas</i> Linné, 1758	-	+	+
5	13	21	12	13	19

En Mitidja les 38 sorties effectuée sur terrain, nous ont révélé la présence de 21 espèces dont 15 Caelifères et 6 Ensifères. Pour le sous ordre des Caelifères, la famille retenue comme étant la plus dominante est celle des Acrididae avec un pourcentage de 66,66 %, donc plus de la moitié du peuplement orthoptérologique recensé. Les autres familles présentent un pourcentage beaucoup moins important, il est respectivement de 19,05 % pour les Tettigoniidae, 9,52 % pour les Gryllidae et 4,76 % pour chacune des Pamphagidae et des Tetrigidae (Tab. 12) (Fig. 31).

La station de Ain-Taya est la plus richement peuplée en nombre d'espèces. Elle comprend 12 espèces de Caelifères et 6 espèces d'Ensifères. Les Acrididae occupent toujours la première position avec un nombre de 10 espèces, soit 55,55 % par rapport au nombre total des espèces orthoptérologiques recensées. Ils sont représentés par les sous familles suivantes : Acridinae, Gomphocerinae, Oedipodinae, Catantopinae et Calliptaminae. Les Ensifères existent au niveau de cette station mais ils sont moins fréquents que les Caelifères. Nous avons notés quatre espèces appartenant à la famille des Tettigoniidae, il s'agit d'*Odontura algerica*, *Odontura microptera*, *Conocephalus conocephalus* et *Rhacocleis sp.* ; ainsi que deux espèces de Gryllidae : *Trigonidium cicindeloides* et *Gryllus bimaculatus*.

Le peuplement de la station de Baba-Ali ne diffère pas de façon très sensible de celui de la précédente. La famille des Acrididae est toujours classée la première avec un nombre de 9 espèces qui se répartissent dans cinq sous familles, soit 75 %. Les Calliptaminae n'ont pas été échantillonnés au niveau de cette station. Cependant, nous notons la présence des Truxalinae avec l'espèce *Truxalis nasuta*. Dans la même station nous avons trouvé uniquement deux espèces d'Ensifères appartenant à la famille des Tettigoniidae, ce sont *Odontura algerica* et *Odontura microptera*.

Au niveau du jardin botanique de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie d'El-Harrach, l'orthoptérofaune recensée est représenté par quatre familles différentes, qui sont les Gryllidae, Acrididae, Pamphagidae et Acrydiidae. Les Acrididae comptent toujours le plus grand nombre d'espèces (69,23 %) réparties dans les sous familles des Eypreocneminae, Pamphaginae, Catantopinae et Gomphocerinae avec une seule espèce chacune, il s'agit respectivement d'*Eypreocnemis plorans*, *Pamphagus elephas*, *Pezotettix giornai* et *Ochrilidia tibialis*. Nous avons noté deux espèces d'Ensifères appartenant à la famille des Tettigoniidae, ce sont *T. cicindeloides* et *G. bimaculatus* (Tab. 12). Nous avons constaté qu'au

niveau de toutes nos stations d'étude, la famille des Tetrigidae est représentée uniquement par l'espèce *Paratettix meridionalis*.

La composition orthoptérologique des trois stations de la Mitidja présente 8 espèces communes, soit 53,33 % du nombre d'espèces de Caelifères signalées, se sont *A. turrita*, *A. strepens*, *A. thalassinus*, *O. caerulescens sulfurescens*, *A. patruelis*, *P. giornai*, *O. tibialis* et *P. meridionalis*. Quatre espèces d'Orthoptères ont été notées uniquement au niveau de la station de Ain-Taya, il s'agit d'*Omocestus raymondi*, *Calliptamus barbarus*, *Conocephalus conocephalus* et *Rhacocleis sp.* Par contre nous ne mentionnons pas la présence de *Locusta migratoria* au niveau de cette station. L'espèce *Truxalis nasuta* a été recensée au niveau de la station de Baba-Ali et celle de Ain-Taya. Cependant, les espèces *Pamphagus elephas*, *Trigonidium cicindeloides* et *Gryllus bimaculatus* restent toujours absentes eu niveau de la région de Baba-Ali. L'espèce *Eyprepocnemis plorans* n'a été prélevée qu'au niveau du jardin botanique de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie. Dans la même station les espèces *Dociostaurus jagoi jagoi*, *Odontura algerica* et *Odontura microptera* restent absentes (Tab. 12).

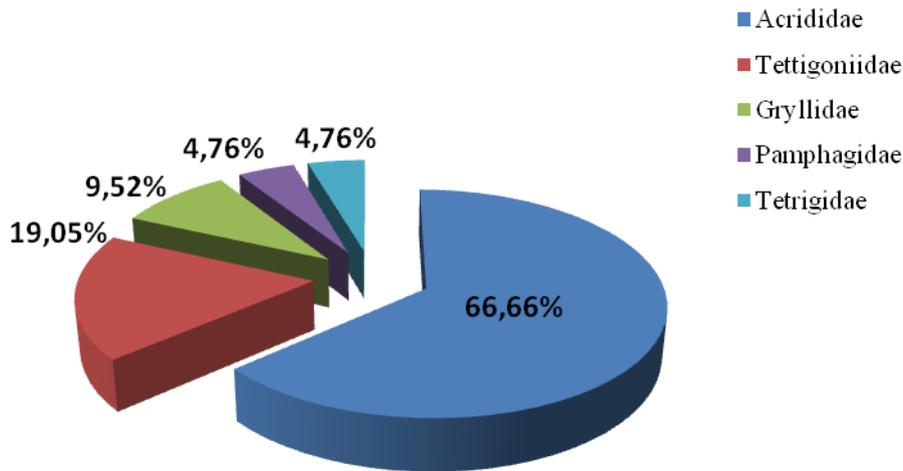


Fig. 31 - Pourcentages des familles orthoptériques recensées en Mitidja

- Les résultats obtenus des prospections effectuées sur terrain dans la région de Béjaïa et plus précisément dans les milieux friche, verger d'agrumes et garrigue sont présentés dans le tableau 13.

Tableau 13 - Inventaire et systématique des espèces othoptérologiques recensées dans les stations d'étude de la région de Béjaia (2000 / 2001).

Familles	Sous familles	Espèces	Friche	Verger	Garrigue
Tettigoniidae	Conocephalinae	<i>Conocephalus conocephalus</i> (Linné, 1767)	+	+	-
	Phaneropterinae	<i>Phaneroptera nana</i>	+	-	+
		<i>Odontura algerica</i> Brunner, 1878	+	+	+
	Decticinae	<i>Decticus albifrans</i> Fabricius, 1775	-	+	+
		<i>Rhacocleis sp</i> Fieber, 1853	+	-	+
Gryllidae	Trigonidinae	<i>Trigonidium cicindeloides</i> Rambur, 1839	+	-	-
	Gryllinae	<i>Gryllus bimaculatus</i> De Geer, 1773	-	+	+
		<i>Gryllulus sp.</i>	-	-	+
Acrididae	Acridinae	<i>Acrida turrata</i> Linné, 1758	+	+	+
		<i>Truxalis nasuta</i> (Linné, 1758)	+	+	+
	Oedipodinae	<i>Aiolopus strepens</i> (Latreille, 1804)	+	+	+
		<i>Aiolopus thalassinus</i> (Fabricius, 1781)	+	+	+
		<i>Oedipoda caeruleascens sulfurescens</i> Saussure 1884	+	+	+
		<i>Oedipoda fuscocincta</i> Lucas, 1849	-	-	+
		<i>Oedipoda miniata</i> Pallas, 1771	-	-	+
		<i>Acrotylus patruelis</i> (Herrich-Schaffer, 1838)	+	+	+
	Pyrgomorphinae	<i>Pyrgomorpha conica</i> (Olivier, 1791)	+	-	+
	Eyrepocneminae	<i>Eyrepocnemis plorans</i> (Charpentier, 1825)	+	+	+
	Catantopinae	<i>Pezottetix giornai</i> (Rossi, 1794)	+	+	+
	Calliptaminae	<i>Calliptamus barbarus</i> (Costa, 1836)	-	+	+

	Gomphocerinae	<i>Ochrilidia tibialis</i> (Fieber, 1853)	+	-	+
		<i>Omocestus raymondi</i> (Yersin, 1863)	-	+	+
	Cyrtacantacridinae	<i>Anacridium aegyptium</i> (Linné, 1764)	+	+	-
Tetrigidae	Tetriginae	<i>Paratettix meridionalis</i> Rambur, 1839	+	+	+
		<i>Acrydium brachypterum</i> (Lucas, 1849)	-	-	+
Pamphagidae	Pamphaginae	<i>Pamphagus elephas</i> Linné, 1758	-	-	+
5	16	26	17	16	23

(+) Présence. (-) Absence.

Le nombre total des espèces inventoriées est de 26 dont 8 Ensifères et 18 Caelifères. Ce nombre est réparti dans 5 familles différentes et 16 sous familles. La famille des Acrididae présente le plus grand nombre d'espèces. Elle représente un pourcentage de 57,69 %, suivie par les Tettigoniidae (19,23 %), les Gryllidae (11,54 %), les Tetrigidae (7,69 %) et les Pamphagidae (3,53 %) (Fig. 32).

Sur l'ensemble des relevés effectués au niveau des trois stations d'étude, 23 espèces ont été quantifiées pour la station garrigue, 17 espèces pour le milieu friche et 16 espèces pour le verger d'agrumes. Quantitativement, la famille des Acrididae reste en première position par rapport aux autres familles recensées. Les taux calculés pour cette famille en fonction du nombre total d'espèces stationnelle sont 64,70% (Friche), 68,75 % (Verger) et 60,86 % (Garrigue).

L'orthoptérofaune recensée montre la présence de 10 espèces communes entre les stations d'étude, soit 38,46 % du total d'espèces recensées. Celles-ci sont *O. algerica*, *A. turrita*, *A. T. nasuta*, *strepens*, *A. thalassinus*, *O caerulea*, *caerulea sulfurea*, *A. patruelis*, *E. plorans*, *P. giornai* et *P. meridionalis*. L'espèce *T. cicindeloides* n'a été échantillonnée qu'au niveau de la friche, tandis que 5 espèces ont été enregistrées uniquement dans la Garrigue, il s'agit de *Gryllulus sp.*, *O.fuscocincta*, *O.miniata*, *A. brachypterum* et *P. elephas* (Tab. 13).

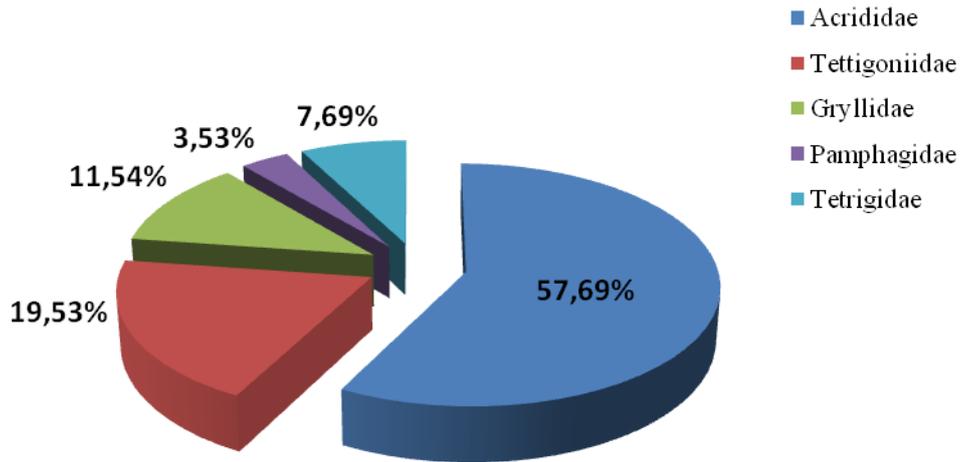


Fig. 32 - Pourcentages des familles orthoptériques recensées dans la région de Béjaia

- Les espèces orthoptérologiques des stations Cap-Djinet et Boughzoul ont été inventoriées pendant la même période. Elles sont indiquées dans le tableau 14 suivant.

Tableau 14 - Inventaire et systématique des espèces orthoptérologiques recensées dans les stations Cap-Djinet et Boughezoul (2010 / 2011).

Familles	Sous familles	Espèces	Cap-Djinet	Boughezoul
Tettigoniidae	Phaneropterinae	<i>Odontura algerica</i> Brunner, 1878	+	+
	Conocephalinae	<i>Conocephalus conocephalus</i> (Linné, 1767)	+	+
	Decticinae	<i>Rhacocleis sp</i>	+	-
		<i>Decticus albifrons</i> Fabricius, 1775	+	+
Gryllidae	Gryllinae	<i>Gryllus bimaculatus</i> De Geer, 1773.	+	-
		<i>Gryllulus sp.</i>	+	-
Acrididae	Acridinae	<i>Acrida turrita</i> Linné, 1758	+	+
		<i>Truxalis nasuta</i> (Linné, 1758)	+	+
	Oedipodinae	<i>Aiolopus strepens</i> (Latreille, 1804)	+	+
		<i>Aiolopus thalassinus</i> (Fabricius, 1781)	+	+

		<i>Oedipoda caerulescens sulfurescens</i> Saussure, 1884.	+	+
		<i>Oedipoda fuscocincta</i> Lucas, 1849	-	+
		<i>Oedipoda miniata</i> Pallas, 1771	-	+
		<i>Acrotylus insubricus</i> Scopoli, 1786	-	+
		<i>Acrotylus patuelis</i> (Herrich-Schaeffer, 1838)	+	+
		<i>Sphingonotus finotianus</i> Saussure, 1885	-	+
		<i>Sphingonotus maroccanus</i> Uvarov, 1930	-	+
	Pyrgomorphae	<i>Pyrgomorpha cognata</i> Krauss, 1877	-	+
	Tropidopolinae	<i>Tropidopola cylindrica</i> (Marschall, 1835)	-	+
	Eyprepocneminae	<i>Eyprepocnemis plorans</i> (Charpentier, 1825)	+	+
	Catantopinae	<i>Pezotettix giornai</i> (Rossi, 1794)	+	+
		<i>Thisoicetrus adpersus</i> Redtenbacher, 1889	-	+
		<i>Thisoicetrus annulosus</i> Walker, 1870	+	+
	Calliptaminae	<i>Calliptamus barbarus</i> (Costa, 1836)	+	+
		<i>Calliptamus wattenwylanus</i> (Pantel, 1896)	+	+
	Gomphocerinae	<i>Ochrilidia tibialis</i> (Fieber, 1853).	+	+
		<i>Ochrilidia gracilis</i> Krauss, 1902	-	+
Tetrigidae	Tetriginae	<i>Paratettix meridionalis</i> Rambur, 1839.	+	+
Pamphagidae	Pamphaginae	<i>Pamphagus elephas</i> Linné, 1758.	+	-
5	14	29	20	25

Le nombre de relevés effectués à Cap-Djinet est de 12, à raison d'une sortie par mois. Par contre au niveau du barrage de Boughezoul 6 sorties seulement ont été effectuées durant les mois suivants : juin, juillet, août, septembre, octobre, mars et avril.

L'ensemble des relevés effectués a permis l'identification de 29 espèces orthoptérologiques qui se répartissent sur 5 familles et 14 sous familles. Les Acrididae prédominent avec 21 espèces, soit 72,41 %. Ils sont suivis par les Tettigoniidae (13,79 %), les Gryllidae (6,89 %), les Tetrigidae (3,45 %) et les Pamphagidae (3,45 %) (Fig. 33). L'orthoptérofaune recensée au

niveau de chaque station montre que les Acrididae gardent toujours la première place avec un nombre de 12 espèces (60%) à Cap-Djinet, et 21 espèces (84 %) à Boughezoul. Par ailleurs, nous avons noté 16 espèces (55,17 %) communes entre les deux stations. Celles-ci présentent plus de la moitié du nombre total d'espèces inventoriées. 9 espèces ont été enregistrées uniquement à Boughezoul, il s'agit de : *O. fuscocincta*, *O. miniata*, *A. insubricus*, *S. finotianus*, *S. maroccanus*, *P. cognata*, *T. cylindrica*, *T. adpersus* et *O. gracilis*. De même, nous avons recensé 4 espèces uniquement dans la station de Cap-Djinet, qui sont : *Rhacocleis sp.*, *Gryllus bimaculatus*, *Gryllulus sp* et *P. elephas*. Les résultats décrits sont consignés dans le tableau 14.

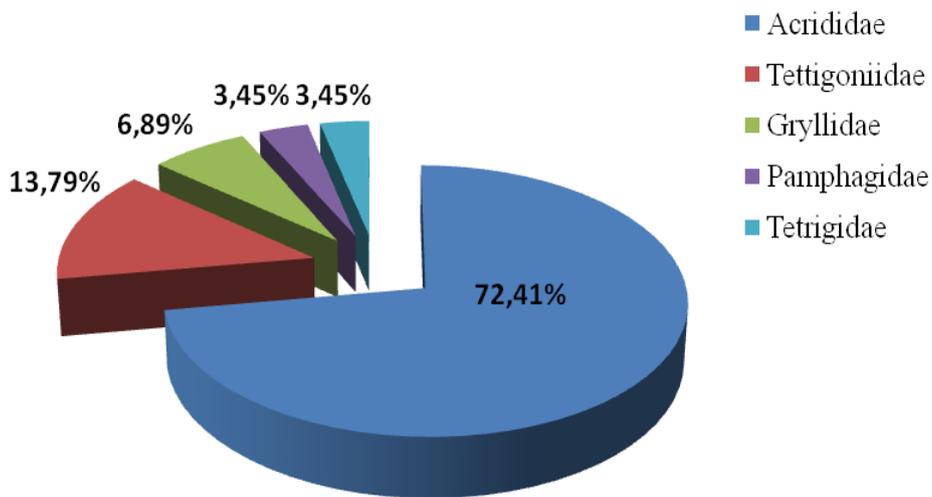


Fig. 33 - Pourcentages des familles orthoptériques recensées dans les stations: Cap-Djinet et Boughezoul

3.2. Analyses écologiques et statistique des espèces orthoptérologiques recensées en Mitidja

L'analyse écologique est réalisée une fois l'inventaire des espèces terminé. Les indices écologiques calculés et interprétés sont les suivants : richesse totale et richesse moyenne spécifique, fréquence centésimale et fréquence d'occurrence (constance), indice de diversité de Shannon-Weaver et indice d'équitabilité. De même les résultats des différentes stations ont été traités par une analyse factorielle des correspondances.

3.2.1. Effectifs des Orthoptères recensés dans les stations de la Mitidja

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau n°15 suivant :

Tableau 16 - Effectif de l'orthoptérofaune recensée dans les trois stations d'études de la Mitidja.

Sous-ordre	- Espèces :	Baba-Ali	El Harrach	Ain-Taya	Total
Ensifera	<i>Conocephalus conocephalus</i>	0	0	2	2
	<i>Gryllus bimaculatus</i>	0	1	2	3
	<i>Odontura algerica</i>	18	0	23	41
	<i>Odontura microptera</i>	5	0	13	18
	<i>Rhacocleis sp</i>	0	0	6	6
	<i>Trigonidium cicindeloides</i>	0	2	5	7
Caelifera	<i>Acrida turrita</i>	15	49	47	111
	<i>Acrotylus patruelis</i>	11	44	20	75
	<i>Aiolopus strepens</i>	109	240	156	505
	<i>Aiolopus thalassinus</i>	4	4	6	14
	<i>Calliptamus barbarus</i>	0	0	2	2
	<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	8	0	61	69
	<i>Eyprepocnemis plorans</i>	0	13	0	13
	<i>Locusta migratoria</i>	1	1	0	2
	<i>O. caerulea sulfurea</i>	17	5	26	48
	<i>Ochrilidia tibialis</i>	133	12	187	332
	<i>Omocestus raymondi</i>	0	0	2	2
	<i>Pamphagus elephas</i>	0	73	32	105
<i>Paratettix meridionalis</i>	5	98	3	106	

	<i>Pezotettix giornai</i>	22	87	47	156
	<i>Truxalis nasuta</i>	8	0	0	8
- Total :	21	365	629	640	1625

Un total de 1625 individus d'Orthoptères toutes espèces confondues a été échantillonné aux niveaux des trois stations d'étude de la Mitidja. L'effectif le plus élevé a été prélevé à Ain-Taya, suivi par la station d'El Harrach, puis Baba-Ali ; avec respectivement 640 individus, 629 individus et 365 individus. Nous remarquons que dans l'ordre des Caelifères l'espèce *Aiolopus strepens* est la plus importante en nombre d'individus. Il est respectivement de 240 individus pour la station d'El Harrach, 156 pour la station de Ain-Taya et 109 individus pour Baba-Ali. Un nombre de 332 individus a été aussi enregistré pour l'espèce *Ochrilidia tibialis* dans les stations d'étude ; ce nombre se répartit comme suit : 133 individus pour Baba-Ali, 12 individus pour El Harrach et 187 pour Ain-Taya. Dans le sous ordre des Ensifères, l'effectif le plus élevé a été noté pour *Odontura algerica* avec un total de 41 individus (Tab. 16).

3.2.2. La richesse totale et la richesse moyenne spécifique des trois stations d'étude de la Mitidja, Baba Ali, El Harrach et Ain-Taya

Les résultats concernant les richesses totales et moyennes spécifiques sont représentés dans le tableau n°17 ci-dessous :

Tableau 17 : La richesse totale et moyenne spécifique stationnelles et mensuelles réalisées au niveau des stations Baba-Ali, El Harrach et Ain-Taya.

Baba-Ali			El-Harrach			Ain-Taya		
Mois	S	Rs	Mois	S	Rs	Mois	S	Rs
Octobre 1996	7	3,1	Décembre 1996	7	3,85	Novembre 1996	4	2,2
Novembre 1996	7	3	Janvier 1997	7	3,42	Décembre 1996	1	1
Décembre 1996	3	2	Février 1997	7	3,71	Janvier 1997	5	1,62

Janvier 1997	7	2	Mars 1997	7	3,4	Février 1997	5	2,42
Février 1997	5	1,75	Avril 1997	4	2	Mars 1997	5	2,66
Mars 1997	4	1,66	Mai 1997	6	3,16	Avril 1997	5	2,57
Avril 1997	3	1,83	Juin 1997	6	3,2	Mai 1997	4	3,4
Mai 1997	3	2,28	Juillet 1997	8	3,2	Juin 1997	8	4,75
Juin 1997	5	2,4	Août 1997	10	3,8	Juillet 1997	7	5
Juillet 1997	7	2,75	Septembre 1997	7	3,4	Août 1997	10	5,2
Août 1997	8	3	Octobre 1997	8	4,2	Septembre 1997	11	4,2
			Novembre 1997	8	3,8	Octobre 1997	9	5

Le tableau ci-dessus montre que les valeurs de la richesse totale oscillent entre 3 espèces (décembre 1996, avril et mai 1997) et 8 espèces (Août 1997) à Baba-Ali, 4 espèces (avril) et 10 espèces (août) à El Harrach et 1 espèce (décembre) et 11 espèces (septembre) à Ain –Taya. Par contre les valeurs de la richesse moyenne spécifique les plus élevées sont de 3,1 (octobre 1996), 3,8 (août et novembre 1997) et 5,2 (Août 1997) respectivement pour les stations Baba-Ali, El Harrach et Ain-Taya. La comparaison des résultats obtenus entre les stations d'étude montre que la région de Ain-Taya présente les richesses moyennes spécifiques mensuelles les plus élevées, suivie d'El Harrach puis de Baba-Ali (Fig. 34).

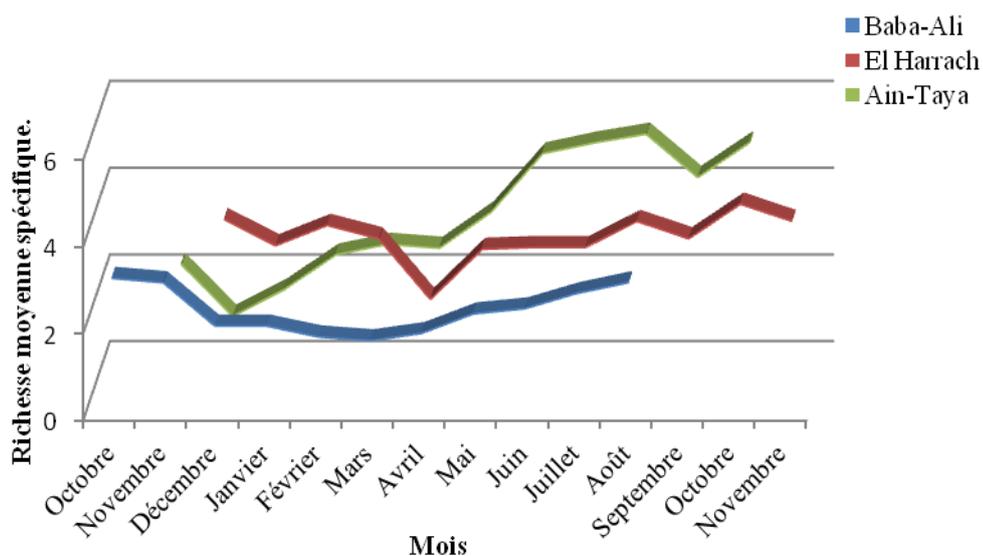


Fig. 34 - Comparaison des richesses moyennes spécifiques des stations d'étude de la Mitidja.

3.2.3. La fréquence relative et la constance des espèces orthoptérologiques enregistrées dans les des trois stations d'étude de la Mitidja, Baba Ali, El Harrach et Ain-Taya

Les résultats de cette étude sont représentés dans le tableau n°18 suivant :

Tableau 18 - La fréquence relative et la constance des espèces orthoptérologiques recensées dans les trois stations d'étude de la Mitidja.

- Stations :	Baba-Ali		El-Harrach		Ain-Taya	
- Espèces :	Fréquence %	Constance %	Fréq.	Const.	Fréq.	Const.
<i>Acrida turrita</i>	4,21	54,50	7,79	84,61	7,34	64,28
<i>Aiolopus strepens</i>	30,61	91,00	38,15	100	24,37	100
<i>Aiolopus thalassinus</i>	1,12	27,27	0,63	15,38	0,93	20,50
<i>Truxalis nasuta</i>	2,24	18,18	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Doclostaurus jagoi jagoi</i>	2,24	18,18	0,00	0,00	9,53	50,00
<i>Oedipoda caerulescens sulfurescens</i>	4,77	45,45	0,79	30,77	4,06	57,14
<i>Acrotylus patruelis</i>	3,09	45,45	6,99	61,53	3,12	28,57
<i>Locusta migratoria</i>	0,28	9,10	0,15	9,10	0,00	0,00
<i>Eyprepocnemis plorans</i>	0,00	0,00	2,06	53,80	0,00	0,00
<i>Pamphagus elephas</i>	0,00	0,00	11,6	69,23	5,00	45,71
<i>Pezotettix giornai</i>	6,18	54,54	13,83	92,30	7,34	50,00
<i>Calliptamus barbarus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	7,14
<i>Ochrilidia tibialis</i>	37,36	63,63	1,91	46,15	29,22	64,28
<i>Omocestus raymondi</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	7,14
<i>Paratettix meridionalis</i>	1,40	9,10	15,58	84,61	0,46	7,14
<i>Odontura algerica</i>	5,05	54,54	0,00	0,00	3,59	21,42
<i>Odontura microptera</i>	1,40	36,36	0,00	0,00	2,03	14,28
<i>Conocephalus conocephalus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	7,14
<i>Rhacocleis sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	28,57
<i>Trigonidium cicindeloides</i>	0,00	0,00	0,32	7,69	0,78	7,14
<i>Gryllus bimaculatus</i>	0,00	0,00	0,16	7,69	0,31	7,14
- Total :	100		100		100	

Le tableau 18 montre que deux espèces seulement présentent une fréquence relative élevée, il s'agit d'*A.strepens* dont la fréquence est respectivement de 30,61 % à Baba-Ali, 38,15 % à El-Harrach et 24,37 % à Ain-Taya. Elle est suivie par *O. tibialis* avec une fréquence de 37,36 % pour Baba-Ali, 29,22 % pour Ain-Taya et seulement 1,91 % pour El-Harrach ; il semble que cette espèce présente une grande affinité pour les friches. Au niveau du jardin botanique de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, trois espèces acridiennes sont fréquemment échantillonnées dans ce type de milieu, il s'agit respectivement de *P. elephas* avec 11,6 %, *P. giornai* avec 13,83 % et *P meridionalis* avec 15,58 %.

Les valeurs de la constance calculées pour les espèces orthoptérologiques recensées sont consignées dans le tableau 18 . Nous remarquons qu'*A. strepens* est omniprésente au niveau des trois stations d'étude (91 %, 100 %, 100 %). Trois acridiens sont aussi omniprésents dans la station d'El Harrach ; il s'agit de *P.giornai* (92,30 %), *A. turrita* et *P. meridionalis* (84,61 % chacune). Par ailleurs, nous notons d'autres espèces qui sont fortement représentées avec des fréquences dépassant les 50 %. Celles-ci sont constantes uniquement dans des stations bien précises, notamment comme *O. tibialis* notée à Baba-Ali (63,63 %) et à Ain-Taya (64,28 %), *O. algerica* à Baba-Ali (54,54 %), *O.caerulescens sulfurescens* à Ain-Taya (57,14 %) et *A. patruelis* (61,53 %), *E. plorans* (53,80 %) et *P. elephas* (69,23 %) à El Harrach.

3.2.4 L'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité de l'orthoptérofaune des trois stations d'étude de la Mitidja, Baba Ali, El Harrach et Ain-Taya

Les résultats sont notés dans le tableau n°19 suivant :

Tableau 19 - L'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité des espèces orthoptérologiques recensées dans les trois stations d'étude de la Mitidja.

Baba-Ali			El-Harrach			Ain-Taya		
Mois	H (bits)	E	Mois	H (bits)	E	Mois	H (bits)	E
Octobre	1,97	0,70	Décembre	2,41	0,85	Novembre	1,90	0,95
Novembre	1,73	0,62	Janvier	2,46	0,87	Décembre	0,00	/
Décembre	1,53	0,97	Février	1,01	0,36	Janvier	1,60	0,69
Janvier	2,28	0,81	Mars	2,38	0,85	Février	2,22	0,95

Février	2,13	0,92	Avril	0,89	0,44	Mars	2,00	0,86
Mars	1,85	0,92	Mai	1,85	0,71	Avril	1,52	0,76
Avril	0,76	0,48	Juin	2,14	0,83	Mai	1,57	0,78
Mai	1,14	0,72	Juillet	1,79	0,65	Juin	1,65	0,52
Juin	1,38	0,59	Août	2,40	0,72	Juillet	2,40	0,85
Juillet	2,47	0,88	Septembre	2,27	0,80	Août	1,99	0,80
Août	2,80	0,93	Octobre	2,64	0,88	Septembre	2,41	0,34
			Novembre	2,62	0,87	Octobre	2,57	0,81

L'indice de diversité de Shannon-Weaver calculé pour la station de Baba-Ali varie entre 0,76 bits en mois d'avril pour atteindre le maximum de 2,8 bits en mois d'août. De même, il oscille entre 0,89 bits (avril) et 2,64 bits (octobre) à El Harrach et entre 0,00 (décembre) et 2,57 bits (octobre) à Ain-Taya (Tab. 19). Les valeurs de l'indice de Shannon-Weaver diminuent sensiblement pendant deux périodes distinctes en novembre – décembre et en mois de mars pour augmenter à nouveau en période estivale (Fig. 35).

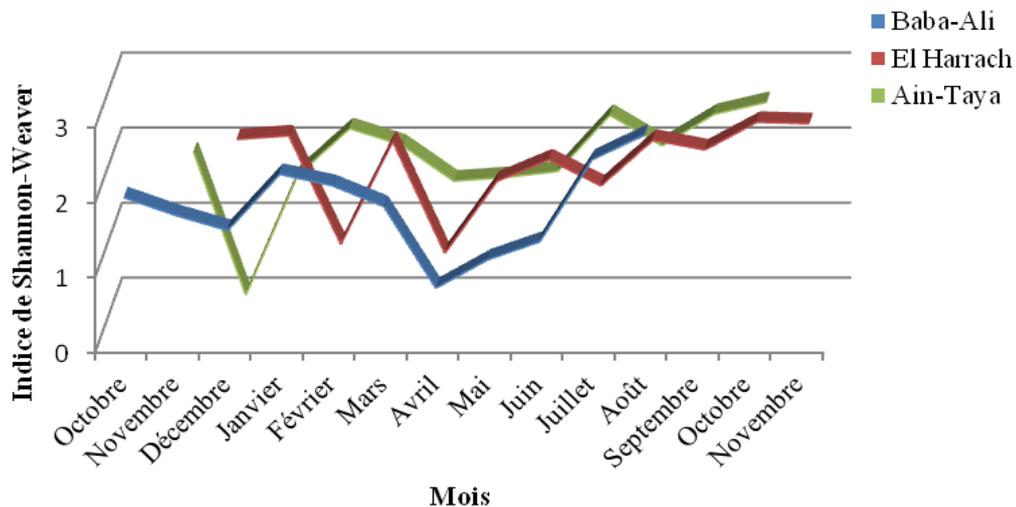


Fig.35 - Comparaison des résultats de l'indice de diversité de Shannon-Weaver calculé pour les trois stations de la Mitidja.

Le calcul de l'indice d'équitabilité révèle que la majorité des échantillonnages présentent un indice très proche de 1 ; ceci signifie que chacune des espèces recensées est représentée par le même nombre d'individus. A l'exception des valeurs calculées en avril ($E=0,48$) et juin ($E=0,59$) à Baba-Ali, en février ($E=0,36$), avril ($E=0,44$) et juin ($E=0,30$) à El

Harrach et en juin ($E=0,52$) et septembre ($E=0,34$) à Ain-Taya (Tab. 19). La variation de l'indice de l'équitabilité en fonction des stations n'est pas très élevée, ceci signifie que les espèces orthoptériques enregistrées montrent presque les mêmes effectifs (Fig. 36).

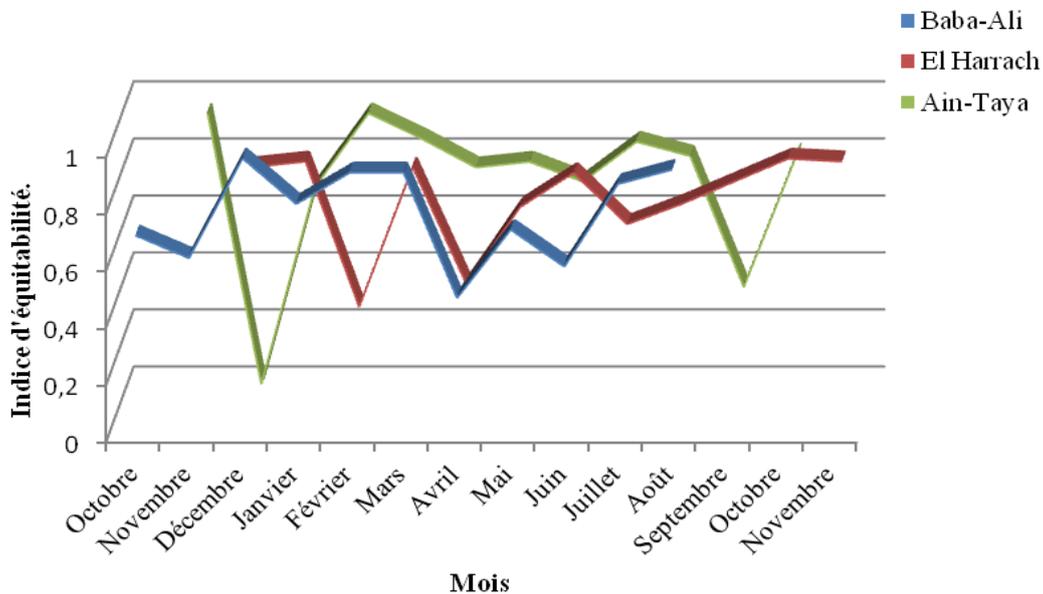


Fig. 36 - Comparaison des résultats de l'indice d'équitabilité calculé pour les trois stations de la Mitidja.

3.2.5. Analyse factorielle des correspondances calculée pour les trois stations de la Mitidja

D'après la figure 36, nous déduisons que la station 1 (Baba-Ali) et la station 2 (El Harrach) contribuent fortement à la construction de l'axe 1, alors que la station 3 contribue fortement à la construction de l'axe 2. L'espèce *Pamphagus elephas* (PAE) contribue à l'inertie de l'axe 1 à droite avec 13,2 % ; de même la contribution de cet axe à gauche est marquée par *Dociostaurus jagoi jagoi* (DOJ) avec toujours 13,2 %. C'est l'espèce *Calliptamus barbarus* (CAB) qui contribue à la construction de l'axe 2 en haut avec 7,9 % et en bas par *Locusta migratoria* (LOM) avec un pourcentage de 31,7%.

Le nuage de points fait apparaître la formation de quatre groupements d'espèces (A, B, C, D) concernant les trois stations d'étude. Le groupement (A) regroupe les espèces qui peuvent fréquenter de différents biotopes. Elles ont été enregistrées au niveau des trois stations d'étude, il s'agit d'*A. turrita* (ACT), *Aiolopus strepens* (AIS), *Aiolopus thalassinus* (AIT), *Oedipoda caerulescens sulfurescens* (OES), *Acrotylus patruelis* (ACP), *Pezotettix giornai* (PZG), *Paratettix meridionalis* (PAM) et *Ochridia tibialis* (OCT).

Le groupement (B) comporte les espèces qui sont présentes uniquement dans la station de Ain-Taya, celles-ci montrent une préférence pour les friches denses, et les milieux les moins perturbés, c'est le cas de *Calliptamus barbarus* (CAB), *Omocestus raymondi* (OMR), *Conocephalus conocephalus* (COC) et *Rhacocleis sp* (RHA).

Le groupement (C) représente les espèces qui ont été notées dans les deux stations Baba-Ali et Ain-Taya. Il s'agit des espèces qui ont une préférence pour les friches denses et les milieux assez humides situés à proximité des terrains cultivés, surtout pour le cas de *Dociostaurus jagoi jagoi* (DOJ), les deux espèces *Odontura algerica* (ODA) et *Odontura microptera* (ODM) c'est surtout le facteur hygrométrie qui les attire.

Par contre le groupement (D) renferme les espèces qui sont marquées au niveau de la station d'El-Harrach et celle de Ain-Taya, c'est le cas de *Pamphagus elephas* (PAE), *Trigonidium cicindeloides* (TRC) et *Gryllus bimaculatus* (GRB). Trois espèces se trouvent en dehors des groupes formés, celles-ci se rencontrent dans des stations différentes en fonction de leurs exigences écologiques, il s'agit respectivement de *Truxalis nasuta* (TRN) qui n'a été répertoriée qu'à Baba-Ali, *Eyprepocnemis plorans* (EYP) a été enregistrée uniquement dans la station d'El-Harrach et enfin *Locusta migratoria* (LOM) qui a été notée qu'à Baba-Ali et El-Harrach avec un effectif très faible (Fig. 37).

Nos trois stations d'étude bénéficient des mêmes conditions climatiques. Cependant la seule différence qui permet la formation de ces groupements est due à la composition floristique de nos milieux d'étude. De même l'intervention humaine par ses différentes activités peut provoquer de fortes modifications de l'orthoptérofaune de nos régions d'étude.

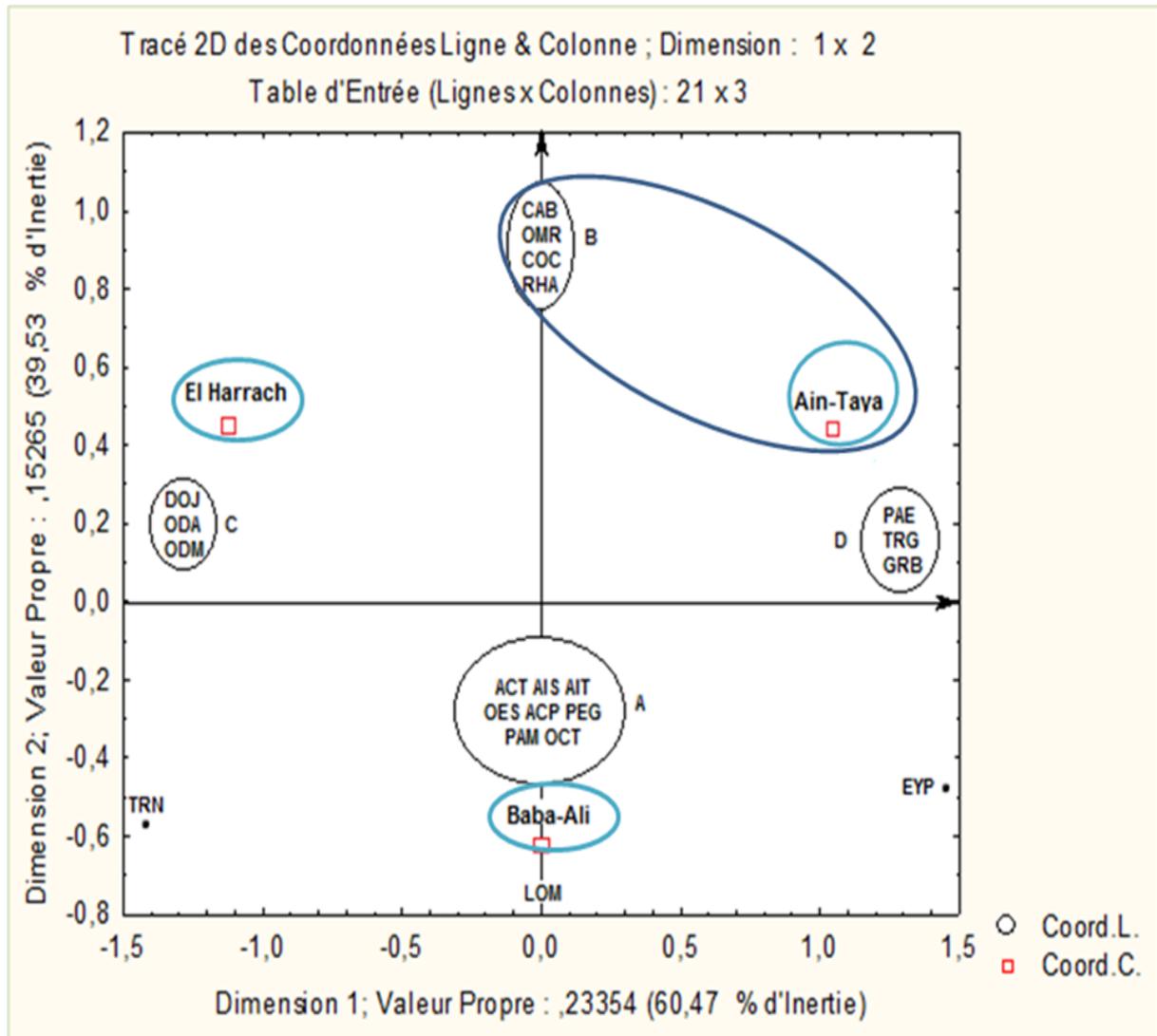


Fig. 37 - La carte factorielle des correspondances des espèces orthoptérologiques des trois stations d'étude de la Mitidja.

3.3. Analyse écologique des résultats obtenus de l'étude de l'orthoptérofaune de la région de Cap-Djinet

Les résultats sont regroupés dans le tableau n°20.

Tableau 20 - La richesse totale, la richesse moyenne spécifique, la fréquence centésimale, la fréquence d'occurrence et l'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité calculés pour les espèces orthoptérologiques recensées au niveau de la station Cap-Djinet.

Espèces :	Septembre		Octobre		Novembre		Décembre		Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Fo %	CI
	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc		
<i>O. algerica</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3	16,66	5	35,71	/	/	/	/	/	/	/	/	2	2,81	25	A
<i>C. conocephalus</i>	/	/	1	1,14	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	0,98	3	4,54	2	2,81	33,33	R
<i>Rhacocleis sp</i>	5	3,59	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	2,81	16,66	A
<i>D. albifrans</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4	3,92	/	/	/	/	8,33	A
<i>G.bimaculatus</i>	2	1,43	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	8,33	A
<i>Gryllulus sp</i>	2	1,43	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	8,33	A
<i>A. turrita</i>	11	7,91	2	2,29	4	52,63	2	4,54	/	/	/	/	/	/	5	41,66	1	3,33	/	/	3	4,54	1	1,40	66,66	C
<i>A. strepens</i>	43	30,93	40	45,97	33	43,42	22	50	/	/	4	22,22	3	21,42	/	/	21	70	36	35,29	2	3,03	10	14,08	83,33	O
<i>A.thalassinus</i>	14	10,07	4	4,59	5	6,57	/	/	/	/	1	5,55	/	/	1	8,33	8	26,66	7	6,86	/	/	7	9,85	66,66	C
<i>T. nasuta</i>	5	3,59	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	16,66	A
<i>O.C. sulfurescens</i>	/	/	4	4,59	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	1,96	4	6,06	/	/	25	A
<i>A patriuelis</i>	7	5,03	4	4,59	13	17,10	/	/	/	/	/	/	/	/	3	25	/	/	4	3,92	1	1,51	6	8,45	53,33	C
<i>E. plorans</i>	18	12,94	7	8,04	11	14,47	11	25	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	18	17,64	19	28,78	14	19,71	53,33	C
<i>P. giornai</i>	30	21,58	15	17,24	7	9,21	7	15,90	3	100	/	/	/	/	/	/	/	/	5	4,90	7	10,6	15	21,12	66,66	C
<i>T. annulosus</i>	2	1,43	3	3,44	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4	3,92	/	/	2	2,81	33,33	R

<i>C. barbarus</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4	3,92	/	/	/	/	8,33	A
<i>C.Wattenwylanus</i>	/	/	2	2,29	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	15,15	5	7,04	25	A
<i>O. tibialis</i>	/	/	5	5,74	3	3,94	2	4,54	/	/	2	11,11	1	6,25	3	25	/	/	17	16,66	17	25,75	2	2,81	75	C
<i>P.meridionalis</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	11,11	3	21,42	/	/	/	/	/	/	/	/	3	4,22	25	A
<i>P. elephas</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	33,33	2	14,28	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	16,66	A
- Total :	139	100%	87	100%	76	100%	44	100%	3	100%	18	100%	14	100%	12	100%	30	100%	102	100%	66	100%	71	100%		
- Richesse totale :	11		11		7		5		1		6		5		4		3		11		9		13			
Richesse moyenne spécifique :	4,8		3,8		3		2,4		0,2		2,4		2		1,6		1,2		5,6		4,8		6,2			
H	2,97		2,68		2,34		1,94		0,00		2,55		2,43		1,83		1,03		2,87		2,67		3,24			
E	0,80		0,75		0,84		0,75		0,00		0,91		0,87		0,91		0,65		0,80		0,84		0,88			

ni : nombre d'individus.

Fc : Fréquence centésimale.

Fo : Fréquence d'occurrence. (O : omniprésente, C : Constante, R : Régulière, A : Aléatoire)

Cl : Classe.

H : Indice de diversité de Shannon-Weaver.

E : Indice d'équitabilité.

Un total de 662 individus d'Orthoptères toutes espèces confondus a été échantillonné au niveau de la station de Cap-Djinet. Les mois qui marquent une forte densité sont septembre et juin avec respectivement 139 et 102 individus. L'espèce la plus abondante est *A. strepens*, celle-ci marque une présence durant presque tous les mois de l'année avec 214 individus. Par ailleurs, nous avons enregistré 30 individus en mois de septembre pour l'espèce *P. giornai*. La richesse totale des espèces orthoptériques de la région de Cap-Djinet varie entre 1 espèce (janvier), 11 espèces (septembre, octobre et juin) et 13 espèces au maximum (août). Cependant, la richesse moyenne spécifique oscille entre 0,2 (janvier) et 6,2 (août), malgré que d'autres valeurs importantes soient aussi notées en septembre (4,8), en juin (5,6) et en juillet (4,8). Le calcul de la fréquence centésimale appliquée aux espèces orthoptériques échantillonnées révèle qu'*A. strepens* présente les valeurs les plus élevés durant presque tous les mois de l'année, sauf pour janvier et avril (0,00 % chacun), car durant ces deux périodes aucun individu de cette espèce n'a été prélevé et ceci est probablement dû aux fortes précipitations et aux basses températures enregistrées durant les journées d'échantillonnage. *P. giornai* présente une fréquence de 100 % en janvier car c'est la seule espèce échantillonnée pendant ce mois de l'année. Par ailleurs, d'autres espèces montrent des valeurs assez importantes c'est le cas d'*O. algerica* (35,71 %) en mars, *P. elephas* (33,33 %) en février, *E. plorans* (28,7 %) en juillet, *A. thalassinus* (26,66 %) en mai et *O. tibialis* (25,75 %) en juillet. Les fréquences d'occurrence calculées pour la communauté orthoptérique recensée dans la station de Cap-Djinet révèlent qu'*A. strepens* est la seule espèce omniprésente dans cet agroécosystème (83,33 %). Alors que, les espèces constantes sont *O. tibialis* (75 %), *A. turrita*, *A. thalassinus* et *P. giornai* (66,66 % chacune). D'autre part, nous notons que *C. conocephalus* et *T. annulosus* sont régulières (33,33 % chacune). Le reste des espèces sont accessoires et aucune espèce rare n'a été enregistrée (Tab. 20).

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver calculées dans le tableau 22 oscillent entre 0,00 bits (janvier) et 3,24 bits (août). D'autres valeurs dépassent largement 2,5 bits enregistrées dans des périodes différentes de l'année : septembre (2,97 bits), octobre (2,68 bits), février (2,55 bits), juin (2,87 bits) et juillet (2,67 bits). Les valeurs élevées expriment la présence d'un grand nombre d'espèces, ainsi le milieu est dit diversifié.

Nous constatons des résultats obtenus du calcul de l'indice d'équitabilité que mise à part la valeur zéro notée pour janvier, les autres valeurs sont toutes proches de 1, ceci signifie que les effectifs des espèces orthoptériques recensées sont en équilibre entre eux.

3.4. Analyse écologique et statistique des résultats obtenus dans la région de Béjaia

Les résultats obtenus des inventaires orthoptériques des trois milieux prospectés à Béjaia ont été interprétés par différents indices écologiques et par une analyse factorielle des correspondances.

3.4.1. La richesse totale, la richesse moyenne spécifique, la fréquence centésimale, la fréquence d'occurrence et l'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité calculés pour les espèces orthoptérologiques recensées dans les trois stations d'étude de la région de Béjaia

Les résultats des analyses écologiques sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau 21 - La richesse totale, la richesse moyenne spécifique, la fréquence centésimale, la fréquence d'occurrence et l'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité calculés pour les espèces orthoptérologiques recensées au niveau de la station friche - Béjaia.

Espèces :	octobre		novembre		décembre		janvier		février		mars		avril		mai		juin		juillet		août		septembre		Fo (%)	CI
	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc		
<i>C. conocephalus</i>	-	-	-	-	2	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,29	1	1,19	-	-	-	-	25	A
<i>P. nana</i>	2	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,29	-	-	-	-	-	-	16,66	A
<i>O. algerica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	10,52	5	25	6	23,07	8	10,38	6	7,14	-	-	-	-	41,66	R
<i>Rhacocleis sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2,59	3	3,57	3	3,09	-	-	25	A
<i>T. cicindeloides</i>	-	-	-	-	7	43,75	-	-	2	14,28	2	10,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	A
<i>A. turrita</i>	4	5,4	6	13,04	-	-	-	-	2	14,28	3	15,75	1	5	2	7,69	3	3,89	-	-	-	-	3	3,65	66,66	C
<i>A. strepens</i>	65	87,38	22	47,82	6	37,5	1	100	10	71,42	12	63,15	13	65	14	53,8	28	36,36	33	39,28	36	37,11	43	52,43	100	O
<i>A. thalassinus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5,95	-	-	6	7,31	16,66	A
<i>T. nasuta</i>	1	1,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2,43	16,66	A

<i>O.C. sulfurescens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5,15	-	-	8,33	A		
<i>A. patruelis</i>	-	-	4	8,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	15,38	7	9,09	10	11,9	12	12,37	10	12,19	58,33	C	
<i>P. conica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3,57	11	11,34	9	10,97	25	A		
<i>E. plorans</i>	-	-	7	15,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	15,58	8	9,52	10	10,3	7	8,53	41,66	R	
<i>P. giornai</i>	2	2,7	4	8,69	1	6,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	7,79	7	8,33	9	9,27	2	2,43	58,33	C	
<i>O. tibialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	11,68	8	9,52	9	9,27	-	-	25	R	
<i>A. aegyptium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	-	-	-	-	-	-	2	2,06	-	-	16,66	A	
<i>P. meridionalis</i>	-	-	3	6,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,33	A	
- Total :	74	100%	46	100%	16	100%	1	100%	14	100%	19	100%	20	100%	26	100%	77	100%	84	100%	97	100%	82	100%			
- Richesse totale :	5		6		4		1		3		4		4		4		10		10		9		8				
Richesse moyenne	3		3,4		1,6		0,4		1,2		2,2		2		3		4,4		4,8		3,6		4				
Spécifique :																											
- H :	0,76		2,18		1,68		0,00		1,15		1,52		1,34		1,67		2,73		2,77		2,73		2,22				
- E :	0,33		0,84		0,84		0,00		0,72		0,76		0,67		0,83		0,82		0,83		0,86		0,74				

Tableau 22 - La richesse totale, la richesse moyenne spécifique, la fréquence centésimale, la fréquence d'occurrence et l'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité calculés pour les espèces orthoptérologiques recensées dans le verger d'agrumes (Béjaia).

Mois :	octobre		novembre		décembre		Janvier		février		mars		avril		mai		juin		juillet		août		septembre		Fo %	CI
Espèces :	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc		
<i>C. conocephalus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	17,64	-	-	-	-	1	2,56	1	2,17	-	-	-	-	25	A
<i>O. algerica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	21,05	-	-	6	7,14	-	-	-	-	16,66	A
<i>D. albifrans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	5,12	-	-	-	-	-	-	8,33	A
<i>G. bimaculatus</i>	1	2,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2,56	1	2,17	2	5,4	2	5	41,66	R
<i>A. turrata</i>	-	-	2	12,5	1	20	-	-	-	-	-	-	1	5,55	2	10,52	2	5,12	-	-	-	-	-	-	41,66	R
<i>A. strepens</i>	40	81,63	12	75	3	60	1	25	-	-	5	29,41	8	44,44	4	21,05	14	35,89	26	56,52	23	62,16	31	77,5	91,66	O
<i>A. thalassinus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2,17	-	-	4	10	16,66	A
<i>T. nasuta</i>	1	2,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	11,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,66	A

<i>A. patruelis</i>	3	6,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	21,05	3	7,69	3	6,52	2	5,4	-	-	41,66	R
<i>E. plorans</i>	-	-	-	-	-	-	-	3	100	7	41,17	7	38,88	5	26,31	4	10,25	2	4,34	3	8,1	-	-	58,33	C	
<i>P. giornai</i>	-	-	-	-	1	6,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	23,07	6	13,04	2	5,4	-	-	33,33	R
<i>C barbarus</i>	1	2,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	7,69	2	4,34	-	-	-	-	25	A
<i>O raymondi</i>	-	-	2	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,33	A
<i>A. aegyptium</i>	3	6,12	-	-	-	-	-	-	-	-	2	11,76	-	-	-	-	-	-	-	-	5	13,51	3	7,5	33,33	R
<i>P. meridionalis</i>	-	-	-	-	-	-	3	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4,34	-	-	-	-	16,66	A
- Total :	49	100%	16	100%	5	100%	4	100%	3	100%	17	100%	18	100%	19	100%	39	100%	50	100%	37	100%	40	100%		
- Richesse totale :	6		3		3		2		1		4		4		5		9		10		6		4			
Richesse moyenne Spécifique :	2,8		1,6		0,8		0,4		0,4		1,8		2,6		2,6		3,8		4,4		3,2		2,6			
- H :	1,08		1,06		1,37		0,81		0,00		1,85		1,63		2,27		2,64		2,25		1,79		1,11			
- E :	0,42		0,67		0,86		0,81		0,00		0,93		0,82		0,98		0,83		0,68		0,69		0,56			

Tableau 23 - La richesse totale, la richesse moyenne spécifique, la fréquence centésimale, la fréquence d'occurrence et l'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité calculés pour les espèces orthoptérologiques recensées dans la station Garrigue (Béjaia).

- Mois :	octobre		novembre		décembre		janvier		février		mars		avril		mai		juin		juillet		août		septembre		Fo%	CI
Espèces :	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc	ni	Fc		
<i>P. nana</i>	1	1,36	1	3,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3,22	-	-	-	-	2	3,7	33,33	R
<i>O. algerica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	9,09	2	5,12	4	6,45	2	3,84	-	-	-	-	33,33	R
<i>D albifrans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	6,45	3	5,76	4	6,34	-	-	25	A
<i>Rhacocleis sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4,83	2	3,84	1	1,58	-	-	25	A
<i>G bimaculatus</i>	3	4,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,61	1	1,92	4	6,34	3	5,55	41,66	R
<i>Gryllulus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4,54	2	5,12	-	-	-	-	-	-	2	3,7	25	A
<i>A. turrita</i>	2	2,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,85	16,66	A
<i>A. strepens</i>	19	26,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	11,36	-	-	10	16,12	11	21,15	16	25,39	12	22,22	50	R

<i>A. thalassinus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	7,4	8,33	A
<i>T. nasuta</i>	2	2,73	1	3,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,66	A
<i>O.C. sulfurescens</i>	6	8,21	-	-	-	-	-	-	-	-	6	20,69	10	22,72	8	20,51	6	9,67	-	-	7	11,11	-	-	-	-	50	R
<i>O fuscocincta</i>	3	4,10	2	6,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	28,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	A
<i>O miniata</i>	-	-	3	9,37	-	-	-	-	-	-	2	6,89	5	11,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	A
<i>A. patruelis</i>	7	9,58	-	-	-	-	-	-	3	13,04	-	-	2	4,54	-	-	5	8,06	-	-	5	7,93	7	12,96	-	-	58,33	C
<i>P. conica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	11,53	5	7,93	6	11,11	-	-	25	A
<i>E. plorans</i>	9	12,32	6	18,75	4	30,75	1	20	-	-	2	6,89	-	-	-	-	4	6,45	-	-	7	11,11	9	16,66	-	-	66,66	C
<i>P. giormai</i>	6	8,21	6	18,75	-	-	4	80	8	34,78	3	10,34	2	4,54	8	20,51	13	20,96	11	21,15	5	7,93	8	14,81	-	-	91,66	O
<i>C barbarus</i>	4	5,47	4	12,5	2	15,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	6,45	7	13,46	3	4,76	-	-	-	-	50	R
<i>O. tibialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	9,67	5	9,61	6	9,52	-	-	-	-	25	A
<i>O raymondi</i>	4	5,47	-	-	1	7,69	-	-	-	-	4	13,79	6	13,63	4	10,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41,66	R
<i>P meridionalis</i>	1	1,36	-	-	-	-	-	-	2	8,69	-	-	-	-	-	-	-	-	4	7,69	-	-	-	-	-	-	25	A
<i>A brachypterum</i>	-	-	2	6,25	-	-	-	-	4	17,39	-	-	3	6,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	A

<i>P. elephas</i>	6	8,21	7	21,87	6	46,15	-	-	6	26,08	12	41,37	5	11,36	4	10,25	-	-	-	-	-	-	-	-	58,33	C
- Total :	73	100%	32	100%	13	100%	5	100%	23	100%	29	100%	44	100%	39	100%	62	100%	52	100%	63	100%	54	100%		
- Richesse totale :	14		9		4		2		5		6		10		7		12		10		11		10			
Richesse mov. sp.	4,4		3,8		2		0,8		2,2		2,6		4,2		4		5,8		4,2		4,4		3,8			
- H :	3,38		2,89		1,74		0,72		1,50		2,26		3,13		2,57		3,33		3,02		3,21		3,02			
- E :	0,89		0,91		0,87		0,72		0,65		0,88		0,94		0,91		0,93		0,91		0,93		0,91			

ni : nombre d'individus.

Fc : Fréquence centésimale.

Fo : Fréquence d'occurrence. (O : omniprésente, C : Constante, R : Régulière, A : Aléatoire)

Cl : Classe.

H : Indice de diversité de Shannon-Weaver.

E : Indice d'équitabilité.

L'effectif total de la faune orthoptérique recensée dans la région de Béjaia est de 1342 individus. Cependant, les populations des espèces recensées présentent des effectifs stationnelles très différents. Ils sont de 556 individus, 489 individus et 297 individus respectivement pour le milieu friche, la Garrigue et le verger d'agrumes. Parmi les espèces inventoriées, *A. strepens* a montré une présence remarquable durant tous les mois d'échantillonnage aux niveaux des stations friche et verger avec respectivement 283 et 167 individus. Par contre cette espèce a été enregistrée seulement pour une durée de 6 mois au niveau de la Garrigue avec un effectif de 73 individus.

La richesse totale en espèces orthoptérologiques des trois stations d'étude varie entre 2 (janvier) et 14 espèces (juin-juillet) dans le milieu friche, 1 (février) et 10 espèces (juillet) dans le verger et 2 (janvier) et 14 espèces (octobre) dans la Garrigue. Cependant, nous notons que la richesse moyenne spécifique stationnelle oscille entre 0,4 (janvier) et 4,8 (juillet), 0,4 (février) et 4,4 (juillet), et 0,8 (janvier) et 5,8 (juin) respectivement dans les stations friche, verger et Garrigue. La comparaison entre les richesses moyennes spécifiques stationnelles révèle que la garrigue est représentée par les valeurs les plus élevées durant toute l'année d'échantillonnage par rapport aux deux autres stations prospectées (Fig. 38).

La fréquence centésimale (relative) appliquée à l'orthoptérofaune recensées montre qu'*Aiolopus strepens* est représentée par une fréquence mensuelle qui dépasse les 50 % dans la friche et dans la plupart des relevés effectués au verger d'agrumes. Les valeurs les plus élevées notées pour cette espèce dans la Garrigue sont : 26,02 % (octobre) et 25,39 % (août). De même, d'autres espèces ont montré des fréquences assez élevées telles que *T. cicindeloides* avec 43,75 % (décembre) dans la station friche ; *E. plorans* dans les deux autres milieux prospectés avec 100 % (février) et 41,17 (mars) dans le verger d'agrumes, et 30,75 (décembre) dans la garrigue.

Les fréquences d'occurrence calculées pour l'orthoptérocénose étudiée sont rassemblées dans les tableaux précédents (Tab. 21, 22 et 23). Les valeurs maximales sont enregistrées pour *A. strepens*. Habituellement cette espèce est fortement présente dans différents biotopes ici en Algérie. A Béjaia, elle marque une constance de 100 % dans le milieu friche et 91,66 % dans le verger d'agrumes. Dans les deux milieux précisés l'espèce est omniprésente ; mais elle est régulière dans la garrigue, ce qui explique sa tendance vers les milieux agricoles. En revanche, nous avons noté que c'est *P. giornai* qui est omniprésente dans la Garrigue (91,66 %), alors qu'elle marque une présence constante dans la friche (58,33 %) et régulière dans le

verger d'agrumes (33,33 %). De même, *A. patruelis* est constante dans la friche et la Garrigue (58,33 % chacune), mais régulière dans le verger d'agrumes (41,66 %). Il semble que cette espèce n'affectionne pas trop les milieux semi ouverts. D'autre part *A. turrita* a révélé une présence constante au niveau de la station friche (66,66 %) et de type régulier dans la station garrigue. Alors que les espèces : *P. elephas* est constante dans la garrigue (58,33 %), *G. bimaculatus* est régulière dans le verger d'agrumes et dans la Garrigue (41,66 % chacune) et *O. algerica* est régulière au niveau de la friche (41,66 %) et de la Garrigue (33,33 %). La répartition de ces espèces est en relation avec leurs exigences écologiques. Parmi les espèces régulières appartenant à des stations précises, nous trouvons *A. aegyptium* (33,33 %) dans le verger d'agrumes et *P. nana* (33,33 %), *O. raymondi* (41,66 %), *C. barbarus* et *O. caeruleascens sulfurescens* (50 % chacune) dans la station Garrigue. Les espèces qui restent sont accessoires présentant des fréquences qui ne dépassent pas 25 %. Aucune espèce rare ou accidentelle n'a été répertoriée.

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver varient entre 0,00 bits (janvier) et 2,77 bits (juillet) dans la friche et 0,00 bits (février) et 2,64 (juin) dans le verger. Ces valeurs calculées pour les deux premières stations sont relativement très rapprochées (Fig. 39) par rapport à la diversité enregistrée pour la station Garrigue, qui oscille entre 0,72 bits (janvier) et 3,38 bits (octobre).

La plupart des valeurs de l'indice d'équitabilité calculé pour les trois stations d'étude de la région de Béjaia tendent vers 1 sauf pour la valeur 0,00 notée en janvier (friche) et en février (verger d'agrumes) (Fig. 40). Ceci signifie que les effectifs des espèces orthoptériques prélevées présentent un équilibre entre eux.

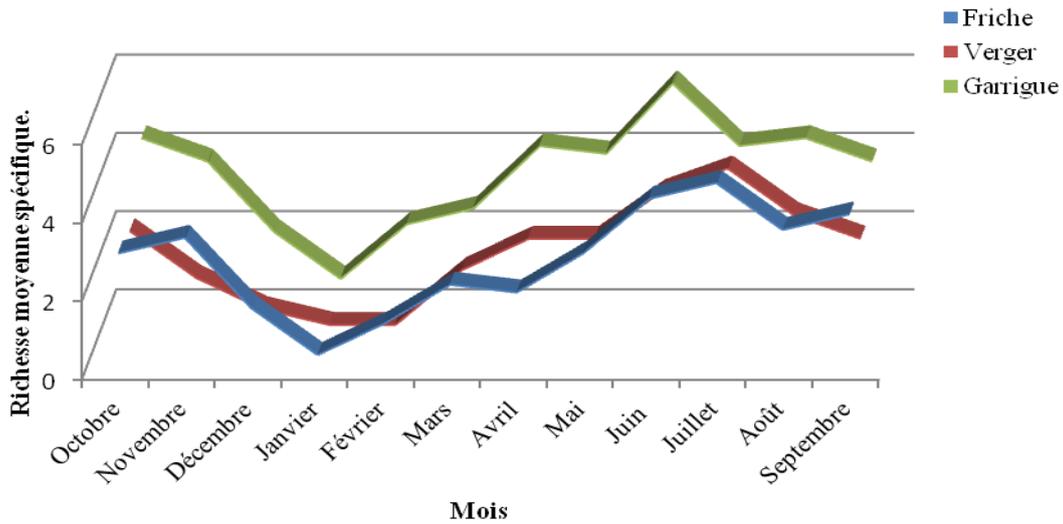


Fig. 38 - Comparaison des richesses moyennes spécifiques des stations d'étude de la région de Béjaia.

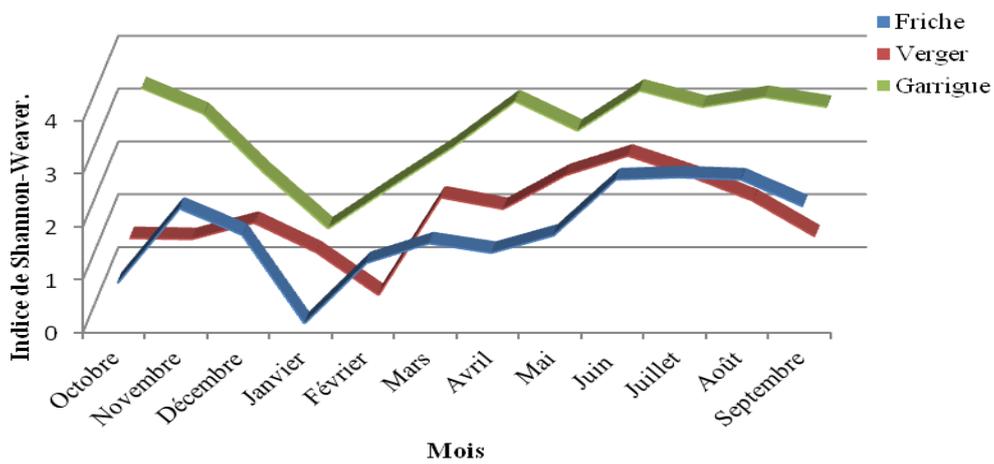


Fig. 39 - Comparaison des résultats de l'indice de diversité de Shannon-Weaver calculé pour les trois stations de la région de Béjaia.

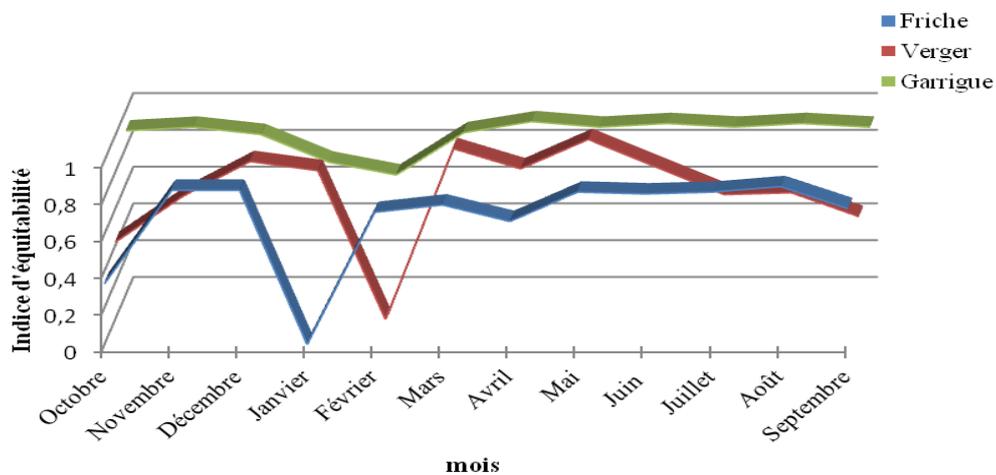


Fig. 40 - Comparaison des résultats de l'indice d'équitabilité calculé pour les trois stations de la région de Béjaia

3.4.2. Analyse factorielle des correspondances calculée pour les trois stations de la région de Béjaia :

Les 36 relevés orthoptériques effectués dans la région de Béjaia ont été soumis à une analyse factorielle des correspondances. La représentation graphique des stations et des espèces recensées révèle que le nuage de points est bien structuré, ce qui explique l'existence de certaines exigences écologiques communes entre les individus de l'orthoptéroécénose. L'axe 1 représente 59,58 % de l'inertie du nuage, alors que l'axe 2 affiche une valeur de 40,42 %.

Nous remarquons de la figure 28 que la somme des contributions des deux axes atteint 100 %, ceci signifie que les axes 1 et 2 combinés renseignent exactement sur la distribution du peuplement orthoptérique en fonction des stations d'étude.

La station 1 contribue à la construction de l'axe 1 avec 36,61 % à gauche, et c'est la station 3 qui contribue fortement à la construction toujours de l'axe 1 à droite avec 55,94 %. De même, la station 1 contribue dans la construction de l'axe 2 avec un taux de 33,03 %, et la station 2 contribue le plus à la construction du même axe (2) avec 63,98 %. Les espèces orthoptérologiques qui contribuent à la construction des deux axes sont les suivantes :

Axe 1 : Les espèces *Gryllulus sp* (Gr-gll), *Oedipoda fuscocincta* (Oe-fus), *Oedipoda miniata* (Oe-min), *Acrydium brachypterum* (Ac-bra), et *Pamphagus elephas* (Pa-ele) contribuent fortement à la construction de cet axe avec un taux de 11,23 % chacune, suivies par *Conocephalus conocephalus* (Co-con) et *Anacridium aegyptium* (An-aeg) avec 10,67 % chacune, puis *Trigonidium cicindeloides* (Tr-cic) avec 9,75 %. Les autres espèces contribuent avec des taux très faibles oscillant entre 0,02 % et 1,75 %.

Axe 2 : Les espèces orthoptériques qui contribuent fortement à la formation de l'axe 2 sont *Trigonidium cicindeloides* (Tr-cicin) avec 13,23 %, suivi par *Phaneroptera nana* (Ph-nan), *Rhacocleis sp* (Rh-aca), *Pergomorpha conica* (Pe-con) et *Ochrilidia tibialis* avec 10,48 chacune, puis *Gryllus bimaculatus* (Gr-bim), *Decticus albifrans* (De-alb) et *Calliptamus barbarus* (Ca-bar) avec 9,14 chacune. Le taux de participation des autres espèces varient entre 0,14 % et 1,25 %.

Au niveau du graphe, nous remarquons que la projection des points relatifs aux différentes espèces recensées semble bien répartie formant ainsi quatre groupements mentionnés de A à D. Trois espèces seulement se trouvent en dehors des groupements.

Le groupement A se trouve sur l'intersection des deux axes 1 et 2. Il représente les espèces communes entre les trois milieux d'étude, c'est le cas d'*Odontura algerica* (Od-alg), *Paratettix meridionalis* (Pa-mer), *Pezotettix giornai* (Pe-gio), *Eyprepocnemis plorans* (Ey-plo), *Acrotylus patruelis* (Ac-pat), *Oedipoda caerulescens sulfurescens* (Oe-cae), *Aiolopus strepens* (Ai-str), *Aiolopus thalassinus* (Ai-tha), *Acrida turrata* (Ac-tur) et *Truxalis nasuta* (Tr-nas). Ces espèces sont cosmopolites, et révèlent ainsi une présence permanente dans ces milieux qui sont très favorables à leur maintien.

Le groupement B rassemble les espèces rencontrées dans le verger d'agrumes et la Garrigue. Ces deux milieux représentent le biotope recherché par ces acridiens qui ne s'exposent pas beaucoup et qui se mettent toujours à l'abri des prédateurs. Il s'agit de *Decticus albifrons* (De-alb), *Omocestus raymondi* (Om-ray), *Calliptamus barbarus* (Ca-bar) et *Gryllus bimaculatus* (Gr-bim).

Le groupement C représente les espèces orthoptériques notées pour les deux milieux friche et garrigue. Il comprend *Phaneroptera nana* (Ph-nan), *Ochrilidia tibialis* (Oc-tib), *Pyrgomorpha conica* (Pe-con) et *Rhacocleis sp* (Rh-aco). Il semble que ces espèces fuient les milieux semi ouverts à fermés car aucune d'elles n'a été enregistrée dans le verger d'agrumes.

Le groupement D apparaît éloigné des trois premiers groupements A, B, C. Il renferme uniquement les espèces prélevées dans le milieu garrigue, c'est le cas de *Gryllulus sp* (Gr-yll), *Pamphagus elephas* (Pa-ele), *Acrydium brachypterum* (Ac-bra), *Oedipoda miniata* (Oe-min) et *Oedipoda fuscocincta* (Oe-fus). Celles-ci présentent une affinité beaucoup plus aux milieux les moins perturbés par l'activité humaine.

Trois espèces se trouvent en dehors des groupes formés. Deux d'entre elles sont représentées l'une à côté de l'autre partageant les mêmes affinités écologiques, il s'agit d'*Anacridium aegyptium* (An-aeg) et de *Conocephalus conocephalus* (Cn-con) recensées dans les milieux friche et verger d'agrumes. Ces espèces sont indifférentes au degré d'ouverture du milieu présentant une tendance vers le milieu arboricole ou à végétation haute utilisée comme perchoir. Par ailleurs, nous notons que *Trigonidium cicindeloides* (Tr-cic) est seule. Celle-ci a

été observée uniquement au niveau de la friche cherchant les endroits les moins ensoleillés et très humides.

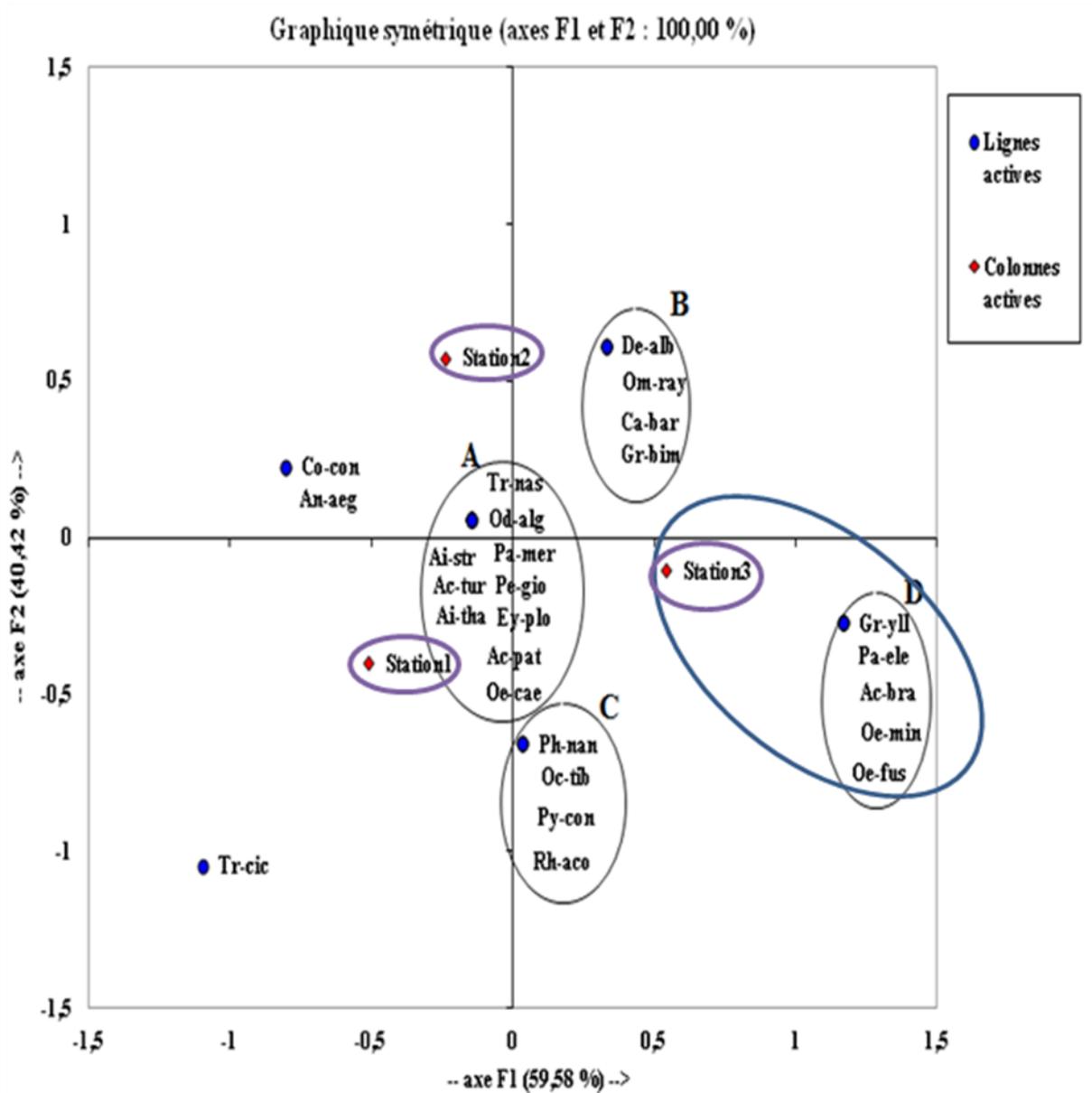


Fig. 41 - La carte factorielle des correspondances des espèces orthoptérologiques des trois stations d'étude de la région de Béjaia

St1 : Friche

St2 : Verger d'Agurmes

St3 : Garrigue

3.5. Effet histophysiologique de *Bacillus thuringiensis*, souche Fr4 sur les adultes d'*Aiolopus strepens* et de *Schistocerca gregaria*

Dans le but d'étudier l'effet histophysiologique de la souche Fr4 de *Bacillus thuringiensis* sur le tube digestif des adultes d'*Aiolopus strepens* et de *Schistocerca gregaria*, nous avons réalisé des coupes histologiques au niveau du stomodeum, du mésentéron et du proctodeum. Après coloration des tissus, nous avons effectué un examen histologique au microscope photonique et une comparaison entre les coupes des individus témoins et ceux traités afin de mettre en évidence toutes les modifications qui touchent ces trois parties du tube digestif après traitement.

3 – 5 – 1 - Observation de l'aspect externe du tube digestif des individus témoins

L'observation du tube digestif à l'œil nu et à la loupe binoculaire de deux individus témoins d'*Aiolopus strepens* et de *Schistocerca gregaria*, révèle la présence d'un tube rectiligne occupant la quasi-totalité du corps s'étendant de la cavité buccale jusqu'à l'anus et est recouvert d'une couche grasseuse. Le tube digestif des deux espèces montre une succession linéaire de trois parties usuellement retrouvées chez la plupart des insectes.

- Stomodeum ou intestin antérieur
- Mésentéron ou intestin moyen
- Proctodeum ou intestin postérieur

Cependant la taille de ces parties diffère d'une espèce à l'autre ; celui d'*Aiolopus strepens* étant plus petit de taille que celui de *Schistocerca gregaria*.

Le stomodeum comporte un œsophage très étroit et se continue par un jabot et un gésier presque de même taille. La limite antérieure du gésier est constituée par un léger étranglement plus ou moins marqué qui le sépare du jabot.

Le mésentéron d'une teinte plus claire que l'intestin antérieur, et présentant six caeca gastriques divisés en une partie antérieure généralement longue, et une partie postérieure plus courte. Le point d'insertion des tubes de Malpighi marque le passage entre l'intestin moyen et l'intestin postérieur. Ce dernier se termine pour former un rectum qui s'élargit de nouveau pour donner naissance à l'ampoule rectale (Fig. 42).

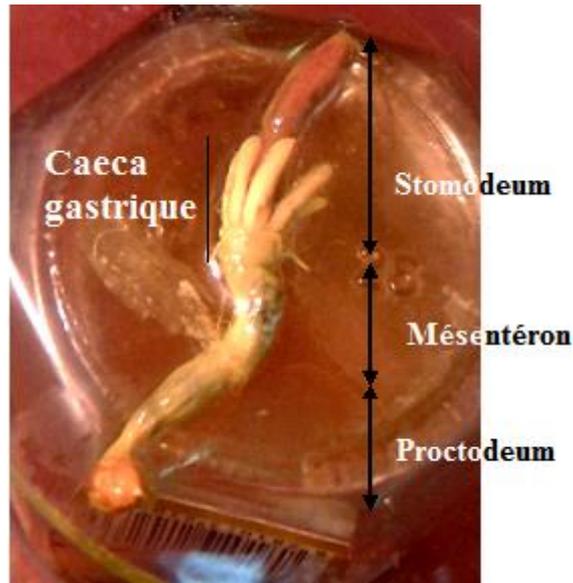


Fig. 42 - Aspect externe du Tube digestif de *Schistocerca gregaria* témoin (Original).

3 – 5 – 2 - Observation de l'aspect externe du tube digestif des individus traités

Les observations effectuées sur les tubes digestifs des individus traités ne révèlent aucune lésion sur l'aspect externe du tube digestif des deux espèces testées *Aiolopus strepens* et *Schistocerca gregaria*. Nous constatons ainsi que l'effet de la souche bactérienne Fr4 de *Bacillus thuringiensis* n'apparaît pas sur l'aspect macroscopique du tube digestif. Ce qui nécessite une étude histologique pour vérifier l'effet de cette souche sur ce dernier.

3 – 5 – 3 - Etude histologique du tube digestif d'*Aiolopus strepens* et de *Schistocerca gregaria*, des témoins et des traités par *Bacillus thuringiensis*, souche FR4

Le protocole histologique suivi durant notre expérimentation nous a permis d'obtenir des coupes montrant les différentes couches cellulaires de la sphère digestive d'*A. strepens* et de *S. gregaria* des individus témoins et traités.

3.5.3.1. Stomodeum des individus témoins d'*Aiolopus strepens*

La portion du stomodeum révèle une lumière large présentant un bol alimentaire, les villosités sont nombreuses et régulières, la cuticule entoure l'épithélium, formée par trois couches : endocuticule, epicuticule et exocuticule. La gaine musculaire est très développée, constituée par les fibres musculaires circulaires externes et longitudinales internes (Fig.43).

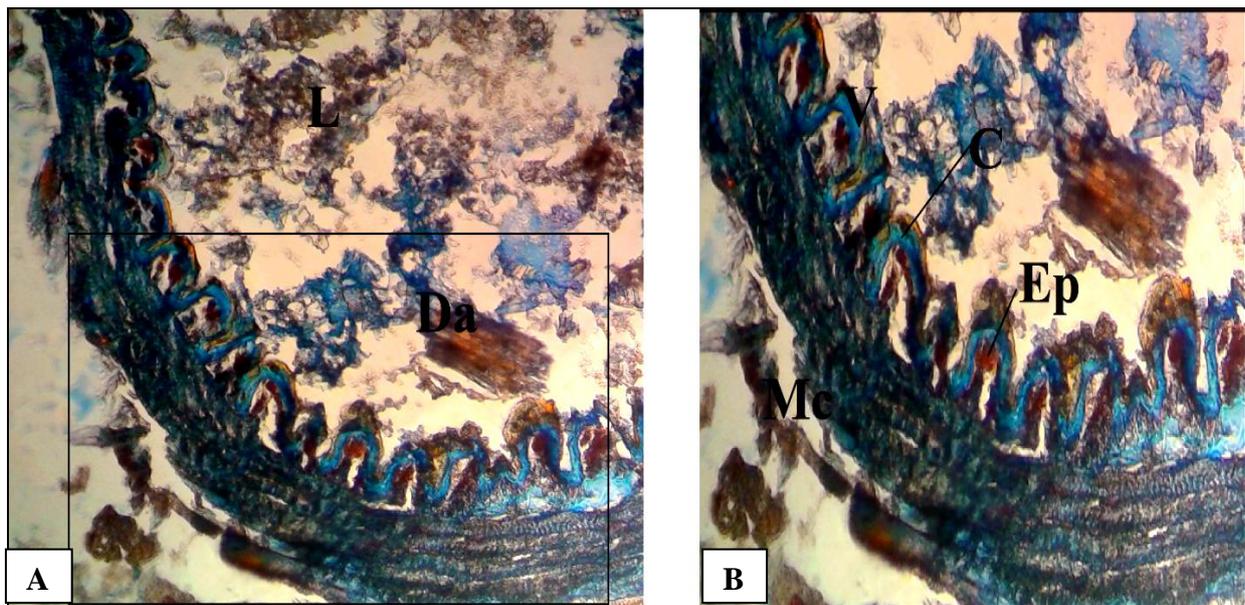


Fig. 43 - Coupe transversale au niveau du stomodeum des individus témoins d'*Aiolopus strepens* (Original)

A : vue d'une portion du stomodeum (Gr x 160).
Lumière(L), Débris alimentaire(Da).

B : Détail d'une portion du stomodeum (Gr x 400)
Cuticule(C), Epithélium (Ep.), Muscles circulaires(Mc), Villosité (V).

Fixateur : Bouin aqueux. **Coloration** : Mallory

3.5.3.2. Stomodeum des individus d'*Aiolopus strepens* traités par Bt, souche FR4

L'observation sous microscope photonique au Gr x 160 des coupes histologiques du stomodeum traité par la souche Fr4 montre des modifications représentées surtout par un détachement partielle des villosités, la rupture de l'épithélium dans certains endroits du stomodeum avec une atrophie et un relâchement de l'assise musculaire circulaire (Fig.44).

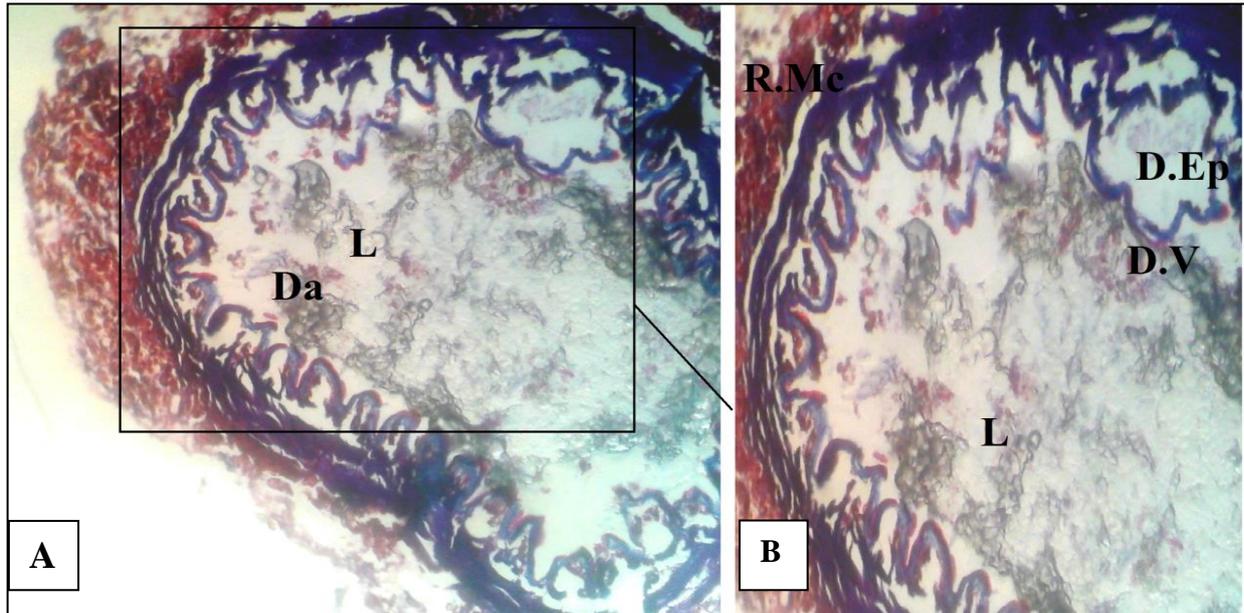


Fig. 44 - Coupe transversale au niveau du stomodeum d'*Aiolopus strepens* traité par *B. thuringiensis* souche Fr4 (Original).

A : vue d'une portion du stomodeum traité (Gr x 160)
Lumière(L), débris alimentaire(Da)

B : détail d'une portion du stomodeum traité (Gr x 400)
Relâchement du muscle circulaire, (R.Mc), Disparition des épithéliums(D.Ep), détachement des villosités (D.V).

Fixateur : Bouin aqueux. **Coloration** : Mallory.

3.5.3.3. Caecum gastrique d'*Aiolopus strepens* témoin

La coupe histologique du caecum gastrique des individus témoins présente un aspect très différent de celui des autres parties du tube digestif. L'épithélium apparaît avec de grandes villosités alternant avec d'autres plus petites. La section est arrondie avec une lumière réduite. Cependant, l'épithélium apparaît plissé, haut, soutenu par une tunique musculaire circulaire. Le tissu conjonctif s'infiltré dans l'axe des villosités. Nous notons au niveau de cette partie l'absence de l'intima cuticulaire (Fig. 45).

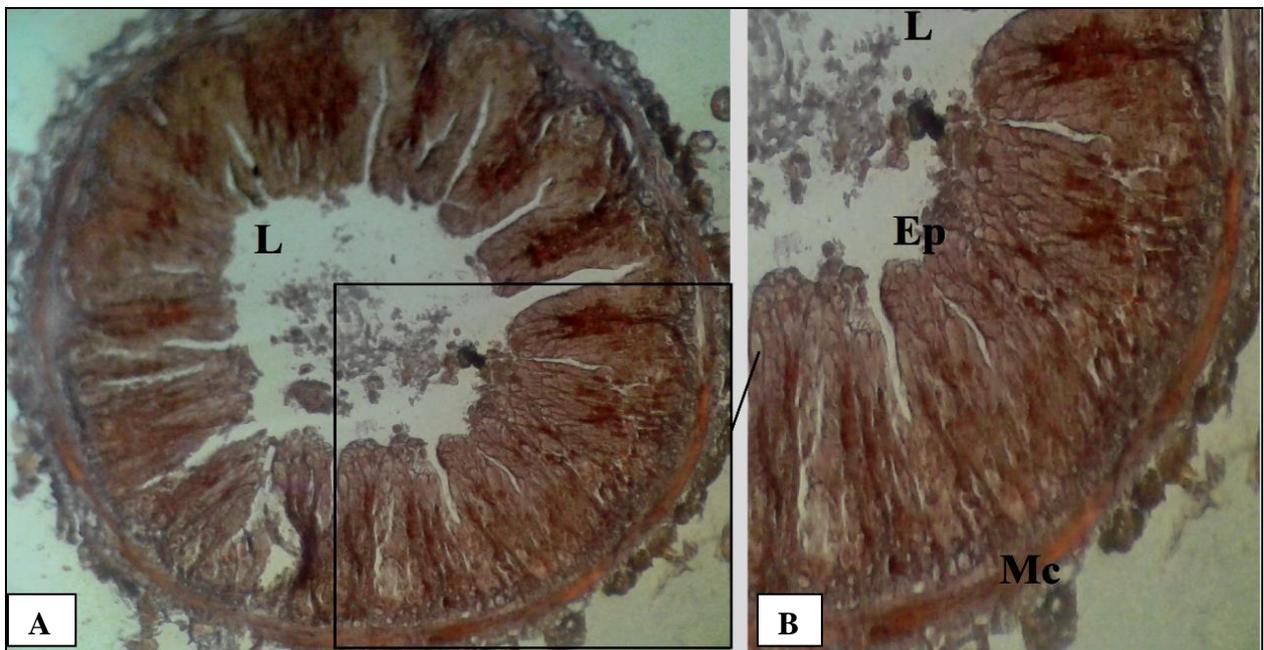


Fig. 45 - Coupe transversale au niveau du caecum gastrique d'*Aiolopus strepens* témoin (Original).

A : Caecum gastrique témoin (Gr x 160).

B : Détail d'une portion du caecum gastrique (Gr x 400).
Lumière(L), Epithélium (Ep.), Muscles circulaires (Mc).

Fixateur : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhain.

3.5.3.4. Caecum gastrique d'*Aiolopus trepens* des individus traités par Bt, souche Fr4

Au niveau du caecum gastrique traité par la souche bactérienne Fr4, nous remarquons une porosité au niveau de l'épithélium avec une forte altération de la structure de la tunique musculaire circulaire qui se détache. Les cellules de l'assise épithéliale paraissent très vacuolisées (Fig. 46).

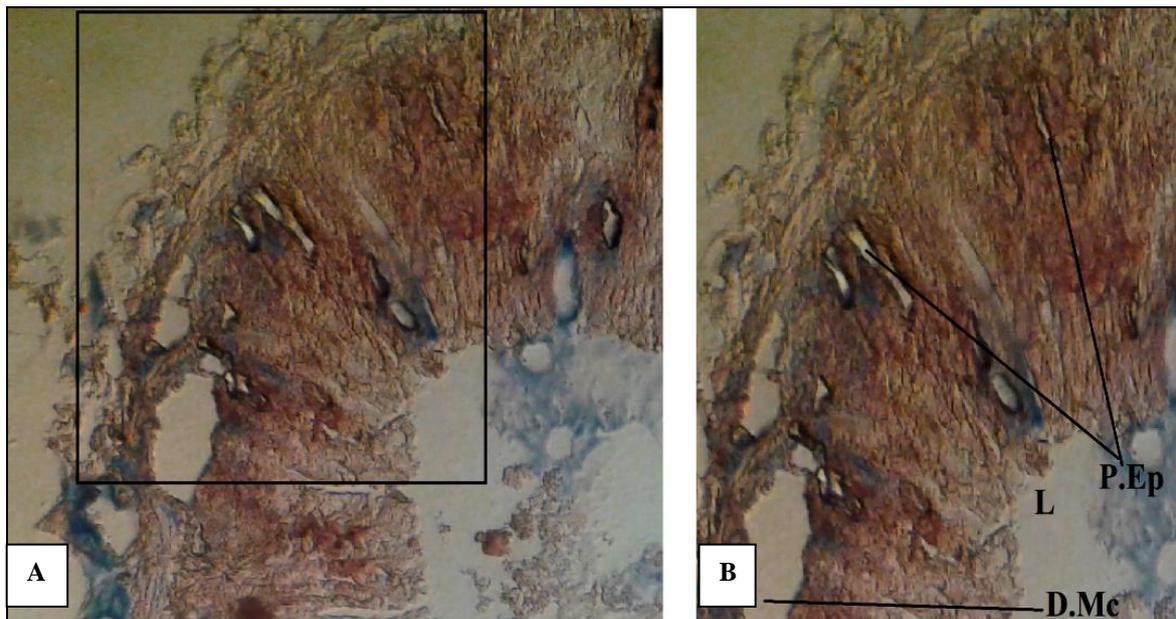


Fig. 46 - Coupe transversale au niveau du caecum gastrique des individus d'*Aiolopus strepens* traités par Bt souche Fr4 (Original).

A : vue d'une portion du caecum gastrique traité (Gr x 160).

B : Détail d'une portion du caecum gastrique (Gr x 400).

Lumière (**L**), porosité de d'épithélium (**P.Ep**), détachement des muscles circulaires (**D.Mc**).

Fixateur : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhain.

3.5.4. Etude histologique du tube digestif de *Schistocerca gregaria* des témoins et des traités par Bt, souche FR4.

3.2.4.1. Stomodium de *Schistocerca gregaria* témoin

Le stomodeum du témoin présente une forme arrondie avec une lumière intestinale large pleine contenant un bol alimentaire. De l'intérieur vers l'extérieur, la paroi intestinale est composée d'une cuticule présentant trois couches : épicuticule, exocuticule et endocuticule. L'épicuticule émet des épines apparentes qui servent à triturer les aliments. Les villosités sont nombreuses, condensés et d'une longueur presque identique. L'épithélium vient en dessous de la cuticule, simple, unistratifié, composé de plusieurs cellules cubiques juxtaposées adhérant la membrane basale du tissu conjonctif. La gaine musculaire est très développée. Elle est formée d'une couche circulaire externe très épaisse et d'amas de muscles longitudinaux internes (Fig. 47).

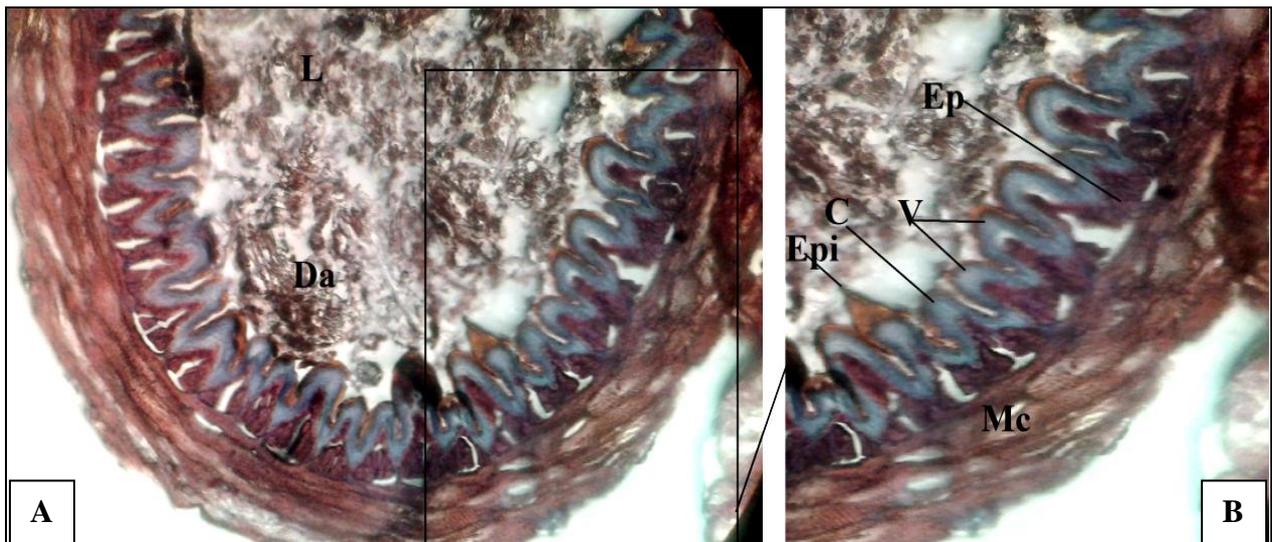


Fig. 47 - Coupe transversale au niveau du stomodeum de *Schistocerca gregaria* témoin (Original)

A : vue d'une portion du stomodeum témoin (Gr x 160).

Photo B : détails d'une portion du stomodeum (Gr x 400).

Lumière (L), cuticule(C), Villosité (V), muscles circulaires(Mc), Épithélium (Ep.)
Débris alimentaire(Da), Epines(Epi).

Fixateur : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhain.

3.5.4.2. Stomodeum des individus de *Schistocerca gregaria* traités par Bt, souche Fr4

La figure ci-dessous montre que l'action de *B. thuringiensis* souche Fr4 a provoquée des altérations très poussées au niveau de la paroi du stomodeum (partie du gésier) qui se manifeste par de minces tuniques musculaires fractionnées. Les cellules de l'épithélium sont vacuolisées et rassemblées en amas. L'aspect de la cuticule est non reconnaissable (Fig. 48).

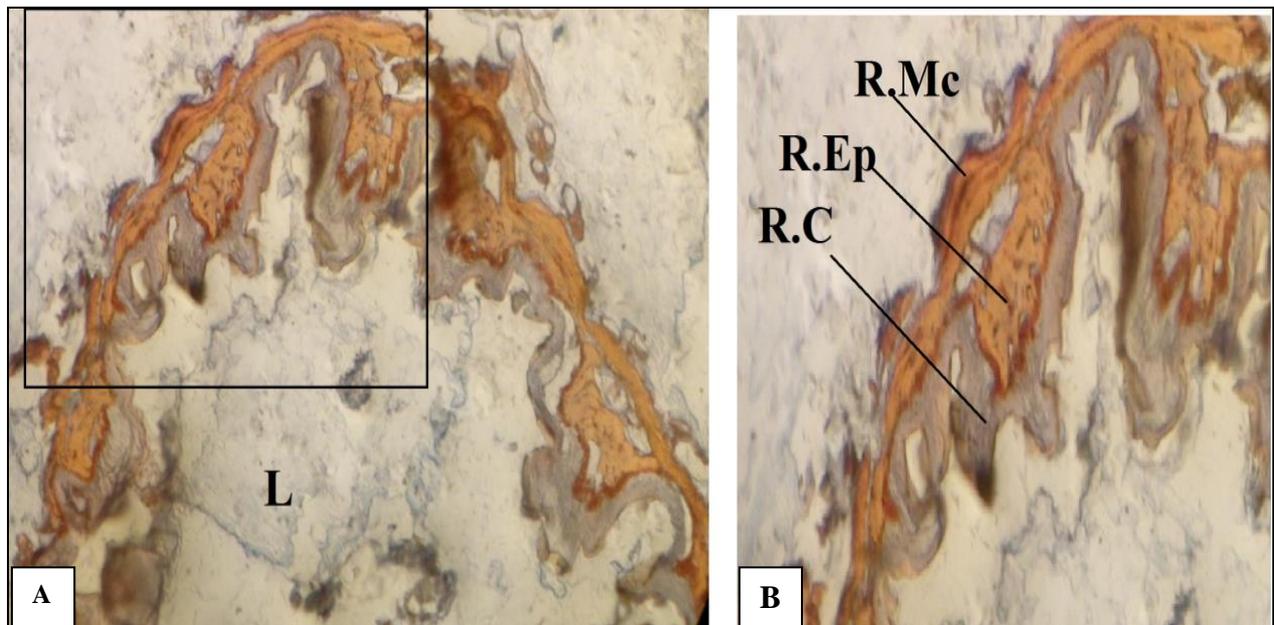


Fig. 48 - Coupe transversale au niveau du stomodeum des individus de *Schistocerca gregaria* traités par *B. thuringiensis* souche FR4 (Original).

A : vue d'une portion du stomodeum traité (Gr x160).

B : détails d'une portion du stomodeum (Gr x 400).

Lumière(L), Réduction de la musculature(R.Mc), Regroupement de l'épithélium(R.Ep), Réarrangement de la cuticule (R.C).

Fixateur : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhain.

3.5.4.3. Mésentéron de *Schistocerca gregaria* témoin

Le mésentéron est la portion du tube digestif responsable de l'absorption de tous les éléments nutritifs de l'aliment ingéré par l'acridien. La structure histologique du mésentéron paraît très différente de celle du stomodeum. Il est d'une forme allongée constitué d'une lumière large. L'épithélium de revêtement de la sphère intestinale est de type pseudostratifié, souvent plissé, dont les petites cellules sont dites de régénérations. Les cellules épithéliales portent à leur pôle apical une bordure en brosse très régulière. Cette partie du tube digestif est remarquable par la membrane péritrophique sélective autour du bol alimentaire et par l'absence de la cuticule. La musculature est très réduite présentant des îlots musculaires longitudinaux externes (Fig. 49).

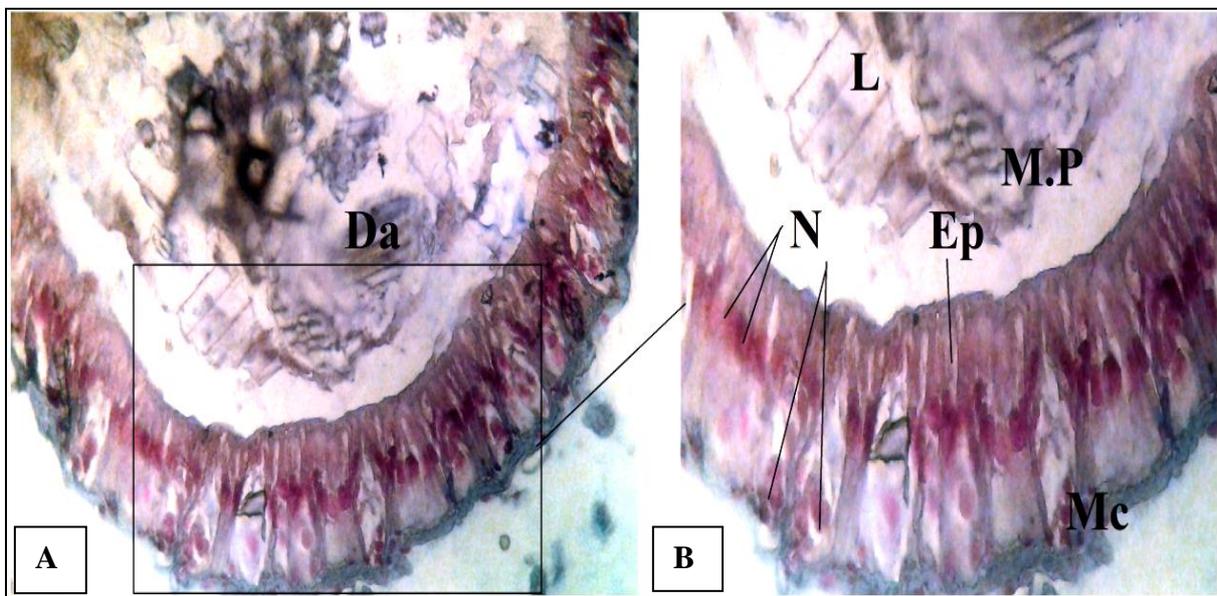


Fig. 49 - Coupe transversale au niveau du mésentéron de *Schistocerca gregaria* témoin (Original)

A : vue d'ensemble du mésentéron témoin (Gr x 250).

B : Détail d'une portion de mésentéron (Gr x 400).

Lumière(L), Epithélium pseudostratifié (Ep.), Muscles circulaires(Mc), noyaux(N) médian ou parabasal, débris alimentaire(Da), membrane péritrophique (M.P)

Fixateur : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhain.

3.5.4.4. Mésentéron des individus de *Schistocerca gregaria* traités par Bt, souche Fr4

L'effet de *B. thuringiensis* souche Fr4 sur l'intestin moyen de *S. gregaria* montre plusieurs modifications. La forme générale du mésentéron est devenue ovale suite à l'altération des différentes couches de la paroi intestinale. Nous notons cependant une réduction dans l'épaisseur de la musculature, des cellules épithéliales vacuolisées avec disjonction de celle-ci entre elles et avec la membrane basale, et disparition totale de la membrane péritrophique (Fig. 50).

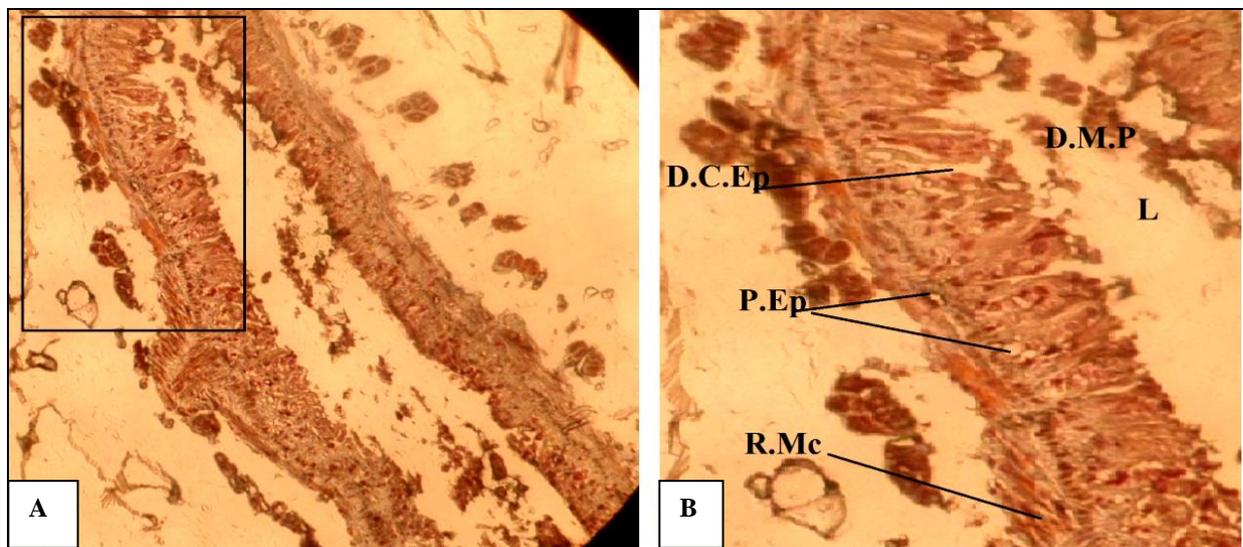


Fig. 50 - Coupe transversale au niveau du mésentéron des individus de *schistocerca gregaria* traités par Bt souche Fr4 (Original).

A : vue d'une portion du mésentéron traité (Gr x 160).

B : Détail d'une portion du mésentéron (Gr x 400).

Lumière (**L**), porosité de l'épithélium (**P.Ep**), disjonction de la cellule épithéliale (**D.C.Ep**), réduction de la musculature (**R.Mc**), disparition de la membrane péritrophique (**D.M.P**)

Fixateur : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhain.

3.5.4.5. Proctodeum de *Schistocerca gregaria* témoin

La partie observée au niveau du proctodeum est le rectum. Ce dernier possède une lumière réduite par rapport aux autres parties du tube digestif (stomodeum et mésentéron). A ce niveau, les villosités de la paroi intestinale sont développées et présentent une taille très variable. L'épithélium est unistratifié, cubique et surmonté d'une épaisse cuticule. La coupe histologique fait apparaître une musculature assez large représentée par une tunique musculaire circulaire interne et des sections arrondies (des îlots) qui représentent la tunique longitudinale externe (Fig. 51).

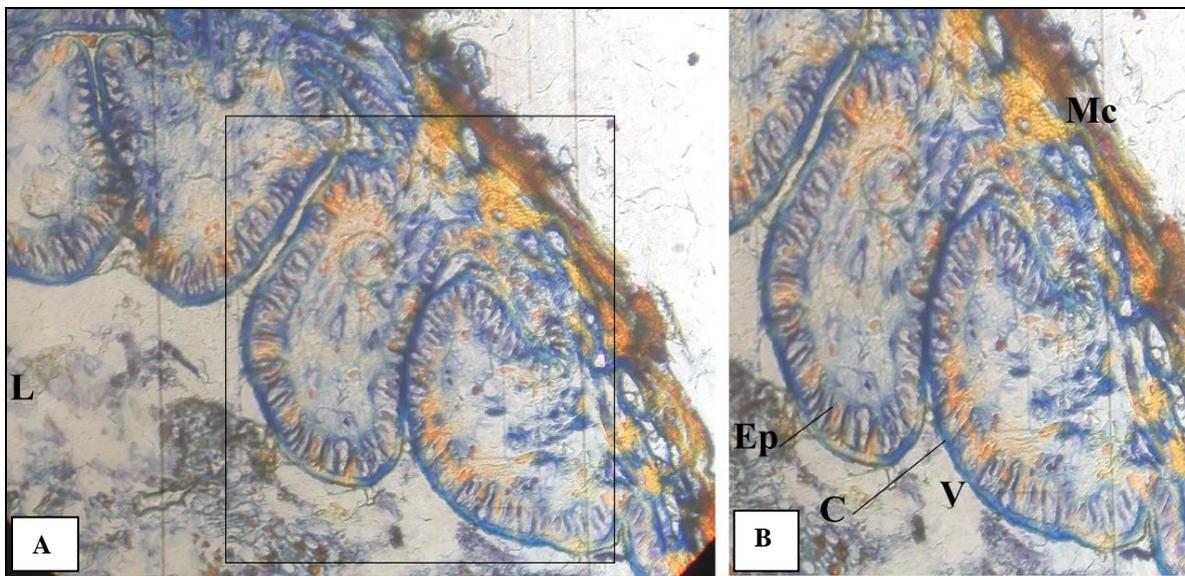


Fig. 51 - Coupe transversale au niveau du proctodeum de *Schistocerca gregaria* témoin (Original)

A : vue d'une portion du rectum témoin (Gr x 250).

B : Détail d'une portion du rectum (Gr x 400).

Lumière(**L**), Epithélium unistratifié (**Ep**), Muscles circulaires interne (**Mc**), villosités(**V**), cuticule (**C**).

Fixateur : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhain.

3.5.4.6. Proctodeum des individus de *Schistocerca gregaria* traités par *B. thuringiensis*, souche Fr4

Les coupes histologiques effectuées sur le proctodeum des individus de *S. gregaria* traités, montrent de très fortes altérations au niveau de la paroi intestinale. Nous remarquons donc, un décollement de toutes les parties de la paroi qui devient méconnaissable dans certains endroits et les déchirures de l'épithélium provoquées par le Bt font réduire la lumière intestinale (Fig. 52).

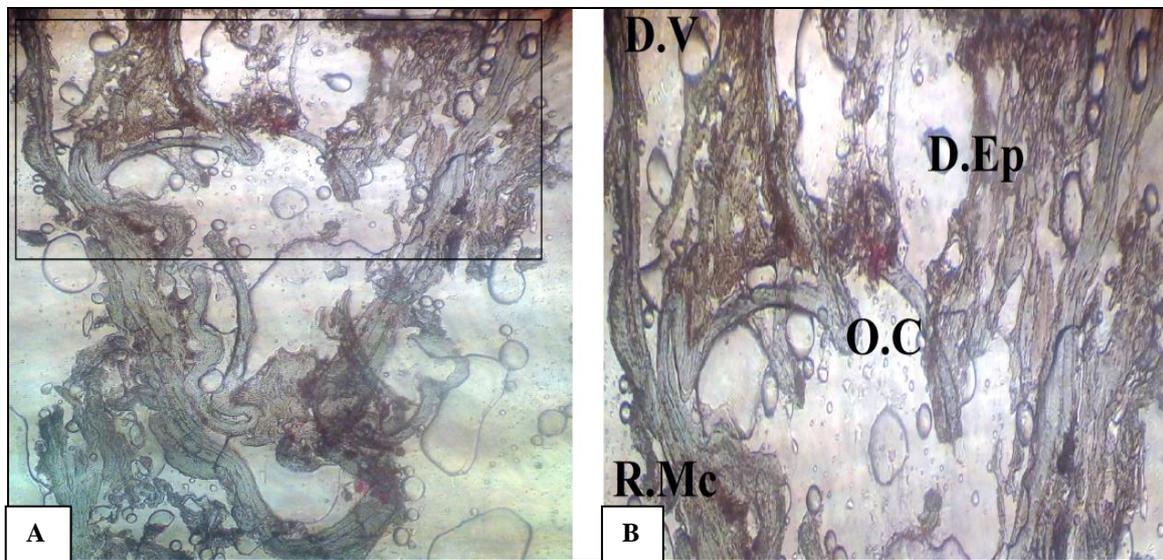


Fig. 52 - Coupe transversale au niveau du proctodeum des individus de *Schistocerca gregaria* traité par Bt, soucheFr4 (Original).

A : vue d'une portion de rectum traité (Gr x 250).

B : Détail d'une portion de rectum (Gr x 400).

Ouverture de la cuticule(**O.C**), disparition de l'épithélium(**D.Ep**) décollement des villosités (**D.V**), réduction de la musculature(**R.Mc**).

Fixateur : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhain.

3.6. Etude de l'activité biologique de *D. viscosa* et de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* sur l'histophysiologie de la sphère digestive des adultes de *Schistocerca gregaria*

Dans le but de vérifier l'effet de *Dittrichia viscosa* et de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* sur l'histophysiologie du tube digestif de *Schistocerca gregaria* ; des coupes histologiques colorées de cet organe ont été réalisées et observées sous microscope photonique chez les individus témoins et traités.

Les observations relatives aux comportements des individus testés du début de notre expérimentation jusqu'à leur mortalité sont comme suit :

- Les individus témoins sont calmes et se nourrissent régulièrement.
- Les individus nourris par *Dittrichia viscosa* refusent de s'alimenter les premiers jours. Au 4^{ème} jour nous avons trouvé des portions des feuilles de cette plante ingérées par l'acridien et une mortalité des individus testés a été notée au 10^{ème} jour.
- Les individus traités de *S. gregaria* par gavage de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* manifestent une excitation des pièces buccales avec frottement des pattes. Leur mortalité a été notée au bout de 2 jours.

3.6.1. Observation de l'aspect externe du tube digestif des individus testés.

L'aspect externe des tubes digestifs des individus traités par *Dittrichia viscosa* et par l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* ne révèlent aucun changement. Cependant, les acridiens nourris de *D. viscosa* montrent un tube digestif très mou, mais qui reste sans aucune altération externe.

3.6.2. Comparaison entre le stomodeum des individus de *S. gregaria* témoins et ceux alimentés par *D. viscosa*

La paroi du tube digestif du stomodeum des individus nourris par *D. viscosa* montre un aspect histologique très différent de celui du témoin. Ceci se manifeste par l'altération de la structure des villosités qui est due au décollement épithélio-conjonctif et disjonction des cellules épithéliales entre elles. La cuticule se sépare aussi de l'épithélium ce qui provoque un relâchement de toute la structure de la paroi. La gaine musculaire a subi des altérations plus

ou moins remarquables, notamment dans certains endroits où elle est complètement coupée (Fig. 53 et 54).

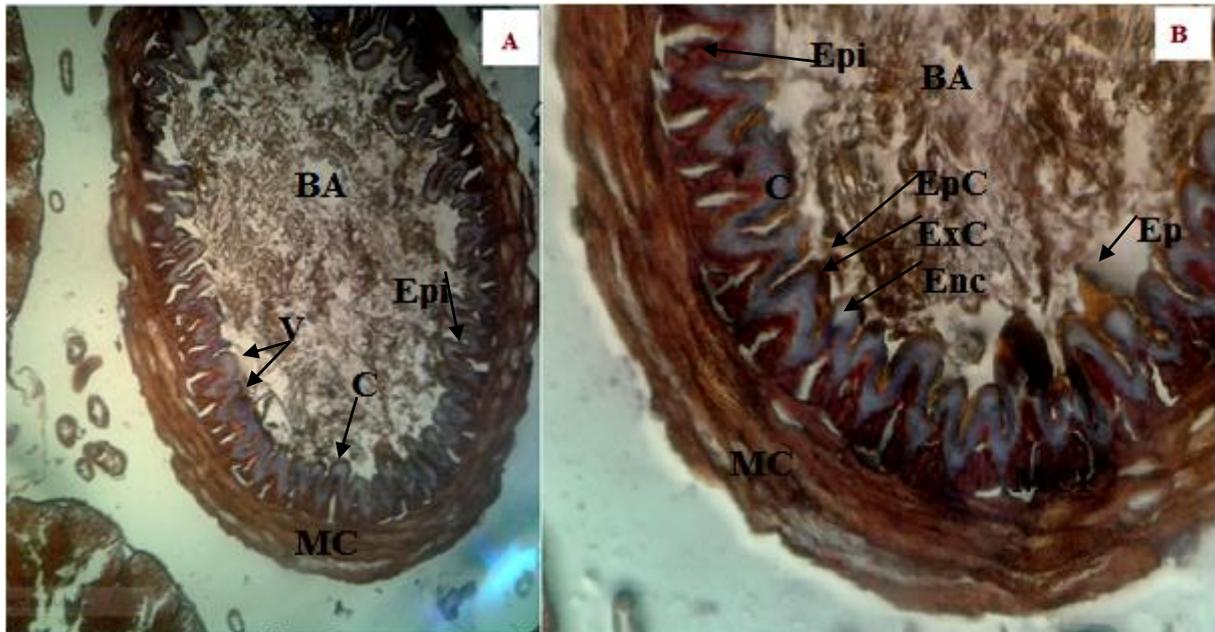


Fig. 53 - Coupe transversale au niveau du stomodeum des individus témoins de *Schistocerca gregaria* (Original).

A : Le stomodeum (Gr x 160).

Villosités (V), cuticule (C), lumière (L), muscles circulaires (MC).

B : Détail d'une portion du stomodeum (Gr x 400).

Epithélium (Epi), épicuticule (EpC), endocuticule (EnC), exocuticule (ExC), muscles circulaires externes (MC), muscles longitudinaux internes (MLI), épine (Ep).

Fixation : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhein.

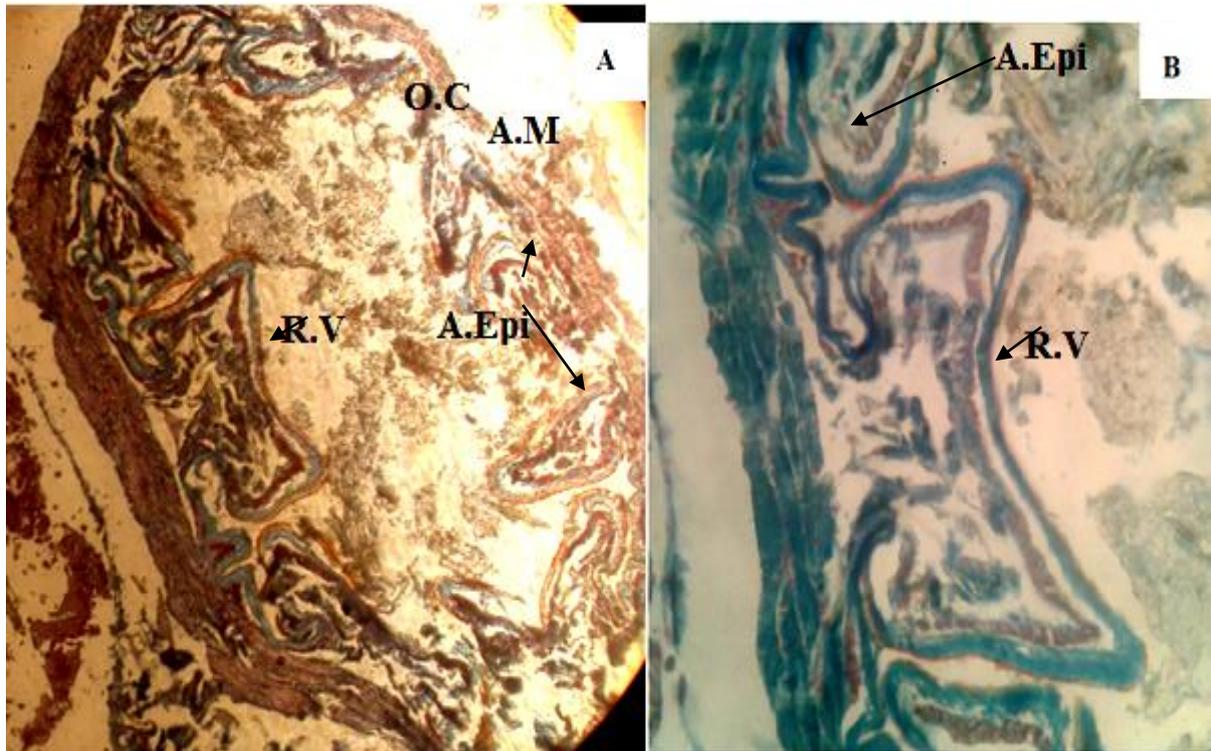


Fig. 54 - Coupe transversale au niveau du stomodeum des individus de *S. gregaria* nourris par *Dittrichia viscosa* (Original).

A : Coupe transversale du stomodeum (Gr x 160).

Relâchement des villosités (**R.V**), ouverture cuticulaire (**O.C**), altération épithéliale (**A. Epi**), altération musculaire (**A. M**).

B : Détail d'une portion du stomodeum du criquet nourri par *Dittrichia viscosa* (Gr x 400).

Fixation : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhein.

3.6.3. Stomodeum des individus de *S. gregaria* traités par l'huile d'Origan

Le stomodeum des acridiens traité par l'huile d'Origan avec la méthode de gavage montre des altérations au niveau des villosités dont certaines parties sont complètement détruites. Des ulcérations sont observées, dues à des ruptures de l'épithélium. De ce fait, les muscles circulaires dans certaines portions se trouvent en contact direct avec la lumière contenant l'huile ce qui engendre un rétrécissement musculaire à ce niveau (Fig. 55).

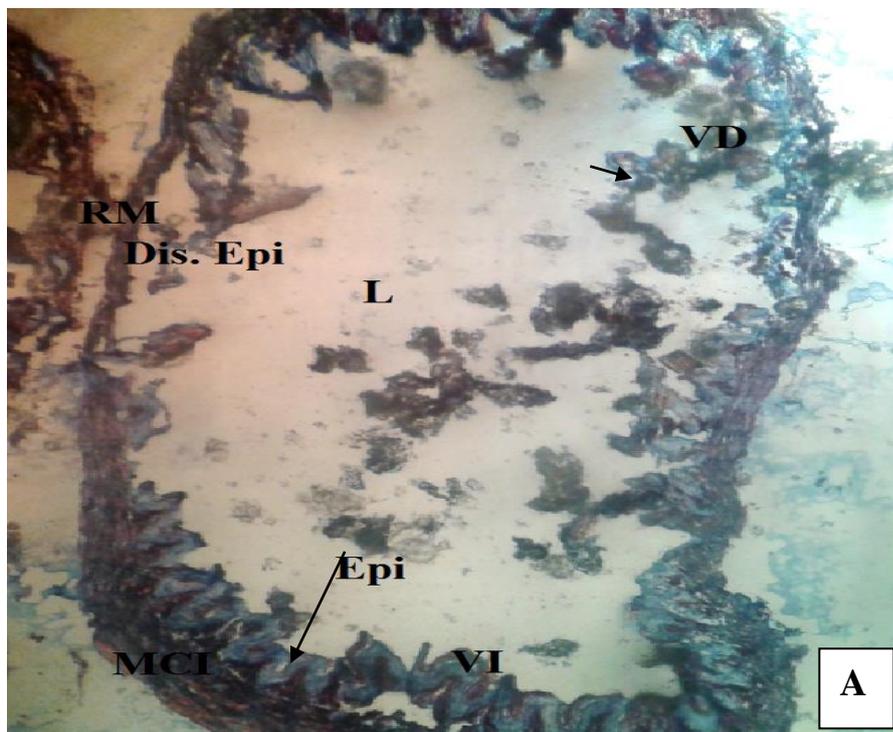


Fig. 55 - Coupe transversale au niveau du stomodeum des individus de *S. gregaria* traité par l'huile d'Origan (Original).

A : Coupe transversale du stomodeum (Gr x 160).

Villosités détruite (**VD**), villosités intacts (**VI**), rétrécissement musculaire (**RM**), épithélium (**Epi**), disparition épithéliale (**Dis. Epi**). Muscles circulaires intacts (**MCI**).

Fixation : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhein.

3.6.4. Comparaison entre le mésentéron de *S. gregaria* témoin et celui des individus alimentés par *D. viscosa*

Les figures ci-dessous révèlent que l'épithélium du mésentéron des individus testés a subi une altération très poussée voir même une disparition partielle. Nous notons cependant une disjonction épithélio-conjonctive, une destruction de la musculature intestinale et la lyse totale de la membrane péritrophique (Fig. 56 et 57).

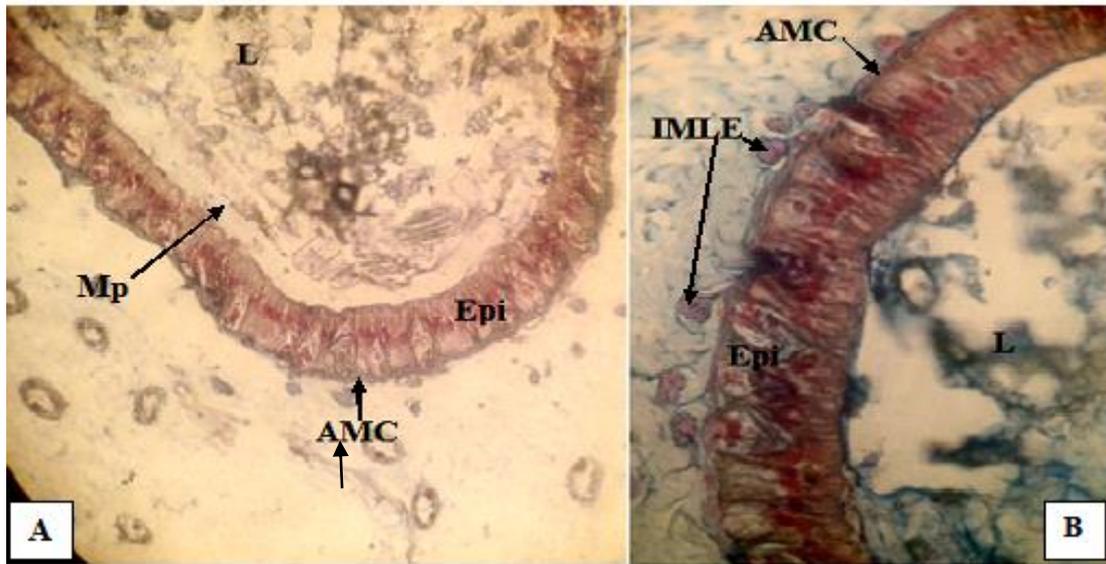


Fig. 56 - Coupe transversale au niveau du mésentéron des individus témoins de *Schistocerca gregaria* (Original).

A: Le mésentéron (Gr x 160).

Lumière (**L**), épithélium (**Epi**), assise de muscle circulaire (**AMC**), Membrane péritrophique (**Mp**).

B : Détail d'une portion du mésentéron (Gr x 400).

Îlots de muscles longitudinaux externes (**IMLE**).

Fixation : Bouin aqueux. **Coloration :** Azan de Heidenhein.

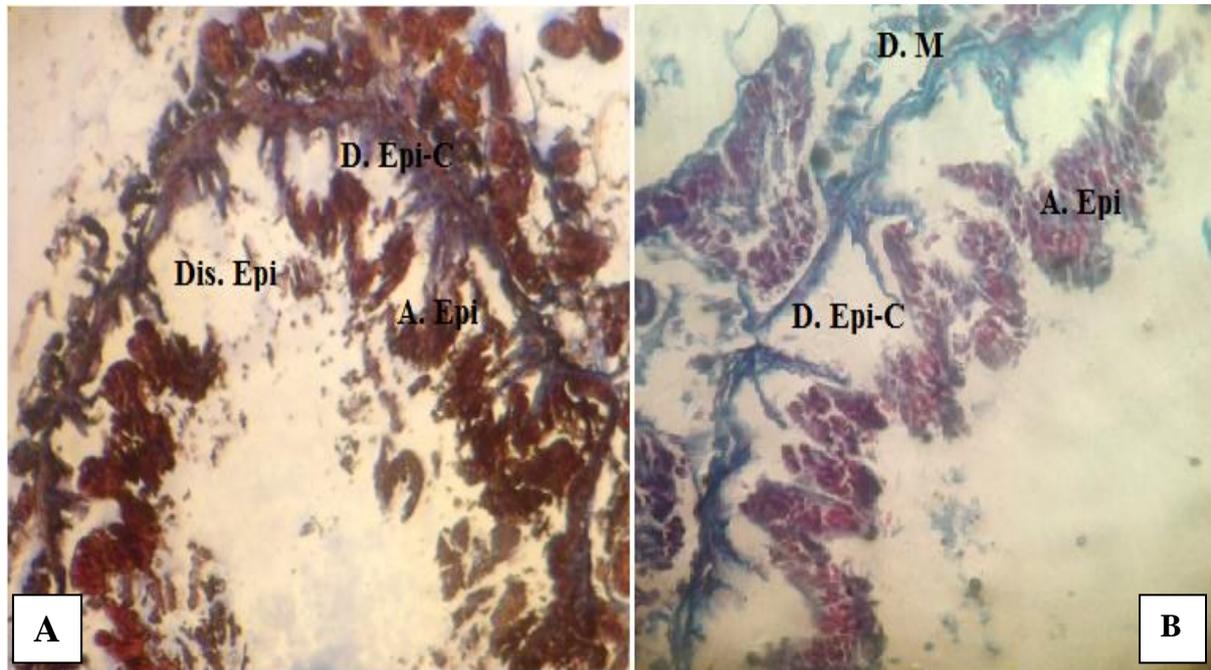


Fig. 57 - Coupe transversale au niveau du mésentéron des individus de *S. gregaria* nourris par *Dittrichia viscosa* (Original).

A : Le mésentéron (Gr x 160).

Altération épithéliale (**A. Epi**), disparition épithéliale (**Dis. Epi**), disjonction épithélio-conjonctive (**D. Epi-C**).

B : Détail d'une portion de mésentéron (Gr x 400).

Destruction musculaire (**D. M**).

Fixation : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhein.

3.6.5. Le mésentéron des individus de *S. gregaria* traités par l'huile d'Origan

Nous remarquons au niveau du mésentéron de *S. gregaria* que l'huile d'Origan a provoquée la destruction de sa membrane péritrophique. Nous notons cependant l'apparition des ulcérations dus à des ruptures au niveau de la couche épithéliale qui apparaît très granuleuse, et dans certains endroits ces cellules sont fortement vacuolisées. Le diamètre de cette portion du tube digestif paraît supérieur à celui du témoin résultant probablement d'un relâchement de l'assise musculaire qui apparaît atrophiée par rapport à celles observée chez le témoin (Fig. 58).

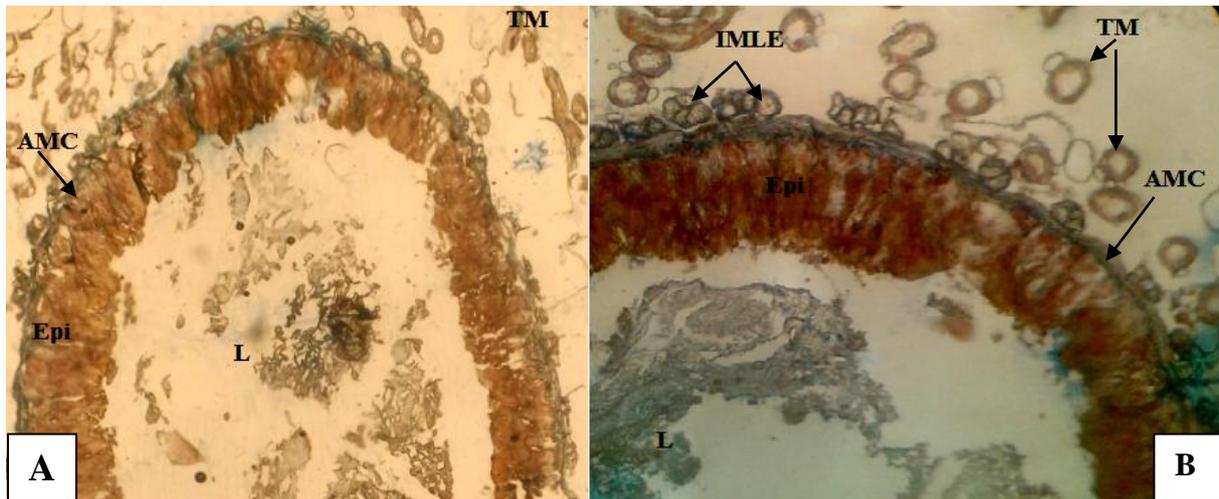


Fig. 58 - Coupe transversale au niveau du mésentéron des individus de *S.gregaria* traités par l'huile d'Origan (Original).

A: Le mésentéron (Gr x 160).

Lumière (L), épithélium (Epi), assise de muscles circulaires interne (AMC), tube de Malpighi (TM).

B : Détail d'une portion du mésentéron (Gr x 400).

Îlots de muscles longitudinaux externes (IMLE).

Fixation : Bouin aqueux. **Coloration :** Azan de Heidenhein.

3.6.6. Comparaison entre le proctodeum de *S. gregaria* témoin et celui des individus alimentés par *D. viscosa*

Au niveau du proctodeum de *S. gregaria* nourrie par *D. viscosa*, nous avons observé un décollement cuticulaire important qui se déchire même dans certains endroits, ce qui expose l'épithélium directement à la lumière intestinale. La disjonction épithéliale est peu remarquable à ce niveau, seulement les espaces intercellulaires sont importants. L'altération musculaire se manifeste par une réduction de l'épaissement des muscles circulaires dans certains endroits. Les tubes de Malpighi restent intacts (Fig. 59 et 60).

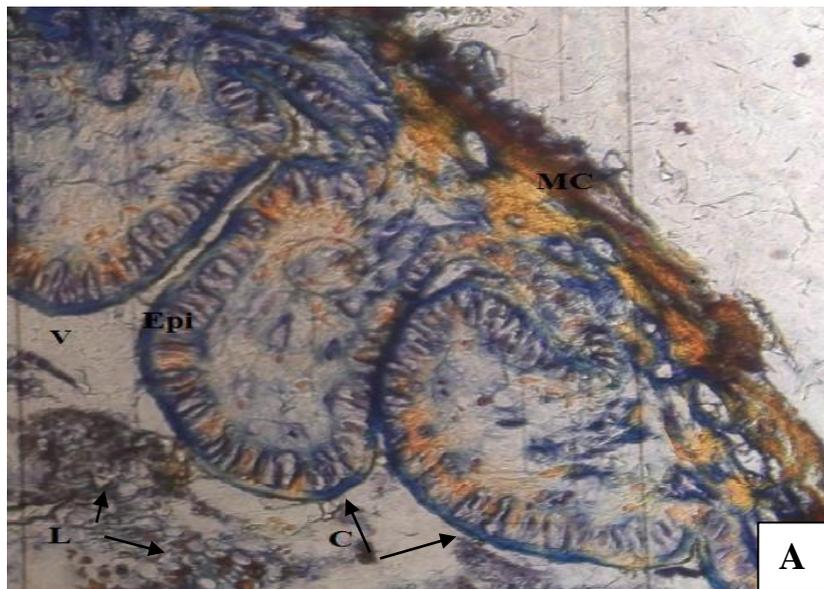


Fig. 59 - Coupe transversale au niveau du proctodeum de *Schistocerca gregaria* témoins (Original).

A : Détail d'une portion de proctodeum (Gr x 400).
Villosités (**V**), cuticule (**C**), lumière (**L**), muscles circulaires (**MC**), épithélium (**Epi**).

Fixation : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhein.

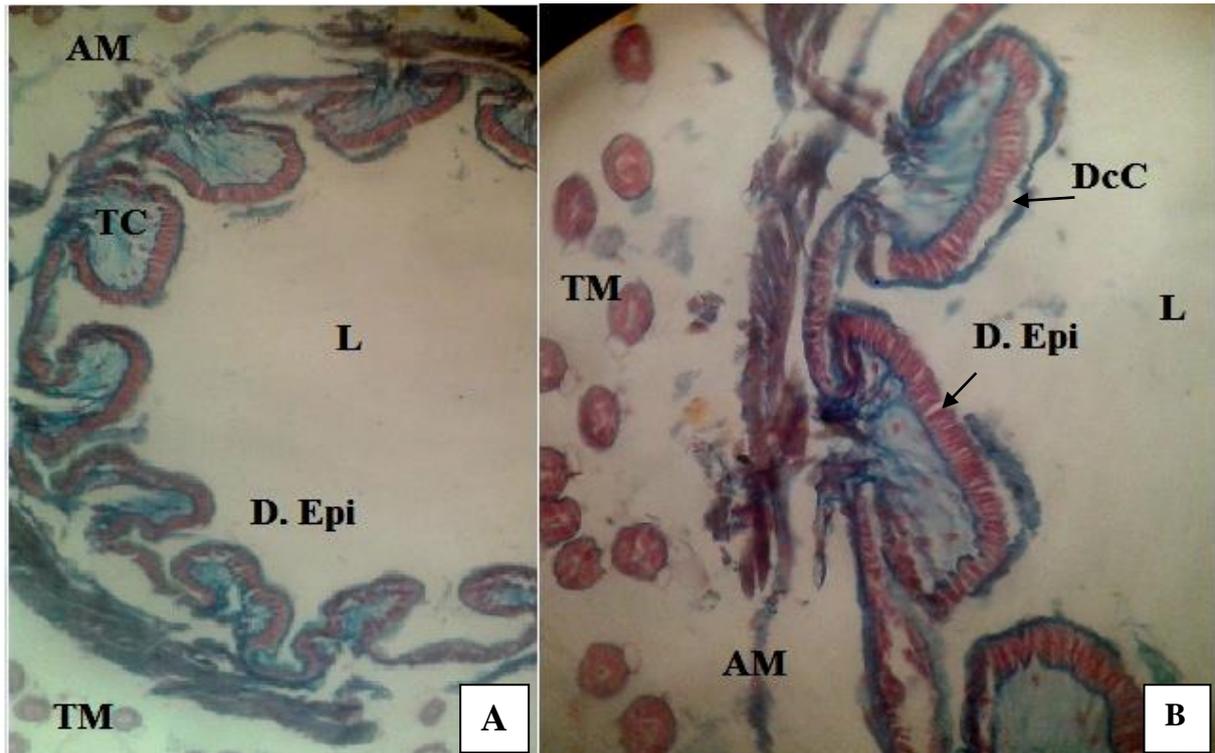


Fig. 60 - Coupe transversale du proctodeum des individus de *S. gregaria* nourris par *D. viscosa* (Original).

A : Le proctodeum (Gr x 250).

Lumière (**L**), disjonction épithéliale (**D. Epi**), altération musculaire (**AM**), tubes de Malpighi (**TM**).

B : Détail d'une portion de proctodeum (Gr x 400).

Décollement de la cuticule (**DcC**).

Fixation : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhein.

3.6.7. Le proctodeum des individus de *S. gregaria* traités par l'huile d'Origan.

La coupe ci-dessous réalisée au niveau du proctodeum des individus traités par l'huile d'*Origanum glandulosum*, révèle que l'effet de cette substance sur ce compartiment du tube digestif se manifeste surtout par des ouvertures cuticulaires qui se détachent et par un relâchement de l'assise musculaire, ce qui a provoqué la distension de celle-ci (Fig. 48).

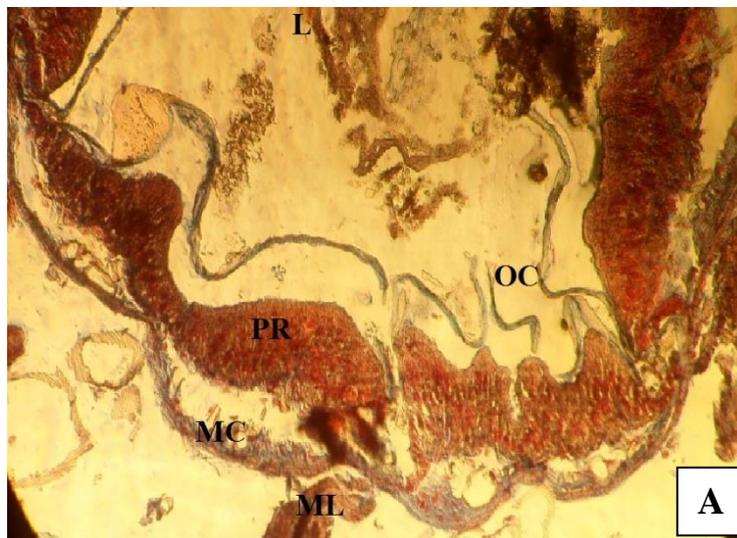


Fig. 61 - Coupe transversale au niveau du proctodeum des individus de *S. gregaria* traité par l'huile d'Origan (Original).

A : Le proctodeum (Gr x 400).

Lumière (**L**), ouverture cuticulaire (**OC**), paroi rectale (**PR**), muscle circulaire interne (**MC**), muscle longitudinal externe (**ML**).

Fixation : Bouin aqueux. **Coloration** : Azan de Heidenhein.

Chapitre IV

Discussion

Chapitre IV – Discussion

Dans ce chapitre, nous discutons dans une première partie les résultats obtenus sur l'inventaire de l'orthoptéroécénose des différentes stations d'étude, le traitement des espèces recensées par des indices écologiques et statistiques. Dans une seconde partie nous aborderons la discussion sur l'étude de l'effet de *Bacillus turingiensis* souche Fr4 sur le tube digestif de *Schistocerca gregaria* et d'*Aiolopus strepens* ainsi que l'étude de l'effet de *Dittrichia viscosa* et de l'huile d'*Origanum glandulosum* sur l'histophysiologie du tube digestif de *Schistocerca gregaria*.

4.1. Inventaire systématique et effectif des Orthoptères recensés dans les stations d'étude

L'étude de la faune orthoptérologique a été réalisée dans différentes localités au nord de l'Algérie. Nous rappelons qu'un total de 21 espèces a été enregistré en Mitidja, 26 espèces à Béjaia, 20 à Cap-Djinet et 25 à Boughezoul. Sur la partie orientale de la Mitidja, Mohand-Kaci et Doumandji-Mitiche (2002), ont recensés 13 espèces d'Orthoptères sur blé tendre réparties dans deux familles, les Acrididae avec 11 espèces et les gryllidae avec 2 espèces. Guendouz-Benrima *et al.* (2011), ont enregistré dans deux stations appartenant à la Mitidja 28 espèces d'Orthoptères à Koléa et 25 espèces à Soumâa. De même Zenati et Doumandji-Mitiche (2005), mentionnent dans l'inventaire orthoptérologique réalisé dans la région de Rouiba la présence de 16 espèces de Caelifères et 5 espèces d'Ensifères. Par ailleurs, Bounechada *et al.* (2006), signalent avoir recensé 36 espèces au nord est d'Algérie sur le plateau Sétifian, dont 6 Tettigonioidea et 30 Acridioidea. Ces auteurs indiquent cependant que la famille des Acrididae occupe la première position avec un nombre d'espèces et un effectif élevé par rapport aux autres familles recensées. Nos inventaires sont proches de ceux réalisés par ces derniers ; et nous confirmons ainsi que la famille des Acrididae prédomine dans nos stations d'étude avec des pourcentages qui diffèrent d'une station à l'autre. Le plus grand pourcentage est relaté pour la station de Boughezoul avec 84 % d'espèces d'Acrididae, suivi de Baba-Ali (75 %), El Harrach (69,23 %), le verger d'agrumes (68,75 %), la Garrigue (60,86 %), Cap-Djinet (60 %) et enfin Ain-Taya (55,55 %). Le fonctionnement de la population et sa

cinétique ne peuvent être compris sans référence à son environnement (Barbault, 2010). La station du barrage de Boughezoul appartient à un climat semi aride ; malgré que six sorties seulement ont été effectués au niveau de cette station, nous remarquons cependant que celle-ci bénéficie d'une abondance spécifique acridienne supérieure à celles notées dans les autres stations, car le biotope échantillonné présente des températures souvent élevés avec un gradient hygrométrique important favorisant ainsi l'installation d'une végétation diversifiée tout autour du barrage. Benmadani *et al.* (2011), montrent la présence de 31 espèces d'Orthoptères en zone semi aride de la région de Djelfa. Moussi *et al.* (2011), rapportent avoir échantillonné 45 espèces d'Orthoptères Acridiens dans cinq sites d'Oasis et deux dans des steppes des environs de Biskra. Les mêmes auteurs précisent que l'analyse comparée de la phénologie des espèces recensées, définies en assemblages, permet de discuter leur adaptation face à la sécheresse de ces zones arides. Cependant, Achoura et Belhamra (2010), ne mentionnent que 9 espèces d'Orthoptères inventoriées parmi la faune arthropodologique de la zone d'El Kantara (Biskra). Nous signalons dans notre travail que certaines sous familles sont présentes dans des stations bien précises et non pas dans d'autres ; c'est le cas des Cyrtacantacridinae qui ont été notées uniquement à Béjaia, les Pyrgomorphinae recensées à Béjaia et à Boughezoul et les Tropidopolinae qui ont été prélevées uniquement à Boughezoul. Dans la dernière station, aucune espèce de la sous famille des Pamphaginae n'a été notée, ceci est probablement dû au nombre d'échantillonnages insuffisant au niveau de cette station. Dans la région de Ouagnoun (Tizi-Ouzou), Chelli et Doumandji-Mitiche (2002), font ressortir six espèces échantillonnées sur une friche, celles-ci n'ont pas été répertoriées dans nos stations d'étude ; il s'agit de *Thalpomena algeriana*, *Omocestus lucasi*, *Acinipe algerica*, *Ocneridia longicornis*, *Urominus brevicollis* et *Platycleis laticauda*.

Il est indispensable de connaître de façon approfondie les différentes phases de l'éthologie des acridiens dans leur milieu afin de comprendre les mécanismes responsables des phénomènes de pullulation (Doumandji et Doumandji-Mitiche, 1994). Le nombre total d'individus acridiens recensés par région est considérable. Il est de 1625 individus répartis au niveau des trois stations de la Mitidja, Baba-Ali (365 individus), El Harrach (629 individus) et Ain-Taya (640 individus) ; de 1342 individus pour la région de Béjaia, répartis ainsi sur les trois milieux prospectés, friche (556 individus), verger d'Agrumes (297 individus) et garrigue (489 individus) ; et de 662 individus pour la station de Cap-Djinet seule. Cependant, l'effectif le plus faible est noté au niveau du verger d'Agrumes, ceci explique que les espèces acridiennes

ont tendance à fréquenter les milieux ouverts et bien ensoleillés. Khoudour et *al.* (2011), signale que la région de Bordj Bou Arreridj connaît presque chaque année des pullulations d'Orthoptères. Les espèces prises en considérations sont *Dociostaurus maroccanus* Thunberg, 1815, *Ocneridia volxemi* Bolivar, 1878, *Caliptamus barbarus*, *C. wattenwyllianus* et *Amphiestrus baetica* Rambur, 1839 (Ensifera, Tettigoniidae). Parmi les espèces citées par les auteurs, deux d'entre elles existent dans nos inventaires, il s'agit de *C. barbarus* et *C. wattenwyllianus* qui ne montrent aucun indice de pullulation dans les stations d'étude présents. Les individus capturés étaient très dispersés dans les parcelles prospectées. Le reste des espèces n'ont pas été échantillonnée dans nos stations d'étude. Boumerdassi et *al.* (2014), relatent qu'*A. baetica* a été échantillonnée au niveau de la réserve de chasse de Zéralda sur une parcelle d'avoine, où elle présente un effectif important.

Dans bien des cas, les espèces que l'on rencontre régulièrement dans des relevés, sont aussi les plus abondantes en terme de densité (Jaulin, 2004). Notre étude a montré que l'espèce *Aiolopus strepens* a marqué sa présence dans toutes les stations d'étude avec un effectif élevé par rapport aux autres espèces recensées. Nous avons enregistré un nombre de 109 individus à Baba-Ali (soit 29,86 %), 240 individus à El Harrach (38,15%), 156 individus à Ain-Taya (24,37 %), 283 individus dans la friche (50,89 %), 167 individus dans le verger d'Agurmes, 73 individus dans la Garrigue (24,57 %) et 214 individus dans la station de Cap-Djinet (32,33 %). En effet, cette espèce semble très inféodée aux milieux prospectés, où elle présente au niveau de la friche plus de la moitié du nombre d'individus recensés. Le nombre le plus faible est enregistré pour la Garrigue, car *A. strepens* est une espèce typique des milieux ouverts, comme elle présente une grande affinité pour les milieux cultivés. Dans la région d'El Aouana (Jijel) Tekkouk (2012), classe *Aiolopus strepens* en première position dans le milieu cultivé par rapport aux autres espèces orthoptérologiques recensées. Le suivi dans le temps des individus de cette espèce révèle une présence presque permanente des juvéniles à différents stades. Ceux du 1^{er}, 2^{ème} et voir même du 3^{ème} stade ont été échantillonnés en Mitidja pendant deux périodes de l'année, ceci signifie qu'il s'agit d'une espèce bivoltine (Hamadi et Doumandji-Mitiche, 1999). Actuellement *A. strepens* s'étend vers le nord, vraisemblablement à la faveur du réchauffement climatique contemporain (Bétard, 2013). En Vendée (France), *Aiolopus strepens* a été découverte pour la première fois le 21 II 2012, dans une ancienne carrière de quartzite située sur la commune de Cheffois (Bétard, 2012).

Parmi les espèces qui caractérisent les peuplements orthoptériques recensés, nous citons l'espèce *P. giornai* qui a été trouvée régulièrement dans nos prélèvements avec des effectifs importants. Jaulin (2004), classe *P. giornai* en première position des espèces banales. En revanche, *O. tibialis* a marqué une présence importante au niveau des régions d'étude. En Mitidja, elle totalise un nombre de 133 individus à Baba-Ali et 187 individus à Ain-Taya, 43 individus à Béjaia et 52 individus à Cap-Djinet. Cette espèce favorise souvent les milieux ouverts situés à proximité des parcelles cultivées. Des effectifs considérables sont aussi notés pour *P. meridionalis* et *P. elephas*, notamment dans des milieux à microclimat, tel que le jardin botanique de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach (Ex. INA). Nous ne pouvons pas exclure les autres espèces inventoriées ; leur rythme d'apparition ainsi que leurs effectifs dépendent de la phénologie de leur cycle de vie et de la santé du biotope. Les Ensifères montrent une présence restreinte dans les stations d'étude. La seule espèce contactée en grand nombre sur nos parcelles est *Odontura algerica*. Celle-ci cumule au total 41 individus en Mitidja et 50 individus à Cap-Djinet pour toute l'année d'échantillonnage. Son apparition sous forme larvaire débute en fin d'automne, une fois que la végétation devient dense. Mais les adultes apparaissent en grand nombre en période printanière. Cinq espèces du peuplement orthoptérique recensé dans nos stations d'étude figurent dans la liste rouge des Orthoptères menacés en Alsace, établie en août 2014 (IMAGO, 2014). Il s'agit de *Locusta migratoria* classée en danger critique, *Calliptamus barbarus* en danger, *Aiolopus thalasinus* quasi menacée, *Oedipoda caerulescens sulfurescens* et *Phaneroptera nana* qui présentent une préoccupation mineure. Il est à signaler qu'aucune liste rouge sur les Orthoptères menacés en Algérie n'a été établie à ce jour.

4 .2.. Traitement des espèces orthoptérologiques recensées dans les stations d'étude par des indices écologiques

La présente étude révèle que la richesse orthoptérique varie d'un mois à un autre et d'une station à l'autre. En effet, une comparaison entre les valeurs de la richesse totale mensuelle indique qu'à Baba-Ali la valeur la plus faible est enregistrée pour les mois de décembre, avril et mai avec trois espèces seulement. Celle-ci est de 4 espèces en mois d'avril à El Harrach et 1 espèce en décembre à Ain-Taya. Par ailleurs, les valeurs les plus élevées sont indiquées pour le mois d'août à Baba-Ali et Ain-Taya avec respectivement 8 et 11 espèces ; et le mois de septembre pour El Harrach avec 10 espèces. Nous remarquons cependant que la richesse

totale du peuplement orthoptérique commence à augmenter à partir du printemps, se poursuit jusqu'à l'automne. Barbault (2010), a constaté que dans la nature les populations ne croissent pas indéfiniment, car une population n'est pas la simple somme des individus qui la compose ; sa structure spatiale et sociale lui confère des propriétés spécifiques qui interviennent dans sa dynamique. La station de Baba-Ali est la moins riche en nombre d'espèces, elle est représentée par un agroécosystème dont la parcelle échantillonnée est une jachère située entre les parcelles cultivées. Celles-ci sont souvent perturbées par les pratiques culturales automnales ou printanières coïncidant ainsi avec la période de pullulation des Orthoptères. Dans la région de Tlemcen, Damerджи (2002), rapporte que la faune orthoptérologique inféodée au Doum a tendance à augmenter au printemps (avril – mai). Elle précise que les températures beaucoup plus clémentes de la saison semblent permettre un plus grand peuplement orthoptérologique.

L'orthoptéroécénose de la région Cap-Djinet montre une richesse totale qui oscille entre 1 espèce pour le mois de janvier pour atteindre un maximum de 13 espèces en août. La région de Béjaïa montre des richesses totales qui diffèrent d'un milieu à un autre, en fonction des conditions d'habitat des stations d'étude, qui répondent aux affinités des espèces orthoptérologiques recensées. En effet, les plus faibles valeurs sont enregistrées pour le mois de janvier avec 2 espèces au niveau de la friche et de la Garrigue ; et en février avec 1 espèce au niveau du verger d'agrumes. Par contre, les valeurs les plus élevées sont notées en juin – juillet au niveau de la friche et en octobre au niveau de la Garrigue avec un maximum de 14 espèces, et en juillet au niveau du verger d'agrumes avec 10 espèces. Dans toutes les stations prospectées nous avons remarqué que la richesse totale augmente sensiblement à partir de la saison printanière pour atteindre son maximum en période estivo-automnale. De même, Moussi et *al.* (2011) ont constaté dans l'étude des acridiens des habitats steppiques la formation de deux sous assemblages ; un sous assemblage printanier et un autre estivo-automnal. Ils précisent qu'une telle distinction n'est pas possible dans les zones anthropisées. La richesse moyenne spécifique calculée pour les stations de la Mitidja varie en fonction des stations et de la période d'échantillonnage. En effet, les mois d'été et d'automne sont les plus fournis spécifiquement. Au niveau de la station de Baba-Ali, les mois relatés avec des richesses élevées sont octobre 1996 ($R_s = 3,1$), novembre 1996 ($R_s = 3$), juillet 1997 ($R_s = 2,75$) et août 1997 ($R_s = 3$). Les autres valeurs sont inférieures ou égales à 2,4. Le milieu échantillonné est un agroécosystème souvent perturbé par les pratiques culturales, ce qui provoque un appauvrissement spécifique en faune orthoptérologique. Par ailleurs, nous avons

constaté que pour la station d'El Harrach les richesses spécifiques calculées sont très rapprochées. La plus faible valeur a été notée pour le mois d'avril 1997 ($R_s = 2$). Les valeurs des autres mois oscillent entre 3,2 et 4,2. Le milieu prospecté est le Parc de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique. Ce dernier offre une végétation très diversifiée et un microclimat très favorable au maintien des Orthoptères. Les richesses moyennes spécifiques enregistrées pour la station de Ain-Taya révèlent que les valeurs les plus élevées concernent les mois de l'année 1997. Précisément, le mois de mai ($R_s = 3,4$), juin ($R_s = 4,75$), juillet ($R_s = 5$), août ($R_s = 5,2$), septembre ($R_s = 4,2$) et octobre ($R_s = 5$). La richesse moyenne spécifique indiquée pour cette période est très représentative. Malgré que la station d'étude représente un milieu agricole, seulement plusieurs parcelles sont soit des friches ou des terrains en jachère. Ceci a permis à l'acridofaune de maintenir un certain équilibre spécifique au niveau de cette station. Plusieurs facteurs biotiques et abiotiques peuvent ainsi influencer la richesse spécifique d'un milieu. Pour le cas des Orthoptères, une élévation de 100 m s'accompagne d'une perte de 0,27 espèce, ou d'une espèce pour 370 m de dénivelé, ce qui représente environ 2°C en terme d'amplitude thermique (Boitier, 2004). La fauche a un impact à court terme très négatif pour les peuplements d'orthoptères mais elle permet un accès plus facile pour les oiseaux à la ressource alimentaire qu'ils constituent (Barataud, 2005).

La richesse moyenne spécifique en orthoptérofaune calculée pour la station de Cap-Djinet montre que les valeurs les plus élevées sont été enregistrées pour la période automno-estivale. Donc tout à fait au début de la période de prospection en mois de septembre ($R_s = 4,8$), octobre ($R_s = 3,8$) et novembre ($R_s = 3$). Nous remarquons que les valeurs de l'indice calculé diminuent progressivement pour atteindre un minimum en janvier ($R_s = 0,2$). Ce dernier augmente de nouveau en juin ($R_s = 5,6$), juillet ($R_s = 4,8$) et août avec une valeur maximale de 6,2. Petit (2006), rapporte que pour ce qui est de la diversité, il y a une contradiction entre les chiffres trouvés par rapport au nombre global d'espèces sur le site et la moyenne des valeurs trouvées par relevé. Ce nombre global est très satisfaisant alors que par relevé, la diversité est insuffisante par rapport à ce que l'on pouvait attendre. Nous confirmons ainsi que la richesse moyenne spécifique augmente lorsque le nombre d'espèce par quadrat est élevé.

Les valeurs de la richesse moyenne spécifique calculées pour la région de Béjaia varient avec le type du milieu. En effet, au niveau de la friche la période la plus richement peuplée en espèces orthoptérologiques est l'été. La richesse moyenne spécifique commence à diminuer sensiblement à partir du mois de décembre ($R_s = 1,6$), puis elle reprend en mai ($R_s = 3$) pour atteindre son maximum en juillet ($R_s = 4,8$). Ces valeurs mensuelles montre que le milieu

prospecté ne fournit pas une richesse spécifique importante, malgré que la friche constitue le milieu de prédilection des Orthoptères. Ceci est probablement dû au pâturage causé par le cheptel des habitants autochtones. Certains auteurs estiment que le pâturage conduit à une augmentation de l'abondance de certaines espèces (Voisin, 1986) tandis que d'autres le considèrent comme un facteur de diminution des effectifs (Gueguen, 1995 ; Rambo et Faeth, 1999). Sensibles à la structure de la végétation, les communautés d'Orthoptères s'appauvrissent en présence d'un trop fort pâturage (Jaulin, 2004 ; Jaulin et Baillet, 2007).

Par ailleurs, les valeurs de la richesse moyenne spécifique calculée pour le verger d'agrumes sont faibles par rapport à celles trouvées au niveau des autres stations. Le verger d'agrumes est un milieu semi ouvert à fermé dans certains endroits où les arbres peuvent se toucher. La plupart des Orthoptères échantillonnés ont été capturés sur des surfaces bien éclairées, et le plus souvent à la limite du verger. Les mois les plus fournis en richesse spécifique sont juin (Rs = 3,8), juillet (Rs = 4,4) et août (Rs = 3,2). Cependant, la station Garrigue montre une richesse moyenne spécifique assez stable sur plusieurs mois. Malgré que la Garrigue se ferme dans certains endroits où la végétation est dense. Nos prélèvements ont été réalisés sur des placettes de sol à nu ou à végétation basse. La richesse moyenne spécifique la plus faible est relatée pour janvier (Rs = 0,8) et la valeur la plus élevée est enregistrée en juin (Rs = 5,8).

Globalement, nous constatons que deux périodes distinctes de fortes richesses moyennes spécifiques ont été marquées au niveau des stations prospectées. Il s'agit de la période printano-estivale qui vient avec ses températures clémentes et la période automnale qui régénère le tapis végétal grâce à ses premières pluies saisonnières. Ces deux périodes offrent les conditions optimales, favorisant ainsi la pullulation des Orthoptères. Gillon (1996), rapporte qu'un milieu qui présente des températures élevées, une végétation discontinue, une succession de pluies faibles et abondantes, les populations acridiennes s'en trouvent favorisées.

Le calcul de la fréquence centésimale des espèces orthoptériques recensées au niveau des stations d'étude montre qu'*A. strepens* est représentée par les fréquences les plus élevées. En effet, cette espèce atteint 30,61 % à Baba-Ali, 38,15 % à El Harrach et 24,37 à Ain-Taya. La même espèce est concurrencée par *O. tibialis* avec une fréquence de 37,36 % à Baba-Ali et 29,22 % à Ain-Taya. Ces espèces sont attirées par les deux milieux précités. Il s'agit de deux agroécosystèmes renfermant soit des parcelles en jachère ou des friches. Dans la région de Barika, trois espèces sont très fréquentes, il s'agit de *Sphingonotus caerulans caerulans*,

Acrotylus patruelis et *Oedipopda fuscocincta fuscocincta* (Benharzallah, 2011). Cependant, au niveau de deux stations de la région de Ouaguenoun (Tizi-Ouzou), Chelli et Doumandji-Mitiche (2002), rapportent que les espèces les plus fréquentes dans ces stations sont *Calliptamus barbarus* et *Acrotylus patruelis* ; alors que *A. strepens* et *P. giornai* restent les deux espèces dominantes. Nous observons cependant que *P. meridionalis* et *P. giornai* sont présentes dans la station d'El Harrach avec des fréquences respectivement de 15,58 % et 13,38 %. Selon Boitier et Brugel (2005), *P. meridionalis* se cantonne en périphérie immédiate de la rivière, sur les zones sableuses et les vasières, à végétation absente ou lacunaire. Parmi les espèces compagnes de celle-ci, les mêmes auteurs ont cité *P. giornai*. Dans les milieux agricoles intensifs que nous avons échantillonnés (majoritairement des prairies temporaires de Poacées ou de légumineuses), la surface de la parcelle n'a pas d'effet sur les criquets toutes espèces confondues, ce qui confirme ou suggère que ces espèces sont colonisatrices. Inversement, la surface de la parcelle a un impact sur *P. giornae*, espèce non colonisatrice (Badenhousser, 2012).

La fréquence centésimale mensuelle calculée pour l'orthoptérofaune de la région de Cap-Djinet révèle qu'*A. strepens* domine durant tous les mois d'échantillonnage, sauf pour le mois de janvier. Les relevés de ce mois ne montrent aucun individu de cette espèce. En revanche, dans la même période nous avons noté une fréquence de 100 % pour *P. giornai*, car c'est la seule espèce qui a été échantillonnée durant ce mois. Elle a été recensée aussi par des fréquences de 21,58 % (septembre), 17,24 % (octobre) et 21,12 % (août). C'est durant ces mois que cette espèce montre un grand effectif. A l'arrière saison, *P. giornai* se trouve très fréquemment accouplée (Chopard, 1943). Dans la même station *E. plorans* a révélé des fréquences de 17,64 % (juin), 28,78 % (juillet) et 19,71 (août). Boumerdassi *et al.* (2014), ont précisé qu'*E. plorans* a montré un effectif important durant la période estivale dans une friche située dans la réserve de chasse de Zéralda. Par ailleurs, nous notons que d'autres espèces révèlent des fréquences mensuelles assez élevées pendant des périodes différentes de l'année. C'est le cas d'*O. algerica* avec 16,66 % (Février) et 35,71 % (mars), *P. elephas* avec 33,33 % (février), *A. turrita* 41,66 (Avril) et *A. thalassinus* avec 26,66 (Mai).

Quant à la région de Béjaïa, nous notons qu'*A. strepens* domine toujours avec des fréquences mensuelles élevées, notamment au niveau de la friche et du verger d'agrumes. Cette espèce est moins fréquente dans la garrigue. Les valeurs les plus importantes de cette espèce sont enregistrées pour les mois d'octobre (26,02 %) et d'août (25,39 %). Parallèlement deux autres espèces sont assez fréquentes au niveau de la friche, c'est le cas d'*O. algerica* avec

23,07 % (mai) et *T. cicindeloides* avec 43,75 % (décembre). Il est à noter qu'au niveau du verger d'agrumes, *E. plorans* vient en deuxième position avec des fréquences de 100 % (février) (1 seule espèce échantillonnée), 41,17 % (mars), 38,88 % (avril) et 26,31 % (mai). Nous déduisons ainsi que cette espèce est beaucoup plus contactée en période printanière, alors qu'au niveau de la station de Cap-Djinet c'est durant les mois d'été qu'elle était la plus fréquentée. Guendouz-Benrima *et al.* (2011), signalent que le cycle des espèces majoritaires est décalé de quelques jours à un mois en fonction des espèces et d'une station à une autre en fonction toujours de la température. En effet, les espèces qui arrivent en premier sur un site ne sont pas statistiquement les mêmes que celles qui colonisent en dernier (Petit, 2006). Au niveau de la garrigue, *P. giornai* est très fréquente durant tous les mois de l'année. Un maximum de 80 % a été noté pour le mois de janvier, où nous n'avons capturé que deux espèces. Celle-ci est suivie par *P. elephas* avec des fréquences de 21,87 % (novembre), 46,15 % (décembre), 26,08 % (février) et 41,37 % (mars). Cette espèce se présente en grand nombre au niveau de la garrigue pendant l'hiver. Durant cette période, elle utilise les plantes ligneuses basses comme perchoir. Hamadi et Doumandji-Mitiche (1996), rapportent que sur une friche située dans la région de Said Hamdine et en période hivernale, cette espèce a été collectée sur des rameaux de *Galactites tomentosa* (Asteraceae). En hiver les individus de cette espèce se perchent sur cette plante pour s'exposer au soleil. *O. caerulea* a présenté des fréquences très rapprochées pendant trois mois consécutifs de 20,29 % (mars), 22,72 % (avril) et 20,51 % (mai). Cette espèce est en régression dans le nord de son aire. Elle est protégée dans certains pays d'Europe occidentale (Puissant, 2003). Deux autres espèces présentent des fréquences assez élevées dans la garrigue. C'est le cas d'*O. fuscocincta* avec 28,2 % (mai) et *E. plorans* avec 30,75 (décembre). Les résultats des fréquences relatives annuelles calculées dans la région de Barika montre que trois espèces dominent à savoir, *Sphingonotus caeruleus caeruleus*, *Acrotylus patruelis* et *Oedipopda fuscocincta fuscocincta*. (Benharzallah, 2011). Dix huit espèces d'Orthoptères ont été citées par Kourim *et al.* (2011) dans le Parc National de l'Ahaggar. De même, dans l'extrême sud-est du Sahara, Sekour *et al.* (2011), signalent dans la région de Djanet une abondance relative des espèces proies présentes dans les pelotes d'*Athene noctua* de 8,63 % pour *Thysoicetrus adspersus* et 17,4 % pour *Brachytrypes megacephalus* Lefèvre, 1827.

L'étude de la fréquence d'occurrence (constance) des espèces orthoptérologiques enregistrées dans les trois stations d'étude de la Mitidja a permis de répartir ces espèces en quatre classes

principales ; des espèces omniprésentes, constantes, régulières et accessoires. Aucune espèce rare n'a été répertoriée. Cependant, nous avons trouvé qu'*A. strepens* est une espèce omniprésente au niveau des trois stations d'étude avec des pourcentages très élevés qui sont 91 % à Baba-Ali et 100 % à El Harrach et Ain-Taya. Trois autres espèces sont omniprésentes à El-Harrach, il s'agit d'*A. turrata* (84,61 %), *P. giornai* (92,30 %) et *P. meridionalis* (84,61) %. Ces dernières sont attirées par le milieu échantillonné qui est bien arrosé en période estivale, présentant une végétation très diversifiée. Parmi les espèces constantes, *A. turrata* est commune entre Baba-Ali et Ain-Taya respectivement avec 54,50 % et 63,63 % et *O. tibialis* avec 64,28 % chacune. Les autres espèces constantes sont réparties différemment dans nos stations d'étude. Nous notons *P. girnai* et *O. algerica* avec 54,54 % à Baba-Ali, *A. patruelis* (61,53 %), *E. plorans* (53,80 %) et *P. elephas* (69,23 %) à El Harrach et *O. caerulescens sulfurescens* (57,14 %) à Ain-Taya. Les espèces régulières sont présentes dans les stations prospectées. *O. caerulescens sulfurescens* est régulière à Baba-Ali (45,45 %) et à El Harrach (30,77 %) ; alors que *A. patruelis* est régulière à Baba-Ali (45,45 %) et Ain-Taya (28,57 %). D'autres espèces régulières font exception et apparaissent séparément dans une seule station. Il s'agit d'*A. thalassinus* (27,27 %) et d'*O. microptera* (36,36 %) régulières à Baba-Ali, *O. tibialis* (46,15 %) à El Harrach et *P. elephas* (45,71 %), *Rhacocleis sp.* (28,57 %) à Ain-Taya. Les espèces qui restent sont toutes accessoires (5 % < Fo ≤ 25 %). Parmi elles *T. cicindeloides* et *G. bimaculatus* sont communes entre El Harrach et Ain-Taya et *P. meridionalis* entre Baba-Ali et Ain-Taya. En revanche, la station de Cap-Djinet montre la présence d'une seule espèce omniprésente qui est *A. strepens* avec 83,33 %. Celle-ci est très représentative dans tous nos prélèvements, les adultes marquent leur présence pendant toute l'année d'échantillonnage. Six espèces sont constantes au niveau de la station de Cap-Djinet. Il s'agit d'*O. tibialis* (75 %), *A. turrata*, *A. thalassinus*, *P. giornai* (66,66 % chacune), *A. patruelis* et *E. plorans* (53,33 % chacune). Par contre, nous observons que *C. conocephalus* et *T. annulosus* sont les deux espèces régulières dans cette station représentées chacune avec 33,33 %. Une prédominance de 11 espèces a été notée pour la catégorie accessoire. Les principales espèces qui présentent les pourcentages les plus élevés sont *O. caerulescens sulfurescens*, *C. wattenwylanus*, *P. meridionalis* (25 % chacune), *T. nasuta* et *P. elephas* (16,66 % chacune).

Au niveau de la région de Béjaia, nous signalons toujours l'absence des espèces rares. Concernant les espèces omniprésentes, nous avons noté *A. strepens* dans la friche (100 %) et dans le verger d'Agrumes (91,66 %). Celle-ci montre une grande affinité pour les milieux

ouverts bien ensoleillés et pour les agroécosystèmes. Cependant, au niveau de la Garrigue c'est *P.giornai* qui est omniprésent (91,66 %). Cette espèce est très commune sur les herbes et les buissons bas (Chopard, 1943). Cinq espèces sont constantes dans les milieux prospectés. *A. patruelis* présente une constance au niveau de la friche et de la Garrigue (58,33 % chacune), *E. plorans* au niveau du verger d'Agrumes (58,33 %) et de la Garrigue (66,66 %). D'autre part, nous notons *A. turrita* (66,66 %) et *P. giornai* (58,33 %) constantes dans la friche et *P. elephas* (58,33 %) dans la Garrigue. L'orthoptérocénose régulière dans les milieux d'étude montre une distribution selon ses exigences écologiques. *O. algerica* est régulière dans la friche (41,66 %) et dans la Garrigue (33,33 %) et *G. bimaculatus* dans le verger d'Agrumes et dans la Garrigue (41,66 % pour chaque milieu). Par ailleurs, *E. plorans* (41,66 %) et *O. tibialis* (25 %) sont régulières dans la friche ; *A. turrita*, *A. patruelis* (41,66 % chacune), *P. giornai* et *A. aegyptium* (33,33 % chacune) sont régulières dans le verger d'Agrumes ; et *P. nana* (33,33 %), *O. raymondi* (41,66 %), *A. strepens*, *O. caeruleascens sulfurescens* et *C. barbarus* (50 % chacune) sont régulières dans la Garrigue. Le reste des espèces sont accessoires. Parmi elles, trois sont communes entre les milieux prospectés. Il s'agit d'*A. thalassinus*, *T. nasuta* et *P. meridionalis*. D'autre part, nous notons *P. conica* et *Rhacocleis sp* communes entre la friche et la Garrigue ; *C. conocephalus* commune entre la friche et le verger d'Agrumes et *D. albifrons* commune entre la Garrigue et le verger d'Agrumes. Les espèces *O. fuscocincta*, *O. miniata* et *A. brachypterum* n'ont été échantillonnées dans la présente étude que dans la Garrigue de la région de Béjaïa. Celles-ci montrent une présence accessoire pour ce type de milieu.

Les valeurs les plus élevées de l'indice de diversité de Shannon-Weaver sont de 2,80 bits (août) à Baba-Ali, 2,64 bits (octobre) à El Harrach, 2,57 bits (octobre) à Ain-Taya. Elles atteignent 3,24 bits (août) à Cap-Djinet, 2,77 bits (juillet) dans la friche à Béjaïa, 2,64 bits (juin) dans le verger d'agrumes à Béjaïa et 3,38 bits (octobre) dans la garrigue à Béjaïa. Nous remarquons que les valeurs de la diversité orthoptérique mensuelle calculée pour les stations d'étude font apparaître deux périodes distinctes. La première marque le déclin des populations orthoptérologiques qui commence pratiquement en fin de saison automnale pour atteindre son minimum en hiver (décembre – janvier – février). Pour cette période la diversité est faible, et seules les espèces hivernantes sous formes larvaire et adulte sont recensées. Puis, l'orthoptérofaune reprend en mi printemps (avril – mai), et augmente ainsi ses effectifs progressivement jusqu'à l'automne suivant. Cette longue période coïncide avec la phase de

reproduction de la plupart des Orthoptères. Sobhi et Allal-Benfekih (2006), signalent que les acridiens apparaissent de façon précoce et commence à diminuer dès la chute des pluies en automne. Nos résultats concordent avec ceux de Chelli et Doumandji-Mitiche (2002). Ces derniers rapportent que les valeurs les plus importantes de la diversité de Shannon-Weaver sont notées pendant la période estivale et automnale. Pour la friche, ils ont noté une diversité élevée entre mai et octobre avec un maximum de 3,07 bits en juin. Au niveau d'une station semi-cultivée de la région de Barika, Benharzallah (2011), relate que l'indice de diversité le plus élevé est égal à 3,72 bits. Ceci peut être expliqué par le recouvrement végétal plus diversifié et surtout plus dense, ainsi que par la présence de beaucoup d'endroits irrigués. Les Orthoptères dans leur ensemble réagissent indubitablement et en premier lieu à la prise de hauteur de la végétation et à sa complexité, ou à l'inverse à leur diminution. Des comportements de spécialistes ou au contraire de généralistes, avec tout un panel de comportements intermédiaires, apparaissent alors clairement. L'autoécologie des espèces est ainsi déterminée vis-à-vis de la physionomie de la végétation (Boitier, 2003). Defaut (2000), rapporte que la diminution de la couverture arbustive au profit de la strate herbacée augmente sensiblement le nombre d'espèces. Sobhi et Allal-Benfekih (2011), précisent que la diversité des communautés orthoptériques est liée à la diversité des Poaceae. De même Jaulin et Baillet (2007), rapportent qu'au sein des strates herbacées et arbustives, c'est la présence des graminées qui conditionne le nombre d'espèces d'Orthoptères et leur quantité.

L'équitabilité calculée dans la présente étude pour les différentes stations, montre que la plupart des valeurs mensuelles tendent vers 1. Ceci signifie que les effectifs des espèces orthoptériques recensées sont en équilibre entre eux. Cependant, nous avons enregistré des valeurs de 3,34 (septembre) à Ain-Taya, 0,59 (juin) à Baba-Ali, 0,33 (octobre) au niveau de la friche et 0,42 (octobre) au niveau du verger d'agrumes. Pour de telles périodes de l'année, les stations à vocations agricoles sont souvent perturbées par les pratiques culturales. L'orthoptérofaune peut être aussi influencée par l'activité du pastoralisme, notamment au niveau de la friche.

4.3. Analyse factorielle des correspondances appliquée aux espèces orthoptériques enregistrées en Mitidja et à Béjaia

L'analyse factorielle des correspondances appliquée aux espèces orthoptérologiques des différentes stations prospectées en Mitidja et à Béjaia, fait ressortir des différences dans l'affinité écologique des espèces intervenant dans leur distribution spatiale. Dix espèces recensées à Béjaia sont centrées entre les axes des gradients. Celles-ci sont eurycènes, et regroupent *O. algerica*, *P. meridionalis*, *P. giornai*, *E. plorans*, *A. patruelis*, *O. caerulescens sulfurescens*, *A. strepens*, *A. thalassinus*, *A. turrita* et *T. nasuta*. Par ailleurs, nous avons trouvé que les mêmes espèces sont aussi communes entre les stations de la Mitidja, mise à part trois d'entre elles, *O. algerica* souvent attirée par le facteur hygrométrique, *E. plorans* et *T. nasuta* qui montrent des affinités pour les friches bien ensoleillées. Les autres espèces recensées en Mitidja se répartissent selon leurs exigences en degré hygrométrique du milieu. Tandis qu'au niveau des stations de Béjaia, les peuplements orthoptériques tiennent compte du degré d'ouverture du milieu. En effet, *D. albifrons*, *O. raymondi*, *C. barbarus* et *G. bimaculatus* forment un groupe à part et sont surtout contactées au niveau du verger et de la garrigue. Jaulin (2004), classe *Pezotettix giornai*, *Oedipoda caerulescens sulfurescens*, *Calliptamus barbarus* avec les espèces banales. Ceci signifie que la même espèce peut être eurycène dans un biotope et sténocène dans un autre biotope. *A. thalassinus* fréquente les pelouses rases et les sols dénudés, notamment près du littoral (Clénot, 2012). Elle est considérée dans les deux régions prospectée comme espèce commune ; alors qu'en Haut-Bocage Vendéen (France), cette espèce est considérée comme présentant une valeur patrimoniale (Bétard, 2013). La dynamique de population dépend ainsi de multiples facteurs et les populations naturelles peuvent évoluer lorsque change leur environnement (Barbault, 2010).

4.4. Effet histophysologique de *B. thuringiensis* souche Fr4 sur le tube digestif d'*A. strepens* et de *S. gregaria*

Cette étude a pour but de mettre en évidence l'effet histophysologique de *B. thuringiensis* souche Fr4 sur la sphère digestive des deux espèces acridiennes *A. strepens* et *S. gregaria*. En effet, l'effet de cette bactérie se manifeste dans l'immédiat chez l'acridien par l'arrêt de prise de nourriture. La mortalité totale des traités est obtenue au bout de 24 heures. Saidi-Touati *et al.* (2014), relatent que les individus traités avec *B. thuringiensis* souche TIM14 sont morts au

bout de 12 heures. D'autres agents peuvent agir efficacement sur le taux de mortalité des acridiens. Youcef (2014), signale que les larves du 5^{ème} stade de *S. gregaria* traitées par deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Entomophthora sp* à différentes concentrations montrent une mortalité de 75,56 % pour le premier et 55,56 % pour le second au bout de 6 jours. La mortalité sur les larves de 3^{ème} stade est obtenue au bout de deux semaines. Ceci signifie que l'action des bactéries testées est plus rapide par rapport aux autres agents pathogènes et provoquent ainsi des mortalités dans de courtes durées. Youcef *et al.* (2002), ont montré que *Metarhizium anisopliae* agit sur la structure de la cuticule de *S. gregaria* en provoquant une diminution de l'épaisseur de l'endocuticule. De même, Haddadj et Doumandji-Mitiche (2013), rapportent que *Beauveria bassiana* a affecté la structure de la cuticule des L₅ de *S. gregaria* en déstabilisant son architecture.

Après dissection des individus témoins et traités, les tubes digestifs récupérés ne révèlent aucune modification sur le plan anatomique. Aucune lésion externe n'a été observée sur les traités des deux espèces. Les coupes histologiques des témoins observées sous microscope photonique montrent une structure identique à celles citées dans certains ouvrages traitant l'anatomie et l'histologie des insectes tels que celui de Balachowsky, 1936 ; Chauvin, 1938; Grassé, 1976 et Raccaud- Schoeller, 1980. La même description concorde avec celle mentionnée dans certains travaux dont nous citons celui de Boufersaoui et Matz (1968) sur *P. elephas*, Tail (1998) sur *Schistocerca gregaria* et Acheuk et Doumandji-Mitiche (2002) sur *Locusta migratoria*.

Comparativement aux résultats obtenus chez les témoins. Les coupes histologiques des différentes parties du tube digestif des individus traités ont révélé plusieurs altérations dues à l'action de la bactérie sur la structure de la paroi intestinale. Les modifications observées au niveau du stomodeum des traités d'*A. strepens* montrent que la paroi de cette partie du tube digestif a complètement perdue son architecture initiale. La souche Fr4 agit ainsi en provoquant un détachement partiel des villosités dû à la rupture de l'assise épithéliale qui se décolle de la membrane basale. Une atrophie de la tunique musculaire circulaire est observée avec un relâchement total des fibres qui la constituent. Cependant, nous avons détecté au niveau des coupes histologiques des caeca gastriques de la même espèce, une porosité de l'épithélium qui présente des cellules très vacuolisées. L'unique couche musculaire circulaire a subi de fortes altérations ; celle-ci se détache en lambeaux.

L'effet de la souche bactérienne Fr4 sur le tube digestif des adultes de *S. gregaria* se traduit au niveau du stomodeum par un amincissement des tuniques musculaires, fractionné dans

certaines endroits. Les cellules de l'épithélium sont vacuolisées et rassemblées en amas. L'intima cuticulaire devient non reconnaissable et se détache même dans certains endroits de l'assise épithéliale. D'autre part, le mésentéron a subi aussi des altérations qui se résument en une réduction dans l'épaisseur de la couche musculaire, ce qui provoque un relâchement total des couches de la paroi intestinale. Des espacements sont observés entre les cellules épithéliales qui se détachent dans certains endroits de la paroi du tube digestif. La membrane péritrophique à ce niveau est complètement détruite. Concernant le proctodeum, ce compartiment du tube digestif a été totalement altéré par l'action de Bt souche Fr4. Cependant, cette dernière a provoqué un décollement total des différentes couches de la paroi intestinale qui devient méconnaissable dans certains endroits du tube digestif. Les déchirures de la couche épithéliale a réduit ainsi la lumière intestinal du proctodeum.

Acheuk et Doumandji-Mitiche (2002), rapportent que l'effet du traitement insecticide sur le tube digestif des adultes de *L. migratoria* s'est traduit par la destruction des cellules épithéliales du mésentéron, des caeca gastriques ainsi que de l'ampoule rectale et la membrane péritrophique du mésentéron.

Oulebsir-Mohandkaci et Doumandji-Mitiche (2002 ; 2012), précisent que l'effet de Bt au niveau du jabot de *L. migratoria* s'est traduit par une légère destruction de la cuticule, des villosités et des muscles circulaires. Au niveau de l'intestin moyen, celle-ci a provoqué la lyse de la membrane péritrophique et des muscles circulaires et une diminution de l'épaisseur de l'épithélium. Les caeca gastriques ont subi la lyse des muscles circulaires et des déchirures au niveau de l'assise épithéliale.

Des altérations histologiques au niveau de l'épithélium de l'intestin moyen ont été signalées aussi chez les individus adultes de *L. migratoria* traités par *B. thuringiensis* par Quesada-Moraga (2001) et Yan *et al.* (2011). Saidi-Touati *et al.* (2014), confirment que *B. thuringiensis* souche TIM14 a provoqué de fortes altérations au niveau des différentes parties du tube digestif des adultes d'*A. aegyptium*. Les mêmes auteurs précisent que cette bactérie a détruit totalement les deux couches cuticulaire et épithéliale du stomodeum, et la structure musculaire est complètement altérée.

4.5. Etude de l'activité biologique de *D. viscosa* et de l'huile essentielle d'*O. glandulosum* sur l'histophysiologie de la sphère digestive de *S. gregaria*

L'alimentation directe des individus adultes de *S. gregaria* sur les feuilles fraîches de *Dittrichia viscosa* n'a pas été acceptée par ces acridiens, qui manifestent un refus total pour cette plante. Ceci est probablement dû à la forte odeur qu'elle dégage. Au bout du 3^{ème} jour, des empreintes sur feuilles de *D. viscosa* ont révélé que l'insecte a finalement consommé cette plante. La mortalité totale des individus traités est notée au bout du 10^{ème} jour. Par ailleurs, nous avons constaté que l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* a présenté un effet très fort sur l'acridien. Les individus traités manifestent des excitations des pièces buccales qui sont frottées continuellement par les pattes antérieures. La mortalité totale des traités est obtenue au bout de 2 jours. Duranton et Lecoq (1990), signalent que l'utilisation de substances qui peuvent être acridicides, acridifuges ou antiappétantes contenues dans les plantes, peuvent avoir une activité biologique causant des altérations irréversibles chez l'insecte. Lors de la dernière invasion acridienne (2003-2006), il a été constaté que certaines plantes du Sahara septentrional (Est algérien) sont épargnées par le Criquet pèlerin, parmi lesquelles deux plantes *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) (Kemassi *et al.*, 2014).

Des recherches ont prouvé que plusieurs substrats alimentaires ont été parfaitement acceptés par le criquet pèlerin, alors qu'ils ont des effets qui varient en fonction du végétal, du stade du développement de l'insecte et du mode de l'administration de l'aliment. En alimentation directement sur végétal frais, le Bigaradier agit en retardant la ponte et en réduisant la fécondité. Les feuilles d'Olivier et le faux poivrier entraînent une stérilité chez la femelle avec maintien de l'aspect d'insectes immatures. Quant au Cestreau, il semble être toxique à tous les stades de développement de l'insecte (Ben Hamouda, S.D.). L'effet de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur criquet pèlerin provoque une mortalité aux stades larvaires d'un taux de 45% et un blocage du développement ovarien chez les femelles (Idrissi Hassani *et al.*, 1998; 2000).

Généralement le criquet explore la surface de la feuille avant de mordre. Le rejet du végétal s'effectue habituellement après morsure (Le Gall, 1989). Hamadi et Doumandji-Mitiche (2002), précisent que l'activité biologique de l'extrait de *D. viscosa* et de *Salvia officinalis* sur *A. strepens*, montre que celles-ci ont une action totalement dissuasive qui se répercute sur la prise de nourriture. Les mêmes auteurs ont constaté que l'activité de ces substances

augmente d'autant que leur concentration s'élève. La présence d'une substance active n'est pas le seul déterminant. Sa concentration dans l'organe végétal est un point capital dans la réalisation du blocage de la prise de nourriture (Le Gall, 1989). Les deux premiers jours, les adultes de *S. gregaria* testés ont montré des morsures d'essai sur *D. viscosa* offerte à l'état frais, mais non pas consommée. Au bout du 4^{ème} jour nous avons détecté des parties des feuilles de cette plante complètement consommées.

Kemassi *et al.* (2014), ont travaillé sur l'activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* L. et de *Cleome arabica* L. sur *Schistocerca gregaria*. Ils ont observé chez les individus traités de cette espèce des troubles de l'équilibre, des mouvements convulsifs, défécation intense, perte de la capacité de se percher à un support, tremblements d'appendices et accroissement de rythme respiratoire. Ces symptômes témoignent de l'effet neurotoxique de ses extraits végétaux sur ces acridiens.

Les individus de *S. gregaria* traités par l'huile essentielle de l'Origan ne manifestent aucune tentation pour s'alimenter. Quelques heures après le traitement, ils restent immobiles, très affaiblis par l'effet de l'huile de cette plante. Raccaud-Scholler (1980), signale que le temps requis pour le passage des aliments le long du tube digestif est variable selon les insectes.

L'observation sous loupe binoculaire du tube digestif des individus de *S. gregaria* traités par les deux plantes ne révèlent aucune altération anatomique. Les trois parties du tube digestif, stomodeum, mésentéron et proctodeum, sont identiques à celles observées chez les témoins. Aucune lésion macroscopique n'a été observée à ce niveau.

Les résultats obtenus après dissection des individus témoins du Criquet pèlerin montrent que sur le plan histologique, le tube digestif de ces derniers est identique à celui obtenu avec les témoins de *B. thuringiensis* et concordent ainsi avec ceux décrits par Chauvin (1938), Grassé, (1976) et Raccaud- Schoeller (1980). Par ailleurs, les observations au microscope photonique des coupes histologiques réalisées sur le tube digestif des individus traités ont révélé des modifications très prononcées. Chez les acridiens nourris par *D. viscosa*, les principales altérations histologiques notées au niveau du stomodeum résident dans la structure des villosités. Celle-ci montre une séparation entre la cuticule et l'assise épithéliale avec disjonction cellulaire. Le tissu musculaire a été atteint. La tunique musculaire circulaire paraît complètement coupée dans certains endroits du tube digestif. Chez les acridiens traités par l'huile d'Origan, les altérations observées au niveau du stomodeum se traduisent par l'apparition d'ulcérations suite à la destruction des villosités et de l'assise épithéliale. De ce

fait, le contact des fibres musculaires avec l'huile d'Origan a provoqué un amincissement à ce niveau.

L'intestin moyen ou le mésentéron est la portion la plus active du tube digestif en ce qui concerne l'absorption des éléments nutritifs. Cette partie est facilement reconnaissable par l'absence à ce niveau de l'intima cuticulaire et par la présence d'une mince membrane péritrophique sélective.

L'observation au microscope photonique des coupes histologiques du mésentéron des individus nourris par *D. viscosa*, révèle que cette plante agit fortement au niveau de ce compartiment du tube digestif. Les effets de cette plante se manifestent par la lyse totale de la membrane péritrophique. L'assise épithéliale se décolle de la membrane basale, sa bordure en brosse est complètement altérée, et dans certains endroits l'épithélium disparaît totalement. La tunique musculaire circulaire interne est atteinte. Ceci a provoqué un relâchement total de la paroi intestinale. En revanche, les symptômes observés chez les individus traités par l'huile d'Origan résident aussi dans la lyse de la membrane péritrophique et dans l'altération de la bordure en brosse. L'assise épithéliale montre un aspect granuleux, des espacements entre les cellules et dans certains endroits celles-ci apparaissent très vacuolisées. La tunique musculaire circulaire interne est très mince par rapport à celle observée chez le témoin. Ces effets concordent avec ceux provoqués par *Azedarachta indica* (Nasiruddin et Mordue, 1993) et *P. harmala* (Idrissi Hassani et Hermas, 2008) sur le tube digestif de *S. gregaria*. Ces derniers montrent qu'ils ont fréquemment observé la présence de grégarines protozoaires surtout vers l'épithélium intestinal où quelquefois la pointe de ces organismes y pénètre. Les mêmes auteurs rajoutent que ces organismes sont peu observés au milieu de la lumière intestinale. Il semble toutefois qu'ils soient plus nombreux chez les individus témoins que chez les individus nourris avec *P. harmala*. Pour notre cas, aucune grégarine protozoaire n'a été observée au niveau des coupes histologiques des témoins ou des traités.

Le proctodeum ou l'intestin postérieur possède une structure générale qui rappelle celle de l'intestin antérieur. Tout comme ce dernier, il est recouvert d'une intima cuticulaire (Doumandji et Doumandji-Mitiche, 1994). Des changements sont observés au niveau du proctodeum des individus de *S. gregaria* nourris par *D. viscosa* ou traités par l'huile d'Origan. Les effets sont presque semblables et affectent beaucoup plus l'intima cuticulaire qui se décolle de l'épithélium et se déchire même dans certains endroits. L'assise épithéliale n'a pas

subi d'altération importante, mise à part quelques espacements intercellulaires. Le relâchement des deux tuniques musculaires, circulaire interne et longitudinale externe, a provoqué la distension du proctodeum.

Les deux plantes testées sur *S. gregaria* ont provoquée des effets incontournables au niveau des trois compartiments du tube digestif. Différentes altérations ont été constatées au niveau de la paroi intestinale et précisément sur l'assise épithéliale, qui a subi des lésions importantes. La destruction de celle-ci bloque le rôle d'absorption des éléments nutritifs. Ce qui affaiblie l'acridien et provoque sa mort.

Mordue *et al.* (1985), rapporte que l'azadirachtine citée comme phagorépusif, est aussi un toxique qui diminue la motilité du tube digestif, ralentit la croissance et perturbe la mue. L'action de l'extrait foliaire du Laurier rose (*Nerium oleander*) sur les variations pondérales et la mortalité chez les différents stades larvaires et les imagos de *Locusta migratoria*, montre que la prise de nourriture est inhibée par toutes les doses et le taux de mortalité varie d'une dose à une autre. La plus forte dose a causé une mortalité de 55,55 % après 10 jours de traitement (Bezaze et Mouhouche, 2011). De même, Kemassi *et al.* (2011), rapportent que, la toxicité par contact des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* L. (Poaceae) récoltée dans la région d'Illisi (Sahara central), a provoqué chez les larves L5 de *S. gregaria*, une mortalité de 100 % au bout de 35 mn 11'. Chez les adultes la mortalité de 100 % est atteinte au bout de 63 mn 19'. De même, les larves de *S. gregaria* nourries avec les feuilles de *Nerium oleander* (Apocynaceae), ont révélé des troubles de prise de nourriture et de la mue. Le transit intestinal des individus traités est plus long que celui des témoins alimentés avec *Brassica oleracea*. 50 % de mortalité est obtenue au bout du 4^{ème} jour et la mortalité totale au bout de 12 jours (Bagari *et al.*, 2013).

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale et perspectives

L'étude de la bioécologie de l'orthoptérofaune a été réalisée dans différentes localités en Algérie. Les stations d'étude choisies se trouvent géographiquement éloignées. L'échantillonnage a été réalisé sur des périodes différentes. Le peuplement orthoptérique recensé par la méthode des quadrats entre 1996 et 1997 en Mitidja révèle la présence de 21 espèces dont 15 Caelifères et 6 Ensifères. A Béjaia 26 espèces ont été répertoriées entre 2000 et 2001 regroupant 18 Caelifères et 8 Ensifères. Cependant, les recensements de l'orthoptérofaune effectués entre 2010 et 2011 montrent 20 espèces à Cap-Djinet avec 6 Ensifères et 14 Caelifères, et 25 espèces à Boughezoul avec 3 espèces seulement d'Ensifères et 22 espèces de Caelifères. Dans toutes les stations prospectées, les Caelifères dominent. En termes d'espèces, la famille des Acrididae est la plus inféodée aux milieux prospectés. Celle-ci vient en tête avec des pourcentages de 75 % à Baba-Ali, 65,99 % à El Harrach, 57,89 % à Ain-Taya, 64,7 % dans le milieu friche (Béjaia), 68,75 dans le verger d'agrumes (Béjaia), 60,86 % dans la garrigue (Béjaia), 60 % à Cap-Djinet et 84 % à Boughezoul.

L'orthoptéroécénose recensée est considérée comme relativement importante par sa biomasse. Un total de 1627 individus a été prélevé dans les trois stations de la Mitidja avec respectivement des effectifs de 365 à Baba-Ali, 627 à El Harrach et 640 à Ain-Taya. La station de Cap-Djinet renferme à elle seule un effectif de 662 individus. Un nombre de 1342 individus a été échantillonné à Béjaia, se réparti sur 556 individus pour le milieu friche, 489 pour la garrigue et 297 pour le verger d'agrumes. Nos observations sur terrain ont montré que les espèces du peuplement orthoptérique ont tendance à fréquenter les milieux ouverts et bien ensoleillés. Les espèces recensées régulièrement sont celles qui présentent des effectifs élevés. *Aiolopus strepens* a marqué sa présence dans toutes les stations d'étude avec des pourcentages conséquents par rapport aux pourcentages des autres espèces recensées. Soit 29,86 % à Baba-Ali, 38,15% à El Harrach, 24,37 % à Ain-Taya, 32,33 % à Cap-Djinet, 50,89 % dans la friche, 56,22 % dans le verger d'Agrumes et 24,57 % dans la garrigue. Cette espèce montre une préférence pour les friches et les agroécosystèmes. La phénologie du cycle de vie des espèces et la santé du biotope sont les deux facteurs déterminants du rythme d'apparition des espèces orthoptérologiques. En effet, la période printanière et estivo-automnale fournissent des richesses moyennes spécifiques élevées. Celles-ci montrent des maximums aux mois d'octobre à Baba-Ali (Rs = 3,1) et à El Harrach (Rs = 4,2), août à Ain-Taya (Rs = 5,2), juin à Cap-Djnet (Rs = 5,6), juillet dans la friche (Rs = 4,8) et le verger

d'agrumes ($R_s = 4,4$) et juin dans la garrigue ($R_s = 5,8$). Pour ce qui concerne les fréquences centésimales notées au niveau des stations d'étude *A. strepens* occupe toujours la première position durant toutes les périodes d'échantillonnage. Cependant d'autres espèces viennent en deuxième position, telles que *O.tibialis* qui révèle une fréquence de 37,36 % à Baba-Ali et 29,22 % à Ain-Taya, *T. cicindeloides* avec 43,75 % (décembre) dans la friche et 41,17 % (mars) au niveau du verger d'agrumes.

L'étude de la fréquence d'occurrence de la communauté orthoptérique inventoriée indique l'existence d'une répartition qui varie en fonction du milieu et des exigences écologiques des espèces. En effet, parmi les Orthoptères omniprésents, *A. strepens* marque une présence remarquable au niveau des stations d'étude ($91 \% \geq F_o \geq 100 \%$), alors qu'elle est régulière au niveau de la garrigue. Cette répartition augure de la qualité du milieu. D'autres espèces sont aussi omniprésentes dans nos stations, c'est le cas d'*A. turrita* (84,61 %), *P.giornai* (92,30 %) et *P. meridionalis* (84,61 %) notées à El Harrach, et *P.giornai* (91,66 %) au niveau de la garrigue. Cependant, *O. tibialis* est constante à Baba-Ali et Ain-Taya avec une fréquence de 64,28 % chacune. D'autre part, un pourcentage de 66,66% montre que les espèces *E. plorans* et *A turrita* sont constantes respectivement dans la garrigue et dans la friche à Béjaia. Ceci signifie que les conditions du milieu présentent les facteurs déterminants dans la composition du peuplement orthoptérique et influent ainsi sur son type de répartition. Les espèces qui composent le peuplement montrent donc une utilisation sélective du milieu. Parmi les espèces régulières, nous notons que *O. caerulescens sulfurescens* est régulière à Baba-Ali (45,45 %) et à El Harrach (30,77 %) ; alors que *A. patruels* est régulière à Baba-Ali (45,45 %) et Ain-Taya (28,57 %). *O. algerica* est régulière dans la friche (41,66 %) et dans la Garrigue (33,33 %) et *G. bimaculatus* dans le verger d'agrumes et dans la Garrigue respectivement avec 41,66 % chacune. Le reste des espèces recensées sont accessoires et leur distribution dépend éventuellement de l'état du milieu. Une prédominance de 11 espèces a été notée pour la catégorie accessoire au niveau de la station de Cap-Djinet. Aucune espèce rare n'a été signalée dans nos inventaires.

Les valeurs calculées pour l'indice de diversité de Shannon-Weaver déterminent deux périodes distinctes qui caractérisent le peuplement orthoptérique. La première période marque le déclin des populations orthoptérologiques qui commence pratiquement en fin de saison automnale pour atteindre son minimum en hiver (pratiquement en février). Pour cette période la diversité est restreinte, elle est surtout composée d'espèces hivernantes sous formes larvaires

et adulte. La deuxième période en mi printemps, se poursuit progressivement jusqu'à l'automne suivant. Durant cette longue période, la communauté orthoptérique est plurispécifique. Ceci est confirmé par les valeurs les plus élevées de l'indice de diversité de Shannon-Weaver atteintes soit en été ou en automne. Celles-ci sont de 2,80 bits (août) à Baba-Ali, 2,64 bits (octobre) à El Harrach, 2,57 bits (octobre) à Ain-Taya, 3,24 bits (août) à Cap-Djinet, 2,77 bits (juillet) dans la friche, 2,64 bits (juin) dans le verger d'agrumes et 3,38 bits (octobre) dans la garrigue. Malgré les successions dans le temps des peuplements orthoptérologiques, les effectifs des espèces restent en équilibre entre eux à l'exception des périodes où les agroécosystèmes sont perturbés par les pratiques culturales. Parallèlement l'étude des groupements orthoptérologiques a permis d'isoler les espèces dites eurycènes représentées par *O. algerica*, *P. meridionalis*, *P. giornai*, *E. plorans*, *A. patruelis*, *O. caerulescens sulfurescens*, *A. strepens*, *A. thalassinus*, *A. turrita* et *T. nasuta*.

Dans le but de mettre en évidence l'effet d'une bactérie *Bacillus thuringiensis*, souche locale Fr4 sur l'histophysiologie du tube digestif des acridiens, deux espèces ont été choisies. La première espèce est *Schistocerca gregaria* qui est un déprédateur provoquant des pertes agricoles considérables. La deuxième espèce est *Aiolopus strepens* qui fréquente beaucoup les milieux cultivés, et qui voit ces dernières années son territoire s'élargir. Les individus traités par la solution bactérienne à 10^6 spores / ml manifestent un arrêt de prise de nourriture. La mortalité totale des traités est obtenue au bout de 24 heures. Après dissection, le tube digestif des individus testés ne montre aucune lésion externe. Cependant, les coupes histologiques révèlent que la paroi intestinale des trois compartiments du tube digestif est affectée. Les observations chez *A. strepens* sont portées sur l'intestin antérieur (stomodeum) et les caeca gastriques. Par contre chez *S. gregaria*, les trois parties de la sphère digestive (stomodeum, mésentéron et proctodeum) ont été examinées. *B. thuringiensis* souche Fr4 agit en provoquant des détachements de l'intima cuticulaire des villosités, la rupture de l'assise épithéliale avec la membrane basale et disjonction de ses cellules qui sont très vacolisées, la lyse de la membrane péritrophique du mésentéron et une atrophie avec des coupures des muscles circulaires ce qui provoque un relâchement de la paroi intestinal.

L'étude de l'activité biologique de *Dittrichia viscosa* et de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* sur l'histophysiologie de la sphère digestive de *S. gregaria* montre qu'au départ les individus nourris par les feuilles de *D. viscosa* manifestent un refus total pour cette plante dissuasive. Une fois l'acridien affamé, il consomme les feuilles de cette plante au bout du 3^{ème}

jour. La mortalité totale des traités est obtenue au bout de 10 jours. Par ailleurs, l'huile essentielle d'*O. glandulosum* présente un effet fort sur l'acridien qui meurt au bout de 2 jours. Suite au traitement par les deux plantes testées, la dissection des individus traités ne montre aucune altération externe. Par contre l'examen histologique de la paroi intestinale de l'espèce étudiée a mis en évidence l'effet des deux plantes sur le tube digestif. *D. viscosa* provoque le décollement de l'intima cuticulaire avec disjonction des cellules épithéliales qui se séparent. Un amincissement de la tunique musculaire circulaire apparaît nettement au niveau du stomodeum et du proctodeum. Cependant, l'effet de l'huile d'Origan est très intense sur le stomodeum causant ainsi une mortalité rapide des individus. L'huile d'Origan induit à son tour la modification de l'aspect épithélial qui devient granuleux, avec des ulcérations et la lyse de la membrane péritrophique.

En perspective, il serait intéressant et souhaitable de poursuivre l'étude des communautés orthoptériques sur plusieurs années, sachant que plusieurs localités en Algérie n'ont pas été explorées dans ce domaine. Aucune liste rouge des Orthoptères d'Algérie menacés de distinction n'a été établie. Il serait donc utile d'établir une liste nationale plus récente des Orthoptères, et considérer ce groupe d'insectes comme un bio-indicateur de la santé des écosystèmes naturels. Il faut souligner l'ampleur que peut avoir les projets d'aménagement des territoires et l'extension des agroécosystèmes sur la biodiversité en général, et sur les peuplements orthoptériques avec leur biotope en particulier.

Dans le but de chercher d'autres méthodes alternatives aux pesticides de synthèse. Il serait ainsi très intéressant de reconduire l'étude réalisée sur l'efficacité des agents biologiques : *B. thuringiensis* souche Fr4, *D. viscosa* et *O. glandulosum*, en les testant sur d'autres espèces acridiennes d'intérêt agronomique, telle que *Locusta migratoria*. De travailler ainsi sur un effectif élevé à différents stades larvaires avec des doses variées. De vérifier leurs effets sur d'autres paramètres biologiques et histologiques.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Abderrahmani A.**, 2011 – *Identification de mécanisme de biosynthèse non-ribosomique d'un nouveau lipopeptide, la krustakine, et étude de son influence sur le phénotype des souches de Bacillus thuringiensis isolées en Algérie.* Thèse Doctorat, Fac. Scie. Bio., U.S.T.H.B., Alger, 124 p.
2. **Acheuk F. et Doumandji-Mitiche B.**, 2002 – Perturbation histologique du Décis sur le tube digestif de *Locusta migratoria*. *IV ème journée d'acridologie. Départ. Zool. Agri. Forest., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 04 mars 2002 : 58-61.*
3. **Achoura A. et Belhamra M.**, 2010 – Aperçu sur la faune arthropodologique des palmeraies d'El Kantara. *Courrier du savoir, n°10, Avril 2010 : 93-101.*
4. **Baba Aissa F.**, 1999 – *Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb.* Ed. Librairie Moderne, Rouiba, 159 p.
5. **Badenhausser I.**, 2012 – Estimation d'abondance des criquets (Orthoptera : Acrididae) dans les écosystèmes prairiaux. *Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s.), 48 (3-4) : 397-406.*
6. **Bagari .M, Bouhaimi A., Ghaout S. & Chihrane J.**, 2013 – The toxic effects of *Nerium oleander* on larvae of the desert locust *Schistocerca gregaria* (forskål, 1775) (Orthoptera, acrididae). *Zool. Baetica, 24: 193-203.*
7. **Balachowsky A. et Mesnil L.**, 1936 – *Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs mœurs, leur destruction.* Ed. Busson, T.2, Paris, 1017 p.
8. **Barataud J.**, 2005 – *Orthoptères et milieux littoraux Influence de la gestion des habitats herbacés et enjeux pour la biodiversité sur les ressources trophiques.* BTS Gestion des Espaces Naturels, Oléron, 86 p.
9. **Barbault R.**, 2010 – *Ecologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère.* 6^{ème} Ed., Dunod, Paris, 390 p.
10. **Bekhchi C., Atik Bekkara F. et Abdelouahid D.E.**, 2008 – Composition et activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Origanum glandulosum* d'Algérie. *Phytothérapie, 6 : 153-159.*
11. **Bellmann H. & Luquet G.**, 1995 – *Guides des sauterelles grillons et criquets d'Europe occidentale.* Lausanne, Paris, Delachaux et Niestlé éd., 384 p.

12. **Belyagoubi M. L.**, 2005 – *Effet de quelques essences végétales sur la croissance des moisissures de détériorations des céréales*. Thèse Magister, Université Abou Bakr Belkaïd, 110 p.
13. **Benfekih L. & Petit D.**, 2010 – The populations of *Locusta migratoria cinerascens* (Orthoptera: Acrididae: Oedipodinae) in Algerian Sahara: life cycle. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 46 (3-4) : 351-358.
14. **Ben Hamouda M. H., S. D.** – Recherche sur l'effet d'extraits de plantes sur l'alimentation et le développement du criquet pèlerin : perspectives et développements. *Atelier international FAO sur la recherche et la planification de la lutte contre le criquet pèlerin, Tunis*, 8 p.
15. **Benharzallah N.**, 2011 – inventaire et bio-écologie des acridiens dans deux étages bioclimatiques différents (aride et semi-aride). *Actes du Séminaire International sur la Biodiversité Faunistique en Zones Arides et Semi-arides* :172-176.
16. **Benmadani S., Doumandji-Mitiche B. et Doumandji S.**, 2011 – la faune orthoptérologique en zone semi-aride de la région de Djelfa (Algérie). *Actes du séminaire international sur la biodiversité faunistique en zones arides et semi-arides* : 258-264.
17. **Benrima A.**, 1993 – *Bioécologie et étude du régime alimentaire des espèces d'Orthoptères rencontrées dans deux stations d'étude situées en Mitidja. Etude histologique et anatomique du tube digestif de Dociostaurus jagoi jagoi (Soltani, 1978)*. Thèse Magister Sci. Agro., Inst. Nat. Agro., El-Harrach, 192 p.
18. **Bergey S.**, 2001 – *Manuel of systematic bacteriology, endospore forming*. Baltimor, 104 p.
19. **Bétard F.**, 2012 – Découverte d'*Aiolopus strepens* (Latreille 1804), nouvelle espèce pour la Vendée (Orthoptera, Acrididae). *Le Naturaliste Vendéen N° 11* : 57-59.
20. **Bétard F.**, 2013 – Ecologie et cénologie des peuplements d'orthoptères des landes sèches du haut-bocage vendéen. *Matériaux orthoptériques et entomocénologiques*, 18 : 99-118.
21. **Bezaze G. et Mouhouche F.**, 2011 – Effet de l'extraction foliaire du Laurier rose (*Nerium oleander*) sur la mortalité et l'évolution pondérale du criquet migrateur (*Locusta migratoria*) (Acrididae, Oedipodinae). *Résumé, Séminaire International sur la Protection des Végétaux, Dép. Zool. Agr. Forest., Ecole Nat. Sup. Agro., El Harrach, du 18 au 21 avril 2011 El Harrach*, 46 p.
22. **Blondel J.**, 1979 – *Biogéographie et écologie*. Ed. Masson, Paris, 173p.

23. **Boitier E.**, 2003 – *Caractérisation écologique et faunistique des peuplements d'Orthoptères en montagne auvergnate*. Diplôme d'études et des recherches en Sciences de la Vie et de la Terre. Faculté des Sciences et Technologiques, Université Limoges, 87 p.
24. **Boitier E.**, 2004 – Caractérisation écologique et faunistique des peuplements d'orthoptères en montagne auvergnate. *Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques*, 9, 2004 : 43-78.
25. **Boitier E.**, 2005 – *Inventaire et caractérisation écologique d'Orthoptères des zones sommitales de la réserve naturelle de la haute chaîne du Jura*. Rapport Diren Rhône-Alpes, Réserve Naturelle de la Haute Chaîne de Jura et Alcide d'Orbigny, Clermont- Ferrand (décembre 2005), 64 p.
26. **Boitier E. et Brugel E.**, 2005 – Quatre nouvelles espèces d'Orthoptères pour la faune d'Auvergne (Orthoptera, Tettigoniidae, Acrididae). *Arvensis (2005)*, 35-36 : 1-6.
27. **Boufersaoui A. et Matz G.**, 1986 – Etude de *Pamphagus elephas* (L.). *Bull. Soc. Hist. Nat.* : 95-98.
28. **Boumerdassi H., Benkeri S., Saidi-Touati M et Hamadi K.** – Diversité et approche écologique des Orthoptéroïdes d'un agroécosystème dans la réserve de chasse de Zeralda. *Séminaire National sur la Biodiversité Faunistique. Ecole Nat. Sup. Agri., Dép. Zool. Agri. Forest., El Harrach, du 07 au 09 Décembre 2014*.
29. **Bounechada M., Doumandji S. et Çiplak B.** 2006 – Bioecology of the Orthoptera Species of the Setifian Plateau, North-East Algeria. *Turk. J. Zool.*, 30 (2006): 245-253.
30. **Brunet J.**, 2010 – *Rôle des facteurs physico-chimique du micro-environnement intestinal et des boucles inter hélicales du domaine I dans l'activité de la toxine insecticide Cry9Ca du Bacille de Thuringe*. Thèse (Ph.D.), Université de Montréal, 158p.
31. **Castella C.**, 2008 – *Cry1C, toxine de Bacillus thuringiensis : analyse des récepteurs potentiels et de mode d'action sur lignées cellulaires SF9*. Mem. DEPHE, Paris, 40 p.
32. **Chauvin R.**, 1938 – *Anatomie et histologie du tube digestif de Schistocerca gregaria*. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 18: 488-499.
33. **Chelli A. et Doumandji-Mitiche B.**, 2002 – Etude bioécologique de la faune orthoptérologique dans deux stations à Ouagnoun (Tizi-Ouzou). *Recueil des actes, IV ème journée d'acridologie, Dép. Zool. Agri. Forest., Inst. Nat. Agro., 04 mars 2002* : 70-73.
34. **Cherbi M.**, 1986 – *Contribution à l'étude du peuplement zooplanktonique de trois lacs de barrage Hamiz, Ghrib et Boughezoul*. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Univ. Houari Boumediene, Bab Ezzouar, 143 p.

35. **Chopard L.**, 1943 – *Orthoptéroïde de l'Afrique du nord*. Librairie Larose, Coll. Faune de l'empire français, T.I, Paris, 450 p.
36. **Clémot M.**, 2012 – *Identification des Orthoptères de Vendée*. Publication des Naturalistes Vendéens, version 05, 86 p.
37. **Daget P. & Poissonet J.**, 1978 – *Le statut thérophytique des pelouses méditerranéennes du Languedoc*. Coll. Phytos, VI.
38. **Dajoz R.**, 1971 – *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 434p.
39. **Dajoz R.**, 1982 – *Précis d'écologie*. Ed. Gauthiers Villars, Paris, 503p.
40. **Damerdji A.**, 2002 – La faune orthoptérologique inféodée au Doum : Inventaire - Aperçu bioécologique dans la région de Tlemcen. *IVème journée d'acridologie. Dép. Zool. Agri. Forest., Inst. Nat. Agro., 04 mars 2002 : 19-26*.
41. **Defaut B.**, 2000 – Effets comparés du feu dirigé et du débroussaillage manuel sur les Orthoptères, à Merviel (Ariège). *Matériaux Entomocénétiques, 5, 2000 : 47-62*.
42. **Doumandji S. et Doumandji-Mitiche B.**, 1994 – *Criquets et Sauterelles (Acridologie)*. Off. Pub. Univ., Alger, 99p.
43. **D.P.A.T.**, 1999 – *Annuaire statistique de la wilaya de Béjaia*. Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, wilaya de Béjaia, Ed. 2000, 179p.
44. **Drabo A.**, 2005 – *Evaluation de l'efficacité de deux delta-endotoxines de Bacillus thuringiensis (CryIACet Cry2Ab) synthétisées par le cotonnier transgénique (coton Bt) dans la gestion de la résistance de Helicoverpa armigera (Hubner) à la deltaméthrine*. Mém. DIDR, Burkina-Faso, 59 p.
45. **Dreux Ph.**, 1972 – Recherche sur le terrain en autoécologie des Orthoptères. *Acrida, n°1 : 305-330*.
46. **Durantou J.F. et Lecoq M.**, 1990 – *Le criquet pèlerin au Sahel*. Coll. Acrid. Opéra. N°6, PRIFAS, CIRAD, 84 p.
47. **Fellaouine R.** 1989 – *Bioécologie des Orthoptères de la région de Sétif*. Thèse magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 127p.
48. **Fournier P.**, 1946 – *Les quatre flores de la France*. Ed. Lechevalier, Paris, 1091 p.
49. **Frédéric G.**, 2008 – *Importance de l'hélice a4 et des boucles inter-hélicales du domaine I dans le mécanisme de formation de pores par la toxine Cry 1 Aa du Bacille de Thuringe*. Thèse (Ph.D.), Université Montréal, 179 p.

50. **Gillon Y.**, 1996 – Sécheresse un mal nécessaire pour les acridiens. *Sécheresse n°2, vol.7* : 133-143.
51. **Grassé P.P.**, 1976 – *Traité de Zoologie*. Tome VIII, Masson, Paris.
52. **Gueguen A.**, 1995 – Effet du pâturage ovin sur le peuplement d'orthoptères d'un alpage des Alpes du Sud. In : *Actes du séminaire de Limoges 1995, Inventaire et cartographie des invertébrés comme contribution à la gestion des espaces naturels français*. Muséum Hist. Nat., Paris.
53. **Guendouz-Benrima A., Doumandji-Mitiche B. et Petit D.**, 2011 – Effects of weak climatic variations on assemblages and life cycles of Orthoptera in North Algeria. *Journal of Arid Environments* : 1-8.
54. **Haddadj F. et Doumandji-Mitiche B.**, 2013 – Effet du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* sur la cuticule du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Orthoptera : Cyrtacanthacridinae). *Entomol. Gener.*, 34 (3) : 207-214.
55. **Hamadi K.**, 1998 – *Bioécologie de la faune orthoptérologique en Mitidja. Etude de l'activité biologique d'extraits de plantes acridifuges sur Aiolopus strepens (Latreille, 1804) (Orthoptera, Acrididae)*. Thèse Magister sci.agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 172p.
56. **Hamadi K. et Doumandji-Mitiche B.**, 1996 – Etude du régime alimentaire de *Pamphagus elephas* (Orthoptera pamphagidae) dans la région de Said Hamdine (Bir Mourad Rais-Alger). 3^{ème} journée d'acridologie. Inst. Nat. Agro., Dép. Zool. Agri. Forest., El Harrach, 18 mars 1996, p 6.
57. **Hamadi K. et Doumandji-Mitiche B.**, 1999 – Bioécologie des principales espèces orthoptérologiques en Mitidja. 2^{ème} journée d'Entomologie. Institut National Agronomique, Dép. Zool. Agri. Forest., El Harrach, p 8.
58. **Hamadi K. et Doumandji-Mitiche B.**, 2002 – Etude de l'activité biologique d'extraits de plantes acridifuges sur *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804) et influence de ces plantes sur la consommation et sur le taux de mortalité. IV^{ème} journée d'acridologie, Dép. Zool. Agri. Forest., Inst. Nat. Agro., 04 mars 2002.
59. **Hamdi H.**, 1989 – *Contribution à l'étude bioécologique des peuplements orthoptérologiques de la région médioséptentrionale de l'Algérie et la région de Gabes (Tunisie)*. Thèse Ing. Agro. Inst. Nat. Agro. EL-Harrach, 166 p.
60. **Harrat A. et Moussi A.**, 2007 – Inventaire de la faune acridienne dans deux biotopes de l'est algérien. *Sciences et Technologie, C - N°26* : 99-105.

61. **Helassa N.**, 2008 – *Devenir de la protéine insecticide CryIAa issue de Bacillus thuringiensis (Bt) dans le sol*. Thèse de doctorat, Ecole Nat. Sup. Agro., Montpellier, 160p.
62. **Idrissi Hassani L.M.**, 2000 – *Contribution à l'étude phytochimique du harmel Peganum harmala L. (Zygophyllaceae) et étude de ses effets sur la reproduction et le développement du criquet pèlerin Schistocerca gregaria Forsk.* Thèse Doctorat d'Etat. Université Ibn Zohr, Agadir, 214 p.
63. **Idrissi Hassani L. M. et Hermas J.**, 2008 – Effet de l'alimentation en *Peganum harmal L.* (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). *Zool. Baetica*, vol.19 : 71-84.
64. **Idrissi Hassani L.M., Ould Ahmedou M.L., Chihrane J. et Bouaichi A.**, 1998 – Effets d'une alimentation en *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur la survie et le développement ovarien du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forskål (Orthoptera, Acrididae). *Ethnopharmacologia*, 23: 26-41.
65. **IMAGO**, 2014 – *La Liste rouge des Orthoptères menacés en Alsace*. IMAGO, ODONAT. Document numérique, 10 p.
66. **I.T.A.B.**, 1975 – *Présentation de l'arboriculture en Algérie*. 1^{ère} et 2^{ème} séquences, I.T.A.B., Tlemcen, 18 p.
67. **Jaulin S.**, 2004 – *Inventaire des Orthoptères des estives du Massif des Albères (66)*. *Inventaire et orientations de gestion*. Rapport d'étude OPIE-LR, Millas, 31 p.
68. **Jaulin S. & Baillet Y.**, 2007 – *Identification et suivi des peuplements de Lépidoptères et d'Orthoptères sur l'ENS du Col du Coq-Pravouta*. Rapport d'étude de l'OPIE-LR, Perpignan, 107 p.
69. **Kemassi A., Bouziane N., Boual Z., et Ould El Hadj M. D.**, 2014 – Activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) et de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Phytothérapie*, V.12 : 348-353.
70. **Kemassi A., Hellal N., Hadj Mhammed M., Doual Z., Ould El Hadj-Khelil A. et Ould El Hadj M.D.**, 2011 – Bioactivité des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* L. (Poaceae) sur les larves et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae). *Séminaire International sur la Protection des Végétaux, Dép. Zool. Agr. Forest., Ecole Nat. Sup. Agro., El Harrach, du 18 au 21 avril 2011*, 144 p.
71. **Khoudour A., Doumandji S., Moutassem D. et Meribai A.**, 2011 – Bioécologie et pullulation des Acridiens dans la région de Bordj Bou Arreridj. *Séminaire International sur*

- la protection des végétaux. Ecole Nati. Agro., El Harrach, Dép. Zool. Agr. Forest., du 18 au 21 avril 2011, p 222.*
72. **Klier A.**, 2007 – L'utilisation de *Bacillus thuringiensis* dans la lutte contre les Lépidoptères, bilan et perspectives offerts par les biotechnologies. *Académie d'Agriculture de France*, 2 p.
 73. **Kourim M. L., Doumandji-Mitiche B., Doumandji S. et Reggani A.**, 2011 – Biodiversité entomologique dans le Parc National de l'Ahaggar (Tamanrasset, Sahara). *Entomologie faunistique*, 63 (3) : 149-155.
 74. **Lecoq M.**, 1988 – *Les criquets du Sahel*. Coll.acr.opérat., n°1, CIRAD-PRIFAS, Montpellier, 129p.
 75. **Ledant J.P. et Van Dijk G.**, 1977 – Situation des zones humides algériennes et leur avifaune. *Aves*, 14 : 217-232.
 76. **Legall P.**, 1989 – Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoidea (Orthoptera). *Bull. écol.*, T.20 : 245-261.
 77. **Louveaux A., Amedegnato C., Poulain S. & Desutter-Grandcolas L.**, 2013 – *Acridomorpha de l'Afrique du Nord-Ouest*. <http://acrinwafrica.mnhn.fr>.
 78. **Martoja R. et Martoja M.**, 1967 – *Initiation aux techniques de l'histologie animale*. Ed. Masson et Cie, Paris, 339p.
 79. **Medjber A.**, 2011 – Influence de la variabilité des précipitations sur le taux de sédimentation dans plusieurs Barrages algériens. *Revue Science et Technique. L.J.E.E.*, n°19, décembre 2011 : 90-99.
 80. **Meftah H., Boughdad A. et Bouchelta A.**, 2011 – Effet biocide des extraits aqueux bruts de *Capsicum frutescens*, *Melia azedarach* et *Peganum harmala* sur *Euphyllura olivina* Costa (Homoptera, Tirés à part : H. Meftah Psyllidae) en verger. *Cah Agric* 20 : 463-7. doi : 10.1684/agr.2011.
 81. **Menzer N.**, 1997 – *Contribution à l'étude des peuplements orthoptérologiques dans deux étages bioclimatiques sub-humide et humide*. Thèse Magister Sci. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 125 p.
 82. **Mohandkaci et Doumandji-Mitiche B.**, 2002 – Contribution à l'étude de l'entomofaune Orthoptéroïdes du blé en Mitidja. *Recueil des actes, IV ème journée d'acridologie, Dép. Zool. Agri. Forest., Inst. Nat. Agro., 04 mars 2002* : 74 - 79.
 83. **Mordue A.J., Cottee P.K. et Mordue W.**, 1985 – Azadirachtin: its effect on gut motility, growth and moulting in *Locusta*. *Physiol. Ent.*, 10, 431-437.

84. **Mouffette Y.**, 1992 – *La résistance des plantes et la production de tanins*. pp 627 - 645 in Vincent C. et Coderre D., la lutte biologique. Ed. Gaëtan Morin, Quebec, 671 p.
85. **Moulai R.**, 1997 – *Composition, structure et dynamique des populations d'oiseaux du Jardin d'Essai du Hamma (Alger) et essai d'estimation des populations d'Etourneaux *Sturnus vulgaris* (Linné, 1758) (Aves, Sturnidae), dans leurs dortoirs*. Thèse magister Sci. Agro. Inst. Nat. Agro. El Harrach, 131p.
86. **Moussi A., Abba A., Harrat A. et Petit D.**, 2011 – Desert acridian fauna (Orthoptera, Acridomorpha) : Comparison between steppic and oasian habitats in Algeria. *C. R. Biologies, Elsevier, 10 p.*
87. **Mutin G.**, 1977 – *La Mitidja - Décolonisation et espace géographique*. Ed. Off. Pub. Univ., Alger, 607 p.
88. **Nasiruddin, M. et Mordue (Luntz) A.J.**, 1993 – The effect of azadirachtin on the midgut histology of the locusts *Schistocerca gregaria* and *Locusta migratoria*. *Tissue and Cell, 25: 875-884.*
89. **O.N.M.**, 1996 – *Bulletin décadaire d'information climatique et agronomique*. Ed. Off. Nat. Météo., Cent. Clim. Nat., Dar El Beida, 17p.
90. **O.N.M.**, 1997 – *Bulletin décadaire d'information climatique et agronomique*. Ed. Off. Nat. Météo., Cent. Clim. Nat., Dar El Beida, 17p.
91. **O.N.M.**, 2001– *Bulletin décadaire d'information climatique et agronomique*. Ed. Off. Nat. Météo., Cent. Clim. Nat., Dar El Beida, 17p.
92. **O.N.M.**, 2002 – *Bulletin décadaire d'information climatique et agronomique*. Ed. Off. Nat. Météo., Cent. Clim. Nat., Dar El Beida, 17p.
93. **O.N.M.**, 2010 – *Bulletin décadaire d'information climatique et agronomique*. Ed. Off. Nat. Météo., Cent. Clim. Nat., Dar El Beida, 17p.
94. **O.N.M.**, 2011 – *Bulletin décadaire d'information climatique et agronomique*. Ed. Off. Nat. Météo., Cent. Clim. Nat., Dar El Beida, 17p.
95. **Oulebsir-Mohandkaci H. et Doumandji-Mitiche B.**, 2002 – Etude de l'impact biologique de *Pseudomonas spp fluorescens* sur deux paramètres physiologiques et biochimiques des larves L5 de *Locusta migratoria* (Linné, 1758). *IV ème journée d'acridologie. Départ. Zool. Agri. et Forest., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 04 mars 2002, 40 p.*
96. **Oulebsir-Mohandkaci H. et Doumandji-Mitiche B.**, 2012 – Etude de l'impact biologique de *Pseudomonas spp. fluorescens* sur les métabolites hémolyphatiques et l'histologie du

- tube digestif des larves L5 du criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758). *Lebanese Science Journal*, vol. 13, no. 2, 2012 : 99 – 115.
97. **Ozenda P.**, 1958 – *Flore du Sahara septentrional et central*. Ed. Centre Nat. Rech. Sci., Alger, 480 p.
98. **Pasquier R.** et Gerbinot B., 1945 – Utilisation de *Melia* pour la protection des cultures contre les ailés de la Sauterelle pèlerine. *Bull. Sem. Off. Nat. anti-acri.*, n°2 : 17-22.
99. **P.D.A.U.**, 1991 – *Rapport général sur la commune de Saoula*. 77p.
100. **Petit D.**, 2006 – Richesse en Orthoptères et succession primaire en Haute-Vienne. *Annales Scientifiques de Limousin*, 17 : 10-19.
101. **Popov G.B., Launois-Luong M.H. et Van Derweel L.**, 1990 – *Les oothèques des criquets du Sahel*. Coll. Acri. Opérat., n°7, CIRAD-PRIFAS, Montpellier, 151 p.
102. **Pratz J. L.**, 2004 – Les Orthoptères, indicateurs de la gestion des milieux ouverts : exemple de suivi expérimental de deux sites ligériens. *Actes des deuxièmes rencontres entomologiques du centre : Insectes bioindicateurs dans la gestion des milieux Palois, 9 novembre 2002, Symbiose, nouvelle série*, 11 : 21 – 25.
103. **PRIFAS**, 2001 – *Principales activités et publications du Prifas en 2001*. Acridologie Opérationnelle, CIRAD-amis, Montpellier, 15 p.
104. **Puissant S.**, 2003 – *Les Orthoptères comme outil d'aide à la gestion des sites de reproduction du Grand Tetras*. Office pour les Insectes et leur Environnement, Longuedoc-Roussillon, 14 p.
105. **Quesada-Moraga E.**, 2001 – Histopathological effects of *Bacillus thuringiensis* on the midgut of the Mediterranean locust *Dociostaurus maroccanus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 78: 183-186.
106. **Raccaud - Schoeller**, 1980 – *Les insectes physiologie, développement*. Ed. Masson, Paris, 296 p.
107. **Ramade F.**, 1984 – *Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale*. Ed. Mac. Graw-Hill, Paris, 397 p.
108. **Rambo J.L. & Faith S.H.**, 1999 – Effect of Vertebrate grazing on plant and insect community structure. *Conservation Biology*, 13 (5): 1047-1054.
109. **Roy J.**, 1997 – *La lutte préventive par ceux qui l'ont pratiquée*. Surveillance des acridiens du Sahel. SAS, n°1, CIRAD-PRIFAS, Montpellier, 4 p.

110. **Saidi-Touati M., Nateche F., Abderrahmani A., Hamadi K., Colas G., Boufersaoui A., Djenane Z. et Hammana S.**, 2014 – Histopathological effects of an Algerian strain of *Bacillus thuringiensis* on the gut of *Anacridium aegyptium* (Orthoptera, Acrididae). Interest for biological control. *International Journal of Bio-Technology and Research*, vol.4, Issue 3: 23-28.
111. **Sardet E.**, 2000 – *Diagnostic Orthoptères sur la Réserve Naturelle de Montenach (Moselle). Pré-étude avant la mise en place d'une gestion par pâturage ovin / équin des pelouses sèches*. Conservatoire des sites Lorrains / Réserve Naturelle de Montenach : 23 p.
112. **Sardet E. et Defaut B.** (Coordinateurs), 2004 – Les Orthoptères menacés en France. Liste rouge nationale et listes rouges par domaines biogéographiques. *Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques*, 9 : 125 - 137.
113. **Sekour M., Beddief R., Souttou K., Denys C., Doumandji S. et Guezoul O.**, 2011 – Variation saisonnière du régime alimentaire de la Chouette Chevêche (*Athene noctua*) (Scopoli, 1769) dans l'extrême sud-est du Sahara algérien (Djanet, Algérie). *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, vol.66 : 79-91.
114. **Sobhi Z., Allal-Benfekih L. et Petit D.**, 2013 – Biodiversité acridienne des zones humides et des écosystèmes forestiers (de *Quercus suber* et de *q. canariensis*) : effets du climat et de la végétation. *Bull. Soc. zool. Fr.*, 138(1-4) : 229-250.
115. **Somon E.**, 1987 – *Arbres, et arbustes et arbrisseaux en Algérie*. Ed. Off. Pub. Univ., Alger, 143 p.
116. **Stewart Ph.**, 1969 – Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Quelques réflexions. Bull. Soc. Hst. Nat.*, T.59 : 23 - 36.
117. **Subdiv. Agri.**, 1997 – *Monographie de la commune d'Ain-Taya*. Subdivision Agricole, Ain-Taya, 5p.
118. **Tail G.**, 1998 – *Action de quelques substrats alimentaires sur quelques paramètres biologiques de Schistocerca gregaria (Forskal, 1775) (Orthoptera, Acrididae). Efficacité entomopathogène de Pseudomonas fluorescens (Pseudomonasaceae) sur quelques aspects physiologiques du criquet pèlerin*. Thèse Magister Sci. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 190 p.
119. **Tail G. et Doumandji-Mitiche B.**, 2006 – Effet acridifuge des plantes *Melia azedarach*, *Nerium oleander*, et *Inula viscosa* et de leur extraits sur le comportement alimentaire du

- criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*. VIème conférence internationale d'entomologie, Rabat, 2-6 juillet 2006, p 99.
120. **Tekkouk F.**, 2012 – Ecological study of four populations acridians (insecta-orthoptera) area of El-Aouana (Jijel-Algeria). *Agric. Biol. J. N. Am.*, 2012, 3(2): 57-68.
121. **Touati M.**, 1996 – *Bioécologie des Caelifères de trois types de milieux à Bir Khadem. Utilisation du Melia azedarach contre le genre Aiolopus (Fieber, 1853) (Orthoptera-Acrididae)*. Thèse Magister sci.agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 143p.
122. **Vassal**, 2004 – *Bacillus thuringiensis : Mode d'action et résistance*. Atelier projet GERICO du 06 au 10 décembre 2004.
123. **Voisin J.F.**, 1980 – Réflexion à propos d'une méthode simple d'échantillonnage des peuplements d'Orthoptères en milieu ouvert. *Acrida*, T.9, n° 3-4 : 159-170.
124. **Voisin J.F.**, 1986 – Une méthode simple pour caractériser l'abondance des orthoptères en milieux ouverts. *L'Entomologiste*, 42 : 113-119.
125. **Yan W., Chang-Feng L., Dan Y., Peng-Ming L. and Mei-Ying G.**, 2011 – Novel *Bacillus thuringiensis* δ endotoxin active against *Locusta migratoria manilensis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 77 (10): 3227-3233.
126. **Youcef M., Halouane F. et Doumandji-Mitiche B.**, 2002 – Essai du champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* sur la cuticule des larves L₅ de *Schistocerca gregaria* (Acrididae, Cyrtacanthacridinae). *Séminaire International sur la protection des végétaux. Dép. Zool. Agr. Forest., Ecole Nat. Sup. Agro., El Harrach, du 18 au 21 avril 2011*, p 44.
127. **Youssef N. A.**, 2014 – Effect of certain entomopathogenic Fungi and Nematode on the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.) *Annals of Agricultural Science, Elsevier, article in press*.
128. **Zahradnik S.**, 1988 – *Guide des insectes*. Ed. Hatier, Trim.1, Tchécoslovaquie, 318p.
129. **Zenati O. et Doumandji-Mitiche B.**, 2005 – Inventaire du peuplement orthoptérologique dans la région de Rouiba (Algérie). *6ème Journ. Nati. Acridol, le 6 mars 2005, Dép. Zool. agri. for. Insti. Nat. Agro., El Harrach*, p. 23.
130. **Zergoun Y.**, 1994 – *Bioécologie des Orthoptères dans la région de Ghardaia. Régime alimentaire d'Acrotylus patruelis (Herrich-Schaeffer, 1838) (Orthoptera, Acrididae)*. Thèse Magister Sci. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 110 p.

Annexes

Annexe 1

Les espèces floristiques recensées dans la station de Cap-Djinet sont regroupées dans le tableau 10 ci-dessous :

Tableau 10 - Liste des espèces végétales de la région Boumlih à Cap Djinet.

(Metref, 1994).

Espèces	Familles	Noms communs
<i>Lantana camara</i>	Verbénacées	/
<i>Hibiscus syriacus</i>	Malvacées	/
<i>Lavatera cretica</i>	Malvacées	Lavater de Crète
<i>Lavatera trimestris</i>	Malvacées	/
<i>Nerium oleander</i>	Apocynacées	Laurier rose
<i>Pistacia lentiscus</i>	Anacardiacees	Pistachier lentisque
<i>Olea europaea</i>	Oléacées	L'olivier ou L'oléastre
<i>Ligustrum vulgare</i>	Oléacées	Troène
<i>Hordeum murinum</i>	Poacées	Orge de rat
<i>Hordeum vulgare</i>	Poacées	L'orge
<i>Arundo donax</i>	Poacées	Le roseau (Canne de Provence)
<i>Hyparrhenia hirta</i>	Poacées	Barbon
<i>Biota orientalis</i>	Cupressacées	/
<i>Leontodon hispidus</i>	Astéracées	/
<i>Atractylis gummifera</i>	Astéracées	Chardon a glu
<i>Centaurea sphaerocephala</i>	Astéracées	Centaurée
<i>Centaurea pullata</i>	Astéracées	Centaurée en deuil
<i>Ormenis africana</i>	Astéracées	Santoline
<i>Ormenis praecox</i>	Astéracées	Marguerite d'hiver
<i>Inula viscosa</i>	Astéracées	Inule
<i>Hyoseris radiata</i>	Astéracées	Salade de porc

<i>Diotis maritima</i>	Astéracées	/
<i>Scolymus grandiflorus</i>	Astéracées	Scolyme, chardon
<i>Picris echioides</i>	Astéracées	/
<i>Galactites tomentosa</i>	Astéracées	Galactites
<i>Silybum marianum</i>	Astéracées	Chardon marie
<i>Crepis vesicaria</i>	Astéracées	/
<i>Urginea maritima</i>	Liliacées	Scille
<i>Asphodelus microcarpus</i>	Liliacées	Asphodèle
<i>Allium sp</i>	Liliacées	Ail
<i>Rubus ulmifolius</i>	Rosacées	Ronce
<i>Rosa sempervirens</i>	Rosacées	Rose
<i>Chaenomeles japonica</i>	Rosacées	Cognassier du japon
<i>Rosa sp</i>	Rosacées	Rose
<i>Vicia sativa</i>	Fabacées	Vesce cultivée
<i>Medicago hispida</i>	Fabacées	Luzerne
<i>Lathyrus aphaca</i>	Fabacées	Gesce
<i>Hedysarum flexuosum</i>	Fabacées	Sainfoin
<i>Arisorum vulgare</i>	Aracées	Gouet
<i>Ficus carica</i>	Moracées	Figuier
<i>Fedia cornucopiae</i>	valérianacées	Doucette d'Alger
<i>Salvia bicolor</i>	Lamiacées	Sauge
<i>Stachys ocymastrum</i>	Lamiacées	/
<i>Rumex pulcher</i>	Polygonacées	Patunce
<i>Casuarina torulosa</i>	Casuarinacées	Filao
<i>Euonymus japonicus</i>	Célastracées	Fusain du japon

<i>Daucus hispanicus</i>	Apiacées	Carotte
<i>Eryngium tricuspdatum</i>	Apiacées	Penicaut
<i>Foeniculum vulgare</i>	Apiacées	/
<i>Eucalyptus rostrata</i>	Myrtacées	Eucalyptus
<i>Adonis annua</i>	Renonculacées	Goutte de sang
<i>Ranunculus macrophyllus</i>	Renonculacées	Renoncule
<i>Chenopodium album</i>	Chénopodiacées	Chénopode blanc
<i>Erodium moschatum</i>	Géraniacées	Bec de grue
<i>Stellaria media</i>	primulacées	Mouron des oiseaux
<i>Sinapis arvensis</i>	Brassicacées	Moutarde des champs
<i>Silene fuscata</i>	Caryophyllacées	Silène noir
<i>Mercurialis annua</i>	Euphorbiacées	Mercuriale
<i>Euphorbia helioscopia</i>	Euphorbiacées	/
<i>Cynoglossum creticum</i>	Boraginacées	Cynoglosse de Crète
<i>Borago officinalis</i>	Boraginacées	Bourrache
<i>Cerinth major</i>	Boraginacées	/
<i>Pittosporum tobira</i>	Pittosporacées	/
<i>Convolvulus tricolor</i>	Convolvulacées	/

Annexe 2

Les différentes étapes du protocole expérimental suivi en pratique histologique sont détaillées dans le tableau 11 ci-dessous :

Tableau 11 - Les étapes suivies en pratique histologique.

(Martoja et Martoja, 1967)

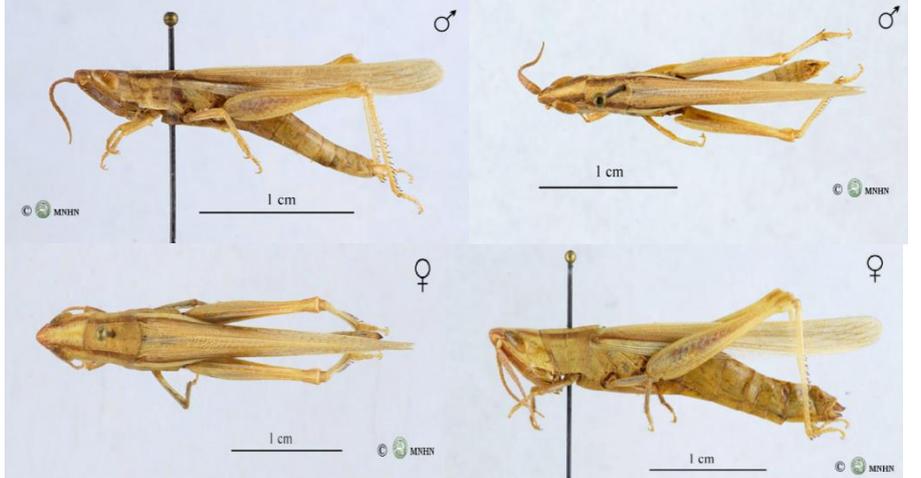
Étapes	composition	Mode opératoire	Nombre de bains	temps	Intérêt, résultat
Fixation : bouin aqueux	-solution aqueuse d'eau distillée saturée d'acide picrique.....30ml -formol.....10ml -acide acétique cristallisable....2ml	immersion	1	3 à 8 jours	le choix de « Bouin aqueux » est dû à la propriété de l'acide picrique à précipiter les protéines. Associés au Formol, la capacité de pénétration de l'acide picrique est augmentée.
Déshydratations des pièces après fixation	-Alcool 70° -Alcool 95° -Alcool 100°	immersion	2 2 2	30mn 30mn 30mn	Etape préliminaire avant le paraffinage. Les bains d'alcool à titre croissant afin d'éliminer l'eau des tissus à étudier, la paraffine n'étant pas miscible à l'eau.
Liquide d'attente	Butanol	immersion	1	Plusieurs jours	Parachèvement de la déshydratation
Imprégnation à la paraffine	-moitié butanol et moitié paraffine. -paraffine pure. -paraffine pure.	immersion	1 1 1	1h 1h 1h	La paraffine est un mélange d'hydrocarbures saturés. L'intérêt est l'obtention d'une masse homogène par pénétration petit à petit dans les tissus en remplaçant les solvants.
Coulage des blocs et microtomisation	paraffine	Verser la paraffine dans les barres de Leukart, placer l'organe selon le plan de coupe	1	L'opération doit être rapide	Facile à couper au rasoir. Obtention des rubans de paraffine des rubans de paraffine contenant des coupes.

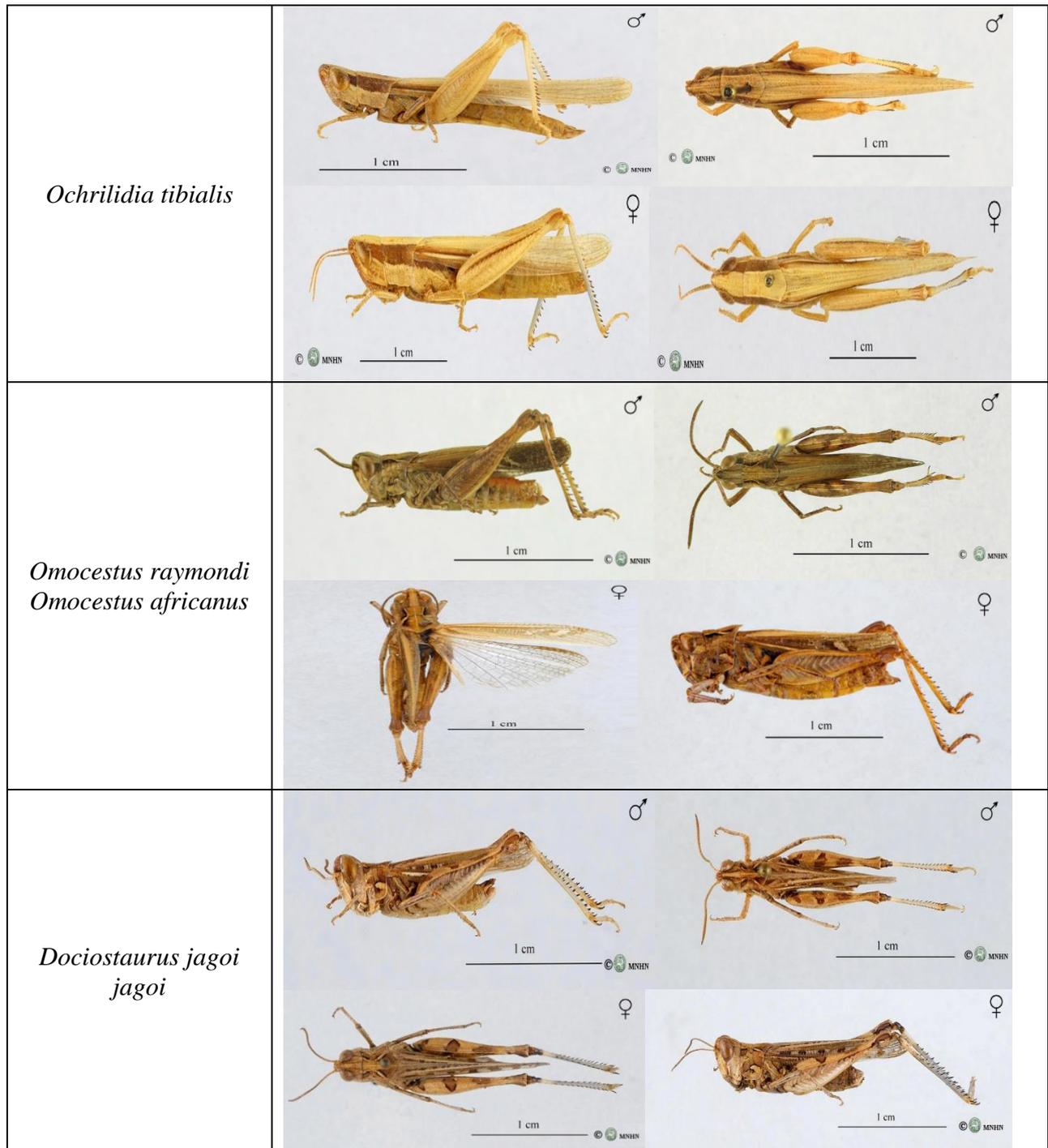
		désirée à l'aide de pinces chauffées ; une étiquette de référence est placée à l'opposé de l'organe.			
Étalement des coupes : eau gélatinée	-gélatine en poudre...0.4 -eau distillée...100ml -thymol...1graine	0.4 gélatine en poudre + 100ml eau distillée chaude. Refroidissement + 1 graine de thymol	gouttes	Quelques minutes	Pour l'étalement des rubans de coupes sur des lames disposées sur une platine chauffante.
réhydratations de paraffine	-toluène -alcool 100° -alcool 95° -alcool 70° -eau distillée	immersion	2 2 2 1 1	30min 30min 30min 30min 5min	le toluène achève le déparaffinage. Les coupes sont hydratées
Coloration topographique et histochimique : Mallory	*solution de fuchsine acide : -fuchsine acide ...1g -eau distillée..100ml *mélange de Mallory : -bleu d'alinine....5g -orange G2g -acide phosphothungstique...1g -eau distillée....100ml	-colorer à la solution de fuchsine acide. -égoutter à l'eau distillée. -colorer par Mallory. -rincer à l'eau distillée. -déshydrater par l'alcool absolu et monter au baume de canada.	1 1 1 1 1	3min 3min	noyau coloré en rouge sombre par fuchsine acide, cytoplasme en rouge par l'orange G, fibres de collagène en bleu intense grâce au bleu d'aniline et les muscle en bleu.
Coloration	*rouge nucléaire	-colorer au	1	5min	Noyaux ou certains

topographique variante de l'Azan de Heindenhein	solide : (préparation à chaude)	rouge nucléaire solide.	1		cytoplasmes sont jaunes ou gris.
	-rouge nucléaire solide 0.1g	-rincer à l'eau distillée.	1	7min	Le collagène et les fibres réticulaires sont bleu foncé.
	-sulfate d'aluminium ...5g	-traiter par l'acide			Mucus en bleu.
	-eau distillée ...1000ml	phosphotungstiq ue.	1		Les fibres musculaires en orange marron.
	(porter à l'ébullition puis laisser refroidir et filtrer).	-laver à l'eau distillée.	1	7min	Les graines de sécrétion sont bleues ou rouges selon leur nature.
	*acide	-colorer par le bleu	1		En générale
	phosphotungstique :	d'heindenhein			mucopolysaccharides sont bleus.
	-acide phosphotungstique...5 g	-rincer à l'eau distillée	1		
	-eau distillée...100ml	-déshydrater par l'alcool absolu			
	*bleu de Heindenhein :	et monter au baume de canada.			
-bleu d'aniline...0.2g					
Orange G ...5g					
-eau distillée...100ml					
-acide acétique ...1ml.					

Annexe 3

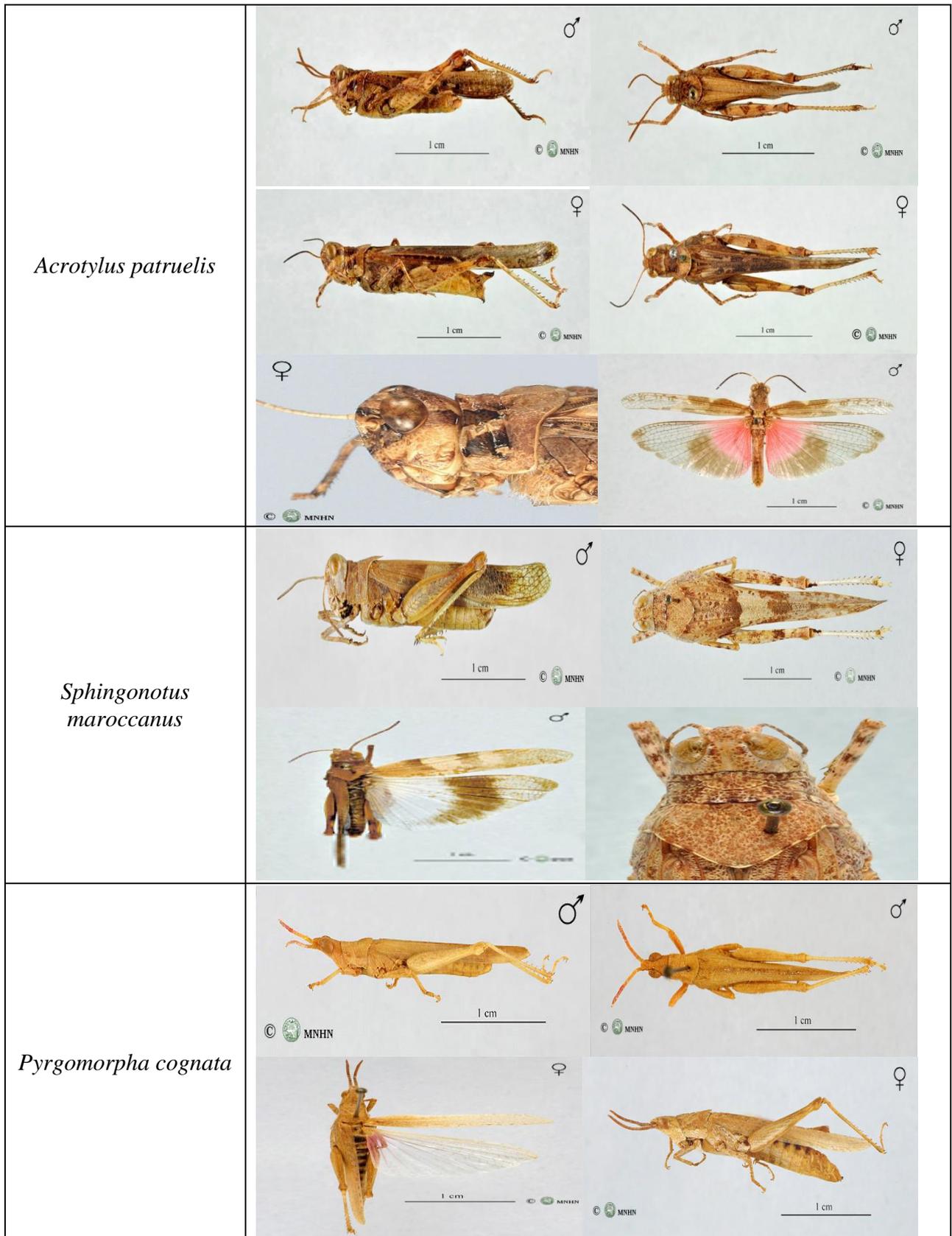
Tableau 15 - Photographies des principales espèces d'Orthoptères Caelifères recensées dans nos stations d'étude.

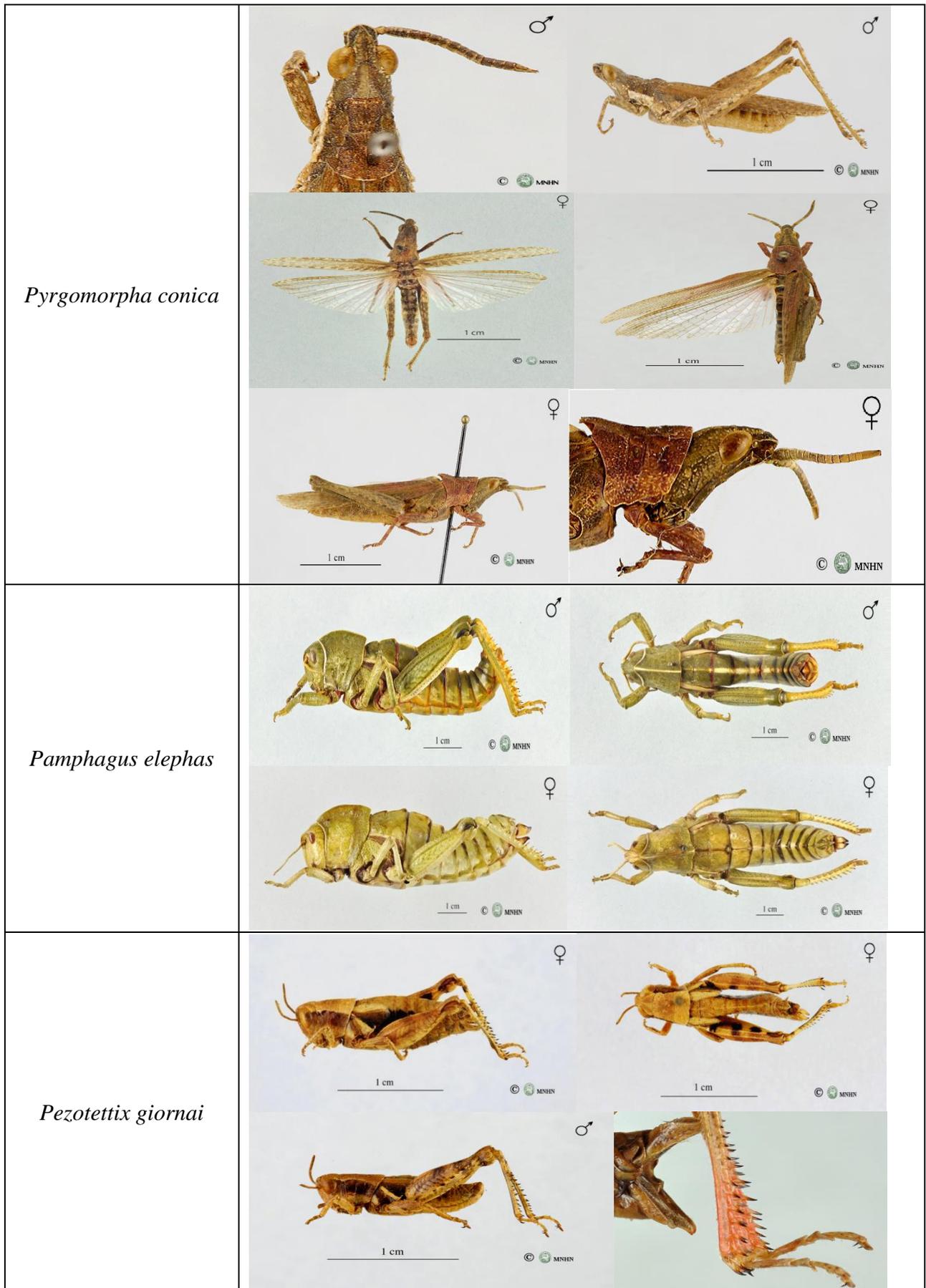
Espèces	Photographies (Louveaux <i>et al.</i> , 2013)	
<i>Acrida turrita.</i>	 <p>Four photographs of <i>Acrida turrita</i>. Top left: female lateral view with a 1 cm scale bar. Top right: male lateral view with a 1 cm scale bar. Middle left: female dorsal view with a 1 cm scale bar. Middle right: close-up of female wings.</p>	
<i>Truxalis nasuta</i>	 <p>Four photographs of <i>Truxalis nasuta</i>. Top left: male dorsal view with a 1 cm scale bar. Top right: female dorsal view with a 1 cm scale bar. Middle left: female dorsal view with a 1 cm scale bar. Middle right: close-up of male hind leg.</p>	
<i>Ochrilidia gracilis</i>	 <p>Four photographs of <i>Ochrilidia gracilis</i>. Top left: male lateral view with a 1 cm scale bar. Top right: male lateral view with a 1 cm scale bar. Middle left: female lateral view with a 1 cm scale bar. Middle right: female lateral view with a 1 cm scale bar.</p>	



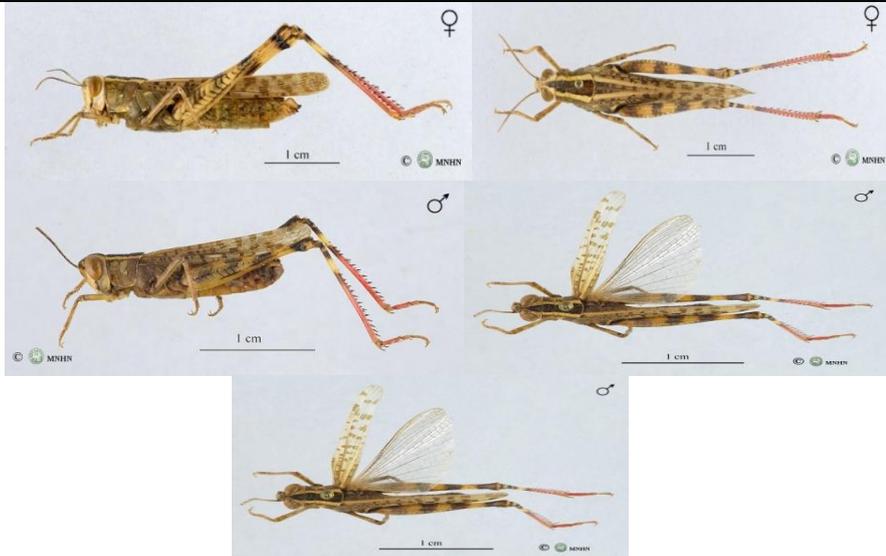
<p><i>Aiolopus strepens</i></p>	
<p><i>Aiolopus thalassinus</i></p>	
<p><i>Locusta migratoria</i></p>	

<p><i>Oedipoda caerulescens sulfurescens</i></p>	
<p><i>Oedipoda miniata</i></p>	
<p><i>Acrotylus insubricus</i></p>	

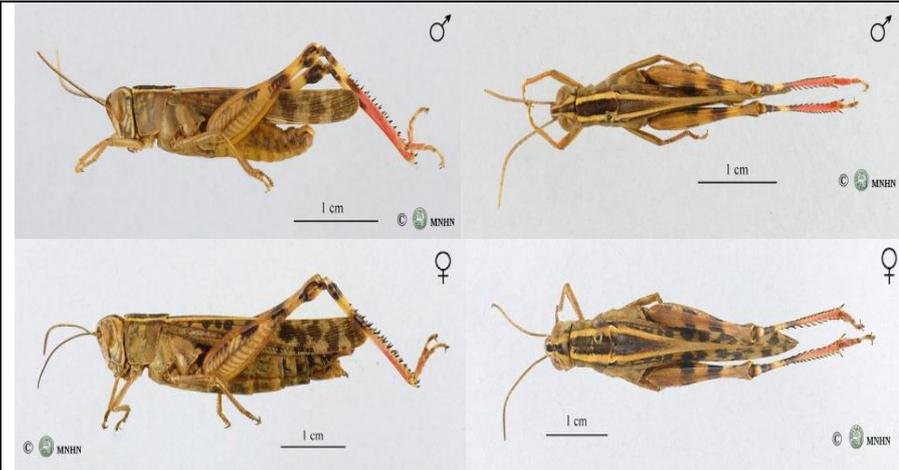




<p><i>Tropidopola cylindrica</i></p>	
<p><i>Anacridium aegyptium</i></p>	
<p><i>Calliptamus wattenwylanus</i></p>	
<p><i>Calliptamus barbarus</i></p>	

	
<p><i>Eyprepocnemis plorans</i></p>	
<p><i>Thisoicetrus adspersus</i></p>	

*Thisiocetrus
annulosus*



بيويكولوجية حيوانات مستقيمت الأجنحة ببعض المناطق في الجزائر. دراسة التصنيف الحيوي و الفيزيولوجي- نسيجي لبعض الأجناس ذات أهمية فلاحية : *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) و *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804)

الملخص

أجريت الدراسة البيويكولوجية لعشائر من حيوانات مستقيمت الأجنحة في عدة مناطق من الجزائر. ويمثل المتيجة كل من منطقة بابا علي، الحراش و عين طاية. تليها منطقة رأس جنات. بينما تمثل منطقة بجاية ثلاثة أوساط مختلفة هي مساحة عشبية، حقل الحمضيات والاحراش. و المنطقة الأخيرة تتمثل في سد بوغزول.

كشفت الإحصاء الذي أجري بالمتيجة بين عامي 1996 و 1997 وجود 21 نوعا منها 6 Caelifera و 6 Ensifera. وقد تم تسجيل 26 نوعا ببجاية بين عامي 2000 و 2001 من بينها 18 Caelifera و 8 Ensifera. كما أظهرت عملية إحصاء لحيوانات مستقيمت الأجنحة التي تمت بين عامي 2010 و 2011 وجود 20 نوعا في رأس جنات من بينهم 6 Ensifera و 14 Caelifera، و 25 نوع ببوغزول تشمل على 3 أنواع فقط من Ensifera و 22 نوعا من Caelifera. تعتبر عائلة Acrididae الأكثر تردادا في الأوساط المدروسة. وهذه العائلة تأتي في المرتبة الأولى بالنسب المئوية التالية 75% في بابا علي، 65.99% في الحراش، 57.89% في عين طاية، 64.7% في المساحة العشبية (بجاية)، 68.75% في حقل الحمضيات (بجاية)، 60.86% في الاحراش (بجاية)، 60% في رأس جنات و 84% ببوغزول. مجموع 1627 من العينة تم جمعها في المناطق الثلاثة بالمتيجة. تحتوي منطقة رأس جنات لوحدها على 662 فردا. عدد العينات التي تم أخذها بمنطقة بجاية يقدر ب 1342. يتميز النوع *Aiolopus strepens* بوفرة قوية في جميع مناطق الدراسة. توفر فترات الربيع، نهاية الصيف و الخريف أعلى نسب لمتوسط الثراء النوعي. من بين الأنواع السائدة بأوساط الدراسة نجد *Aiolopus strepens* ($100\% \geq Fo \geq 91\%$) حيث تم إحصائه بأعداد كبيرة في جميع الأوساط باستثناء الاحراش. تقدم الأنواع الأخرى وفرة عالية تتمثل في *A. turrata* (84.61%)، *P. giornai* (92.30%) و *P. meridionalis* (84.61%) في الحراش و *P. giornai* (91.66%) في الاحراش. يسود التنوع البيولوجي للمجتمعات الحيوية لمستقيمت الأجنحة في الصيف والخريف بقيم قصوى تتمثل في 2.80 bits (أوت) في بابا علي، 2.64 bits (أكتوبر) في الحراش، 2.57 bits (أكتوبر) في عين طاية، 3.24 bits (أوت) في رأس جنات، 2.77 bits (جويلية) في الوسط العشبي، 2.64 bits (جوان) في حقل الحمضيات و 3.38 bits (أكتوبر) في الاحراش. من بين الأنواع التي تم إحصائها بصفة دائمة (eurycènes) نجد: *A. strepens*، *O. caerulescens sulfurescens*، *A. petruelis*، *E. plorans*، *P. giornai*، *P. meridionalis*، *O. algerica*، *A. thalassinus* و *T. nasuta*.

التأثير الفيزيولوجي- نسيجي histophysiological ل *B. thuringiensis* سلالة FR4 على الجهاز الهضمي ل *Aiolopus strepens* و *Schistocerca gregaria* سبب تغيرات مختلفة في طبقات جدار الأمعاء. تؤثر هذه البكتيريا خاصة على البطانة الجلدية، النسيج الطلائي، النسيج الظام، والغشاء المحيط بالأغذية على مستوى المعى المتوسط و على طبقة العضلات. وتظهر دراسة النشاط البيولوجي ل *D. viscosa* و مستخلصات زيت *O. glandulosum* على الوظائف الفيزيولوجية للأنبوب الهضمي ل *S. gregaria*، أن *D. viscosa* يؤثر بشكل فعال على المعى الأمامي و الخلفي. في حين *O. glandulosum* يظهر فعالية كبيرة على المعى الأمامي. كلا المبيدات الحيوية المستعملة تسبب تفرح وتغيير في المظهر النسيجي لجدار الأمعاء.

كلمات المفتاح : بيويكولوجية، مستقيمت الأجنحة، الفيزيولوجيا النسيجية، *Dittrichia viscosa*، *Origanum glandulosum*، *Aiolopus strepens*، *Schistocerca gregaria*

Bioécologie de la faune orthoptérologique dans quelques localités en Algérie. Etude biosystématique et physio-histologique de quelques genres d'intérêt agronomique : *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) et *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804).

Résumé

L'étude bioécologique du peuplement d'Orthoptères a été réalisée dans plusieurs stations de l'Algérie. La Mitidja est représentée par les stations Baba-Ali, El Harrach et Ain-Taya ; suivie par la station de Cap-Djinet. La région de Béjaia présente trois milieux, une friche, un verger d'agrumes et une garrigue. La dernière station est le barrage de Boughezoul. La Mitidja révèle entre 1996 et 1997 la présence de 21 espèces dont 15 Caelifères et 6 Ensifères. A Béjaia 26 espèces ont été répertoriées entre 2000 et 2001 regroupant 18 Caelifères et 8 Ensifères. Cependant, les recensements de l'orthoptérofaune effectués entre 2010 et 2011 montrent 20 espèces à Cap-Djinet avec 6 Ensifères et 14 Caelifères, et 25 espèces à Boughezoul avec 3 espèces seulement d'Ensifères et 22 espèces de Caelifères. La famille des Acrididae est la plus inféodée aux milieux prospectés. Celle-ci vient en tête avec des pourcentages de 75 % à Baba-Ali, 65,99 % à El Harrach, 57,89 % à Ain-Taya, 64,7 % dans le milieu friche (Béjaia), 68,75 dans le verger d'agrumes (Béjaia), 60,86 % dans la garrigue (Béjaia), 60 % à Cap-Djinet et 84 % à Boughezoul. Un total de 1627 individus a été prélevé dans les trois stations de la Mitidja. Cap-Djinet renferme à elle seule un effectif de 662 individus. Un nombre de 1342 individus a été échantillonné à Béjaia. L'espèce *Aiolopus strepens* a marqué une forte présence dans toutes les stations d'étude. La période printanière et estivo-automnale fournissent des richesses moyennes spécifiques les plus élevées. Parmi les espèces omniprésentes nous citons *A. strepens* (91 % \geq Fo \geq 100 %) dans toutes les stations sauf la garrigue ; *A. turrita* (84,61 %), *P. giornai* (92,30 %) et *P. meridionalis* (84,61 %) à El Harrach et *P. giornai* (91,66 %) au niveau de la garrigue. La diversité de l'orthoptérocénose étudiée est plurispécifique en été et en automne avec des valeurs maximales de 2,80 bits (août) à Baba-Ali, 2,64 bits (octobre) à El Harrach, 2,57 bits (octobre) à Ain-Taya, 3,24 bits (août) à Cap-Djinet, 2,77 bits (juillet) dans la friche, 2,64 bits (juin) dans le verger d'agrumes et 3,38 bits (octobre) dans la garrigue. Parmi les espèces eurycènes recensées nous citons *O. algerica*, *P. meridionalis*, *P. giornai*, *E. plorans*, *A. patruelis*, *O. caerulescens sulfurescens*, *A. strepens*, *A. thalassinus*, *A. turrita* et *T. nasuta*.

L'effet histophysiologique de *B. thuringiensis* souche Fr4 sur le tube digestif d'*A. strepens* et de *S. gregaria* s'est traduit par l'altération des différentes couches de la paroi intestinale. L'action de cette bactérie est localisée sur l'intima cuticulaire, l'assise épithéliale, la membrane péritrophique mésentérale et sur les tuniques musculaires. L'étude de l'activité biologique de *Dittrichia viscosa* et de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* sur l'histophysiologie de la sphère digestive de *S. gregaria* montre que *D. viscosa* agit efficacement sur le stomodeum et le proctodeum, alors que l'huile d'Origan révèle une efficacité intense sur le stomodeum. Ces deux biopesticides agissent en provoquant des ulcérations et en altérant l'aspect histologique de la paroi intestinale.

Mots clés : Bioécologie, Orthoptères, Acrididae, histophysiologie, *Bacillus thuringiensis*, *Dittrichia viscosa*, *Origanum glandulosum*, *Aiolopus strepens*, *Schistocerca gregaria*.

The bioecology of orthoptérológica fauna in some localities in Algeria. Biosystematics and physio-histological study some genus of agronomic interest: *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) and *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804).

Summary

The bioecological study of Orthoptera stand was carried out in several stations of Algeria. The Mitidja is represented by the Baba-Ali, El Harrach and Ain Taya statins; followed by Cap-Djinet station. The Bejaia region has three settings, fallow, a citrus orchard and scrubland. The last station is the Dam of Boughezoul. Between 1996 and 1997, Mitidja revealed the presence of 21 species including 15 Caelifera and 6 Ensifera. In Béjaia 26 species have been recorded between 2000 and 2001 including 18Caelifera and 8 Ensifera. However, the records of orthopterofauna made between 2010 and 2011 showed 20 species in Cap-Djinet with 6 Ensifera and 14 Caelifera, and 25 species in Boughezoul with only 3 species of Ensifera and 22 species of Caelifera. The family Acrididae is the most subservient in the prospected areas. This latter tops the list with 75% in Baba-Ali, 65.99% in El Harrach, 57.89% in Ain-Taya, 64.7% in the fallow areas (Bejaia), 68.75 in the citrus orchard (Bejaia), 60.86% in the scrubland (Bejaia), 60% in Cap-Djinet and 84% in Boughezoul. A total of 1627 individuals were collected in the three stations of Mitidja. Cap-Djinet contains itself a effective of 662 individuals. A number of 1342 individuals was sampled at Bejaia. The species *Aiolopus strepens* marked a strong presence in all the study sites. The spring and estivo-autumnal period provided the highest average specific richness. Among the ubiquitous species we quote *A. strepens* ($91\% \geq Fo \geq 100\%$) at all stations except the scrubland; *A. turrita* (84.61%), *P.giornai* (92.30%) and *P. meridionalis* (84.61%) in El Harrach and *P.giornai* (91.66%) at the scrubland. The diversity of the studies orthoptercenose is multi-species in summer and autumn with maximum values of 2.80 bits (August) Baba-Ali, 2.64 bits (October) in El Harrach, 2.57 bits (October) in Ain-Taya, 3.24 bits (August) in Cap-Djinet, 2.77 bits (July) in the wasteland, 2.64 bits (June) in citrus orchard and 3.38 bits (October) in the scrubland. Among the species eurycenes found we quote *O. algerica*, *P. meridionalis*, *P. giornai*, *E. plorans*, *A. patruelis*, *O. caerulea*, *O. caerulea sulfurea*, *A. strepens*, *A. thalassinus*, *A. turrita* and *T. nasuta*.

The histophysiological effect of *B. thuringiensis* strain Fr4 on the digestive tract of *A. strepens* and *S. gregaria* resulted in the alteration of the different layers of the intestinal wall. The action of this bacterium is located on the cuticular intima, the seat epithelium, the peritrophic membrane mesenteral- and muscular tunics. The study of the biological activity of *Dittrichia viscosa* and the essential oil of *Origanum glandulosum* on histophysiology of the digestive sphere *S. gregaria*, shows that *D. viscosa* acts effectively on the stomodeum and proctodeum, whereas Oil of Oregano reveals intense effectiveness on the stomodeum. Both biopesticides act by causing ulceration and altering the histological appearance of the intestinal wall.

Keywords: Bioecology, Orthoptera, Acrididae, histophysiology, *Bacillus thuringiensis*, *Dittrichia viscosa*, *Origanum glandulosum*, *Aiolopus strepens*, *Schistocerca gregaria*.

Diversity and Ecology of Orthoptera of Some Agricultural Areas in Northern Algeria

HAMADI Kamel

Laboratory of Entomology,
 Faculty of Biological Sciences, USTHB, Algiers, Algeria
 Email: hamadikamel@yahoo.fr

DOUMANDJI-MITICHE Bahia

Department of Agricultural & Forest Zoology,
 National School of Agronomy, Algiers, Algeria

Abstract – A study on the orthopterologic diversity was performed in three different agro-ecosystems in northern Algeria, located at Baba-Ali, Ain-Taya and Cap-Djinet. The first two stations are part of the plain of Mitidja. Inventories carried out were conducted over a period of 12 months; November-December 1996/1997 for Baba-Ali and Ain-Taya stations, and September-August 2010/2011 for Cap-Djinet station. The settlement of the identified orthopterologic revealed a total of 25 species, 8 Ensifera and 17 Caelifera. Acrididae Family accounts only 15 species are spread over 6 subfamilies, 60% of the identified orthopterofauna. The highest total richness and the specific average richness per survey and station values were recorded in October 1997: 8 – 4, 2 Baba-Ali, 10-5,2 Ain-Taya; and in August 2011: 13 – 6,2 Cap-Djinet. According to the Shannon-Weaver diversity index, the surveyed areas have a diverse orthopterofauna particularly in spring and autumn when the number of individuals is equally distributed between species ($0,62 < E < 0,97$).

Keywords - Northern Algeria, Agroecosystem, Orthopterologic Diversity, Caelifera, Acrididae.

I. INTRODUCTION

Orthoptera is one of the most widely used in studies on ecosystems taxonomic groups [1]. They form an important part of the terrestrial biomass and often the most important invertebrates; their role as primary consumers of plants make them sometimes very harmful to agriculture. Some species are pests mainly middle - east where migratory species occasionally devastate crops [2]. The grasshoppers damages are frequently recorded each year in one or another area of the Sahel [3]. It is widespread and generally abundant insects, which are often distinguished by their fidelity to a specific habitat type and their sensitivity to changes in ecosystems [4]. In North Africa, the problem of harmful Orthoptera was always and remains a major concern for farmers; seventeen species of Caelifera (in Orthoptera order) are declared harmful to agriculture research center on pests of overseas [5]–[6]. In agroecosystems, crops perennial vegetation are radically different from annual crops in terms of the level and frequency of disturbances they experience. These environments are essential because they allow many organizations to realize their life cycle [7], and find their suitable conditions for their development and sustainability.

In Algeria, an interesting work on the study of orthopterocenosis was performed in Mitidja [8]–[9]. North east of Algeria [10]. And in two biotopes, Biskra and Constantine eastern Algeria [11].

This work presents the main results of a study conducted in three agroecosystems, Baba-Ali, Ain-Taya and Cap-Djinet; located north of Algeria. They show the orthopterologic biodiversity subservient to agricultural environments, and to assess the richness and composition of each biotope orthopterofauna prospected.

II. MATERIAL AND METHODS

A. Study Sites

The station is the area or the precise location at which the study area of the orthopterologic inventory is made. The study surveyed stations are represented by three different agroecosystems. Two of them belong to the Mitidja which is the largest of sublittoral Algerian plain, bordered by a range of mountains [12]. This is a plot fallow located in Baba-Ali ($36^{\circ} 42' 59''$ North, $3^{\circ} 9' 00''$ East) and cultivated fields; mainly potatoes, peas and zucchini located in the region of Ain-Taya ($36^{\circ} 47' 00''$ North, $3^{\circ} 14' 00''$ East). The third station is the pilot farm in the region of Cap-Djinet, *daira* Bordj Menail, wilaya of Boumerdes ($36^{\circ} 48'$ north latitude and $3^{\circ} 42'$ east longitude); it is arboreal vocation where there are various varieties of olive trees and other fruit trees (Fig.1).



Fig.1. Location of the study area

B. Methodology

B.1. Sampling

Statements allow to know the specific composition of a stand of Orthoptera [13]. The most objective sampling method involves capturing all the wildlife that is on a given surface [14]. For this study we used the method of enumeration quadrat. Twelve readings for each study areas have been made regularly. From November 1996 to

October 1997 respectively for Baba-Ali and Ain-Taya stations; and from September 2010 to August 2011 for the station Cap-Djinet. We first begin by choosing a definite location of 500 m² where conditions appear almost homogeneous. We then delimit five small areas of 9 m² called quadrats where we capture all these grasshoppers by hand or sweep net. Adults who move out quadrats are captured using a fine mesh swatter. Easily recognized species are determined *in situ* and released immediately; others are placed in plastic bags and transported to the laboratory for further identification using dichotomous keys to some authors [15]–[16]–[17].

B.2. Method of operating results

The results obtained are operated with the following diversity indices [18] – [19] :

- The total richness (S) is the total number of species that is contained in a population in a given habitat. The specific average richness (Sm) matches the average number of species present in a sample: $R_s = \sum S / N$ where S is the total richness and N is the number of records.
- Diversity index of Shannon-Weaver (H) is the diversity index the most used and obtained by the following formula: $H \text{ (bits)} = - \sum q_i \log_2 q_i$ where $q_i = n_i / N$ is the probability of encountering the kind of rank i, n_i is the number of each species in the sample and N is the sum of all species.
- Evenness index (E) or the equal distribution is the ratio of the observed diversity (H) has maximal diversity (Hmax) expressed in bits. The maximal diversity $H_{max} = \log_2 S$ where S is the total richness. E tends to zero when almost all of the workforce is a single species of population, and E tends to 1 when each species is represented by the same number of individuals.

III. RESULTS

A. The Orthopterological species recorded.

Total of 32 surveys were conducted in three agroeco systems in northern Algeria. The results obtained showed the presence of 25 species of Orthoptera including 8 Ensifera and 17 Caelifera, included in five families and 13 different subfamilies. Acrididae Family account only 15 species that are spread over six (6) subfamilies: Acridinae, Oedipodinae, Eyprepocneminae, Catantopinae, Calliptaminae and Gomphocerinae; 60% of orthopterofauna identified. It is followed by Tettigoniidae (20%), Gryllidae (20%), Tetrigidae (4%) and Pamphagidae (4%). The Acrididae also predominate at the surveyed stations with percentages based on the number of species per station, which is 75%, 61.11% and 60% respectively for Baba-Ali, Ain-Taya and Cap-Djinet. Nine species are common between the three agroecosystems: *Odontura algerica*, *Acrida turrita*, *Acrotylus patruelis*, *Oedipoda caerulescens sulfurescens*, *Aiolopus strepens*, *Aiolopus thalassinus*, *Pezotettix giornai*, *Ochrilidia tibialis* and *Paratettix meridionalis*; they seem very characteristic of surveyed stations. The fallow middle Baba-Ali is the least populated in Orthoptera. We noted the total absence of the family Gryllidae and Pamphagidae; as well as the subfamilies: Conocephalinae, Decticinae, Eyprepocneminae and Calliptaminae. Two subfamilies are also absent in both stations, Ain-Taya and Cap-Djinet; they are respectively Eyprepocneminae and Trigonidinae. The Cap-Djinet has the highest species richness with a total of 20 species, five of them were recorded only at this station. This is *Decticus albifrans*, *Gryllulus sp*, *Eyprepocnemis plorans*, *Thisoicetrus annulosus* and *Calliptamus wattenwylanus* (Table I).

Table I: Inventory and systematic of othoptrologic species recorded in the study sites.

Family	Sub-family	Species	Baba-Ali	Ain-Taya	Cap-Djinet
Tettigoniidae	Conocephalinae	<i>Conocephalus conocephalus</i> (Linné, 1767)	-	+	+
	Phaneropterinae	<i>Odontura algerica</i> Brunner, 1878	+	+	+
		<i>Odontura microptera</i> Chopard, 1943	+	+	-
	Decticinae	<i>Decticus albifrans</i> Fabricius, 1775	-	-	+
		<i>Rhacocleis sp</i> Fieber, 1853	-	+	+
Gryllidae	Trigonidinae	<i>Trigonidium cicindeloides</i> Rambur, 1839	-	+	-
	Gryllinae	<i>Gryllus bimaculatus</i> De Geer, 1773	-	+	+
		<i>Gryllulus sp.</i>	-	-	+
Acrididae	Acridinae	<i>Acrida turrita</i> Linné, 1758	+	+	+
		<i>Truxalis nasuta</i> (Linné, 1758)	+	-	+
	Oedipodinae	<i>Oedipoda caerulescens sulfurescens</i> Saussure, 1884	+	+	+
		<i>Acrotylus patruelis</i> (Herrich-Schaffer, 1938)	+	+	+
		<i>Aiolopus strepens</i> (Latreille, 1804)	+	+	+
	Eyprepocneminae	<i>Aiolopus thalassinus</i> (Fabricius, 1781)	+	+	+
		<i>Locusta migratoria</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-
		<i>Eyprepocnemis plorans</i> (Charpentier, 1825)	-	-	+
	Catantopinae	<i>Pezotettix giornai</i> (Rossi, 1794)	+	+	+
		<i>Thisoicetrus annulosus</i> Walker, 1870	-	-	+
	Calliptaminae	<i>Calliptamus barbarus</i> (Costa, 1836)	-	+	+
		<i>Calliptamus wattenwylanus</i> (Pantel, 1896)	-	-	+

	Gomphocerinae	<i>Ochrilidia tibialis</i> (Fieber, 1853)	+	+	+
		<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i> Soltani, 1978	-	+	-
		<i>Omocestus raymondi</i> (Yersin, 1863)	-	+	-
Tetrigidae	Tetriginae	<i>Paratettix meridionalis</i> Rambur, 1839	+	+	+
Pamphagidae	Pamphaginae	<i>Pamphagus elephas</i> Linné, 1758	-	+	+
5	13	25	12	18	20

(+) Presence. (-) Absence.

B. The total richness of orthopterid study sites.

On all species counted, the total richness reached number 8, 10, 13 respectively at the station Baba-Ali in September-October, Ain-Taya in October 1997 and Cap-Djinet in August 2011. The weakest total richness is one species recorded in December and January for Ain-Taya and Baba-Ali stations (Fig. 2).

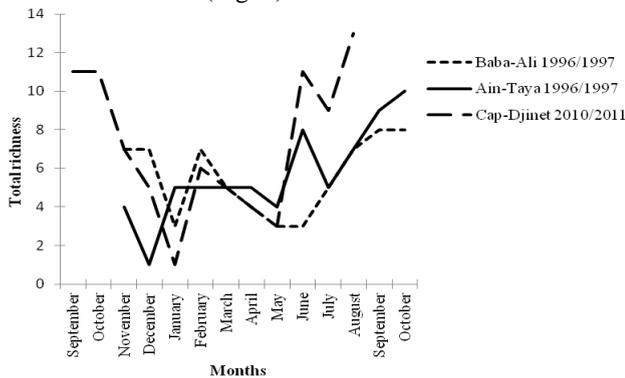


Fig.1. Monthly variations of the total richness

C. Specific average richness of study sites

The specific average richness per statement shows a value of 6,2 recorded in August 2011 in Cap-Djinet and 5,2 in October 1997 in Ain-Taya. These two agroecosystems manifested by a significant orthopterid diversity compared to that seen in Baba-Ali is 4,2. Other values range from 0,2 to 5,6 in Cap-Djinet; 1-5 in Ain-Taya and 2-3 to Bba-Ali (Fig.2).

This variation of the specific average richness over time is related to the conditions offered by the environment and phenology of each species orthopterid (Fig. 3).

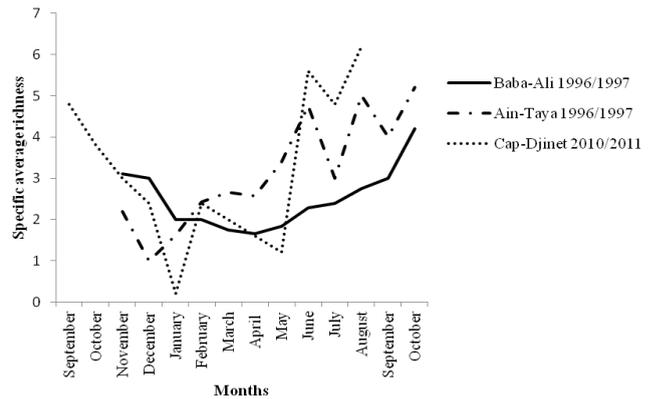


Fig.2. Monthly variations of specific average richness

D. Diversity indices of Shannon-Weaver and evenness applied to listed species.

The diversity index of Shannon-Weaver is more than 2 bits for species collected in February-March in the three surveyed areas. Close to or greater than 2 bits values are also noted in late summer and autumn (Table 2). Therefore, the studied agroecosystems have a diversified orthopterofauna during these two time of year with a number of individuals equally distributed between species ($0,62 < E < 0,97$).

Table II: Monthly variation indices of Shannon-Weaver and evenness of orthopterid species recorded.

Months	Baba-Ali		Ain-Taya		Cap-Djinet	
	H (bits)	E	H (bits)	E	H (bits)	E
- September	-	-	-	-	2,97	0,80
- October	-	-	-	-	2,68	0,75
- November	1,97	0,70	1,90	0,95	2,34	0,84
- December	1,73	0,62	0,00	-	1,94	0,75
- January	1,53	0,97	1,60	0,69	0,00	0,00
- February	2,28	0,81	2,22	0,95	2,55	0,91
- March	2,13	0,92	2,00	0,86	2,43	0,87
- April	0,76	0,48	1,52	0,76	1,83	0,91
- May	1,14	0,72	1,57	0,78	1,03	0,65
- June	1,38	0,59	1,02	0,34	2,87	0,80
- July	1,85	0,92	1,65	0,71	2,67	0,84
- August	2,47	0,88	2,40	0,85	3,24	0,88
- September	2,80	0,93	1,99	0,62	-	-
- October	2,43	0,86	2,41	0,80	-	-

IV. DISCUSSION

The number of 25 species identified in the surveyed stations is therefore considered; because agroecosystems are specific ecosystems, intensively exploited and thus artificially regulated [20]. The orthopterologic composition between stations is relatively 12 species in Baba-Ali, 18 in Ain-Taya and 20 in Cap-Djinet. The subfamily Oedipodinae is best represented in our study sites. This observation is consistent with that reported by Benrima [21] and Hamadi [8] in Mitija. We noted that most species are fond of open environments characterized by particularly low herbaceous plants, except for *Pamphagus elephas* which sometimes requires some consistent plant species that serves as a perch, especially during the winter. The species distribution is different from one station to another; 5 species were recorded only in Cap-Djinet: *Decticus albifrans*, *Gryllulus sp.*, *Eyprepocnemis plorans*, *Thysocetrus annulosus* and *Calliptamus barbarus*; and two species have been related only to Ain-Taya: *Docistaurus jagoin jagoi* and *Omocestus Raymondi*. At the Taza National Park (Wilaya of Jijel) *Docistaurus jagoi jagoi* is considered among the most frequent Orthoptera [22]. The orthopterofauna inventoried in regions Meftah, Reghaia and Baghalem Mitidja shows the absence of *Omocestus ventralis* (Zetterstedt, 1821), *Omocestus lucasi* (Bissout, 1850), *Acrotylus longipes* (Charpentier, 1845) and *Tropidopola cylindrica* (Marshall, 1835) [23].

We observed in the field that the number of Caelifera is much higher than Ensifera that are very scattered in the plots studied, as in *Odontura algerica*, *Conocephalus Conocephalus* and *Rhacocleis sp.* Total and specific richness recorded in our study sites show a remarkable seasonal variation. The differences are very significant between the months of August, September and October when the number of species of the three stations is high (Fig. 2 and 3). It decreases gradually and then rebound in late spring with the emergence of the adults. The adult phase of an Orthoptera species is a kind of bottleneck through which population numbers are passed [24]. During the months of March, April and May the highest percentage of the orthopterocenosis is formed with larvae, while adults of most species are rarely caught. With the exception of some bivoltine species or with continuous reproduction in the year. We identified *Aiolopus strepens* and *Acrotylus patruelis* in the studied sites throughout the year. Adult species have been captured in several locations in Algeria by several authors throughout their sampling period [25]–[26]–[8], and even reported in National Park of the Ahaggar, the largest mountain range in the extreme south of Algeria [27]. Diversity indices of Shannon-Weaver and evenness allowed us to describe and compare the state of the identified orthopterological in time of settlement. Indeed, the rules that determine faunal composition are simple and result from the combination of the diversity of backgrounds and age of the restoration [28]. We recorded differences in the calculated values for these indices that vary according to the season and are influenced by cultural

practices. In this regard, the Shannon-Weaver diversity ranges from 0,76 – 2,80 in Baba-Ali, from 0,00 – 2,41 in Ain-Taya and 0.00 - 3.24 in Cap-Djinet. A variation that may be related to the degree of occurrence of species and depending on environmental conditions; knowing that the cycle of major species is offset by a few days to a month depending on the species and depending on the temperature [9]. At the El Harrach station, Hamadi reports that the values of the diversity index of Shannon-Weaver are high and closely spaced throughout the year of sampling, because this type of area has an important floristic composition with high humidity due to watering plants made during the summer [8]. However, we observe the values of the evenness index very close to 1 for most surveys. This means that each of the identified species is represented by the same number of individual [19]. The most distant of 1 values are recorded for effect January - December in Ain-Taya and Cap-Djinet and May-June in Baba-Ali and Cap-Djinet. Two periods that mark the low temperatures of winter and the breeding season of most orthopter species.

V. CONCLUSION

The study of orthopter diversity conducted in three agroecosystems in northern Algeria; Baba-Ali, Ain-Taya and Cap-Djinet allowed us to identify 5 families, 13 subfamilies and 25 species. Stational total richness is respectively 20 species for Cap-Djinet Station against 18 Ain-Taya and 12 Baba-Ali. Monitoring time of orthopterofauna revealed the presence of 9 species with a large distribution in our study area. They were listed in the three conducted agroecosystems, these are: *Odontura algerica* Brunner, 1878 *Acrida turrita* Linnaeus, 1758 *Oedipoda caerulescens sulfurescens* Saussure, 1884 *Acrotylus patruelis* (Herrich-Schaffer, 1938), *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804), *Aiolopus thalassinus* (Fabricius, 1781) *Pezottetix giornai* (Rossi, 1794), *Ochrilidia tibialis* (Fieber, 1853), *Paratettix meridionalis* Rambur, 1839. Diversity index of Shannon-Weaver is closely related to the degree of occurrence of species. The study sites have a significant diversification of species whose distribution is closely linked to the state of the agroecosystem.

REFERENCES

- [1] S. Jaulin et Y. Baillet, Identification et suivi des peuplements de Lépidoptères et d'Orthoptères sur l'ENS du Col du Coq – Pravouta. Rapport d'étude de l'OPIE – LR, Perpignan, 2007, 107p.
- [2] S. ZAHRADNIK, Guide des insectes. Ed. Hatier, Trim.1, Tchécoslovaquie, 1988, 318p.
- [3] M. Lecoq et J. Mestre, La surveillance des sauteriaux du Sahel. Coll. Acri. opérat, n°2, CIRAD – PRIFAS, Montpellier, 1988, 62p.
- [4] E. BOITIER, Caractérisation écologique et faunistique des peuplements d'Orthoptères en montagne auvergnate. Diplôme d'études et des recherches en Sciences de la Vie et de la Terre. Faculté des Sciences et Technologiques, Université Limoges, 2003, 87 p.
- [5] R. Fellaouine, Bioécologie des Orthoptères de la région de Setif. Thèse magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 1989, 127p.

- [6] H. Hamdi, Contribution à l'étude bioécologique des peuplements orthoptérologiques de la région médioseptentrionale de l'Algérie et la région de Gabes (Tunisie). Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., EL-Harrach, 1989, 127p.
- [7] I. Badenhauer, Estimation d'abondance des criquets (Orthoptera : Acrididae) dans les écosystèmes prairiaux. Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s.), 2012, 48 (3-4) : 397-406.
- [8] K. Hamadi, Bioécologie de la faune orthoptérologique en Mitidja. Etude de l'activité biologique d'extraits de plantes acridifuges sur *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804) (Orthoptera, Acrididae). Thèse Magister sci.agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 1998, 172p.
- [9] A. Guendouz-Benrima, B. Doumandji-Mitiche et D. Petit, Effects of weak climatic variations on assemblages and life cycles of Orthoptera in North Algeria. Journal of Arid Environments, 2011, pp 1-8.
- [10] M. Bounechada, S. Doumandji, B. Çiplak, Bioecology of the Orthoptera Species of the Setifian Plateau, North- East Algeria. Turk. J. Zool., 30 (2006), pp 245-253.
- [11] A. Harrat et A. Moussi, Inventaire de la faune acridienne dans deux biotopes de l'est algérien. Sciences et Technologie, C – N°26, décembre (2007), pp. 99-105.
- [12] G. Mutin, La Mitidja – Décolonisation et espace géographique. Ed. Off. Publ. Univ., Alger, 1977, 607 p.
- [13] J.F. Voisin, Une méthode simple pour caractériser l'abondance des Orthoptères en milieu ouvert. L'entomologiste, Paris, 42, 1986, pp.113-119.
- [14] Ph. Dreux, Recherche sur le terrain en autoécologie des Orthoptères. Acrida, n°1, 1972, pp 305-330.
- [15] L. Chopard, Orthoptéroïde de l'Afrique du nord. Librairie Larose, Coll. Faune de l'empire français, T.I, Paris, 1943, 450 p.
- [16] J. Mestre, Les acridiens des formations herbeuses d'Afrique de l'ouest. Ed. CIRAD-PRIFAS, Montpellier, 1988, 330p.
- [17] G.B. Popov, Les larves des criquets du Sahel. Ed. Chatham, Ourseas Development Natural, resources institut, V, 1989, 158p.
- [18] J. BLONDEL, Biogéographie de l'avifaune algérienne et dynamique des communautés. Sem. Intern. Avif. Algérienne, 5-11 juin 1979, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 1979, 1-15 p.
- [19] F. RAMADE, Eléments d'écologie. Ecol. Fond., Ed. Mac. Graw-Hill, Paris, 1984, 397p.
- [20] R. Barbault, Ecologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère. Ed. DUNOD, 6^e éd., Paris, 2010, 390p.
- [21] A. BENRIMA, Bioécologie et étude du régime alimentaire des espèces d'Orthoptères rencontrées dans deux stations d'étudesituées en Mitidja. Etude histologique et anatomique du tube digestif de *Docicostaurus jagoi jagoi* (soltani, 1978). Thèse Magister sci. agro., Inst.Nat.agro., El-Harrach, 1993, 192p.
- [22] M. Rouibah, Bioécologie des peuplements orthoptérologiques dans trois stations du parc national de Taza (w. Jijel) – Cas particulier de *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) et de *Docicostaurus jagoi jagoi* Soltani, 1978. Thèse Magister Sci. Agro., Inst. Nat. agro., El Harrach, 1994, 129 p.
- [23] N. Djenidi, Approche biosystématique des Caelifères de quelques stations en Mitidja et sur l'Atlas tellien, en particulier processus d'invasion de *Schistocerca gregaria* Forsk, 1775 dans la région. Mem. Ing. Agro., Inst. Nat. agro., El Harrach, 1989, 102p.
- [24] S. Puissant, Les Orthoptères comme outil d'aide à la gestion des sites de reproduction du grand Tetras. Première contribution. Rapport préliminaire février 2003, OPIE – LR, Languedoc – Roussillon, 2003, 14p.
- [25] Y. Zergoun, Contribution à l'étude bioécologie des peuplements orthoptérologiques dans la région de Ghardaia. Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. agro., El Harrach, 1991, 71p.
- [26] B. Douadi, Contribution à l'étude bioécologique des peuplements orthoptérologiques dans la région de guerrara (Ghardaia). Développement ovarien chez *Acrotylus patruelis* (Herrich-Schaeffer, 1838). Thèse Ing. Agro. Inst. Nat. El Harrach, 1992, 75p.
- [27] ML. Kourim, B. Doumandji-Mitiche, S. Doumandji, A. Reggani, Biodiversité entomologique dans le parc national de l'Ahaggar (Tamanrasset, Sahara). Entomologie faunistique – Faunistic Entomology , 63 (3), 2011, 149-155.
- [28] D. Petit, Richesse en Orthoptères et succession primaire en Haute – Vienne. Annales Scientifiques du Limousin, 2006, 17, pp. 10 – 19.

AUTHOR'S PROFILE

HAMADI Kamel

USTHB, Faculty of Biological Sciences, Biodiversity and Dynamics Laboratory. B.P. 32, El-Alia, Algiers, Algeria
Email: hamadikamel@yahoo.fr

DOUMANDJI – MITICHE Bahia

Department of Agricultural and Forest Zoology, National School of Agronomy, Algiers, Algeria

Etude bioécologique de l'orthoptérofaune d'un agroécosystème dans la région de Cap-Djenet Algérie

Bioecological study of agroecosystem orthopteroфаuna in the Cap-Djenat, region of Algeria

HAMADI Kamel¹, KHERBOUCHE-ABROUS Ourida² et DOUMANDJI-MITICHE Bahia³

¹Laboratoire d'entomologie, Faculté des Sciences Biologiques, USTHB, Alger, Algérie.

²Laboratoire d'écologie animale, Faculté des Sciences Biologiques, USTHB, Alger, Algérie.

³Département de Zoologie agricole et forestière, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Alger, Algérie.

Email : hamadikamel@yahoo.fr

Résumé

Une étude sur la faune orthoptérologique a été réalisée dans la région de Cap Djenat, Daïra de Bordj Mnaïel (36° 48' de latitude nord et 3° 42' de longitude est). Le milieu d'étude est un agroécosystème composé de parcelles de plants de diverses variétés d'Oliviers et des cultures irriguées. Les résultats obtenus ont révélés la présence de 20 espèces d'Orthoptères dont 14 Caelifères et 6 Ensifères. Dans le sous ordre des Caelifères 7 sous familles se répartissent dans la famille des Acrididae, seulement une seule espèce est notée pour chacune des familles des Pamphagidae et des Acrydiidae. La fréquence centésimale des espèces orthoptérologiques recensées varie en fonction du rythme de leur apparition. *Aiolopus strepens* est l'espèce enregistrée avec une fréquence élevée durant toute l'année d'échantillonnage. Celle-ci atteint 40% notamment pendant les mois d'octobre et novembre. Les Orthoptères inventoriés présentent plusieurs types de répartitions dans la station d'étude. Des répartitions régulières ont été enregistrées durant notre échantillonnage chez *Acrida turrata*, *Aiolopus thalassinus*, *Acrotylus patruelis*, *Eyprepocnemis plorans* et *Pezotettix giornai*. Seulement deux espèces sont omniprésentes dans le milieu prospecté, il s'agit d'*Aiolopus strepens* et d'*Ochrilidia tibialis*. Cette répartition est en relation étroite avec les facteurs du milieu tels que la température, les précipitations et la nature du couvert végétal qui agissent directement sur la composition de l'orthoptérofaune. Les valeurs de l'indice de Shannon Weaver varient entre zéro et 3,24 respectivement pour les mois de janvier et juillet.

Mots clés : Agroécosystème – Orthoptères – Cap-Djenat – Caelifères – Acrididae.

Abstract

A study on orthopteric fauna was carried out in the Cap Djenat, Daïra Bordj Mnaïel (36 ° 48 'north latitude and 3 ° 42 ' east longitude). The study environment is composed of an agroecosystem plot of plants of different varieties of olive trees and irrigated crops. The results revealed the presence of 20 species of Orthoptera, 14 Caelifera and 6 Ensifera. In the suborder of Caelifera 7 subfamilies are divided into the family Acrididae and only one species is noted for each of the families of Pamphagidae and Acrydiidae. Centesimal frequency orthopteric species recorded vary according to the pace of their appearance. *Aiolopus strepens* case is recorded with a high frequency sampling throughout the year. It reaches 40 %, particularly during the months of October and November. Inventoried Orthoptera have several types of distributions in the study station. Regular distributions were recorded during our sampling in *Acrida turrata*, *Aiolopus thalassinus*, *Acrotylus patruelis*, *Eyprepocnemis plorans* and *Pezotettix giornai*. Only two species are ubiquitous in the environment surveyed, it is *Aiolopus strepens* and *Ochrilidia tibialis*. This distribution is closely related to environmental factors such as temperature, precipitation and the nature of the vegetation that acts directly on the composition of the orthopteroфаuna. The values of the Shannon Weaver index vary between zero and 3.24 respectively for the months of January and July.

Keywords: Agroecosystem - Orthoptera - Cape Djenat - Caelifera - Acrididae.

1. Introduction

Les Orthoptères forment une part importante de la biomasse terrestre, souvent la plus importante des invertébrés; leur rôle de consommateurs primaire des végétaux les rends parfois très nuisible à l'agriculture. Certaines espèces sont des fléaux principalement au proche – orient où des espèces migratrices dévastent occasionnellement les récoltes (Zahradnik, 1988). Il s'agit d'insectes largement répandus et généralement abondants, qui se distinguent souvent par leur fidélité à un type d'habitat précis et par leur grande sensibilité à l'évolution des écosystèmes (Boitier, 2003).

En raison de l'importance de leurs dégâts, la faune orthoptérologique nécessite beaucoup de travaux tant sur le plan systématique que sur le plan bioécologique. C'est dans ce contexte et afin de contribuer à une meilleure connaissance de la répartition et de la dynamique des populations d'Orthoptères que nous avons étudié les peuplements d'Orthoptères de la région de Boumlih (Wilaya de Boumerdes).

2. Matériel et Méthodes

La station d'étude est située à Boumlih dans la Daïra de Bordj-Menail, wilaya de Boumerdes (36° 48' de latitude nord et 3° 42' de longitude est). Il s'agit d'une ferme pilote où on trouve diverses variétés d'Oliviers et d'autres arbres fruitiers.

La méthode d'échantillonnage que nous avons utilisée dans cette étude est la méthode de capture au filet fauchoir (Lecoq, 1988). Douze sorties ont été réalisées depuis le mois de septembre 2010 jusqu'au mois d'août 2011. Sur le terrain nous commençons d'abord par choisir un emplacement bien déterminé de 500 m² où les conditions apparaissent à peu près homogènes. A l'aide des panneaux légers, nous délimitons cinq petites surfaces de 9 m² appelées quadrats, sur lesquels nous capturons tous les orthoptères présents à la main ou au filet fauchoir. Les individus capturés sont mis dans des sachets en plastique puis transportés au laboratoire pour être déterminés à l'aide des clés dichotomiques tel que Chopard (1943) en vérifiant les critères morphologiques de chaque espèce sous une loupe binoculaire.

Le nombre d'espèces inventorié dans l'agroécosystème situé dans la région de Cap Djenat a été identifié et une étude de la richesse totale et de la richesse spécifique a été effectuée (déjà présenté dans les rapports précédents). Dans ce présent rapport, nous poursuivons notre analyse en calculant des indices écologiques tels que la fréquence centésimale et la fréquence d'occurrence des espèces recensées :

La richesse totale (S) : C'est le nombre total des espèces que comporte un peuplement considéré dans un biotope donné (Ramade, 1984).

La fréquence centésimale (Fc %) qui est le pourcentage des individus d'une espèce (ni) par rapport au total des individus (N) toutes espèces confondues : $(ni / N) * 100$ (Dajoz, 1971).

La fréquence d'occurrence (Fo %) est le rapport entre P qui est le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée, sur R qui est le nombre de relevés effectué, multiplier par 100 : $Fo = P/R * 100$ (Dajoz, 1982). Si $75\% < Fo < 100\%$, l'espèce est dite omniprésente.

Si $50\% < Fo < 74\%$, l'espèce est dite régulière.

Si $25\% < Fo < 49\%$, l'espèce est dite constante.

Si $5\% < Fo < 24\%$, l'espèce est dite accessoire.

$Fo < 5\%$, l'espèce est rare.

Indice de diversité de Shannon-Weaver (H), c'est l'indice de diversité le plus utilisé et qui obtenu par la formule suivante : $H (\text{bits}) = -\sum qi \log_2 qi$ d'où $qi = ni / N$ est la probabilité de rencontrer l'espèce de rang i, ni est l'effectif de chaque espèce dans l'échantillon et N est la somme des ni toutes espèces confondues (Ramade, 1984).

Indice d'équitabilité (E) ou l'équirépartition correspond au rapport de la diversité observée (H) à la diversité maximale (Hmax) exprimé en bits (Blondel, 1979). La diversité maximale $H_{max} = \log_2 S$

ou S est la richesse totale (Weesie et Belemsobgo, 1997). Selon Ramade (1984), E tend vers zéro quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement, et E tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus.

3. Résultats

Tableau 1: Inventaire et systématique des espèces orthoptérologiques recensées dans la station d'étude.

Famille	Sous famille	Espèce
Tettigoniidae	Phaneropterinae	<i>Odontura algerica</i> Brunner, 1878
	Conocephalinae	<i>Conocephalus conocephalus</i> (Linné, 1767)
	Decticinae	<i>Rhacocleis</i> sp
		<i>Decticus albifrans</i>
Gryllidae	Gryllinae	<i>Gryllus bimaculatus</i> De Geer, 1773.
		<i>Gryllulus</i> sp.
Acrididae	Acridinae	<i>Acrida turrita</i> Linné, 1758
		<i>Aiolopus strepens</i> (Latreille, 1804)
		<i>Aiolopus thalassinus</i> (Fabricius, 1781)
	Truxalinae	<i>Truxalis nasuta</i> (Linné, 1758)
	Oedipodinae	<i>Oedipoda Caerulescens Sulfurescens</i> Saussure, 1884.
		<i>Acrotylus patuelis</i> (Herrich-Schaeffer, 1938)
	Eyrepocneminae	<i>Eyrepocnemis plorans</i> (Charpentier, 1825)
	Catantopinae	<i>Pezotettix giornai</i> (Rossi, 1794)
		<i>Thisoicetrus annulosus</i>
	Calliptaminae	<i>Calliptamus barbarus</i> (Costa, 1836)
<i>Calliptamus wattenwylanus</i> (Pantel, 1896)		
Gomphocerinae	<i>Ochrilidia tibialis</i> (Fieber, 1853).	
Acrydiidae	Acrydiinae	<i>Paratettix meridionalis</i> Rambur, 1839.
Pamphagidae	Pamphaginae	<i>Pamphagus elephas</i> Linné, 1758.
5	13	20

4. Discussion

Nos 12 sorties effectuées sur terrain nous ont révélé la présence de 14 espèces de Caelifères et 6 espèces d'Ensifères, ce qui marque une richesse totale de 20 espèces. Dans le sous ordre des Caelifères nous avons noté 7 sous familles qui se répartissent dans la famille des Acrididae, celle-ci présente le nombre le plus élevé en espèces et en individu, alors que la famille des Pamphagidae et celle des Acrydiidae ne sont représentées que par une seule espèce chacune, il s'agit de *Pamphagus elephas* et de *Paratettix meridionalis*. D'après Benrima (1993), la sous famille des Oedipodinae est la mieux représentée en Mitidja. Dans la même région HAMADI (1998), relate que les sous familles des Acridinae, des Oedipodinae et des Gomphocerinae occupent la place la plus importante dans l'orthoptérofaune du milieu prospecté (Tab.1). L'effectif du sous ordre des Caelifères enregistré sur terrain est beaucoup plus élevé que celui des Ensifères. Nous avons remarqué que les espèces du dernier sous ordre préfèrent les milieux humides ou sont plus hygrophiles, c'est le cas d'*Odontura algerica*, *Conocephalus conocephalus* et *Rhacocleis* sp.. Les richesses totales enregistrées dans notre station d'étude montrent une variation saisonnière remarquable. Nous avons noté un nombre très faible d'espèces pendant la période hivernale, ce dernier varie respectivement entre 3 espèces pendant les mois de décembre et janvier, 4 espèces pendant le mois de février et 5 espèces pendant le mois de mars. La richesse spécifique la plus élevée a été notée durant le mois d'aout 2011 avec 12 espèces suivi par la période automnale : septembre et octobre de l'année 2010 où nous avons recensé 11 espèces par sortie avec un effectif important. Par contre nous avons recensé uniquement 3 espèces par sortie, respectivement pour les mois de décembre et janvier et ceci est du aux basses températures et au taux d'humidité élevé enregistré durant cette période, sachant que les conditions climatiques peuvent avoir un effet direct sur les peuplements orthoptérologiques, ainsi

les températures minimales influent beaucoup sur cette diversité. Selon BENRIMA et al. (2011), le cycle des espèces majoritaires est décalé de quelques jours à un mois en fonction des espèces et en fonction de la température. Pendant les mois d'avril et mai le nombre d'espèces est respectivement de 4 et 3 seulement ; ceci est dû aux pratiques culturales et aux traitements chimiques effectués quelques jours avant l'échantillonnage. Menzer (1997), signale qu'à Bordj El-Kiffan la richesse la plus faible est noté pour le milieu cultivé et ceci est dû probablement à l'action de l'homme par les pratiques culturales (Tab.2).

La fréquence centésimale des espèces orthoptérologiques recensées varie en fonction du rythme d'apparition des orthoptères dont le nombre le plus élevé est échantillonné pendant la période de leur reproduction qui coïncide la période estivale et le début d'automne. Le tableau n°1, montre qu'*A. strepens* est l'espèce enregistrée avec une fréquence élevée durant toute l'année d'échantillonnage. Celle-ci peut dépasser 40% notamment pendant les mois d'octobre et novembre. Les fréquences calculées pour le mois de janvier montrent un pourcentage de 100% pour *P. giornai*. C'est la seule espèce échantillonnée pendant ce mois d'hiver où une basse température et forte pluviométrie ont été enregistrées. L'espèce *A. turrita* présente une fréquence de 41,66% pendant le mois d'avril. C'est le mois où les adultes de cette espèce commencent à se reproduire. De même, Menzer (1997) rapporte que le développement larvaire d'*A. turrita* s'achève au début d'août et les éclosions débutent au mois d'avril. Les autres espèces apparaissent pendant des périodes bien précises de l'année et leur fréquence est en relation avec leur biologie et les conditions qu'offre le milieu.

Selon Kuhnelt (1969), les diverses sociétés constituées par des organismes de tous ordres déterminent une irrégularité de la distribution spatiale dans les endroits même où la totalité de la surface disponible conviendrait en tant que milieu vital pour ces espèces. La faune orthoptérique recensée dans notre station d'étude représente plusieurs types de répartition. En effet, six espèces présentent une répartition de type constant, il s'agit d'*O. algerica*, *C. conocephalus*, *O. C. sulfurescens*, *T. annulosus*, *C. wattenwylanus* et *P. meridionalis*. Sept espèces sont représentées dans la classe accessoire c'est le cas de *Rhacocleis sp.*, *D. albifrans*, *G. bimaculatus*, *Gryllulus sp.*, *T. nasuta*, *C. barbarus* et *P. elephas*. Des répartitions Régulières ont été notées durant notre échantillonnage chez *A. turrita*, *A. thalassinus*, *A. patuelis*, *E. plorans* et *P. giornai*. Seulement deux espèces sont omniprésentes dans le milieu prospecté, il s'agit d'*A. Strepens* et d'*O. tibialis*. Nous avons remarqué que ces deux dernières espèces prédominent durant toute la période d'échantillonnage avec un effectif élevé par rapport aux autres espèces recensées (Tab.1). Hamadi (1998) a constaté qu'*A. strepens* présente une constance remarquable dans les trois stations d'étude de la Mitidja, 91% à Baba Ali et 100% dans chacune des stations de Ain Taya et d'El Harrach. Touati (1996) a noté qu'à Birkhadem *A. strepens* est une espèce constante au niveau du milieu cultivé et elle est accessoire dans la friche et le verger de Néflier. Au niveau de notre station, les espèces enregistrées accessoires et régulières ont montré leur présence soit au printemps, soit au début d'automne ; donc durant les périodes de reproduction des orthoptères qui exigent un certain seuil de température et d'humidité.

Dans la région de Ghardaia, Zergoun (1994) relate que les valeurs les plus élevées de la constance en milieu cultivé sont notées chez *A. patuelis*, *O. gracilis* et *P. cognata*, et Ould El Hadj (1991) classe *A. strepens*, *A. thalassinus* et *Acrotylus longipes* comme étant des espèces constantes dans toutes les parcelles de Beni Abbès.

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de l'indice de diversité de Shannon Weaver varient entre zéro au mois de janvier pour atteindre le maximum de 3,24 en mois de juillet. L'indice oscille également entre deux périodes distinctes, sa valeur commence à diminuer à partir du mois d'octobre pour atteindre la valeur la plus faible au mois de janvier, puis augmente à nouveau jusqu'à la valeur maximale enregistré pendant le mois de juillet. Pour les trois derniers mois de notre échantillonnage (juin, juillet et août), nous avons enregistré le maximum d'espèces avec un effectif important, c'est le cas des Ensifères tels que les Decticinae et les Gryllidae qui exigent un couvert végétal dense avec une température et un taux d'humidité élevés. A Birkhadem Touati (1996), signale que la

diversité est nulle pendant le mois de janvier mais augmente pour atteindre une valeur maximale en juillet. Au niveau de la station d'El Harrach Hamadi (1998), relate que les valeurs de l'indice de diversité de Shannon Weaver sont relativement stables, car ce type de milieu présente une composition orthoptérologique relativement uniforme et ceci est dû à la richesse floristique de ce milieu et à l'humidité très élevée pendant toute l'année.

La variation temporelle de l'indice de l'équitabilité n'est pas très élevée. La majorité des échantillonnages présente un indice très proche de 1 ; ceci signifie que chacune des espèces recensées est représentée par le même nombre d'individu. La valeur enregistrée pour le mois de janvier égale à zéro car la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement qui est *Pezotettix giornai*. Pour le mois de mai la valeur de l'indice d'équitabilité obtenu est de 0,65 ; nous avons remarqué pendant ce mois d'échantillonnage que les espèces ne sont pas équitablement réparties, à cause du milieu perturbé par le labour printanier réalisé vers le début du mois de mai. Le reste des valeurs oscillent entre 0,75 et 0,91 (Tab.2). Nous constatons que pour de telles valeurs, la majorité des espèces constituent une population assez stable.

5. Conclusion

Il ressort de cette étude que la station choisie renferme une faune orthoptérologique riche en espèces. La famille retenue comme étant la plus dominante est celle des Acrididae avec un pourcentage de 60 %, donc plus de la moitié du peuplement recensé. Les autres familles présentent un pourcentage moins important, il est respectivement de 20% pour les Tettigoniidae, 10% pour les gryllidae et 5% pour chacune des Pamphagidae et des acrydiidae.

Les richesses totales spécifiques enregistrées varient aussi bien en fonction du temps qu'en fonction des conditions du milieu. D'après les résultats obtenus, nous constatons que c'est durant la période estivo-automnale qu'apparaît le maximum d'espèces.

Plusieurs facteurs peuvent intervenir dans la variation de l'indice de Shannon Weaver. Les basses températures et les fortes précipitations limitent la richesse des milieux en espèces orthoptérologiques. Egalement la richesse du milieu en espèces végétales ainsi que son homogénéité influent positivement sur le nombre d'espèces du peuplement orthoptérologique. L'indice d'équitabilité calculé pour notre station d'étude montre un état satisfaisant et un équilibre relativement stable des espèces recensées. Ces dernières semblent être caractéristiques à notre station d'étude.

6. Références bibliographiques

- [1] BENRIMA A., 1993: Bioécologie et étude du régime alimentaire des espèces d'Orthoptères rencontrées dans deux stations d'étude situées en Mitidja. Etude histologique et anatomique du tube digestif de *Dociostaurus jagoi jagoi* (Soltani, 1978). Thèse Magister sci. agro., Inst.Nat.agro., El-Harrach, 192p.
- [2] BLONDEL J., 1979 : Biogéographie de l'avifaune algérienne et dynamique des communautés. Sem. Intern. Avif. Algérienne, 5-11 juin 1979, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 1-15 p.
- [3] BOITIER E., 2003 : Caractérisation écologique et faunistique des peuplements d'orthoptères en montagne auvergnate. Diplôme d'études et des recherches en Sciences de la Vie et de la Terre. Faculté des Sciences et Technologiques, Université Limoges, 87 p.
- [4] CHOPARD L., 1943: Orthoptéroïdes de l'Afrique du nord. Librairie Larose, Coll. Faune de l'Empire français, T.1, Paris, 450p.
- [5] DAJOZ R., 1971 : Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434p.
- [6] DAJOZ R., 1982 : Précis d'écologie. Ed. Gautier Villars, Paris, 503p.
- [7] GUENDOUZ-BENRIMA A., DOUMANDJI-MITICHE B. et PETIT D., 2011 : Effet de légères modifications climatiques sur des structures de peuplement d'orthoptères en Algérie du Nord.

Séminaire international sur la protection des végétaux, programme et recueil des résumés. Ecole Nat.Sup.Agro., Alger, 222p.

- [8]HAMADI K., 1998 : Bioécologie de la faune orthoptérologique en Mitidja. Etude de l'activité biologique d'extraits de plantes acridifuges sur *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804) (Orthoptera, Acrididae). Thèse Magister sci.agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 172p.
- [9]KUHNELT W., 1969 : Ecologie générale, concernant particulièrement le règne animal. Ed. Masson et Cie., Paris, 359p.
- [10]LECOQ M., 1988 : Les criquets du Sahel. Coll.acr.opérat., n°1, CIRAD-PRIFAS, Montpellier, 129p.
- [11]MENZER N., 1997 : Contribution à l'étude des peuplements orthoptérologiques dans deux étages bioclimatiques subhumide et humide. Thèse Magister sci.agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 134p.
- [12]OULD EL HADJ M.D., 1991: Bioécologie des Sauterelles et des Sauteriaux dans trois zones d'étude au Sahara. Thèse Magister sci.agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 80p.
- [13]RAMADE F., 1984 : Eléments d'écologie. Ecol. Fond., Ed. Mac. Graw-Hill, Paris, 397p.
- [14]TOUATI M., 1996 : Bioécologie des Caelifères de trois types de milieux à Bir Khadem. Utilisation du *Melia azedarach* contre le genre *Aiolopus* (Fieber, 1853) (Orthoptera – Acrididae). Thèse Magister sci.agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 143p.
- [15]WEESIE D.M. et BELEMSOBGO U., 1997 : Les rapaces diurnes du ranch de gibier de Nazinga (Burkina Faso). Liste commentée, analyse du peuplement et cadre biogéographique. *Alauda*, 65 : 263-278.
- [16]ZHRADNIK S., 1988: Guide des insectes. Ed. Hatier, Trim.1, Tchécoslovaquie, 318p.
- [17]ZERGOUN Y., 1994 : Bioécologie des Orthoptères dans la région de Ghardaia – Régime alimentaire d'*Acrotylus patruelis* (Herrich – Schaefer, 1838) (Orthoptera, Acrididae). Thèse Magister sc. agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 110p.

**HISTOPATHOLOGICAL EFFECTS OF AN ALGERIAN STRAIN OF *BACILLUS*
THURINGIENSIS ON THE GUT OF *ANACRIDIDIUM AEGYPTIUM*
(ORTHOPTERA, ACRIDIDAE). INTEREST FOR BIOLOGICAL CONTROL**

**SAIDI-TOUATI MAHDIA¹, NATECHE FARIDA², ABDERRAHMANI AHMED³, HAMADI KAMEL⁴,
GEORGE COLAS⁵, BOUFERSAOU ABDELKADER⁶, DJENANE ZAHIA⁷, HAMMANA SOUKAINA⁸
& DOUMANDJI-MITICHE BAHIA⁹**

^{1,4,6,8}Entomology Laboratory, Faculty of Biological Sciences, University of Science and Technology
Houari Boumediene (USTHB), Algiers, Algeria

^{2,3,7}Laboratory of Cellular and Molecular Biology, Microbiology Team, Faculty of Biological Sciences,
University of Science and Technology Houari Boumediene (USTHB), Algiers, Algeria

⁹Laboratory of Agricultural Zoology and Forestry, National School of Agronomy, ENSA, Algiers, Algeria

⁵Entomological Society of France (SEF), Museum of Natural History, Paris, France

ABSTRACT

Locust's biocontrol requires identification of efficient bacterial strains able to be used against these ravagers. In this study, we analyzed the impact of an algerian strain of *B. thuringiensis* called TIM14 on the gut of *Anacrididium aegyptium*. We observed that *A. aegyptium* infestation with TIM14 induced a lytic activity on the tegument and the cuticle followed by insect's demise. In conclusion, our results suggest that the local *B. thuringiensis* strain TIM14 would be active through different enzymatic activities involving the chitinase that induces death of this orthoptera.

KEYWORDS: *Bacillus thuringiensis*, *Anacrididium*, *aegyptium*, Gut, Biocontrol, Histopathology, Bacterium Strains, Biopesticides

INTRODUCTION

With the reduction of farmland in the world, insects are an important source in the competition for plant food resources [Kumar, 1991]. In particular, locusts and grasshoppers are a threat to human agricultural activities because of their ability to ingest the value of their own weight daily. Locusts and grasshoppers can make incredibly dense migratory swarms containing 40 to 80 million locusts [Steedman, 1988]. In Algeria, many locusts and grasshoppers can cause important damages that affect crops [Doumandji et Doumandji-Mitiche, 1994]. The current approach to fight against these pests, based in particular on using chemical insecticides. However, this approach seems to be badly managed because of their non-use streamlined and systematic and represents a serious danger to the environment as well as for the user and the consumer [Launois-Luong et al, 1988]. In the context of alternative approaches to pest control, the development of biopesticides is a research priority. However this requires a good command of the pathogenicity of biopesticides and technical applications. Moreover, it is necessary to isolate strains capable of overcoming the constraints specific climate regions considered.

Bacillus thuringiensis is a spore-forming bacterium of the soil, its main characteristic is synthesizing during the sporulation a crystalline inclusion composed of proteins with insecticidal properties. The large diversity of these toxins,

their effectiveness and relatively low production cost make the biopesticide *Bacillus* the most widely used in the world. In agriculture, it helps to fight against many pests, mainly Lepidoptera larvae and beetles. In human health, it can effectively control the population of several dipteran disease vectors [Sanchis et al, 1995]. Many results about biological control against locusts have been published [Bissad et al, 2010; Halouane et al, 2001] however the specific action of *B. Thuringiensis* against locusts remains poorly studied [Boufersaoui et al, 2009; Saidi-Touati.et.al, 2008].

In our study, we were interested in identifying indigenous strains of *B. thuringiensis* with character against locust: *Aiolopus strepens*, widespread species in Algeria and subject of several studies [Hamadi, 1998, Saidi-Touati, 1996] and *Anacridium aegyptium* large species preferring trees [Chopard,19943]. In addition to the entomopathogenic toxins present in *B. thuringiensis*, recent studies have revealed the presence of chitinase in this bacterium [Barboza et al, 2009; Driss et al, 2005; Ghasemi et al, 2011; Gomaa et al, 2012 Liu et al, 2002]. The identification of enzyme activity affecting especially the anterior part of the digestive tract, muscles, cuticle and the intestinal epithelium of locusts) would reveal the toxicity of the strain tested.

MATERIAL AND METHODS

Sampling of Locusts

The locusts were collected randomly. The capture of *Anacridium aegyptium* was performed using sweep nets. The sampling has been done in the coastal region of Algiers. Catches were also made only with hands in cold weather (below 15 °C).

Isolation of Bacterial Strains

A local strain of *Bacillus thuringiensis* called TIM14 was isolated in the Laboratory of Cellular and Molecular Biology by the team of Microbiology Faculty of Biological Sciences (USTHB), from wheat and soils of a region in Algeria.

Bacterial Infestation of Locusts

A group of 27 individuals of *Anacridium aegyptium* were infested by topical application of a suspension (0.1 ml to 10⁶ cells / ml) of *B. thuringiensis* TIM14. Locusts were kept in isolation in a kennel with food infected with the same suspension previously applied. The insects were kept under observation for 24-48h in the laboratory at room temperature. Controls were exposed to a solution of sterile water.

Microscopic Observations

Adult locusts controls of *Anacridium aegyptium* and those treated with bacterial strains were dissected under binocular. The gut was removed in its entirety and fixed, dehydrated, cut and stained by the methods of Heidenhain azan and Mallory [Gabe,1968 Martoja et Martoja- Pierson, 1967]. Transverse sections of the digestive tract were observed under a light microscope (magnification X40 and X100).

RESULTS

The Infestation of *A. aegyptium* with TIM14 Strain Induces Total Disintegration of the Stomodeum

To check whether local strain of *B. thuringiensis* showed toxicity towards the digestive tissues of locusts, TIM14 was tested on *Anacridium aegyptium*; an arboreal species widespread large. We noted with interest that the cross section of the stomodeum of *A. aegyptium* witness had a highly developed muscles and that large and complex villi were arranged on

a regular basis. The intestinal lumen containing the food bowl is narrow. The epithelium consists of a regular cell layer topped by a thick cuticle (Figure 2A). The infestation with TIM14 induced on the locust a disorder in behavior a few hours later which was manifested by excitement, followed by death 12h after exposure to TIM14. Dead individuals had been disintegrated and had a perforation in the body wall of the abdomen (Figure 1). Histological analysis of the digestive tract of treated insects showed a stomodeum completely disintegrated, muscles totally destroyed, an irregular lumen, epithelium and cuticle also totally destroyed (Figure 2B). We noted with interest a total deterioration of gastric caecae. From these observations, we concluded that the strain TIM14 induced the total disintegration of the stomodeum.

DISCUSSIONS

In our investigation we were interested to study indigenous algerian strains of *Bacillus thuringiensis* on the degradation of the digestive tract of the locusts. For this purpose, one specie of locusts was infested with a local strain of *B. thuringiensis* isolated from algerian soil; *Anacridium aegyptium* treated with TIM14 proved that this strain was extremely deleterious, as demonstrated by the total destruction of the digestive tract and the integument of the abdomen. These results show that the bacterial strain TIM14 killed the locust 12 hours after the microbial treatment. The entomopathogenicity of *Bacillus thuringiensis* is demonstrated by the fact that this bacterium is a widespread species in the soil but also in the bodies of insects [Kaelin et al 1974]. *Bacillus thuringiensis* is the most studied bacteria and programs of strain's selections have identified thousands of species each one limited to a specific insect order: Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, and Orthoptera [Sanchis et al, 1995] and [Feitelson, 1993] which confirms the acridicide power of TIM14 against the orthoptera *Anacridium aegyptium*. TIM14 has proved the deleterious power of the intestinal epithelium which is explained in several studies [Butko, 2003; Gill et al 1992; Yu et al, 1997] confirming that toxins from *Bacillus thuringiensis* act as poisons causing intestinal paralysis of the gut followed by the death of the insect. Elsewhere in Algeria, several species of *Bacillus* were isolated from pupae causing mortality rates according to different *Bacillus* species [Saiah et al, 2010].

The action of *Bacillus thuringiensis* is explained by the presence of delta-endotoxin that is released following the dissolution of the crystal in an alkaline pH [Butko, 2003] and then activated receptor recognizes the one that is already on the surface of the epithelium of intestinal membrane cells [Hoffman et al, 1988; Van Rie et al, 1989], because this toxin pore formation leading to an imbalance of ion exchange between the cell and the intestinal lumen [Gill et al, 1992; Hôfte et Whitley, 1989; Knowles, 1994; Knowles et al, 1987] responsible of cell lysis. This was particularly well observed in TIM14. Besides it has been shown in previous work that a culture of myotubes muscles of rats subjected to *Bacillus thuringiensis israelensis* strain were completely destroyed [Cahan et al, 1994], as observed on fly tested with other strains of *B. thuringiensis* [Singh et al, 1986]. This explains clearly the muscle damage also found at caecae gastric followed by epithelial alteration as noticed previously on the stomodeum. TIM14 seems to have a toxin ready to be activated in an acid locust gut. Moreover TIM14 has also totally affected the body wall and the cuticle of *A. aegyptium*, this strain possesses, in addition to destroying toxins muscles and epithelium, a chitinase similar to that found in some strains of *Bacillus thuringiensis* as mentioned in some studies [Barboza et al, 2009; Driss et al, 2005; Ghasemi et al, 2011; Gomaa et al, 2012; Liu et al, 2002]. This chitinase has been isolated from high levels of *Bacillus thuringiensis* NM101-19 [Gomaa et al, 2012]. TIM14 strain completely destroyed the locust by altering its integument, muscles, the cuticle and epithelium causing its death within hours after the bacterial treatment.

CONCLUSIONS

Our study showed that the TIM14 strain has been effective on *Anacridium aegyptium*, indeed the gut was totally destroyed and the impact was noticed on all parts of the digestive tract: stomodeum, mesenteron and proctodeum, The cuticle has also been perforated, which would leave the suggestion that this strain contains Chitinase enzyme. All this was followed by the death of the insect within 24 hours after treatment. Our results would suggest that this strain is very interesting, more deep studies should be done in order to study the possibility to be used in biological control against locusts.

REFERENCES

1. Barboza-Corona JE, Ortiz-Rodríguez T, de la Fuente-Salcido N, Bideshi DK, Ibarra JE et Salcedo-Hernández R, [2009]: Hyperproduction of chitinase influences crystal toxin synthesis and sporulation of *Bacillus thuringiensis*. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 96(1), 31-42.
2. Bissad F.Z, Youcef M. et Doumandji-Mitiche B. [2010]: Effet d'un champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* Var. *Acridum* sur la cuticule du criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forskäl, 1775). *European Journal of scientific research*, 45(1) 55-33
3. Boufersaoui A, Allilech S., Garici Y, Chikhi A, Metiaz- Nateche, et Abderahmani A, [2009] : Microbiologie et lutte : action de *Bacillus thuringiensis* sur des paramètres histologiques d'*Acrida turrita*, *Biotechnologie microbienne au service du développement Congrès. International. Maroc*
4. Butko P, [2003] Cytolytic Toxin Cyt1A and Its Mechanism of Membrane Damage: Data and Hypotheses, *Appl. Environ. Microbiol.* 69,(5),2415-2422
5. Cahan R, Shainberg A, Malik Z, Nitzan Y, [1994]. Biochemical and morphological changes in rat muscle cultures caused by 28,000 mol. Wt toxin of *Bacillus thuringiensis israelensis*. *Toxicon*. 32(9), 1125-36
6. Chopard L, [1943] : Faune de l'empire français, Orthoptéroïdes de l'Afrique du nord. Librairie Larose, Paris, 395-396
7. Doumandji S. et Doumandji-Mitiche B, [1994] *Criquets et sauterelles (Acridologie) O.P.U., 99P.*
8. Driss F., Kallassy-Awad M, Zouari N, and Jaoua S, [2005] Molecular characterization of a novel chitinase from *Bacillus thuringiensis* subsp. KURSTAKI. *Journal of Applied Microbiology*.99, 945-953
9. Feitelson J.S, [1993]. The *Bacillus thuringiensis* family tree. *Advanced engineered pesticides*. Marcel Dekker, New York, PP: 63-72
10. Gabe M, [1968] *Techniques histologiques*, Masson, Paris.
11. Ghasemi S, Ahmadian G, Sadeghi M, Zeigler DR, Rahimian H, Ghandili S, Naghibzadeh N, Dehestani A, [2011] First report of a bifunctional chitinase lysozyme produced by *Bacillus pumilus* SG2. *Enzyme and microbial technology*. 48 (3) 225-31.
12. Gill S.S, Cowles E.A et Pietrantonio P.V, [1992] The Mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. *Ann. Rev. Entomol.* 37, 615-636

13. Gill S.S, Cowles E.A et Pietrantonio P.V, [1992] The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. Annu. Rev. Entomol. 615-36
14. Gomaa E.Z, [2012] Chitinase production by *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus licheniformis*: Their potential in antifungal biocontrol. The journal of Microbiology. 50 (1) 103-11.
15. Halouane F, Benzara A, Doumandji-Mitiche B, and Bouhacein M., [2001] Effet de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* et *Metarhizium flavoviride* (Hyphomycètes, Deuteromycotina) sur l'hémogramme des larves de 5ème stade et des adultes de *Locusta migratoria migratorioides* (Orthoptera: Acrididae). Journal of Orthoptera Research. 10(2) 331-334.
16. Hamadi K [1998] : Bioécologie de la faune orthoptérologique en Mitidja. Etude de l'activité biologique de plantes acridifuges sur *Aiolopus strepens* (Latreille 1804) (Orthoptera, Acrididae), Thèse de Magister. INA, Alger, 197P.
17. Hoffman H, Van der bruggen H, Höft H, Van Rie J, Jansens S, et Van H, [1988] : Specificity of *Bacillus thuringiensis* delta endotoxins is correlated with the presence of high affinity binding sites in the brush border membrane of target insect midguts. Proc. Natl. Acad. Sci.USA, 85 7844-7848
18. Hôte H. et Whiteley H.R,[1989]: Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. Microbiol.mol.biol rev. 53, 242-255
19. Kaelin P, Morel P, Gadani F. [1974]: Isolation of *Bacillus thuringiensis* stored tobacco and *Lasioderma serriocorne* (F.). Appl. Environ. Microbiol. 60, 19-25
20. Knowles B.H, [1994]: Mechanism of action of *Bacillus thuringiensis* insecticidal delta endotoxins. Adv.Insect.Physiol.24, 275-308
21. Knowles B.H.et Ellar D.J. [1987]: Colloid osmotic lysis is a general feature of the mechanism of action of *Bacillus thuringiensis* delta endotoxins with different insect specificity. Biochim. Biophys. Acta. 924, 509-518
22. Kumar R. [1991] : Les insectes ravageurs des cultures edition Karthala et CTA, 6-7
23. Launois –Luong M.H, Launois M. et Rachadi T, [1988] : Lutte chimique contre les criquets du sahel. CIRAD, coll Acrid.Operat 3, 83P.
24. Liu M, Cai Q.X, Liu H.Z.,Zhang B.H, Yan J.P and Yuan Z.M, [2002] : Chitinolytic activities in *Bacillus thuringiensis* and their synergistic effects on larvicidal activity. Journal. of applied Microbiology, 93, 374-379
25. Martoja R, et Martoja-Pierson M, [1967] : Initiation aux techniques de l'histologie animale. Masson, Paris.
26. Saiah F, Bendahmane BS, Youcef Benkada M, Berkani A. et Gacemi A. [2010] : Isolement et identification de bactéries entomopathogènes à partir de *Phyllocnistis citrella* Stainton 1856 dans l'Ouest algérien Faunistic Entomology 2011. 63 (3) 121-123
27. Saidi-Touati M. [1996] : Bioécologie des Caelifères dans trois types de milieux à Birkhadem. Utilisation de *Melia azedarach* contre le genre *Aiolopus* (Fieber, 1853) (Orthoptera, Acrididae), thèse de Magister, INA, Alger, 134P.

28. Saidi-Touati M, Boufersaoui A, Amari K, Kenane S, Metiaz- Natech F, Abderahmani A. [2008] : Impact de *Bacillus thuringiensis* sur *Aiolopus strepens*. Toxicologie Méditerranéenne, Diversité et spécificité Perspective de lutte. Congrès Mixte International. Essaouira.
29. Sanchis V, Chaufaux J, Lereclus D.[1995] : Utilisation de *Bacillus thuringiensis* en protection des cultures et résistance des insectes. Cahier de l'Agriculture. 4,405-406
30. Singh G. J. P, Schouest L.P Jr, Gill S.S. [1986]: Action of *Bacillus thuringiensis* subsp. israelensis δ -endotoxin on the ultrastructure of the housefly larva neuromuscular system in vitro. Journal of Invertebrate Pathology, 47, (2) 155-166
31. Steedman A. [1988]: Locust handbook, Overseas Development Natural Resources Institute (O.D.N.I.) London 180P.
32. Van Rie J, Janses S, Höfte H, Degheel D, et Van Mellaert H, [1990] : Receptors on the brush border membrane of the insect midgut as determinants of the specificity of *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxins. Appl. Environ. Microbiol. 56, 1378-1385
33. Yu C.G, Mullins M.A, Warren G.W, Koziel M.G et Estruch J.J. [1997]: The *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein Vip3A Lyses midgut epithelium cells of susceptible insects. Appl. Environ. Microbiol 63,532-536

APPENDICES

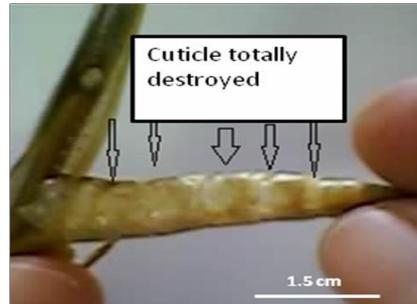


Figure 1: Perforation of the Abdomen of *Anacridium aegyptium* after Treatment with TIM14

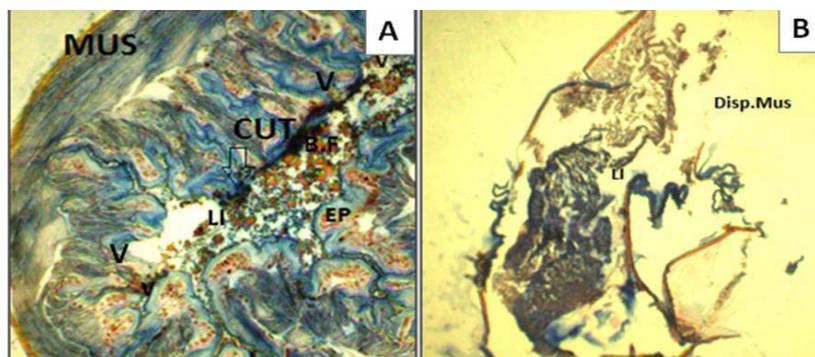


Figure 2: Cross-Section of the stomodeum of *Anacridium aegyptium* Treated with TIM14. A) Control (Magn.X100). LI: Intestinal Lumen, Ep: Epithelium. CUT: Cuticle, V: Villi. B.F: Bowl Food. B) Cross Section of the Stomodeum of *A.aegyptium* Treated with TIM 14 (Magn. x40), Disp.Mus. : Disappearance of Muscle Structure, LI: Intestinal Lumen. (Azan)