

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

المدرسة العليا للعلوم الفلاحية - الحراش - الجزائر

Thèse

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

Thème

**BIOÉCOLOGIE DES ORTHOPTÈRES DANS LA RÉGION DE JIJEL :
CAS PARTICULIER DE *CALLIPTAMUS BARBARUS*
(ORTHOPTERA: CALLIPTAMINAE): MORPHOMÉTIE,
RÉGIME ALIMENTAIRE, ACRIDOFAUNE ET
IDENTIFICATION MOLÉCULAIRE**

Présentée par : Mr ROUIBAH Moad

Devant le jury:

Président:	Mme DOUMANDJI-MITICHE B.	Professeur (E.N.S.A)
Promoteur:	M. DOUMANDJI S.	Professeur (E.N.S.A)
Examineurs:	Mr MESLI L.	Professeur (U. Tlemcen)
	Mme HALOUANE A.	Professeur (U. Boumerdes)
	Mr GHEZALI D.	M.C.A. (E.N.S.A.)
	Mme MOHAMED SEHNOUNE A .	M.C.A. (U. T. Ouzou)

Soutenue en janvier 2017

À LA MÉMOIRE DE MES PARENTS QUE DIEU LE
MISÉRICORDIEUX AIT LEUR ÂMES EN SON
VASTE PARADIS.

À CELLE QUI A PARTAGÉ AVEC MOI LE MEILLEUR
ET LE PIRE, QUI CONTINUE DE SOUFFRIR EN
SILENCE.

À MES ENFANTS SARAH ET LOUKMÈNE,



*JE DÉDIE CETTE
THÈSE*

Remerciements

A l'issu de ce travail, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné la force, la patience et la volonté pour aller au bout de ce travail. J'exprime par la même occasion ma profonde gratitude à mon Directeur de thèse Mr DOUMANDJI Salaheddine, Professeur au département de Zoologie agricole et forestière de l'ENSA pour son dévouement, sa disponibilité, son expérience, son sérieux, sa persévérance, ses conseils, sa compréhension et son amour pour son métier. Qu'il trouve ici toute ma reconnaissance et ma gratitude. Je témoigne ici également mes remerciements à M^{me} DOUMANDJI-MITICHE Bahia, Professeur au département de Zoologie agricole et forestière de l'ENSA, qui a accepté de présider le jury. Je tiens à remercier aussi Mr MESLI Lotfi, Professeur à l'Université Aboubakr Belkaid de Tlemcen pour m'avoir honoré de sa présence et de juger ma thèse de même que Mme HALOUANE Fatma, Professeur à l'Université de Boumerdes, Mr GHEZALI Djelloul, Maître de conférences au département de Zoologie agricole et forestière de l'ENSA et Mme MOHAMED SEHNOUNE Aouaouche Maître de conférences à l'Université Mouloud Memeri de Tizi Ouzou pour avoir répondu positivement à ma demande d'examiner mon travail. Je tiens à remercier aussi Mr SIFOUR Mohamed, Maître de conférences à l'Université Mohamed Sedik Benyahia de Jijel, pour m'avoir remis sur le chemin de la recherche scientifique après une longue traversée du désert. Je remercie également mes collègues du département des sciences de l'environnement de l'Université de Jijel, du département de zoologie agricole de l'ENSA d' El Harrach et tous les gens qui m'ont encouragé à aller de l'avant. Ce travail n'aurait pas pu avoir lieu si ce n'est l'accueil du Professeur JJ. PRESA dans son laboratoire d'Orthoptérologie à l'Université de Murcia en Espagne. Je lui témoigne ici toute ma gratitude et mes remerciements pour ses conseils, sa disponibilité et surtout sa sympathie et sa gentillesse. Je saisi également cette occasion pour remercier les autres membres du laboratoire : María DOLORES GARCIA, Eulalia, CLEMENTE Espinosa, María Isabel ARNALDOS SANABRIA et Esperanza, pour leur accueil chaleureux. Et comment oublier Alejandro LOPEZ du département des sciences vétérinaires de l'Université de Murcia sans qui le travail sur la biologie moléculaire n'aurait pas eu lieu. Merci beaucoup Alejandro pour tous ce que vous avez fait pour moi.

Liste des abréviations

APG: Analyse Procustéenne Généralisée

BNDR : Bureau National de Développement Rural

BNEF: Bureau National des Etudes Forestières

CPG-SM: Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrophotométrie

IDGC: Institut de Développement des Grandes Cultures

ONM: Office National de Météorologie

PNT: Parc National de Taza

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Remerciements

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction	2
Chapitre 1- Généralités sur les Orthoptères.....	6
1.1.- Grandes lignes de la systématique des Orthoptères.....	6
1.1.1.- Quelques données sur les Ensifères	6
1.1.2.- Quelques données sur les Caelifères	7
1.2.- Particularités morphologiques.....	9
1.3.- Facteurs intervenant dans la mortalité des Orthoptères.....	9
1.3.1.- Facteurs climatiques.....	9
1.3.2.- Prédateurs et parasites.....	9
1.3.2.1.- Prédateurs.....	9
1.3.2.2. - Parasites et parasitoïdes	10
1.4.- Description du genre <i>Calliptamus</i>	10
1.4.1. - Particularités du genre <i>Calliptamus</i>	10
1.4.2. - Description morphologique	11
1.4.3. - Révision du genre <i>Calliptamus</i> par JAGO (1963).....	11
1.4.4.- Espèces du genre <i>Calliptamus</i> en Algérie.....	14
1.4.4.1.- <i>Calliptamus wattenwylanus</i>	14
1.4.4.2. – <i>Calliptamus barbarus</i>	14
1.4.4.2.1. - Description morphologique.....	14
1.4.4.2.2. - Habitat et aire de répartition géographique.....	15
1.4.4.2.2.1. - Habitat et répartition dans le monde de <i>C. barbarus</i>	15
1.4.4.2.2.2. - Habitat et répartition en Algérie de <i>C. barbarus</i>	15
1.4.4.2.3. - Biologie et écologie	17
1.4.4.2.3.1. - Développement biologique et capacité reproductrice	17
1.4.4.2.3.1.1. - Accouplement et ponte	17
1.4.4.2.3.1.2. - Développement embryonnaire et larvaire	18
1.4.4.2.3.1.3. - Etat imaginal	18
1.4.4.2.3.2. - Voltinisme et diapause	18

1.4.4.2.3.3. - Stridulation ou production de son	19
1.4.4.2.3.4. - Capacité de dispersion et comportement pendant le vol	19
1.4.4.2.3.5. - Ecologie	19
Chapitre 2- Présentation de la région de Jijel	22
2.1.- Situation géographique de la région d'étude	22
2.1.1. - Relief	22
2.1.2. - Hydrologie	22
2.2. – Climatologie	24
2.2.1. - Pluviométrie	24
2.2.2. - Température	27
2.2.3. - Autres paramètres climatiques.....	28
2.2.3.1. – Vents	29
2.2.3.2. - Humidité relative	29
2.2.4. - Synthèse climatique	31
2.2.4.1. - Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен	31
2.2.4.2. - Climagramme pluviométrique d'Emberger	33
2.3. – Données biotiques	33
2.3.1. - Données floristiques.....	33
2.3.2. - Données faunistiques	35
Chapitre 3- Matériel et méthodes.....	37
3.1. – Choix des stations d'étude.....	37
3.1.1. - Station 1: Texenna.....	38
3.1.2.- Station 2: Kissir.....	38
3.1.3.- Station 3: Jijel.....	38
3.1.4. - Station 4: Béni Caid.....	38
3.1.5. - Station 5: Béni Bélaïd.....	41
3.1.6. - Station 6: El Emir Abdelkader.....	41
3.1.7. - Station 7: El Aouana.....	41
3.2. - Etude de la bioécologie des Orthoptères.....	44
3.2.1. - Inventaire des différents Orthoptères.....	44
3.2.2. - Principes utilisés pour le calcul des différents indices écologiques.....	45
3.2.2.1. - Qualité de l'échantillonnage.....	46
3.2.2.2.- Richesse totale et moyenne.....	46
3.2.2.3. - Calcul de la Fréquence d'occurrence.....	46

3.2.2.4. - Calcul de l'Abondance relative	46
3.2.2.5. – Etude de la diversité des Orthoptères.....	47
3.2.2.6. - Calcul de l'équitabilité.....	47
3.3.- Etude du régime alimentaire.....	47
3.3.1. - Capture des insectes sur le terrain.....	48
3.3.2. - Calcul du taux de recouvrement du sol par les espèces végétales.....	49
3.3.3. - Préparation des épidermothèques de référence.....	49
3.3.4. - Analyse des fèces	50
3.4.-Etude morpho-métrique.....	51
3.4.1. - Morphométrie classique.....	51
3.4.1.1. - Matrice de corrélation.....	52
3.4.1.2. - Droite de régression.....	53
3.4.1.3. - Analyse de la variance (ANOVA).....	53
3.4.2. - Morphométrie géométrique.....	53
3.4.2.1. - Principe de la méthode procustéenne.....	53
3.4.2.2. - Application de la méthode.....	54
3.5. -Etude moléculaire.....	61
3.6.- Isolement reproductif.....	65
3.7.-Efficacité des extraits aqueux de l'Harmal: <i>Peganum harmala</i> et des huiles essentielles de la Menthe pouliot: <i>Mentha pulegium</i> sur les larves de <i>C.barbarus</i>	66
3.7.1. - Préparation des extraits à base de grains et feuilles de <i>Peganum harmala</i> : protocole de macération.....	70
3.7.2. - Extraction des huiles essentielles à partir de la Mente: <i>M. pulegium</i> : protocole d'hydrodistillation.....	72
3.7.3. - Calcul du rendement et analyse de la composition chimique.....	72
3.7.4.- Tests d'efficacité.....	74
Chapitre 4- Résultats.....	78
4.1. - Acridofaune sympatrique.....	78
4.1.1. - Liste générale des Orthoptères de la région de Jijel	78
4.1.2. - Qualité de l'échantillonnage.....	83
4.1.3. - Exploitation statistique des résultats.....	84
4.1.3.1. - Richesse totale et moyenne	84
4.1.3.2. – Fréquences d'occurrence	85
4.1.3.3. – Fréquences centésimales ou abondances relatives.....	87

4.1.3.4. –Diversité spécifique des milieux.....	89
4.1.3.5. – Equitabilité.....	90
4.1.4. - Calcul de la densité et du sex ratio chez <i>Calliptamus barbarus</i>	90
4.2. - Etude trophique.....	93
4.3. - Etude de la morphométrie.....	102
4.3.1.- Morphométrie classique.....	102
4.3.1.1. - Mensurations corporelles.....	102
4.3.1.2. - Analyses statistiques.....	108
4.3.1.2.1. - Matrice de corrélation.....	108
4.3.1.2.2. - Test de conformité	109
4.3.1.2.3. - Droites de régression	110
4.3.1.2.4. - Analyse de la variance (ANOVA).....	111
4.3.2. - Morphométrie géométrique.....	115
4.3.2.1. - Superposition procustéenne.....	115
4.3.2.2. - Influence du sexe et du polymorphisme chromatique et géographique sur l'asymétrie alaire de <i>C. barbarus</i>	117
4.3.2.3. - Analyses statistiques	120
44 - Etude moléculaire.....	122
4.5. -Isolement reproductif	128
4.6. - Aspects bioacridicides.....	130
4.6.1.- Rendement en substances bioactives.....	130
4.6.2. - Détermination des substances bioactives.....	132
4.6.3. - Tests biologiques.....	132
4.6.3.1. - Effet par contact des EAq des grains de <i>P. harmala</i>	132
4.6.3.2.- Effet par contact des EAq des feuilles de <i>P. harmala</i>	136
4.6.3.3.- Effet par contact des huiles essentielles de <i>M. pulegium</i>	136
4.6.3.4.- Effet comparée des tests par contact.....	139
4.6.3.5. - Effet par ingestion des EAq des grains et feuilles de <i>P. harmala</i>	139
4.6.3.6. - Effet par ingestion des HEs de <i>M. pulegium</i>	144
4.6.3.7.- Effet comparée des tests par ingestion.....	146
4.6.3.8.-Comparaison entre les deux modes d'action (par contact et par ingestion) des substances bioactives.....	146
Chapitre5- Discussion.....	150
5.1. - Acridofaune accompagnatrice.....	150

5.2. - Régime alimentaire.....	152
5.3. -Morphométrie classique.....	154
5.4. -Morphométrie géométrique.....	156
5.5.- Isolement reproductif.....	157
5.6.- Résultats en biologie moléculaire.....	158
5.7. - Aspects bioacridicides.....	160
5.7.1. - Rendement et détermination des substances bioactives	161
5.7.2. - Tests biologiques.....	161
5.7.2.1. - Effet par contact des EAq des grains et feuilles de <i>P. harmala</i> et les HEs de <i>M. pulegium</i>	162
5.7.2.2.- Effet par ingestion des EAq des grains et feuilles de <i>P. harmala</i> et des HEs de <i>M. pulegium</i>	163
5.7.2.3 - Comparaison entre les deux modes d'action (par contact et par ingestion) des substances bioactives	163
Conclusion générale et perspectives.....	166
Références bibliographiques.....	172
Annexes.....	192
Résumés.....	224

Liste des tableaux

Tableau 1 – Classification générale des Caelifera et position systématique des Calliptaminae (FLOOK et al., 1999, modifié).....	8
Tableau 2 - Précipitations moyennes annuelles exprimées en millimètres pour la région de Jijel (SELTZER, 1946; O.N.M., 2015).....	24
Tableau 3 - Indice de Nicholson calculé pour la région de Jijel.....	25
Tableau 4 - Régime pluviométrique saisonnier et Indice saisonnier de Musset pour la région de Jijel (SELTZER, 1946; O.N.M., 2015)	27
Tableau 5 - Températures minimales, maximales et moyennes de Jijel (O.N.M., 2015).....	27
Tableau 6 - Groupes et types thermiques selon RIVAS-MARTINEZ (1996).....	28
Tableau 7 - Fréquences en pourcentages, vitesses moyennes et direction des vents dominants enregistrés dans la région de Jijel (O.N.M., 2015).....	29
Tableau 8 - Moyennes mensuelles de l'humidité relative en pourcentage dans la région de Jijel entre 1995 et 2014 (O.N.M., 2015)	31
Tableau 9 - Etages de végétation constituant les forêts dans la région de Jijel (B.N.E.F., 1986, modifié).....	192
Tableau 10 - Entomofaune non Orthopterologique du Parc National de Taza (ROUIBAH et DOUMANDJI, 2012).....	193
Tableau 11 - Les Reptiles et Amphibiens de la région de Jijel (B.N.E.F,1986).....	194
Tableau 12 - Les Oiseaux de la région de Jijel (B.N.E.F, 1986).....	194
Tableau 13 - Les mammifères de la région de Jijel (B.N.E.F, 1986).....	196
Tableau 14 - Analyse granulométrique du sol des stations d'étude	37
Tableau 15 – La représentation des espèces végétales dans la station de Texenna.....	197
Tableau 16 - Représentation des espèces végétales dans la station de Kissir... ..	197
Tableau 17 : Inventaire de la flore au niveau de la station de Jijel.....	198
Tableau 18 : Inventaire de la flore au niveau de la station de Béni Caid.....	199
Tableau 19 : inventaire de la flore à la station de Béni Bélaid.....	200
Tableau 20 : Inventaire de la flore de la station d'Emir Emir Abdelkader... ..	201
Tableau 21 : Inventaire de la flore de la station d'El-Aouana.....	202
Tableau 22 - Données collectées pour les échantillons de <i>C. barbarus</i> utilisés pour l'analyse moléculaire.....	63

Tableau 23 - Liste des "outgroups" et les séquences additionnelles de <i>C. barbarus</i> obtenues à partir des données de la GenBank	64
Tableau 24 – Position systématique des Orthoptères recensés dans la région de Jijel.....	78
Tableau 25 – Présence-absence des espèces acridiennes dans les différentes stations	82
Tableau 26 – Qualité de l'échantillonnage des espèces acridiennes dans les six stations.....	83
Tableau 27 – Richesses totales et moyennes en espèces d'Orthoptères dans les différentes Stations	84
Tableau 28 - Fréquence d'occurrence des Orthoptères dans les différentes stations	85
Tableau 29 – Abondances relatives (en %) des Orthoptères dans les différentes stations ...	88
Tableau 30 – Indice de diversité de Shannon-Weaver et équitabilité mois par mois pour les différentes stations	89
Tableau 31 - Densité par 45 m ² de <i>C. barbarus</i> pour les différentes stations pendant les années 2000 et 2001	91
Tableau 32 - Densité par 45 m ² de <i>C. barbarus</i> pendant les années 2011, 20012 et 2013.....	91
Tableau 33 - Sex-ratio de <i>C. barbarus</i> dans les trois stations.....	92
Tableau 34 - Estimation par espèce végétale des taux du recouvrement sur le terrain, de leurs fréquences dans les fèces, de la surface foliaire ingérée, des taux de consommation et des indices d'appétence à l'égard de <i>C. barbarus</i> des plantes consommées.....	93
Tableau 35 - taux de recouvrement et surface foliaire moyenne pour les différentes familles botaniques	100
Tableau 36 - Morphométrie de la population femelle de <i>C. barbarus</i> dans la station 1 (Texenna)	103
Tableau 37 – Morphométrie de la population mâle de <i>C. barbarus</i> dans la station 1 (Texenna).....	104
Tableau 38 - Morphométrie de la population femelle de <i>C. barbarus</i> dans la station 2 (Kissir).....	105
Tableau 39 -Morphométrie de la population mâle de <i>C. barbarus</i> dans la station 2 (Kissir).....	106
Tableau 40 - Morphométrie de la population femelle de <i>C. barbarus</i> dans la station 3 (Jijel).....	107

Tableau 41 -Morphométrie de la population mâle de <i>C. barbarus</i> dans la station 3 (Jijel).....	108
Tableau 42 - Tests de conformité des coefficients de corrélation des couples LF/Lf et LE/LF pour les femelles et les mâles dans les 3 stations	109
Tableau 43 - Test de conformité des coefficients de corrélation du couple de mesure SF/STF pour les femelles et les mâles dans les 3 stations.....	110
Tableau 44 - Equations des droites de régression des femelles et des mâles Texenna, de Kissir et de Jijel.....	110
Tableau 45 - Analyse de la variance de la longueur totale chez les femelles de <i>C. barbarus</i> entre les 3 stations.....	115
Tableau 46 - Analyse de la variance de la longueur totale chez les mâles de <i>C. barbarus</i> entre les 3 stations.....	115
Tableau 47 - Pourcentage de contribution de chaque PR par rapport à la variabilité totale.....	117
Tableau 48 - ANOVA des distances euclidiennes des élytres en fonction du sexe et du polymorphisme chromatique.....	120
Tableau 49 - ANOVA des tailles centroïdes des élytres en fonction du sexe et du polymorphisme chromatique.....	122
Tableau 50 - Logarithmes des doses et Probit de la mortalité cumulée selon le test des EAq des grains de <i>P. harmala</i> par contact.....	134
Tableau 51 -Logarithmes des doses et Probit de la mortalité cumulée selon le test des EAq des feuilles de <i>P. harmala</i> par contact.....	136
Tableau 52 - Logarithmes des doses et Probit de la mortalité cumulée pour le test HEs de <i>M. pulegium</i> par contact	139
Tableau 53 - Logarithmes des doses et Probit de la mortalité cumulée pour le test par ingestion des EAq des grains de <i>P. harmala</i>	141
Tableau 54 - Logarithmes des doses et Probit de la mortalité cumulée pour le test par ingestion des EAq des feuilles de <i>P. harmala</i>	144
Tableau 55 - Logarithmes des doses et Probit de la mortalité cumulée pour le test par ingestion des HEs de <i>M. pulegium</i>	144

Liste des figures

Figure 1- Morphologie externe d'un mâle de <i>Calliptamus</i> (JAGO, 1963).....	12
Figure 2- Détails du complexe phallique chez <i>Calliptamus</i> (JAGO, 1963, modifiée).....	13
Figure 3 : Pallium du mâle de <i>C. barbarus</i> (BELLMAN et LUQUET, 1995, modifiée).....	16
Figure 4 - Répartition géographique de <i>C. barbarus</i> dans le monde (JAGO, 1963 modifiée).....	16
Figure 5 - Situation géographique de la région de Jijel (B.N.D.R.,1997.....	23
Figure 6 - Fluctuations pluviométriques dans la région de Jijel entre 1995 et 2014 (O.N.M., 2015).....	26
Figure 7 - La rose des vents pour la région de Jijel entre 1995 et 2014 (O. N.M., 2015).....	30
Figure 8 - Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région de Jijel pour la période allant de 1995 à 2014.....	32
Figure 9- Climagramme pluviométrique d'Emberger pour la région de Jijel.....	34
Figure 10 - Station n°1: Texenna.....	39
Figure 11 - Station n°2: Kissir.....	39
Figure 12 - Station n° 3 Jijel.....	40
Figure 13- Station n°4: Béni Caid.....	40
Figure 14 - Station n° 5 Beni-Belaid.....	42
Figure 15 - Station n° 6 : El Emir Abdelkader	42
Figure 16 - Station n°7: El Aouana.....	43
Figure 17 - Station de Djelfa.....	43
Figure 18 - Station de Kasr El-Boukhari.....	43
Figure 19 - Les trois étapes de la superposition procustéenne (GOWER, 1975).....	55
Figure 20 - Aile de femelle de <i>C.barbarus</i> à trois tâches fémorales (photo originale).....	57
Figure 21 - Aile de femelle de <i>C.barbarus</i> à une tâche fémorale (photo originale).....	57
Figure 22 - Elytre de femelle de <i>C. barbarus</i> et position des 11 PR.....	57
Figure 23 - Représentation schématique montrant le déplacement d'un PR de l'élytre droit par apport au gauche, après superposition.....	58
Figure 24 - Le barycentre des 11PR d'un élytre.....	60
Figure 25 - <i>Calliptamus barbarus</i> femelle à 1T (à droite) et à 3T (à gauche)	62
Figure 26- Distribution géographique des deux bioformes de <i>C. barbarus</i> en Algérie et zones d'échantillonnage (sombre: forme à 3T, claire: forme à 1T).....	62

Figure 27 - Cage d'élevage utilisée lors de l'isolement reproductif des deux bioformes de <i>C. barbarus</i>	67
Figure 28 - Grains et feuilles du Harmal: <i>Peganum harmala</i>	69
Figure 29 - Feuilles et fleurs de la Menthe pouliot: <i>Mentha pulegium</i>	69
Figure 30 - Les différentes étapes de la macération méthanolique	71
Figure 31 - Le dispositif d'extraction Clevenger.....	73
Figure 32 - Dispositif expérimental de traitements des larves de <i>C. barbarus</i>	76
Figure 33 – Répartition selon les sous familles de l'acridofaune accompagnatrice.....	81
Figure 34 – Microphotographie des cellules épidermiques de quelques dicotylédones.....	96
Figure 35 - Microphotographie des cellules épidermiques de quelques Graminées.....	98
Figure 36 - Fréquence de consommation des plantes selon les familles botaniques.....	101
Figure 37 - Taux de consommation des plantes selon les familles botaniques.....	101
Figure 38 – Régression linéaire entre la longueur des élytres et la longueur des fémurs des femelles dans les trois stations.....	112
Figure 39 - Régression linéaire entre la longueur des élytres et la longueur des fémurs des mâles dans les trois stations.....	112
Figure 40 - Régression linéaire entre la longueur et la largeur des fémurs des femelles dans les trois stations.....	115
Figure 41 - Régression linéaire entre la longueur et la largeur des fémurs chez les mâles dans les trois stations.....	113
Figure 42 - Régression linéaire entre la surface des fémurs et la surfaces des taches fémorales chez les femelles de Texenna, Kissir et Jijel.....	114
Figure 43 - Régression linéaire entre la surface des fémurs et la surface des taches fémorales chez les mâles de Texenna, Kissir et Jijel.....	114
Figure 44 - Alignement des 11PR des 76 paires d'élytres après superposition procustéenne (APG).....	116
Figure 45 -Pourcentages de variabilité des 11 PR pour l'ensemble des individus testés.....	118
Figure 46 -Histogramme de distribution des angles des vecteurs du PR1.....	118
Figure 47 - Projection des 38 paires d'élytres sur les 2 premiers axes de flexion relative.....	119
Figure 48 -Patterns des flexions relatives des élytres droite et gauche des deux bioformes.....	121

Figure 49 - Arbre d'inférence Bayésien obtenu pour la matrice concaténée de <i>C. barbarus</i> comprenant les données COI et 16S	123
Figure 50 - Arbre d'inférence Bayésien obtenu pour le fragment 16S	124
Figure 51 - Arbre d'inférence Bayésien obtenu pour le fragment COI.....	125
Figure 52 - Réseau haplotype pour <i>C. barbarus</i> obtenu à partir des données COI, incluant les outgroups (<i>Calliptamus sp</i>).....	127
Figure 53 -Accouplement entre une femelle à 3 T et un mâle à 1T.....	129
Figure 54 -Accouplement entre une femelle à 1T et un mâle à 3 T.....	129
Figure 55 - Rendement des différents extraits de <i>Peganum harmala</i>	131
Figure 56 - Rendement en huiles essentielles de <i>Mentha pulegium</i>	131
Figure 57 - Effet par contact des extraits des grains de <i>P. harmala</i>	133
Figure 58 -détermination de la DL50 pour le test des grains de <i>P. harmala</i>	135
Figure 59 -Efficacité par contact des EAq des feuilles de <i>P. harmala</i>	137
Figure 60 - détermination de la DL 50 pour le test des EAq des feuilles de <i>P. harmala</i>	137
Figure 61 - Efficacité par contact d'huile essentielle de <i>M. pulegium</i>	138
Figure 62 - détermination de la DL 50 pour le test des HEs de <i>M. pulegium</i>	138
Figure 63 - comparaison entre l'effet acridicide par contact des trois substances bioactives.....	140
Figure 64 - Effet par ingestion des EAq des grains de <i>P. harmala</i>	140
Figure 65 - détermination de la DL 50 pour le test par ingestion des EAq des grains de <i>P. harmala</i>	142
Figure 66 - Effet par ingestion des EAq des feuilles de <i>P. harmala</i>	142
Figure 67 -détermination de la DL 50 pour le test par ingestion des EAq des feuilles de <i>P. harmala</i>	143
Figure 68 - Effet par ingestion des HEs de <i>M. pulegium</i>	145
Figure 69 - détermination de la DL 50 pour le test par ingestion des HEs de <i>M.</i> <i>pulegium</i>	145
Figure 70 - comparaison entre l'effet acridicide par ingestion des trois substances bioactives.....	147
Figure 71 -comparaison entre l'effet acridicide par ingestion et par contact des grains de <i>P. harmala</i>	147
Figure 72 - comparaison entre l'effet acridicide par ingestion et par contact des EAq des feuilles de <i>P. harmala</i>	148
Figure 73 - comparaison entre l'effet acridicide par ingestion et par contact des HEs de <i>M. pulegium</i>	148

INTRODUCTION

Introduction

La sécurité alimentaire repose surtout sur la protection des cultures contre les bio agresseurs dont les Orthoptères. L'histoire de ces insectes remonte à plus de 2400 ans avant J.C, où dans l'ancien testament, les invasions de sauterelles sont comptées parmi les plaies d'Egypte ayant déjà permis au peuple hébreu de s'affranchir de la tutelle pharaonique (ROY, 1961). Pourtant, il n'y a que 500 espèces de criquets sur 12000 décrites dans le monde qui sont des ravageurs des productions agricoles ou pastorales (COPR, 1982). Particulièrement lors des grandes invasions, la plupart des acridiens grégaires détruisent toute la végétation présente sur leur chemin. Ainsi, les céréales, les cultures maraichères et autres arbres fruitiers se trouvent complètement défoliés. Ne trouvant pas quoi manger, certains Orthoptères, comme le criquet marocain [*Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815)], s'attaquent même à la bouse de vache et aux crottins de cheval (DELASSUS et PASQUIER, 1929). En 1986, les pertes agricoles causées par les sauteriaux dans sept pays du Sahel sont estimées à 77 millions de dollars, soit 8 % de la valeur commerciale des céréales (LECOQ, 1992). Le coût de la lutte antiacridienne est revenu à 31 millions de dollars (LECOQ, 1992). L'Algérie à l'instar d'autres pays subit fréquemment les invasions du criquet pèlerin [*Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775)], lequel en 1866 a produit des pertes estimées à l'équivalent de 52 millions d'euros. Pour lutter contre ce ravageur, les pays donateurs ont dépensé 1 milliard d'euros entre 1987 et 2007 (BLANCHET, 2009). De même, le criquet marocain fait subir à l'agriculture, presque tous les ans, des dommages importants qui vont en augmentant depuis 1920 (PASQUIER, 1929). En outre, d'autres espèces de criquets qui pullulent, sont signalées çà et là à cause de leur nuisibilité sur les cultures. C'est le cas de *Calliptamus wattenwylanus* (Pantel, 1896) et de *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) en Algérie (CHARA, 1987). Plusieurs clés d'identification sont disponibles pour déterminer le genre *Calliptamus*, toutes basées sur la morphologie de la tegmina, du fémur métathoracique et du complexe phallique. Il est possible de citer celles de CHOPARD (1943, 1951), de HARZ (1975), de DEFAUT (1988), de LLORENTE (1982) pour l'Espagne, de BELLMANN et LUQUET (1995) pour l'Europe, de FONTANA *et al.* (2002) pour l'Italie et de OLMO VIDAL (2006) pour la Catalogne. Toutefois, la révision du genre *Calliptamus* par JAGO (1963) apparaît très instructive. Il est à souligner que si la détermination morphologique des mâles est assez facile, celles des femelles et des juvéniles demeurent très difficiles (BELLMAN et LUQUET, 1995; BLANCHET, 2009; BLANCHET *et al.*, 2012a).

Parmi les Calliptaminae, *C. barbarus* est l'espèce la plus polymorphe. Elle présente en effet un polymorphisme chromatique au niveau de la face interne du fémur postérieur, soit une, deux ou trois taches sur un fond jaune, orange ou rougeâtre. En outre, cette espèce acridienne présente en Algérie un polymorphisme géographique caractérisé par une répartition presque exclusive dans les régions semi-arides comme Médéa, Djelfa et l'arrière-pays d'Oran chez la population à une tache fémorale et une occupation des zones humides et subhumides avec Jijel, Boumerdès et Tizi Ouzou pour la population à trois taches fémorales (BENZARA, 2004). Sur la base de ces données témoignant du danger que représente cet acridien, plusieurs auteurs ont tenté de comparer les deux types de populations en s'appuyant sur la morphométrie (CLEMENT *et al.*, 1987; LOUVEAUX, 1991; BENZARA, 2004; LARROSA *et al.*, 2004), sur le comportement sexuel (LARROSA *et al.*, 2007), sur la production du son (LARROSA *et al.*, 2008) et sur l'anatomie et la biochimie (BENZARA, 2004), mais pas encore sur le plan moléculaire. Les études moléculaires ont déjà montré leur efficacité pour caractériser les populations chez les Orthoptères comme celles de CHAPUIS (2006) pour *Locusta migratoria* (Linnaeus, 1758); HUO *et al.* (2007) pour les Arcypteridae; SWORD *et al.* (2007) pour *Hesperotettix viridi* (Thomas, 1872); BERTHIER *et al.* (2008) pour *Oedaleus decorus* (Germar, 1825); CHAPUIS *et al.* (2008) pour *Locusta migratoria*; CHAPUIS *et al.* (2011) pour *Chortoicetes terminifera* (Walker, 1870); BERTHIER *et al.* (2011) pour *Chortoicetes terminifera* et *Locusta migratoria*; UMBERS *et al.* (2012) pour *Kosciuscola tristis* (Sjöstedt, 1934); SAGLAM *et al.* (2013) pour *Phonochorion uvarovi* (Karabag, 1956). Pour ce qui concerne le genre *Calliptamus*, il est à signaler les études de BLANCHET (2009); BLANCHET *et al.* (2010); BLANCHET *et al.* (2012a).

Jusqu'à présent, aucun travail n'a été réalisé dans le but de comparer les deux populations de *C. barbarus* sur le plan moléculaire. Cette différence pourrait être révélée au moyen d'une étude phylogénétique et phylogéographique. Dans la présente étude, deux marqueurs moléculaires en l'occurrence un gène de l'ADN mitochondrial: la Cytochrome Oxydase I (COI) et le gène 16 S de l'ARN ribosomal sont pris en considération. Le premier marqueur est souvent employé non seulement dans les études phylogénétiques des Orthoptères (BENSASSON *et al.*, 2000; BURGOV *et al.*, 2006; BLANCHET *et al.*, 2010), mais aussi chez les autres insectes (JERMIIN et CROZIER 1994; ZHANG et HEWITT, 1996; GURYEV *et al.*, 2001). Quant à l'ARN ribosomal 16 S, celui-ci a déjà été testé avec succès par LU et HUANG (2006) pour la phylogénie des Oedipodinae ainsi que LOPEZ-LOPEZ et GALIAN (2010); LOPEZ-LOPEZ *et al.* (2012, 2014) pour les Cicindelinae.

Dans les pays en voie de développement comme en Afrique, largement fondés sur une agriculture de subsistance et sur l'équilibre alimentaire souvent précaire, les développements conjoints de l'agriculture et de la population humaine ont nécessité la mise en place de multiples stratégies de lutte face à l'ampleur des pertes alimentaires et économiques que les insectes ravageurs engendrent (BLANCHET, 2009).

Face à cette situation, plusieurs moyens sont mis en œuvre pour réduire l'ampleur des dégâts. La lutte antiacridienne nécessite une connaissance approfondie de la biologie et de l'écologie de ces insectes. Celle-ci permet de découvrir le moment le plus vulnérable des insectes à combattre de façon à entreprendre une lutte économique.

L'objectif de cette étude est double. D'abord, il s'agit d'approfondir les connaissances sur l'acridofaune de la région de Jijel dont les études sont rares mis à part les travaux de TEKKOUK (2012) et de ROUIBAH et DOUMANDJI (2013). Cette étude cherche à approfondir la biologie de *Calliptamus barbarus*, espèce acridienne très controversée. De ce fait, elle fait l'objet de révisions continues quant à sa systématique. Il s'agit d'une espèce très dangereuse pour les cultures en Algérie. Elle est ainsi étudiée sous ses différents aspects, autant morphométriques et géométriques que trophiques qualitativement et quantitativement. De même l'isolement reproductif et un test bio acridicide retiennent l'attention. Le but de ce travail est également d'examiner la position systématique des deux morphotypes de *C. barbarus* basée sur l'analyse de la séquence des deux gènes isolés à partir des deux bio-formes de cette espèce, soit à une et à trois taches fémorales. Pour cela, les échantillons sont prélevés dans deux régions géographiquement différentes en l'occurrence Kasr El Boukhari (Médéa) représentant la région semi-aride et Jijel correspondant à l'étage bioclimatique humide. L'objectif est étendu pour confirmer ou infirmer l'hypothèse du processus de spéciation proposé par BENZARA (2004) et LARROSA *et al.* (2008).

La présente étude est scindée en cinq chapitres. Un ensemble de données bibliographiques portant sur les Orthoptères et en particulier sur le genre *Calliptamus* est placé dans le premier chapitre. La présentation du milieu d'étude se retrouve dans le deuxième chapitre. La description des stations et les méthodes utilisées pour la réalisation du présent travail dans les différents axes sont abordées dans le troisième chapitre. Dans le quatrième chapitre, les résultats obtenus sont exposés, notamment pour ce qui est de la bioécologie des Orthoptères, le régime alimentaire, la morphométrie et l'étude moléculaire. Les discussions sont rassemblées dans le cinquième chapitre. Ce travail est clôturé par une conclusion générale et des perspectives.

CHAPITRE I

Chapitre I - Généralités sur les Orthoptères

Le terme Orthoptère dérive d'Orthos, qui signifie "droit " et pteron, "aile". C'est un groupe hétérogène d'espèces connues sous le nom de sauterelles, grillons et criquets. Ils constituent un vaste ordre d'insectes, composé actuellement par plus de 26 000 espèces, incluant les formes fossiles (EADES *et al.*, 2014). Selon ces mêmes auteurs, ce sont des insectes cosmopolites, présents presque dans toutes les régions du monde et dans différents habitats terrestres. Ils sont cependant prédominants dans les zones tropicales et subtropicales (MASSA *et al.*, 2012), notamment dans les régions arides et chaudes, à cause des caractères thermophiles et xérophiles de ces insectes (AYALA, 2014). Leurs tailles varient entre 3 et 50 mm et peuvent même atteindre 110 mm pour la Magicienne dentelée (*Saga pedo*, Orthoptera: Tettigoniidae) (BOITIER, 2007). Leurs pattes postérieures sont sauteuses, les ailes antérieures sont coriaces et transformées en élytres. Les grandes lignes de la systématique des Orthoptères avec leurs particularités morphologiques et les facteurs intervenant dans leur mortalité sont exposées. Dans ce contexte une large partie est consacrée au genre *Calliptamus*.

1.1. - Grandes lignes de la systématique des Orthoptères

Selon LOUVEAUX et BEN HALIMA (1987) la classification des Orthoptères la plus généralement admise est celle de DIRSH (1965), modifiée par UVAROV (1966). Mais La classification la plus récente est celle d'EADES *et al.* (2014). Elle divise cet ordre en deux sous-ordres ceux des Ensifères qui restent encore mal connus en Algérie et des Caelifères qui constituent la majeure partie des Orthoptères.

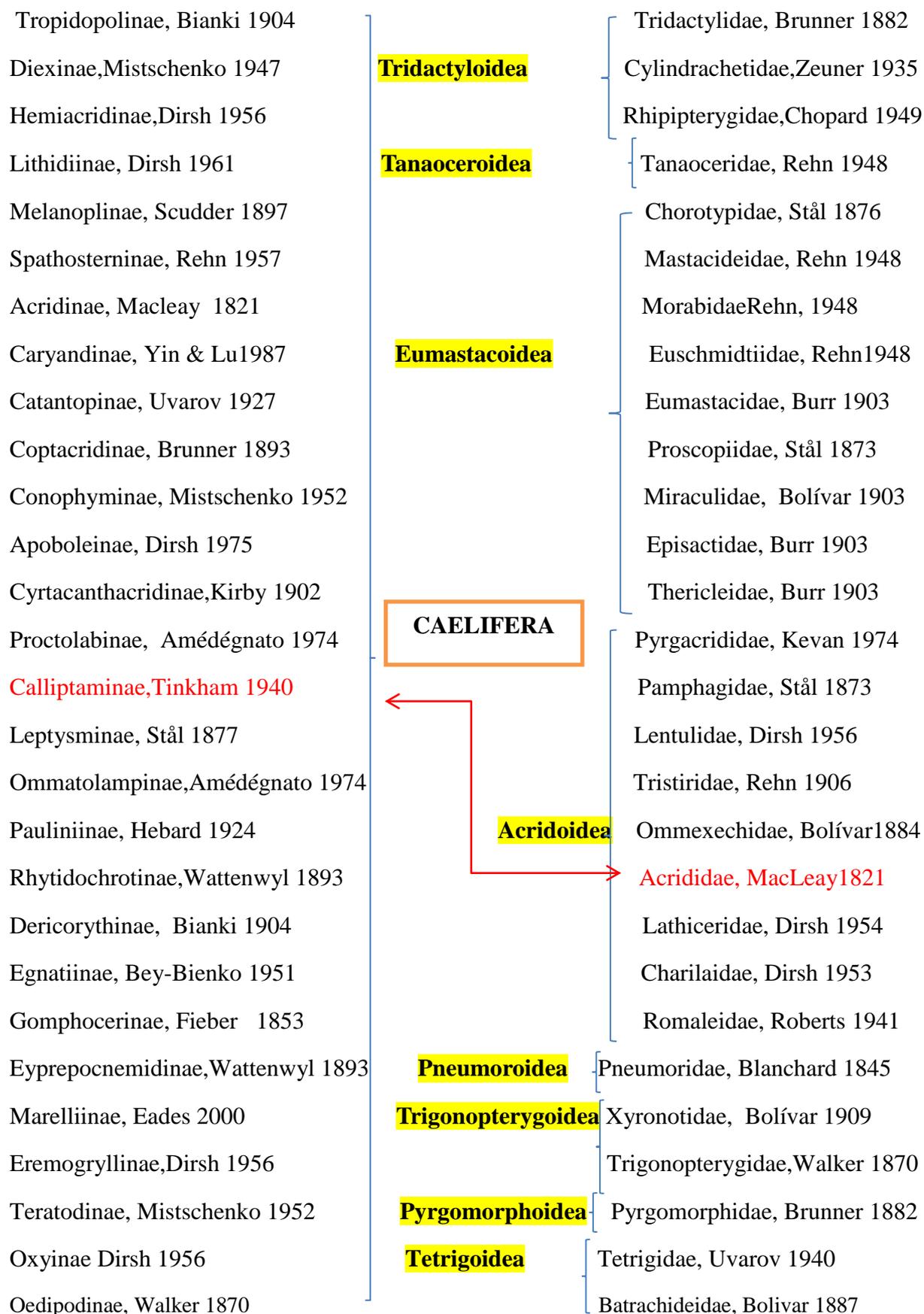
1.1.1. – Quelques données sur les Ensifères

Les ensifères restent encore mal connus en Algérie. En effet, très peu d'études leur ont été consacrées. En se basant sur l'ouvrage de CHOPARD (1943), MOHAMED-SAHNOUN *et al* (2010), ont décrit 118 espèces ou sous-espèces, en précisant leurs localités avec les coordonnées géographiques, les étages bioclimatiques et les zones biogéographiques. Le sous ordre des Ensifères comporte 6 Superfamilles, 12 familles et 68 sous-familles (CHOPARD, 1943). Les 6 Superfamilles sont : celles des Stenopelmatidae, des Raphidophoridae, des Schizodactylidae, des Tettigoniidae, des Haglidae et des Gryllidae.

1.1.2.- Quelques données sur les Caelifères

La classification des Caelifères la plus récente (FLOOK *et al.*, 1999; EADES *et al.*, 2014) est basée sur la phylogénie moléculaire. Elle divise ce sous ordre en 8 Superfamilles, 27 familles, 89 sous-familles et plus de 2300 genres dont une trentaine d'entre eux sont des espèces d'importance économique (COPR, 1982). La super famille la plus importante est incontestablement celle des Acridoidea composée par neuf familles, dont les Acrididae, constituée à elle seule de 30 sous familles (Tab.1).

Tableau 1 - Classification générale des Caelifera et position systématique des Calliptaminae, d'après FLOOK *et al.*(1999), modifié



1.2. - Particularités morphologiques

Chez certaines sous familles comme les Gomphoceriane, les Truxalinae et les Eremogryllinae, les mâles ont un véritable peigne stridulatoire dont le frottement sur la nervure intercalaire des élytres produit un son fémoro-alaire (DURANTON *et al.*, 1982). Leur partie abdominale porte les genitalia. Les cerques sont étroits et coniques. La plaque sous-génitale constituant le plancher de l'organe copulateur est très complexe. Elle porte sur sa face supérieuro-interne une saillie, le prépuce, renfermant le pénis (CHOPARD, 1943; BEAUMONT et CASSIER, 1983).

1.3. - Facteurs intervenant dans la mortalité des Orthoptères

Les études sur la bio-écologie des Orthoptères ont montré que les invasions acridiennes prennent généralement fin à l'issue d'une mortalité causée par les facteurs météorologiques et par des ennemis naturels.

1.3.1.- Facteurs climatiques

Les facteurs climatiques contribuant dans la limitation des effectifs des populations d'acridiens sont principalement la chaleur, la pluie et le vent. Etant des espèces essentiellement thermophiles, les criquets ont besoin d'une humidité relative assez élevée pour effectuer convenablement le cycle de développement. Néanmoins, une très forte chaleur ou un froid excessif (RIDET *et al.*, 1992).

1.3.2. - Prédateurs et parasites

Il existe deux types d'ennemis des Orthoptères, les prédateurs et les parasitoïdes.

1.3.2.1. - Prédateurs

Les prédateurs les plus importants sont surtout les espèces appartenant à l'ordre des Mantoptères. Entre autres, *Mantis religiosa* (Thunberg,1815), *Rivetiana fasciata* (Thunberg,1815), *Empusa pennata* (Thunberg,1815), *Sphodromantis viridis* (Forskal ,1775), *Geomantis larvoides* (Pantel,1896) et *Blepharopsis mendica* (Fabricus 1775) sont à noter.

Parmi les oiseaux prédateurs, le Busard cendré, *Circus pygargus* (Linnaeus, 1758) ne se nourrit que de criquets au Sénégal, notamment de *Schistocerca gregaria* (DE VISSCHER, 1991). En étudiant la bioécologie de quelques espèces de rapaces diurnes d'Algérie, SOUTTOU (2010) a signalé qu'à Biskra, *Falco tinnunculus* (Linnaeus, 1758) s'attaque également à *Schistocerca gregaria*

1.3.2.2. - Parasites et parasitoïdes

Chez les Orthoptères, c'est surtout les parasitoïdes d'oothèques qui sont observés, notamment parmi les Coléoptères comme *Trox procerus* (Linnaeus, 1767), *Mylabris schreibersi* (Reiche, 1866), *Trichodes amnios* (Fabricius, 1787) et surtout *Mylabris variabilis* (Pallas, 1781), ou bien les Diptères comme *Stomatorrhina lunata* (Fabricius, 1787), *Systoechus somali* (Oldroyd, 1947) et *Stenopogon elongatus* (Meigen 1804). Ce dernier a été observé pour la première fois par CHARA (1987) sur le genre *Calliptamus* dans l'ouest algérien. Par ailleurs, certains agents pathogènes sont des parasites d'Orthoptères. Ce sont surtout des champignons et, à un degré moindre, des bactéries. Dans le sud de la France, *Calliptamus italicus* a été décimée par *Empusa grylli*, un champignon Phycomycètes (BONNEMAISON, 1961). En Algérie, DOUMANDJI-MITICHE *et al.* (1997) ont étudié l'activité biologique de *Metarhizium anisopliae* sur les larves L5 et les adultes de *Schistocerca gregaria*, ayant montré une grande sensibilité vis-à-vis de ce champignon. De même, HALOUANE *et al.* (2001) ont testé avec succès l'activité antihémocytes de deux entomopathogènes, en l'occurrence *Beauveria bassiana* et *Metarhizium flavoviride* sur les L5 et les adultes de *Locusta migratoria* (Linnaeus, 1758). Dans la même optique, selon HENRY et OMA (1974) certains champignons du genre *Nosema* causent 100% d'infection parmi les larves de *Melanoplus bivittatus* (Say, 1825).

1.4. - Description du genre *Calliptamus*

D'abord, les particularités du genre *Calliptamus*, puis sa description morphologique, sa révision par JAGO (1963) sont traités. Les espèces existantes en Algérie sont revues.

1.4.1. - Particularités du genre *Calliptamus*

PENER et SHULOV (1960) distinguent une quinzaine d'espèces au sein du genre

Calliptamus, alors que JAGO (1963) après sa révision n'en cite que 13. Ce genre a connu de nombreuses révisions depuis sa première description. DIRSH (1956) a réexaminé les espèces de ce genre en utilisant le complexe phallique. JAGO (1963) a mis en évidence cinq caractères représentatifs du polymorphisme chez les *Calliptamus* tels que la forme et la taille des taches noires de la face interne des fémurs postérieurs, la couleur des fémurs et des tibias postérieurs, la longueur des élytres, la teinte du corps et l'aspect de l'apex du cerque. Les caractères clefs décrits par JAGO (1963) pour identifier les mâles de ces espèces sont relativement simples et déjà utilisés par CHOPARD (1951). Ces critères sont synthétisés par la suite par BELLMAN et LUQUET (1995). D'après ces mêmes auteurs, les caractères de différenciation des mâles sont généralement plus fiables que ceux des femelles qui sont beaucoup plus difficiles à déterminer. *C. italicus*, *C. barbarus*, et *C. wattenwylianus* sont signalés par DIRSH (1965) en tant qu'espèces présentes en Afrique du Nord.

1.4.2. - Description morphologique

Différents auteurs ont décrits le genre *Calliptamus* (Fig. 1) comme ayant une taille moyenne et des antennes filiformes (BEAUMONT et CASSIER, 1998). La tête est arrondie et le sommet du vertex large. Elle porte les organes sensoriels et les pièces buccales. Chez *Calliptamus*, le pronotum est à bord postérieur tronqué ou obtusément anguleux, à ligne médiane élevée, à carènes latérales distinctes et à disque plat (CHOPARD, 1943). Les élytres sont allongées et étroites dépassant généralement un peu l'extrémité abdominale pour certaines espèces. Les fémurs postérieurs sont épais et velus. Il s'agit aussi d'un bon critère de détermination (CHOPARD, 1943; MAURICE, 1980; CHARLY, 2008).

1.4.3. - Révision du genre *Calliptamus* par JAGO (1963)

La systématique du genre *Calliptamus* a longtemps été confuse, jusqu'à la révision de JAGO (1963). Incontestablement, c'est cet auteur qui a pu décrire ce genre avec beaucoup de précisions. Dans cette révision, l'auteur a inventorié 13 espèces. Il a attribué des critères spécifiques pour les femelles, en notant comme caractères distinctifs la taille générale, la longueur et la couleur des ailes (fortement colorées d'un rose vif dans leur moitié basale) ou encore la forme, le nombre et la taille des taches sur les faces internes des fémurs postérieurs. Pour les mâles, la détermination est réalisée à partir des génitalia (Fig. 2).

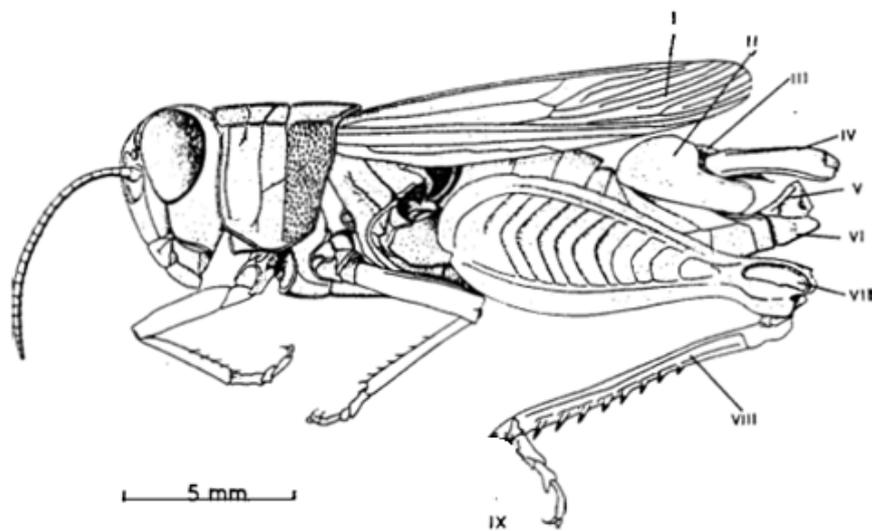


Figure 1 - Morphologie externe d'un mâle de *Calliptamus*, d'après JAGO (1963)

I: Tégmina; II: 9^{ème} et 10^{ème} tergites abdominaux; III: plaque sur anale; IV: cerque ; V: ectophallus; VI : plaque sous génitale; VII: genoux des fémurs postérieurs; VIII: tibia

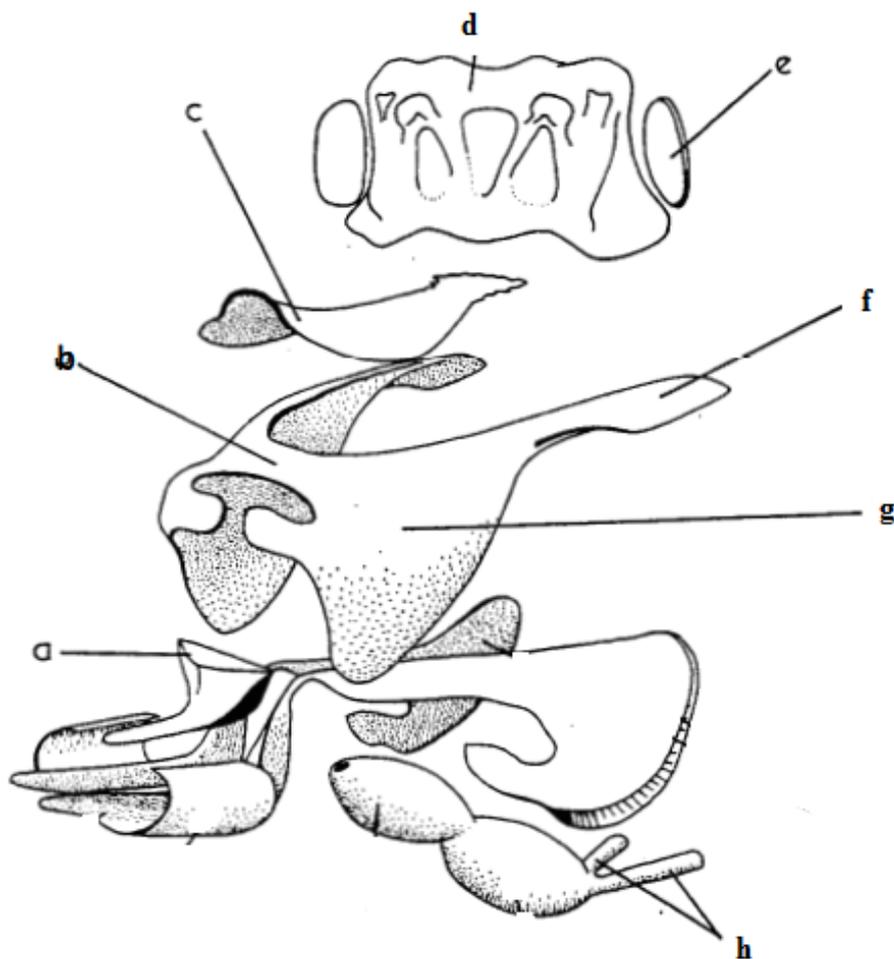


Figure 2 - Détail du complexe phallique chez *Calliptamus*, d'après (JAGO, 1963), modifiée

a: voûte du cingulum; b: zygoma; c: pièce dorsale de la membrane éctophalique; d: epiphallus; e: sclerites ovales de l'épiphallus; f: apodème du cingulum; g: ramus du cingulum; h: conduits ejaculateurs

1.4.4.- Espèces du genre *Calliptamus* en Algérie

Selon CHARA(1987) il existe deux espèces seulement du genre *Calliptamus* en Algérie. Il s'agit de *C. wattenwylianus* et de *C. barbarus*.

1.4.4.1.- *Calliptamus wattenwylianus*

Cette espèce est de couleur variable. Le vertex est à sommet large. Le corps de *Calliptamus wattenwylianus* est de forme particulièrement courte et épaisse, à élytres plus courts que l'abdomen. Les fémurs postérieurs sont très épais à taches brunes supérieures. Les tibias postérieurs sont rouge pâle sur la face interne, jaunâtre à la face externe. La plaque sous génitale est conique, mais courte à sommet un peu arrondi (CHOPARD, 1943, 1951). Les cerques sont très variables, constitués par trois lobes apicaux (JAGO, 1963), le pallium est éloigné de l'apex de la plaque sous-génitale (BELLMAN et LUQUET, 1995).

1.4.4.2. – *Calliptamus barbarus*

Cette espèce présente une importance économique en Afrique du Nord et notamment en Algérie. La morphologie, l'habitat, l'aire de répartition géographique et la bioécologie de *Calliptamus barbarus* sont abordés.

1.4.4.2.1. - Description morphologique

Calliptamus barbarus ou Caloptène ochracé, appelé ainsi à cause de sa couleur brun ocre, est une espèce présentant un fort polymorphisme chromatique au niveau de ses fémurs postérieurs. La couleur de ces derniers est qualifiée par CHOPARD (1943), JAGO (1963) et LARROSA *et al.* (2008) de rouge rubis, avec des taches fémorales séparées et bien marquées, ou jaune pâle ou orange, avec une seule et grande tache. Par ailleurs, les tibias de cet acridien sont rougeâtres ou orangés à la face interne, jaunâtres et pâles à la face externe (JAGO, 1963). Les ailes sont de couleur rose à rouge violacé. Les élytres sont à bords subparallèles dans les 2/3 apicaux atteignant ou dépassant les genoux postérieurs (BELLMAN et LUQUET, 1995). Le pronotum a une forme plate avec deux carènes latérales droites bien marquées et une carène médiane qui porte en dessus trois sillons transversaux (CHOPARD, 1943). C'est une espèce assez grande de 15 à 24 mm pour les mâles et de 24 à 40 mm pour les femelles. Selon

DEFAUT (1988) les dimensions varient beaucoup en allant du nord vers l'équateur. Les mâles de *C. barbarus* se caractérisent par l'apex des cerques qui sont bi ou trilobés (DIRSH, 1956). Le pénis est plus court que chez *C. italicus* (FONTANA *et al.*, 2002). Selon JAGO (1963) la plaque sous-génitale est courte et arrondie au sommet. Le pallium est court et émoussé (Fig. 3) (BELLMAN et LUQUET, 1995).

1.4.4.2.2. - Habitat et aire de répartition géographique

L'habitat et l'aire de répartition de *C. barbarus* sont traités dans le monde. Ensuite, ces aspects sont pris en considération pour l'Algérie.

1.4.4.2.2.1. - Habitat et répartition dans le monde de *C. barbarus*

Le choix d'un habitat dépend de multiples facteurs dont: la structure et la composition floristique du tapis végétal et le microclimat, les caractéristiques édaphiques, la disponibilité des plantes nourricières, l'état phénologique du tapis végétal, les réserves hydriques et les sites de ponte (GUENDOZ-BENRIMA *et al.*, 2007). *Calliptamus barbarus* se trouve en plaine et en moyenne altitude dans les friches et les garrigues ouvertes entourées de jachères (CHARA, 1987; DEFAUT, 1988; BENZARA, 2004).

Selon JAGO (1963) *C. barbarus* a une large distribution géographique. Cette espèce est répandue principalement en Afrique du Nord et au Proche Orient (Fig.4) (COPR, 1982). LARROSA *et al.*, (2007) l'ont retrouvée en Espagne et au Portugal. Elle a été observée aussi en Italie par FONTANA *et al.* (2002) et en France (CLARIDGE et SINGHRAO, 1978; LUQUET et DUMERLE, 1978; VOISIN, 1979; LUQUET, 1992). Son aire de répartition s'étend également aux pays qui bordent la partie orientale de la Méditerranée et pénètre vers l'est jusqu'en Asie centrale: Kazakhstan, Turkestan, Pakistan, Afghanistan et Iran (HUGUENY et LOUVEAUX, 1986; FABRY *et al.*, 1987). Elle est signalée aussi dans le Sud de la Russie et de la Sibérie orientale (STOLYAROV, 2000).

1.4.4.2.2.2. - Habitat et répartition en Algérie de *C. barbarus*

Selon OULD EL HADJ (2004) *C. barbarus* compte parmi les espèces acridiennes non grégariaptées observées en Algérie. Dans l'Ouest du pays, cette espèce occupe la région de Mohammedia et d'Oran CHARA (1987).



Figure 3- Pallium du mâle de *C. barbarus*, d'après BELLMAN et LUQUET, 1995), modifiée




 régions fréquentées
 par *C. barbarus*

Figure 4 - Répartition géographique de *C. barbarus* dans le monde, selon JAGO (1963),
 Modifiée

Au centre, *C. barbarus* est prélevée dans différentes régions, en Mitidja (DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE, 1992); à Boumerdes (DOUMANDJI *et al.*, 1992) et dans d'autres localités comme à Bouira, à Tizi Ouzou et à Médéa. Dans la région médio-septentrionale de l'Algérie, elle occupe surtout les endroits steppiques ou semi-désertiques comme les alentours de Msila, de Djelfa, de Boussaâda et de Biskra (DOUMANDJI *et al.*, 1993 a, 1993 b, 1993 c). Cette espèce est notée aussi à Bordj Bou Arreridj (DOUMANDJI *et al.*, 1993 b), à Constantine, à Sétif et à Jijel (ROUIBAH et DOUMANDJI, 2013).

1.4.4.2.3. - Biologie et écologie

Le développement biologique, la capacité reproductrice, le voltinisme, la diapause, la stridulation, la capacité de dispersion et le comportement pendant le vol et l'écologie de *C. barbarus* sont traités.

1.4.4.2.3.1. - Développement biologique et capacité reproductrice

Le cycle biologique de *C. barbarus* passe par l'accouplement et la ponte, le développement embryonnaire et larvaire et enfin l'état imaginal.

1.4.4.2.3.1.1. - Accouplement et ponte

Dans leur étude sur le comportement inter et intra sexuel chez les mâles en captivité, de *C. barbarus* à 1 et à 3 taches fémorales, LARROSA *et al.*(2007) ont dénombré avant l'accouplement 11 comportements sexuels différents en rapport avec les fémurs postérieurs, les tibias et les ailes. L'accouplement s'effectue durant le mois de juin et se poursuit jusqu'en octobre. La durée d'accouplement peut être longue parfois jusqu'à deux jours (LARROSA *et al.*, 2007). L'oviposition a lieu dans des sols rocaillieux à pelouses rases ou dans des garrigues qui évoluent lentement (LOUVEAUX *et al.*, 1988), mais de préférence dans des sols sablonneux et frais (MALLAMAIRE et ROY, 1959). Selon DURANTON et LECOQ (1990) les sols doivent être humides, au moins à 5 cm au-dessous de la surface. Pour *C. barbarus*, la ponte débute en août et se poursuit jusqu'en novembre. La durée de la vie hypogée est presque de 10 mois (DURANTON *et al.*, 1987). D'après CHARA (1987), le délai moyen

entre la première et la deuxième ponte est de 12 jours. Pour LOUVEAUX (1991) la femelle de *C. barbarus* peut effectuer jusqu'à 4 pontes, soit 150 œufs au total.

1.4.4.2.3.1.2. - Développement embryonnaire et larvaire

Selon POPOV (1996), La durée de vie embryonnaire varie en fonction des conditions éco-climatiques. Les éclosions commencent dès le mois de mai pour se terminer à la fin de juin (CHARA, 1987). Selon HUGUENY et LOUVEAUX (1986) le nombre de stades larvaires est de cinq pour les mâles et de six pour les femelles. Mais, il peut varier selon la latitude.

1.4.4.2.3.1.3. - Etat imaginal

Selon CHARA (1987), les mues imaginaires pour *C. barbarus* sont étalées sur 33 jours. D'après MONARD (1986) et CHARA (1987) *C. barbarus* est observée entre la mi-mai et la fin octobre. Les imagos apparaissent au cours de la première quinzaine de juillet. Pour HUGUENY et LOUVEAUX (1986) le nombre d'ovarioles varie avec la latitude puisque selon eux la taille des individus serait corrélée à celle-ci et que le nombre d'ovarioles est d'autant plus important que l'individu est grand. D'après LOUVEAUX (1991) *C. barbarus* a en moyenne 38 ovarioles alors que *C. italicus* en compte 50. Selon BENZARA (2004) il existe une différence anatomique au niveau des ovaires chez les femelles des deux bioformes chez *C. barbarus*. En effet, chez la forme à une tache fémorale, le nombre d'ovarioles est en moyenne de 62 alors que les femelles à trois taches fémorales en compte 51 seulement.

1.4.4.2.3.2. - Voltinisme et diapause

D'après LEGALL et GILLON (1989) pour une même espèce, le nombre de générations peut être variable selon la région dans laquelle la population se développe et les caractéristiques météorologiques annuelles. MONARD (1986) souligne que le cycle de vie de *C. barbarus* est celui de beaucoup d'acridiens des régions tempérées, soit une génération annuelle avec hibernation à l'état d'œuf, mais rarement sous forme adulte (TUMBRINK 2006). Après la ponte, il y a une véritable diapause par manque d'humidité, mais aussi pour résister soit aux rigueurs hivernales, soit à la chaleur et ou à la sécheresse estivale (RIDET *et*

al, 1992). Cette diapause est levée par les basses températures hivernales et le développement reprend son cours avec la remontée des températures printanières (FABRY *et al.*, 1987).

1.4.4.2.3.3. - Stridulation ou production de son

La stridulation est un message ou un moyen de communication utilisé pour différentes fonctions: rapprochement sexuel, affrontement entre les mâles et maintien d'une cohésion dans une population (GRIBOVAL, 2005). Chez *Calliptamus barbarus*, elle est effectuée par friction mandibulaire (LARROSA *et al.* 2004), où elle a été utilisée comme moyen pour différencier les deux bioformes de cette espèce. En effet, selon LARROSA *et al.* (2008) les caractéristiques temporelles des émissions acoustiques des mâles, et à un degré moindre pour les femelles, chez les deux bioformes de *C. barbarus* ont montré des différences significatives. La longueur de la syllabe et le nombre d'impulsions émises sont dans la première bioforme plus grande que dans la seconde.

1.4.4.2.3.4. - Capacité de dispersion et comportement pendant le vol

CHARA (1987) en travaillant selon la technique de la capture-marquage-recapture dans l'Oranais, a noté que les jeunes larves de *C. barbarus* sont plus agiles que ceux de *C. wattenwylanus* qui restent toujours sédentaires. Les capacités de déplacement des adultes sont plus faibles chez les femelles que chez les mâles (MOKHLESSE *et al.*, 2007). Selon ces mêmes auteurs, la distance totale parcourue par les femelles est généralement inférieure à celle des mâles qui, d'après TERMIER (1991) peuvent s'éloigner de 70 m.

1.4.4.2.3.5. - Ecologie

Les études d'écologie acridienne ont en général pour objectif celui de définir les conditions les plus propices à leurs pullulations (LECOQ, 1976). Les habitats des acridiens et leurs mœurs sont assez variés (LAUNOIS-LUONG et LECOQ, 1989). *C. barbarus* a la possibilité de s'adapter à différents milieux écologiques. C'est une espèce thermophile et xérophile (MONARD, 1986), avec une préférence pour les terres arides à végétation clairsemée. Elle est signalée aussi sur les dunes, dans la steppe et dans les garrigues ouvertes (CHARA, 1987; DEFAUT, 1988; BENZARA, 2004) et surtout dans les garrigues semi-ouvertes (BLANCHET, 2009). D'après CLARIDGE et SINGHRAO (1978) cette espèce

peut vivre en haute montagne à des altitudes moyennes comprises entre 300 et 600 m. Elle peut même dépasser dans certains cas 2000 m (LOUVEAUX *et al.*, 1988, 1996).

CHAPITRE II

Chapitre II- Présentation de la région de Jijel

La situation géographique de la région d'étude et la description des stations sont présentées.

2.1. - Situation géographique de la région d'étude

La région de Jijel est située sur la chaîne littorale de l'Atlas tellien, dans la région connue sous le nom de petite Kabylie (Fig. 5). Elle est localisée dans le Nord Est de l'Algérie ($36^{\circ} 10'$ à $36^{\circ} 50'$ N.; $5^{\circ} 25'$ à $6^{\circ} 30'$ E.). Son territoire est réparti sur une superficie totale de 239 869 ha soit 2 398,69 km². Il est limité au nord par la Méditerranée, au Sud Est par Constantine, au Sud par Mila et au Sud-Ouest par Sétif. Skikda délimite la partie orientale, tandis que Béjaïa borde la partie Ouest (B.N.D.R., 1997).

Le relief de la région, son hydrologie, son climat, sa flore et sa faune sont présentés successivement.

2.1.1. - Relief

Les plaines côtières de la région de Jijel sont limitées au nord par la Méditerranée. A l'ouest, les massifs de Ziama Mansouriah, d'Erraguene, d'El-Aouna et de Selma s'élèvent (B.N.D.R., 1997). Au sud, les chaînes montagneuses de la Petite Kabylie apparaissent. Ces massifs montagneux sont situés à l'Est vers El-Milia, Settara, Ghebala et Sidi Maarouf. Sur le plan pédologique, la région de Jijel est constituée de plusieurs types de sol. Il s'agit de sols bruts d'érosion, de sols d'apports colluviaux, de sols d'apports alluviaux, de sols bruns forestiers et de sols bruns lessivés (B.N.D.R., 1997).

2.1.2. - Hydrologie

La région de Jijel compte 6 principaux barrages. Il s'agit de Kissir, de Boussiaba, de Béni Haroun, d'El Agrem, d'Erraguene et de Tabellout. D'autres barrages sont programmés pour l'avenir comme ceux d'Irdjana et de Bouadjoul à El-Anser et à Dar-El Oued à Ziama Mansouriah (MEBARKI, 2007).



Figure 5 - Situation géographique de la région de Jijel (ANONYME, 1997),
 échelle: 1/400 000

2.2. – Climatologie

Les données climatiques ont été recueillies auprès de la station de l'O.N.M. (Office national de la météorologie) située au niveau de l'aéroport national Ferhat Abbas d'El Achouat. Les éléments du climat développés sont notamment la pluviométrie et la température. Cette partie est accompagnée par une synthèse climatique.

2.2.1.- Pluviométrie

Selon LE HOUEROU *et al.* (1977) la nature et la répartition du couvert végétal sont commandées entre autres par la pluviométrie et l'évapotranspiration. La répartition mensuelle des précipitations pendant la période allant de 1990 à 2014 (O.N.M., 2015), ainsi que les données rapportées par SELTZER (1946) sont placées dans le tableau 2.

Tableau 2- Précipitations moyennes annuelles exprimées en millimètres pour la région de Jijel (SELTZER, 1946; O.N.M., 2015)

	Mois												Totaux
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1913 -1938	193	143	107	82	57	27	3	7	56	125	192	212	1204
1990 -2014	137	123	86	78	51	15	3	19	66	92	172	173	1015

Il est à constater que le milieu d'étude bénéficie de précipitations très abondantes (Tab. 2). En effet, la région de Jijel reçoit les pluies les plus abondantes de toute l'Algérie. Cependant, ces précipitations sont inégalement réparties au cours de l'année. Les minimas sont notés en été, surtout en juillet et les maxima en hiver notamment à la fin de décembre. Habituellement, les pluies sont abondantes depuis octobre jusqu'en avril. Par contre les mois les plus secs de l'année s'étalent de juin à septembre. Presque la moitié des eaux de pluie tombent entre décembre et février (Tab. 2). Par ailleurs, le nombre de jours de pluies dépasse généralement 100 par an. Il demeure relativement faible par rapport aux fortes quantités de précipitations que la région reçoit. Il est à constater que la moyenne pluviométrique annuelle enregistrée de 1913 à 1938 est de 1204 mm (SELTZER, 1946). Elle est relativement plus basse entre 1995 et 2014 (O.N.M., 2015) (Tab. 2). Cela montre que les moyennes pluviométriques récentes sont inférieures d'environ 17 % à celles des données anciennes. Ces perturbations majeures

devraient entraîner un changement des rythmes de la pluviométrie ainsi qu'une variabilité intra et interannuelle des précipitations (BOULDJEDRI, 2013).

Cela peut être vérifié grâce à la méthode de l'indice de NICHOLSON *et al.* (1988) qui se calcule de la manière suivante:

$$I_i = (X_i - X) / \sigma$$

X_i : Hauteur de pluie en mm de l'année

X : Hauteur moyenne de pluie en mm au cours de la période d'étude

σ : Ecart-type de la hauteur des pluies durant la période d'étude

L'indice de Nicholson apparaît comme une variable centrée et réduite. Cette méthode permet de suivre les fluctuations des régimes pluviométriques et hydrologiques de la région de Jijel (Tab.3, Fig. 6).

Tableau 3- Indice de Nicholson calculé pour la région de Jijel

Année	Indice de Nicholson
1995	-1,49
1996	0,96
1997	-0,86
1998	0,7
1999	-0,44
2000	-2
2001	-1,19
2002	0,38
2003	0,93
2004	0,29
2005	0,39
2006	-0,96
2007	0,91
2008	-1,25
2009	0,52
2010	0,18
2011	0,09
2012	1,25
2013	1,55
2014	-0,05

Les variations interannuelles de la pluviométrie dans la région de Jijel, sur une période de 20 ans, sont caractérisées avant 2008 par une alternance presque régulière d'une année humide avec une année sèche. Mais à partir de 2009, toutes les années ont été riches en pluviométrie, avec un record enregistré en 2013 (1.312,5 mm).

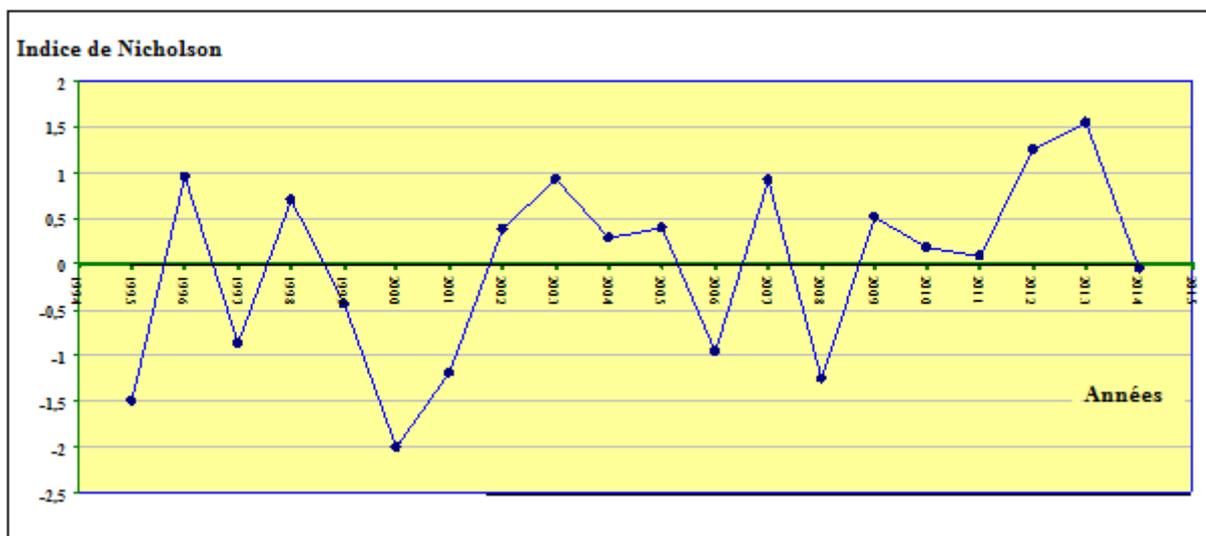


Figure 6 - Fluctuations pluviométriques dans la région de Jijel entre 1995 et 2014
(O.N.M., 2015)

D'après CHAUMONT et PAQUIN (1971) la connaissance de la pluviométrie moyenne annuelle est insuffisante pour caractériser un régime pluviométrique régional. Il doit être complété par la variabilité intra annuelle. Le régime saisonnier consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer le classement des saisons par ordre de pluviosité décroissante, en désignant chaque saison par son initiale. Le cumul pluviométrique saisonnier et son taux par rapport au total annuel, pour la région de Jijel, sont placés dans le tableau 4.

Tableau 4 - Régime pluviométrique saisonnier et Indice saisonnier de Musset pour la région de Jijel (SELTZER, 1946; O.N.M., 2015)

	Saisons								I M
	H	%	P	%	E	%	A	%	
1913-1938	548	45,5	246	20,4	37	3,1	373	30,9	HAPE
1990-2014	432,8	42,6	215,7	21,2	36,9	3,6	330,2	32,5	HAPE

H : Hiver; P: Printemps; E: Été; A: Automne

Il est à déduire que depuis longtemps, la région de Jijel est soumise à un régime saisonnier classique (HAPE), c'est-à-dire un maximum pluviométrique centré en Hiver. En effet, les précipitations d'origine cyclonique tombent en entre décembre et février, et fournissent jusqu'à presque 50% des précipitations annuelles.

2.2.2.- Température

Comme pour les précipitations, les températures mensuelles minimales, maximales et moyennes pour la période allant de 1995 à 2014 sont enregistrées dans le tableau 5.

Tableau 5 - Températures minimales, maximales et moyennes de Jijel (O.N.M., 2015)

Paramètres	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
M	16,6	16,5	18,7	20,8	23,8	27,9	30,6	31,5	28,6	25,9	20,8	17,6
m.	7	6,6	8,4	10,4	13,5	17	19,7	20,5	18,5	15,4	11,2	8,2
(M+m)/2	11,8	11,6	13,6	15,6	18,7	22,5	25,2	26	23,6	20,7	16	12,9

M: Maxima; m: minima

Il est à constater qu'il y a un accroissement des températures à partir de janvier jusqu'en août, pour ensuite régresser jusqu'en décembre (Tab. 5). Les températures moyennes mensuelles sont, de novembre à avril, inférieures à la moyenne annuelle (18,3° C), et supérieures à cette moyenne de mai à octobre. Ceci divise l'année en deux périodes: l'une chaude avec une moyenne des maxims (M) du mois le plus chaud égal à 31,5 °C, enregistrée

en août, et une période froide avec une moyenne des minimas (m) du mois le plus froid de 6,6 °C, notée en février.

En fonction des types thermiques de RIVAS-MARTINEZ (1996), la région de Jijel bénéficie d'un Thermo-climat de type tempéré-chaud, la moyenne annuelle étant de 18,3°C (Tab. 6). Cet état est dû à la position de la région par rapport au littoral, avec un climat doux en hiver et régulier. Il est dû au fait que les températures sont soumises aux influences de la mer et de l'altitude, régularisant ainsi les amplitudes en atténuant les maximas et en augmentant les minimas. Il est à noter par ailleurs que les températures maximales coïncident généralement avec les précipitations minimales en été et vice-versa pour les températures minimales en hiver.

Tableau 6- Groupes et types thermiques selon RIVAS-MARTINEZ (1996)

Groupes thermiques	Types thermiques	Valeurs de la Température en°C
1. chaud	1a. Très chaud 1b. Chaud 1c. Tempéré-chaud	> à 26 21 à 26 16 à 21
2. Tempéré	2a. Tempéré-frais 2b. Tempéré-froid	10 à 16,5 4 à 10
3. Froid	3a. Froid 3b. Très froid 3c. Extrêmement froid	-2 à 4 -18 à -2 < à -18

Par ailleurs, d'après BAGNOULS et GAUSSEN (1957) un mois est dit froid si la température ne dépasse pas 10°C. Si elle se situe entre 10 et 20°C, ce mois est alors considéré comme tempéré. Enfin, si ce niveau thermique dépasse 20°C, le mois pris en considération est alors qualifié de chaud. Il est à déduire que le climat qui règne dans la région de Jijel est dominé par une période tempérée qui s'étale sur 7 mois, de novembre jusqu'à mai. Le reste de l'année est une période chaude.

2.2.3.- Autres paramètres climatiques

Les autres paramètres à prendre en compte sont le vent et l'humidité relative de l'air.

2.2.3.1.-Vents

La répartition mensuelle de la vitesse des vents pour la région de Jijel ainsi que leur direction sont placées dans le tableau 7.

Tableau 7 - Fréquences en pourcentages, vitesses moyennes et direction des vents dominants enregistrés dans la région de Jijel (O.N.M., 2015)

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	M
Vitesse (m/s)	2,6	2,7	2,7	2,6	2,3	2,3	2,4	2,3	2,2	2	2,5	2,7	2,4
Direction	nord	nord-est	est	sud-est	sud	sud-ouest	ouest	nord-ouest	calme				
Pourcentage	16,6	2,2	1,5	2,8	9,0	3,1	7,0	10,7	45,0				
	Direction des vents dominants : NNW												

La vitesse moyenne mensuelle des vents est généralement modérée. Elle est évaluée selon l'échelle télégraphique à 2,4m/s (Tab. 7). Cependant, durant certaines périodes de l'année, des vitesses maximales sont enregistrées, où des pics peuvent atteindre 22 à 29 m/s (l'équivalent de 79,2 à 104,4 km/heure) (O.N.M., 2015).

Dans la région de Jijel, les vents dominants sont de type nord-nord-ouest. Ils se manifestent surtout le long du Littoral. Ils soufflent généralement de la mer vers le continent en direction nord-ouest à nord en hiver et nord-nord-est à sud-est au printemps. Ces vents soufflent du sud-est à ouest-nord-ouest en été et en automne (Fig. 7). Il faut noter cependant, que ces vents soufflent généralement avec une faible fréquence et une faible intensité. Par contre, le sirocco, vent chaud et sec, provenant du secteur sud et à pouvoir desséchant élevé, n'est pas très fréquent à Jijel. Mais, il commence à se manifester de plus en plus ces dernières années, surtout pendant les mois d'août et de septembre. Cette fréquence, même si elle est faible, peut favoriser, en les accentuant, les incendies de forêts ainsi que l'évapotranspiration.

2.2.3.2. - Humidité relative

La répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air pour la région de Jijel est placée dans le tableau 8.

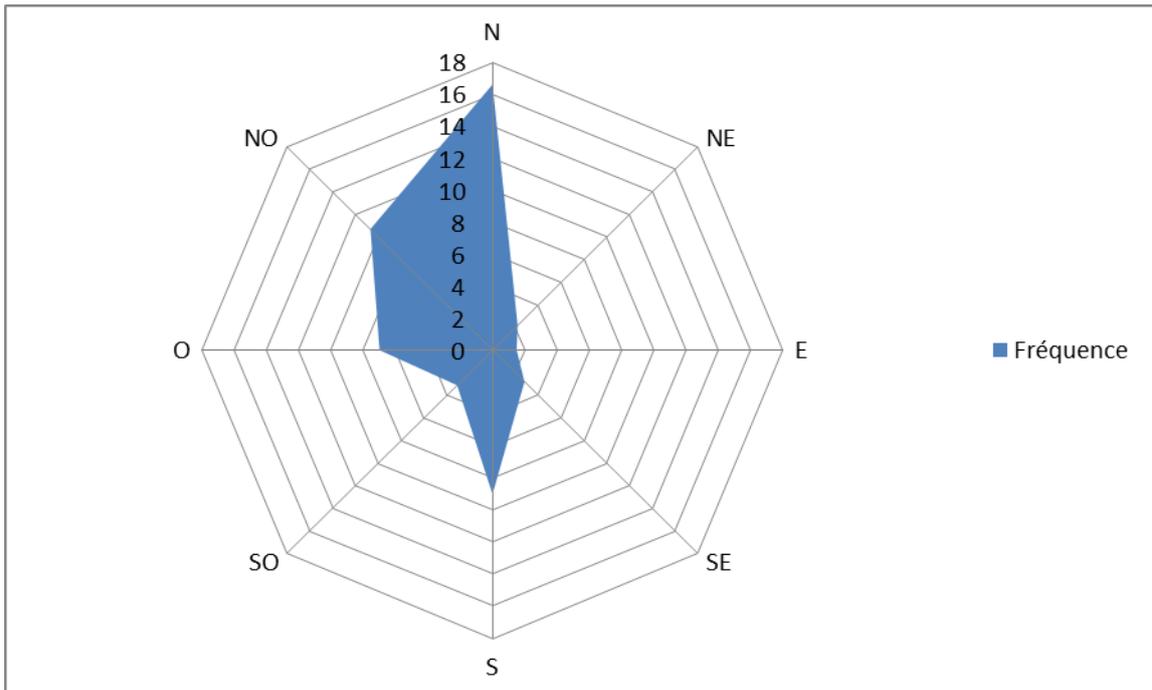


Figure 7 - La rose des vents pour la région de Jijel entre 1995 et 2014 (O. N. M., 2015).

Tableau 8 - Moyennes mensuelles de l'humidité relative en pourcentage dans la région de Jijel entre 1995 et 2014 (O.N.M., 2015)

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	M
HR(%)	77,1	76,9	76	76	76,8	73,6	71,7	71,4	74	74,2	75,3	76,5	74,9

L'humidité relative est très élevée dans la région de Jijel pendant presque toute l'année (7). La valeur moyenne enregistrée est assez élevée avec 74,9 %, pour un maximum de 77 % en mai et un minimum de 71,4 % en août (Tab. 8). Durant 7 mois, de novembre à mai, les valeurs mensuelles dépassent la moyenne annuelle. Il est à remarquer, par ailleurs, que le taux d'humidité de tous les mois de l'année est plus ou moins homogène. D'une saison à l'autre, il n'y a pas de grandes différences. Cela ne risque pas donc de constituer un danger pour les végétaux.

2.2.4.- Synthèse climatique

Pour caractériser le climat de la région de Jijel, deux paramètres ont été utilisés: le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen ainsi que le climagramme pluviométrique d'Emberger.

2.2.4.1.- Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

C'est le type de climagramme le plus couramment utilisé. Il permet d'évaluer l'intensité et la durée de la période de sécheresse. Il est largement utilisé pour sa simplicité et son efficacité (REBBAS, 2014). Il permet également de reconnaître le climat qui caractérise une région (GUETTALA, 2010), et d'évaluer la longueur de la période pluvieuse (OZENDA, 1991). Il y a présence de deux périodes, l'une sèche et l'autre humide. La période sèche coïncide avec la fin du printemps et l'été (Fig. 8). Elle s'étale de la mi-mai jusqu'en septembre. La période humide va de septembre jusqu'en mai, soit 8 mois. En effet, comme toutes les régions du Littoral algérien, Jijel bénéficie d'un climat tempéré avec un été sec et chaud et un hiver doux et pluvieux caractéristique des zones méditerranéennes.

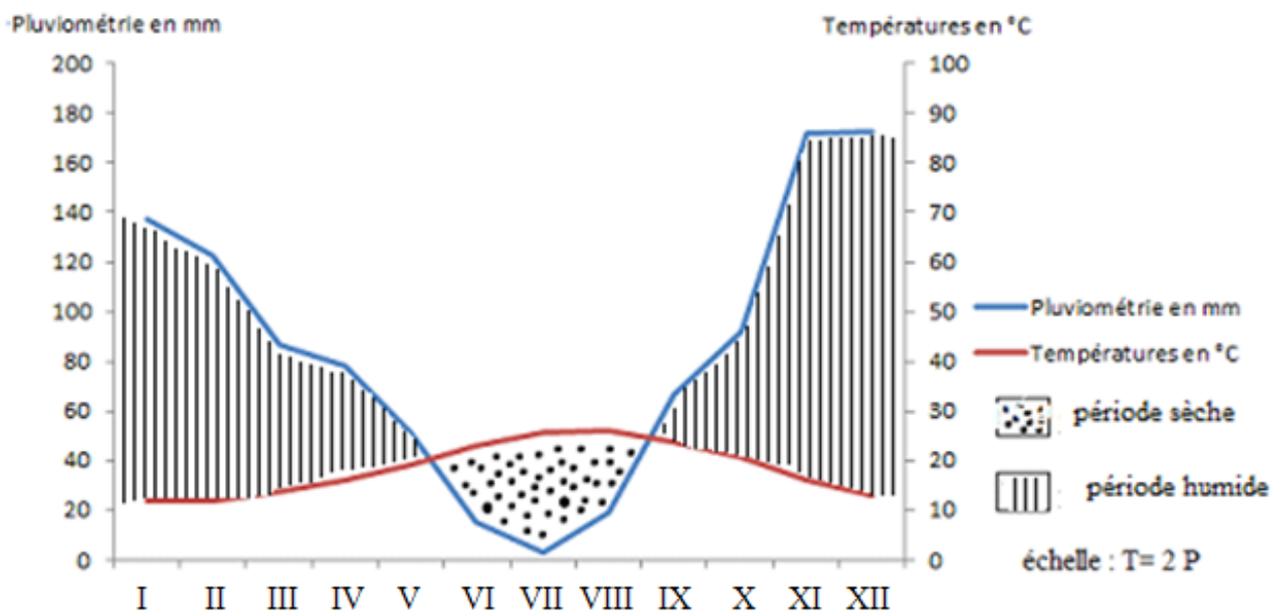


Figure 8 - Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausse de la région de Jijel pour la période allant de 1995 à 2014

2.2.4.2.-Climagramme pluviométrique d'Emberger

La classification bioclimatique d'EMBERGER (1955) est spécifique de la région méditerranéenne (CHERMAT, 2013). Ce climagramme est défini, au vu de la répartition des groupements végétaux, des bioclimats méditerranéens allant du saharien à l'humide. Il peut aussi définir le per-humide des montagnes en passant par l'aride, le semi-aride et le subhumide.

Ces bioclimats sont précisés par un climagramme pluviothermique permettant de déterminer l'étage bioclimatique auquel appartient la zone d'étude. Il est établi d'une part à partir de la moyenne des températures minimales du mois le plus froid, placées en abscisses et d'autre part la valeur du coefficient pluviométrique Q2 placée en ordonnées. Celui-ci est calculé de la façon suivante (EMBERGER, 1955):

$$Q2 = 2000 P / (M2 - m2)$$

Q2 : Quotient pluviométrique

P : Pluviométrie annuelle

M: Température moyenne maximale du mois le plus chaud en degrés Kelvin (°K)

m. : Température moyenne minimale du mois le plus froid en degrés Kelvin.

Sachant que pour la région de Jijel: P = 1015,6 mm M = 31,5°C + 273 = 304,5°K

m = 6,6 °C + 273 = 279,6°K, Q2 = 139,65 arrondi à 140.

La région de Jijel est située dans l'étage bioclimatique humide, à hiver tempéré, avec un quotient pluviométrique égal de 140 (Fig. 9).

2.3. – Données biotiques

Après les données bibliographiques recueillies sur la végétation, celle qui concerne la partie animale est abordée.

2.3.1.- Données floristiques

La région de Jijel possède une flore riche et très dense. Les principales essences forestières sont le chêne liège: *Quercus suber* (Linné, 1753), le chêne zéen: *Quercus faginea* (Lamarck, 1785) et le chêne afares: *Quercus afares* (Pomel, 1874), le chêne vert: *Quercus ilex* (Linné, 1753) et le pin maritime: *Pinus maritimus* (Aiton, 1831).

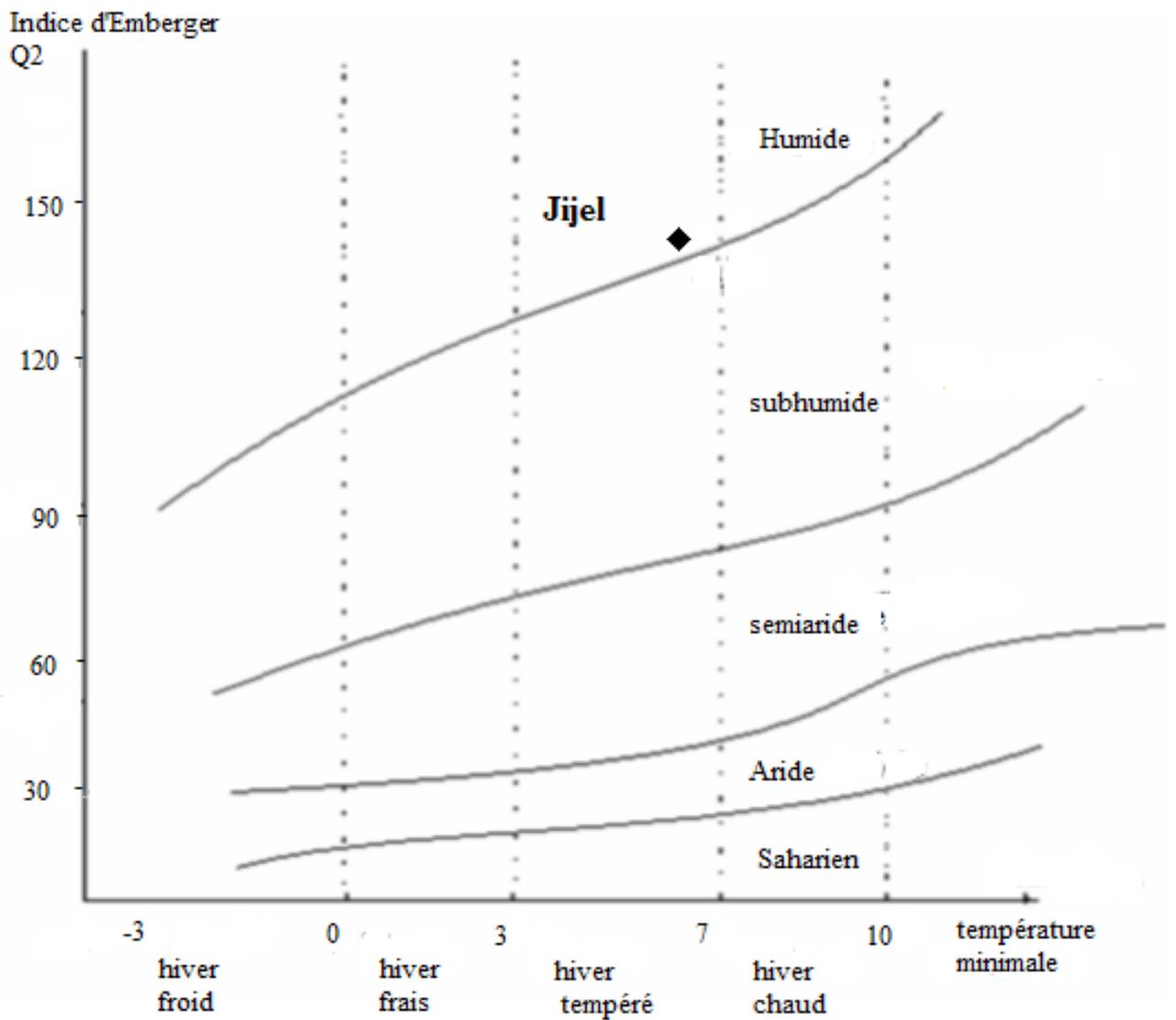


Figure 9- Climagramme pluviométrique d'Emberger pour la région de Jijel

Il est à noter cependant, que cette végétation naturelle est inégalement distribuée à travers la région où dans certaines localités elle est plus dense que dans d'autres. En effet à Ziama-Mansouriah, à El Aouana, à El Milia et à El Ancer, elle est luxuriante. Cette flore est répartie entre quatre séries ou étages. Il s'agit de la série de chêne zeen, de la série du chêne liège, des ripisylves et enfin de la végétation du bord de mer (B.N.E.F., 1986) (Tab.9, Annexe1).

2.3.2.- Données faunistiques

Outre sa végétation très dense et très riche, la région de Jijel abrite une faune assez importante et diversifiée entre insectes, batraciens, reptiles, oiseaux et mammifères. Le recensement effectué par le Parc national de Taza (P.N.T., 1986) ainsi que l'inventaire fait par ROUIBAH et DOUMANDJI, 2012) a révélé la présence de 40 espèces d'insectes, 4 espèces d'amphibiens, 9 espèces de reptiles, 75 espèces d'oiseaux et 24 espèces de mammifères (Tab.10, 11, 12 et 13, Annexe 2).

CHAPITRE III

Chapitre 3 - Matériel et méthodes

Au choix des stations d'étude, 6 axes succèdent. Ils portent sur la bioécologie des Orthoptères, leur régime alimentaire, leur morphométrie classique et géométrique, leur étude moléculaire et leur isolement reproductif. Les effets acridicides des extraits aqueux de *Peganum harmala* et des huiles essentielles de *Mentha pulegium* sur les larves de *C. barbarus* sont également abordés.

3.1. – Choix des stations d'étude

Pour étudier la bio écologie des peuplements Orthoptérologiques de la région de Jijel, quelques stations ont été choisies. Une analyse granulométrique a été effectuée (Tab.14). Le choix de ces stations a été fait dans le but d'étudier l'influence de certains facteurs du milieu comme la latitude, l'altitude, le relief, et surtout le type de milieu: friche, garrigues maquis et dunes fixées. Il est connu qu'à chaque association végétale correspond un type d'environnement particulier et un peuplement Orthoptérologique très caractéristique.

Tableau n° 14 - Analyse granulométrique du sol des stations d'étude

Sites de prélèvement	Texture en Pourcentage			couleur	Matière organique	pH
	Sable (%)	Limon (%)	Argile (%)			
EL Aouana	68	25	7	brun foncé	Riche	6,5
Kissir	90	7	3	brun foncé	Riche	6,3
Jijel	97	3	-	rouge	Pauvre	8,12
BéniCaid	69	31	-	brun foncé	Riche	6,91
BéniBélaïd	84	16	-	brun foncé	Riche	8,20
El Emir Abdelkader	-	-	100	gris	Pauvre	7,83
Texenna	-	73	27	brun foncé	Riche	7,27

L'ensemble des stations dans lesquelles cette étude a été réalisée est décrit dans ce paragraphe. Il s'agit de Texenna, Kissir, Jijel, Béni Caid, Beni Belaid, El Emir Abdelkader et El Aouana.

3.1.1. - Station 1: Texenna

Cette station est située dans la localité de Texenna, 18 Km au Sud de Jijel (Fig.10). Ces coordonnées géographiques sont: 36° 69' N. et 5° 77' E. Elle est localisée au bord de la R.N. 77 qui relie Jijel à Sétif. Cette station est située à 487 m d'altitude, avec une pente de 7 % et une exposition sud-est. Il s'agit d'une garrigue ouverte, installée sur un sol brun foncé. Ce sol est de type limono-argileux et calcaire, sur lequel pousse une végétation dominée par le Cyste: *Cystus monspeliensis*. A Texenna, 33 espèces végétales sont recensées. Celles-ci sont réparties entre 15 familles (Tab. 15, Annexe 3).

3.1.2.- Station 2: Kissir

La station de Kissir (Fig.11) est située à proximité du Parc National de Taza (PNT), 10 Km à l'Ouest de Jijel (36° 79' N. et 5° 66' E.), avec une altitude de 11m. Il s'agit d'une friche limitée au nord par la R. N. 43, au sud par un massif de chêne liège et à l'est par Oued Kissir. Le sol de cette station est plat et légèrement acide (pH 6.3). La texture est sablo-limoneuse (90 % de sable et 7 % de limon) (Tab. 14). Sur le plan floristique, 40 espèces végétales sont inventoriées. Elles sont réparties en 22 familles (Tab. 16, Annexe 3).

3.1.3.- Station 3: Jijel

Cette station se trouve à la sortie Ouest de Jijel. Elle est limitée au nord par la mer méditerranée, au sud par une exploitation agricole privée, à l'ouest par la baie de Rabta et à l'est par une station d'épuration des eaux usées (Fig. 12) (36° 81' N. et 5° 73' E.), avec une altitude de 0 m. Il s'agit de dunes fixées du Littoral. Le sol est de couleur rouge, à pH alcalin (8,1). La texture est purement sablonneuse (97%). Sur le plan floristique, les dunes fixées de la baie des Béni Caid sont recouvertes par une végétation clairsemée à domination graminéenne. 39 espèces végétales sont observées, réparties entre 20 familles botaniques (Tab.17, Annexe 3).

3.1.4. - Station 4: Béni Caid

Cette station est située à quelques km au Sud de Jijel (Fig.13). Il s'agit d'une forêt de chêne liège avec un sous-bois très dense constitué essentiellement de Bruyère



Figure 10 - Station n°1: Texenna



Figure 11 - Station n°2: Kissir



Figure 12- Station n° 3 Jijel



Figure 13- Station n°4: Béni Caïd

Erica arborea. Les coordonnées géographiques sont: 36° 79' N. et 5° 74' E., pour une altitude de 125 m. Le sol est sablo-limoneux et légèrement acide. La composition floristique de cette station est constituée de 48 espèces réparties entre 24 familles (Tab.18; Annexe 3).

3.1.5. - Station 5: Béni Bélaïd

Comme pour la station précédente, celle-ci est située au bord de la mer, 50 km à l'Est de Jijel (Fig.14). Il s'agit également de dunes fixées. Elle est située près d'une exploitation agricole privée, au milieu de la zone humide de Béni Bélaïd (36° 87' N. et 6° 12' E.) L'altitude est de 0 m. La pente est d'environ 5%, avec une exposition est. Le sol de couleur brun foncé, est naturellement de texture sablonneuse (84 %). La flore de Béni Bélaïd est composée de 35 espèces et 17 familles (Tab. 19; Annexe 3).

3.1.6. - Station 6: El Emir Abdelkader

La station n° 6 est située dans la localité d'El Emir Abdelkader, 10 km au Sud-Est de Jijel (Fig. 15). Cette station est une pelouse graminéenne située dans une dépression, proche d'une retenue collinaire (36° 77' N et 5° 83' E.). L'altitude est de 87m. La pente est de 10% avec une exposition nord-ouest. Le sol est à texture argileuse (100 %). Il est recouvert par une végétation herbacée, composée de 43 espèces. Celles-ci sont réparties entre 20 familles, dominées surtout par les Poaceae et les Asteraceae (Tab.20, Annexe 3).

3.1.7. - Station 7: El Aouana

Située à environ 20 km à l'Ouest de Jijel, la station 7 est représentée par une friche (Fig. 16). Elle est limitée au nord par la R.N. 43, au sud par un massif montagneux, à l'est par une propriété privée et à l'ouest par un parc animalier (36° 77' N et 5° 61' E. L'altitude est de 29 m. Cette friche est installée non loin de la mer, sur un terrain presque plat. La texture est sablo-limoneuse (68 % de sable; 25% de limon). La végétation est constituée de 33 espèces appartenant à 19 familles dominées par les Asteraceae (Tab. 21, Annexe 3). Par ailleurs, il faut signaler que pour les besoins de l'étude moléculaire, des échantillons ont été ramenés à partir de deux stations dont l'une située à Djelfa, à 600 km au Sud de Jijel (Fig. 17).



Figure 14 - Station n° 5 Beni-Belaid



Figure 15 - Station n° 6 : El Emir Abdelkader



Figure 16 - Station n°7: El Aouana



Figure 17 - Station de Djelfa



Figure 18 - Station de Kasr El-Boukhari

Il s'agit d'une steppe installée sur un sol calcaire, rocailleux et très peu profond. Sur ce sol, pousse une végétation clairsemée et dominée par *Stipa tenacissima* et *Lygeum spartum*. D'autres végétaux sont présents également dans cette station. C'est le cas des Chameaphytes comme *Artemisia herba-alba* et *Artemisia campestris* ou certaines formations végétales caractéristiques des sols salés telles que *Atriplex halimus* et *Salsola vermiculata* (34°40' N.; 3°15' E.). Son altitude est de 1138 m. L'autre station, en l'occurrence Kasr El-Boukhari (Fig. 18) est située à 60 km au Sud-Est de Médéa (90 km au Sud d'Alger). Elle est localisée sur le bord de la R.N.1 reliant Médéa à Djelfa (2° 67' E.; 35° 86' N. L'altitude est de 792 m. Il s'agit également d'une steppe installée sur un sol à prédominance sablonneuse, sur lequel une végétation graminéenne pousse également.

3.2. - Etude de la bioécologie des Orthoptères

Le matériel utilisé et les méthodes employées pour l'inventaire des Orthoptères échantillonnés sont décrits. Les principes utilisés pour le calcul des différents indices écologiques sont traités.

3.2.1. - Inventaire des différents Orthoptères

Pour étudier la bioécologie des Orthoptères de la région de Jijel, les différents échantillons sont d'abord capturés sur le terrain avant d'être déterminés au laboratoire. Sur le terrain, le matériel utilisé est constitué par un GPS pour la détermination des coordonnées géographiques et un appareil photos. Un filet fauchoir est indispensable pour la capture des criquets, de même qu'une ficelle et un décimètre. En outre, quatre bâtons en bois sont nécessaires pour délimiter les quadrats. Les sachets en matière plastique sont utiles pour la capture des larves et des imagos, sans oublier un véhicule pour le transport. Toutes les observations sont notées dans un carnet de prospection. Au laboratoire, de l'acétate d'éthyle est utilisé pour tuer les insectes. Les pinces à étaler ainsi que les épingles à piquer sont nécessaires pour l'étalement et la fixation des différentes parties de l'insecte (ailes et pattes). La détermination des espèces est effectuée sous loupe binoculaire à l'aide des guides de détermination. Un échantillonnage d'insectes implique la capture et la mise en collection d'un certain nombre de spécimens, pour une identification correcte et pour des vérifications ultérieures. La collecte doit s'effectuer sur

un nombre limité de spécimens et sans destruction des habitats. Les méthodes d'échantillonnage des insectes sont nombreuses, parmi lesquels, il y a les méthodes classiques (la chasse à vue, le fauchage, la méthode des quadrats, le secouage des branches). Elles doivent permettre dans tous les cas la récolte d'insectes en bon et propre état (FRANCK, 2008). Pour les besoins de cette étude sur la bioécologie des Orthoptères de la région de Jijel, la méthode de dénombrement sur quadrats est employée. C'est la technique par excellence utilisée pour une étude précise de densité. Elle est souvent choisie par les entomologistes qui travaillent sur la dynamique de populations. Les prospections sont effectuées tôt le matin pendant une heure et demi à deux heures. Ainsi, une parcelle homogène est choisie, à l'intérieur de laquelle cinq carrés de trois mètres de côté sont pris en considération. Les échantillonnages sont effectués à raison d'une fois par mois. Selon BARBAULT (1981) pour obtenir une estimation satisfaisante de la densité de populations, il est nécessaire de répéter la mesure n fois sur autant de parcelles-échantillons distribués au hasard. Lors du repérage des carrés, il faudra procéder tout doucement de façon à ne pas effrayer les insectes. L'ombre de l'opérateur ne doit pas apparaître à l'intérieur du quadrat. Pour ne pas avoir des différences trop significatives provenant du microclimat, les carrés de chaque station sont peu éloignés les uns des autres (BENKHELIL, 1991). Dix mètres peuvent être considérés comme distance suffisante entre deux carrés voisins. Lors de l'échantillonnage, le filet fauchoir doit être manié vigoureusement pour balayer la végétation par des mouvements rapides et latéraux. Ces gestes énergiques prennent les individus par surprise. Tous les échantillons ainsi pris sont ramassés dans des sachets en matière plastique puis transportés jusqu'au laboratoire pour leur détermination. Il est à signaler enfin qu'à chaque sortie effectuée, toutes les observations sont notées sur un carnet de prospection. Une fois au laboratoire, les insectes sont tués à l'aide d'acétate d'éthyle puis déterminés grâce aux clefs de CHOPARD (1943) et de LOUVEAUX et BENHALIMA (1987). Après identification, les Orthoptères sont conservés dans des boîtes à insectes. Il est à signaler que les prospections sont effectuées durant les années 2000 et 2001.

3.2.2. - Principes utilisés pour le calcul des différents indices écologiques

Afin de bien exploiter les résultats, la qualité d'échantillonnage et les différents indices écologiques de composition sont étudiés. Il s'agit des richesses totale et moyenne,

de la constance et de la fréquence. Pour les indices de structure, ceux de la diversité et de l'équitabilité sont choisis.

3.2.2.1. - Qualité de l'échantillonnage

La qualité de l'échantillonnage est un indicateur du bon ou du mauvais prélèvement d'échantillons effectué sur le terrain. Il est calculé par le rapport a/N (BLONDEL, 1975). a est le nombre d'espèces observées une seule fois lors d'une série de relevés. N est le nombre de relevés total effectués. Plus ce rapport tend vers zéro, plus l'échantillonnage est de bonne qualité, témoin d'un effort d'échantillonnage suffisant.

3.1.2.2.- Richesse totale et moyenne

La richesse totale ou spécifique d'un peuplement d'acridiens est le nombre d'espèces S rencontrées dans un milieu donnée (BARBAULT, 2003). Il peut être utilisé pour analyser la structure taxonomique de ce peuplement (GRALL et COIC, 2006). Cependant, cette richesse présente l'inconvénient de donner un même poids à toutes les espèces quelle que soit leur abondance. Selon OUDJANE *et al.* (2014) la richesse moyenne correspond au nombre moyen des espèces présentes dans un échantillon du milieu dont la surface a été fixée arbitrairement. Elle permet aussi de connaître l'homogénéité du peuplement (RAMADE, 2003).

3.2.2.3. - Calcul de la Fréquence d'occurrence

La fréquence d'occurrence est le pourcentage de relevés (P_i) contenant l'espèce par rapport au nombre total de relevés effectués (P) (DAJOZ, 1982).

$$F.O. (\%) = P_i/P \cdot 100$$

La constance est l'interprétation de la fréquence d'occurrence. L'espèce est dite constante, accessoire ou accidentelle selon que la fréquence d'occurrence est respectivement supérieure à 50 p. cent, comprise entre 25 et 50 p. cent ou inférieure à 25 p. cent.

3.2.2.4. - Calcul de l'Abondance relative

Elle est appelée aussi fréquence centésimale. C'est le pourcentage d'individus d'une

espèce (n_i) par rapport aux individus du peuplement (N) (RAMADE, 2009). La fréquence représente un paramètre important pour décrire la structure d'un peuplement. Il est constaté que dans toute biocénose et dans toute entité synécologique, certaines espèces sont très abondantes et présentent une fréquence relativement importante. Par contre, d'autres sont rares ou très rares et ne présentent qu'une faible fréquence dans la communauté considérée (RAMADE, 1984).

3.2.2.5. – Etude de la diversité des Orthoptères

Pour étudier la diversité des peuplements orthoptérologiques des six stations, l'indice de diversité de Shannon-Waever est utilisé. Celui-ci est calculé de la manière suivante (BARBAULT, 1981):

$$H' = \sum p_i \log_2$$

$p_i = n_i/N$, H est la diversité, N la somme des effectifs des S espèces et n_i l'effectif de la population de l'espèce i .

L'indice de diversité peut traduire et exprimer à l'aide d'un seul nombre, la richesse spécifique et l'abondance relative des individus au sein de chacune des espèces. C'est un reflet de l'équilibre de la biocénose (DAJOZ, 1971; GREGOIRE *et al.*, 2013).

3.2.2.6. - Calcul de l'équitabilité

L'équitabilité ou équirépartition (E) est le rapport entre la diversité spécifique H et la diversité maximale H' (WEESIE et BELEMSOBGO, 1997).

$$E = H/H' = H/\log_2 S$$

S est le nombre d'espèces formant le peuplement.

L'équitabilité permet de comparer les structures des peuplements acridiens. Si E tend vers 0, la totalité des individus correspondent à une seule espèce. Si, par contre E tend vers 1, chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus.

3.3.- Etude du régime alimentaire

L'alimentation est la source d'énergie pour tout être vivant. Elle joue un rôle très important dans la croissance. Il existe deux grands types de régime qui sont aisément séparables: les consommateurs de Poacées (graminivores) et les consommateurs d'autres

familles végétales ou non-graminivores (LEGALL, 1989; BENZARA *et al.*, 1993 et 2003; BENFEKIH, 2006). Selon POPOV (1989) les espèces graminivores, consomment aussi bien les Poacées sauvages que cultivées. Les espèces forbivores ingèrent généralement des dicotylédones. Pour la détermination des espèces végétales, des guides de détermination sont employés (QUEZEL et SANTA, 1962; I.D.G.C., 1976). Les techniques employées pour l'étude du régime alimentaire des acridiens varient essentiellement selon l'objectif défini: étude sur le terrain ou au laboratoire, étude qualitative ou quantitative. Dans le cadre du présent travail, la méthode désignée par "méthode de la fenêtre" est adoptée. Celle-ci est basée sur l'analyse des fèces, en quantifiant les aliments ingérés par l'insecte. Cette technique est proposée par DOUMANDJI *et al.* (1993a). Cette méthode permet l'identification avec certitude des espèces végétales ingurgitées par l'Orthoptère. Elle se fait par comparaison des fragments d'épidermes des plantes trouvés dans les fèces avec ceux d'une épidermothèque de référence. Celle-ci est préparée à partir des espèces végétales présentes dans le biotope de cet Orthoptère. La méthode de la fenêtre donne des résultats fiables et reflète exactement ce qui se passe sur le terrain. Seulement, le prélèvement d'individus du milieu pendant des périodes rapprochées peut déséquilibrer le milieu surtout si cette étude est menée parallèlement à une autre étude sur la dynamique des populations. La méthode de l'analyse des fèces nécessite cinq étapes essentielles:

- la capture des insectes,
- le calcul du taux de recouvrement des espèces végétales sur le terrain,
- la préparation des épidermes de référence,
- l'analyse des fèces,
- la fréquence de consommation

3.3.1. - Capture des insectes sur le terrain

Plusieurs méthodes de capture sont utilisées pour récolter les acridiens en fonction de leur habitat. Dans cette étude, la méthode de capture au filet fauchoir est choisie. Elle consiste à récolter au hasard un échantillon de criquets, sans oublier de ramasser des spécimens des plantes s'y trouvant pour les déterminer ultérieurement. Dès leur capture, les insectes piégés sont isolés individuellement dans des sachets en matière plastique. Sur ces sachets, des étiquettes portant la date du prélèvement, le nom de la station et le sexe de l'espèce sont collées. Une cinquantaine d'individus mâles et femelles sont

échantillonnés. Cette collecte a permis de rassembler environ 250 fèces. Ce matériel animal est conservé au laboratoire jusqu'à son utilisation.

3.3.2. - Calcul du taux de recouvrement du sol par les espèces végétales

Le calcul du taux de recouvrement des végétaux permet de reconnaître l'abondance-dominance des espèces végétales sur le terrain. Il est estimé selon la méthode donnée par DURANTON *et al.* (1982). Celle-ci consiste à estimer la surface de chaque plante en calculant la surface occupée par la projection orthogonale du végétal. Le pourcentage de recouvrement par la plante est calculé grâce à la formule suivante:

$$T \% = [\pi (d/2)^2 \times N / S] \times 100.$$

T: Taux en % de recouvrement d'une espèce végétale donnée

d: Diamètre moyen de la plante en projection orthogonale exprimé en centimètres

S: Surface de l'aire d'échantillonnage soit 500 m²

N: Nombre de pieds (touffes) de l'espèce végétale donnée

3.3.3. - Préparation des épidermothèques de référence

Lors de chaque sortie, des prélèvements de plantes sont effectués afin de pouvoir réaliser une épidermothèque de référence et pour la formation d'un herbier. En effet, l'élaboration de cette collection facilite la connaissance des espèces végétales ingérées par les acridiens (BENHALIMA, 1983). Pour constituer une épidermothèque, il est nécessaire d'étudier des fragments d'épidermes lorsque la plante est fraîchement récoltée. Le prélèvement des épidermes peut être aisé, si les échantillons secs sont d'abord ramollis. Pour cela, ils sont portés à ébullition dans l'eau pendant 5 mn. Puis, l'épiderme est isolé en raclant le fragment végétal choisi à l'aide d'une lame de rasoir, jusqu'à l'obtention d'un épiderme transparent. Le contenu chlorophyllien est ensuite détruit. Les épidermes ainsi obtenus sont mis à macérer dans de l'eau de Javel à 12 % pendant quelques secondes pour être éclaircis afin de mieux voir les structures des proies cellulaires. Le montage et le scellage de la préparation se font entre lame et lamelle à l'aide du liquide de Faure. Pour éviter la formation de bulles d'air, les lames sont passées pendant quelques secondes sur une plaque chauffante. Sur chaque lame ainsi préparée, les noms de l'espèce végétale, du lieu de récolte et la date du prélèvement sont mentionnés. Les

préparations sont alors observées au microscope à moyen grossissement en lumière directe dans le but de réaliser des microphotographies. D'après BEN HALIMA (1983) les épidermes sont faciles à déterminer à l'observation microscopique par de nombreux caractères, aussi bien pour les Poacées que pour les Dicotylédones. Généralement, les épidermes ne sont pas digérés par le suc digestif des insectes comme le sont les autres parties de la feuille. Chez les Graminées, les éléments les plus intéressants pour la détermination spécifique sont les cellules longues, les cellules courtes (siliceuses et subéreuses), les poils et les stomates (GARCIA-GONZALEZ, 1984). Pour ce qui est des Dicotylédones, les critères de détermination de l'espèce sont la forme des cellules et la forme et la répartition des stomates. L'opérateur peut s'appuyer sur la présence de corps basal du poil et sur la paroi nodulaire ainsi que sur la taille de la paroi lisse ou ondulée des cellules épidermiques. Il ne faut pas oublier également la forme des trichomes, qu'ils soient uni- ou pluri-cellulaires, ramifiés ou en étoile, à extrémité simple ou bifurquée (GARCIA-GONZALEZ, 1984).

3.3.4. - Analyse des fèces

Après la collecte des fèces, celles-ci sont mis dans de l'eau distillée pendant 24 h. Cela permet de libérer les fragments sans les abîmer. Ensuite, les fragments sont homogénéisés durant quelques secondes à une minute dans l'alcool. Ils subissent ainsi une décoloration sans la destruction apparente des épidermes. La suite des opérations est identique à celles utilisées pour la constitution de l'épidermothèque. Il s'agit d'analyser le contenu digestif ou les fèces, ce qui donne des informations aussi précises que possible (CHARA, 1987). L'avantage de l'étude microscopique des fèces est qu'elle permet d'obtenir des résultats fiables et précis car elle s'appuie sur de nombreux critères d'identification. La technique adoptée est simple et facile. Mais elle demande beaucoup de précisions. Il n'est pas évident d'observer des dizaines de fragments de fèces aussi petits que ceux des acridiens. Pour déterminer et quantifier le régime alimentaire de *C. barbarus*, la méthode proposée par DOUMANDJI *et al.* (1993d) permet d'estimer les surfaces des fragments contenus dans les fèces. Ces surfaces sont examinées sous le microscope à travers une fenêtre de 1 mm² découpée dans la languette de papier millimétré. Celle-ci est installée sur la platine du microscope de manière à ce que la fenêtre soit centrée dans le champ optique. La lame préparée est alors posée dessus. En se repérant sur le millimétrage, la préparation est glissée sur le papier de façon à ce que la

petite fenêtre en parcourt la superficie. La surface de chaque fragment présent est estimée selon qu'elle occupe soit la totalité de la surface (1mm²), la moitié (0,5 mm²) ou le quart (0,25 mm²). Enfin, les petites et très petites fractions sont estimées respectivement à 0,13 et 0,06 mm². Le nombre de mesures à effectuer doit être suffisamment grand afin de limiter les risques d'erreurs et être au moins égal au tiers des 576 mm². Cette dernière surface constitue l'aire de chaque lamelle de 24 X 24 mm, soit 192 unités, prises au hasard. Pour chaque espèce végétale, la surface S1, S2, S3.....Sn, des n fragments trouvés est notée à chaque fois. Leur surface totale dans chaque lame est estimée par l'équation suivante:

$$S = (S1+S2+S3+\dots+Sn)\times 57/192$$

D'autre part, Le taux de consommation d'une espèce végétale donnée est le pourcentage de la surface foliaire de cette espèce ingérée, rapporté à l'ensemble des surfaces foliaires ingérées. Enfin, l'indice d'appétence est calculé par le rapport du taux de consommation de la plante considérée à son taux de recouvrement sur le terrain (BENZARA *et al.*, 2003). Il faut rappeler enfin que cette étude a été réalisée au niveau de la station de Jijel pendant la période étalée entre septembre 2011 jusqu'à août 2013.

3.4.-Etude morpho-métrique

Dans les études systématiques, les caractères morphologiques ont longtemps été les seuls critères utilisés pour différencier les espèces. Ils sont encore utiles de nos jours en complément avec les techniques de biologie moléculaire (BENZARA, 2004). La morphométrie classique vise à mettre en évidence les corrélations entre la taille des différents organes du corps de l'insecte et de mettre l'accent sur le degré de variabilité entre les populations.

Des travaux de morphométrie classique ont été effectués afin d'évaluer le degré de variabilité chez *C. barbarus* entre les populations de la région de Jijel. Parallèlement à cela, la morphométrie géométrique a été pratiquée pour quantifier le degré d'asymétrie entre les deux bioformes de cette même espèce.

3.4.1. - Morphométrie classique

Selon BLANDIN (1980) l'analyse conjointe des dimensions corporelles de la forme et de la couleur constitue une méthode efficace pour diminuer les risques d'appréciation

des différences ou des ressemblances interindividuelles. L'objectif de cette étude est de déterminer, le degré de différenciation et de variation de *C. barbarus*, des peuplements de la région de Jijel entre elles. Cette étude a été réalisée sur des échantillons frais collectés à partir de trois stations, en l'occurrence Texenna, Kissir et Jijel. Au laboratoire, un calibre à coulisse raccordé à un ordinateur a été utilisé pour faciliter la saisie des données. L'échantillonnage des insectes s'est déroulé entre août 2011 et octobre 2012. L'étude morpho-métrique a été réalisée au laboratoire d'Orthopterologie de l'Université de Murcia en Espagne. Par souci de cohérence par rapport aux travaux déjà publiés de JAGO (1963); CLEMENTE *et al.* (1987); BENZARA (2004) sur *Calliptamus barbarus* et par EL GHADRAOUI *et al.* (2003); DEFAUT (2005) et BENFEKIH (2006) sur *Locusta migratoria*, 8 paramètres ont été pris en compte pour chaque individu des deux sexes. Il s'agit de

LT: Longueur totale du corps

LE: Longueur de l'élytre (tegmina)

LF: Longueur du fémur

IF: Largeur du fémur

IT: Largeur de la tête

IP: Largeur du pronotum

Sf: Surface totale du fémur

STF: Surface des taches fémorales

Afin d'exploiter les résultats, les paramètres statistiques utilisés sont la matrice de corrélation, le test de conformité, la droite de régression et l'analyse de la variance (ANOVA).

3.4.1.1. - Matrice de corrélation

L'ensemble des valeurs LF, IF, LE, IT, IP, sont souvent considérés comme constituants des matrices et sont appelés matrices de corrélation. Ces matrices sont fréquemment désignées par le symbole $[]$ (DAGNELIE, 2012). Le coefficient de corrélation est une mesure symétrique qui sert avant tout à caractériser une relation linéaire positive ou négative (RAKOTOMALALA, 2012). Il est calculé à l'aide du logiciel R (LYAZRHI, 2005). Son test de conformité consiste à comparer les valeurs observées (t obs) aux valeurs théoriques (t 95% ou 0.95).

3.4.1.2. - Droite de régression

Calculer le coefficient de corrélation entre deux variables numériques revient à chercher et à résumer la liaison qui existe entre ces deux variables quantitatives à l'aide d'une droite. Il s'agit alors d'un ajustement linéaire (BHUHAN, 1978). L'objectif de la régression est de décrire la relation entre une variable aléatoire dépendante ou variable réponse y et un ensemble de variables indépendantes ou explicatives x (LEGRAS, 1998). L'équation de cette droite est la suivante:

$$y = ax + b, \text{ sachant que } a = \text{cov}(x, y) / \text{var}(x) \text{ et } b = \bar{y} - a\bar{x}$$

3.3.1.3. - Analyse de la variance (ANOVA)

Selon SCHERRER (1984) l'ANOVA permet de vérifier la signification de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités.

3.4.2. - Morphométrie géométrique

La morphométrie géométrique est une méthode qui permet de s'affranchir des différences de taille entre les échantillons. C'est également le champ d'analyse de la forme biologique (SLICE, 2007), permettant de caractériser quantitativement, d'analyser et de comparer la forme biologique (BOOKSTEIN, 1991). Trois styles généraux de morphométrie sont souvent reconnus et distingués par la nature des données qui sont analysées: la morphométrie traditionnelle, la morphométrie géométrique basée sur le contour et la morphométrie géométrique basée sur les points de repères ou *landmarks* pour les anglosaxons. Cette dernière a été choisie pour développer ce volet. Le principe de la méthode procustéenne sera d'abord expliqué ensuite appliqué pour l'actuel travail.

3.4.2.1. - Principe de la méthode procustéenne

Une aile d'insecte est le plus souvent une structure aplatie formée d'un réseau de nervures supportant une membrane composée de deux couches tégumentaires accolées. L'homologie des différentes nervures des ailes a longtemps été discutée. Cependant, la nervation dans son ensemble est depuis longtemps considérée comme une structure homologue à travers les différents groupes d'insectes (HAMILTON, 1972; COMSTOCK et

NEEDHAM, 1998). Lors de cette étude, la méthode procustéenne est appliquée à la forme des ailes de *C. barbarus*. L'objectif est de quantifier l'asymétrie des élytres de chaque individu. Celle-ci peut se déterminer par une asymétrie fondamentale résultant d'une spécialisation latérale. Elle peut être déterminée également par une asymétrie fluctuante due à un stress génétique et/ou environnemental durant le développement (PALMER et STROBECK, 1986; CLARKE, 1993; FRAMPTON et HARDERSEN, 1999). En statistiques, l'analyse procustéenne est une technique pour comparer des formes. Elle est utilisée pour déformer un objet afin de le rendre, autant que possible, semblable à une référence (potentiellement arbitraire) (GOODALL, 1991). Le but consiste à éliminer les variations qui ne concernent pas la conformation. Après cette étape, les différences entre les configurations de points-repères seront donc uniquement dues à la conformation. Ceci est réalisé au moyen d'une Superposition Procuste généralisée (APG), basée sur la méthode des moindres carrés (GOWER, 1975). Elle est effectuée par trois fonctions mathématiques: la rotation, la translation et la mise à l'échelle (Fig.19). Cette étape permet l'obtention d'un 'consensus' correspondant à la conformation moyenne des individus. Les résidus «Procuste» qui représentent les déviations des points-repères par rapport au consensus, sont ensuite exploités statistiquement.

3.4.2.2. - Application de la méthode

Pour réaliser cette étude, des lames ont été utilisées comme support pour l'aplatissement des ailes. La glycérine a servi pour la fixation de ces ailes. Une loupe équipée d'un appareil numérique a été utilisée pour la prise de photographies. Les échantillons sont capturés en août 2014 dans deux régions, celles de Jijel (20/08/2014) et de Kasr El Boukhari proche de Médéa (17/08/2014). Ce travail a été partiellement réalisé au sein du département de Zoologie de l'université de Murcia en Espagne ainsi qu'au laboratoire de Zoologie, à la faculté des sciences de l'Université de Jijel. Un total de 38 spécimens sont utilisés, dont presque la moitié (8 mâles et 8 femelles) sont des individus à 3 tâches. Le reste (10 mâles et 12 femelles) sont des individus à 1tâche. Les élytres ont été aplatis et montés entre deux lames et fixés à l'aide de la glycérine, puis photographiés et enfin scannés et sauvegardés dans un fichier image de type JPEG dans un ordinateur. Les coordonnées des Points Repères (PR) sont obtenues par leur localisation sur l'image grâce au logiciel TPS dig2 version 2.17 (ROHLF, 2013).

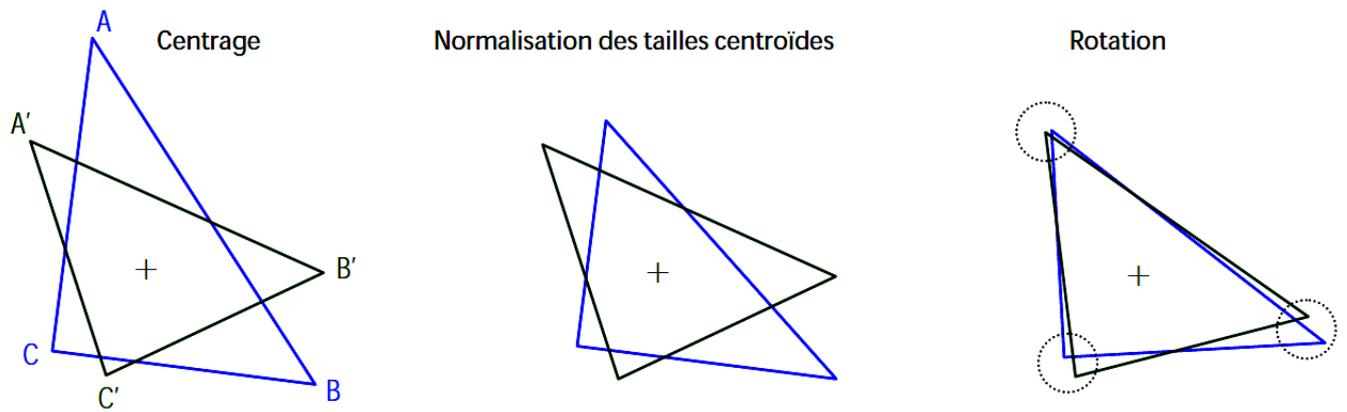


Figure 19 - Les trois étapes de la superposition procustéenne (GOWER, 1975)

Ces coordonnées sont par la suite enregistrées dans un fichier texte au format requis pour TPS-RelW version 1.11 (RHOLF, 1997). Les PR sont choisis de manière précise en prenant en compte la différence observée au niveau du champ médian entre les ailes des deux bioformes (Fig. 20, 21). La nomenclature de la nervation alaire adoptée lors de cette étude est celle proposée par GRAUVOGEL-STAMM *et al.* (2000); BETHOUX et NEL (2001); PETIT *et al.* (2006). Les 11 PR retenus (Fig.22) sont définis:

- ❖ PR1 : la rencontre entre la M et la (CuA+ CuP1)
- ❖ PR2 : la rencontre de la CuP1 et la CuP2
- ❖ PR3 : la divergence distale de la CuA+ MP
- ❖ PR4 : la divergence distale de la CuA+ CuP1
- ❖ PR5 : le point de départ proximal de la CuA+ MP
- ❖ PR6 : le point de divergence distal de la M
- ❖ PR7 : le point de rencontre proximal entre la RA et la RP
- ❖ PR8 : la bifurcation proximale de la RP
- ❖ PR9 : le point de rencontre entre la SCA et le bord antérieur
- ❖ PR10 : le point de rencontre entre la RA et le bord distal
- ❖ PR11 : le point de rencontre entre le MA3 et le bord postérieur

Les coordonnées des PR des 76 paires d'élytres permettent, après superposition, le calcul des angles réalisés par l'orientation des vecteurs des PR de l'élytre droit par rapport au gauche. Ce travail est réalisé pour chacun des individus, de manière à tester si certains PR ont un angle privilégié de déformation (Fig.23). Le déplacement des PR de l'élytre droit par rapport au gauche est représenté par un vecteur dont il faut calculer l'angle par rapport à l'horizontale et la distance euclidienne. Si les coordonnées des points PR_i gauche et PR_i droit sont respectivement (x1, y1) et (x2, y2), alors la distance euclidienne est: $\sqrt{(x2-x1)^2 + (y2-y1)^2}$. L'angle est (y2-y1)/(x2-x1).

Le programme TPS-RelW version 1.11 (RHOLF, 1997) permet de rapporter tous les objets mesurés à la même taille centroïde et de les superposer par la méthode APG, de manière à calculer le consensus. Les composantes des flexions relatives (relative warps) sur les 2 premiers axes sont prises en considération pour comparer les différentes espèces. La contribution des différents PR à la variabilité globale a été évaluée en calculant pour chaque PR, la somme des distances euclidiennes de chaque individu par rapport au consensus. Puis elle est évaluée en rapportant la somme obtenue pour chaque PR à la somme de l'ensemble pour les 11 PR.

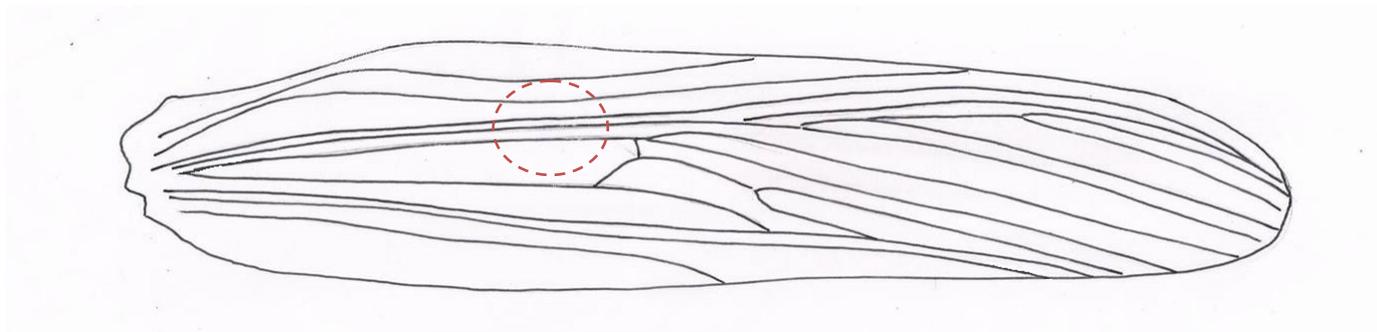


Figure 20- Aile de femelle de *C. barbarus* à 3T (photo originale)

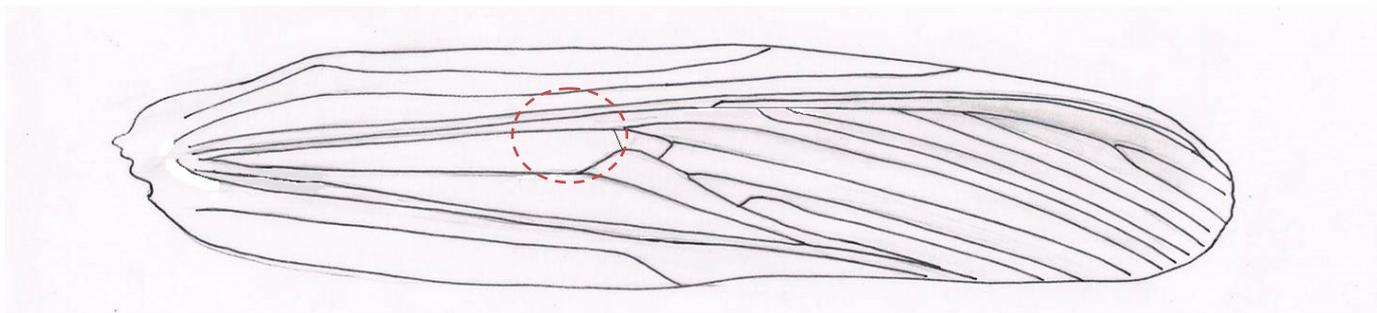


Figure 21- Aile de femelle de *C. barbarus* à une 1T (photo originale)

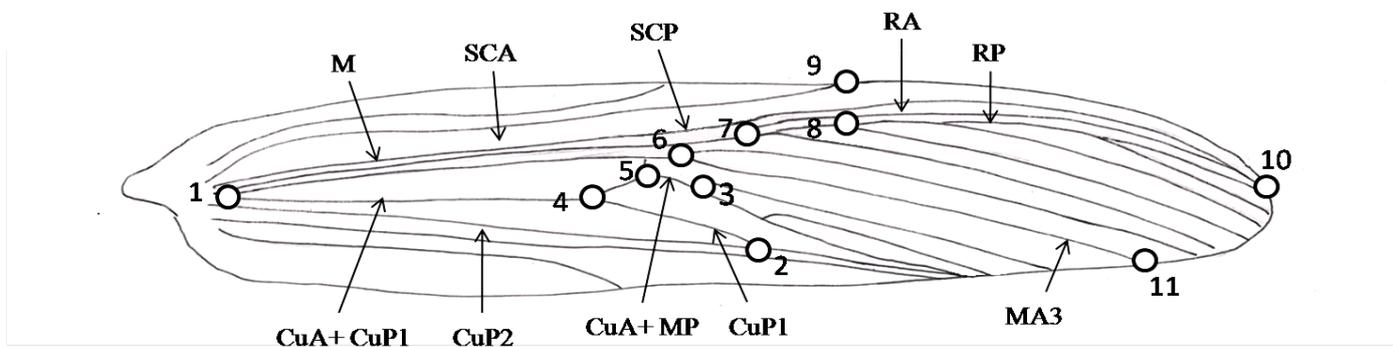


Figure 22 - Elytre de femelle de *C. barbarus* et position des 11 PR

M : la nervure médiane; SCA : la sous costale antérieure; SCP: la sous costale postérieure; RA: la radiale antérieure; RP: la radiale postérieure; MA: la médiane antérieure; MP: la médiane postérieure; CuA: la cubitale antérieure; CuP: la cubitale postérieure.

A noter que certaines nervures se divisent elles même en sous branches nommées 1 (antérieure) et 2 (postérieure).

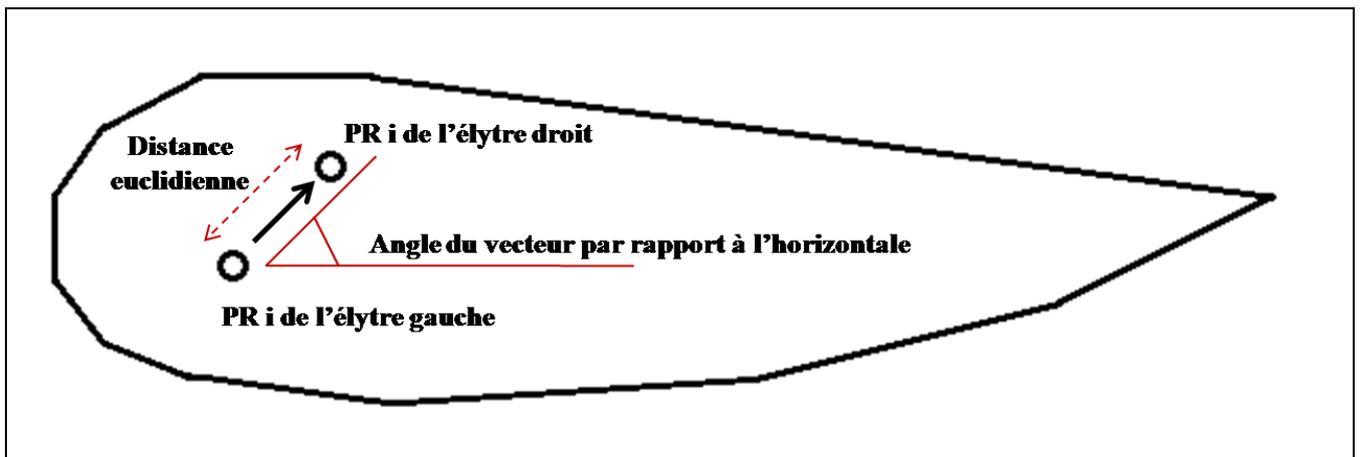


Figure 23 - Représentation schématique montrant le déplacement d'un PR de l'élytre droit par rapport au gauche, après superposition

Les tailles centroïdes de chaque élytre ont été mesurées grâce au logiciel GMTP version 2.1 (TARAVATI ET DARVISH, 2010). Pour cela, le centre de gravité de chaque élytre est calculé à partir des 11 PR par la moyenne de toutes les coordonnées des points de cette forme. Ensuite la distance euclidienne moyenne entre chaque PR et le barycentre des 11 PR est évaluée (Fig. 24). Enfin, les ANOVA ont été réalisées grâce au logiciel STATISTICA version 10.0), en considérant le sexe et le polymorphisme chromatique comme facteurs. Le but est de connaître si la différence des distances euclidiennes et des tailles centroïdes est significative ou non:

- Si $P > 0,05$: aucune différence significative.
- Si $P < 0,05$: différence significative.
- Si $P < 0,01$: différence très significative.
- Si $P < 0.001$: différence hautement significative.

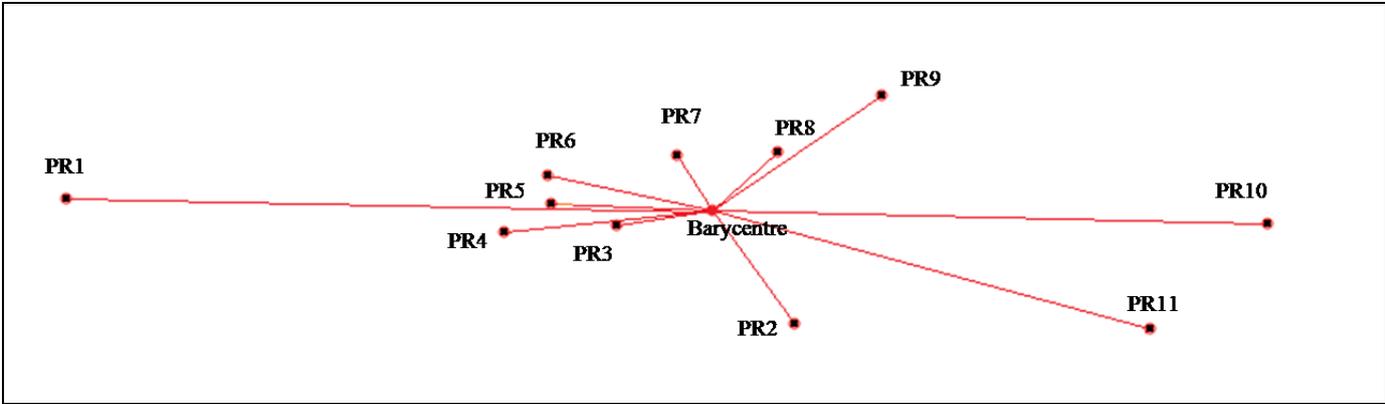


Figure 24 - Le barycentre des 11 PR d'un élytre

3.5. -Etude moléculaire

L'objectif de cette étude moléculaire est d'examiner la position systématique des deux bioformes de *C. barbarus*. Elle est basée sur l'analyse des séquences de deux gènes de l'ADN mitochondrial à savoir la Cytochrome Oxydase I (COI) et l'ARN 16S. Ces deux gènes sont isolés à partir des échantillons appartenant aux deux bioformes (1 et 3T). Les spécimens ont été collectés au niveau de régions géographiquement différentes d'Algérie: une région humide en l'occurrence Jijel et deux région du semi-aride à savoir Djelfa et Kasr El Boukhari. Additionnelement, cette étude confirmera ou infirmera l'hypothèse proposée par BENZARA (2004) et LARROSA *et al.* (2008) sur le début de spéciation par isolement géographique observé chez les deux bioformes de cette espèce. Les échantillons de *C. barbarus* (Fig. 25) ont été collectés durant le mois d'aout 2014. 38 échantillons à 1T (tâche) (25 M et 13 F) sont collectés à partir des régions de Kasr El Boukhari. 30 spécimens à 3T (tâches) (11 M et 19 F) sont ramassés à partir de la localité de Texenna dans la région de Jijel (Tab. 22, Fig. 26). Après échantillonnage, les individus prélevés ont été amenés au laboratoire, conservés dans des epindorfs contenant 100% d'éthanol et stockés dans un réfrigérateur à 4 ° C avant l'extraction de l'ADN.



Figure 25 - *Calliptamus barbarus* femelle à 1T (à droite) et à 3T (à gauche) (photo originale)

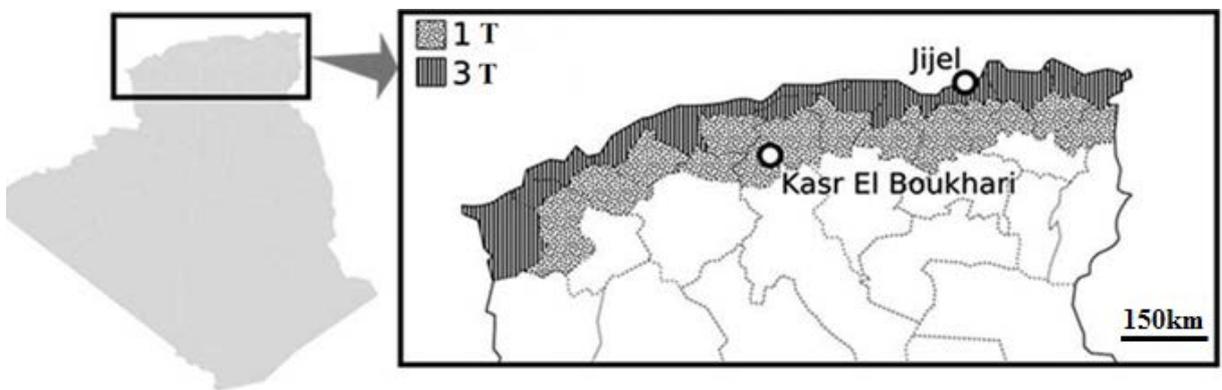


Figure 26- Distribution géographique des deux biformes de *C. barbarus* en Algérie et zones d'échantillonnage (sombre: forme à 3T, claire: forme à 1T)

Tableau 22 - Données collectées pour les échantillons de *C. barbarus* utilisés pour l'analyse moléculaire

Echantillons	Sexe	Localité	Date	forme	N° d'accésion à la GenBank	
					16S	COI
A01-A12, B01-B12, C01	M	KasrElboukhari	17/VIII/2014	1T	KT158469- KT158493	KT158532- KT158545
C02-C12, D01-D02	F	KasrElboukhari	17/VIII/2014	1 T	KT158494- KT158505	KT158546- KT158556
D03- D06,D08,D10- 12, E01-E03	M	Texenna	20/VIII/2014	3T	KT158506- KT158514	KT158557- KT158566
E04- E12,F02,F03, F05-F12	F	Texenna	20/VIII/2014	3T	KT158515- KT158531	KT158567- KT158581

L'extraction de l'ADN à partir des fémurs postérieurs a été réalisée en utilisant le kit Mini Invisorb® Spin Tissue (Invitek, Berlin, Deutschland) en suivant les consignes du fabricant. Deux fragments de l'ADN mitochondrial ont été amplifiés en utilisant la Kapa® Taq DNA polymerase. Pour la Cytochrome Oxydase 1 (COI), les amorces utilisées sont: mtd6 (5'-GGAGGATTTGGAAATTGATTAGTTCC-3') et mtd11 (5'-ACTGTAAATATATGATGAGCTCA-3') (CONTRERAS et CHAPCO, 2006). pour l'ARN ribosomique (16S), les amorces employées sont: 16S-F (5'-CCGAGTATTTGACTGTGC-3') et 16S-R (5'-TAATCCAACATCGAGGTCGCAA-3') (ZERM *et al.*, 2007)

La Réaction de Polymérisation en Chaîne (PCR), est une technique permettant d'obtenir de nombreuses copies d'un segment particulier d'ADN nommé ADN cible. Elle a été réalisée dans les conditions suivantes: 5 minutes de dénaturation à 94 ° C, suivie par 30 cycles de 30 secondes à 94 ° C, 30 secondes à 50 ° C pour l'hybridation d'amorce, 1 minute à 72 ° C puis à 72 ° C pendant 10 minutes pour l'élongation finale.

L'amplification par la PCR a été testée dans un gel d'agarose à 1,5% et séquencée chez Macrogen (Amsterdam, Netherlands). Les séquences ADN ont été édités grâce au logiciel Geneious 5.4 (DRUMMOND *et al.*, 2011). Elles sont alignées dans le même programme en utilisant l'algorithme Muscle. Certaines séquences de *C. barbarus* disponibles au niveau de la base de données GenBank ont été ajoutées à l'alignement. Des séquences

provenant d'autres espèces de *C. wattenwylanus*, de *C. italicus* et de *C. abbreviatus* ont été ajoutés sous forme d'"outgroups" (Tab.23). Le modèle de substitution nucléotidique le plus approprié a été déterminé en utilisant le logiciel jMODELTEST v2.1.7 (DARRIBA *et al.*, 2012). Une analyse phylogénétique d'une matrice concaténée composée des deux fragments (COI et 16S) a été réalisée à l'aide du logiciel BEAST 1.8.2 (DRUMMOND *et al.*, 2012), avec un modèle d'arbre de coalescence pour une population de taille constante. L'analyse a couru pour 10 millions de générations, échantillonnées chaque 1000 étapes. Les 1000 premiers arbres ont été délaissés et l'arbre de consensus a été construit grâce au logiciel Treeannotator 1.8.1.

Un réseau phylogéographique a été également construit grâce au programme Popart et ce en utilisant une version modifiée de la matrice COI. Dans cette matrice, seule la partie qui n'a pas manqué à toutes les séquences a été conservée. L'algorithme utilisé pour la construction de ce réseau est la "Median Joining". Cette méthode a l'habitude de résoudre correctement les relations entre les haplotypes. Elle est utilisée avec succès dans des cas similaires (CASSENS *et al.*, 2005).

Tableau 23 - Liste des "outgroups" et les séquences additionnelles de *C. barbarus* obtenues à partir des données de la GenBank

Numérod'accésion	Espèce	Localité	Gènes
DQ366833	<i>C. barbarus</i>	Chine	16S
FJ555215	<i>C. barbarus</i>	Chine	16S
FJ555220	<i>C. barbarus</i>	Chine	16S
FJ555221	<i>C. barbarus</i>	Chine	16S
FJ555222	<i>C. barbarus</i>	Chine	16S
FJ555223	<i>C. barbarus</i>	Chine	16S
JX033916	<i>C. barbarus</i>	Inconnue	COI
KC139829	<i>C. barbarus</i>	Chine	COI
KC139830	<i>C. barbarus</i>	Chine	COI
KC261372	<i>C. barbarus</i>	Inconnue	COI
AY379752	<i>C. abbreviatus</i>	Inconnue	16S
DQ366836	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	16S
KC139803	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139804	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139805	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139806	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139807	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139808	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139809	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139810	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139811	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139812	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI

KC139813	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139814	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139815	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139816	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139817	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139818	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139819	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139820	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139821	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139822	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139823	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139824	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139825	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139826	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139827	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
KC139828	<i>C. abbreviatus</i>	Chine	COI
EU589054	<i>C. italicus</i>	Inconnue	COI
EU589059	<i>C. italicus</i>	Inconnue	COI
EU589086	<i>C. italicus</i>	Inconnue	COI
EU589087	<i>C. italicus</i>	Inconnue	COI
EU589088	<i>C. italicus</i>	Inconnue	COI
EU589089	<i>C. italicus</i>	Inconnue	COI
EU589090	<i>C. italicus</i>	Inconnue	COI
EU589091	<i>C. italicus</i>	Inconnue	COI
EU589092	<i>C. italicus</i>	Inconnue	COI
EU589093	<i>C. italicus</i>	Inconnue	COI
EU589094	<i>C. italicus</i>	Inconnue	COI
FJ555212	<i>C. italicus</i>	Chine	16S
FJ555213	<i>C. italicus</i>	Chine	16S
FJ555214	<i>C. italicus</i>	Chine	16S
FJ555216	<i>C. italicus</i>	Chine	16S
FJ555217	<i>C. italicus</i>	Chine	16S
FJ555218	<i>C. italicus</i>	Chine	16S
FJ555219	<i>C. italicus</i>	Chine	16S
KC139831	<i>C. italicus</i>	Chine	COI
KC139832	<i>C. italicus</i>	Chine	COI
KC139833	<i>C. italicus</i>	Chine	COI
KC139834	<i>C. italicus</i>	Chine	COI
KC261373	<i>C. italicus</i>	Inconnue	COI
KR005871	<i>C. italicus</i>	Chine	COI
GQ355954	<i>C. siciliae</i>	France	COI
GQ355950	<i>C. wattenwylianus</i>	Espagne	COI

3.6.- Isolement reproductif

Afin de connaître si le processus de spéciation au sein de *C. barbarus* est entamé ou non, un isolement reproductif a été réalisé entre les 2 populations de cette espèce. Il

s'agit de la population à 1T, vivant en région semi-aride et la population à 3T, vivant sur le littoral. Cette étude a été effectuée du mois de juillet jusqu'en novembre 2013. Les échantillons ont été collectés à partir de Djelfa pour la population du semi-aride (7 femelles et 6 mâles) et à partir de Jijel pour la population du littoral (9 femelles et 6 mâles). A noter que l'isolement a été fait réciproquement pour les 2 sexes appartenant aux 2 populations. Un deuxième isolement a été réalisé en juillet et août 2014. Au cours de cet isolement, le comportement de 30 individus mâles et femelles a été étudié à partir de la population collectée à Kasr El Boukhari et la population de Jijel. Pour les deux cas, les insectes ont été placés dans des cages d'élevage en bois (Fig. 27). Les dimensions sont de 40 cm de longueur sur 40 cm de largeur et 50 cm de hauteur. Comme matière de couverture, du filet à mailles fines a été utilisé. Les conditions d'expérimentation sont celles du laboratoire, c'est-à-dire une température et une humidité ambiantes. Les insectes ont été nourris avec des plantules de blé additionné de son d'orge. A noter enfin que pour permettre éventuellement aux femelles de pondre leurs œufs, le fond de la cage a été rempli avec de la terre jusqu'à une hauteur de 12 cm.

3.7.-Efficacité des extraits aqueux de l'Harmal: *Peganum harmala* et des huiles essentielles de la Menthe pouliot: *Mentha pulegium* sur les larves de *C. barbarus*

En Agriculture, la protection des plantes cultivées contre les ravageurs, les adventices et les maladies s'effectue généralement par la lutte chimique. Celle-ci est basée sur l'application de différents produits phytosanitaires de synthèse (REGNAULT-ROGER *et al.*, 2002). Ces produits chimiques provoquent malheureusement des problèmes pour la santé et l'environnement. La cause est la contamination des milieux naturels par des molécules polluantes non dégradables. Pour ces raisons, il est donc urgent de proposer des solutions alternatives comme l'usage des pesticides naturels. Ces pesticides sont basés sur l'extraction de substances bioactives à partir des plantes. Actuellement, cet usage est très répandu dans le monde d'où l'intérêt de cette étude. Le choix a été porté sur deux espèces végétales connues pour leurs vertus thérapeutiques. Il s'agit du Harmal: *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) et de la menthe pouliot: *Mentha pulegium* (Labiaceae), et ce contre les juvéniles de *C. barbarus*.



Figure 27 - Cage d'élevage utilisée lors de l'isolement reproductif des deux bioformes de *C. barbarus*

Pour le Harmal, les substances bioactives testées sont les extraits aqueux des grains et des feuilles (Fig. 28). L'approvisionnement en grains (500g) a été fait au niveau du marché à puces de Jijel. Une fois au labo, ceux-ci sont d'abord lavés pour les nettoyer des impuretés. Ces grains sont ensuite desséchés à la température ambiante pendant quelques jours puis réduits en poudre à l'aide d'un mixeur électrique afin d'obtenir une poudre. L'extrait sera préparé à partir de cette poudre. Concernant les feuilles, celles-ci ont été récoltées à partir de la localité d'Ain Oulmène dans la région de Sétif. Les feuilles sont d'abord lavées à l'eau distillée puis séchées à l'air libre. Pour ce qui est de la Mente (Fig.29), les substances bioactives testées sont les huiles essentielles des feuilles. Les échantillons provenaient de la région de Jijel. Une fois récoltés ces échantillons ont été rincés à l'eau distillée puis séchés à l'ombre pendant 8 jours. Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire de Zoologie de l'Université de Jijel pendant les mois d'avril et mai 2014. Deux procédés d'extraction ont été requis pour l'extraction des principes actifs. Pour le Harmal, la méthode de la macération a été choisie et ce en vue de l'obtention des extraits (principalement les alcaloïdes). Pour la menthe, la méthode d'hydro distillation a été adoptée pour l'extraction de ces huiles essentielles. Une fois les substances obtenues, leur rendement est calculé puis leur composition chimique analysée avant de tester leur effet acridicide.



Figure 28 - Grains et feuilles du Harmal: *Peganum harmala*



Figure 29 - Feuilles et fleurs de la Menthe pouliot: *Mentha pulegium*

3.7.1. - Préparation des extraits à base de grains et feuilles de *Peganum harmala*: protocole de macération

Les grains de *P. harmala* ont été nettoyés de leur impuretés, lavés avec à l'eau de robinet et séchés à l'abri de la lumière pendant quelques jours. Ils sont ensuite broyés (à l'aide d'un mixeur électrique) en poudre moyennement fine, à partir de laquelle les différents extraits ont été préparés. L'extrait aqueux (EAq) est obtenu selon la méthode décrite par MBIANTCHA *et al.* (2011), avec quelques modifications. La macération est faite avec 100g de la poudre des grains dans 1000 ml d'eau distillée tiède pendant 3 jours. Une filtration sur coton hydrophile, puis sur le papier Wattman a été effectuée. Pour l'évaporation de l'eau distillée, le filtrat est placé dans une étuve à 45°C jusqu'à l'obtention d'un extrait, conservé par la suite à - 4°C dans un congélateur et ce jusqu'à son utilisation.

Quant à l'extraction brute (EBr), (Fig. 30), celle-ci a été effectuée avec du méthanol à 80% (10g de poudre de grains / 100ml) pendant 24 heures à température ambiante et à l'abri de la lumière. Une deuxième macération est réalisée après filtration sur coton hydrophile puis à travers le papier Wattman. Les filtrats sont recombinaés puis évaporés (par un rotavapeur) presque à sec. Les résidus finaux sont mis à sécher dans une étuve comme décrit précédemment (MBIANTCHA *et al.*, 2011).

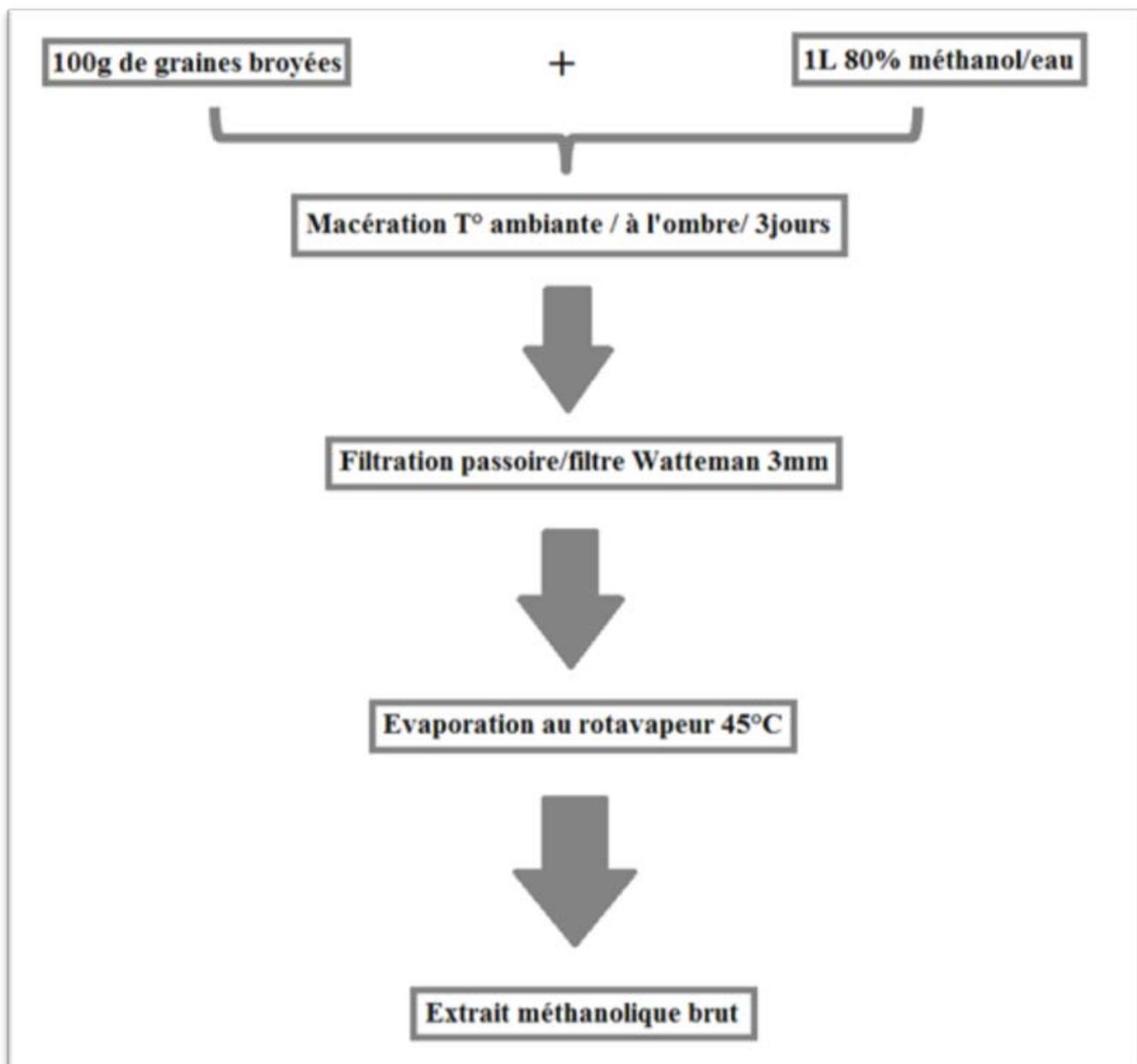


Figure 30 - Les différentes étapes de la macération méthanolique

Pour macérer les feuilles, trois méthodes d'extraction ont été employées, afin d'obtenir les principes actifs. Il s'agit des macérations à l'acétone, à l'eau et au méthanol. La première méthode consiste à émerger 100 g de feuilles sèches dans l'acétone pendant 24 heures. La filtration est ensuite effectuée sous vide à l'aide d'une fiole et d'un entonnoir. Le résidu sec est jeté. Le filtrat recueilli est soumis à une évaporation sous vide dans un rotavapeur pour éliminer l'acétone. Le produit ainsi obtenu est un extrait auquel 20 ml d'acétone sont ajoutés. Ce mélange est donc le produit de traitement. Quant aux extractions aqueuse et méthanolique, celles-ci sont presque les mêmes que celle décrite précédemment pour les grains. L'extraction dans ce cas est suivie par une agitation.

3.7.2. - Extraction des huiles essentielles à partir de la Mente: *M. pulegium* protocole d'hydrodistillation

Les huiles essentielles de *M. pulegium* sont obtenues par hydro distillation. C'est une méthode basée sur l'utilisation d'un Clevenger (Fig. 31), en employant les feuilles séchées additionnées d'eau distillée. Le protocole expérimental d'hydro distillation ici employé est celui proposé par PAVIDA *et al.* (1976), à quelques modifications près: 50 g au lieu de 100 et 700 ml d'eau distillée au lieu de 1400. Selon EL HAIB (2011) la durée d'une hydrodistillation peut considérablement varier. Elle peut atteindre plusieurs heures selon le matériel utilisé et la matière végétale à traiter. Elle peut influencer non seulement le rendement mais également la composition de l'extrait. Cette opération a été réalisée pendant 3 heures par ébullition d'un mélange de 100 g de matériel végétal et 1400 ml d'eau distillée. La séparation des huiles essentielles est faite dans le vase florentin au moyen de la différence de densité avec l'eau distillée. Les huiles ainsi obtenues sont conservées à 4°C dans des tubes hermétiquement fermés et couverts par du papier aluminium. Le rendement en huile essentielle est exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche (PAVIDA *et al.*, 1976).

3.7.3. - Calcul du rendement et analyse de la composition chimique

Après extraction et élimination de toute trace de solvants, le rendement des extraits et des huiles est calculé selon la formule suivante:

$$\text{Rendement} = \text{Poids de l'extrait (huile)} / \text{Poids de la matière sèche} \times 100$$



Figure 31- Le dispositif d'extraction Clevenger

La composition chimique des extraits du Harmal: *P. harmala* et d'huiles essentielles de la Menthe pouliot: *M. pulegium* est analysée qualitativement et quantitativement à l'aide d'une chromatographie en phase gazeuse et d'une colonne capillaire apolaire couplée à un spectromètre de masse. L'extrait méthanolique brute (EBr) des feuilles et grains de *P. harmala* est concentré puis injecté en CPG-SM pour être par la suite analysé dans des conditions de température spécifiques. Il s'agit d'une injection à 250°C, un four à 70°C pendant 1 min puis 300°C pendant 4 mn. Enfin, une interface à 280°C est faite. La présence d'un gaz vecteur en l'occurrence l'hélium est obligatoire.

Pour *M. pulegium*, une petite quantité d'huile essentielle est injectée dans la colonne de la CPG. Les conditions de température sont différentes. L'injection se fait à 250°C. Le four est réalisé successivement à 55°C pendant 3 min, 120°C pendant 5 min et 180°C pendant 11 min. Enfin, l'interface est effectuée à 250°C, sans oublier bien sûr l'hélium comme gaz vecteur.

Le chromatogramme est couplé à un spectre de masse permettant d'identifier les compositions chimiques existantes dans les échantillons à analyser. Par contre, l'analyse quantitative est réalisée à l'aide de l'indice de rétention dans la phase stationnaire. Le résultat est représenté sous forme de graphes ayant plusieurs pics. Chaque pic permet de distinguer un composé chimique. La surface de ces pics aide à quantifier les pourcentages des différents constituants d'HEs et des EAq par rapport à la concentration totale des constituants.

3.7.4.- Tests d'efficacité

Avant de tester l'efficacité des substances bioactives, les larves de *C. barbarus* ont été placées dans des cages d'élevage. Elles doivent être nourries à l'aide de plantules de blé additionnées de son (BENZARA *et al.*, 2010). Pour réaliser les tests, les larves ont été isolées par lots de 10 individus dans des boîtes d'insectes. Les conditions d'expérimentation au laboratoire sont presque les mêmes que ceux du terrain (température, photopériode et humidité relative). Les traitements ont été réalisés par pulvérisation directe sur les insectes en captivité ou en mélange avec les aliments. Pour le cas de l'Harmale, quatre doses de matière active ont été utilisées par litre d'eau distillée: 0,3, 0,6, 1,2 et 2,4 g/l. Deux méthodes de traitement sont employées: par contact et par ingestion. Le traitement par contact consiste à pulvériser directement le produit sur les larves. Quant à la deuxième méthode, celle-ci est basée sur le traitement des aliments

ayant servi de nourriture aux insectes. A noter que pour confirmer les tests biologiques, deux témoins sont utilisés. L'un négatif (eau distillée) et l'autre positif, un insecticide (ACEPLAN 20). Leur effet a été testé séparément et ce à cause de la différence en teneur des alcaloïdes entre la composition chimique des grains et celle des feuilles. Pour cela, 16 boîtes d'insectes au total sont employées, à raison d'une boîte par dose (Fig. 32). Pour ce qui est de l'huile essentielle de la Menthe, les doses suivantes ont été préparées: 6, 12, 24 et 48 μ l de matière active par ml de diluant (eau distillée et acétone). Le dispositif expérimental de ce test est le même que celui décrit précédemment. Pour le traitement par contact, la lecture des résultats (dénombrement d'individus morts) a été faite 1, 2 et 3 jours après la pulvérisation du produit. Pour le traitement par ingestion, et afin de laisser le produit agir contre les insectes, la lecture a été faite 2, 4 et 6 jours après l'application du produit.

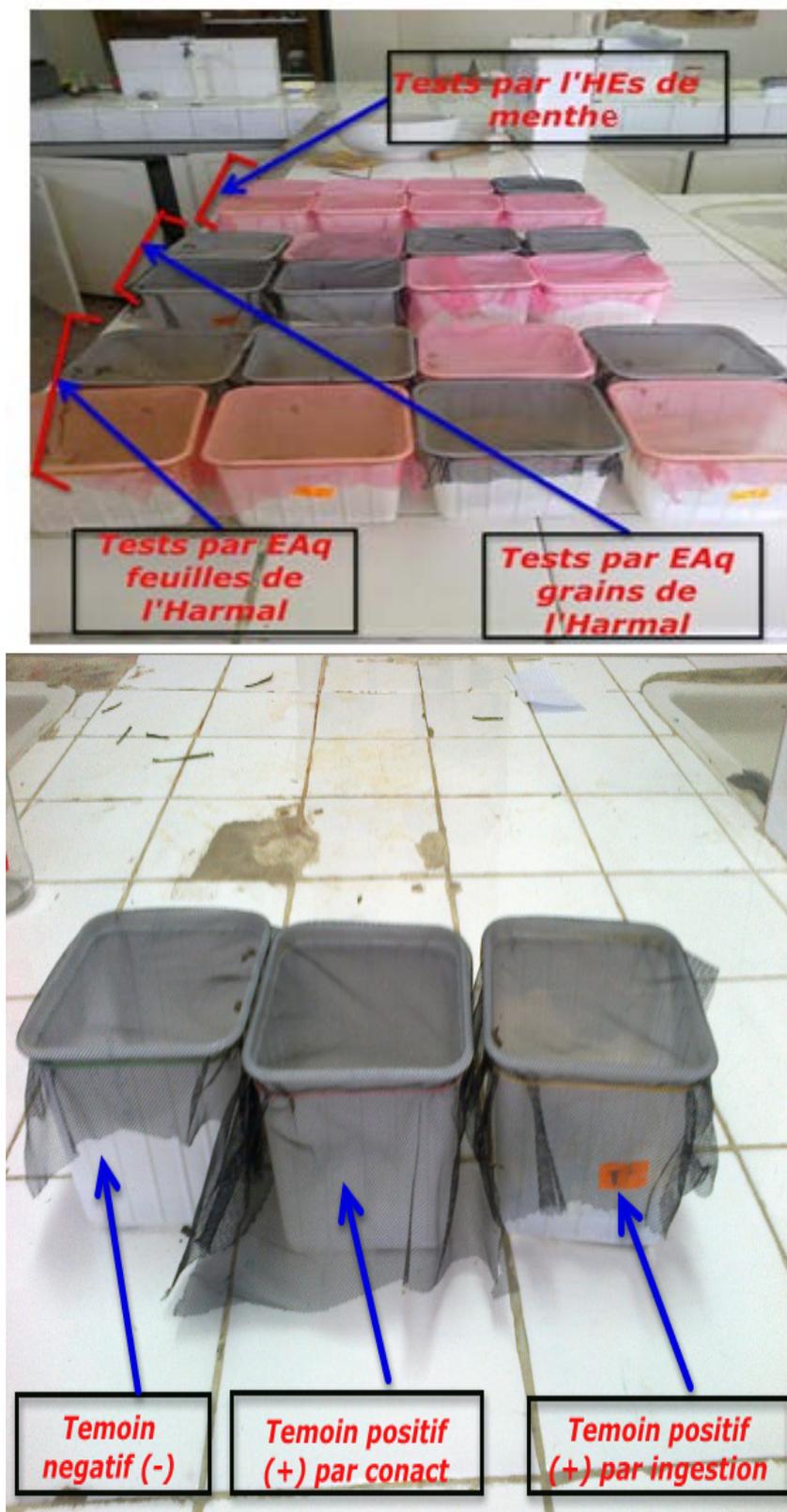


Figure 32 - Dispositif expérimental de traitements des larves de *C. barbarus*

CHAPITRE

IV

Chapitre 4 - Résultats

Les résultats sont présentés selon six axes, soit d'abord l'acridofaune sympatrique des *Calliptamus*, l'étude trophique, la morphométrie classique et géométrique, l'analyse moléculaire, l'isolement reproductif et enfin un aspect bioacridicide.

4.1. - Acridofaune sympatrique

Dans ce qui va suivre, la liste générale des Orthoptères de la région de Jijel, la qualité de l'échantillonnage, l'exploitation statistique des résultats, ainsi que la densité et le sex-ratio chez *C. barbarus* sont présentés.

4.1.1. - Liste générale des Orthoptères de la région de Jijel

La répartition de l'acridofaune de la région de Jijel, recensée au cours des années 2000 et 2001, selon les sous ordres, les familles et les sous-familles est mentionnée dans le tableau 24.

Tableau 24– Position systématique des Orthoptères recensés dans la région de Jijel

Espèces	Sous ordres	Familles	Sous familles
<i>Odontura algerica</i>	Ensifera	Tettigoniidae	Phaneropterinae
<i>Odontura microptera</i>			Tettigoniinae
<i>Decticus albifrons</i>		Gryllotalpidae	Gryllotalpinae
<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>		Ephippigeridae	Bradyporinae
<i>Ephippiger pachygaster</i>		Gryllidae	Gryllinae
<i>Gryllus campestris</i>			
<i>Calliptamus barbarus</i>	Eyprepocnemidinae		
<i>Eyprepocnemis plorans</i>	Acridinae		
<i>Anacridium aegyptium</i>			
<i>Acrida turrita</i>			
<i>Aiolopus strepens</i>			
<i>Aiolopus thalassinus</i>			
<i>Acrotylus insubricus</i>			

<i>Acrotylus patruelis</i>	Caelifera	Acrididae	Oedipodinae
<i>Acrotylus longipens</i>			
<i>Oedipoda caerulescens</i>			
<i>Sphingonotus lucasii</i>			
<i>Locusta migratoria</i>			
<i>Dociopterus jagoi jagoi</i>			
<i>Ochrilidia tibialis</i>			Gomphocerinae
<i>Omocestus lucasii</i>			
<i>Omocestus raymondi</i>			
<i>Omocestus ventralis</i>			
<i>Truxalis nasuta</i>		Truxalinae	
<i>Pezotettix giornai</i>		Catantopinae	
<i>Thysiocetrus littoralis</i>			
<i>Pamphagus elephas</i>		Pamphagidae	Pamphaginae
<i>Pyrgomorpha cognata</i>		Pyrgomorphidae	Pyrgomorphae
<i>Pyrgomorpha laevigata</i>			
<i>Pyrgomorpha conica</i>			
<i>Paratettix meridionalis</i>	Tetrigidae	Tetriginae	
<i>Acrydium brachypterum</i>	Acrydiidae	Acrydiinae	

32 espèces d'orthoptères sont inventoriées dans les différentes stations d'étude. La région de Jijel héberge une faune Orthoptérique bien diversifiée. Du point de vue systématique, la majorité des Orthoptères observés, soit 26 appartiennent au sous-ordre des Caelifera contre 6 espèces d'Ensifera. Il est possible que les techniques de piégeages ne soient pas adaptées pour la capture des Ensifères. La plupart des Caelifères sont des Acrididae, sauf *Paratettix meridionalis* (Tetrigidae) et *Acrydium brachypterum* (Acrydiidae). Par ailleurs, La sous-famille la mieux représentée est celle des Oedipodinae, soit 6 espèces correspondant à 19 % des sous-familles. Il s'agit d'*Acrotylus patruelis*, d'*Acrotylus longipes*, d'*Oedipoda caerulescens*, de *Sphingonotus lucasii* et de *Locusta migratoria*. L'autre sous-famille presque aussi bien notée est celle des Gomphocerinae (16 %) représentée par 5 espèces, en l'occurrence: *Dociopterus jagoi jagoi*, *Ochrilidia tibialis*, *Omocestus lucasii*, *O. raymondi* et *O. ventralis* (Fig. 33). D'autres sous-familles par contre ne sont mentionnées que par une seule espèce (3 %). C'est le cas entre autres des Calliptaminae (*Calliptamus barbarus*), des

Eyprepocnemidinae (*Eyprepocnemis plorans*) et des Catantopinae (*Pezotettix giornai*). Par ailleurs, la présence ou l'absence des espèces acridiennes sur le terrain est irrégulière d'une station à l'autre (Tab. 25). C'est le cas d'*Acrida turrita*, d'*Aiolopus strepens*, de *Calliptamus barbarus*, d'*Eyprepocnemis plorans* et d'*Omocestus lucasii*. Ces 5 espèces sont vues dans l'ensemble des six stations. D'autres espèces, par contre, ne sont présentes que dans une seule station comme *Locusta migratoria* et *Pyrgomorpha laevigata*.

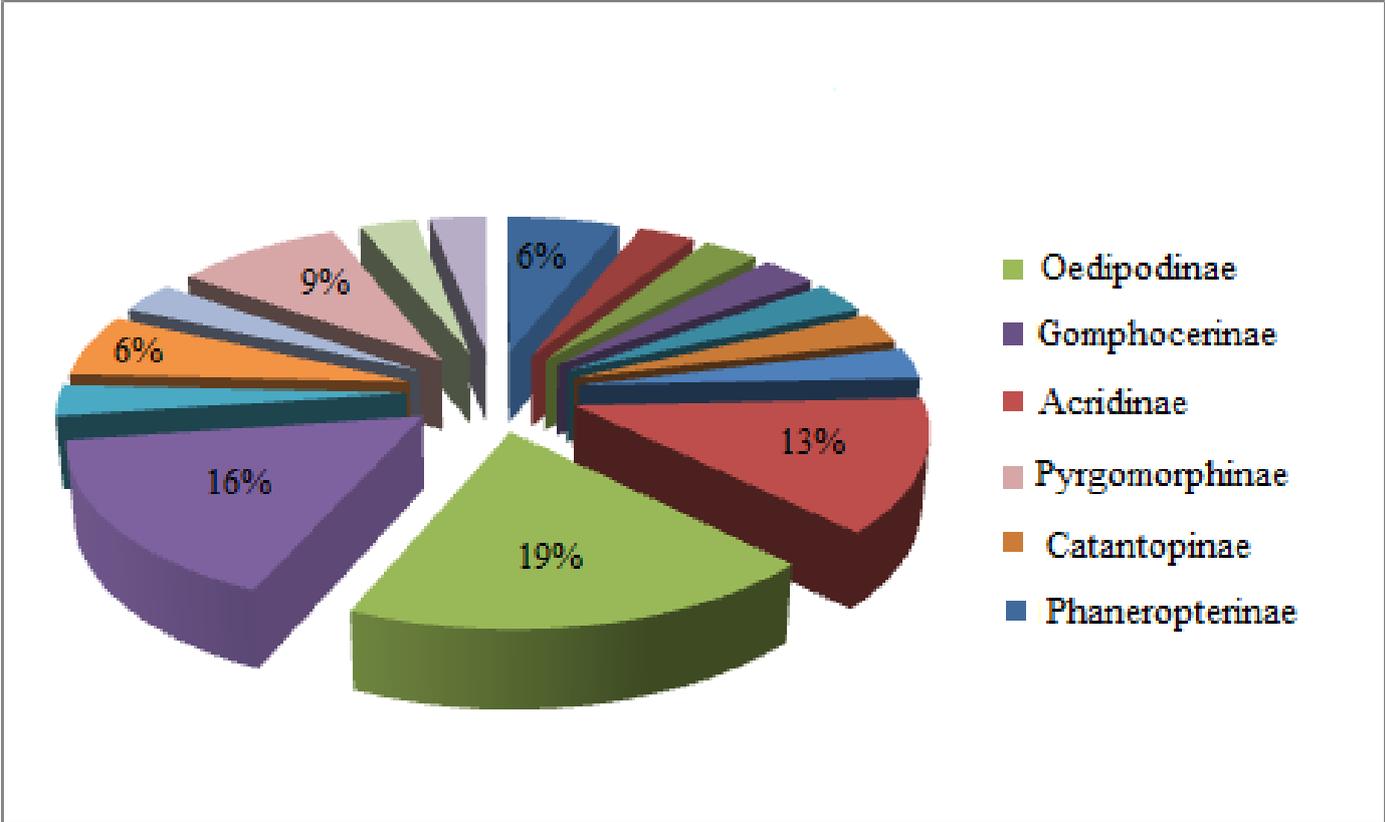


Figure 33 – Répartition selon les sous familles de l’acridofaune accompagnatrice

Tableau 25 – Présence-absence des espèces acridiennes dans les différentes stations

Espèce	Stations	Jijel	El Aouana	Texenna	Béni Caid	El Emir Abdelkader	Béni Bélaïd
<i>Odontura algerica</i>		+	+	+	+	+	-
<i>Odontura microptera</i>		-	+	-	+	+	-
<i>Decticus albifrons</i>		-	+	+	+	+	-
<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>		-	-	+	+	-	-
<i>Ephippiger pachygaster</i>		-	+	+	-	+	-
<i>Gryllus campestris</i>		-	-	+	+	+	-
<i>Paratettix meridionalis</i>		+	-	+	+	-	+
<i>Acrydium brachypterum</i>		-	+	+	+	-	-
<i>Calliptamus barbarus</i>		+	+	+	+	+	+
<i>Eyprepocnemis plorans</i>		+	+	+	+	+	+
<i>Pezotettix giornai</i>		+	+	+	+	-	-
<i>Anacridium aegyptium</i>		-	+	+	+	-	-
<i>Acrida turrata</i>		+	+	+	+	+	+
<i>Aiolopus strepens</i>		+	+	+	+	+	+
<i>Aiolopus thalassinus</i>		+	+	-	+	-	+
<i>Acrotylus insubricus</i>		-	+	+	-	-	+
<i>Acrotylus patruelis</i>		+	+	+	+	-	+
<i>Acrotylus longipes</i>		+	-	-	-	+	-
<i>O. caer. sulfurescens</i>		+	+	+	+	-	+
<i>Sphingonotus lucasii</i>		+	-	-	-	-	+
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>		+	+	+	+	-	+
<i>Ochrilidia tibialis</i>		-	+	+	+	-	-
<i>Omocestus lucasii</i>		+	+	+	+	+	+
<i>Omocestus raymondi</i>		+	-	+	+	-	-

<i>Omocestus rufipes</i>	+	+	-	+	-	-
<i>Truxalis nasuta</i>	-	+	+	+	+	-
<i>Thysiocetrus littoralis</i>	+	+	-	+	-	-
<i>Pamphagus elephas</i>	-	+	-	+	-	+
<i>Pyrgomorpha cognata</i>	-	-	-	+	+	-
<i>Pyrgomorpha laevigata</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Pyrgomorpha conica</i>	-	+	+	-	-	-
<i>Locusta migratoria</i>	-	-	-	-	+	-

+ Espèce présente; - Espèce absente

4.1.2. - Qualité de l'échantillonnage

Les valeurs de la qualité d'échantillonnage des espèces acridiennes capturées dans les différentes stations sont reportées dans le tableau 26.

Tableau 26 – Qualité de l'échantillonnage des espèces acridiennes dans les six stations

		Stations											
		Jijel		Béni Caid		El Emir Abdelkader		Texenna		El Aouana		Béni Bélaïd	
Années	Mois	a	a/N	a	a/N	a	a/N	a	a/N	a	a/N	a	a/N
2000	IV	2	0,11	2	0,11	0	0	1	0,05	4	0,22	2	0,11
	V	3	0,16	5	0,27	0	0	5	0,27	0	0	1	0,05
	VI	1	0,05	4	0,22	0	0	4	0,22	3	0,16	0	0
	VII	1	0,05	2	0,11	0	0	2	0,11	2	0,11	1	0,05
	VIII	1	0,05	1	0,05	1	0,05	0	0	0	0	1	0,05
	IX	2	0,11	3	0,16	1	0,05	2	0,11	7	0,38	3	0,16
	X	2	0,11	2	0,11	2	0,11	7	0,38	2	0,11	2	0,11
	XI	3	0,16	2	0,11	1	0,05	2	0,11	0	0	2	0,11
	III	2	0,11	1	0,05	4	0,22	1	0,05	5	0,27	1	0,05
	IV	1	0,05	5	0,27	1	0,05	5	0,27	4	0,22	3	0,16
	V	5	0,27	4	0,22	0	0	1	0,05	2	0,11	4	0,22
	VI	1	0,05	6	0,33	1	0,05	4	0,22	2	0,11	0	0

2001	VII	2	0,11	4	0,22	2	0,11	4	0,22	0	0	2	0,11
	VIII	1	0,05	2	0,11	3	0,16	4	0,22	1	0,05	1	0,05
	IX	3	0,16	3	0,16	1	0,05	3	0,16	4	0,22	4	0,22
	X	1	0,05	4	0,22	0	0	3	0,16	1	0,05	1	0,05
	XI	4	0,22	3	0,16	1	0,05	3	0,16	3	0,16	3	0,16

N= 17 relevés

Il apparaît d'après ce tableau, que les valeurs de la qualité d'échantillonnage, mois par mois, pour les deux années de prospection 2000 et 2001, sont toutes inférieures ou égales à 0,38, soit très proches de zéro. C'est un signe d'un échantillonnage de qualité excellente. Cela montre que l'effort fourni est très suffisant.

4.1.3. - Exploitation statistique des résultats

Les résultats sont traités d'une part par la richesse totale et moyenne et d'autre part par la constance, la fréquence, la diversité et l'équitabilité.

4.1.3.1. - Richesse totale et moyenne

Le but de l'étude de la richesse, qu'elle soit totale ou moyenne, est d'obtenir une information sur l'importance des espèces dans chacune des stations. Les richesses stationnelles sont placées dans le tableau 27.

Tableau 27 – Richesses totales et moyennes en espèces d'Orthoptères dans les différentes stations

Année	Stations Mois	Jijel	Texenna	El Aouana	Béni Caid	El Emir Abdelkader	Béni Bélaïd
2000	IV	9	8	5	4	3	4
	V	6	9	8	7	5	5
	VI	5	9	9	7	4	13
	VII	5	6	6	5	4	12
	VIII	5	5	5	4	6	10
	IX	6	7	12	9	4	11
	X	10	11	9	9	7	6
	XI	7	4	3	6	5	3
	III	4	4	7	6	5	2
	IV	5	7	8	9	3	4
	V	5	8	10	8	4	9

2001	VI	5	10	12	12	7	12
	VII	6	9	8	14	6	12
	VIII	6	8	12	11	6	11
	IX	7	10	10	10	4	10
	X	8	8	11	8	3	6
	XI	5	5	11	9	2	2
Ecart-type		1,61	2,12	2,71	2,73	1,46	3,91
Richesse totale (S) \sum mois		17	23	23	25	14	13
Richesse moyenne (s)		6,11	7,52	8,6	8,11	4,6	7,76

Les valeurs des richesses totales et moyennes sont variables selon les mois et les stations. La forêt de Béni Caid, la garrigue de Texenna et la friche d'El Aouana présentent les diversités spécifiques les plus élevées (Tab. 27). La première renferme 25 espèces. Les deux autres possèdent chacune 23 espèces échantillonnées. Par contre, Beni Bélaïd et El Emir Abdelkader sont les deux stations les moins diversifiées, avec seulement 13 et 14 espèces respectivement. Pour ce qui concerne la richesse moyenne, obtenue par le rapport du nombre total d'espèces cumulé de deux années de prospections au nombre total de relevés effectués (17), celle-ci est presque identique pour les six stations. En effet, elle varie entre 4,6 (El Emir Abdelkader) et 8,6 (El Aouana).

4.1.3.2. – Fréquences d'occurrence

La fréquence d'occurrence permet de connaître quelles sont, parmi l'ensemble du peuplement Orthoptérologique, les espèces constantes, les espèces accessoires et les espèces accidentelles. Les résultats concernant la fréquence d'occurrence des espèces sont consignés dans le tableau 28.

Tableau 28 – Fréquences d'occurrence et constance (en %) des Orthoptères dans les différentes stations

Stations	Jijel	El Aouana	Texenna	Béni Caid	El Emir Abdelkader	Béni Bélaïd
<i>O. algerica</i>	11,8	17,6	23,5	23,5	23,5	-
<i>O. microptera</i>	-	11,8	-	5,9	35,3	-
<i>D. albifrons</i>	-	17,6	17,6	41,2	23,5	-
<i>G. gryllotalpa</i>	-	-	5,9	11,8	-	-
<i>E. pachygaster</i>	-	35,3	29,4	-	58,8	-

<i>G. campestris</i>	-	-	23,5	5,9	-	-
<i>P. meridionalis</i>	5,9	-	17,6	23,5	-	35,3
<i>A. brachypterum</i>	-	11,8	29,4	17,6	-	-
<i>C. barbarus</i>	76,5	88,3	82,3	76,5	76,5	88,2
<i>E. plorans</i>	17,6	35,3	17,6	11,8	5,9	47
<i>P. giornai</i>	29,4	47	52,9	47	-	-
<i>A. aegyptium</i>	-	23,5	76,5	11,8	-	-
<i>A. turrita</i>	41,2	76,5	23,5	70,6	17,6	52,9
<i>A. strepens</i>	76,5	52,9	41,2	82,3	52,9	70,6
<i>A. thalassinus</i>	5,9	17,6	-	29,4	-	23,5
<i>A. insubricus</i>	-	23,5	41,2	-	-	58,8
<i>A. patruelis</i>	41,2	52,9	11,8	29,4	-	64,7
<i>A. longipes</i>	94	-	-	-	5,9	-
<i>O. caerulescens</i>	52,9	70,6	64,7	70,6	-	76,5
<i>S. lucasii</i>	35,3	-	-	-	-	52,9
<i>D. jagoi jagoi</i>	52,9	76,5	76,5	47	-	70,6
<i>O. tibialis</i>	-	47	23,5	11,8	47	-
<i>O. lucasii</i>	11,8	23,5	17,6	47	11,8	58,8
<i>O. raymondi</i>	17,6	-	35,3	17,6	-	-
<i>O. ventralis</i>	23,5	35,3	-	29,4	-	-
<i>T. nasuta</i>	-	41,2	17,6	23,5	5,9	-
<i>T. littoralis</i>	17,6	5,9	-	35,3	-	-
<i>P. elephas</i>	-	17,6	-	29,4	-	-
<i>P. cognata</i>	-	-	-	11,8	-	35,3
<i>P. laevigata</i>	-	-	11,8	-	-	-
<i>P. conica</i>	-	17,6	11,8	-	35,3	-
<i>L. migratoria</i>	-	-	-	-	58,8	-

En rouge : les espèces constantes ; en vert : les espèces accessoires ; en noir : les espèces accidentelles; -: Données absentes

Le nombre des classes de constance calculé est de 3. Ces classes sont $0 < F.O. \leq 25 \%$ pour les espèces accidentelles, $25 \% < F.O. \leq 50 \%$ pour les espèces accessoires et $F.O. > 50 \%$ pour les espèces fréquentes.

5 espèces constantes sont observées au niveau de Jijel. Il s'agit de, *C. barbarus*, *A. strepens*, *O. caerulescens sulfurescens*, *D. jagoi jagoi* et surtout *A. longipes*. Cette dernière a enregistré parmi toutes les espèces, la fréquence d'occurrence la plus élevée (94%). Dans cette même station, quatre espèces accessoires sont présentes. Il s'agit de *A. turruta*, *A. patruelis*, *S. lucasii* et *P. giornai*. Le reste sont des espèces accidentelles. C'est le cas de *O. ventralis*, *O. raymondi* et *T. littoralis*. Les espèces constantes au niveau de la station El Aouana sont *C. barbarus*, *A. turruta*, *D. jagoi jagoi*, *O. caerulescens*, *A. strepens* et *A. patruelis*. Les espèces accessoires sont *P. giornai*, *O. tibialis*, *T. nasuta*, *E. pachygaster*, *E. plorans* et *O. ventralis*. Les espèces accidentelles les plus importantes dans cette station sont *A. aegyptium*, *O. lucasii* et *A. insubricus*. A Texenna, 5 espèces constantes sont observées: *C. barbarus*, *A. aegyptium*, *D. jagoi jagoi*, *O. caerulescens* et *P. giornai*. Les espèces accessoires sont *A. strepens*, *A. insubricus*, *O. raymondi*, *A. brachypterum* et *E. pachygaster*. Les espèces accidentelles sont nombreuses. Il s'agit notamment de: *A. turruta*, de *G. campestris* et d'*O. algerica*. L'acridofaune à Béni Caid est constituée de quatre espèces constantes. Il s'agit de *A. strepens*, *C. barbarus*, *A. turruta* et *O. caerulescens*. Dans cette même station, neuf espèces accessoires sont notées, entre autre: *P. giornai*, *D. jagoi jagoi* et *O. lucasii*. Les autres sont des espèces accidentelles comme *T. nasuta*, *P. meridionalis* et *O. algerica*. A El Emir Abdelkader, quatre espèces constantes sont remarquées. Il s'agit de *C. barbarus*, *E. pachygaster*, *L. migratoria* et *A. strepens*. Par contre ici, le nombre d'espèces accessoires noté n'est que de trois, à savoir *O. tibialis*, *O. microptera* et *P. cognata*. Les espèces accidentelles sont uniquement de deux en l'occurrence *D. albifrons* et *O. algerica*. Enfin, la station de Béni Bélaïd a enregistré le nombre d'espèces constantes le plus élevé (9), comme *C. barbarus*, *O. caerulescens*, *D. jagoi jagoi* et *A. strepens*. Mais elle a présenté en même temps le nombre d'espèces accessoires et accidentelles le plus bas: 3 pour le premier (*E. plorans*, *P. meridionalis* et *P. elephas*) et 1 seulement pour le second (*A. thalassinus*).

4.1.3.3. – Fréquences centésimales ou abondances relatives

Les valeurs des abondances relatives calculées pour chacune des espèces mois par mois et station par station entre avril 2000 et novembre 2001 sont mises dans le tableau 29.

Tableau 29– Abondances relatives (en %) des Orthoptères dans les différentes stations

Stations Espèces	Jijel	El Aouana	Texenna	Béni Caid	El Emir Abdelkader	Béni Bélaïd
<i>O. algerica</i>	1,26	0,9	1,56	2,38	2	-
<i>O. microptera</i>	-	0,25	-	0,32	4,13	-
<i>D. albifrons</i>	-	1,15	0,27	1,63	2,64	-
<i>G. gryllotalpa</i>	-	-	0,41	0,43	-	-
<i>E. pachygaster</i>	-	2,05	0,97	-	16,01	-
<i>G. campestris</i>	-	-	2,23	0,97	-	-
<i>P. meridionalis</i>	1,13	-	0,41	1,14	-	1,5
<i>A. brachypterum</i>	-	0,4	4,05	1,95	-	-
<i>C. barbarus</i>	4,1	28,76	47,9	16,63	12,06	18,64
<i>E. plorans</i>	1,9	1,28	0,83	1,14	0,16	3
<i>P. giornai</i>	1,51	3,47	6	9,13	-	-
<i>A. aegyptium</i>	-	1,02	3,63	0,32	-	-
<i>A. turrita</i>	1,26	2,18	1,53	6,19	1	3
<i>A. strepens</i>	12	3,34	1,4	13,21	12,4	12,03
<i>A. thalassinus</i>	0,56	0,51	-	2,93	-	1,2
<i>A. insubricus</i>	-	0,77	1,67	-	-	6,01
<i>A. patruelis</i>	4,1	3,1	0,41	0,81	-	4,81
<i>A. longipes</i>	30,97	-	-	-	0,16	-
<i>O. caerulescens</i>	14,63	7,72	3,21	9,78	-	13,53
<i>S. lucasii</i>	9,64	-	-	-	-	7,81
<i>D. jagoi jagoi</i>	11,53	24,4	19,8	3,09	-	19,24
<i>O. tibialis</i>	-	5,4	0,97	0,81	22,64	-
<i>O. lucasii</i>	2,86	2,44	0,41	7,83	0,33	7,7
<i>O. raymondi</i>	0,37	-	1,11	0,81	-	-
<i>O. ventralis</i>	0,75	4,4	-	9,3	-	-
<i>T. nasuta</i>	-	4,5	0,55	1,63	0,16	-
<i>T. littoralis</i>	1,4	0,25	-	4,23	-	-
<i>P. elephas</i>	-	0,77	-	1,63	-	1,5
<i>P. cognata</i>	-	-	-	1,14	18,3	-

<i>P. laevigata</i>	-	-	0,27	-	-	-
<i>P. conica</i>	-	0,51	0,41	-	-	-
<i>L. migratoria</i>	-	-	-	-	8	-

- : Données absentes

Les Orthoptères les plus fréquents sont par ordre d'importance *C. barbarus* (47,9 % à Texenna, 28,8% à El Aouana, 18,4% à Béni Bélaïd et 16,6% à Béni Caid (Tab.29). L'autre espèce qui a attiré l'attention est *D. jagoi jagoi*. En effet, celle-ci a été capturée avec des taux moyens (24,4% à El Aouana, 19,8% à Texenna et 19,2 % à Béni Bélaïd. D'autres espèces ont été également ramassées avec des effectifs remarquables, mais d'une façon irrégulière. C'est le cas notamment de *A. longipes* (31% à Jijel), ou encore *O. tibialis* (22,6%) et *P. cognata* (18,3%) enregistrées toutes les deux à El Emir Abdelkader. Pour le reste des espèces, il faut noter que la plupart d'entre elles ont été rencontrées d'une façon rare ou très rare. Par ailleurs, la présence remarquable d'*E. pachygaster* (16% à El Emir Abdelkader) est observée. C'est le seul Ensifera qui est assez fréquent.

4.1.3.4. –Diversité spécifique des milieux

Selon DAJET (1976), l'indice de diversité de Shannon est la quantité d'informations apportée par un échantillon sur les structures du peuplement dont provient cet échantillon et sur la façon dont les individus y sont répartis entre diverses espèces. L'indice de diversité de Shannon-Weaver est choisi car il est simple et performant. Cet indice est présenté, station par station et mois par mois, dans le tableau 30.

Tableau 30 – Indice de diversité de Shannon-Weaver et équitabilité mois par mois pour les différentes stations

		Stations											
		Jijel		Texenna		El Aouana		BéniCaid		El Emir Abdelkader		Beni Bélaïd	
Années	Mois	H'	E	H'	E	H'	E	H'	E	H'	E	H'	E
	IV	2,45	0,77	2,73	0,91	2,03	0,87	1,67	0,83	1,06	0,66	1,90	0,95
	V	2,18	0,84	2,82	0,88	2,36	0,78	2,19	0,78	1,94	0,83	1,84	0,79
	VI	2,01	0,86	1,88	0,59	2,33	0,73	2,50	0,89	1,47	0,73	3,33	0,87
	VII	1,92	0,82	1,54	0,59	2,02	0,78	2,06	0,88	1,28	0,64	3,36	0,93

2000	VIII	1,48	0,63	1,65	0,71	1,97	0,84	1,59	0,79	1,93	0,74	2,93	0,88
	IX	2,02	0,78	2,12	0,75	2,46	0,68	2,76	0,87	1,36	0,68	2,94	0,84
	X	2,83	0,85	2,17	0,62	2,65	0,83	2,74	0,86	2,30	0,81	2,45	0,94
	XI	2,45	0,87	1,68	0,84	1,49	0,94	2,22	0,85	1,38	0,59	1,35	0,85
2001	III	1,61	0,80	1,09	0,54	2,46	0,87	2,17	0,83	1,58	0,68	0	0
	IV	1,87	0,80	2,06	0,73	2,43	0,81	2,56	0,80	1,33	0,83	1,97	0,98
	V	1,84	0,79	2,77	0,92	2,98	0,89	2,65	0,87	1,55	0,77	2,65	0,83
	VI	1,83	0,78	1,70	0,51	2,90	0,80	3,06	0,85	2,18	0,77	3,21	0,89
	VII	1,99	0,76	1,68	0,52	2,54	0,84	3,08	0,80	1,49	0,57	3,07	0,85
	VIII	1,98	0,76	1,96	0,65	3,11	0,86	3,03	0,87	1,90	0,73	3,13	0,90
	IX	2,22	0,79	2,29	0,68	2,69	0,80	2,69	0,80	1,48	0,74	2,93	0,88
	X	2,69	0,89	2,25	0,75	3,10	0,89	2,20	0,73	1,37	0,86	2,22	0,85
XI	1,91	0,82	2,11	0,90	2,94	0,84	2,45	0,77	0,33	0,33	1,00	1,00	

H' = Indice de diversité; E = Equitabilité

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver varient entre les stations et entre les mois (Tab. 30). Elles atteignent un maximum de 2,83 bits en octobre 2000, dans la station de Jijel et de 2,82 bits en mai 2000 à Texenna. A El Aouana, le maximum de 3,11 bits est atteint en août 2001. Celui-ci est de 3,08 bits en juillet 2001, à Béni Caid. Enfin, cette valeur se retrouve à 2,30 bits en octobre 2000 et 3,36 bits en juillet de la même année respectivement à El Emir Abdelkader et Beni Bélaïd.

4.1.3.5. – Equitabilité

L'équitabilité ou équirépartition est le rapport entre la diversité spécifique H' et la diversité maximale H'max. Les résultats sont rassemblés dans le tableau 26. Il est à remarquer que les valeurs de l'équitabilité obtenues tendent vers 1 dans presque toutes les stations, pendant presque tous les mois. Cela implique que les effectifs des espèces ont tendance à être en équilibre entre eux. Les extrêmes sont obtenue en novembre 2001 à Béni Bélaïd (E = 1) et durant le même mois à El Emir Abdelkader (E = 0,33).

4.1.4. - Calcul de la densité et du sex ratio chez *Calliptamus barbarus*

Afin de mieux connaître la bioécologie de *C. barbarus* dans la région de Jijel, la densité de cette espèce par unité de 45 m² de surface ainsi que son sex ratio sont calculés. Cette étude est réalisée pendant les mois d'avril 2000 jusqu'en octobre 2001 dans 6 stations (Béni Bélaïd, Texenna, El Aouana, El Emir Abdelkader, Béni Caid et Jijel). Ensuite le travail

est repris de septembre 2011 jusqu'en août 2013 dans trois stations (Texenna, Jijel et Kissir). Les résultats sont regroupés dans les tableaux 31 à 33.

Tableau 31 – Densité de *C. barbarus* par 45 m² pendant les années 2000 et 2001

Années	Stations mois	Béni Bélaïd	Texenna	El Aouana	El Emir Abdelkader	Béni Caid	Jijel
2000	IV	1	-	-	-	-	2
	V	16	6	20	3	6	3
	VI	12	27	23	7	5	6
	VII	10	50	11	4	5	3
	VIII	10	30	11	9	9	2
	IX	8	15	13	6	9	2
	X	4	23	16	9	9	1
	XI	1	3	2	2	-	-
2001	III	-	-	-	-	-	1
	IV	2	-	2	-	1	1
	V	10	5	8	2	4	3
	VI	10	58	26	7	11	1
	VII	14	46	27	3	14	2
	VII	10	23	6	18	19	2
	IX	7	37	21	-	-	-
	X	9	19	12	2	2	-
	XI	-	1	10	1	-	-

-: Données absentes

Pour ce qui est de la densité il est à mentionner que les éclosions commencent tôt dès le mois de mars à Jijel ou avril à El Emir Abdelkader, Béni Bélaïd et Béni Caid (Tab. 31). Cependant, Les effectifs augmentent ensuite pour atteindre leur pic en juin et en juillet, surtout à Texenna où une densité de 58 individus est notée. Par la suite, les effectifs de cette espèce régressent pour devenir très faibles en novembre. La densité atteint alors un seul individu par 45 m² à El Emir Abdelkader, Béni Bélaïd et Texenna, sauf à El Aouana où elle demeure relativement élevée (10 individus).

Tableau 32 - Densité de *C. barbarus* par 45 m² pendant les années 2011, 2012 et 2013

Années	Stations mois	Texenna	Kissir	Jijel
2011	IX	15	14	11
	X	21	20	13
	XI	8	5	1
	V	21	5	10
	VI	20	16	18
	VII	67	20	13

2012	VIII	22	22	9
	IX	53	30	9
	X	32	22	-
	XI	10	-	-
2013	V	18	11	5
	VI	16	12	6
	VII	41	35	10
	VIII	35	36	8

- : Données absentes

En 2011, 2012 et 2013, la densité de *C. barbarus* a été calculée dans trois stations à savoir Jijel, Texenna et Kissir (Tab. 32). Il est à remarquer d'après ce tableau que la station de Jijel enregistre presque toujours les effectifs les plus faibles (18 individus maximum). Les conditions du milieu dunes de bord de mer) semblent être défavorables pour le criquet barbarin ayant montré une nette préférence pour la garrigue de Texenna, située en haute altitude (plus de 700 m). En effet, les chiffres sont très élevés dans cette station où la densité a atteint un pic égal à 67 individus par 45 m² en juillet 2012. Enfin, la friche de Kissir semble également convenir à *C. barbarus* où des effectifs moyens sont notés (Tab.32).

Tableau 33 - Sex-ratio de *C. barbarus* dans les trois stations

Années	Stations	Texenna			Kissir			Jijel		
	Paramètres mois	M	F	M/F	M	F	M/F	M	F	M/F
2011	IX	9	6	1,5	10	4	2,5	4	7	0,57
	X	10	11	0,9	9	11	0,81	4	9	0,44
	XI	4	4	1	1	4	0,25	0	1	0
2012	V	10	11	0,9	2	3	0,66	1	9	0,11
	VI	11	9	1,22	8	8	1	10	8	1,25
	VII	27	40	0,67	10	10	1	5	8	0,62
	VIII	12	10	1,2	10	12	0,83	3	6	0,5
	IX	21	32	0,65	16	14	1,14	5	4	1,25
	X	13	19	0,68	13	9	1,44	-	-	-
	XI	2	8	0,25	-	-	-	-	-	-
2013	V	3	2	1,5	2	9	0,22	3	2	1,5
	VI	8	8	1	5	7	0,71	3	3	1
	VII	19	22	0,86	25	10	2,5	5	5	1
	VIII	16	19	0,84	16	20	0,8	4	4	1

M= individus mâles; F: individus femelles; - : Données absentes

Pour ce qui concerne le sex ratio, celui-ci est généralement équilibré et avoisine 1 dans les trois stations étudiées. Ces chiffres sont enregistrés pendant presque toute l'année 2011-2012,

et en 2013. Cependant, les mâles étaient plus nombreux en septembre 2011 et en juillet 2013 à Kissir où une valeur maximale de 2,5 est notée. Pour les femelles, une valeur minimale de 0 est observée en novembre 2011 à Texenna et en mai 2013 à Kissir (Tab.33). Le mois de novembre coïncide généralement avec la fin de la reproduction chez *C. barbarus* entraînant ainsi la mort des femelles.

4.2. - Etude trophique

Les résultats portant sur le régime trophique de *C. barbarus* sont mentionnés dans le tableau 34. Les paramètres étudiés sont le taux de recouvrement, la surface végétale ingérée, le taux de consommation et l'indice d'appétence.

Tableau 34- Estimation par espèce végétale des taux du recouvrement sur le terrain, de leurs fréquences dans les fèces, de la surface foliaire ingérée, des taux de consommation et des indices d'appétence à l'égard de *C. barbarus* des plantes consommées

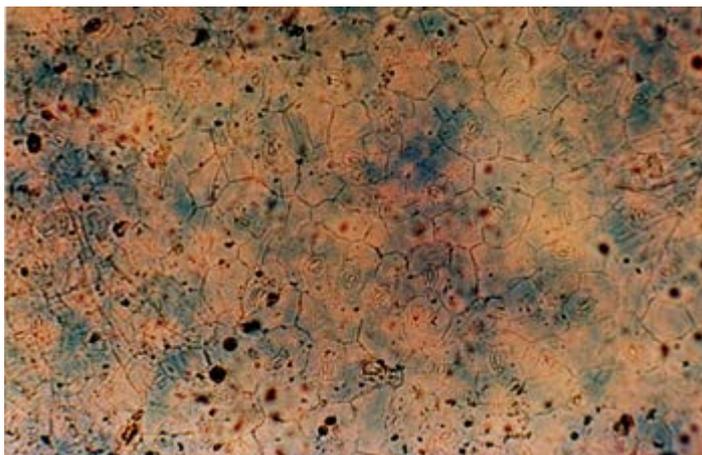
Familles botaniques	Espèces végétales	TR (%)	F(%)	SF (mm ²)	TC (%)	IA
Poaceae	<i>Avena sterilis</i>	0,12	1,2	0,83	0,46	3,83
	<i>Cynodon dactylon</i>	20,21	15,6	1,70	0,94	0,04
	<i>Ampelodesma mauritanicus</i>	0,6	3,2	8,10	4,5	7,5
	<i>Vulpia myuros</i>	0,45	10,5	32,6	18,07	40,15
	<i>Dactylis glomerata</i>	0,85	2,1	1,56	0,86	1
	<i>Lolium multiflorum</i>	0,13	3,4	1,30	0,72	5,53
	<i>Brachypodium distachium</i>	0,4	0,8	1,87	1,03	2,6
	<i>Phalaris bulbosa</i>	0,25	0,9	0,14	0,07	0,28
Apiaceae	<i>Eryngium tricuspdatum</i>	3,4	3,8	1,78	0,98	0,29
Boraginaceae	<i>Echium plantagineum</i>	1,14	0,7	0,08	0,04	0,03

	<i>Cynoglossum creticum</i>	0,22	3,7	0,24	0,13	8,72
Asteraceae	<i>Urospermum picroides</i>	9,01	0,2	0,18	0,099	0,01
	<i>Senecio vulgaris</i>	24	0,1	0,07	0,03	0,001
	<i>Galactites tomentosa</i>	0,29	1,3	0,26	0,14	0,5
	<i>Scolymus hispanicus</i>	0,3	5,1	0,45	0,24	0,8
	<i>Crepis vesicaria</i>	0,5	13,3	84,3	46,72	93,44
Plantaginaceae	<i>Plantago serraria</i>	0,61	11,2	36,8	20,4	33,44
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	0,93	0,8	0,05	0,02	0,02
	<i>Lathyrus ochrus</i>	0,07	0,9	0,06	0,03	0,42
	<i>Melilotus infesta</i>	0,08	2,3	0,29	0,16	2
Lythraceae	<i>Lythrum junceum</i>	3,4	1,5	0,20	0,11	0,03
Lamiaceae	<i>Lavandula stoechas</i>	0,2	6,2	2,84	1,6	8
	<i>Satureja mentaefolia</i>	0,3	8,7	3,70	2,05	6,83
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i>	0,2	1,4	0,36	0,2	1
Pittosporaceae	<i>Pittosporum tobira</i>	0,1	0,3	0,04	0,02	0,2
Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i>	15	0,8	0,54	0,3	0,008

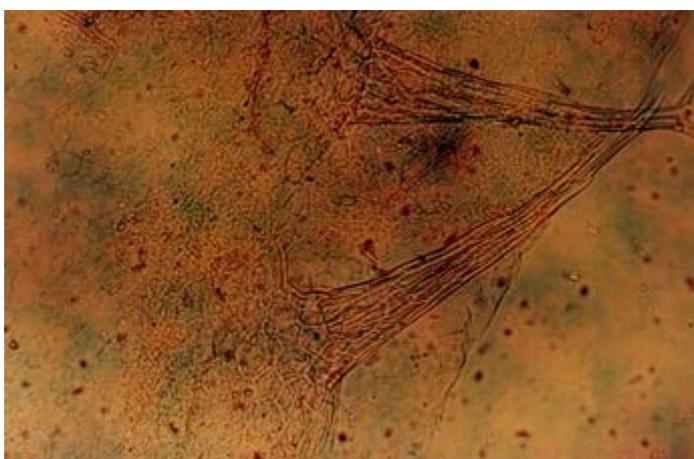
TR : taux de consommation de chaque espèce végétale sur le terrain, SR : surface végétale moyenne consommée ; TC : taux de consommation ; AI : indice d'appétence

Les traces de 26 végétaux sur les 39 présentes dans la station de Jijel ont été retrouvées dans les fèces de *C. barbarus*. Ceux-ci sont répartis entre 12 familles. Il s'agit de 8 Poaceae, 5 Asteraceae, 3 Fabaceae, 2 Boraginaceae, 2 Lamiaceae, 1 Apiaceae, 1 Plantaginaceae, 1 Lythraceae, 1 Brassicaceae, 1 Pittosporaceae, 1 Ranunculaceae et 1 Solanaceae. Ainsi il est mis en évidence la grande polyphagie de cette espèce acridienne. La majorité de ces espèces (n = 18; 69,2 %) sont des dicotylédones et 8 seulement sont des monocotylédones (30,8 %).

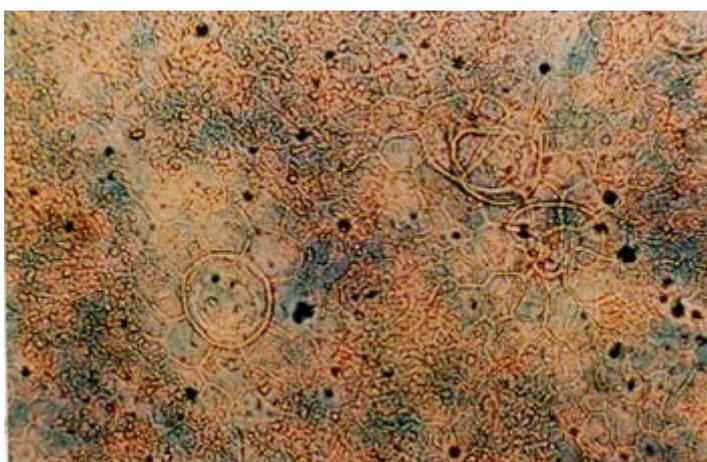
Chacun de ces deux groupes de plantes ont été reconnus grâce à leur comparaison avec l'épidermothèque de référence préalablement préparée (Fig. 34 et 35). Il faut noter cependant que les niveaux de consommation sont différents d'une plante à une autre (Tab. 34). Pour ce qui est des fréquences, *Cynodon dactylon* (Poaceae) avec 15,6 % intervient le plus fortement, suivie par *Crepis vesicaria* (Asteraceae) avec 13,3 %, par *Plantago serraria* (Plantaginaceae) avec 11,2 % et par *Vulpia myuros* (Poaceae) avec 10,5 %. *Satureja mentaefolia* (8,7 %) et *Lavandula stoechas* (Lamiaceae) (6,2 %,) interviennent moins. Les autres participent faiblement comme *Scolymus hispanicus* (Asteraceae) avec 5,1 %, *Eryngium tricuspdatum* (Apiaceae) avec 3,8 % et *Cynoglossum creticum* (Boraginaceae) avec 3,7 %. Les plantes faiblement sollicitées sont peut-être ingérées accidentellement. Sur le plan quantitatif, l'espèce la plus recherchée est *Crepis vesicaria*. Cette dernière est fortement consommée correspondant à une surface foliaire de 84,3 mm². Cette Asteraceae est suivie de *Plantago serraria* (36,8 mm²), de *Vulpia myuros* (32,6 mm²) et d'*Ampelodesma mauritanica* (8,1 mm²). Les autres espèces végétales sont moins consommées. Leurs surfaces ingérées sont inférieures à 4 mm². C'est le cas de *Satureja mentaefolia* (3,7 mm²), *Lavandula stoechas* (2,8 mm²), *Brachypodium distachium* (1,9 mm²), *Eryngium tricuspdatum* (1,8mm²) et *Cynodon dactylon* (1,7 mm²). Cependant, les dernières espèces citées sont plus ou moins attractives vis à vis de *C. barbarus*. Par contre, *Crepis vesicaria* (I.a. = 93,4), *Vulpia myuros* (I.a. = 40,2) et *Plantago serraria* (I.a. = 33,4) sont de loin les plus attractives avec des indices d'attraction (I.a.) assez élevés. Cependant à *Cynodon dactylon*, il correspond qu'un faible indice (I.a. = 0,04) bien qu'elle soit largement consommée (15,6 %). Cette différence entre la préférence alimentaire d'une espèce et son I.a. peut être attribuée à son taux de recouvrement sur le terrain. Ainsi, plus l'espèce mangée est rare et plus son I.a. est élevé. Cette hypothèse peut être confirmée par le cas de *Senecio vulgaris* (T.r. = 24 %), *Solanum nigrum* (T.r. = 20 %) et *Cynodon dactylon* (T.r. = 15 %) qui représentent, parmi le spectre alimentaire, les trois espèces les plus dominantes, dans la station. Cependant, elles se distinguent, toutes les trois, non seulement par leur taux de consommation très faibles (moins de 0,94%), mais aussi par des I.a. négligeables (inférieurs à 0,008). Certaines espèces comme *Lavandula stoechas* et *Satureja mentaefolia* ont montré un certain équilibre concernant le rapport qualité/quantité. En effet, ces deux espèces ont des fréquences respectives de 6,2 % et 8,7 % et des I.a. de 8 et de 6 respectivement. Par ailleurs, le taux de recouvrement et la surface foliaire consommée par famille botanique sont mis dans le tableau 35.



Plantago serraria



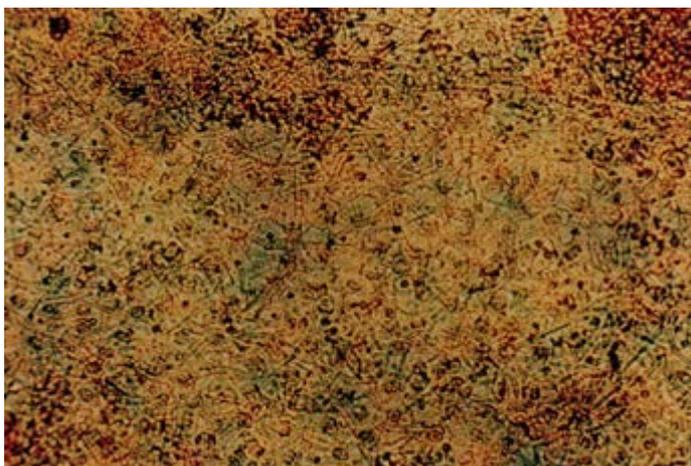
Crepis vesicaria



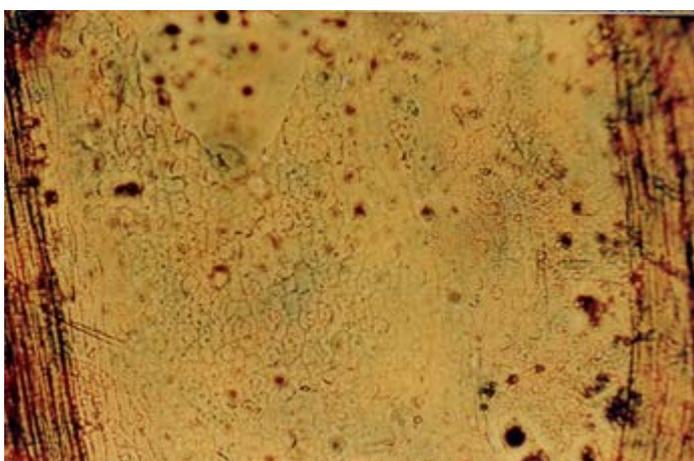
Satureja mantaefolia

Figure 34 – Microphotographie des cellules épidermiques de quelques dicotylédones

(x 200)

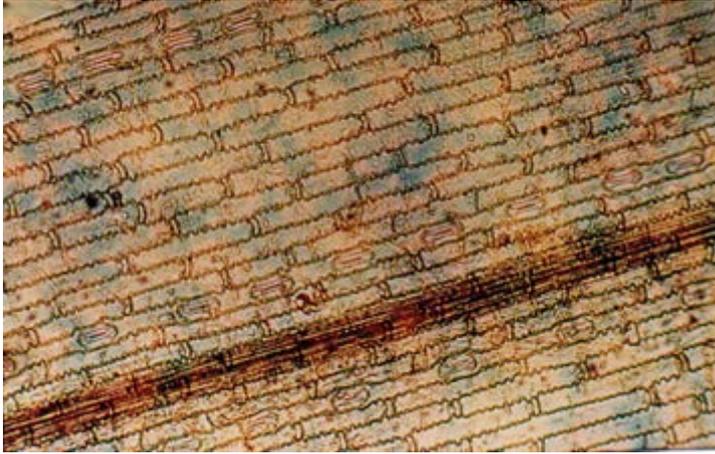


Lavandula stoechas

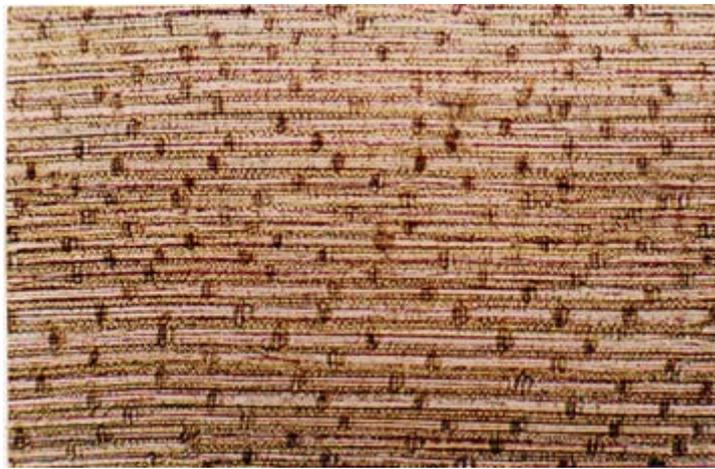


Eryngium tricuspdatum

Figure 34 (suite)



Vulpia myuros



Ampelodesma mauritanica

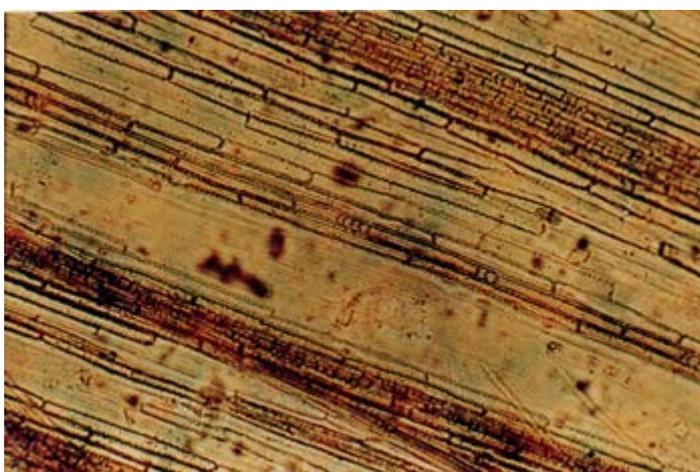


Brachypodium distachium

Figure 35 - Microphotographie des cellules épidermiques de quelques Graminées (x200)



Cynodon dactylon



Dactylis glomerata



Lolium multiflorum

Figure 35 (suite)

Tableau 35 - Taux de recouvrement et surface foliaire moyenne consommée pour les différentes familles botaniques

Familles botaniques	Taux de recouvrement (%)	Fréquence de consommation en %	Surface foliaire consommée (mm ²)	Taux de consommation en %
Apiaceae	23,01	37,7	48,1	26,65
Asteraceae	34,1	20	85,26	0,98
Lamiaceae	0,5	14,9	6,54	0,17
Plantaginaceae	0,61	11,2	36,8	47,22
Borraginaceae	1,36	4,4	0,32	20,4
Fabaceae	2,17	4	0,40	0,21
Apiaceae	3,4	3,8	1,78	0,11
Lythraceae	3,4	1,5	0,20	3,65
Brassicaceae	0,2	1,4	0,36	0,2
Solanaceae	15	0,8	0,54	0,02
Pittosporaceae	0,1	0,3	0,04	0,3
Totaux	85,53	100	180,34	100

Sur 20 familles botaniques que compte la station de Jijel, presque la moitié seulement (11) font partie du spectre alimentaire de *C. barbarus* (Tab. 35). Les Poaceae et les Asteraceae sont de loin les plus fréquentes. Elles constituent respectivement 38 et 20 % de l'ensemble des familles (Fig. 36). Elles sont suivies par les Lamiaceae et les Plantaginaceae avec des taux respectifs voisins (14,9 et 11,2). Les Borraginaceae, les Fabaceae et les Apiaceae ont presque la même importance pour *C. barbarus*. En effet, elles sont consommées avec presque le même taux de 4 %. Enfin, les autres familles comme les Lythraceae, les Brassicaceae, les Solanaceae et les Pittosporaceae, sont très faiblement ingérées avec des taux de 1% environ (Fig. 37).

Sur le plan quantitatif, cet ordre n'est pas respecté. En effet, les Asteraceae sont les plus ingérées avec une surface foliaire de 85,3 mm². Les Apiaceae sont deux fois moins ingurgitées avec 48,1 mm². Les Plantaginaceae sont bien placés (36,8 mm²). Cependant, mis à part les Lamiaceae (6,54 mm²) et les Apiaceae (1,78 mm²), toutes les autres familles sont ingérées avec des surfaces foliaires inférieures à 1mm² (Tab. 35).

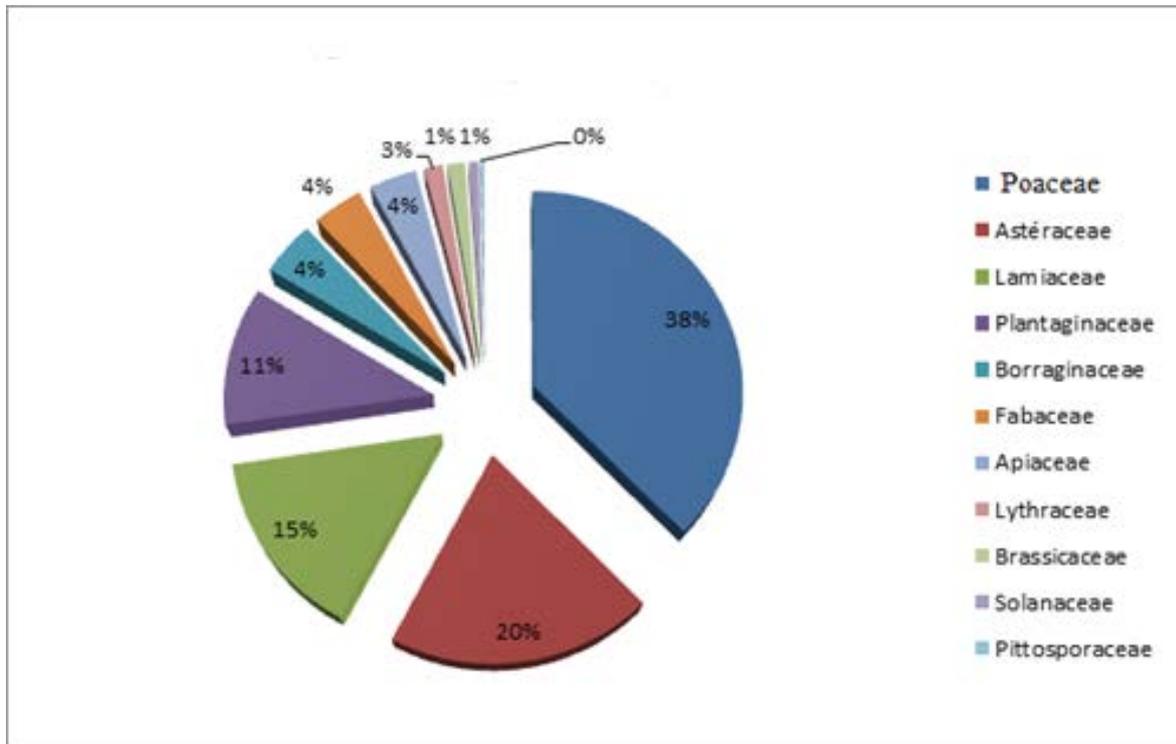


Figure 36- Fréquence de consommation des plantes selon les familles botaniques

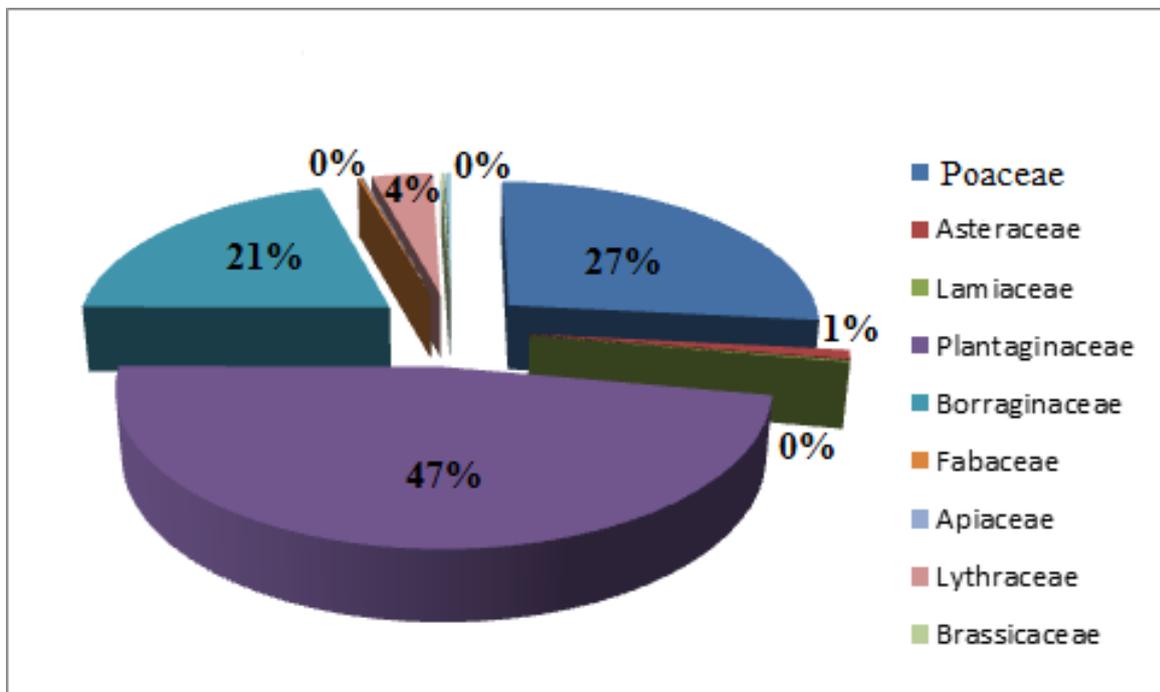


Figure 37- Taux de consommation des plantes selon les familles botaniques

En comparant les monocotylédones et les dicotylédones, il est à remarquer qu'avec un taux de recouvrement (T.R.) de 23 % seulement sur le terrain, les Poaceae fournissent presque 40 % de l'alimentation de *C. barbarus*, pour un taux de consommation (TC) de 27 %. A l'opposé, les Asteraceae ont un taux de recouvrement (T.R.) de 34 %, tout en ayant un taux de consommation (T.C.) de 1 % (Fig. 37). Et pourtant elles assurent 20 % de l'alimentation à l'insecte. Les Plantaginaceae et les Borraginaceae sont très bien consommées avec des taux de consommation (TC) respectifs de 47 et 21% (Fig. 37). Mais, chacune d'elles, n'occupe seulement que 1% de l'aire-échantillon.

4.3. - Etude de la morphométrie

Les résultats de la morphométrie classique et de la morphométrie géométrique sont traités dans ce paragraphe.

4.3.1.- Morphométrie classique

Cette étude a été réalisée durant l'année 2013. 134 échantillons, au total, répartis entre les stations de Texenna, Kissir et Jijel, ont été mesurés, dont 80 femelles et 54 mâles. Les mensurations corporelles seront d'abord présentées ensuite analysées statistiquement.

4.3.1.1. - Mensurations corporelles

Les résultats concernant les mesures des dimensions corporelles pour les mâles et les femelles de *C. barbarus* des populations de Texenna, de Kissir et de Jijel sont regroupés dans les tableaux 36 à 41. Il faut rappeler que pour chaque individu, différentes parties du corps sont mesurées, soit la longueur totale du corps, la longueur et la largeur des fémurs, la longueur des élytres, la largeur du pronotum, la largeur de la tête, la surface fémorale et la surface des taches fémorales.

Tableau 36 - Morphométrie de la population femelle de *C. barbarus* dans la station 1(Texenna)

Individus	Paramètres							
	LT	LE	LF	IF	IT	IP	Sf	STF
1	29,2	21,3	18	5,1	4,3	5,1	39,4	7,6
2	29,7	20	17	5,8	5	4	37,4	5,8
3	28,1	19,3	16,2	5,6	5.5	4,8	40,25	5,9
4	32	22,1	19	6,1	6,1	5,5	37,31	7,4
5	30,4	21	17,1	6,2	5,8	5	38,15	5,9
6	30,3	20,6	17	6	5,9	5,1	36,04	8,1
7	30,7	21	18	5,2	5,6	5	43,2	7,9
8	26,1	19,1	16,4	5,9	4,8	5,2	38,03	6,5
9	28,4	19,5	16	6.2	5,1	4,7	36,82	7
10	31,2	22,8	18,1	6,3	6	5	49,68	7,08
11	29	22	17	6	5,4	5	39,82	7,06
12	29,2	20,9	16,9	5,5	4,9	4	41,78	7,1
13	28	19,1	16,1	5,3	5,1	4	38,04	6,8
14	30	21,4	18	5,8	5,1	4,7	44,97	7,8
15	30	19,3	16,5	5,5	4,9	4,2	44,5	7,2
16	28,1	18,9	16,1	5,8	4,7	4,1	46,03	5,8
17	25	17,9	17	5,3	4,6	4,8	40,13	6,05
18	28	20	16	4,9	4,8	4,8	41,16	6,21
19	30	20	17,9	5,5	5,1	4,3	42,02	7,2
20	28	20	17	5,3	5,1	5,1	34,88	6,4
21	31	20,5	17,2	5,2	5,3	4	48,8	6,2
22	29,8	20,2	16,8	5,1	5,1	4,8	38,84	6,8
23	30	20	18	6	5,5	4	45,6	6
24	30,3	21,2	18,2	5,9	5,1	4,9	34	6,8
25	32	21	19	6	5,5	4,8	45,18	7,5
26	31	21,2	18	6	5,2	5	43,3	8,18
27	28	19,5	17	6	5,1	4,9	35,1	7,18
28	32	21	17	5	4,9	3,5	34,95	6,3
29	30	21,5	17	5	4,8	4	39,8	6,5

30	29	22	16	5	5	4	38,2	5,9
31	24,5	18	16	5	5	3,5	37,9	6,5
32	29	22	16	5	5,1	3,5	35,1	6,1
33	27,5	20,5	14,5	4,5	49	3	36	5,9
34	31,5	21	17	5	4,8	4	38,7	5,8
35	30	21,5	17	45	5,1	4	35,5	6
36	30	20	16	5	4,8	3,5	41,5	6,5
37	29,5	20	16	5	4,8	3,5	34,9	5,9
38	30	22	17	5,5	5,1	4	38,2	5,9

LT: Longueur totale du corps; LE: Longueur de l'élytre (tegmina); LF: Longueur du fémur; IF: Largeur du fémur; IT: Largeur de la tête; IP: Largeur du pronotum; Sf: Surface totale du fémur; STF: Surface des taches fémorales

Tableau 37– Morphométrie de la population mâle de *C. barbarus* dans la station 1(Texenna)

Individus	Paramètres							
	LT	LE	LF	IF	IT	IP	Sf	STF
1	19,8	14,3	11	4	4	3,2	14,01	2,6
2	17	11,8	9	3	3,7	2,9	12,8	1,32
3	17	12	9,2	3,8	3,6	2,4	13,53	2,03
4	17	12,5	9,9	3,8	3,5	3	10,22	2,01
5	16,5	12,1	8,5	3	3	2,5	14,02	3,31
6	16	11	9,1	3,4	3	2,8	10,78	2
7	18	12,8	10	4	3,5	2,5	13,03	2,5
8	17,5	11	10	3,1	3,5	2,2	10,03	1,22
9	17	10,9	10	3,5	3,4	2,3	10,35	1,83
10	17	11,8	9,1	3,2	3,9	3	14,01	1,24
11	17,6	12,7	10	4	4	3	11,16	2,43
12	17	12	8,8	3	3,8	2,8	11,3	1,53
13	17	10,8	10	4	3,9	3,2	10,10	2,85
14	18	12,1	10,2	3,4	4	3	11,06	1,68
15	17	12	10,4	3	4	3,2	11,06	1,93
16	18	12,1	8,1	4	3,9	3,1	11,3	1,98
17	17	12,5	10	3,5	3	2,8	11,5	2,25

18	17	11	9	3	3	2,8	11,25	2,1
19	17,1	11,5	9	3	3	2,8	10,5	1,9
20	17,5	12	9	3	3,1	2,1	12,5	2,3
21	17,4	12	9	3	3,2	2,2	12,75	2,4
22	16,9	11	8,5	3	3	2	11,1	2,2
23	19	13	9	3,2	3,3	2,5	14,0	2,85
24	18	13	10	3,1	2,9	2,5	13,75	2,9
25	17,2	11,5	9,2	3	3	2,3	11,65	2,65

LT: Longueur totale du corps; LE: Longueur de l'élytre (tegmina); LF: Longueur du fémur; IF: Largeur du fémur; IT: Largeur de la tête; IP: Largeur du pronotum; Sf: Surface totale du fémur; STF: Surface des taches fémorales

Tableau 38- Morphométrie de la population femelle de *C. barbarus* dans la station 2 (Kissir)

Individus	Paramètres							
	LT	LE	LF	IF	IT	IP	Sf	STF
1	29,1	22	17,2	5,8	5,3	5,2	34,6	8,5
2	29	16,1	17	6	5,4	5	33,18	8,1
3	27,2	20,1	17	6	5,6	5,1	41,68	6,1
4	30	21	17,1	5	5	4	45,6	6,17
5	29,1	21,3	18	6,1	5,8	4,3	43,4	5,7
6	30	20,1	17,5	5,5	5,5	4,9	42,7	5,31
7	31	23,1	18,2	6,2	5,8	4,8	41,3	5,4
8	30	22,5	16,5	6,2	6	4,1	50,1	8,8
9	29	20,1	16,8	5	5	4,1	49,8	6,3
10	31,2	22,6	18	6,1	6	5	51,7	7,1
11	29	21	16,5	6	6	5,1	48,68	6,8
12	30	20,5	16	6,1	6	5	49,58	6,6
13	24,5	17	13	4,2	5	3,1	35,16	5,8
14	29	24	17	5	5	5	41,5	8,3
15	29,1	20	16	5	5	4	38	7,5
16	24	17,5	15	5	4,9	3,5	42,1	6,7
17	31	23	18	5,5	6	5	42,6	8,1
18	31,5	23	16	5,5	5	4	45	5,9

19	24	17	15	5	5,2	4	40	7,5
20	30,5	22,5	17	5,5	5,1	4,5	38,7	7
21	31	23	19	6	5	4,5	36,7	5,3
22	30	21,5	17	6	5,1	4	38,4	5,15
23	30,2	22	16	4,5	5	4	36,1	5,55
24	33	25	18	5,6	5,3	4	41,6	6,3

LT: Longueur totale du corps; LE: Longueur de l'élytre (tegmina); LF: Longueur du fémur; IF: Largeur du fémur; IT: Largeur de la tête; IP: Largeur du pronotum; Sf: Surface totale du fémur; STF: Surface des taches fémorales

Tableau 39 - Morphométrie de la population mâle de *C. barbarus* dans la station 2 (Kissir)

Individus	Paramètres							
	LT	LE	LF	IF	IT	IP	Sf	STF
1	18,9	13	10,4	3,9	4	3	14,3	2,28
2	18,9	13	10,1	3,5	3,8	3	12,8	2,33
3	18	12,8	10,2	4	4,1	3,1	14,2	2,18
4	18	12,5	9	4	4	3	12,5	2,1
5	17,8	13	10,8	3,8	3,8	3,1	13,81	26
6	17	11	9	4	4	3	14,9	2,3
7	18,5	12	10,8	3,9	3,9	3	13,5	2,8
8	18	12,3	11	3,8	3,8	3	13,4	1,32
9	17,8	12,2	10,7	4	4	3,2	12,63	2,12
10	16,4	11,3	9,4	3,8	3,8	3	11,7	1,74
11	16,5	12	10	3,9	3,9	3	12,3	1,21
12	16,4	11	9,8	3,9	3,9	3,1	12,13	1,36
13	19	13	10	3,5	3,3	2,5	14	2,5
14	19	14	9,3	3	3,1	2,8	13,9	275
15	17,8	13	10	3,5	3,2	3	12,5	2,9
16	17,7	13	10	3,5	3,1	2,5	12,4	2,91
17	18	13	10	3,5	3,5	3	13,5	2,8
18	17,5	12	10	3,5	3,5	3	13,2	2,6
19	17,4	12,5	9,5	3,5	3,5	3	13,25	2,65

20	17,6	12,5	9,5	3	3,1	2,1	13,6	2,5
21	16,5	12	10	3,5	3,1	2,5	11,75	2,85
22	17,5	13	10	3	3,2	3	11,9	2,4

LT: Longueur totale du corps; LE: Longueur de l'élytre (tegmina); LF: Longueur du fémur; IF: Largeur du fémur; IT: Largeur de la tête; IP: Largeur du pronotum; Sf: Surface totale du fémur; STF: Surface des taches fémorales

Tableau 40 - morphométrie de la population femelle de *C. barbarus* dans la station 3 (Jijel)

Individus	Paramètres							
	LT	LE	LF	IF	IT	IP	Sf	STF
1	32	24	18,5	7,1	5,2	4,9	46,18	7,3
2	33	23,8	18,6	7,3	5,8	5,1	50,03	8,16
3	32,4	24,1	18,7	6	5,1	4,1	48,53	7,01
4	30	22,1	16,3	6,1	6	4	49,18	8,7
5	33	24	17	6	5	4	49	7,6
6	32,5	25,5	19	6	5	5	42	6,5
7	25	18	14,5	4,5	4	4	41,5	6,6
8	32,5	24	17	6	5,5	4	46	7,6
9	29	22	17	6	5	4	45	6,9
10	29,5	22,5	16,5	5,5	5,2	4	48	6,95
11	33	25	18	6	6	5	44,5	7,5
12	30	22	15	4	5	3,5	44	6,3
13	30	22	15	5	5	4	49,5	7,7
14	29	20	17	6	5	5	47,5	7,75
15	28,5	20	14	4,5	5,1	3,5	50,5	8,4
16	29	20,5	16	5,5	4,9	4	41	7,1
17	29,4	22	16,5	5,5	5,1	4	48,5	8,2
18	28	19	16	5,5	4,5	3	42,5	6,5

LT: Longueur totale du corps; LE: Longueur de l'élytre (tegmina); LF: Longueur du fémur; IF: Largeur du fémur; IT: Largeur de la tête; IP: Largeur du pronotum; Sf: Surface totale du fémur; STF: Surface des taches fémorales.

Tableau 41 - Morphométrie de la population mâle de *C. barbarus* dans la station 3 (Jijel)

Individus	Paramètres							
	LT	LE	LF	IF	IT	IP	Sf	STF
1	15,1	10	9,3	3,2	4	2,7	9,73	3,22
2	16,2	9,8	10,3	4	4	3	10,09	3,93
3	16	9	10,1	3,9	4	3	10,32	3,25
4	19,5	13,5	10	3,7	3,5	2,8	9,5	3,5
5	19,8	14	11	3,3	3,6	2,9	9,65	3,2
6	19,9	14,2	11	3,5	3,5	2,8	10,05	3,8
7	19,7	14	10	3,1	3,5	2,9	10,25	3,75

LT: Longueur totale du corps; LE: Longueur de l'élytre (tegmina); LF: Longueur du fémur; IF: Largeur du fémur; IT: Largeur de la tête; IP: Largeur du pronotum; Sf: Surface totale du fémur; STF: Surface des taches fémorales.

4.3.1.2. - Analyses statistiques

L'analyse statistique concerne la matrice de corrélation, le test de conformité, les droites de régression et l'analyse de la variance (ANOVA).

4.3.1.2.1. - Matrice de corrélation

Les variations des couples: LF, IF, LE, IT et IP sont comparées entre les différentes populations. Le coefficient de corrélation a d'abord engendré des valeurs inférieures à 30%, expliquant que la corrélation entre ces paramètres étudiés est faible. Ensuite des valeurs variant entre 30% et 70%, montrant que la corrélation est moyenne. Puis enfin des valeurs proches de 100% c'est-à-dire une corrélation forte.

Les résultats matriciels du coefficient de corrélation entre les paramètres étudiés chez les mâles et les femelles dans les trois ensembles de populations sont regroupés en annexe 4.

4.3.1.2.2. - Test de conformité

Les variations des couples LF/ IF et LE/LF sont comparées, deux à deux, entre populations, pour chaque sexe considéré à l'aide d'une analyse discriminante. Le test de conformité des coefficients de corrélation donne des valeurs $t_{obs} > t_{0,95}$ entre les couples LF et IF chez les femelles de Texenna d'un côté et de l'autre côté entre les mâles dans les trois stations. Le même constat est fait pour le couple LE /LF chez les femelles dans les trois stations et chez les mâles de Texenna. La différence est non significative entre ces deux paramètres. A l'opposé, le test de conformité a donné des valeurs $t_{obs} < t_{0,95}$ pour les couples LF/ IF seulement chez les femelles de Kissir et de Jijel et entre les couples LE/LF chez les mâles toujours de Kissir et de Jijel (Tab.42). La différence est légèrement significative.

Tableau 42 - Test de conformité des coefficients de corrélation des couples LF/IF et LE/LF pour les femelles et les mâles dans les 3 stations

	Longueur/Largeur fémur			Longueur élytre/Longueur fémur		
	Texenna	Kissir	Jijel	Texenna	Kissir	Jijel
Femelles	$n_1=38$	$n_2=24$	$n_3=18$	$n_1=38$	$n_2=24$	$n_3=18$
	$r_1=0,53$	$r_2=0,67$	$r_3=0,84$	$r_1=0,32$	$r_2=0,65$	$r_3=0,76$
	ddl=36	ddl=22	ddl=16	ddl=36	ddl=22	ddl=16
	$t_{obs}=7,73$	$t_{obs}=1,76$	$t_{obs}=1,10$	$t_{obs}=3,93$	$t_{obs}=2,93$	$t_{obs}=2,35$
	$t_{0,95}=2,08$	$t_{0,95}=2,07$	$t_{0,95}=2,10$	$t_{0,95}=2,08$	$t_{0,95}=2,07$	$t_{0,95}=2,10$
Test	$T_{obs} > t_{0,95}$	$t_{0,95} > t_{obs}$	$t_{0,95} > t_{obs}$	$t_{obs} > t_{0,95}$	$T_{obs} > t_{0,95}$	$T_{obs} > t_{0,95}$
Mâles	$n_1=25$	$n_2=22$	$n_3=7$	$n_1=25$	$n_2=22$	$n_3=7$
	$r_1=0,40$	$r_2=0,29$	$r_3=0,12$	$r_1=0,38$	$r_2=0,14$	$r_3=0,53$
	ddl=23	ddl=20	ddl=5	ddl=23	ddl=20	ddl=5
	$t_{obs}=2,53$	$t_{obs}=5,28$	$t_{obs}=4,02$	$t_{obs}=5,16$	$t_{obs}=1,08$	$t_{obs}=0,03$
	$t_{0,95}=2,06$	$t_{0,95}=2,08$	$t_{0,95}=2,44$	$t_{0,95}=2,07$	$t_{0,95}=2,08$	$t_{0,95}=2,44$
Test	$T_{obs} > t_{0,95}$	$T_{obs} > t_{0,95}$	$T_{obs} > t_{0,95}$	$T_{obs} > t_{0,95}$	$t_{0,95} > t_{obs}$	$t_{0,95} > t_{obs}$

n_i : nombre d'individus de la population; r : coefficient de corrélation; T_{obs} : valeur observée; $t_{0,95}$: valeur théorique à 95%; ddl: degré de liberté

Par ailleurs, les couples Sf/STF sont à leur tour comparés entre les trois populations. Le test de conformité des coefficients de corrélation indique par fois une différence significative ($t_{obs} < t_{0,95}$). C'est le cas des mâles de Kissir et de Jijel d'un côté et les femelles de Kissir de l'autre côté. A l'opposé, ce test a indiqué une différence non significative ($t_{obs} > t_{0,95}$) aussi bien chez les femelles de Texenna et Jijel que chez les mâles de Texenna (Tab.43).

Tableau 43 - Test de conformité des coefficients de corrélation du couple de mesure Sf/ STF pour les femelles et les mâles dans les 3 stations

Femelles			Mâles		
Texenna	Kissir	Jijel	Texenna	Kissir	Jijel
$n_1=38$	$n_2=24$	$n_3=18$	$n_1=25$	$n_2=22$	$n_3=7$
$r_1=-0,07$	$r_2=0,72$	$r_3=0,58$	$r_1=-0,12$	$r_2=0,46$	$r_3=0,81$
ddl=25	ddl=11	ddl=3	ddl=13	ddl=9	ddl=1
t obs=4,75	t obs=2,03	t obs=4,52	t obs=6,36	t obs=1,89	t obs=0,026
$t_{0,95}=2,060$	$t_{0,95}=2,201$	$t_{0,95}=3,182$	$t_{0,95}=2,160$	$t_{0,95}=2,262$	$t_{0,95}=12,706$
$t_{obs} > t_{0,95}$	$t_{obs} < t_{0,95}$	$t_{obs} > t_{0,95}$	$t_{obs} > t_{0,95}$	$t_{obs} < t_{0,95}$	$t_{obs} < t_{0,95}$

n_i : nombre d'individus de la population; r : coefficient de corrélation; Tobs: valeur observée; $t_{0,95}$: valeur théorique à 95%; ddl: degré de liberté

4.3.1.2.3. - Droites de régression

Les droites de régression des couples de mesures: LF / IF, LE / LF, Sf/ STF des femelles et des mâles des trois populations sont reportés dans le tableau 44.

Tableau 44 - Equations des droites de régression des femelles et des mâles de Texenna, de Kissir et de Jijel

	Couple de mesures	Texenna		Kissir		Jijel	
		Equation des droites	r	Equations des droites	r	Equations des droites	r
Femelles	LF/IF	$y=0,21x+1,82$	0.53	$y=0,026x+5,86$	0,67	$y=0,47x-2,24$	0,84
	LE/LF	$y=0,33x+10,25$	0.31	$y=0,37x+8,35$	0,64	$y=0,54x+4,69$	0,76
	Sf/STF	$y=0,009x+7,73$	0.07	$y=0,157x-0,94$	0,72	$y=0,28x-5,69$	0,58
Mâles	LF/IF	$y=0,23x+1,15$	0.40	$y=-0,04x+3,97$	0,21	$y=0,06x+2,81$	0,12
	LE/LF	$y=0,33x+5,53$	0.38	$y=1,37x-7,61$	0,14	$y=0,14x+8,58$	0,53
	SF/STF	$y=0,044x+2,41$	0.12	$y=0,23x-0,99$	0,46	$y=8,51x-80,4$	0,81

r: coefficient de corrélation

Le critère LE/LF ne sépare pas clairement les femelles des trois stations (Fig. 38). Il montre une homogénéité entre les trois populations. Pour ce qui concerne les mâles, la population de Jijel est divisée en deux sous-ensembles, celles de Texenna et de Kissir montrent également un chevauchement clair entre elles (Fig. 39). Par ailleurs, les couples LF/IF de Texenna, de Kissir et de Jijel forment un nuage de points dispersés aussi bien chez les femelles (Fig. 40) que chez les mâles (Fig. 41). Enfin, pour ce qui est du couple Sf/STF, là aussi il est à observer une hétérogénéité dans la dispersion des points. Cela indique bien que ce paramètre ne sépare pas lui aussi clairement aussi bien les femelles chez les trois populations que les mâles de Texenna et de Kissir (Fig. 42). L'exception est faite pour les mâles de Jijel ayant formé un groupe légèrement isolé (Fig. 43). Il est à noter que les détails concernant les caractéristiques de la droite des couples de mesures des trois ensembles de populations sont regroupés en annexe 5.

4.3.1.2.4. - Analyse de la variance (ANOVA)

Les différents paramètres étudiés montrent une répartition moins différente entre les 3 stations. L'analyse de la variance de la longueur totale du corps chez les femelles de *C. barbarus* entre les trois stations donne une valeur F calculée égale à 1,689 et une probabilité P égale à 0,191 ($> 0,05$), (Tab. 45 et annexe 6). La différence est donc non significative.

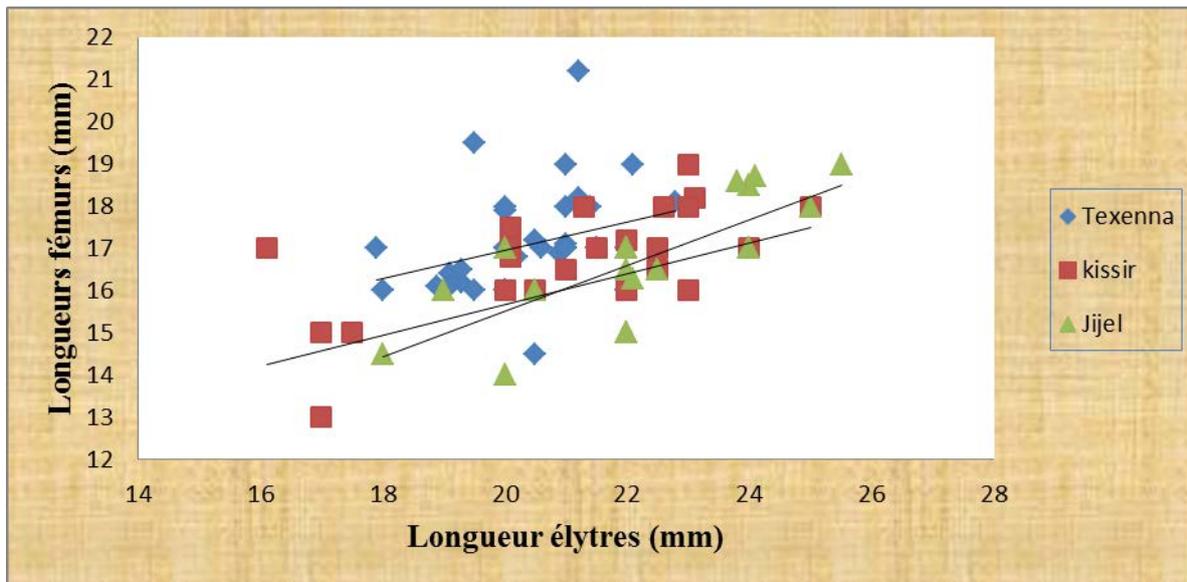


Figure 38 – Régression linéaire entre la longueur des élytres et la longueur des fémurs des femelles dans les trois stations

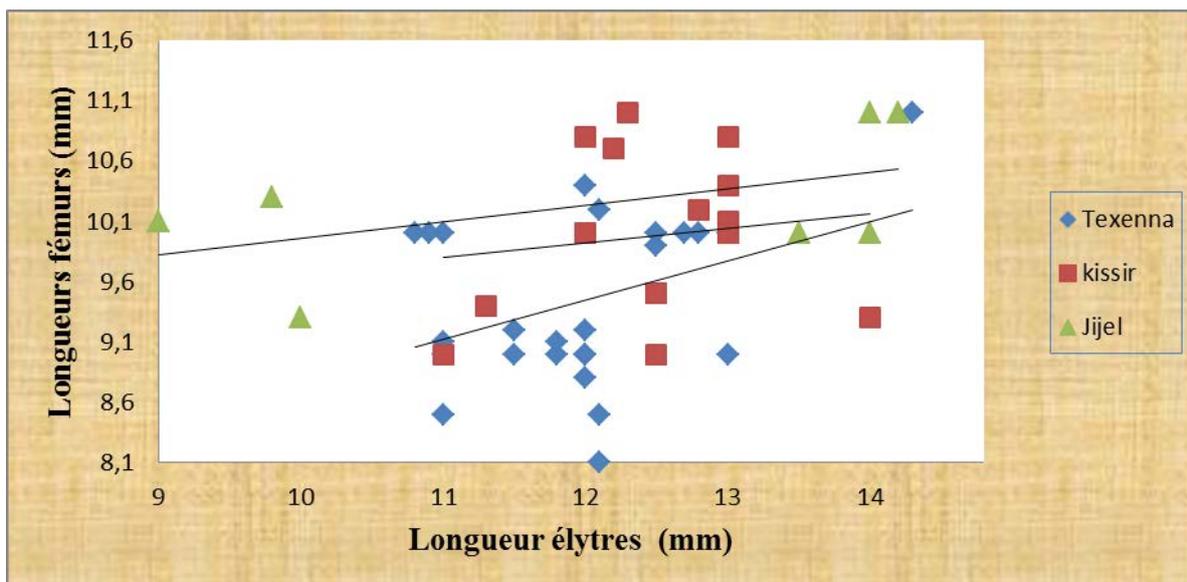


Figure 39 - Régression linéaire entre la longueur des élytres et la longueur des fémurs des mâles dans les trois stations

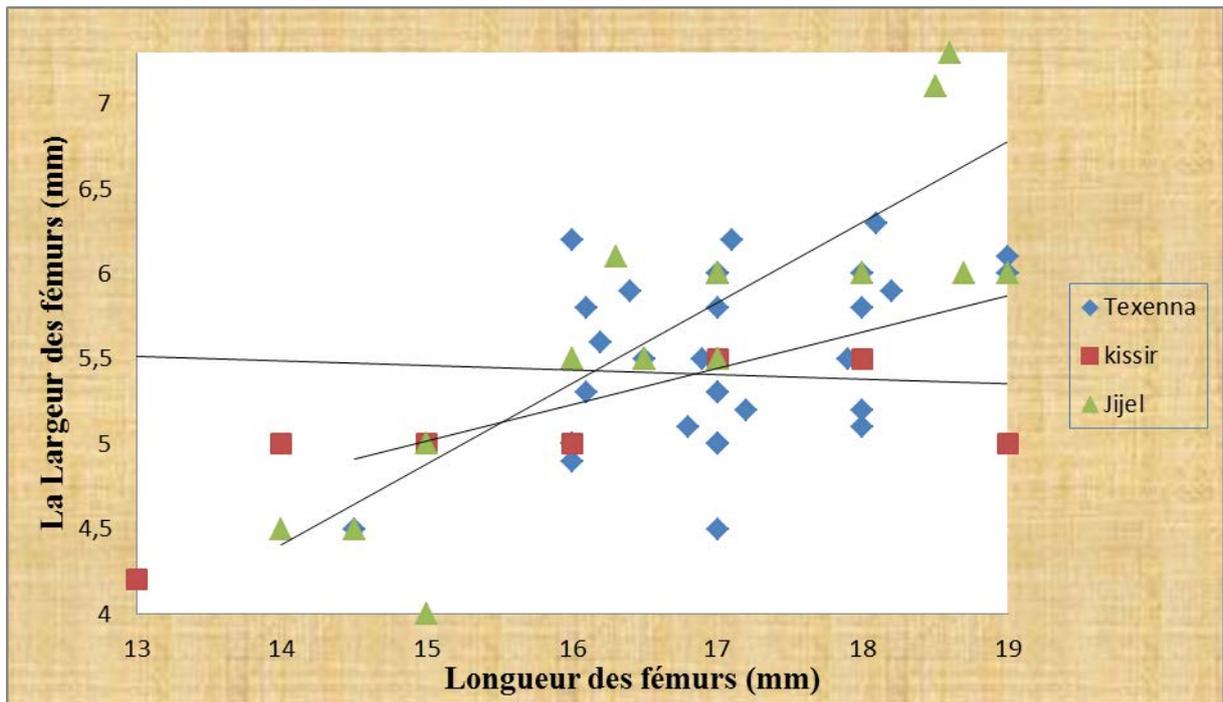


Figure 40 - Régression linéaire entre la longueur et la largeur des fémurs des femelles dans les trois stations

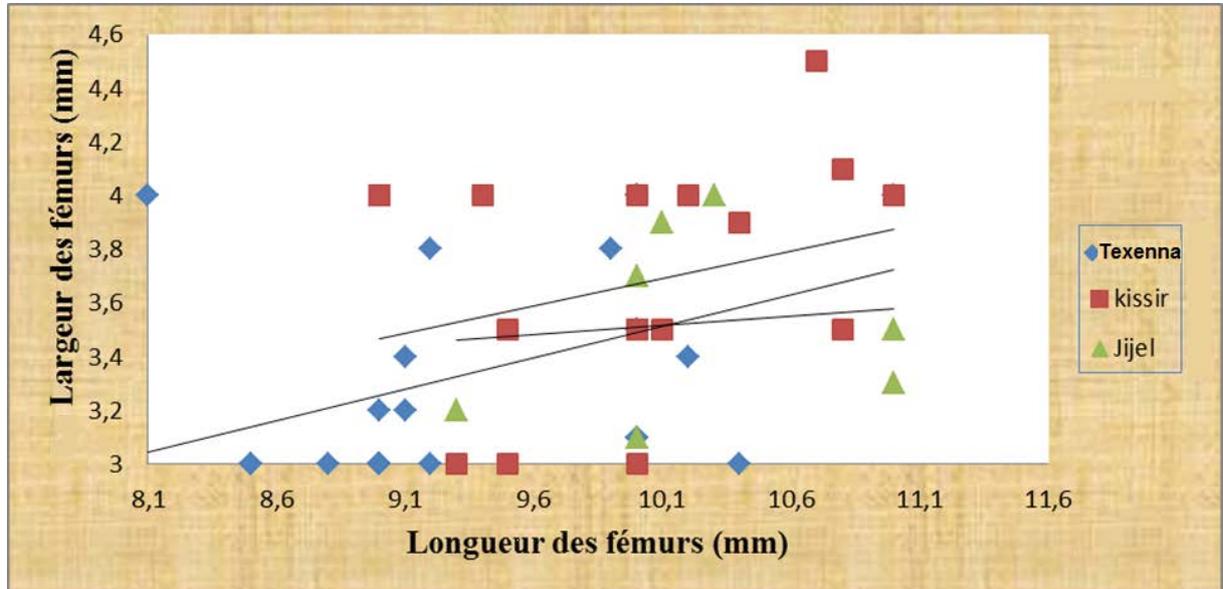


Figure 41 - Régression linéaire entre la longueur et la largeur des fémurs chez les mâles dans les trois stations

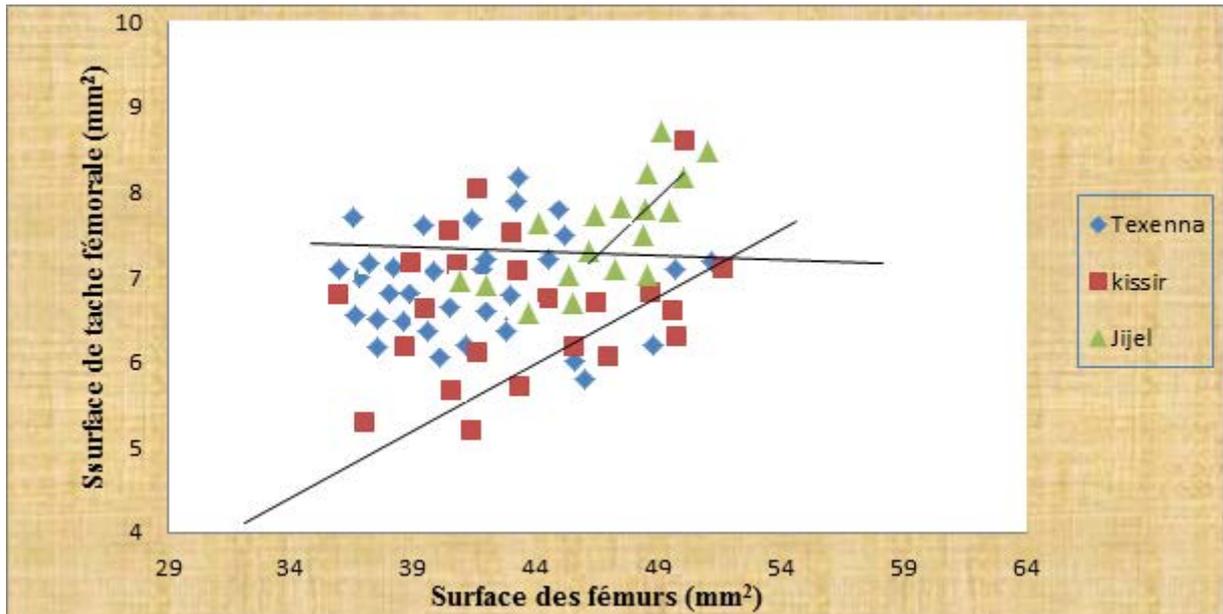


Figure 42 - Régression linéaire entre la surface des fémurs et la surfaces des taches fémorales chez les femelles de Texenna, Kissir et Jijel

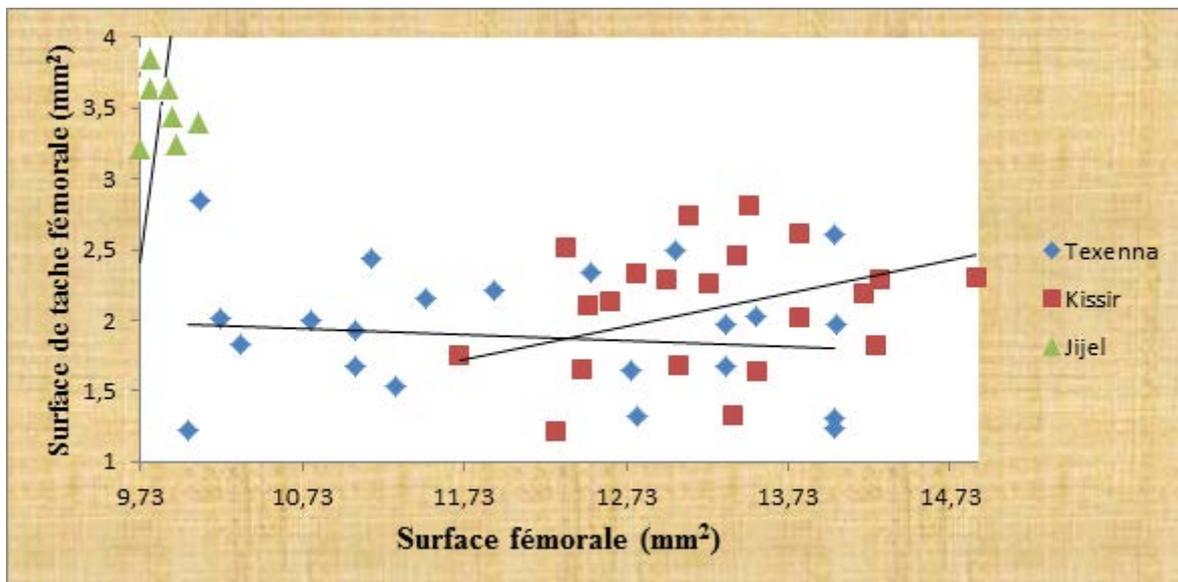


Figure 43 - Régression linéaire entre la surface des fémurs et la surface des taches fémorales chez les mâles de Texenna, Kissir et Jijel

Tableau 45 - Analyse de la variance de la longueur totale chez les femelles de *C. barbarus* entre les 3 stations

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Model	13,732	2	6,866	1,689	0,191
Résiduel	312,982	77	4,65		
Total	326,714	79			

L'analyse de la variance de la longueur totale chez les mâles de *C. barbarus* entre les trois stations donne une valeur F calculée égal à 1,096 et une probabilité P égal à 0,342 (>0,05) (Tab. 46 et annexe 6). La différence est là aussi non significative.

Tableau 46 - Analyse de la variance de la longueur totale chez les mâles de *C. barbarus* entre les 3 stations

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Model	2,505	2	1,252	1,096	0,342
Résiduel	58,279	51	1,143		
Total	60,784	53			

ddl: degré de liberté

F: Valeur de Fisher

N: nombre d'individus

Moyenne des carrés = Somme des carrés / ddl

4.3.2. - Morphométrie géométrique

Dans ce qui va suivre, la superposition procustéenne ou APG ensuite l'influence du sexe et du polymorphisme chromatique et géographique sur l'asymétrie alaire de *C. barbarus* sont traités. Les résultats sont statistiquement analysés.

4.3.2.1. - Superposition procustéenne

Après superposition procustéenne, la dispersion des 11 PR des 76 paires d'élytres est illustrée dans la figure 44.

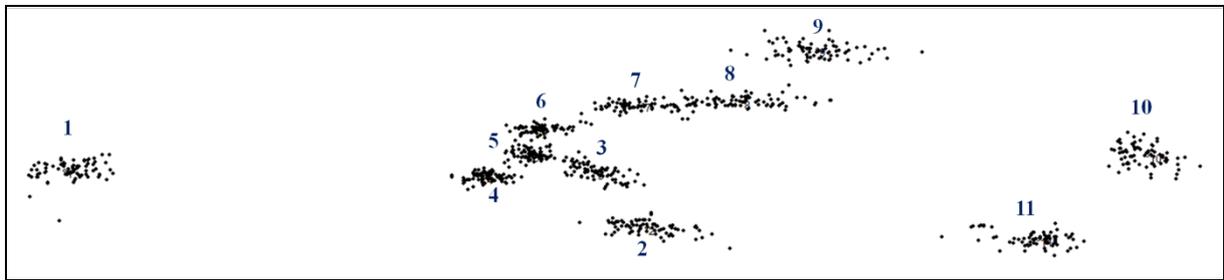


Figure 44 - Alignement des 11 PR des 76 paires d'élytres après superposition procustéenne (APG)

La figure 44 montre que le PR8 est celui dont la variabilité est la plus forte. Alors que les PR 4, 5 et 6 ont une forte stabilité. Du point de vu pourcentage de déformation, il est à constater que le PR8 est le plus instable, avec une contribution de presque 13% de la variabilité totale. Il est presque deux fois plus grand que le PR5 et à un degré moindre les PR1, 3, 4, 6 et 10 qui sont relativement stables (contribution de presque 8 %) (Fig. 45). De même, les PR 2, 7, 9 et 11 ont des contributions variables respectives de 9,7 ; 10,4 ; 11,5 et 10,1 % (Tab. 47).

Tableau 47 -Pourcentage de contribution de chaque PR par rapport à la variabilité totale

PR	Contribution de chaque PR (%)
1	7,54
2	9,7
3	7,84
4	7,99
5	6,66
6	7,61
7	10,43
8	12,80
9	11,45
10	7,92
11	10,07

PR: point de repère

Par ailleurs, les angles des vecteurs de l'ensemble des 76 paires d'élytres ont été calculés pour chaque PR. L'histogramme de distribution des angles de ces vecteurs est représenté pour le PR1 dans la figure 46, et pour les autres PR dans les figures en annexe 7. Les histogrammes montrent que la majorité des valeurs obtenues tournent autour de 0. Ce qui signifie que les angles des 11 PR ne présentent aucune déformation privilégiée de l'élytre droit par rapport au gauche.

4.3.2.2. - Influence du sexe et du polymorphisme chromatique et géographique sur l'asymétrie alaire de *C. barbarus*

Les projections des 38 paires d'élytres sur les 2 premiers axes de flexion relative sont placées dans la figure 47. Ces projections permettent de calculer, dans un espace à deux dimensions, les distances euclidiennes entre chaque PR de l'élytre droit par rapport au gauche. Ceci permet d'estimer la mesure de la déviation conduisant à la dissymétrie.

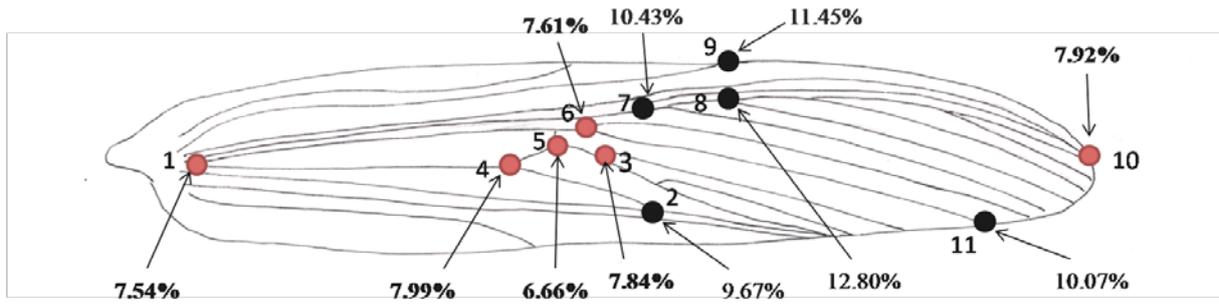


Figure 45 - Pourcentages de variabilité des 11 PR pour l'ensemble des individus testés

Les cercles rouges correspondent aux PR les plus stables, les noirs aux PR les plus variables

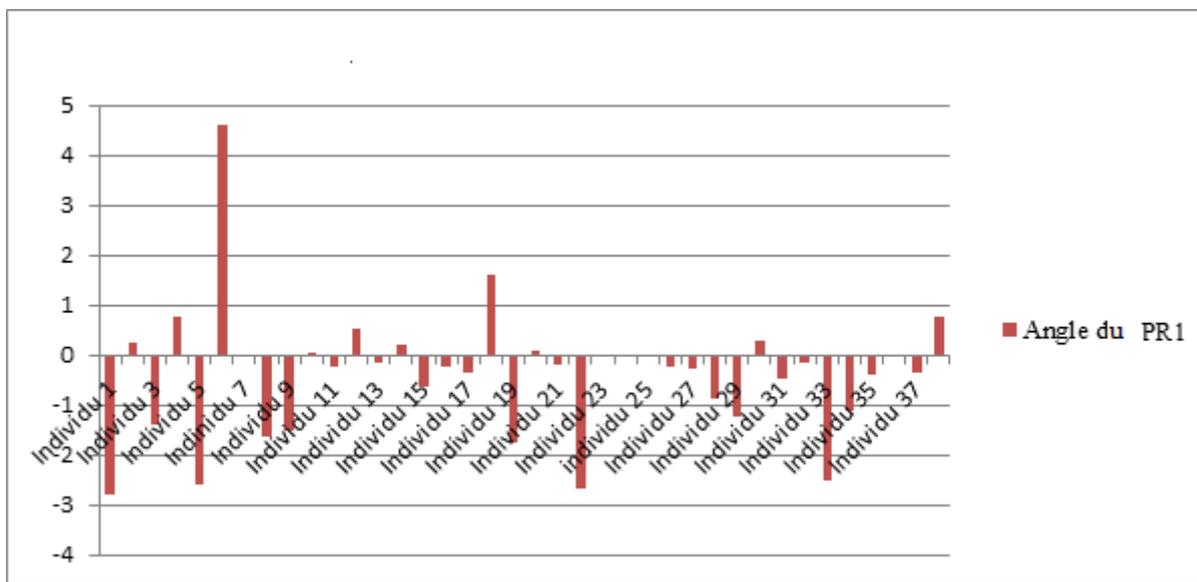


Figure 46 - Histogramme de distribution des angles des vecteurs du PR1

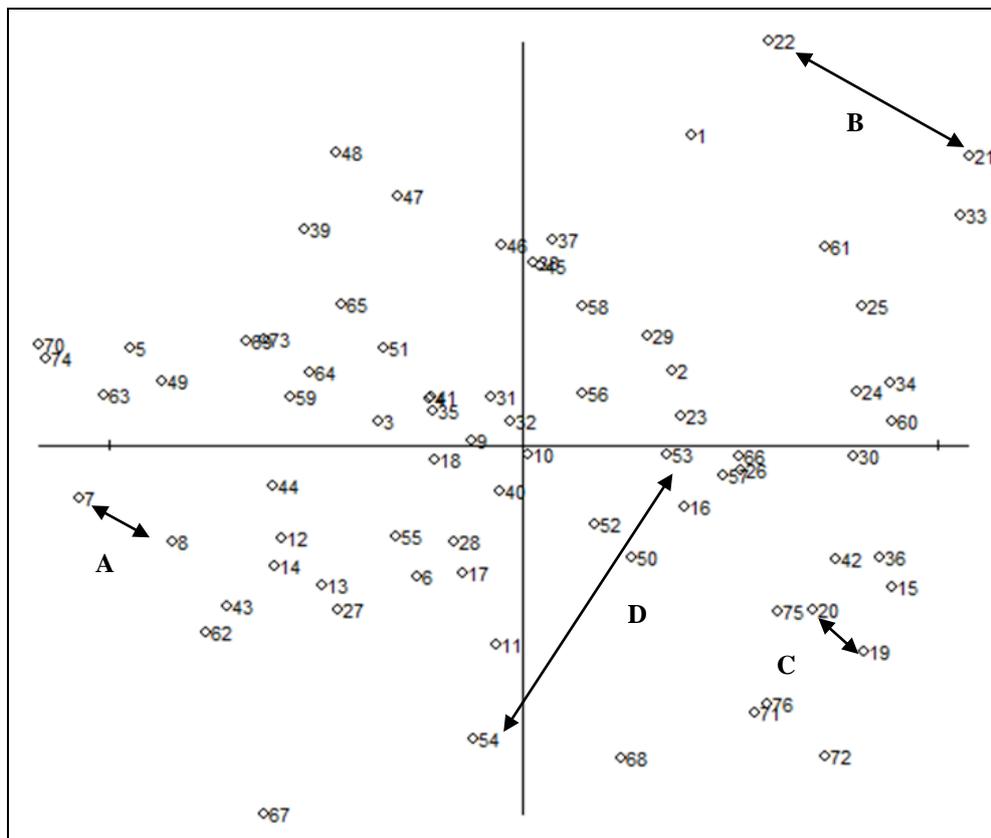


Figure 47 - Projection des 38 paires d'élytres sur les 2 premiers axes de flexion relative

Les lettres A, B représentent successivement un mâle et une femelle avec 3T, les lettres C, D par contre, représentent une femelle et un mâle avec 1T

A partir de ces dernières projections, il est à remarquer une hétérogénéité dans la dispersion des points sur la surface du plan. Par exemple, les points 7, 8 d'un côté et 21, 22 de l'autre côté, correspondent successivement aux ailes droites et gauches d'un mâle et d'une femelle à 3 T. Par contre, les points 19, 20 d'une part et 53, 54 d'autre part, correspondent successivement aux ailes droit et gauche d'une femelle et d'un mâle à 1T. Les patterns des flexions relatives des élytres permettent de visualiser les différentes variations d'instabilité des points de repères (Fig.48). Il est à noter également un déplacement remarquable surtout pour les PR 8 (Fig. A, B et D), PR10 (Fig. A, B et C), PR11 (Fig. B, C et D), PR9 (Fig. B et D), PR7 (Fig. C), PR2 (Fig. D), PR4 (Fig. B) et à un degré moindre pour les autres PR.

4.3.2.3. - Analyses statistiques

Pour bien expliquer les variations des distances pour chaque individu, une ANOVA à deux facteurs (sexe et polymorphisme géochromatique) sans interaction est réalisée. Les résultats montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les distances euclidiennes des élytres en fonction du sexe d'une part ($p= 0,711332$) et du polymorphisme chromatique ($p= 0,081422$) d'autre part (Tab.48). Tous les deux sont supérieures à 0,05.

Tableau 48 - ANOVA des distances euclidiennes des élytres en fonction du sexe et du polymorphisme chromatique

Facteurs	SC	DDL	MC	F	p
Sexe	41,9	1	41,9	0,1371	0,711332
Polymorphisme chromatique	932,9	1	932,9	3,0511	0,081422
Erreur	126887,4	415	305,8		

SC: somme des carrés; DDL: degré de liberté; MC: moyenne des carrés; F: statistique de Fisher; P: Probabilité pour rencontrer la valeur calculée de la statistique

Les tailles centroïdes des élytres des 38 individus sont comparées en fonction du sexe et du polymorphisme géographique. Les résultats indiquent pour l'ensemble des individus, une variation de la taille centroïde très significative ($p= 0,004 <0,01$) en fonction du sexe (Tab. 49). Par contre, elle est non significative ($p= 0,195 >0,05$) pour le polymorphisme chromatique.

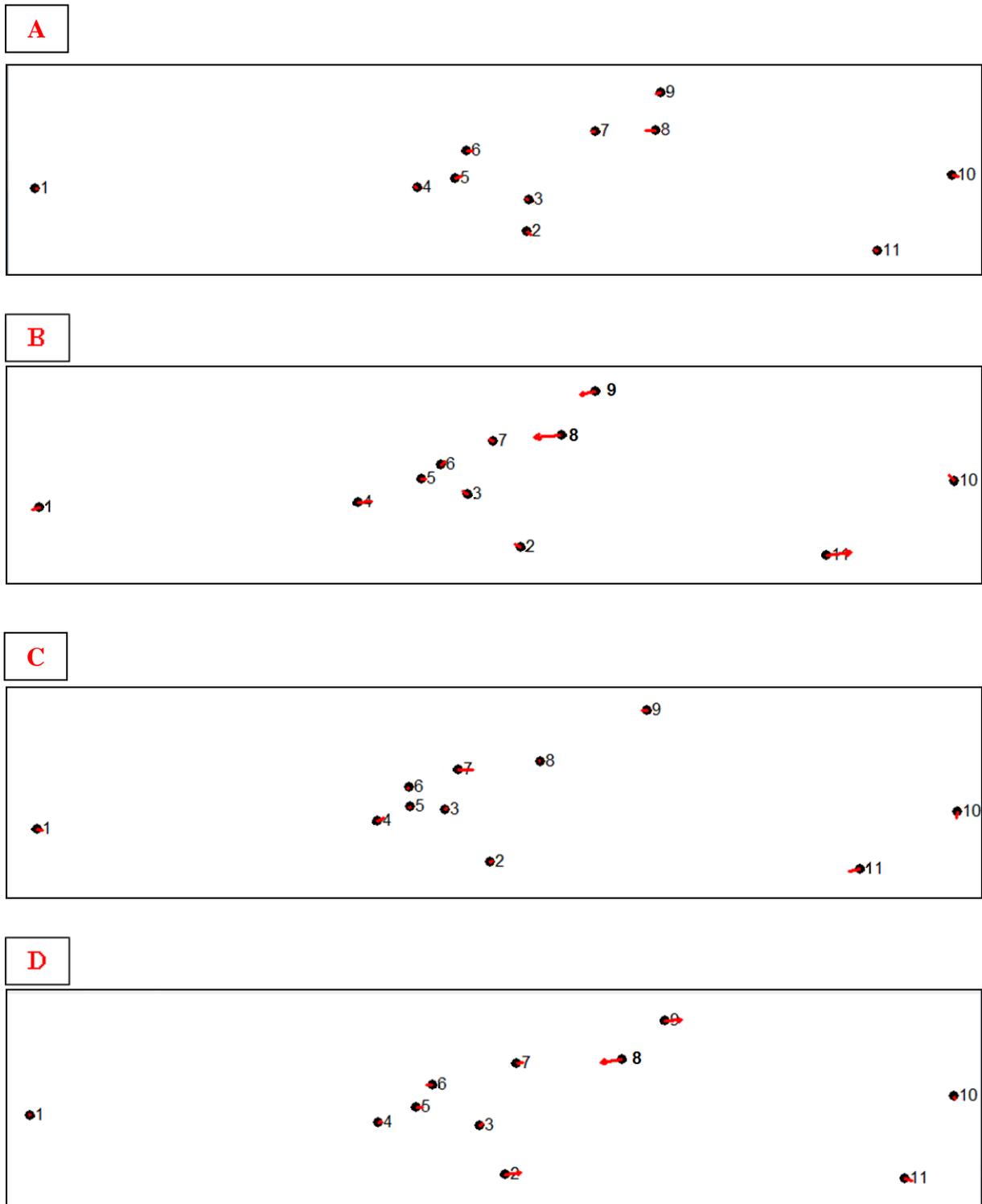


Figure 48- Patterns des flexions relatives des élytres droite et gauche des deux bioformes

Tableau 49 - ANOVA des tailles centroïdes des élytres en fonction du sexe et du polymorphisme chromatique

Facteurs	SC	DDL	MC	F	P
Sexe	8578	1	8578	8,79	0,004086
Polymorphisme chromatique	1665	1	1665	1,71	0,195510
Erreur	71227	73	976		

SC: somme des carrés; DDL: degré de liberté; MC: moyenne des carrés; F: statistique de Fisher; P: Probabilité pour rencontrer la valeur calculée de la statistique

44 - Etude moléculaire

Les résultats du séquençage de l'ADN des deux gènes COI et 16S pour quelques échantillons étudiés sont enregistrés en annexe 8. Le fragment du gène COI obtenu possède une longueur de 525 paires de bases (pb). Les numéros d'accèsion dans la banque génétique ou Genbank sont: KT158532 - KT158581. Celui du gène 16S mesure 323 pb. Les numéros d'accèsion dans Genbank sont KT158469 - KT158531. Quant à la matrice COI utilisée pour l'analyse phylogénétique, celle-ci a une longueur de 322 pb. Le modèle de substitution du nucléotide sélectionné pour les deux fragments est le GTR + I + Γ .

Le support de nœud des arbres obtenu à partir de la matrice concaténée (Fig. 49) et du gène 16S (Fig. 50) est généralement faible, sauf pour les nœuds les plus basales. Ceci peut être expliqué par la faible variabilité du fragment 16S. Ce qui rend impossible de résoudre avec précision les relations entre les différents clades. La topologie différente des arbres du 16S et du COI, essentiellement en raison de l'homoplasie, est la principale raison pour le faible soutien de l'arbre obtenue à partir de la matrice concaténée (Fig. 51). L'analyse phylogénétique est incapable de créer un arbre qui illustre correctement l'histoire des deux fragments.

La possibilité que l'un des deux fragments pourrait être en fait un numt (pseudogène créé par une transposition d'un fragment mitochondrial au génome nucléaire) a été exclue. Les séquences COI pourraient être traduites en séquences d'acides aminés correctes. Le fragment 16S avait la même composition nucléotidique et la même structure que les séquences obtenues à partir de la GenBank.

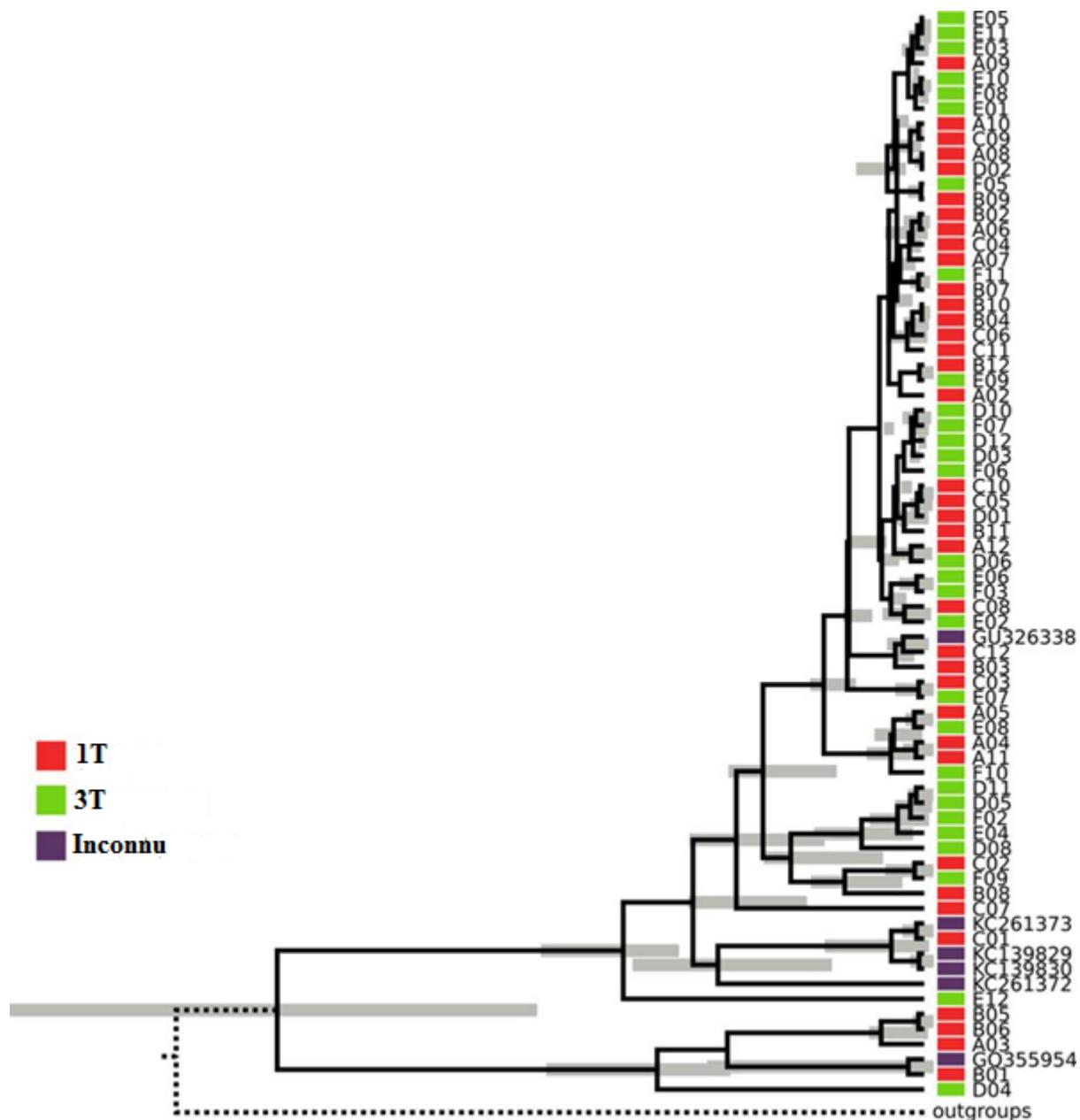


Figure 49- Arbre d'inférence Bayésien obtenu pour la matrice concaténée de *C. barbarus* comprenant les données COI et 16S

Les barres représentent les nœuds élevés à intervalle de confiance de 95%.

Aucune valeur de soutien n'est donné parce que tous les nœuds des "«ingroups»" ont une probabilité <0,5

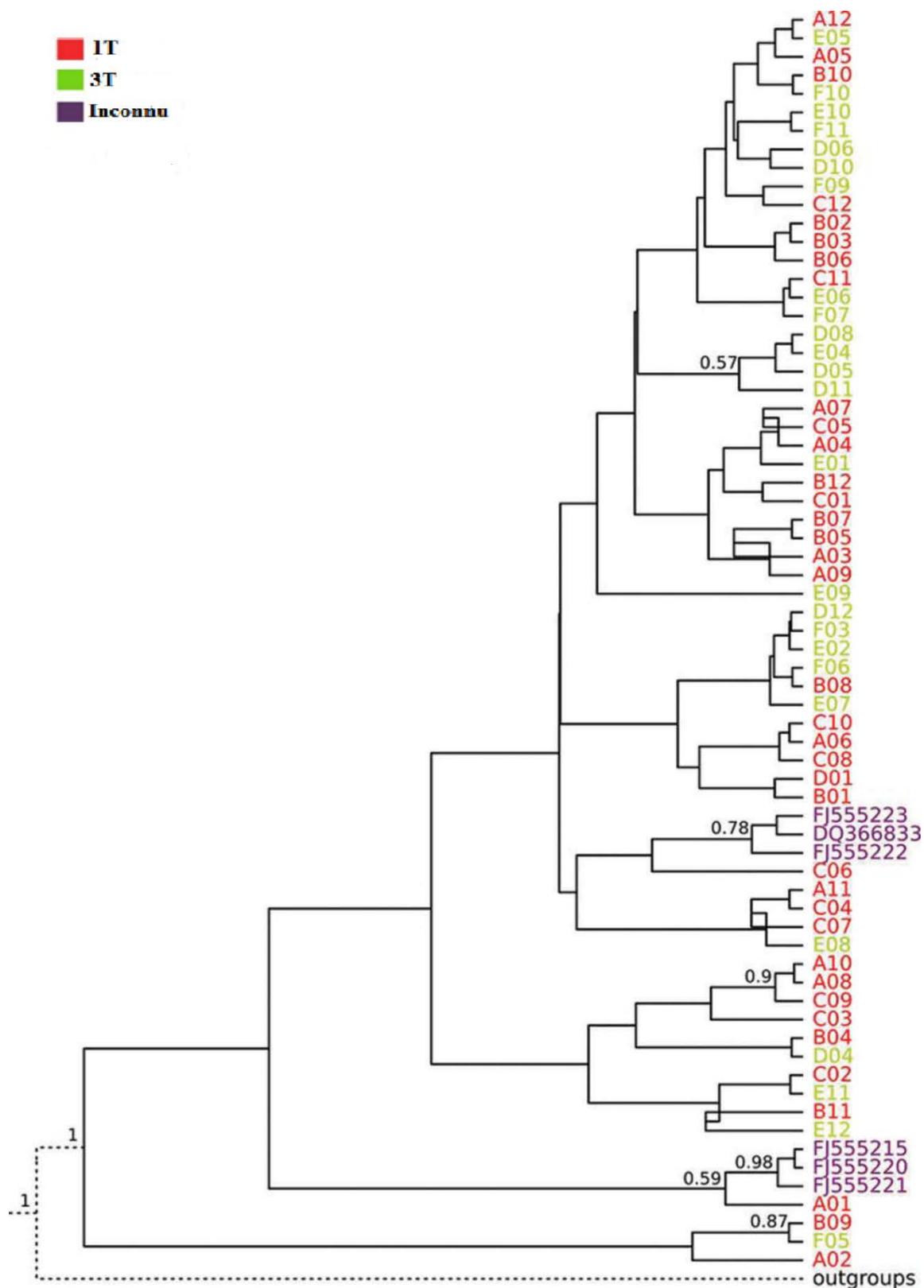


Figure 50 - Arbre d'inférence Bayésien obtenu pour le fragment 16S

Les échantillons sont représentés soit en rouge (1T) ou en vert (3T). Les valeurs de soutien sont indiquées lorsque la valeur de probabilité postérieure est $> 0,5$

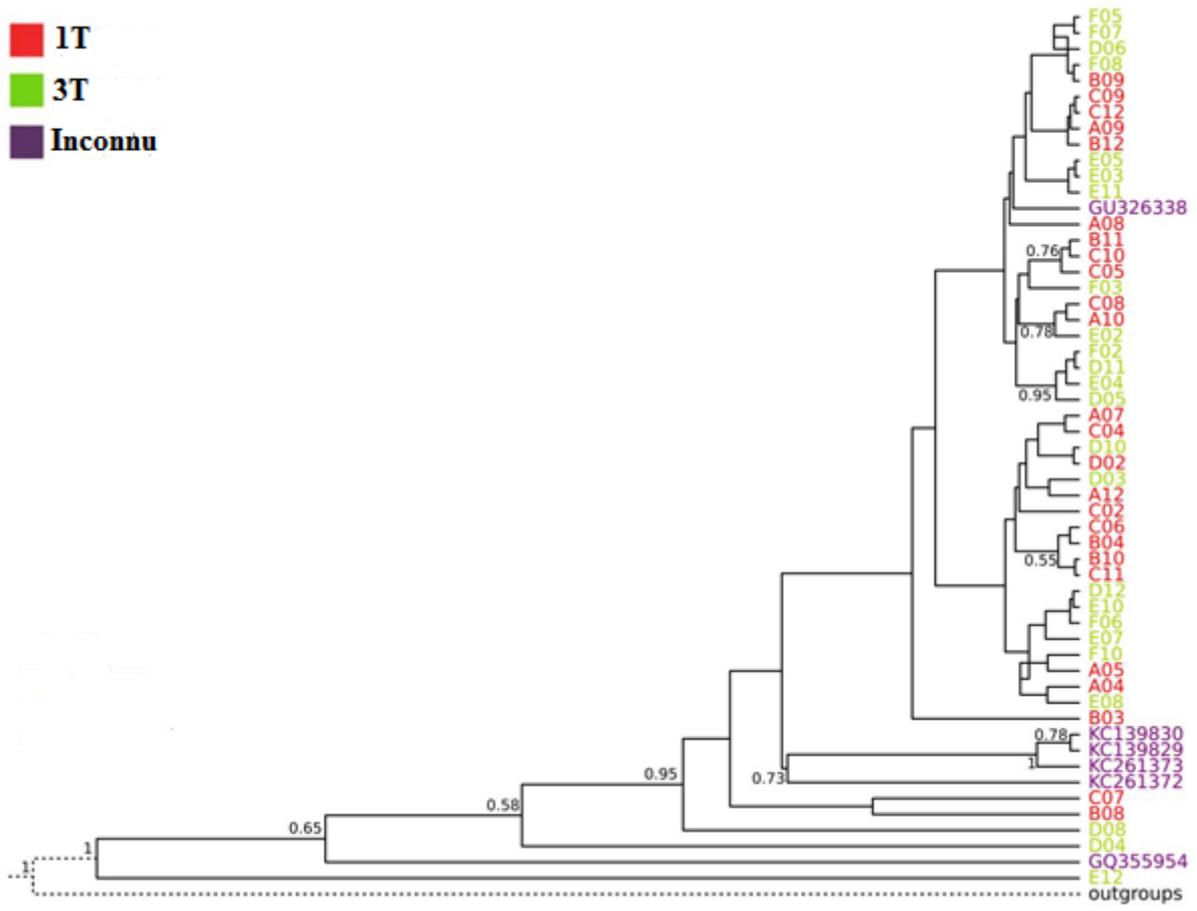


Figure 51 - Arbre d'inference Bayésien obtenu pour le fragment COI

Les échantillons sont représentés soit en rouge (1T) ou en vert (3T). Les valeurs de soutien sont indiquées lorsque la valeur de probabilité postérieure est > 0,5

Dans tous les arbres phylogénétiques obtenus, aucune différenciation claire n'a été trouvée entre les échantillons des deux bioformes. Ces caractéristiques semblent être réparties aléatoirement dans toutes les branches de l'arbre. En outre, les échantillons provenant d'Algérie ne forment pas un groupe monophylétique. Les séquences de la GenBank des autres régions géographiques se trouvent incluses au sein de ce groupe.

Concernant le réseau phylogéographique, un haplotype central à haute fréquence peut être observé (Fig.52). Il est entouré par plusieurs haplotypes moins fréquents et séparés seulement par une ou deux étapes mutationnelles. D'autres haplotypes peuvent être également observés dans les parties extérieures du réseau, à l'extrémité des longues branches, plus précisément.

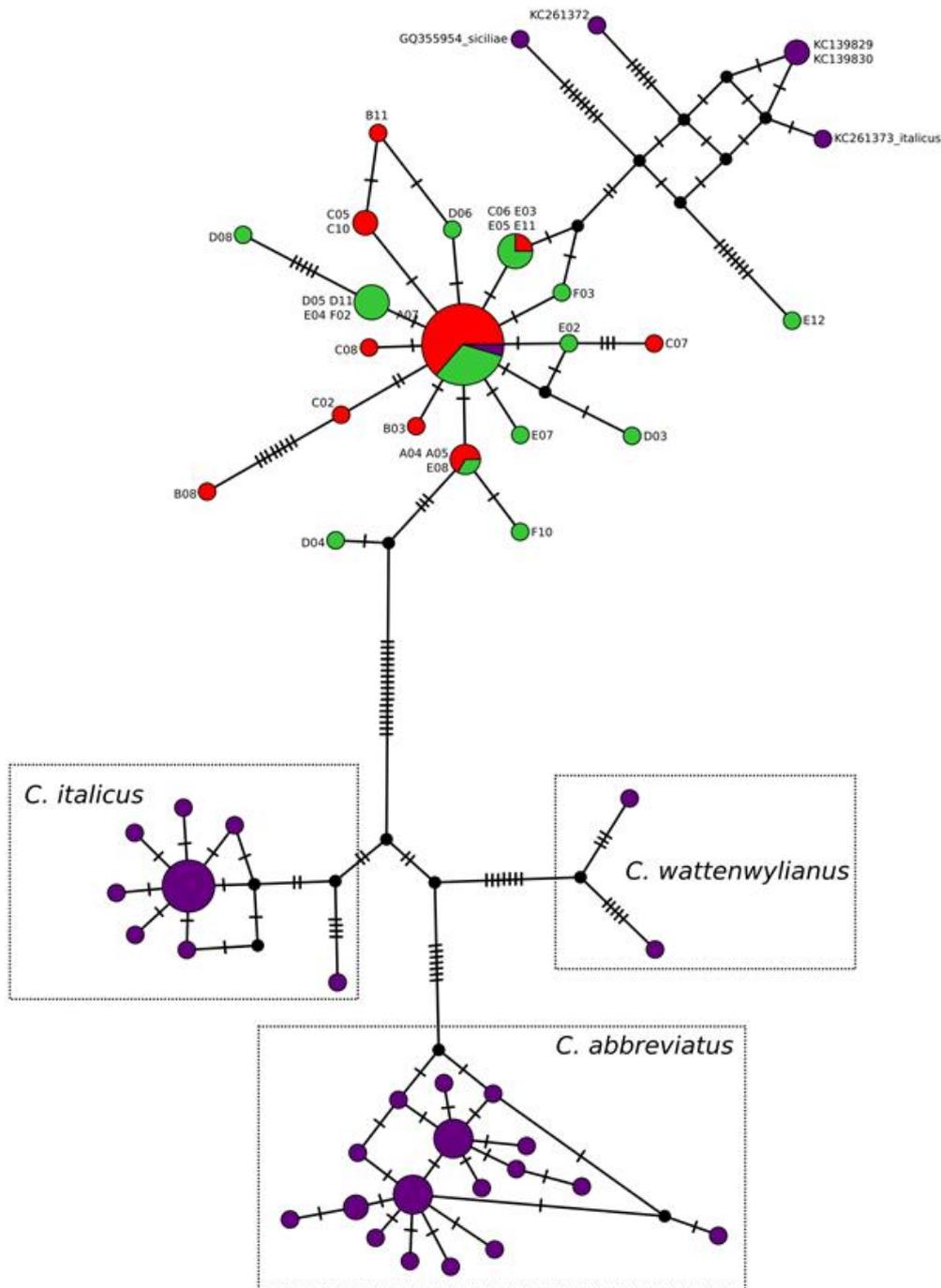


Figure 52 - Réseau haplotype pour *C. barbarus* obtenu à partir des données COI, incluant les outgroups (*Calliptamus sp*)

La taille de chaque haplotype est proportionnelle au nombre d'échantillons qui le partagent. Le nombre de marques hachurées dans chaque lien représente le nombre d'étapes mutationnelles qui séparent les haplotypes. Les points noirs représentent les haplotypes non échantillonnées (soit éteints ou non, trouvés dans notre échantillonnage), mais indispensables pour connecter les haplotypes les uns avec les autres. Le code des différents échantillons dans chaque haplotype est indiqué. Les échantillons sont représentés soit en rouge (1T), en vert (3T) ou en violet (inconnu)

4.5. -Isolement reproductif

Plusieurs auteurs ont proposé l'isolement reproductif afin de pouvoir séparer les deux bioformes de *C. barbarus*. C'est le cas de LARROSA *et al.* (2007) qui ont déjà étudié, en Espagne, le comportement intra et interspécifique des populations à 1T avec celles à 3T. Ces auteurs avaient rapporté que le comportement sexuel a montré quelques différences entre les deux formes, chacune à part, dans les relations intra (entre individus du même sexe) et intersexuelle (entre individus de sexe différent). Il s'agit de: mouvements convulsif et alternatif du fémur postérieur, mouvement vers le haut et vers le bas de ce dernier ainsi que la marche avant et le saut.

A travers cette étude, le comportement sexuel de *C. barbarus* a été testé en mettant cette fois-ci les deux bioformes en contact les unes avec les autres. Ce travail a été réalisé d'abord pendant le mois de juillet jusqu'au mois de novembre 2013. Les échantillons ont été collectés à partir de Djelfa pour la population du semi- aride (7 femelles et 6 mâles) et à partir de Jijel pour la population du littoral (9 femelles et 6 mâles). Un deuxième isolement reproductif a été effectué aux mois de juillet et août 2014. Le comportement de 30 individus mâles et femelles a été étudié en ramenant pour cette deuxième expérimentation des échantillons ramassés à Kasr El Boukhari dans la région de Médéa. A signaler que pour les deux cas, les individus à 3T ont été collectés à partir de la localité de Texenna dans la région de Jijel. Mais que ce soit lors du premier ou du deuxième test, l'isolement reproductif a été concluant. En effet, les résultats ont montré que seulement deux couples sur l'ensemble des individus testés des deux populations ont réussi à se former comme le montre les figures 53 et 54. Par contre, l'acte sexuel n'est pas confirmé. Les deux couples se sont formé peut être par hasard. Par ailleurs, les mouvements vers le haut et vers le bas du fémur postérieur ont été également observés à plusieurs reprises. A noter également qu'aucune femelle des deux bioformes n'a été vue en ponte ni trace d'œufs n'ont été enregistrés et ce durant toute la période de cette expérimentation. Ces résultats montrent effectivement que l'isolement reproductif était concluant. Cela interprète également, peut-être, le soulèvement vers le haut et vers le bas du fémur postérieur, comme un signe de reconnaissance de chaque individu de sexe opposé vers l'autre grâce aux taches fémorales.



Figure 53 - Accouplement entre une femelle à 3 T et un mâle à 1T



Figure 54- Accouplement entre une femelle à 1T et un mâle à 3 T

4.6. - Aspects bioacridicides

Dans ce paragraphe, le rendement des substances bioactives des deux plantes étudiées est calculé, leur nature est déterminée, leur effet est testé.

4.6.1.- Rendement en substances bioactives

5 types d'extraits sont préparés pour l' Harmal, *Peganum harmala*: deux pour les grains (aqueux et méthanolique) et 3 pour les feuilles (aqueux, méthanolique et acétonique). Le rendement de ces extraits est calculé par rapport à 100 g de matière sèche et ce pour chaque type. Les résultats sont présentés dans la figure 55.

Ces résultats montrent que le rendement des différents macéras diffère selon le réactif utilisé et la partie de la plante concernée. Le rendement le plus élevé (20%) est obtenu par l'acétone à partir des feuilles. Il est suivi par l'EBr et l'EAq grains ainsi que EAq feuilles. L'EBr feuille, par contre, vient en dernier lieu avec seulement 5,5%.

Par ailleurs, l'extraction des huiles essentielles de la Menthe: *Mentha pulegium* a été faite par hydro distillation, pendant la feuillaison et la floraison de la plante. Le rendement des huiles est calculé par rapport à 100 g de la matière sèche. Les résultats sont placés dans la figure 56. Il est à noter que le rendement en HEs obtenu au stade floraison (2,2%) est presque le double de celui obtenu au stade feuillaison (1,2%).

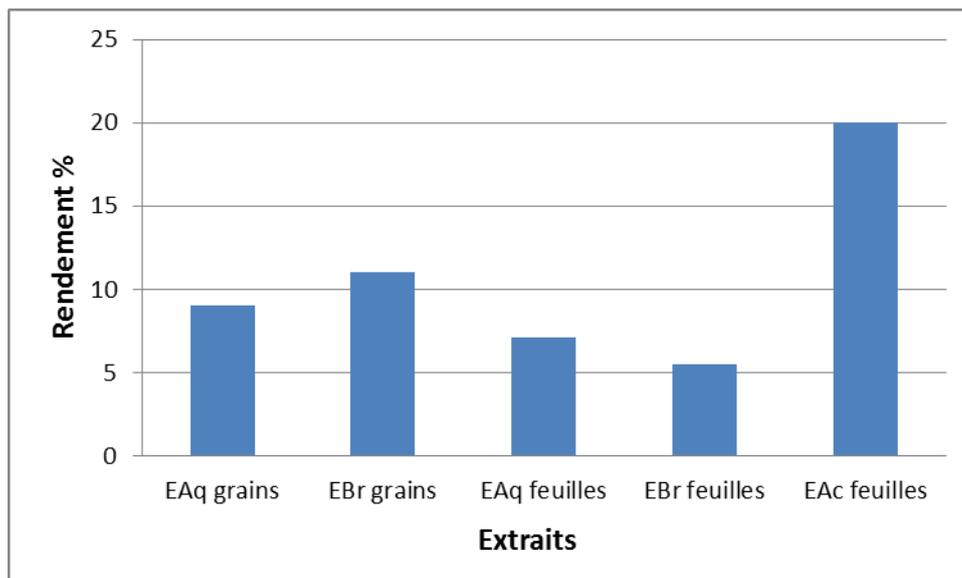


Figure 55 - Rendement des différents extraits de *Peganum harmala*

EAq grains: extraits aqueux des grains, EBr grains: extraits méthanolique des grains, EAq feuilles: extraits aqueux des feuilles, EBr feuilles: extraits méthanolique des feuilles, EAc feuilles: extraits acétoniques des feuilles

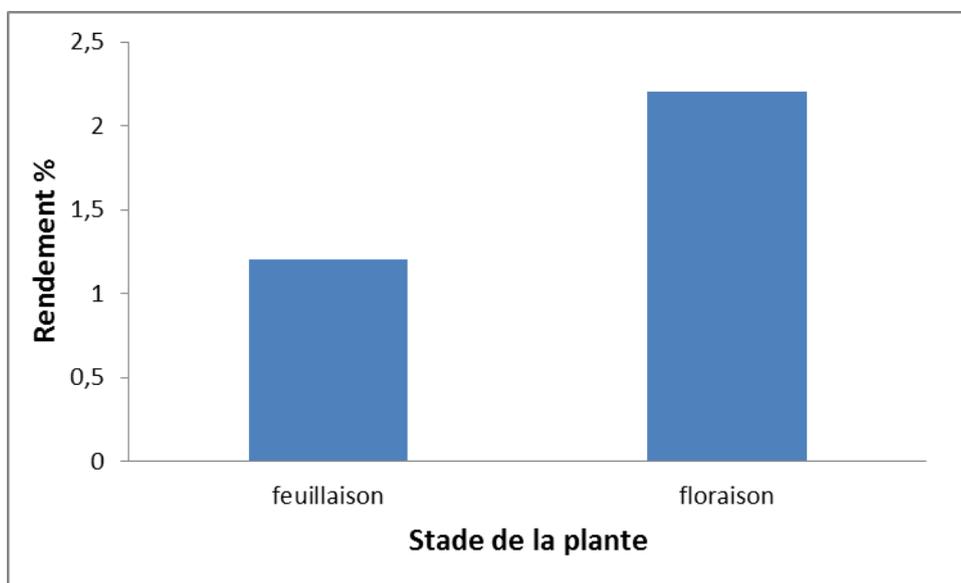


Figure 56- Rendement en huiles essentielles de *Mentha pullegium*

4.6.2. - Détermination des substances bioactives

La détermination de la composition chimique des extraits aqueux et d'huiles a été réalisée grâce à la CPG couplé d'un spectromètre de masse. L'analyse par la CPG des constituants des grains de l'Harmal, a révélé la présence de 43 pics correspondant à 43 composants différents par leurs concentrations (Annexe 9-1). Les principaux composés obtenus sont par erreur des alcanes linéaires de formule brute C_NH_N . Ces composants ne sont normalement pas intéressants dans le cas du présent travail, car les métabolismes secondaires des grains de l'Harmal sont principalement les alcaloïdes. Ceci est peut être dû à une éventuelle contamination lors de l'appareillage.

Par ailleurs, la CPG a détecté pour les feuilles de *P. Harmala*, 10 composants (Annexe 9). Le 1 2-benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester filetype est le plus fréquemment retrouvé avec un taux de 96,8 % par rapport aux 9 autres composants (Annexe 9-2). En outre, l'analyse par la CPG des constituants des huiles essentielles de *M. pulegium* a révélé un spectre constitué de 31 composants, avec des concentrations différentes d'un composant à un autre (Annexe 9-3). Le plus important d'entre eux est le p-Menth-4(8)-en-3-one, plus connu sous le nom de Pulegone. Il est défini selon Larousse, comme un cétone monoterpénique $C_{10}H_{16}O$, contenu dans l'essence de la Menthe pouliot et employé en parfumerie.

4.6.3. - Tests biologiques

L'action par contact ensuite par ingestion des différentes substances bioactives est présenté séparément pour chaque plante vis-à-vis des juvéniles de *C. barbarus*.

4.6.3.1. - Effet par contact des EAQ des grains de *P. harmala*

La figure 57 montre que la population traitée avec l'EAQ des grains de *P. harmala* a enregistré une mortalité progressive selon les doses et la durée de traitement. Le taux de mortalité le plus élevé (90%) est enregistré au 3^{ème} jour, signalé avec la plus forte dose (2,4 g/l). Il s'agit du même résultat obtenu avec le témoin positif (Aceplan). Par contre, la dose la plus faible (0,3 g/l) n'a eu aucun effet sur les larves pendant le 1^{er} jour et a provoqué une mortalité de seulement 30% au 3^{ème} jour de traitement. Quant aux autres doses (0,6 et 1,2 g/l), celles-ci ont eu un effet moyen sur les larves de *C. barbarus* (entre 40% et 60%). A noter que tous ces résultats sont comparés avec le témoin négatif (eau distillée).

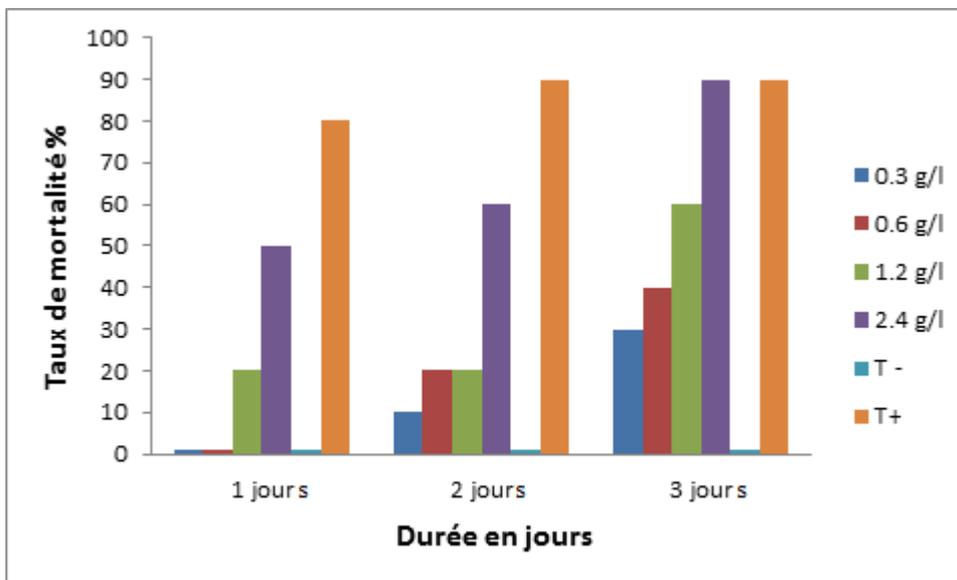


Figure 57 - Effet par contact des EAq des grains de *P. harmala*

T- : témoin négatif, T+ : témoin positif

L'ajustement des pourcentages de mortalité cumulée (mortalité après trois jours de traitement) moyennes en fonction des doses, permet d'obtenir l'équation de régression suivante: $y = 28,406x + 23,043$ ($r = 0,9942 = 99,42\%$) (Annexe 10-1). Le coefficient de corrélation (r) est égal à 99,42% (très forte corrélation entre la dose et la mortalité). Donc 99,42% de la variation en mortalité dans la population de *C. barbarus* est dû à l'effet de traitement par l'EAQ des grains de *P. harmala* par contact. De même, l'analyse de la variance (ANOVA), a révélé une différence significative entre les doses (P égale à 0,024 donc inférieure à 0,05) (Annexe 11-1). En conséquence, la mortalité est d'autant plus forte que la dose est élevée. Pour calculer la DL 50 (dose létale pour tuer 50% de la population), les doses sont transformé en log doses et la mortalité cumulée en Probit. Le résultat est enregistré dans le tableau 50.

Tableau 50 - Logarithmes des doses et Probit de la mortalité cumulée selon le test des EAQ des grains de *P. harmala* par contact

Dose (g/l)	Log dose	Mortalité cumulée (%)	Probit de mortalité
0,3	-0,522	30	4,48
0,6	-0,221	40	4,75
1,2	0,079	60	5,25
2,4	0,38	90	6,28

La droite de régression linéaire des Probites de mortalité cumulée en fonction du logarithme des doses pour le test des EAQ des grains de *P. harmala* sur les L2 et L3 de *C. barbarus* est représentée dans la figure 58. Le calcul de la DL 50 à partir de l'équation de la droite de régression, $y = 1,97x + 5,33$ montre que la dose de 0,67 g/l a provoqué une mortalité de 50% (Annexe 14).

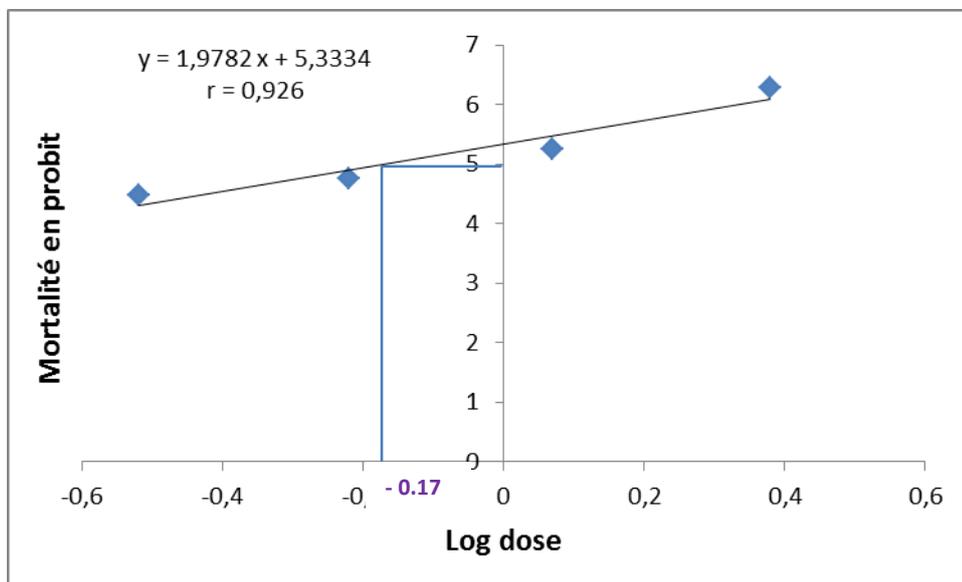


Figure 58 - détermination de la DL50 pour le test des grains de *P. harmala*

4.6.3.2.- Effet par contact des EAq des feuilles de *P. harmala*

Concernant les feuilles de *P. harmala*, il est à observer que les résultats obtenus sont moins importants. Elles varient entre 10% enregistré avec la dose 1.2 g/l au 1^{ère} jour jusqu' à 50% obtenu avec la dose 2,4g/l, au 3^{ème} jour de traitement (Fig.59). L'équation de la régression linéaire obtenu est la suivante: $y = 15,072x + 13,043$ avec un coefficient de corrélation de 97,97% ($r = 0,9797$), (Annexe 10-2). La variation des taux de mortalités est due aux différentes doses utilisées. Concernant le test ANOVA la probabilité (P) est égale à 0,022 c'est-à-dire inférieure à 0,05 (Annexe 11-2). Il est à déduire une différence significative entre l'effet des différentes doses sur la mortalité des insectes.

La régression des Probits de mortalité cumulée en fonction du logarithme des doses de test pour les EAq des feuilles de *P. harmala* est mise dans le tableau 51 et la figure 60. Ces derniers révèlent un log dose de 0,48 correspondant à une DL 50 de 3,01 g/l (Annexe 14).

Tableau 51- Logarithmes des doses et Probit de la mortalité cumulée selon le test des EAq des feuilles de *P. harmala* par contact

Dose (g/l)	Log dose	Mortalité cumulée (%)	Probit de mortalité
0,3	-0,522	20	4,16
0,6	-0,221	20	4,16
1,2	0,079	30	4,48
2,4	0,38	50	5,00

4.6.3.3.- Effet par contact des huiles essentielles de *M. pulegium*

Comparés aux EAq, les HEs de *M. pulegium* ont provoqués une mortalité totale de 100% (plus que l'insecticide chimique), (Fig.61). Cette mortalité est obtenue dès le 1^{er} jour de traitement avec cependant une dose très élevée (48µl/ml). L'équation linéaire des taux de mortalité en fonction des doses est: $y = 1,9275x + 9,1304$ (Annexe 10-3). Le coefficient de corrélation est égale à 99.24 ($r = 0,9924$). Il y a donc une forte corrélation entre les différentes doses d'un côté et les taux de mortalité de l'autre côté. Pour sa part, le test ANOVA a montré qu'il y a une différence significative entre les deux ($P = 0,041 < 0,05$) (Annexe 11-3). L'équation de la droite de régression linéaire est calculée grâce aux données du tableau 52. Celle-ci est mentionnée dans la figure 62.

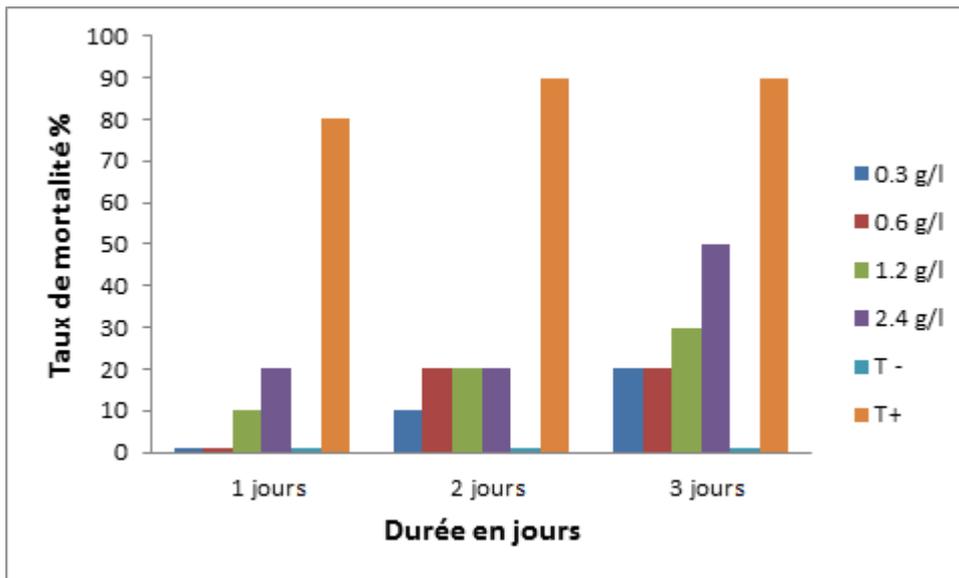


Figure 59 - Effet par contact des EAq des feuilles de *P. harmala*

T- : témoin négatif, T+: témoin positif

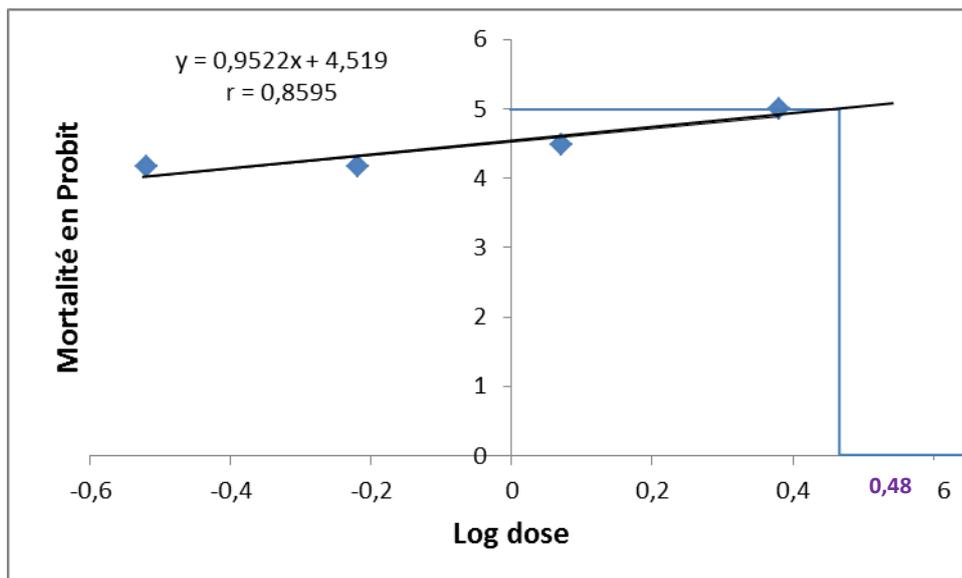


Figure 60 - Détermination de la DL 50 pour le test des EAq des feuilles de *P. harmala*

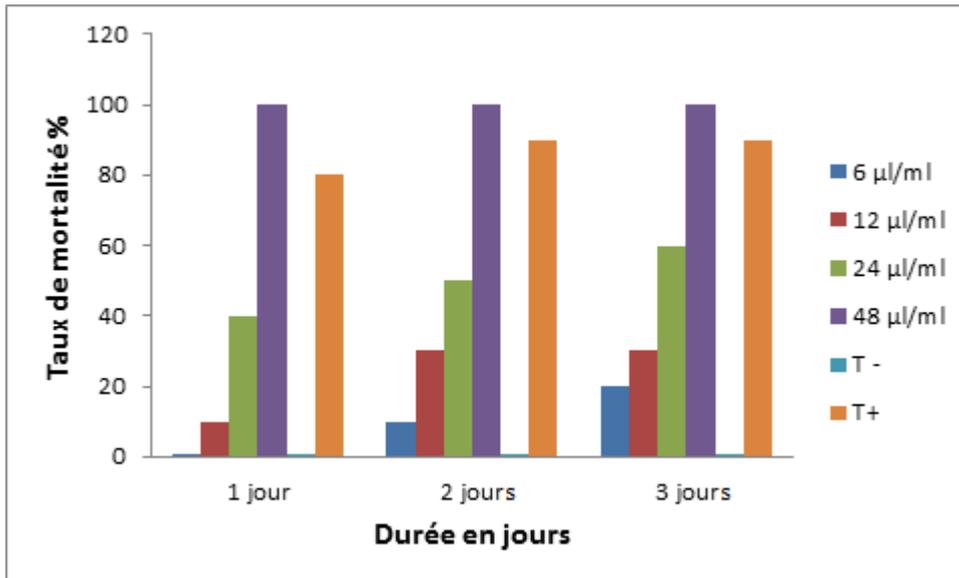


Figure 61 - Effet par contact d'huile essentielle de *M. pulegium*

T- : témoin négatif, T+ : témoin positif

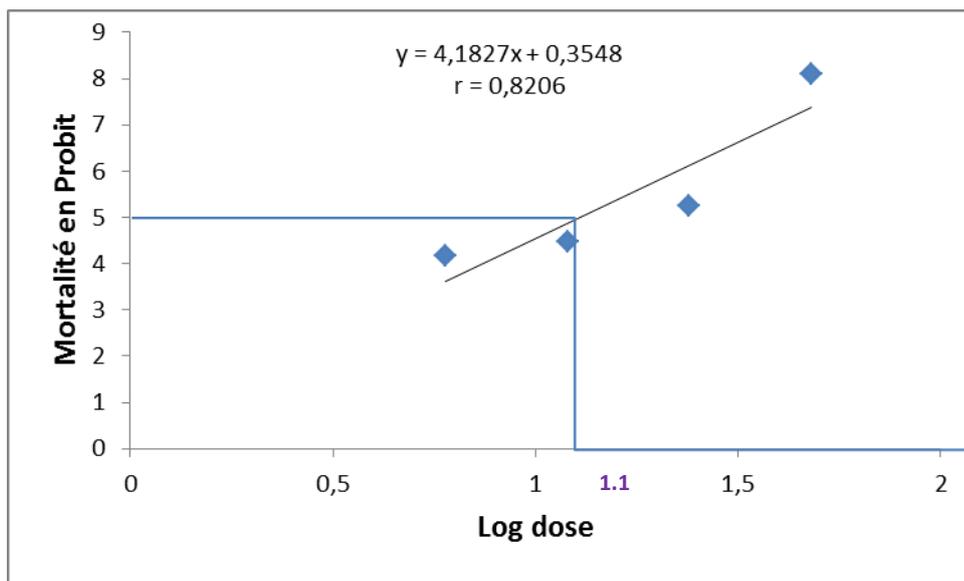


Figure 62 - Détermination de la DL 50 pour le test des HEs de *M. pulegium*

Tableau 52 - Logarithmes des doses et Probit de la mortalité cumulée pour le test
HEs de *M. pulegium* par contact

Dose (µl/ml)	Log dose	Mortalité cumulée (%)	Probit de mortalité
6 µl/ml	0,778	20	4,16
12 µl/ml	1,079	30	4,48
24 µl/ml	1,380	60	5,25
48 µl/ml	1,681	100	8,1

A partir de la figure 62, une dose de 12,58 µl/ml est obtenue pour un taux de mortalité de 50% (Annexe 14).

4.6.3.4.- Effet comparée des tests par contact

L'efficacité comparée des trois substances bioactives par contact à l'égard des juvéniles de *C. barbarus* est examinée dans la figure 63. Il est à signaler que les EAq des grains sont plus efficaces que ceux des feuilles de *P. harmala*. D'autre part, ces deux derniers sont avérés moins efficaces que les HEs de *M. pulegium*. A noter que cette différence a été confirmée par la comparaison entre les DL 50 respectives pour les trois substances bioactives. En effet, pour tuer 50% de la population de *C. barbarus*, il a fallu simplement une dose de 0,67 /l pour les EAq des grains de *P. harmala*. Alors que pour obtenir ce même taux, les EAq des feuilles ont nécessité une dose nettement plus élevée (3,01g/l).

4.6.3.5. - Effet par ingestion des EAq des grains et feuilles de *P. harmala*

Les résultats obtenus pour les tests d'efficacité par ingestion sont rassemblés dans les figures 64 à 67. Pour le traitement par ingestion, et afin de donner plus de temps au produit pour réagir avec le tube digestif des insectes, les résultats sont été lus 2, 4 et 6 jours après le traitement. Les EAq des grains de *P. harmala* n'ont commencé à agir qu'à partir du 4^{ème} jour. Le taux de mortalité a ensuite évolué selon le gradient de concentration (de la plus faible vers la plus forte concentration). Au 6^{ème} jour, le taux de mortalité a atteint le pic de 90% obtenu avec la dose de 2,4 g/l, tout comme le témoin positif (Fig.64).

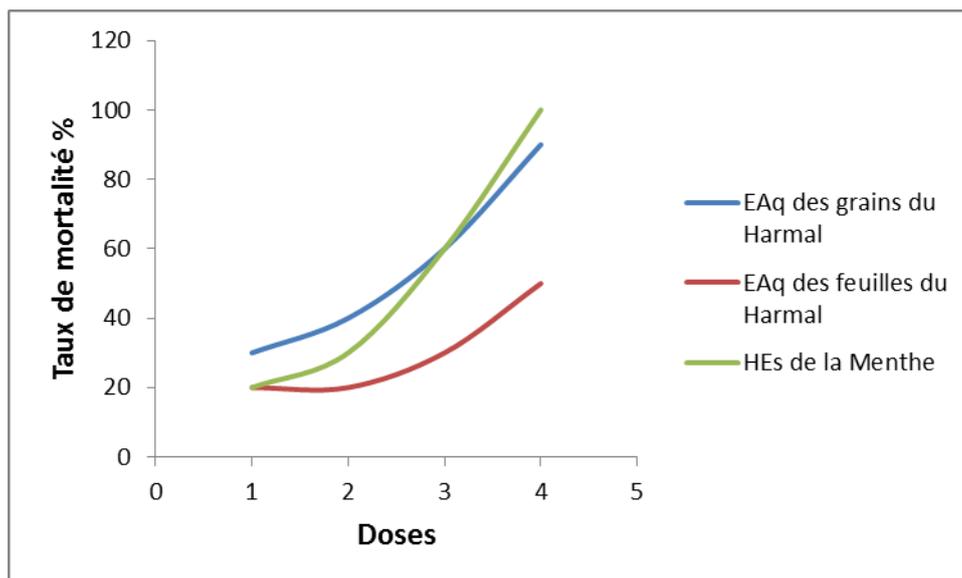


Figure 63 - Comparaison entre l'effet acridicide par contact des trois substances bioactives

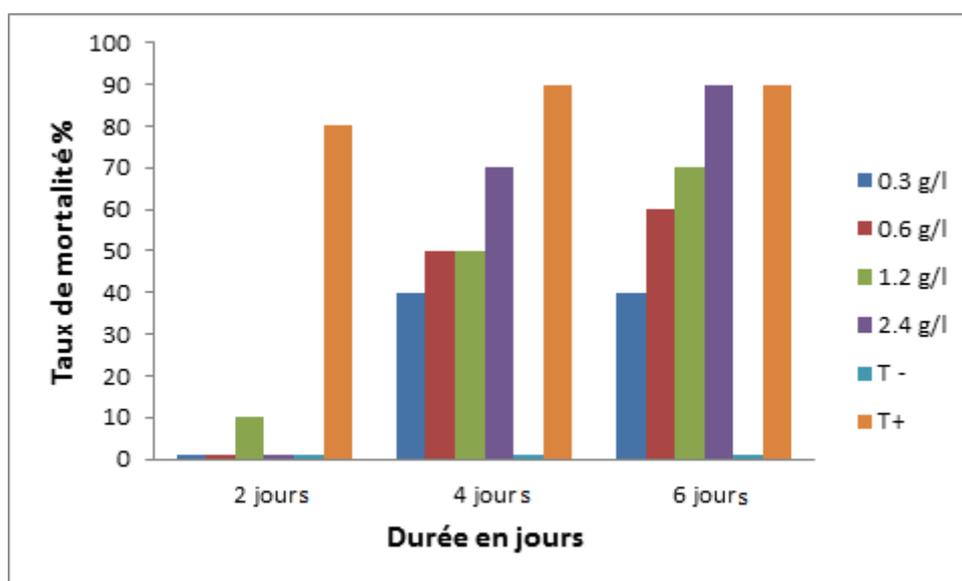


Figure 64 - Effet par ingestion des EAQ des grains de *P. harmala*
T- : témoin négatif, T+ : témoin positif

En ce qui concerne les analyses statistiques, le coefficient de corrélation est calculé à partir de la droite de régression linéaire des taux de mortalité en fonction des doses: $y = 21,449x + 40,87$ avec un coefficient de corrélation de 91,57% ($r = 0,9157$), (Annexe 12-1). Ce dernier montre que 91,54% de la variation de l'effet des extraits des grains de *P. harmala* est dû à la variation des doses. Par ailleurs, le test ANOVA a permis de dire qu'il y a une différence très significative entre les doses et les taux de mortalité ($P=0.007$ donc inférieure à 0,01), (Annexe 13-1). Ainsi, la mortalité est d'autant plus importante que la dose est plus élevée. La droite de régression linéaire est calculée à partir du tableau 53 et la figure 65: $y = 1,6169 x + 5,5648$. Celle-ci a permis d'obtenir une DL 50 de 0.45 g/l (Annexe 14).

Tableau 53 - Logarithmes des doses et Probit de la mortalité cumulée pour le test par ingestion des EAQ des grains de *P. harmala*

Dose (g/l)	Log dose	Mortalité cumulée (%)	Probit de mortalité
0,3	-0,522	40	4,75
0,6	-0,221	60	5,25
1,2	0,079	70	5,52
2,4	0,38	90	6,28

Concernant les EAQ des feuilles, presque le même constat est fait du moment que la mortalité parmi la population de *C. barbarus* a également baissé surtout pour les faibles doses (0,3 et 0,6 g/l), (Fig.66). Il est à remarquer qu'au 6^{em} jour, le même taux de mortalité (70%) est mentionné respectivement pour les doses 1,2 et 2,4 g/l. L'équation de la droite de régression linéaire pour ce test est: $y = 22,029x + 25,217$ avec un coefficient de corrélation $r = 0,6976$ (Annexe 12-2). Comparativement à d'autres tests, ce coefficient a montré une faible corrélation entre le taux de mortalité et les doses. Concernant le test ANOVA, une probabilité de 0,025 ($P = 0,025 < 0,05$) est obtenu (Annexe 13-2). Il y a donc une différence significative entre les taux de mortalité et les doses. L'utilisation des données (Probit de mortalité et Log doses) enregistrés dans le tableau 54 a permis d'obtenir la droite de régression linéaire représentée dans la figure 67. Cette dernière a permis également d'obtenir une DL 50 égale à 0,85 g/l (Annexe 14).

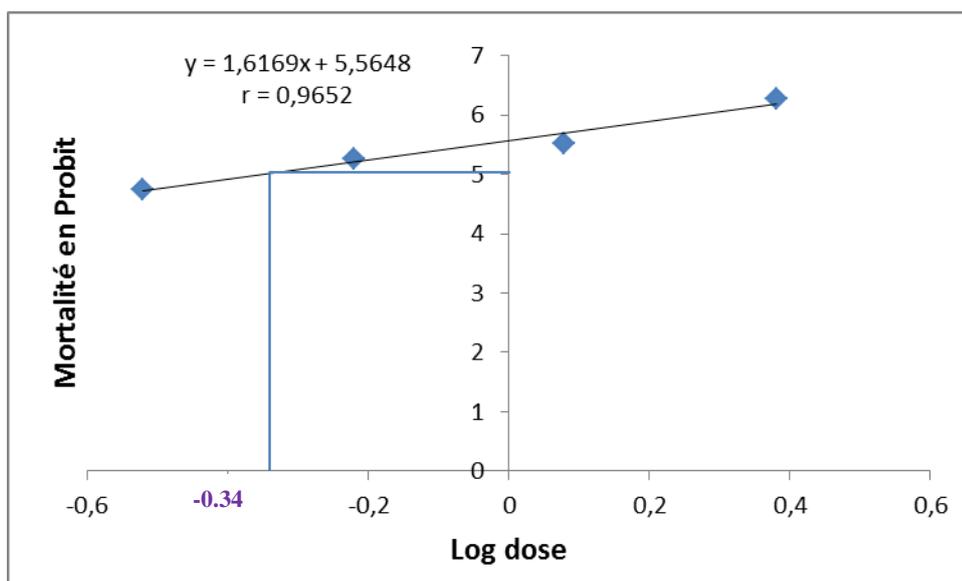


Figure 65 - Détermination de la DL 50 pour le test par ingestion des EAq des grains de *P. harmala*

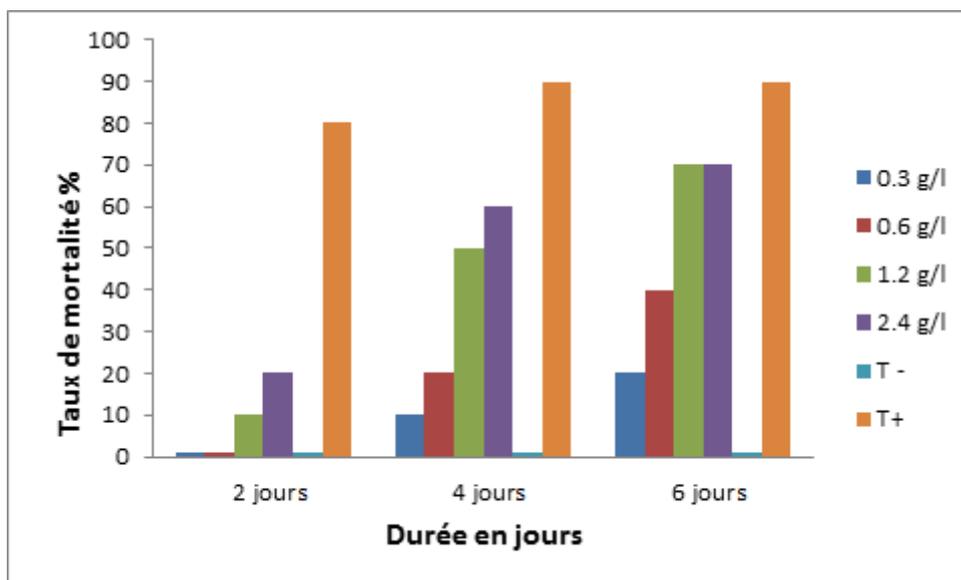


Figure 66- Effet par ingestion des EAq des feuilles de *P. harmala*

T- : témoin négatif, T+ : témoin positif

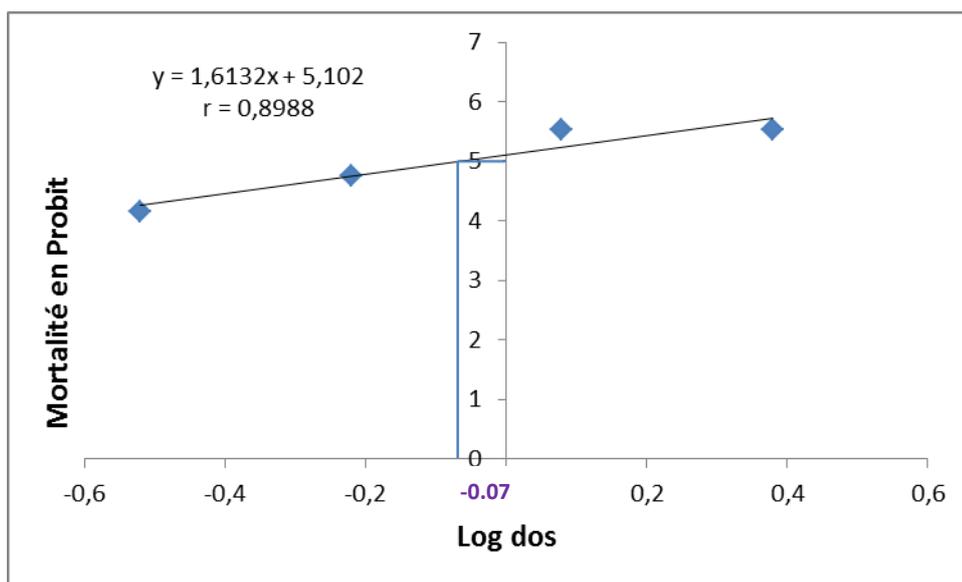


Figure 67- Détermination de la DL 50 pour le test par ingestion des EAq des feuilles de *P. harmala*

Tableau 54 - Logarithmes des doses et Probit de la mortalité cumulée pour le test par ingestion des EAq des feuilles de *Peganum harmala*

Dose (g/l)	Log dos	Mortalité cumulée (%)	Probit de mortalité
0,3	-0,522	20	4,16
0,6	-0,221	40	4,75
1,2	0,079	70	5,52
2,4	0,38	70	5,52

4.6.3.6. - Effet par ingestion des HEs de *M. pulegium*

Pour ce qui concerne les HEs, et quelles que soit les doses utilisées, le mode d'action par ingestion de ces dernières n'a donné aucun résultat au 2^{ème} jour. Il a engendré un taux entre 10 et 20% au 4^{ème} jour de traitement. Ensuite la mortalité a sensiblement évolué au 6^{ème} jour, passant de 10% pour la plus faible dose à 80% pour la plus forte (Fig. 68). Pour le test des HEs de *M. pulegium*, L'équation de la droite de régression linéaire est: $y = 1,4928x + 13,913$ avec un coefficient de corrélation $r = 0,8622$ (Annexe 12-3). Ce dernier a montré une corrélation moyenne entre la mortalité et les doses. A noter que le test ANOVA a révélé une probabilité $P = 0,04 < 0,05$ (Annexe 13-3). Il y a donc une différence significative entre les deux (plus la dose est élevée est plus le taux de mortalité est important). En outre, la DL 50 déduite à partir de la figure 69 et du tableau 55 (Probit de mortalité en fonction des Log dose) est de 24 µl/ml (Annexe 14).

Tableau 55 - Logarithmes des doses et Probit de la mortalité cumulée pour le test par ingestion des HEs de *M. pulegium*

Dose (µl/ml)	Log dose	Mortalité cumulée (%)	Probit de mortalité
6 µl/ml	0,778	10	3,72
12 µl/ml	1,079	40	4,75
24 µl/ml	1,380	60	5,25
48 µl/ml	1,681	80	5,84

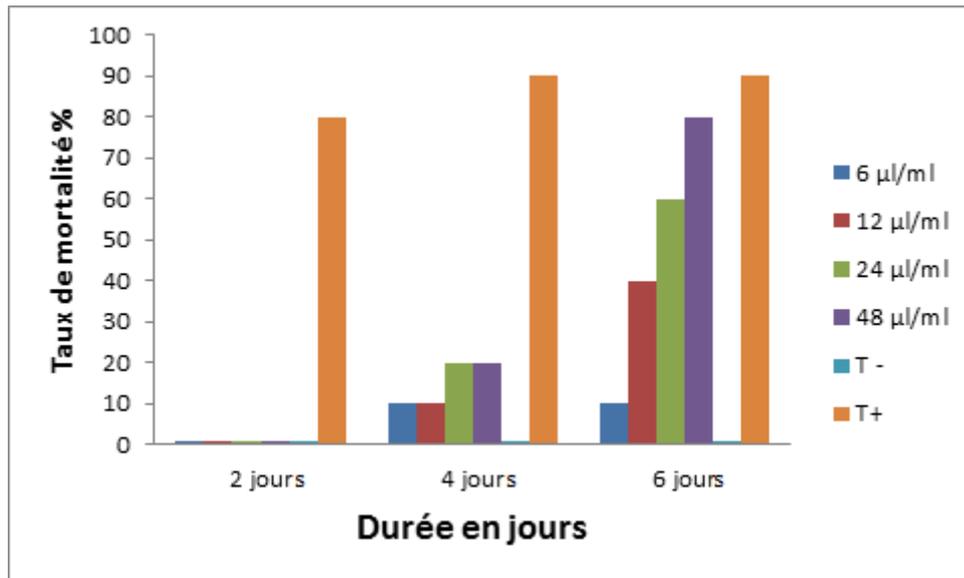


Figure 68 - Effet par ingestion des HEs de *M. pulegium*

T- : témoin négatif, T+ : témoin positif

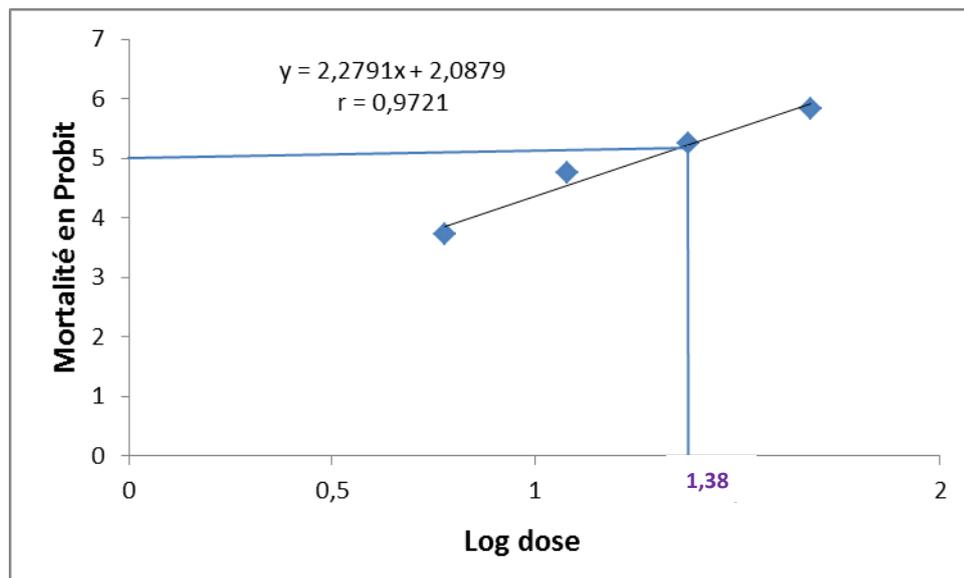


Figure 69 - Détermination de la DL 50 pour le test par ingestion des HEs de *M. pulegium*

4.6.3.7.- Effet comparée des tests par ingestion

En comparant les résultats des tests des trois substances bioactive par ingestion sur les individus de *C. barbarus*, il est à observer une différence de mortalité remarquable entre les trois. Cette différence est indiquée dans la figure 70 qui a permis de connaître l'effet comparé des différentes substances bioactives. A cet égard, il est à noter qu'il y a d'un côté un effet des EAq des grains de *P. harmala* plus important que celui des feuilles de la même plante. De l'autre côté, des résultats légèrement moins satisfaisants sont obtenu à partir des HEs de *M. pulegium* par rapport à l'autre plante. Cette différence en taux de mortalité est, comme pour le traitement par contact, due principalement à la variation dans la composition chimique des différents constituants et leurs teneurs dans les différents organes de la plante ingérée.

4.6.3.8. - Comparaison entre les deux modes d'action (par contact et par ingestion) des substances bioactives

Dans le présent travail, rappelant que trois substances bioactives sont utilisées (EAq grains et feuilles de *P. harmala* et HEs de *M. pulegium*). Deux modes de traitement ont été employées à savoir par contact et par ingestion. Les résultats comparés deux à deux sont indiqués dans les figures 71, 72 et 73. Après 3 jours de traitement par contact, un résultat (90%) similaire à celui enregistré 6 jours après traitement par ingestion est obtenu pour les grains du Harmal (Fig.71). Cette différence en temps de mortalité est interprétée par la différence entre le mode de pénétration plus rapide par contact que par ingestion. Concernant les EAq des feuilles de *P. harmala*, la situation est un peu différente puisque leur effet par ingestion est plus important que celui par contact (Fig.72). Enfin, pour ce qui est de l' HEs de *M. pulegium*, l'action par contact est également plus importante que celle par ingestion (Fig.73).

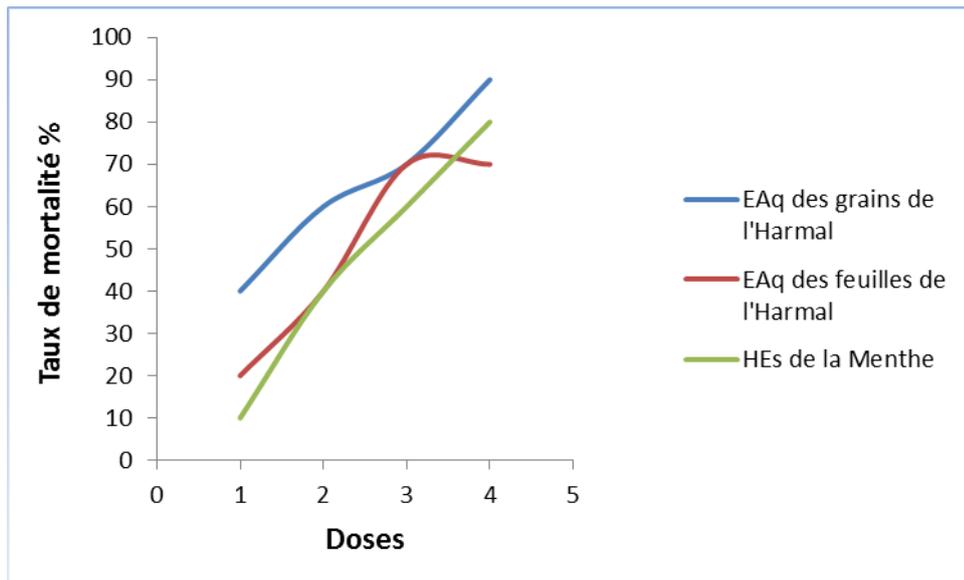


Figure 70 - Comparaison entre l'effet acridicide par ingestion des trois substances bioactives

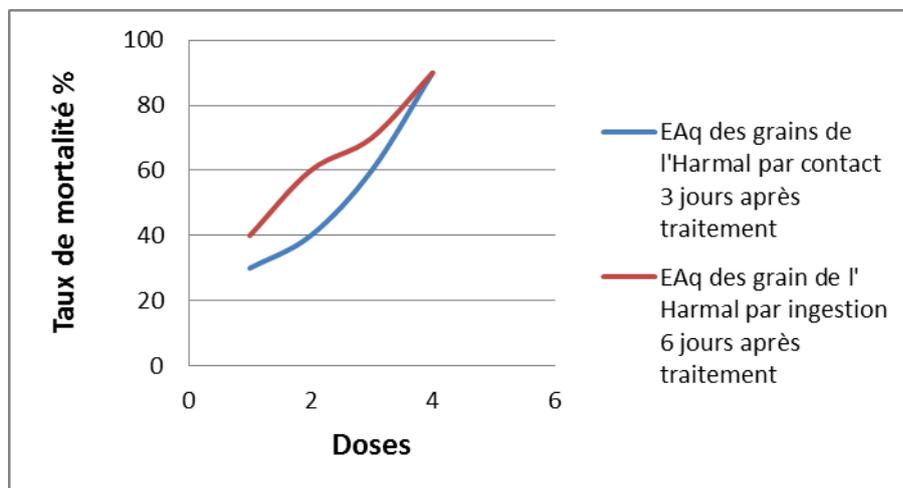


Figure 71 - Comparaison entre l'effet acridicide par ingestion et par contact des grains de *P. harmala*

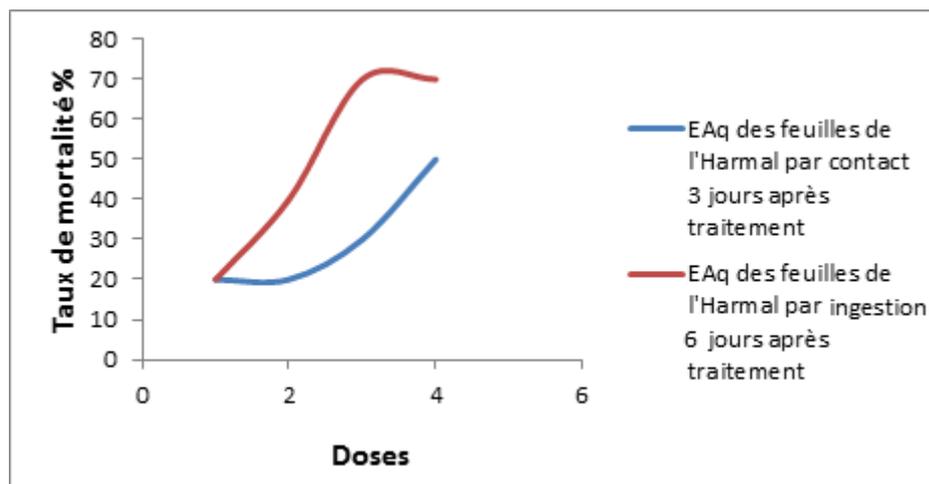


Figure 72- Comparaison entre l'effet acaricide par ingestion et par contact des EAQ des feuilles de *P. harmala*

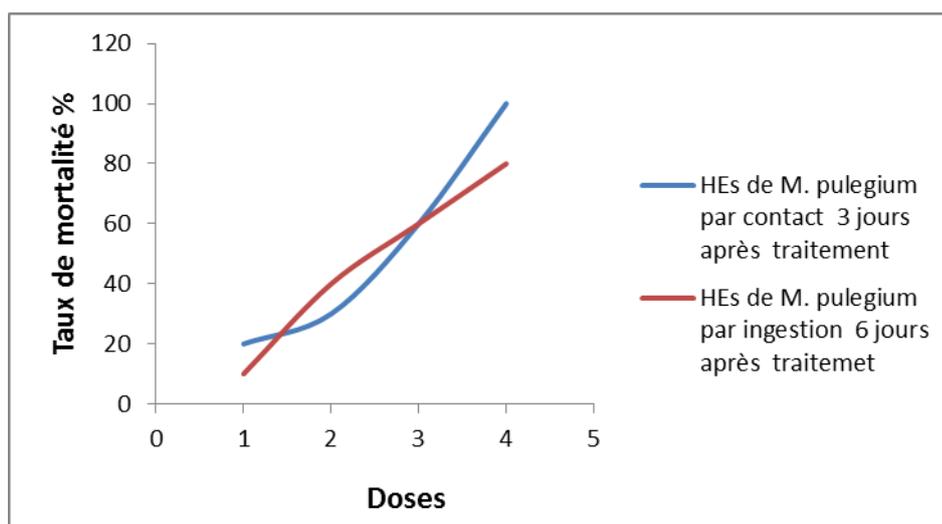


Figure 73- Comparaison entre l'effet acaricide par ingestion et par contact des HEs de *M. pulegium*

CHAPITRE V

Chapitre 5 – Discussion

Les résultats seront discutés axe par axe, à commencer par l'acridofaune associée à *C. barbarus*, ensuite l'étude trophique, la morphométrie classique et géométrique, l'isolement reproductif, les résultats en biologie moléculaire et enfin l'aspect bioacridicide.

5.1.- Acridofaune accompagnatrice

L'Orthoptérofaune de la région de Jijel, avec ces 32 espèces, est considérée comme étant très diversifiée. En effet, une très nette évolution est remarquée par rapport aux 22 espèces recensées par TEKKOUK (2012) dans la localité d'El Aouana et aux 24 espèces inventoriées par ROUIBAH (2011) dans le Parc National de Taza. Ce dernier auteur avait cité, parmi l'acridofaune, trois espèces non retrouvées au cours des prospections dans les différentes stations de la région de Jijel. Il s'agit de *Talpomena algeriana*, *Heteracris annulosus* et *Oedaleus decorus*. D'autre part ces résultats confirment ceux de ROUIBAH et DOUMANDJI (2013) concernant la prédominance des Oedipodinae, des Gomphocerinae et à un degré moindre des Acridinae par rapport aux autres sous familles acridiennes.

La majorité de ces espèces acridiennes sont eurytopes. Elles sont présentes au moins dans deux stations, sauf *Pyrgomorpha laevigata* et *Locusta migratoria* qui n'ont été rencontrées que dans une seule station. Il s'agit de Texenna pour la première et El Emir Abdelkader pour la seconde espèce. Elles sont donc considérées comme sténotopes.

Pour ce qui est de la qualité des échantillonnages, les valeurs obtenues sont toutes très proches de zéro. Cela montre bien que le nombre de prospections est suffisant. Il faut rappeler qu'un inventaire est précis et suffisant lorsque la qualité de l'échantillonnage tend vers 0 (RAMADE, 1984).

Certaines stations ont présenté une richesse totale assez conséquente comme Béni Caid (25), Texenna et El Aouana soit 23 espèces chacune. D'autres sont moins riches telles que Béni Bélaid (13) et El Emir Abdelkader (14). Dans les mêmes conditions écologiques, DOUMANDJI-MITICHE *et al.* (1991) ont capturé 13 espèces d'Orthoptères en friche et 14 autres dans un maquis près de Lakhdaria. Le présent résultat confirme partiellement celui des auteurs précédemment cités, étant donné que 14 espèces également ont été capturées dans la friche d'El Emir Abdelkader. Mais l'effectif diffère pour le maquis où 25 espèces sont observées à Béni Caid. Selon BENZARA *et al.* (2010) le secteur de la Petite Kabylie, dont la région de Jijel fait partie, se distingue par une grande richesse spécifique (32). Cela est dû aux

conditions écologiques favorables à la vie des acridiens, en particulier du fait qu'ils sont riches en espèces végétales (LACHAISE, 1979).

Les espèces constantes sont presque les mêmes dans toutes les stations. Il s'agit par ordre d'importance de *C. barbarus*, *A. strepens*, *O. caeruleascens sulfurescens*, *D. jagoi jagoi* et *A. turrita*. Ces résultats sont différents de ceux obtenus par ROUIBAH et DOUMANDJI (2012). D'après ces derniers, les espèces constantes dans le Parc National de Taza (P.N.T.) proche de Jijel, sont au nombre de deux. Il s'agit de *Paratettix meridionalis* et de *Talpomena algeriana*. Par contre, *Calliptamus barbarus*, *D. jagoi jagoi* et *Oedipoda caeruleascens* sont considérées comme des espèces accessoires et ce à cause des perturbations que le Parc national de Taza (P.N.T.) a connu surtout les travaux d'aménagement et de défrichage. Dans l'actuel travail, les différents sites d'étude ont connu une stabilité durant les années de prospections. Cela s'est traduit donc par un nombre élevé d'espèces constantes.

L'espèce la plus abondante, toutes stations confondues, est incontestablement *C. barbarus*. Elle a été ramassée abondamment surtout dans la station de Texenna, une garrigue ouvert et bien exposée au soleil. Cela paraît donc très logique puisque selon MONARD (1986); FONTANA *et al.* (2002) et OLMO VIDAL (2006), il s'agit d'une espèce thermophile et xérophile, avec une préférence pour les terres arides à végétation clairsemée. Elle a été signalée aussi bien sur les dunes que dans les garrigues (CHARA, 1987; DEFAUT, 1988).

Dans une étude menée dans la localité d'El Aouana, TEKOUK (2012) a indiqué que l'espèce la plus abondante est *Aiolopus strepens* avec des fréquences variables de 17 à 30.5% selon les stations. Les résultats du présent travail semblent en contradiction avec ceux obtenus par l'auteur précédemment cité. En effet, dans la présente étude cette même espèce est capturée avec seulement des fréquences oscillant entre 1,4 et 14 %. Pour ce qui concerne *Calliptamus wattenwylanus*, il est probable que l'auteur l'ait confondue avec *C. barbarus*. En effet, durant toutes les années de prospections sur le terrain, d'abord entre 1990 et 1994 dans le Parc national de Taza (ROUIBAH et DOUMANDJI, 2006) ou durant le présent travail (2000-2014), ce Calliptaminae n'a jamais été rencontré, même dans la localité d'El Aouana où l'étude sus citée a été menée. La seule espèce du genre *Calliptamus* présente donc dans la région de Jijel est uniquement *C. barbarus*.

Parmi l'acridofaune de la région de Jijel, l'espèce la plus importante vue est *C. barbarus*. Non seulement c'est un ravageur potentiel des plantes cultivées mais le criquet barbarin a été régulièrement collecté, dans le temps et dans l'espace. En effet, cette espèce a été échantillonnée dans toutes les stations et pendant presque toutes les années. Une longue

partie de ce travail lui est consacrée, à commencer d'abord par le calcul de la densité et du sex ratio.

En comparant les stations entre elles, il est à constater que Texenna a, de loin, enregistré les densités les plus élevées. Au contraire, Jijel a montré sa pauvreté en *C. barbarus* pendant presque tous les mois de l'année 2001. Apparemment, cette station de dunes fixées au bord de la mer, ne convient pas au criquet barbare qui préfère fréquenter les garrigues ouvertes comme l'a signalé MONARD (1986). C'est le cas de Texenna située à plus de 700 m d'altitude.

Pour ce qui est du sex-ratio, dans l'ensemble des trois stations, le rapport entre les mâles et les femelles est en général très équilibré, sauf quelques exceptions où il est à noter un sex-ratio biaisé en faveur de l'un ou de l'autre partenaire (0 à Jijel en faveur des femelles et 2.5 à Kissir en faveur des mâles. D'après FISHER (1930) la sélection naturelle favorise les parents investissant équitablement dans leurs fils et dans leurs filles, résultant en sex-ratio proche de 1. Si celui-ci est biaisé, il y aura un rapide retour à l'équilibre. Il s'agit alors de stratégie évolutivement stable (FISHER, 1930). Le sex-ratio 1:1 est donc la stratégie évolutivement stable, c'est-à-dire la valeur d'équilibre du sex ratio (HAMILTON, 1967). Cependant, les biais du sex-ratio sont fréquents dans la nature pour de nombreuses espèces animales (RAZOULS *et al.*, 2008). Les causes sont nombreuses, entre autres la quantité de nourriture (CHARNOV *et al.*, 1981), la densité de population (LOESKE *et al.*, 1999), le climat (QUINN *et al.*, 2007), la compétition (MACKE *et al.*, 2011) et les parasites (VERNE *et al.*, 2011). Il est à noter enfin que la capacité individuelle de modifier son sex-ratio est une adaptation aux variations de l'environnement et des interactions biotiques.

5.2.-Régime alimentaire

Le régime alimentaire des acridiens a fait l'objet de nombreuses études. Celles-ci sont généralement basées sur les différenciations des consommations et les relations qui existent entre les acridiens et les plantes de leurs milieux. D'après LAUNOIS-LUONG (1975) le choix alimentaire des acridiens est sans relation avec l'abondance du recouvrement des plantes ingérées. Selon ce même auteur, la méthode suivie pour la préparation des fèces a pour but l'identification et la quantification des fragments végétaux contenus dans les excréments des individus capturés.

Le but de ce travail est d'étudier qualitativement et quantitativement le régime alimentaire de *C. barbarus*, en analysant les fèces des différents individus. Cela a permis de répertorier 26

espèces végétales réparties entre 12 familles (Tab.32) dont 8 Poaceae, 5 Asteraceae, 3 Fabaceae, 2 Boraginaceae et 2 Lamiaceae. Il est à observer que les Asteraceae constituent une source de nourriture aussi importante que les Poaceae. Les autres familles botaniques ne sont que très faiblement mangées à l'image des Pittosporaceae, des Ranunculaceae et surtout des Solanaceae. Leur ingestion peut être considérée donc comme accidentelle.

A la lumière des résultats obtenus sur le spectre trophique, il semble que sur le plan qualitatif et quantitatif, les espèces les plus recherchées par *C.barbarus* dans la région de Jijel sont par ordre d'importance: *Crepis vesicaria*, *Vulpia myuros*, *Plantago serraria* et *Cynodon dactylon*. Cependant, cette dernière espèce s'est distinguée par son taux de consommation très faible.

Par comparaison entre la consommation et le taux de recouvrement, il est à noter que des espèces végétales, malgré leur bonne représentativité sur le terrain ne constituent qu'une source faible de nourriture pour *C. barbarus*. C'est le cas notamment de *Senecio vulgaris* et de *Solanum nigrum* qui se caractérisent toutes les deux par leur consommation très faible, malgré leur taux d'occupation très élevé sur le sol.

Les résultats obtenus par la quantification de l'alimentation et l'analyse de l'indice d'appétence confirment cette forte sélectivité à l'égard des plantes disponibles sur le terrain. Toutefois, bien que le taux de consommation soit en relation avec l'IA, les végétaux les plus ingérés ne sont pas nécessairement les plus appétissants. Néanmoins, l'IA varie d'une espèce à une autre selon que celle-ci est abondante ou non sur le terrain. Ceci pourrait indiquer que l'appétence serait due autant à des facteurs internes, essentiellement biochimiques propre aux plantes elles-mêmes, qu'externes, c'est-à-dire aux conditions du milieu. La structure de ce milieu peut dans certains cas au moins, influencer sur le comportement alimentaire des acridiens (LEGALL et GILLON, 1989). L'activité de prise de nourriture est apparemment conditionnée par plusieurs facteurs tels que la température, l'état et l'âge de l'acridien.

D'après LEGALL (1989) il existe de nombreuses substances biochimiques végétales intervenant dans le comportement alimentaire et pouvant jouer un rôle phagostimulant ou répulsif. Certaines substances secondaires peuvent inhiber la consommation, limiter l'assimilation ou le métabolisme des protéines et même la reproduction. Elles peuvent rendre de ce fait certaines plantes non appétissantes. Par contre, le bon équilibre hydrique de la plante est un facteur essentiel de leur utilisation.

Selon BENZARA *et al.* (2003) *Crepis vesicaria* et *Vulpia myuros* sont les espèces préférées pour *C. barbarus*. Par contre, BEN KENANA et HARRAT (2011) ont indiqué que *Hordeum murinum* et *Triticum sativum* sont les plantes les mieux recherchées par ce Calliptaminae. En comparant les résultats du présent travail avec l'étude quantitative du régime alimentaire

réalisée par ROUIBAH (1994) dans le Parc National de Taza, une grande similitude se dégage entre les deux. En effet, il a été retrouvé parmi le spectre alimentaire de cet insecte, plusieurs espèces communes mais consommées différemment. C'est le cas entre autres de *Crepis vesicaria*, *Vulpia myuros*, *Lolium multiflorum*, *Cynodondactylon* et *Galactites tomentosa*.

Dans l'Oranais, CHARA (1987) a trouvé que les familles botaniques les plus consommées par le Caloptène ochracé sont essentiellement les Zygophyllaceae, les Plantaginaceae, les Brassicaceae et les Papilionaceae. Il y a donc une grande diversité dans la consommation chez *C. barbarus*. Selon ce dernier auteur, la non consommation de certaines espèces végétales résulte probablement du fait que ces végétaux contiennent des toxines (Euphorbiacées) répulsives pour les insectes phytophages. Certaines plantes peuvent également être difficilement digestibles compte tenu soit de la dureté de leurs feuilles (cas des Graminées) ou de la pilosité rigide comme chez les Composées (CHARA, 1987). Pour BENZARA *et al.* (1993) la fréquence la plus élevée parmi le spectre trophique de *C. barbarus* est *Pancreaticum maritimum*. Il s'agit d'une Amaryllidaceae, pourtant une des plantes dont l'occupation du sol est la plus faible. Ils poursuivent en précisant que les parties consommées de cette plante sont les étamines et les pétales et non pas les feuilles. Ils terminent en concluant que cette espèce acridienne semble être non graminivore mais très polyphage (BENZARA *et al.*, 1993). En ce qui concerne le présent travail, d'après les résultats obtenus, *C. barbarus* apparaît clairement comme une espèce très polyphage qui se nourrit aussi bien de Poacées que de dicotylédones.

5.3. -Morphométrie classique

Dans le but d'étudier n'importe quelle espèce, particulièrement celles ayant un grand polymorphisme et une grande répartition, comme c'est le cas pour *C. barbarus*, il est nécessaire de prendre en compte la biométrie, l'éthologie et l'écologie (CLEMENTE *et al.*, 1987). Selon VIEIRA et PUREAUINT (1993) l'analyse des critères morphométriques permet d'évaluer le degré de variabilité des différentes populations. Il faut signaler ici que le premier auteur à avoir utilisé la biométrie chez *C. barbarus* est JAGO dans la révision de ce genre en 1963. Les couples LF/IF, LE/LF, Sf / STF des trois populations sont homogènes du point de vue de ces paramètres sus-indiqués. D'après les résultats obtenus, 8 paramètres sur 12 ont donné des différences non significatives. Cela signifie qu'en général, les couples notamment LF/IF et LE/LF sont homogènes pour l'ensemble des trois stations. D'autre part, l'analyse de la variance pour la longueur total du corps a montré que le F observé ou calculé

(valeur du tableau de Fisher) est supérieure à F théorique (probabilité de rencontrer la valeur calculée du tableau de Fisher). Il y a donc une différence non significative entre les populations des 3 stations. Selon HUGUENY et LOUVEAUX (1986) dès que les dimensions corporelles sont très étroitement corrélées les unes par rapport aux autres, la croissance s'effectue dans les mêmes proportions pour les différentes parties du corps. Les individus les plus grands sont isométriques des plus petits. Mais pour cela, les mensurations doivent être faites sur plusieurs critères morphométriques.

La région de Jijel héberge exclusivement des individus ayant 3 taches noires séparées. La taille des spécimens étudiés varie de 24 à 33 mm pour les femelles et de 15,1 à 19,8 mm pour les mâles. BENZARA (2004) dans son étude sur le polymorphisme géographique de cette espèce indique que les populations de Tidjellabine et de Tizi Ouzou se distinguent par trois taches noires séparées sur la face interne du fémur postérieur. Selon ce même auteur, les femelles appartenant au subhumide ont une taille comprise entre 25 et 30 mm. Celle des mâles varie entre 13 et 16 mm. Les mensurations obtenues dans le présent travail confirment celles de BENZARA (2004). A l'opposé, les individus du bioclimat semi-aride possèdent des individus ayant 3 taches noires fusionnées. Leur taille est plus grande. Elle varie entre 19,2 et 29 mm pour les mâles et entre 33 et 44 mm pour les femelles (BENZARA, 2004). Il existe ainsi une nette hétérogénéité morphométrique par rapport aux individus de la région de Jijel. Les populations du subhumide et de l'humide forment apparemment toutes les deux un seul ensemble, contrairement à celle du semi-aride. Pour leur part, CLEMENTE *et al.* (1987) avaient utilisé, pour comparer les deux bioformes de *C. barbarus*, les mêmes critères morphométriques. Il s'agit de la longueur totale du corps et de celles de la tegmina, et du fémur postérieur, ainsi que la largeur de la tête. Ces auteurs précédemment cités, ont observé une nette séparation surtout entre les mâles. Pour eux, l'hypothèse considérant les deux groupes de taille en relation avec la couleur de la face interne du fémur postérieur n'est pas à écarter. Ils ajoutent qu'uniquement dans des cas spéciaux et très limités, il est possible d'observer les deux bioformes simultanément (CLEMENTE *et al.*, 1987). Cette différence de tailles entre les individus s'explique qu'en Algérie, il existe un polymorphisme géographique entre les deux formes de *C. barbarus*. Il y a d'un côté la population du semi-aride caractérisée par une grande taille et de l'autre côté les populations du subhumide et de l'humide toutes les deux caractérisées par une taille plus petite. CLEMENTE *et al.* (1985) affirment qu'au Portugal ainsi que dans le Centre et le Nord de l'Espagne, la forme ayant un tibia rouge et des taches fémorales séparées sont de petite taille et vivent dans les milieux humides, tandis que la forme à tibia orange pâle ayant seulement une grande tache fémorale

occupe les régions méridionales arides. D'après HUGUENY et LOUVEAUX (1986) il est bien établi que les populations imaginées méridionales de *C. barbarus* se différencient des populations nordiques par une grande taille. Ces derniers possèdent en outre, un stade surnuméraire de développement. La taille varie en effet du simple au double entre le 48^{ème} et le 30^{ème} parallèle. Ce polymorphisme qui s'exprime par des différences de taille entre les individus ou par des variations de rapports morphométriques suppose la compréhension des mécanismes d'isolement notamment géographique et écologique des espèces (DREUX, 1972). Pour sa part, JAGO (1963) considère que le polymorphisme de *C. barbarus* est surtout lié aux conditions environnementales. Selon HEWITT (1985) deux formes ayant développé des adaptations à des environnements différents, considérés comme leurs niches écologiques, peuvent diverger ou acquérir un mécanisme d'isolement prézygotique. Ils impliquent probablement le système de reconnaissance du partenaire. La pigmentation de la face interne du fémur est aussi sujette à divers degrés de variations. Pour JAGO (1963) les taches peuvent en effet, être réduites, élargies ou fusionnées selon les conditions du milieu. Dans ce cas, la fusion ou la séparation des taches n'est qu'une adaptation à des conditions écologiques différentes. Ce qui implique évidemment une distribution géographique nettement séparée des écotypes (BENZARA (2004). Cependant, malgré les différences apparentes de taille entre les deux formes, il est difficile de discuter leur statut à cause du polymorphisme géographique de l'espèce, comme l'ont déjà montré plusieurs auteurs. D'après CLEMENTE *et al.* (1987) il serait même possible de proposer l'établissement d'un nouveau taxon chez *C. barbarus*, sur la base des études morphométriques, écologiques et éthologiques.

5.4. - Morphométrie géométrique

Pour s'assurer que la population de Jijel appartient à la forme 3T (3 taches), il est indispensable de réaliser une étude morpho géométrique comparative entre les deux formes. Pour cela, des spécimens sont récoltés à partir de la station de Texenna puis comparés avec ceux à 1T ramassés dans la région de Kasr El Boukhari. Le but est de rechercher une éventuelle asymétrie alaire entre les deux bioformes. Cette asymétrie pourra être d'une nature fondamentale ou une asymétrie fluctuante due à un stress de développement (CLARKE, 1993). D'une façon globale, le déplacement des 11 points de repères (PR) des ailes de *C. barbarus* à 1 et à 3T n'est pas très important. Cela signifie que les modifications des formes alaires sont légères entre la population du semi-aride (Kasr El Boukhari) et celle de la région humide (Jijel). Ces différences sont apparemment dues à la déformation existante au

niveau de la morphologie alaire du champ médian des élytres des deux bioformes. D'autre part, il est à enregistrer que le sexe n'a pas d'influence sur le déplacement des 11 PR et que l'influence du polymorphisme chromatique est peu importante. Il est clair aussi que la grandeur des élytres présente chez les deux bioformes ne dépend que du sexe, les femelles étant plus grandes que les mâles et que le polymorphisme chromatique n'a pas d'influence sur cette grandeur. BENFEKIH (2006) dans son étude sur *Locusta migratoria*, a trouvé que les points de repères (PR) qui sont localisés dans le champ médian à savoir les PR 4, 5, 6 et 7 sont les plus stables. Par contre le PR 10 (point de rencontre entre la nervure sous-costale SCA et le bord antérieur) est le plus instable. Par ailleurs, PETIT *et al.* (2006) ont mentionné dans leur étude sur la géomorphométrie alaire de certains Acridinae, Gomphocerinae et Oedipodinae que le PR 7 (rencontre entre la marge antérieure et la SCA), le PR 1 (séparation entre la médiane M et la cubitale Cu), le PR 5 (rencontre entre la cubitale antérieure CuA+ la médiane postérieure MP et la cubitale postérieure CuP2) et le PR 8 (séparation entre la radiale antérieure RA et la radiale postérieure RP) sont les points sujets aux plus forts déplacements. Pour sa part, PETIT (2007) dans son étude sur *Chortipus corsicus* et *C. pascuorum* (Acrididae: Gomphocerinae) a mentionné que pour les deux espèces, les PR qui varient le plus souvent sont la divergence distale de CuA+ CuP1 (PR 2), la divergence distal de M (PR 4) ainsi que la rencontre entre SCA et le bord antérieur (PR 7) et la rencontre proximal entre RA et RP (PR 8). L'asymétrie observée entre les 2 élytres des 38 individus étudiés peut être assimilée donc à une simple asymétrie fluctuante. Par conséquent, il n'existe aucune influence du polymorphisme chromatique sur l'asymétrie alaire de *C. barbarus*.

5.5. - Isolement reproductif

Pour ce qui concerne l'isolement reproductif, il est à constater que les couples opposés des deux bioformes ne se sont pas formés malgré leur mise en contact pendant une durée très longue. L'exception est faite pour deux couples qui, apparemment, se sont constitués accidentellement, sans savoir si l'accouplement a eu lieu ou non. Le test est donc considéré comme concluant. Le présent résultat confirme celui de SELMI (1991). Ce dernier n'a pas obtenu d'accouplement entre individus de Kasr El Boukhari à 1T avec ceux de Tidjellabine à 3T. Ce même auteur avait tenté un croisement, en captivité, entre individus à 3T de Cognac en France avec des individus à 1T de DirYamma en Algérie, mais en vain. A l'opposé, un accouplement entre les mêmes individus à 3T de Cognac (France) avec ceux à 3T de Tidjellabine (Algérie) a donné une génération ayant 3T (SELMI, 1991). Ces données

montrent que les populations du semi-aride à 1T sont reproductivement isolés de celles du subhumide et de l'humide. Il faut mentionner ici que d'après CLEMENTE *et al.* (1987) les taches fémorales sont un signe de reconnaissance du partenaire. Ils servent d'attraction sexuelle pour les deux partenaires d'où les mouvements convulsifs du fémur postérieur observés lors de leur étude en captivité. De même, le rouge des ailes est également très attractif, les mâles se jettent sur les femelles qui passent au vol près d'eux (BENZARA, 2004). Ce dernier auteur a signalé également que la taille de l'épiphalle, légèrement différente entre les deux bioformes, peut entraîner une mauvaise coaptation au moment de l'accouplement, ce qui peut constituer une barrière d'isolement reproductif.

5.6. - Résultats en biologie moléculaire

Malgré les différences observées entre les deux formes, l'étude phylogénétique n'a montré aucune différence sur le plan moléculaire lorsque les deux gènes COI et 16S sont utilisés. Les échantillons des deux localités (1 et 3T) ne sont pas phylogénétiquement séparés les uns des autres. Au contraire, ils forment un groupe polyphylétique. Cette même tendance est également observée dans le réseau phylogéographique. D'autre part, les séquences obtenues à partir de la GenBank et provenant d'autres localités sont inclus dans les échantillons d'Algérie, aussi bien dans l'arbre phylogénétique que dans le réseau phylogéographique. Cela indique l'absence d'une structure géographique. A partir de ces résultats, il est à déduire que le groupement phylogénétique ne correspond ni avec la morphologie ni avec l'origine géographique de chaque échantillon. Les morphotypes (grande taille avec 1T, ou petite taille avec 3T) ne semblent pas être liées à la lignée mitochondriale. En fait, il est à remarquer, à partir de ces données, qu'il n'y a aucune différenciation génétique entre les échantillons des deux populations. L'absence de structure génétique déduite de cette analyse peut être expliquée par la grande puissance de dispersion de *C. barbarus*, qui est capable d'effectuer de longs vols (TERMIER, 1991). Ces données indiquent que les individus de cette espèce pourraient être continuellement en mouvement et transporter leurs gènes dans toute la région du Paléarctique. Mais cela doit être confirmé en utilisant plus d'informations provenant de toute l'aire de répartition. Dans une étude sur le genre *Calliptamus*, BLANCHET *et al.* (2012a) ont signalé des niveaux de diversité génétique plus faibles dans les populations de *C. barbarus* par rapport aux populations des deux espèces apparentées (*C. wattenwylanus* et *C. italicus*), en utilisant des microsatellites. Ce constat a également été fait lors d'une analyse phylogénétique récente sur *C. barbarus* et *C.*

wattenwylianus (SOFRANE *et al.*, 2015). Ces résultats confirment cette faible diversité génétique, et mettent en évidence un manque de séparation entre les séquences de ces échantillons et celles d'autres localités (Chine et Maroc) obtenues auprès de la GenBank. En outre, aucune corrélation n'a pu être trouvée entre la variabilité génétique et les paramètres géographiques ou morphologiques. En plus, durant les années de cette étude, aucun individu à 1T n'a été trouvé en zone humide dans la région de Jijel. De même, aucun individu à 3T n'a été rencontré en zone semi-aride dans la région de Kasr El Boukhari ou de Djelfa. Certes, les deux régions sont séparées par la chaîne montagneuse de l'Atlas Tellien. Mais cette barrière géographique semble ne pas trop affecter la diversité génétique des deux bioformes. Selon BENZARA (2004) cette chaîne de montagnes n'est pas une barrière assez élevée pour bloquer la dispersion des individus, malgré que le gradient bioclimatique soit très marqué entre le littoral et le désert. Par ailleurs, BLANCHET *et al.* (2012b) ont rapporté qu'en France *C. barbarus* n'a montré aucune différenciation génétique quand les populations des différents sites sont comparées entre elles. La diversité génétique était très légère chez les échantillons des différentes localités. Ces auteurs ont déduit que le flux génétique n'est pas entravé par les distances ou par les barrières géographiques surtout chez les mâles des espèces du genre *Calliptamus*.

Pour ce qui est du réseau phylogéographique, la partie en forme d'étoile du réseau observée (Fig. 58), indique une expansion récente de la population, qui a eu lieu après un blocage dans le passé. Les haplotypes les plus éloignés pourraient représenter des restes (anciennes lignées) d'un polymorphisme ancestral. Par rapport à toutes ces données, l'histoire de ces populations est interprétée de la manière suivante. Dans le passé, cette espèce devrait avoir une grande diversité d'haplotypes, répartis sur une grande surface. L'extinction de ces haplotypes a provoqué, par la suite, une réduction drastique de la diversité génétique, de sorte que quelques haplotypes seulement, génétiquement éloignés, sont restés (l'haplotype central dans le réseau ainsi que les plus éloignés). Plus récemment, un de ces haplotypes survivants (le central) a commencé à se propager. Ce dernier a augmenté ainsi le nombre d'individus le partageant et générant un nombre élevé d'autres haplotypes qui se sont séparés par une ou deux mutations. Plusieurs concepts d'espèces et de sous-espèces ont été proposés par différents auteurs. Ils sont basés sur des propriétés différentes en fonction de la morphologie, la biologie, la reconnaissance et l'isolement reproductif ou phylogénétique. Un concept unifiant a été proposé par DE QUEIROZ (2007) qui a signalé qu'une lignée de métapopulation évoluant séparément (population composée de sous-populations rattachées) est la seule propriété indispensable d'une espèce. Pour LARROSA *et al.* (2008) l'application d'un vaste concept

biologique de l'espèce conduit à la reconnaissance de plus d'espèces que la simple approche traditionnelle purement morphologique. Ils tiennent compte des autres différences, entre autre, la production sonore, pour représenter les mécanismes d'isolement entre les deux formes de *C. barbarus* qui, d'après eux, semble suivre un processus de spéciation.

Dans le présent travail, le concept phylogénétique proposé par HENNIG (1966) a été adopté pour confirmer ou infirmer le processus de spéciation. Ce concept est basé sur la monophylie réciproque, comme dans le travail de LECOQ *et al.* (2015) sur *Bombus pascuorum* (Scopoli 1763). Cet Hyménoptère apparaît en effet comme une espèce unique avec un polymorphisme chromatique et géographique considérable ainsi qu'une haute différenciation phénotypique mais avec une différenciation génétique faible. Les derniers auteurs cités établissent la classification traditionnelle des taxons en utilisant les groupes définis par une approche taxonomique intégrative basée sur les marqueurs génétiques et les divergences écochimiques. Ils considèrent qu'un taxon mérite le statut d'espèce avec un haut degré de certitude si ce taxon est génétiquement différencié dans tous les marqueurs génétiques et constitue un groupe monophylétique (LECOQ *et al.*, 2015).

Par ailleurs, selon MAYR (1942) une sous-espèce est une agrégation de populations d'une espèce phénotypiquement similaire, se produisant dans une subdivision géographique et différente des autres populations congénères. Enfin, *C. barbarus* peut être également considéré comme un type d'ESU (unité évolutionnaire significative) (BRABY *et al.* 2012), soit une lignée partiellement isolée qui n'est pas tout à fait séparée en raison d'un flux de gènes récents. Cette lignée a une divergence neutre et une différenciation génétique sans monophylie réciproque nécessaire, vis-à-vis des marqueurs nucléaires et mitochondriaux. Cette lignée possède en plus une divergence des caractères, formés par une pression sélective (BRABY *et al.*, 2012).

5.7.-Aspects bioacridicides

Le rendement et la détermination en substances bioactives et les tests biologiques sont discutés.

5.7.1. - Rendement et détermination des substances bioactives

En comparant le rendement des grains du Harmal: *Peganum harmala* en extraits aqueux (EAq) avec celui obtenu par FAROUK *et al.* (2008), à savoir 6,1%, il est à noter que le résultat de ce travail est supérieur (8%). Pour l'extrait brut (EBr), le rendement obtenu lors de cette étude (11 %) est meilleur que celui rapporté par SINGH *et al.* (2008), égal à 5,1 %. Mais ce rendement est inférieur à celui obtenu par BAGHIANI *et al.* (2012): 18,6%, ayant utilisé d'autres méthodes d'extraction. Il est à noter que chez *P. harmala*, l'exploitation optimale de ces produits naturels est possible si la récolte du matériel végétal se produit pendant la phase de croissance végétative (MAYAD *et al.*, 2013). Pour ce qui concerne le rendement en huiles essentielles de la Menthe: *Mentha pulegium*, le rendement le plus élevé obtenu au stade floraison (2,2%) est dû à la forte accumulation des huiles par les fleurs plus que par les feuilles. Au Maroc, des résultats similaires (2,3 %) sont mentionnés par BENAYAD (2008). Selon MARUTHU-PANDIAN et MOHAN (2011) le 1 2-benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester filetype identifié parmi les extraits des feuilles de *P. harmala* est considéré comme un antimicrobien et un anti-encrassement. En outre, parmi ces constituants, l'acide oléique et l'acide linoléique (acides gras non saturés) prédominent. D'autre part, de faibles quantités d'acide palmitique et d'acide stéarique (acides gras saturés) sont présentes (IDRISSI HASSANI et EL HADEK1, 1999). Par ailleurs, la Pulégone qui est le constituant le plus important des huiles essentielles de *Mentha pulegium* est employé dans différents domaines. Elle peut être employée comme un remède traditionnel, en parfumerie et en cosmétique, comme aromatisant en agroalimentaire et comme insectifuge (KAROUSOU *et al.*, 2007).

5.7.2. - Tests biologiques

L'effet par contact des EAq des grains et feuilles de *P. harmala* et des Hes de *M. pulegium*, ensuite l'effet par ingestion des EAq des grains et feuilles de *P. harmala*, et des HES de *M. pulegium* sont discutés. Les deux modes d'action sont ensuite comparés.

5.7.2.1. - Effet par contact des EAq des grains et feuilles de *P. harmala* et les HES de *M. pulegium*

En étudiant l'effet toxique des EAq des grains de *P. harmala* par contact sur les L5 du Criquet pèlerin: *Schistocerca gregaria*, BENZARA *et al.* (2010) ont obtenu d'abord un taux faible de mortalité ne dépassant pas 26 % avec des doses de 0,3 et 0,6 g/l. Ensuite ce taux a augmenté pour atteindre 50 % avec les doses 1,2 et 2,4 g/l. Ces extraits sont donc plus efficaces sur les L2 et L3 de *C. barbarus* que sur les L5 de *S. gregaria*. Ceci est peut-être dû à la différence au niveau des stades de développement, les L2 et L3 ayant montré une plus grande sensibilité que les L5 qui sont plus résistants.

Pour ce qui concerne les extraits aqueux des feuilles, IDRISSE HASSANI *et al.* (2002) ont enregistré un taux de mortalité de 55 % chez les L4 du criquet pèlerin, pour une dose de 3 ml/l. Il est à remarquer donc qu'avec une mortalité avoisinant 50% pour l'actuel travail, l'effet par contact des EAq feuilles de l'Harmal sur les deux espèces de criquets, *C. barbarus* et *S. gregaria* est presque le même. Contre cette dernière espèce acridienne, l'action de ces mêmes extraits a entraîné une diminution de la prise de nourriture, une réduction de la motricité et des perturbations de la fonction de reproduction (ABBASSI *et al.*, 2005). Cette action a provoqué également un blocage du développement ovarien chez les femelles (IDRISSE HASSANI *et al.*, 1998). Par ailleurs, BENZARA *et al.* (2013) en testant par contact l'effet des grains du "Harmal" sur les L5 de *Locusta migratoria*, ont obtenu un taux de mortalité faible estimé à 30 % pour les doses 0,3 et 0,6 g/l. En revanche, cette mortalité a nettement augmenté avec les doses 1,2 et 2,4 g/l, pour lesquelles ce taux a atteint respectivement 60 % et 80 %. Ces résultats sont assez proches à quelques 10% près.

Pour ce qui concerne la Menthe, selon BENAYAD (2008) les huiles essentielles (HEs) de *M. pulegium* se sont avérées très efficaces contre deux Coléoptères, en l'occurrence *Sitophilus oryzae* et *Rhyzopertha dominica*. La mortalité des insectes était totale et cela dès les premières 24 h qui ont suivi le traitement, mais à faible doses (3 et 12 µl/ml). Les deux expériences semblent être similaires, sauf que pour atteindre ce taux de 100 %, la concentration utilisée pour le présent travail est plus forte (48 µl/ml). Dans tous les cas, ces études montrent bien que les HEs de cette plante ont un excellent pouvoir insecticide aussi bien sur les Coléoptères que sur les Orthoptères.

5.7.2.2. - Effet par ingestion des EAq des grains et feuilles de *P. harmala* et des HEs de *M. pulegium*

Pour ce qui est du traitement de *P. harmala* par ingestion, BENZARA *et al.* (2013) ont enregistré des taux de mortalité de 30 et de 40 %. Ces derniers sont obtenus grâce à des doses de 0,03 et de 0,06 mg/ml. En augmentant ces concentrations à 0,12 et à 0,24 mg/ml, les mortalités atteignent respectivement 70 et 90%. Pour l'actuel travail, des résultats à peu près similaires sont obtenus, mais avec des doses 10 fois plus fortes soit 1,2 et 2,4 g/l. En testant par ingestion, l'activité biologique des EAq des feuilles de *P. harmala* en période de floraison sur les L4 du criquet pèlerin (*S. gregaria*), ABBASSI *et al.* (2005) ont enregistré un taux de mortalité de 75 %.

Il est à observer, d'après ces informations, que les EAq des feuilles du "harmal" ont prouvé, à des proportions variables, leur efficacité contre les acridiens. Cette efficacité est justifiée par une étude histologique pratiquée au niveau de l'intestin moyen de *S. gregaria* (IDRISSI HASSANI et HERMAS, 2008). Dans cette étude, il est montré que le criquet pèlerin présente une réduction de la musculature circulaire externe. Cette dernière a entraîné un relâchement de l'intestin et une atrophie de la muqueuse intestinale présentant un épithélium strié réduit. L'épithélium mésentéral présente à son tour un aspect granuleux, une bordure en brosse altérée et des signes typiques de nécrose cellulaire (IDRISSI HASSANI et HERMAS, 2008). Ces résultats trouvent peut être leur explication dans les travaux sur les extraits de *P. harmala* ayant montré que les alcaloïdes (alcanone pour le cas actuel) sont responsables de la toxicité chez les insectes. Ces alcaloïdes agissent par le biais de l'harmalol et de l'harmol (IDRISSI HASSANI et EL HADEK, 1999). Mais, ils agissent surtout par le biais de l'harmine et de l'harmaline. Il s'agit de deux substances présentes à tous les stades phénologiques de la plante et plus particulièrement au stade maturation des grains et racines. Pendant, ce dernier stade, le taux est variable de 2 à 7 % comparativement à la feuillaison où un taux seulement de 0,5 % est enregistré (TAHRI *et al.*, 2004; BENZARA *et al.*, 2010).

5.7.2.3 - Comparaison entre les deux modes d'action (par contact et par ingestion) des substances bioactives

IDRISSI HASSANI et HERMAS (2008) pensent que chez les individus de *S. gregaria*, nourris par ingestion grâce aux feuilles de *P. harmala*, il y a eu un effet direct sur les cellules épithéliales et donc une inhibition de l'absorption et de l'assimilation. En outre, il y a eu un effet indirect avec une absorption des métabolites mais sans assimilation. Par contre, pour BENZARA *et al.* (2013) l'effet bio-pesticide par contact induit par les grains de

P. harmala est moindre par rapport au traitement par ingestion, malgré la fragilité de la cuticule des larves. Enfin, il est à constater que l'efficacité des HEs par contact est plus forte que par ingestion (Fig. 82). Ceci peut être expliqué par l'action directe de ces huiles sur la cuticule des insectes et autres Arthropodes à corps mou (CHIASSON et BELOIN, 2007). Il reste cependant à déterminer le mécanisme par lequel ces HEs dégradent la cuticule externe de certains insectes et acariens. La nature lipophile de l'huile essentielle peut dégrader la couche cireuse et causer des pertes en eau (CHIASSON et BELOIN, 2007). Pour ce qui concerne le mode de lutte par ingestion, la plupart du temps, l'action des substances bioactives des HEs est généralement due à une inhibition des régulateurs de croissance chez l'insecte traité (KETOH *et al.*, 1998).

CONCLUSION

Conclusion générale

La réalisation de ce travail rentre dans le cadre de la connaissance de la bioécologie des Orthoptères de la région de Jijel. Ces Orthoptères demeurent encore très mal connus, malgré quelques rares travaux réalisés ces dernières années. Par la même occasion, une large étude est consacrée à *Calliptamus barbarus* (Acrididae, Calliptaminae). C'est un ravageur potentiel des plantes cultivées. Il s'agit également d'une espèce très controversée dans sa systématique, d'où l'intérêt suscité par les acridologues envers cette Orthoptère. En effet, le criquet de barbarie présente en Algérie et ailleurs, un polymorphisme chromatique et géographique remarquable. Ce polymorphisme est traduit par l'existence de deux formes, l'une d'entre elles possède une tache fémorale. Elle est caractérisée par une répartition presque exclusive dans les régions semi-arides. L'autre forme a trois taches fémorales et occupe uniquement les zones humides et subhumides.

Cette étude a été réalisée dans six stations dans la région de Jijel. C'est une région qui appartient à l'étage bioclimatique humide. Deux autres stations faisant partie de l'étage bioclimatique semi-aride ont été choisies. Il s'agit de Kasr El Boukhari (Médéa) et de Djelfa. Au sein de la présente étude, six axes de recherche ont été développés. Il s'agit de l'acridofaune de la région de Jijel, l'étude trophique, la morphométrie classique et géométrique, l'isolement reproductif, la biologie moléculaire et l'aspect bioacridicide.

L'acridofaune de La région de Jijel est composée de 32 espèces dont la majorité sont des Cealifères et notamment des Acrididae. Elle est représentée essentiellement par les Oedipodinae et les Gomphocerinae. La garrigue de Texenna, la forêt de Béni Caid et la friche d'El Aouana ont présenté les diversités spécifiques les plus élevées. Par contre Beni Bélaïd et le terrain cultivé de Kissir sont les deux stations les moins diversifiées. Par ailleurs, *Acrida turrita*, *Aiolopus strepens* et surtout *Calliptamus barbarus*, sont les espèces les plus régulièrement présentes dans toutes les stations. A l'opposé, d'autres espèces, ne sont présentes que dans une seule station comme, *Locusta migratoria* et *P. laevigata*.

Parmi cette acridofaune, *C. barbarus* est l'espèce la plus économiquement importante. Elle a été retrouvée surtout à la station de Texenna, une garrigue ouverte et bien ensoleillée. Les conditions sont idéales pour l'installation de cette espèce où elle a été ramassée en grand nombre. En effet, la densité par 45 m² de surface a atteint parfois les 67 individus surtout en période d'éclosions. L'étude du sex-ratio de cette espèce a montré un certain équilibre entre les mâles et les femelles, avec parfois un biais pour l'un ou l'autre des deux sexes selon la période d'échantillonnage et selon les stations.

La majorité des études sur le régime alimentaire des Orthoptères sont principalement réalisées par la méthode classique de l'analyse des fèces. Grâce à la méthode dite des fenêtres, basée sur la quantité de plantes ingérées, le spectre trophique de *Calliptamus barbarus*, a été identifié puis quantifié. Cela a permis de reconnaître la gamme de plantes ingérées et la notion de préférence alimentaire vis-à-vis de l'ensemble des espèces végétales présentes sur le terrain. Cette étude trophique a montré que *C. barbarus* manifeste un choix net de plantes pour son alimentation, grâce à la discordance entre la consommation des espèces végétales et leurs abondances dans le biotope. En effet, les espèces les plus recherchées par *C. barbarus* dans la station de Jijel sont par ordre d'importance: *Crepis vesicaria*, *Vulpia myuros*, *Plantago serraria* et *Cynodon dactylon*, et ce malgré que cette dernière espèce s'est distinguée par son taux de consommation très faible. Ceci explique bien l'hypothèse que la prise alimentaire d'une espèce végétale dépend bien de sa valeur nutritive pour la croissance et la reproduction de l'acridien. Mais dans l'ensemble, les Poaceae sont les plantes les plus consommées parmi les familles botaniques. Le criquet de Barbarie a montré une préférence marquée pour cette famille botanique mais également pour les dicotylédones. Par conséquent, il s'agit bien d'une espèce polyphage se comportant parfois comme un insecte graminivore et parfois comme un forbivore.

D'autre part, les études sur la morphométrie des Orthoptères sont principalement basées sur la méthode classique des mensurations des différentes parties du corps: abdomen, fémur, élytre, taches fémorale. L'étude de la morphométrie classique de *C. barbarus* a montré que les trois populations étudiées appartiennent à un seul ensemble, celui de l'étage bioclimatique humide. Dans cet étage, vit uniquement les individus à trois taches fémorales comme cela a été signalé par différents auteurs. En effet, aucun individu à une tache fémorale n'a été rencontré sur le terrain dans la région de Jijel et ce durant toutes les années qu'a duré cette étude. Il est vrai que cette étude morphométrique aurait pu être plus complète si parallèlement à cela, une autre étude était menée également sur les genitalia comme ça était fait par d'autres auteurs. Toujours est-il que grâce à ce travail, il a été conclu que les populations de *C. barbarus* dans les 3 stations de Jijel sont homogènes du point de vue morphométrique.

La morphométrie géométrique, fondée sur des méthodes plus avancées, s'est intéressée à la variabilité de la morphologie des deux bioformes de *C. barbarus* et ce à partir d'un échantillon représentatif de deux stations différentes. Il s'agit de la région de Jijel (Texenna) et celle de Médéa (KEB). L'intérêt de cette méthode repose sur l'obtention d'une

représentation bidimensionnelle (2D), graphique et statistique de l'ensemble des individus étudiés séparément. Cette méthode est caractérisée par un jeu de points repères basé sur l'Analyse Procuste Généralisée ou APG. Cette méthode a permis d'observer et de comparer la variabilité de la conformation alaire entre les populations des deux bioformes. Les résultats obtenus ont permis tout d'abord de remarquer que les points repères (PR) localisés au niveau du champ médian (4,5 et 6) sont les plus stables et les mieux superposés chez *C. barbarus* ainsi que chez les autres acridiens comme il a été signalé par différents auteurs. Par ailleurs, il a été indiqué que le déplacement des PR est faiblement représenté entre les individus des deux populations. Cela veut dire que le seul type d'asymétrie présent entre les deux bioformes est entièrement attribuable à l'asymétrie fluctuante due au stress de développement.

Concernant l'étude phylogénétique, les données moléculaires obtenues ne permettent pas de confirmer que les deux formes sont des taxons séparés ou connaissent peut être un processus de spéciation, comme il a été suggéré par différents auteurs. Ceci est d'autant plus étonnant que les deux formes de *C. barbarus* présentent des différences nettes concernant le polymorphisme chromatique et géographique. En outre, aucun hybride entre populations sympatriques des deux formes n'a été enregistré. Malgré toutes ces différences, considérées suffisamment importantes pour leur reconnaissance comme espèces distinctes, les deux bioformes n'ont pas encore acquis le statut de nouvelles espèces.

Afin de lutter contre ce ravageur potentiel des cultures, des substances bioactives ont été extraites à partir de différentes parties des deux plantes médicinales très connues. Il s'agit des grains et feuilles de *Peganum harmala* et les feuilles de *Mentha pulegium*. Ces substances ont été appliquées comme bioacridicides par contact et par ingestion vis-à-vis des juvéniles de *C. barbarus*. Les résultats enregistrés après la réalisation des tests biologiques sont très satisfaisants. Après traitements des larves, la meilleure efficacité a été obtenue grâce aux HEs de *M. pulegium* employées par contact à la dose de 48 µl/ml (mortalité totale après 3 jours de traitement). Ce résultat a même dépassé celui de l'insecticide chimique (Acephlan), avec lequel le taux de mortalité est de 90%. A noter que pour toutes les substances bioactives, les taux de mortalités les plus élevés sont enregistrés grâce aux plus fortes doses que ce soit par ingestion (6 jours) ou par contact (3 jours). A titre d'exemple, les EAq grains ont provoqués 90% de mortalité avec la dose 2,4 g/l. Alors qu'avec la dose 0,3 g/l, ce taux n'est que de 30 à 40 %. Pour les feuilles du Harmal, le pourcentage de mortalité par contact varie entre 20 et 50% et entre 20 et 70% par ingestion, respectivement aux doses 0.3 et 2.4 g/l.

Il est conclu donc que les EAq grains sont plus efficaces que les EAq feuilles de cette même plante. Il est à remarquer cependant une différence entre les DL50 pour chaque test. L'effet insecticide par contact des EAq grains de l'Harmal est évalué par une DL 50 de 0.67 g/l. Cette dernière à une valeur de 3.01g/l pour les EAq feuilles. Concernant l'effet par ingestion, les DL50 enregistrées sont de 0.45 g/l et 0.85 g/l respectivement pour les EAq grains et les EAq feuilles de *P. harmala*. Alors que pour les HEs de *M. pulegium*, il est à enregistrer une DL 50 de 12.58 µl/ml par contact et 23.98 µl/ml par ingestion. A noter enfin que ces résultats sont obtenus avec uniquement les matières actives sans aucun adjuvant. Il sera intéressant de savoir quel sera leur effet en leur ajoutant des substances comme les stabilisants, les tensioactifs ou autres antioxydants et synergistes.

Perspectives

Dans un vaste programme de recherches, limiter la zone d'étude à seulement une région de l'humide (Jijel) et deux régions du semi-aride (Djelfa et KEB) reste un handicap. Il faudra penser à l'avenir, ratisser plus large et étendre le champ de l'expérimentation non seulement vers d'autres régions d'Algérie (comme l'Ouest du pays) mais également en dehors du territoire national. Dans ce sens, une étude morpho métrique comparée entre les deux biomorphes de *C. barbarus* d'Algérie et d'Espagne est en cours de réalisation. Le but de ce travail est de connaître si les populations des deux pays sont homogènes ou non sur le plan morpho métrique.

Au niveau moléculaire, il est vraiment étonnant de voir que, les deux bio formes ne constituent pas deux groupes monophylitiques réciproques et ce malgré les différences très apparentes sur le plan morpho- biologique. Il serait peut être utile de diversifier la méthodologie concernant l'étude génétique en employant non pas des gènes mitochondriaux mais des microsattellites (marqueurs moléculaires nucléaires). D'autres études basées sur un plus grand nombre d'échantillons sont nécessaires pour confirmer les résultats obtenus dans ce travail. Il faudra montrer aussi si les deux formes sont un mécanisme d'adaptation écologique. Et si dans ce cas, le système génétique, contrôlant l'expression des deux phénotypes, peut être un mécanisme de protection de la variabilité génétique au sein d'une population, conférant certains avantages écologiques. Dans ce sens, il faut signaler qu'une étude va être réalisée en collaborations avec l'équipe de recherche du laboratoire d'Orthopterologie de l'Université de Murcia en Espagne. Cette étude aura comme objectif la

comparaison moléculaire entre les échantillons d'Algérie (prélevés à partir d'autres régions du pays) et ceux d'Espagne (collectés dans la région de Murcia).

Enfin, connaissant l'effet nocif des pesticides chimiques aussi bien sur la santé humaine que sur l'environnement, il serait enrichissant de rechercher d'autres substances bioactives à partir d'autres plantes médicinales surtout que la région de Jijel recèle un potentiel floristique méditerranéen aussi riche que diversifié.

Pour terminer avec ces perspectives, Il est recommandé vivement la création d'une banque d'échantillons au niveau des laboratoires de recherche afin de valoriser tous les travaux effectués dans ce domaine. Il serait également intéressant de réaliser des tests non pas en captivité mais en plein champ et ce afin de pouvoir étudier le comportement de ces bio pesticides vis-à-vis de *C. barbarus* et d'autres ravageurs des cultures.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQU ES

Références bibliographiques

- 1- ABBASSI K., MERGAOUI L., ATAY-KADIRI Z., GHAOUT S. et STAMBOULI A., 2005 - *Activités biologiques des feuilles de Peganum harmala (Zygophyllacea) en*

- floraison sur la mortalité et l'activité génésique chez le Criquet pèlerin*. Faculté des Sciences, Université de Rabat, 16: 31-46.
- 2- AYALA L.M., 2014 - *Estudio y seguimiento de la fauna de Orthoptera de un entorno natural sometido a un programa de restauración ecológica en el sur de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba, 284 P.
 - 3- BAGHIANI A., DJARMOUNI M., BOUMERFEG S., TRABSA H., CHAREF N., KHENNOUF S. and ARRAR L., 2012 - Xanthine Oxidase Inhibition and Antioxidant Effects of *Peganum harmala* Seed Extracts. *European Journal of Medicinal Plants*, 1: 42-56.
 - 4- BAGNOLS F. et GAUSSEN H., 1957 - Les climats biologiques et leur classification. *Annales de géographie*, 66: 193-220.
 - 5- BARBAULT R., 1981- *Ecologie des populations et des peuplements*. Ed Masson, Paris, 200 p.
 - 6- BARBAULT R., 2003 – *Ecologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère*. Ed. Dunod, Paris, 326 p.
 - 7- BEAUMONT A. et CASSIER M., 1983- *Travaux pratiques de Biologie animale*, 1^{ère} édition. Ed. Dunod, Paris, 502p.
 - 8- BEAUMONT A. et CASSIER M., 1998 - *Travaux pratiques de Biologie animale*, 3^{ème} ed., Ed. Dunod, Paris, 502p.
 - 9- BELLMAN H. et LUQUET G., 1995- *Guide des sauterelles, grillons et criquets d'Europe Occidentale*. Ed. Delachoux et Nieslé, Paris, 383 p.
 - 10- BENAYAD N., 2008 - *Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines: moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Rapport d'étude*. Université Mohammed V–Agdal, 61p.
 - 11- BENFEKIH L., 2006 - *Recherche quantitative sur le criquet migrateur (Locusta migratoria) (Orthoptera : Oedipodinoe) dans le sahara Algérien perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et des peptides synthétique*. Thèse Doctorat. Université de Limoge, 140p.
 - 12- BEN HALIMA T., 1983 - *Etude expérimentale de la niche trophique de Dociostaurus maroccanus (Thunb, 1936) en phase solitaire au Maroc*. Thèse Doc. Ing. Univ. Paris-Sud, 178 p.
 - 13- BENKHELIL M.-L., 1991 – *Les techniques de récolte et de piégeage utilisées en entomologie terrestre*. Ed. Office Pub. Univ., Alger, 60 p.

- 14-BENSASSON D., ZHANG DX. and HEWITT G.M., 2000 - Frequent assimilation of mitochondrial DNA by grasshopper nuclear genomes. *Molecular Biology and Evolution*, 17: 406- 415.
- 15-BENZARA A. 2004 - *Polymorphisme géographique de l'espèce Calliptamus barbarus (Costa, 1836) (Orthoptera: Acrididae) en Algérie*. Thèse Doctorat. Ins Nat. Agro., El Harrach, Alger, 154p.
- 16-BENZARA A., DOUMANDJI-MITICHE B., DOUMANDJI S. et TOUATI M., 1993- Régime alimentaire du genre *Calliptamus* (Serville, 1831) (Orthoptera – Acrididae) sur le Littoral Oriental Algérois. *Med. Fac. Landbouw. Uni. Gent*, 58/2a : 339-345.
- 17-BENZARA A., DOUMANDJI S., ROUIBAH M. et VOISIN J.F., 2003 - Etude qualitative et quantitative de l'alimentation de *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) (Orthoptera-Acrididae). *Rev. Ecol. (Terre- Vie)*, 58: 187-196.
- 18-BENZARA A., KHALFI-HABES O. et LAZIB Z., 2010 - Efficacité des extraits aqueux de *Peganum harmala* (Zygophyllacée) sur les larves L5 du Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* (Forsskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae). *Proceedings du 7^{ème} Congrès de l'Association Marocaine de Protection des Plantes, Rabat*. Pp: 469 -474.
- 19-BENZARA A., BEN ABDELKRIM A. and KHALFI-HABES O., 2013 - Effect of extracts of seeds of aqueux *Peganum harmala* L. (zygophyllaceae) on 5th stage larvae *Locusta migratoria cinerascens*(Fabricius, 1781) (Orthoptera: Oedipodinae), *Journal of life science*, 7(2):154-163.
- 20-BERTHIER K., LOISEAU A., STREIFF R. and ARLETTAZ R. 2008 - Eleven polymorphic microsatellite markers for *Oedaleus decorus* (Orthoptera, Acrididae), an endangered grasshopper in Central Europe. *Molecular Ecology and Resources*, 8: 1363-1366
- 21-BERTHIER K., CHAPUIS M.P., MOOSAVI S.M., TOHIDI-ESFAHANI D. and SWORD G. 2011 - Nuclear insertions and heteroplasmy of mitochondrial DNA as two sources of intra-individual genomic variation in grasshoppers. *Systematic Entomology*, 36:285–299.
- 22-BETHOUX O. and NEL A., 2001 - Venation pattern of Orthoptera. *Journal of Orthoptera Research*, 10: 195-198.
- 23-BHUHAN V., 1978 - *Les méthodes en statistique*. Université Laval 3, Canada, 162p.
- 24-BLANCHET E., 2009 - *Développement de marqueurs moléculaires chez les Orthoptères: application à l'étude du genre Calliptamus*. Thèse Doctorat, Université de Montpellier, 154 p.

- 25-BLANCHET E., BLONDIN L., GAGNAIRE P.A., FOUCART A., VASSAL J.M. and LECOQ M., 2010 - Multiplex PCR assay to discriminate four neighbor species of the *Calliptamus* genus (Orthoptera: Acrididae) from France. *Bulletin of Entomology and Research*, 100: 701–706.
- 26-BLANCHET E., LECOQ M., PAGES C., RIVALLAN R., FOUCART A., BILLOT C., VASSAL J.M., RISTERUCCI A.M. and CHAPUIS P., 2012a - Population structures of three *Calliptamus* spp. (Orthoptera: Acrididae) across the Western Mediterranean Basin. *European Journal of Entomology*, 109: 445–455.
- 27-BLANCHET E., LECOQ M., PAGES C., RIVALLAN R., FOUCART A., BILLOT C., VASSAL JM, RISTERUCCI AM and CHAPUIS MP., 2012b - A comparative analysis of fine-scale genetic structure in three closely related syntopic grasshopper species (*Calliptamus* sp.). *Canadian Journal of Entomology*, 90:31–41.
- 28-BLANDIN P., 1980 - Les critères morphométriques in BOCQUET C., LAMOTTE M. et GENERMENT G. Les problèmes de l'espèce dans le règne animal. Mémoire n° 40. Tome 3. *Soc. Zoo. France*: 15- 62.
- 29-BLONDEL J., 1975 - l'analyse des peuplements d'oiseaux-élément d'un diagnostic écologique: la méthode des échantillonnages fréquents progressifs (E.F.P). *Rev. écol. (Terre et vie)*, 29 (4) : 533-589.
- 30-B.N.D.R, 1997 - *Analyse du milieu agricole dans la wilaya de Jijel*. Ed. Bureau National du Développement Rural, Alger, 80p.
- 31-B.N.E.F, 1986 – *Etude d'aménagement du Parc National de Taza (Jijel). Inventaire et analyse des ressources naturelles*. Ed. Bureau National des Etudes Forestières, Blida, 121p.
- 32-BOITIER E., 2007 - A la rencontre des Orthoptères de Corse. *L'Entomologiste*, 62: 28-36.
- 33-BONNEMAISON L., 1961- *Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts*. Ed. Sep, Tome 1, Paris, 599 p.
- 34-BOOKSTEIN F.L., 1991 - *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*. Cambridge University Press, New York, 435p.
- 35-BOULDJEDRI M., 2013 - *Contribution à l'étude écologique d'un Hydro-système de la région de Jijel : cas de la zone humide de Beni-Belaid (Algérie)*. Thèse Doct., Université de Annaba, 129 p.

- 36-BRABY MF., EASTWOOD R. and MURRAY N., 2012 - The subspecies concept in butterflies: has its application in taxonomy and conservation biology outlived its usefulness? *Biological Journal of the Linnean Society*, 106: 699–716.
- 37-BURGOV A., NOVIKOVA O., MAYOROV V., ADKISON L. and BLINOV A. , 2006 - Molecular phylogeny of Palearctic genera of Gomphocerinae grasshoppers (Orthoptera:Acrididae). *Systematic Entomology*, 31: 362-368.
- 38-CASSENS I., MARDULYN P. and MILINKOVITCH M.C., 2005 - Evaluating intraspecific “network” construction methods using simulated sequence data: do existing algorithms outperform the global maximum parsimony approach? *Systematic biology* , 54: 363–72.
- 39-CHAPUIS M.P., 2006. *Génétique des populations d’un insecte pullulant, le criquet migrateur, Locusta migratoria*. PhD Thesis. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Montpellier, 72 p.
- 40-CHAPUIS M.P., LECOQ M., MICHALAKIS Y., LOISEAU A., SWORD G.A., PIRY S. and ESTOUP A., 2008 - Do outbreaks affect genetic population structure. A worldwide survey in *Locusta migratoria*, a pest plagued by microsatellite null alleles. *Molecular and Ecology*, 17: 3640-3653.
- 41-CHAPUIS M.P., POPPLE J.A., BERTHIER K., SIMPSON S.J., DEVESON T., SPURGIN P., STEINBAUER M.J. and SWORD G.A., 2011 - Challenges to assessing connectivity between massive populations of the Australian Plague locust. *Processing Reaserch Society London (B)*, 278: 3152-3160.
- 42-CHARA B., 1987 - *Etude comparée de la biologie de Calliptamus barbarus (Costa, 1836) et Calliptamus wattenwylanus (Pantel, 1896) (Orthoptera-Acruididae) dans l’Ouest Algérien*. Thèse Doc. Ing., Univ. Aix-Marseille, 191p.
- 43-CHARLY M., 2008 - *Les Orthoptères de la réserve naturelle régionale de la côte de Mancy*. Rapport annuel, 40p.
- 44-CHARNOV E. L., HARTOGH R. L., JONES W. T. and VAN DEN ASSEM J., 1981 - Sex ratio evolution in a variable environment, *Nature*, 289: 27-33.
- 45-CHAUMONT M. et PAQUIN C. ,1971 - Carte pluviométrique de l’Algérie du Nord, échelle 1/500000 (4 feuilles et notice), *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, Alger, 24p.
- 46-CHERMAT S., 2013 - *Etude phytosociologique et pastorale des Djebels Youssef et Zdim*. Thèse Doct. Univ. Ferhat Abbas, Sétif 1, 263 p.
- 47-CHIASSEON H. et BELOIN N., 2007 - Les huiles essentielles, des biopesticides « nouveau genre ». *Bulletin de la Société d’entomologie du Québec*. Vol. 14, no 1:3-6.

- 48-CHOPARD L., 1943 - *Orthoptères de l'Afrique du Nord. Faune de l'empire Français*. Ed. Larose, Paris, 450p.
- 49-CHOPARD L., 1951- *Faune de France n° 56- Orthoptéroïdes*. Ed. Paul. Lechevalier, Paris, 359 p.
- 50-CLARIDGE M.F and SINGHRAO J.S., 1978 - Diverssity and altitudinal distribution of grasshoppers (*Acridoidea*) on a Mediterranean mountain. *Journal of Biogeography* 5: 239-249.
- 51-CLARKE G.M., 1993- Patterns of developmental stability of *Chrysopa perla* L. (Nevroptera: Chrysopidae) in response to environmental pollution. *Environmental Entomology*, 22: 1362-1366.
- 52-CLEMENTE M.E, GARCIA M.D. y PRESA J.J., 1985 –Acridofauna de los dunas de Guardamaar del Segura (Alicante) (Orthoptera: *Acridoidea*), *Graellsia*, 41:153-166
- 53-CLEMENTE M.E., GARCIA M.D and PRESA J.J. , 1987 - *Morphometric and pigmentary variation in Calliptamus barbarus (Costa, 1836) in relationship with environnement, and its taxonomic value, in Evolutionary Biology of Orthopteroid insects*. Ed. Bocchetti, Ellis Homood Ltd, Chichester, 184-189.
- 54-COMSTOCK J. H. and NEEDHAM J. G., 1998 - The wings of insects (continued). *The American Naturalist*, 32: 413-424.
- 55- CONTRERAS D. and CHAPCO W., 2006 - Molecular phylogenetic evidence for multiple dispersal events in gomphocerines grasshoppers. *Journal of Orthoptera Research*, 15 (1):91-98.
- 56-COPR., 1982 - *The locust and grasshopper. Agricultural Manual. Centre for overseas pest Research*. London, 690p.
- 57- DAGNELIE P., 2012 - *Principes d'Expérimentation: planification des expériences et analyse de leurs résultats*. Ed. Presses Agronomiques de Gembloux, 405 p.
- 58-DAJET P., 1976 – *Les modèles mathématiques en écologie*. Ed. Masson, Paris, 172 p.
- 59-DAJOZ R., 1971 – *Précis d'écologie*. Ed. Gauthiers-Villars, Paris, 434p.
- 60-DAJOZ R., 1982 – *Précis d'écologie*. Ed. Gauthiers-Villars, Paris, 503p.
- 61- DARIBA D., TABODA GL., DOALO R., and POSADA D., 2012 - JModelTest2 :more models, new heuristics and parallel computing. *Nature Methods*, 9 (8): 772.
- 62-DEFAUT B., 1988- Détermination des Orthoptères Ouest Paléarctiques. *L'entomologiste*, 44(6): 337-345.

- 63- DEFAUT B., 2005 - Sur la répartition de *Locusta migratoria* (L.) en France (Caelifera, Acrididae, Oedipodinae). *Matériaux Orthoptériques et Entomocénitiques*, 10 : 81-86.
- 64- DELASSUS M. et PASQUIER R., 1929 - *La lutte contre les sauterelles en Algérie*. *Direct. Agr. Comm et Coln.*, Alger, 94 p.
- 65- DE QUEIROZ K., 2007 - Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology*, 56: 879-886.
- 66- DE VISSCHER M.N., 1991- *L'environnement et la lutte antiacridienne, les perspectives et les contraintes de la recherche*. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey eurotext, Paris, 227 p.
- 67- DIRSH V.M., 1956 - The phallic complex in Acridoidea (Orthoptera) in relation to taxonomy. *Transaction of the Royal Entomological Society*, London, 108: 223-356.
- 68- DIRSH V.M., 1965 - *The African genera of Acrididea. Anti- locust research centre* Combridge Univ. Press. London, 578 p.
- 69- DOUMANDJI-MITICHE B., DOUMANDJI S., BENZARA A and GUECIOUEUR L., 1991 – Comparaison écologique entre plusieurs peuplements d'Orthoptères de la région de Lakhdaria (Algérie). *Mededelingen. Faculteit. Landbouwkundige, Univ. Gent.*, 56/3b: 1075-1082.
- 70- DOUMANDJI-MITICHE B., HALOUANE F., MERABTI N., SEDDIK A. et DOUMANDJI S., 1997- Activité biologique de *Metarhizium anisopliae* (Deutéromycètes, Moniliaeae) sur les larves L 5 et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae). *Mededelingen. Faculteit. Landbouwkundige, Univ. Gent*, 62/2b: 461-468.
- 71- DOUMANDJI S et DOUMANDJI-MITICHE B., 1992 - Observations préliminaires sur les Caelifères de trois peuplements de la région de la Mitidja (Alger). *Men.Soc Bel. Ent.*, 35: 619-623.
- 72- DOUMANDJI S., DOUMANDJI-MITICHE B., et BRIKI Y., 1992 - Bioécologie des Orthoptères dans trois types de stations de la région de Dellys (Algérie). *Mededelingen. Faculteit. Landbouwkundige, Univ. Gent*, 57 (3a): 667-673.
- 73- DOUMANDJI S, DOUMANDJI-MITICHE B. et MEZIOU N., 1993c - Les Orthoptéroïdes de la Réserve Naturelle de Mergueb (M'Sila, Algérie). *Bulletin de la Société entomologique de France* 98(5): 458-461.
- 74- DOUMANDJI S, DOUMANDJI-MITICHE B. et TARAÏ N., 1993d - Les peuplements Orthoptérologiques dans les palmeraies à Biskra : Etude du degrés

- d'association entre les espèces d'Orthoptères. *Mededelingen. Faculteit. Landbouwkundige. Univ. Gent.* 58 (1a): 355-360.
- 75-DOUMANDJI S, DOUMANDJI-MITICHE B., BENZARA A. et TARAI N., 1993a – Méthode de la fenêtre proposée pour quantifier les prises de nourriture par les criquets. *L'Entomologiste*, 49: 213-216.
- 76-DOUMANDJI S, DOUMANDJI-MITICHE B., KOUDOUR A. et BENZARA M., 1993b - Pullulation de sauterelles et de sauteriaux dans la région de Bordj Bouarreridj (Algérie). *Mededelingen. Faculteit. Landbouwkundige. Univ. Gent*, 58 (2a), 329-337.
- 77-DREUX P., 1972 - L'espèce chez les Orthoptères in les problèmes de l'espèce dans le règne animal.T.II. *Mém.Soc.Zool.Fr.*, 39: 95-159.
- 78- DRUMMOND A.J., SUCHARD M.A., XIE D. and RAMBAUT A. , 2012 - Bayesian phylogenetics with BEAUti and the BEAST 1.7 *Molecular Biology and Evolution*, 29 (8):1969-1973.
- 79-DURANTON J.K. et LECOQ M., 1990 - *Le criquet pèlerin au Sahel*. Ed. Imprimerie DEHAN Montpellier, 182p.
- 80-DURANTON J. F., LAUNOIS – LUONG M. H. et LECOQ M., 1982 - *Manuel de prospection acridienne en zone Tropicale sèche*. Ed. G. E.R.D.A. T. Paris, T. 1.,695 p.
- 81-DURANTON J. F., LAUNOIS – LUONG M. H. et LECOQ M., 1987- *Guide antiacridien du Sahel*. Ed. Cirad. Prifas. Montpellier, 345 p.
- 82-EL GHADRAOUI L., PETIT D. et EL YAMANI J., 2003 - Le site Al-Azhaghar (moyen, Atlas et Maroc) : un foyer grégarigène du criquet marocain *Dociostaurus maroccanus*(Thunb,1815). *Bull. Inst. Sc. Rabat*, 25: 81-86.
- 83-ELHAIB A., 2011- *Valorisation de terpenes naturels issus de plantes marocaines par transformations atalytiques*. Thèse Doct. Université de Toulouse, 181 p.
- 84-EMBERGER L., 1955 - Les limites biogéographiques des climats. *Rec. Trav. Lab. Bot. Zool., Fac. Sc. Univ. Montpellier*, 7: 3-43.
- 85-FABRY M.H., LOUVEAUX A., CHOISNEL E. et PAYEN D., 1987 - Environnement thermique à l'interface air-sol. Application à la durée du développement des œufs de *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) (Orthoptera- Acrididae). *Acta oecologica applicata*, 8: 53-65.

- 86-FAROUK L., LAROUBI A., ABOUFATIMA R., BENHARREF A. and CHAIT A., 2008- Evaluation of the analgesic effect of alkaloid extract of *Peganum harmala* L.: possible mechanisms involved, *Journal of Ethnopharmacology*, 115: 449-454.
- 87-FISHER R. A., 1930 - *The Genetical Theory of Natural Selection*. Ed. Clarenton, Oxford, 307 p.
- 88-FLOOK P.K., KLEE S. Y. and ROWELL C.H.F., 1999 - A combined molecular phylogenetic analysis of the Orthoptera and its implications for their higher systematic. *Systematic Biology*, 48: 233-253.
- 89-FONTANA P., BUZETTI F.M., COGO A. e Odé B., 2002 - *Guida al riconoscimento e allo studio i cavaletti Grilli, Mantidi e insetti affini del venetto*. Museo Naturalistico Archeologico, Vicenza: 592 p.
- 90-FRAMPTON C.M. and HARDERSEN S., 1999- Effects of short term pollution on the level of fluctuating asymmetry - a case of study using damselflies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 92: 1-7.
- 91-FRANCK A., 2008 - *Capture, conditionnement, expédition, mise en collection des insectes et acariens en vue de leur identification*. Ed. CIRAD, Montpellier, 50 p.
- 92-GARCIA-GONZALEZ R., 1984 - L'emploi des épidermes végétaux dans la détermination du régime alimentaire de l'Isard dans les Pyrénées occidentales. *Ecologie des milieux montagnards et de haute altitude. Documents d'Écologie Pyrénéenne*, 3-4: 307-313
- 93-GOODALL C., 1991 - Procrustes Methods in the statical Analysis of Shape. *Journal of the royal statistical society*, 53 (2): 285-339.
- 94-GOWER J.C., 1975 - Generalised Procrustes analysis. *Psychometrika*, 40: 33-50.
- 95-GRALL J. et COÏC N., 2006 - *Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier*, Institut Universitaire Européen de la Mer. Laboratoire des sciences de l'Environnement marin, Univ. de Bretagne Occidentale, 90 p.
- 96-GRAUVOGEL-STAMM L., NEL A. et MARCHAL-PAPIER F., 2000 - Nouveaux Orthoptères (Ensifera, Insecta) du Trias des Vosges (France). *Acta Geologica Hispanica*, 35 (1-2): 5-18.
- 97-GREGOIRE P., ABRIAK N. E., BRAKNI S. et ACHOUR R., 2013- Evaluation de la qualité benthique des zones d'immersion des sédiments de dragage. *Rev. Paralia*, 6: 313-324.
- 98-GRIBOVAL A., 2005- Recherche sur le terrain et identification sonore des Orthoptères. *Insectes*, 137 : 19-22.

- 99- GUENDOUZ-BENRIMA A., DURANTON J.F., BENHAMMOUDA M. E. et DOUMANDJI-MITICHE B., 2007- Distribution des populations de Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk, 1775) (Insecta : Orthoptera) en période de rémission en Algérie de 1983 à 2000. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 18(4): 246-253.
- 100- GUETTALA F. N., 2010 - *Entomofaune, Impact Economique et Bio- Ecologie des principaux ravageurs, du Pommier dans la région des Aurès*, Thèse Doct., Univ. Batna, 166 p.
- 101- GURYEV V., MAKAREVITCH I., BLINOV A. and MARTIN J., 2001 - Phylogeny of the genus *Chironomus* (Diptera) inferred from DNA sequences of mitochondrial cytochrome b and cytochrome oxidase I. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 19:9-21.
- 102- HALOUANE F., DOUMANDJI-MITICHE B. et BOUHACEIN M., 2001 – Effet de deux entomopathogènes *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes : Deuteromycotina) et *Metarhizium flavoviride* sur l'hémogramme de *Locusta migratoria* (Orth. Acrididae). 8ème Conf. Intern. Sur les insectes Orthopteroides, 19-22 août 2001, Montpellier.
- 103- HAMILTON K. G. A., 1972 - The insect wing, Part 3. Venation of the orders. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 45: 145-162.
- 104- HAMILTON W.D., 1967 - Extraordinary sex ratios, *Science*, 156: 477-488.
- 105- HARZ K. ,1975 - *Die Orthopteren Europas*. The Orthoptera of Europe. Ed. Haag: Dr W. Junk, 939 p.
- 106- HENNIG W., 1966 - *Phylogenetic systematics*. Urbana: University of Illinois Press, 263 p.
- 107- HENRY J.E. and OMA E.A., 1974 - Effects of infection by *Nosema locustae*, *Nosema acridophagus* and *Nosema cuneatum* (Microsporida, Nosematidae) in *Melanoplus bivittatus* (Orthoptera: Acrididae). *Acrida*, 3(4): 223-231.
- 108- HEWITT G.B., 1985 – *Review of factors affecting fecundity, oviposition and egg survival grasshoppers in North America*, Department of Agriculture Research Service, Washington, Bulletin 36: 1–35.
- 109- HUGUENY B. et LOUVEAU A., 1986 - Gradient d'aridité et variation latitudinale de la taille dans des populations de *C. barbarus* (Costa, 1836) (*Insecte, Orthoptère, Acrididae*). *Acta Oecologica, ecol. Gener*, 17(4): 317-333.

- 110- HUO G., JIANG G., SUN Z., LIU D., ZHANG Y. and Lu L. 2007 - Phylogenetic reconstruction of the family Acrypteridae (Orthoptera: Acridoidae) based on mitochondrial cytochrome b gene. *Journal of Genetics and Genomics*. 34(4): 294-306.
- 111- I.D.G.C., 1976 - Les mauvaises herbes des céréales d'hiver en Algérie. Ed. Institut de Développement des Grandes Cultures, Alger, 152p.
- 112- IDRISSE HASSANI L.M. et EL HADEK M. 1999- Analyse de la composition de l'huile de *Peganum harmala* L. (Zygophyllacées). *Acta botanica Gallica: bulletin de la Société botanique de France* 146(4): 353-359 .
- 113- IDRISSE HASSANI L.M. et HERMS J., 2008 - Effets de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). Université Ibn Zohr, Agadir, 19: 71-84.
- 114- IDRISSE HASSANI L.M., OULD AHMEDOU M.A., CHIHRAANE 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), *Ethno-pharmacologia*, 23: 26-41.
- 115- IDRISSE HASSANI L.M., OULD AHMEDOU M.L., MAYAD E.H. et BOUAICHI A., 2002- Pouvoir insecticide de *Peganum harmala* sur *Schistocerca gregaria*: effets de l'huile et des extraits de feuilles. *Biologie & santé*, 2(2): 122-133.
- 116- JAGO N. D., 1963 - A revision of the genus *Calliptamus* (Orthoptera, Acrididae). *Bulletin of British Museum*, (ENT), 13(9): 292-347.
- 117- JERMIIN L. and CROZIER R., 1994 - The cytochrome b region in the mitochondrial DNA of the ant *Tetraponera rufoniger*. Sequence divergence in Hymenoptera may be associated with nucleotide content. *Journal of Molecular and Evolution*, 38: 282-294.
- 118- KAROUSOU R., BALTA M., HANLIDOU E. and KOKKINI S. 2007- "Mints", smells and traditional uses in Thessaloniki (Greece) and other Mediterranean countries. *J Ethnopharmacol*, 109 (2):248-57. doi:10.1016/j. jep.2006.07.022 PMID:16962274
- 119- KETOH K., GLITHO A., NUTO Y. et KOUMAGLO K., 1998 - Effets de six huiles essentielles sur les œufs et les larves de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae). *Revue cames*. Volume n° 00 : 16-20.

- 120- LACHAISE D., 1979- Le concept de niche chez les Drosophiles, *La terre et la vie*, 33: 130-137.
- 121- LARROSA E., GARCIA M.D., CLEMENTE M.E. y PRESA J.J. , 2004 - El comportamiento en cautividad de *Calliptamus barbarus* (Orthoptera:Acrididae). *Memorie della Societa entomologica italiana*, 82 (2): 615-630.
- 122- LARROSA E., GARCIA D.M., CLEMENTE E.M y PRESA J.J., 2007 - Estudio comparado del comportamiento en cautividad de dos bioformas de *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) (Orthoptera, Acrididae). *Anales de biología*, 29: 61-73.
- 123- LARROSA E., GARCIA M.D., CLEMENTE M.E and PRESA J.J., 2008 - Sound production in *Calliptamus barbarus* Costa 1836 (Orthoptera : Acrididae : Catantopinae). *Annales de la société Entomologique de France*, 44(2): 129-138.
- 124- LAUNOIS-LUONG M.H., 1975 - Méthode d'étude dans la nature du régime alimentaire du criquet migrateur *Locusta migratoria capito* (Sauss). *Ann. Zool. Eco. Anim.*, 8 (1): 25-32.
- 125- LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1989 – *Vad mecum des criquets du Sahel*. Collection acridologie opérationnelle n° 5, G.E.R.D.A.T., C.I.R.A.D., Montpellier, 30p.
- 126- LECOQ M., 1976 – *Etude en écologie acridienne*. Contribution méthodologique. P.R.I.F.A.S., G.E.R.D.A.T., Saria, Haute Volta, 16p.
- 127- LECOQ M., 1992 - *Surveillance des acridiens au Sahel. Lettre d'information n° 4, Surveillance des Acridiens du Sahel*, Programme de Recherche Interdisciplinaire Français sur les Acridiens du Sahel, Montpellier, pp 17-18.
- 128- LECOCQ T., BRASERO N., MARTINET B., VALTEROVA I. and RASMONT P., 2015- Highly polytypic taxon complex: interspecific and intraspecific integrative taxonomic assessment of the widespread pollinator *Bombus pascuorum* Scopoli 1763 (Hymenoptera: Apidae). *Systematic Entomology*. 40:881–890.
- 129- LEGALL P., 1989 - Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoidea (Orthoptères). *Bulletin d'Écologie*, 20 (3): 245-261.
- 130- LEGALL P. et GILLON Y., 1989 -Partage des ressources et spécialisation trophique chez les acridiens (Insecta, Orthoptera, Acridomorpha) non graminivores dans la Savane pré- forestière (Lamto, cote d'Ivoire). *Acta. Oecologica Oecol. génér*, 10(1): 51-74.

- 131- LEGRAS B., 1998 - *Eléments de statistique à l'usage des étudiants en Médecine et en Biologie*. Cours et exercices corrigés. Ed. ELLIPSES MARKETING Marketing, Paris, 222p.
- 132- LE HOUEROU H.N., CLAUDIN J. et POUGET M., 1977 - Etude bioclimatique des steppes algériennes. Avec une carte bioclimatique à 1/1000 000ème. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr.Nord*, Alger, 68 (4): 33-75.
- 133- LLORENTE V., 1982 - La subfamilia Calliptaminae en España (Orthoptera, Catantopidae). *Eos*, 58: 171-192.
- 134- LOESKE E. B., CLUTTON-BROCK T. H., STEVE D. A., PEMBERTON J. M. and FIONA E., 1999 - Guinness Population density affects sex ratio variation in red deer, *Nature*, 399: 459-461.
- 135- LOPEZ-LOPEZ A. y GALIAN J., 2010 - Análisis filogenético de los Cicindelini ibéricos (Coleoptera; Carabidae; Cicindelinae). *Anales de Biología*, 32:79-86.
- 136- LOPEZ-LOPEZ A., ABDUL AZIZ A. and GALIAN J., 2014 - Molecular phylogeny and divergence time estimation of *Cosmodela* (Coleoptera: Carabidae: Cicindelinae) tiger beetle species from Southeast Asia. *Zoologica Scripta*, 44: 437-445.
- 137- LOPEZ-LOPEZ A., HUDSON P. and GALIAN J., 2012 - The blackburni/murchisona species complex in Australian *Pseudotetracha* (Coleoptera: Carabidae: Cicindelinae: Megacephalini): evaluating molecular and karyological evidence. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 50: 177-183.
- 138- LOUVEAUX A., 1991 - Instabilité démographique et stratégie de dispersion des Acridiens : un exemple chez deux Orthoptères Calliptaminae, *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 116 (3-4): 243-251.
- 139- LOUVEAUX A. et BEN HALIMA T., 1987 - Catalogue des Orthoptères Acridoidae d'Afrique du Nord –Ouest, *Bull. So. Ent. France*, 91 (3-4) :73-87.
- 140- LOUVEAUX A., PEYRELONGUE J.Y et GILLON Y., 1988- Analyse des facteurs de pullulation du criquet italien (*Calliptamus italicus* (L.)) en Poitou-Charentes. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 74(8): 91-102.
- 141- LOUVEAUX M., OUHIM A., ROUX G., GILLON Y. et BARRAL H., 1996 – Influence du pastoralisme sur les populations acridiennes dans le massif du Siroua au Maroc. *Revue d'écologie*, 51(2): 139-151.

- 142- LU H.M. et HUANG Y., 2006 - Phylogenetic relationship of 16 Oedipodinae species (Insecta:Orthoptera) based on the 16S r RNA gene sequences. *Insect Science*, 13:103-108.
- 143- LUQUET G C., 1992 - *Oedipoda germanica* (Latreille, 1804) et *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) en région francilienne : une extinction probable et une redécouverte (*Orthoptera. Acrididea*). *Ent. gall.* 3 (2): 58.
- 144- LUQUET G C. et DU MERLE P., 1978 – Les peuplements des fourmis et les peuplements d’Acridiens du Mont Ventoux. III. Les peuplements d’Acridiens. *La terre et la vie: supplément1*: 219-279.
- 145- LYAZRHI F., 2005 - *Une introduction au langage R*. UP Biostatistique. Ecole Nationale Vétérinaire, Toulouse Cédex, 23p.
- 146- MACKE E., MAGALHÃES S., BACH F. and OLIVIERI I., 2011 - Experimental Evolution of Reduced Sex Ratio Adjustment Under Local Mate Competition, *Science*, 334: 1127-1129.
- 147- MALLALAIRE A. et ROY J., 1959.- La lutte contre le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forsk.) en Afrique occidentale française.- *Bulletin de la Protection des Végétaux*, Dakar, (1958), 5 : 116 + 3 pl.
- 148- MARUTHU-PANDIAN A. and MOHAN V.R., 2011 - GC-MS Analysis of some bioactive constituents of *Pterocarpus marsupium* Roxb. *International journal of ChemTech research*, 35(3): 1652-1657.
- 149- MASSA B., FONTANA P., BUZZETTI F.M., KLEUKERS R. e ODÉ B., 2012- *Fauna d’Italia*, 48. Orthoptera. Ed. Calderini, Buckinghamshire, 563p.
- 150- MAURICE R., 1980 - *Initiation à la morphologie*. La systématique et la biologie des insectes. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Paris, N°: 23, 197p.
- 151- MAYAD EH. IDRISSE HASSANI L M., FERJI Z., CHEBLI B. and EL HADEK M., 2013 - Quantitative and Qualitative Analysis by HPLC of Major *Peganum harmala* Alkaloids at Different Stages of Development, *Journal of Natural Sciences Research*, 3(11): 104-111.

- 152- MAYR E., 1942 - *Systematics and the origine of species*. Columbia University Press, New York, 334p.
- 153- MEBARKI A., 2007 - Les bassins hydrologiques de l'Algérie orientale: ressources en eau, aménagement et environnement. *Houille blanche (Grenoble)*, 7 (2): 112-115.
- 154- MOHAMMED-SAHNOUNE A., DOUMANDJI S. E. and DESUTTER-GRANDCOLAS L., 2010 — A check-list of Ensifera from Algeria (insecta: Orthoptera). *Zootaxa*, 2432: 1–44.
- 155- MOKHLESSE R., LAZRAQ A., AZOUZID A., PETIT D. et EL GHADRAOUI L., 2007- Etude des capacités des déplacements des acridiens à Al-Azaghar (Moyen Atlas, Maroc). *Bull. Inst. Sci., Rabat*, section Sciences de la Vie, 29: 21-26.
- 156- MONARD A., 1986- *Etude bioécologique des peuplements acridiens du Bas-Languedoc*. Thèse. Doct. Université de Paris 6, 543p.
- 157- NICHOLSON S.E., KIM J. and HOOPINGARNER J., 1988 - *Atlas of African rainfall and its interannual variability*. Édité. Department of Meteorology, Florida State University Tallahassee, Floride, 237 p.
- 158- OLMO- VIDAL J.M., 2006 - *Atles Ortòpters de Catalunya i llibre vermell*. Generalitat de Catalunya, Barcelona, 428p.
- 159- O.N.M., 2015 - *Office National de Météorologie*. Station régionale Aéroport National Ferhat Abbas de Jijel.
- 160- OUDJIANE A., DOUMANDJI S., DAOUDI-HACINI S. et BOUSSAD F., 2014 - Biodiversité des inventaires entomologiques dans la région de Tizirt. *AFPP – Proceeding de la dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier 22 et 23 octobre 2014*, p1- 7.
- 161- OULD ELHADJ. M.D., 2004 - *Le problème acridien au Sahara algérien*, Thèse Doct. Inst. Nat. Agr., El Harrach, 276 p.
- 162- OZENDA P., 1991 - Les relations biogéographiques des montagnes sahariennes avec la région méditerranéenne. *Rev. Géo. Alpine*, 1: 43-53.
- 163- PALMERA R. and STROBECK C., 1986 - Fluctuationg asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Annal Review of Ecological systematics*, 17: 391-421.
- 164- PASQUIER P., 1929 - *La lutte contre les sautrelles en Algérie*. Ancienne imprimerie V. Heintz, Alger, 73 p.

- 165- PAVIDA D.L., LAMPMAN G.M. and KRIZ G.S, 1976 - *Introduction to organic laboratory techniques*. Ed. W.B. Saunders Co. Philadelphia, 567 p.
- 166- PENER M.P. and SHULOV A., 1960 - The Biology of *Calliptamus palaestinensis* BDHMR. With special reference to the development of the eggs. *Bull. Res. Counc. of Israël*, vol. 9b: 131-150.
- 167- PETIT D., 2007 – Comment interpréter la variabilité de la longueur des élytres chez deux Acrididae Gomphocerinae des montagnes de Corse ? Conference: Insectes d'altitude, insectes en altitude. 1 *Actes des premières rencontres entomologiques du Massif central. Parc naturel régional Livradois-Forez et Société d'Histoire naturelle Alcide-d'Orbigny, France*, pp: 1-6.
- 168- PETIT D., PICAUD F. et EL GHADRAOUI L., 2006 - Géométrie morphologique des ailes des Acrididae (Orthoptera, Caelifera) : sexe, stridulation, caractère. *Annales de la Société entomologique de France*, 42 (1): 63-73.
- 169- P.N.T., 1986 – *Les mammifères et les oiseaux du PNT*. Document Parc National de Taza, Jijel, 90p.
- 170- POPOV G. B., 1989- *Nymphs of the Sahelian grasshoppers. an illustrated guide*, Overseas Development Natural Resources Institute(ODNRI), Chatham, 158 p.
- 171- POPOV G.B., 1996- Quelques effets de la sécheresse sahélienne sur la dynamique des populations acridiennes, *Sécheresse*, 7(2): 91-97.
- 179- QUEZEL P. et SANTA S. 1962- *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*, Ed. CNRS, Paris, 1: 1-565.
- 172- QUINN A. E., GEORGES A., SARRE S. D., GUARINO F., EZAZ T. and GRAVES J. A., 2007 - Temperature Sex Reversal Implies Sex Gene Dosage in a Reptile. *Science*, 316 (5823): 411, DOI: 10.1126.
- 173- RAKOTOMALALA R., 2012 - *Analyse de corrélation: Etude des dépendances, variables quantitatives*. Université de Lyon 2, 83 p.
- 174- RAMADE F., 1984 – *Éléments d'écologie. Ecologie fondamentale*. Ed. Mac. Graw Hill, Paris, 197p.
- 175- RAMADE F., 2003– *Éléments d'écologie fondamentale*. Ed. Dunod, Paris, 690 p.
- 176- RAMADE F., 2009 - *Éléments d'écologie. Ecologie fondamentale*. Ed. Dunod, Paris, 689 p.

- 177- REBBAS K., 2014 - *Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National de Gouraya et des sites d'intérêt biologique et écologique de la région de Bejaïa*. Thèse doct., Univ.de Sétif, 180 p.
- 178- REGNAULT-ROGER C., VINCENT C. et PHILOGENE B J. R., 2002 - *Produits phytosanitaires, insecticides d'origine végétale : promesses d'hier et d'aujourd'hui*. In: *Biopesticides d'origine végétale*. TEC et DOC. Ed. Lavoisier, Paris. 1013 p.
- 179- RIDET J.M., PLOTEL R. et RAMADE F., 1992- *Zoologie des protozoaires aux échinodermes*. Ed. Marketing, Paris, 215p.
- 180- RIVAS-MARTINEZ S., 1996 - *Geobotanica y bioclimatologia*. Universidad de Grenada, pp: 23-75.
- 181- ROUIBAH M., 1994- Etude du régime alimentaire de *Calliptamus barbarus* et de *Dociostaurus jagoi jagoi* dans la région de Jijel. Journée d'Acridologie, 21 mars 1994, Dép. Zool. agri. For. Inst. Nat. Agro., El Harrach. P.7-8.
- 182- ROUIBAH M., 2011- Etude par l'analyse factorielle des correspondances de la répartition des Orthoptères dans trois stations du Parc National de Taza. *Colloque national sur la santé végétale et l'environnement, 3 et 4 mai 2011, Université de Mascara*.
- 183- ROUIBAH M. et DOUMANDJI S., 2006- Etude du développement ovarien de *Calliptamus barbarus* dans la région de Jijel. *1^{er} congrès international d'entomologie et de nématologie. Inst.Nat.Agr., El Harrach, 17au 20 avril 2006*.
- 184- ROUIBAH M. et DOUMANDJI S., 2012- Systématique des Orthoptères dans le Parc National de Taza (Jijel). *3^{ème} Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichtyologie, Marrakech, Maroc, 6-10 novembre, 2012, p138*.
- 185- ROUIBAH M. et DOUMANDJI S., 2013 - Inventaire de trois peuplements d'Orthoptères dans le Parc National de Taza (Jijel, Algérie). *Travaux de l' Institut Scientifique, Rabat, Série Zoologie, 49: 71-77*.
- 186- ROY J., 1961 - *Historique de la lutte contre le Criquet Pèlerin*. Texte des conférences données au premier cours en matière de lutte antiacridienne. F.A.O., Rome, 190 p.
- 187- SAGLAM I.K., KUÇUKYLDIRIM S. and CAGLAR S., 2013 - Diversification of montane species via elevation shifts: the case of the Kaçkar cricket *Phonochorion*

- (Orthoptera). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 52 (3): 177-189
- 188- SCHERRER B., 1984- *Comparaison des moyennes de plusieurs échantillons indépendants. Tiré de Bio statistiques*, Ed. Gaétan Morin, Québec, 850p.
- 189- SELMI L., 1991- *Polymorphisme géographique de l'espèce Calliptamus barbarus (Costa, 1836) (Orthoptera: Acrididae)*. Mémoire de DEA, Univ. Orsay, Paris sud, 30 p.
- 190- SELTZER P., 1946 – *Le climat de l'Algérie*. Inst. Météo. Phys. Glob., Univ. Alger, 219p.
- 191- SINGH BA., CHATURVEDI JP., NARENDER T. and SRIVASTAVA KA., 2008- Preliminary studies on the hypoglycemic effect of *Peganum harmala* l. Seeds ethanol extract on normal and streptozotocin induced diabetic rats. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 23: 391-393.
- 192- SLICE D.E., 2007 - Geometric Morphometrics. *Anthropol*, 36: 261-281.
- 193- SOFRANE Z., DUPONT S., CHISTIDÈS JP., DOUMANDJI S. and BAGNÈRES AG., 2015- Revision of the systematics of the genus *Calliptamus* Serville 1831 (Orthoptera: acrididae: Calliptaminae) in Algeria using morphological, chemical, and genetic data. *Annales de la Société Entomologique de France (NS)*. 51:78–88.
- 194- SOUTTOU K., 2010 – *Bioécologie de quelques espèces de rapaces diurnes en Algérie*. Thèse Doct., dép. Zool. agri. for., Ecol. Nat. Sup. Agr., El Harrach, 386 p.
- 195- STOLYANOV M. V., 2000 - Cyclicity and some characteristics of mass reproduction of *Calliptamus italicus* L in Southern Russia. *Russian journal of ecology*, 31(1): 43-48.
- 196- SWORD G.A., SENIOR L.B., GOSKIN J.F. and JOERN A. ,2007 - Double trouble for grasshoppers molecular systematics: intraindividual heterogeneity of Both mitochondrial 12 S- valine-16S and nuclear internal transcribed spacer ribosomal DNA sequences in *Hesperottetix viridis* (Orthoptera: Acrididae). *Systematic Entomology* 32(3): 420-428.
- 197- TAHRI N., RHALEM N. et SOULAYMANI R., 2004 - L'intoxication au Harmal, *Peganum harmala*. *Esperance Med*, 10: 5.
- 198- TEKKOUK F., 2012 - Ecological study of four population acridians (*insecta-Orthoptera*) area of El-Aouana (Jijel-Algeria). *Agric. Biol. Journal of North America*, 3(2): 57-68.

- 199- TERMIER M., 1991 - Les capacités de dispersion en vol de deux Orthoptères *Acrididae* (*Calliptamus italicus* (Linné, 1758) et *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) : données expérimentales et simulation. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 116 (3-4): 253-259.
- 200- TUMBRINK J., 2006 - An annotated checklist of the Orthoptera (Saltatoria) of Cyprus. *Articulata*, 21:121-159.
- 201- UMBERS KDL, DENNISON S, MANAHAN CA, BLONDIN L, PAGÉS C, RISTERUCCI A-M and CHAPUIS M-P., 2012 - Microsatellite markers for the chameleon grasshopper (*Kosciuscola tristis*) (Orthoptera: acrididae), an Australian alpine specialist. *International Journal of Molecular Sciences*. 13:12094-12099.
- 202- UVAROV B.P., 1966 - *Grasshoppers and Locusts*. Vol I. Cambridge University Press, Londre, 481p.
- 203- VERNE S., JOHNSON M., BOUCHON D. and GRANDJEAN F., 2011 - Effect of parasitic sex ratio distorters on host genetic structure in the *Armadillidium vulgare*-*Wolbachia* association, *Journal of evolutionary biology*, 25: 264-276.
- 204- VIEIRA V. et PINTUREAU B., 1993 - Comparaison morpho métrique et enzymatique des populations de *Mythimna unipuncta* (Haworth) (Lepidoptera: Noctuidae), *Agronomie*, 13: 771-782.
- 205- VOISIN J.F., 1979 - La détermination des *Omocestus* de la faune de France (*Orthoptéra : Acrididae*). *Bull. Ent. France*, T.84, 8 (3-4): 49-52.
- 206- WEESIE P.-D.-M. et BELEMSOBGO U., 1997 - Les rapaces diurnes du Ranch de gibier de Nazinga (Burkina Faso). *Alauda*, 65 (3): 263 - 278.
- 207- ZERM M., WIESNER J., LEDEZMA J., BRZOSKAD., DRECHSEL U., SICCHINA A.C., RODRIGUEZ J.P., MARTINSEN L., ADIS J. and BACHMANN L. 2007 - Molecular phylogeny of *Megacephalina* Horn 1910 Tiger beetles(Coleoptera: Cicindelidae). *Neotropical Fauna and Environment*, 42: 211-219.
- 208- ZHANG D.X. and HEWITT G.M. ,1996. Highly conserved nuclear copies of the mitochondrial control region in the desert locust *Shistocerca gregaria*: Some implications for the population studies. *Molecular Ecology*, 5: 295-300.

Autres références

- 1- BEN KENANA N. et HARRAT A., 2011- Etude bioécologique de la faune Acridienne dans la Sebkha (Région d'Oum-El- Bouaghi) et régime alimentaire de *Calliptamus barbarus* (Costa ,1836) et *Ochrilidiageniculata* (Bolivar 1913). Article disponible sur le site: <http://www.youscribe.com/chaes/>.
- 2- DRUMMOND A.J, ASHTON B., BUXTON S., CHEUNG M., COOPER A., DURAN C., FIELD M., HELED J., KEARSE M., MARKOWITZ S., MOIR R., STONES HAVAS S., STURROCK S., THIERER T. and WILSON A. , 2011 - Geneious version 5.4. disponible sur <http://www.geneious.com/>
- 3- EADES D.C., OTTE D., CIGLIANO M.M. and BRAUN H., 2014 - OrthopteraSpecies File. Version 5.0/5.0. [retrieval date]. Disponible sur <http://Orthoptera.SpeciesFile. online>
- 4- MBIANTCHA M., KAMANYI A., TEPONNO R.B., TAPONDJOU A.L., WATCHO P. and NGUELEFACK T.B., 2011. Analgesic and Anti-Inflammatory Properties of Extracts from the Bulbils of *Dioscorea bulbifera* L. var *sativa* (Dioscoreaceae) in Mice and Rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. Vol. 2011, Article ID 912935, 9 pages. Disponible sur <http://dx.doi.org/10.1155/2011/912935>.
- 5- RAZOULS C., DE BOVEE F., KOUWENBERG J. et DESREUMAUX N., 2008 - Diversité et répartition géographique chez les Copépodes planctoniques marins. Disponible sur <http://copepodes.obs-banyuls.fr>
- 6- RHOLF F.J., 1997 – TPS-RelW, relative warps vers. 1.11. Logiciel et manuel. *Ecology & evolution* SUNY at SUNY Stony Brook. Disponiblesur <http://life.bio.sunysb.edu/morph/morphnet/tpsrelww32.exe>.
- 7- RHOLF F.J., 2013 – TPS-Super relative warps vers 2.00. Logiciel et manuel. *Ecology & evolution* SUNY at SUNY Stony Brook. Disponiblesur <http://life.bio.sunysb.edu/morph/morphnet/tpsrelww32.exe>
- 8- TARAVATI S. and DARVISH J., 2010 – GMTP Version. 2.1. Manual. *Geometric Morphometrics Tools Package*. Disponible sur <http://tenebrionidae.net/files/GMTPmanual.pdf>

ANNEXES

Annexe1

Tableau 9- Etages de végétation constituant les forêts dans la région de Jijel (B.N.E.F., 1986, modifié)

Série de végétation	Espèces végétales
Série de chêne Zeen	<i>Quercus afares</i> <i>Erica arborea</i> <i>Cytisus trifloris</i> <i>Quercus faginea</i> <i>Vinca difformis.</i> <i>Laurus nobilis</i> <i>Agrimonia eupatoria</i>
Série de chêne liège	<i>Arbutus unedo</i> <i>Erica arborea</i> <i>Cystus monspeliensis</i> <i>Pistacia lentiscus</i> <i>Myrtus comunis</i> <i>Rubus ulmifolius</i>
Les Ripisylves	<i>Alnus glutinosa</i> <i>Prunus avium</i> <i>Salix pedicellata</i> <i>Fraxinus angustifolia</i> <i>Populus nigra</i> <i>Nerium oleander</i>
Végétation du bord de mer	<i>Quercus coccifera</i> <i>Olea europea</i> <i>Pistacia lentiscus</i> <i>Erica arborea</i> <i>Chamaerops humilis</i> <i>Lonicera implexa</i>

Tableau 10- Entomofaune non Orthopterologique du Parc National de Taza, (ROUIBAH et DOUMANDJI, 2012)

Nom scientifique	Famille	Ordre
<i>Machilis sp</i>	Machilidae	Tysanorata
<i>Sympetrum deprecisculum sanguineum</i>	Libellulidae	Odonatoptera
<i>Ameles africana</i>	Mantidae	Mantoptera
<i>Empusa pennata</i>	=	=
<i>Mantis religiosa</i>	=	=
<i>Anisolabus mauritanicus</i>	Labiduridae	Dermaptera
<i>Lygaeus equestris</i>	Lygaeidae	Hemiptera
<i>Sciocoris macrocephalus</i>	Pentatomidae	=
<i>Fulgura europa</i>	Fulgoridae	Homoptera
<i>Brachycerus sp</i>	Brachyceridae	Coleoptera
<i>Chrysomela chloris</i>	Chrysomelidae	=
<i>Chrysomela lurrida</i>	=	=
<i>Chrysomela menthastri</i>	=	=
<i>Cicendela campestris</i>	Cicendelidae	=
<i>Sitona lineatus</i>	Curculionidae	=
<i>Hypera sp</i>	=	=
<i>Pseudocleonus aularis</i>	=	=
<i>Coccinella septempunctata</i>	Coccinellidae	=
<i>Geotrupes niger</i>	Trogidae	=
<i>Trox sabulosus</i>	=	=
<i>Lampyris noctulica</i>	Lampyridae	=
<i>Notiophilus quadripunctatus</i>	Carabidae	=
<i>Pachychila glabra</i>	Tenebrionidae	=
<i>Sisyphus schaefferi</i>	Scarabeidae	=
<i>Apis mellifica</i>	Apidae	Hymenoptera
<i>Nessor barbara</i>	Formicidae	=
<i>Cataglyphis bicolor</i>	=	=
<i>Polistes gallicus</i>	Vespidae	=
<i>Vespa germanica</i>	=	=
<i>Sphex sp</i>	Sphaegidae	=
<i>Asilus barbarus</i>	Asilidae	Diptera
<i>Musca domestica</i>	Muscidae	=
<i>Sarcophaga sp</i>	Sarcophagidae	=
<i>Vanessa atalanta</i>	Nymphalidae	Lepidoptera
<i>Colias croceus</i>	Pieridae	=
<i>Aporia crataegi</i>	=	=
<i>Iphiclides feisthamelii</i>	Papilionidae	=
<i>Papilio machaon</i>	=	=
<i>Genopteryx rhamni</i>	=	=
<i>Polymmatius icarus</i>	Lycaenidae	=

Tableau 11 - Les Reptiles et Amphibiens de la région de Jijel (B.N.E.F, 1986)

Nom scientifique	Nom vulgaire	Famille	classe
<i>Testudo graeca</i>	la tortue mauresque	Testudinidae	Reptiles
<i>Tarentula mauritanica</i>	la Tarente de Mauritanie	Phyllodactylidae	=
	le caméléon commun		
<i>Chamaeleo vulgaris</i>	la couleuvre vipérine	Chamaeleonidae	=
<i>Natrix maura</i>	la couleuvre fer à cheval	Natricidae	=
<i>Coluber hippocrepis</i>	le scinque (gongule) ocellé	Colubridae	=
<i>Chalcides ocellatus</i>	la lagartija andaluza	Scincidae	=
<i>tiligugu</i>	le lézard des murailles		
<i>Podarcis vaucheri</i>	le psammodrome algire	Lacertidae	=
<i>Podarcis murailles</i>	la tortue marine	=	=
<i>Psammodomus algirus</i>	la grenouille rieuse	=	=
<i>Caretta caretta</i>	le discoglosse peint	Cheloniidae	=
<i>Rana ridibunda</i>	le crapaud commun	Ranidae	Amphibiens
<i>Discoglossus pictus</i>	la salamandre tachetée	Discoglossidés	=
<i>Bufo bufo</i>		Bufoinidae	=
<i>Salamandra salamandra</i>		Salamandridae	=

Tableau 12- Les Oiseaux de la région de Jijel (B.N.E.F, 1986)

Nom scientifique	Nom vulgaire	Famille	Ordre
<i>Aquila fasciata</i>	Aigle de Bonelli	Accipitridae	Accipitriformes
<i>Aquila pennata</i>	Aigle botté	=	=
<i>Aquila chrysaetos</i>	Aigle royal	=	=
<i>Aquila nipalensis</i>	Aigle des steppes	=	=
<i>Pandicus baliaetus</i>	Balbusard fluviatile	=	=
<i>Cyps fulvus</i>	Vautour fauve	=	=
<i>haliaetus</i>	Vautour percnoptère	=	=
<i>percnopterus</i>			
<i>Neophron pandion</i>	Balbusard pêcheur	Pandionidae	=
<i>Falco peregrinus</i>	Faucon pèlerin	Falconidae	Falconiformes
<i>Falco eleomora</i>	Faucon d'éléonore	=	=
<i>Falco tinnunculus</i>	Faucon crécerelle	=	=
<i>Falco columbarius</i>	Faucon émerillon	=	=
<i>Bubo ascalaphus</i>	Hibou grand-duc	Strigidae	Strigiformes
<i>Tyto alba</i>	Chouette effraie	=	=
<i>Strix aluco</i>	Chouette hulotte	=	=
<i>Athene noctua</i>	Chouette chevêche		=
<i>Alectoris barbara</i>	Perdrix gabra	Phasianidae	Galliformes
<i>Columbia livia</i>	Pigeon bisot	Columbidae	Columbiformes
<i>Columbia polumbus</i>	Pigeon ramier	=	=
<i>Streptopelia turtur</i>	Tourterelle des bois	Picidae	Piciformes
<i>Picus viridis</i>	Pic vert	=	=
<i>Upapa epops</i>	Pic épeiche	=	=
<i>Dendrocopos minor</i>	Pic épeichette	=	=
<i>Jynx torquilla</i>	Torcol fourmilier	=	=
<i>Gavia stellata</i>	Plongeon catmarin	Gavidae	Gaviformes
<i>Gavia aratica</i>	Plongeon aratique	=	=
<i>Tadorna tadorna</i>	Tadorne de belon	Anatidae	Anseriformes

<i>Melanita nigra</i>	Macreuse noir	=	=
<i>Anser anser</i>	Oie cendrée	=	=
<i>Arenaria interpres</i>	Tourne pierre à collier	Charadrudae	Charadriformes
<i>Calidris apina</i>	Becasseau variable	Scolopacidae	=
<i>Philomacrus pugnax</i>	Chevalier combattant	=	=
<i>Larus fuscus</i>	Géoland brun	Laridae	=
<i>Larus michahellis</i>	Goéland leucophée	=	=
<i>Ichthyaetus audouinii</i>	Goéland d'Audouin	=	=
<i>Himantopus</i>	Echasse blanche	Récurvirostridae	=
<i>himantopus</i>			
<i>Emberiza cia</i>	Bruant fou	Emberizidae	Passeriformes
<i>Emberiza hortulana</i>	Bruant ortolan	=	=
<i>Cinclus cinclus</i>	Cincle plongeur	Cinclidae	=
<i>Carduelis carduelis</i>	Chardonneret élégant	Fringillidae	=
<i>Coccothraustes</i>	Gros bec	=	=
<i>Coccothraustes</i>			
<i>Serinus serinus</i>	Serin cini	=	=
<i>Sitta ledanti</i>	Sittelle kabyle	Sittidae	=
<i>Sturnus vulgaris</i>	Etourneau unicolore	Sturnidae	=
<i>Oriolus oriolus</i>	Loriot d'Europe	Oriolidae	=
<i>Corvus corax</i>	Grand corbeau	Corvidae	=
<i>Garrulus glandarius</i>	Gosi des chênes	=	=
<i>Parus ater</i>	Mésange noire	Acrocephalidae	=
<i>Acrocephalus</i>	Phragmite des joncs	=	=
<i>schoenobaenus</i>			
<i>Turdus viscivorus</i>	Grive draine	Turdidae	=
<i>Passer domesticus</i>	Moineau domestique	Passeridae	=
<i>Buteo rufinus</i>	Buse féroce	Accipitridae	Accipitriformes
<i>Buteo buteo</i>	Buse variable	=	=
<i>Circus aeruginosus</i>	Busard des roseaux	=	=
<i>Circus pygargus</i>	Busard cendré	=	=
<i>Pernis apivorus</i>	Bondrée apivore	=	=
<i>Circaetus gallicus</i>	Cicraète jean le blanc	=	=
<i>Accipiter nisus</i>	Epervier d'Europe	=	=
<i>Milvus migrans</i>	Milan noir	=	=
<i>Milvus milvus</i>	Milan royal	=	=
<i>Egretta garzetta</i>	Aigrette garzette	Ardeidae	Pelecaniformes
<i>Ardea alba</i>	Grande aigrette	=	=
<i>Ardea purpurea</i>	Héron pourpre	=	=
<i>Ardeola ralloides</i>	Héron crabier	=	=
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Héron bihoreau	=	=
<i>Botaurus stellaris</i>	Butor étoilé	=	=
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Grand cormoron	Phalacrocoracidae	Suliformes
<i>Phalacrocorax</i>	Cormoran huppé	=	=
<i>aristotelis</i>			
<i>Ciconia ciconia</i>	Cigogne blanche	Ciconiids	Ciconiiformes
<i>Alcedo atthis</i>	Martin pêcheur	Alcedinidae	Coraciiformes
<i>Merops apiaster</i>	Guêpier d'Europe	Méropidés	=
<i>Upupa epops</i>	Huppe fasciée	Upupidae	=
<i>Phoenicopterus roseus</i>	Flammant rose	Phoenicoptéridae	Phoenicopteriformes

<i>Cuculus canorus</i> <i>Apus affinis</i>	Coucou gris Martinet à croupion blanc	Cuculidae Apodidae	Cuculiformes Apodiformes
---	---	-----------------------	-----------------------------

Tableau 13 - Les mammifères de la région de Jijel (B.N.E.F, 1986)

Nom scientifique	Nom vulgaire	Famille	Ordre
<i>Sus scrofa</i>	Sanglier	Suidae	Artiodactyle
<i>Macaca sylvanus</i>	Singe magot	Cercopithecidae	Primate
<i>Canis curens</i>	Chacal	Canidae	Carnivore
<i>Canis aureus</i>	<i>Chacal doré</i>	=	=
<i>Vulpes vulpes</i>	Renard roux	=	=
<i>Herpestes ichneumon</i>	Mangouste		=
<i>Felix sylvestris</i>	Chat sauvage	Felidae	=
<i>Felis caracal</i>	Lynx caracal		
<i>Mustela nivalis</i>	Belette	Mustelidae	Rongeur
<i>Hystrix cristata</i>	Porc-épic	Hystriidae	=
<i>Lepus capensis</i>	Lièvre brun	Leporidae	Lagomorphe
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Lapin de garenne	=	=
<i>Lutra lutra</i>	Loutre	Mustelidae	Carnivores
<i>Erinaceus sp</i>	Hérisson	Erinaceidae	Inssectivores
<i>Genetta genetta</i>	Genette commune	Viverridae	Carnivores
<i>Eliomys quercinus</i>	Lérot	Gliridae	Rodentia
<i>Rattus rattus</i>	Rat noir/Rat des greniers	Muridae	Rongeur
<i>Hyaena hyaena</i>	Hyène rayée	Hyenidae	Carnivores
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Petit rhinolophe	Rhinolophidae	Chiroptera
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Grand rhinolophe	=	=
<i>Stenella caeruleoalba</i>	Dauphin bleu et blanc	Delphinidae	Cetacea
<i>Delphinus delphis</i>	Dauphin commun	=	=
<i>Tursiops truncatus</i>	Dauphin souffleur	=	=
<i>Grampus griseus</i>	Dauphin risso-marsouin	=	=

Tableau 15 – Inventaire de la flore au niveau de la station de Texenna

Nom scientifique	Famille
<i>Vulpia myurois</i>	Poaceae
<i>Cynodon dactylon</i>	=
<i>Hordeum murinum</i>	=
<i>Lolium multiflorum</i>	=
<i>Bromus molus</i>	=
<i>Dactylis glomerata</i>	=
<i>Poa annua</i>	=
<i>Medicago hispida</i>	Fabaceae
<i>Trifolium pratens</i>	=
<i>Genista ulicina</i>	=
<i>Calycotum spinosa</i>	Asteraceae
<i>Galactites tomentosa</i>	=
<i>Chrysanthemum segetum</i>	=
<i>Bellis annua</i>	=
<i>Inula viscosa</i>	=
<i>Scolimus hispanicus</i>	=
<i>Urginia maritima</i>	Liliaceae
<i>Crepis vesicaria</i>	Composae
<i>Evax argenta</i>	=
<i>Taraxacum sp</i>	=
<i>Plantago coronopus</i>	Plantaginaceae
<i>Plantago lanceolata</i>	=
<i>Anagalis arvensis</i>	Primulaceae
<i>Anagalis foemina</i>	=
<i>Anagalis monelli</i>	=
<i>Daphne gnedium</i>	Thymelaceae
<i>Rubus hulmifolus</i>	Rosaceae
<i>Mentha pulegium</i>	Lamiaceae
<i>Rumex bucephalophorus</i>	Polygonaceae
<i>Echium plantagineum</i>	Boraginaceae
<i>Cistus monspeliensis</i>	Cistaceae
<i>Galium sp</i>	Labiaceae
<i>Verbascum sinuatum</i>	Scrofulariaceae

Tableau 16 - Inventaire de la flore au niveau de la station de Kissir

Nom scientifique	Famille
<i>Phalaris bulbosa</i>	Poaceae
<i>Vulpia myurois</i>	
<i>Cynodon dactylon</i>	
<i>Avena sterilis</i>	
<i>Hordeum murinum</i>	
<i>Lolium multiflorum</i>	
<i>Bromus molus</i>	
<i>Chrysanthemum myronis</i>	Asreraceae

<i>Galactites tomentosa</i>	=
<i>Bellis annua</i>	=
<i>Inula viscosa</i>	=
<i>Trifolium sp</i>	Fabaceae
<i>Medicago hispida</i>	=
<i>Vicia sativa</i>	=
<i>Quercus suber</i>	=
<i>Echium plantagineum</i>	Boraginaceae
<i>Cynoglossum officinalis</i>	=
<i>Rumex bucephalophorus</i>	Polygonaceae
<i>Polygonum oviculare</i>	=
<i>Carex sp</i>	Cyperaceae
<i>Cyperus sp</i>	=
<i>Ulmus sp</i>	Ulmaceae
<i>Euphorbia sp</i>	Euphorbiaceae
<i>Scabiosa columbaria</i>	Dipsacaceae
<i>Silene inflata</i>	Caryophyllaceae
<i>Galium sp</i>	Labiaceae
<i>Thymus ciliatus</i>	=
<i>Cistus monspeliensis</i>	Cistaceae
<i>Daphne gnidium</i>	Thymelaceae
<i>Fedia cornicopia</i>	Valerianaceae
<i>Rubus ulmifolus</i>	Rosaceae
<i>Rosa sempervirens</i>	=
<i>Centaurium sp</i>	Gentianaceae
<i>Mentha pulegium</i>	Lamiaceae
<i>Gladiolus segetum</i>	Iridaceae
<i>Daucus carota</i>	Ombeliferae
<i>Plantago lanceolata</i>	Plantaginaceae
<i>Anagalis arvensis</i>	Primulaceae
<i>Crepis vesicaria</i>	Compositae
<i>Taraxacum sp</i>	=

Tableau 17 : Inventaire de la flore au niveau de la station de Jijel

Nom scientifique	Famille
<i>Avena sterilis</i>	Poaceae
<i>Cynodon dactylon</i>	=
<i>Ampelodesma mauritanica</i>	=
<i>Vulpia myuros</i>	=
<i>Dactylis glomerata</i>	=
<i>Brachypodium distachium</i>	=
<i>Lolium multiflorum</i>	=
<i>Phalaris bulbosa</i>	=
<i>Echium plantagineum</i>	Boraginaceae
<i>Cynoglossum creticum</i>	=
<i>Sonchus oleraceus</i>	Asteraceae

<i>Urospermum picroides</i>	=
<i>Senecio vulgaris</i>	=
<i>Galactites tomentosa</i>	=
<i>Scolymus hispanicus</i>	=
<i>Crepis vesicaria</i>	=
<i>Plantago serraria</i>	Plantaginaceae
<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae
<i>Lathyrus ochrus</i>	=
<i>Melilotus infesta</i>	=
<i>Hedysarum coronarum</i>	=
<i>Vicia sativa</i>	=
<i>Genista ulicina</i>	=
<i>Lythrum junceum</i>	Lythraceae
<i>Anagalis moniliae</i>	Primulaceae
<i>Silene inflata</i>	Caryophyllaceae
<i>Dianthus caryophyllus</i>	=
<i>Oxalis pes-caprae</i>	Oxalidaceae
<i>Centaurium maritimum</i>	Gentianaceae
<i>Gladiolus segetum</i>	Tridaceae
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Brassicaceae
<i>Ficus carica</i>	Moraceae
<i>Pittosporum tobira</i>	Pittosporaceae
<i>Ranunculus muricatus</i>	Ranunculaceae
<i>Solanum nigrum</i>	Solanaceae
<i>Juncus aquitius</i>	Juncaceae
<i>Eryngium tricuspdatum</i>	Apiaceae
<i>Lavandula stoechas</i>	Lamiaceae
<i>Satureja mentaefolia</i>	=

Tableau n°18: Inventaire de la flore au niveau de la station de Béni Caid

Nom scientifique	Famille
<i>Rumex sp</i>	Polygonaceae
<i>Erica arborea</i>	Ericaceae
<i>Daphne gnedium</i>	Thymelaceae
<i>Myrtus comminis</i>	Myrtaceae
<i>Lythrum junceum</i>	Lythraceae
<i>Pistacia lentiscus</i>	Anacardiaceae
<i>Silene gallica</i>	Caryophyllaceae
<i>Cistus monspeliensis</i>	Cistaceae
<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae
<i>Lolium multiflorum</i>	=
<i>Avena sterilis</i>	=
<i>Phalaris bulbosa</i>	=
<i>Lagyrus ovatus</i>	=
<i>Bromus mollus</i>	=
<i>Asparagus aquitifolus</i>	Liliaceae
<i>Asphodelus ramosus</i>	=

<i>Ranunculus spicalum</i>	Ranunculaceae
<i>Dacus carota</i>	Ombelliferae
<i>Rubus ulifolius</i>	Rosaceae
<i>Crataegus oxyacantha</i>	=
<i>Galactites tomtntosa</i>	Asteraceae
<i>Chrysanthemum fontaneii</i>	=
<i>Calendula arvensis</i>	=
<i>Sonchus oleraceus</i>	=
<i>Centaurea napifolia</i>	=
<i>Calycotome spinosa</i>	=
<i>Cichorium intibus</i>	=
<i>Andryala integrifolia</i>	=
<i>Centaurea napifolia</i>	=
<i>Inula viscosa</i>	=
<i>Echium viperium</i>	Boraginaceae
<i>Mentha pullegium</i>	Lamiaceae
<i>Salvia officinalis</i>	=
<i>Stachys sp</i>	=
<i>Anagalis arvensis</i>	Primulaceae
<i>Hedysarium coronarium</i>	Fabacea
<i>Genista ulicina</i>	=
<i>Visia ochroleuca</i>	=
<i>Quercus suber</i>	=
<i>Quercus ilex</i>	=
<i>Melilotus infesta</i>	=
<i>Trifolium repens</i>	=
<i>Linaria reflexa</i>	Scrophulariaceae
<i>Gladiolus communis</i>	Iridaceae
<i>Smilax aspersa</i>	Smilacaceae
<i>Centaurium pulchelum</i>	Gentianaceae
<i>Synapis arvensis</i>	Cruciferae
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	Cyperaceae

Tableau n° 19 : inventaire de la flore au niveau de la station de Béni Bélaid

Nom scientifique	Famille
<i>Anagalis arvensis</i>	Primulaceae
<i>Silene galica</i>	Caryophilacea
<i>Linum usitatissimum</i>	
<i>Hedysarium coronarium</i>	Fabaceae
<i>Medicago sp</i>	=
<i>Retama retama</i>	=
<i>Genista ulicina</i>	=
<i>Lotus corniculatus</i>	=
<i>Phalaris bulbosa</i>	Poaceae
<i>Avena sterilis</i>	=
<i>Hordeum murinum</i>	=
<i>Vulpia myurois</i>	=
<i>Cynodon dactylon</i>	=

<i>Lagyrus ovatus</i>	=
<i>Bromus mollus</i>	=
<i>Aegilops vergata</i>	=
<i>Plantago lagopus</i>	Plantaginaceae
<i>Plantago lanceolata</i>	=
<i>Galactites tomentosa</i>	Asteraceae
<i>Chamaemelum nobile</i>	=
<i>Echinops spinosissimus</i>	=
<i>Centaurea calcitropa</i>	=
<i>Andryala integrifolia</i>	=
<i>Asphodelus ramosus</i>	Liliaceae
<i>Allium ampelloparasum</i> L	Aliaceae
<i>Erodium macatum</i>	Geraniaceae
<i>Zyziphus lotus</i>	Rhamnaceae
<i>Ornithogalum umbellatum</i>	Asparagaceae
<i>Urginia maritime</i>	Urginaceae
<i>Satureja baborensis</i>	Lamiaceae
<i>Verbascum sinuatum</i>	Scrophulariaceae
<i>Centaurea napifolia</i>	Compositae
<i>Scolymus hispanicus</i>	=
<i>Eryngium creticum</i>	Apiaceae
<i>Cynoglossum creticum</i>	Boraginaceae

Tableau n° 20 : Inventaire de la flore au niveau de la station d'El Emir Abdelkader

Nom scientifique	famille
<i>Vincetoxicum officinale</i>	Apocynaceae
<i>Avena sterilis</i>	Poaceae
<i>Hordeum murinum</i>	=
<i>Phalaris bulbosa</i>	=
<i>Lolium multiflorum</i>	=
<i>Cynodon dactylon</i>	=
<i>Phalaris bulbosa</i>	=
<i>Vulpia myuros</i>	=
<i>Aegiolops vergata</i>	=
<i>Galactites tomentosa</i>	Asteraceae
<i>Carduus sp</i>	=
<i>Scolymus hispanicus</i>	=
<i>Pallenis spinosa</i>	=
<i>Carthamus lanatus</i>	=
<i>Hypochaeris achyrops</i>	=
<i>Tolpis barbata</i>	=
<i>Cichorium intibus</i>	=
<i>Hedysarium coronarium</i>	Fabaceae
<i>Medicago sativa</i>	=
<i>Trifolium tomtntosum</i>	=
<i>Scorpiurus vermiculatus</i>	=
<i>Lotus corniculatus</i>	=

<i>Plantago lagopus</i>	Plantaginaceae
<i>Plantago lanceolata</i>	=
<i>Borago officinalis</i>	Boraginaceae
<i>Echium viperium</i>	=
<i>Asphodelus ramosus</i>	Liliaceae
<i>Satureja menthefolia</i>	Lamiaceae
<i>Anagalis arvensis</i>	Gentianaceae
<i>Malva rotundifolia</i>	Malvaceae
<i>Synapis dissecta</i>	Brassicaceae
<i>Euphorbia helioscopia</i>	Euphorbiaceae
<i>Rumex pulcher</i>	Polygonaceae
<i>Ballota nigra</i>	=
<i>Linum sp</i>	Linaceae
<i>Eringium tricuspidatum</i>	Apiaceae
<i>Torilis sp</i>	=
<i>Daucus carota</i>	Ombelliferae
<i>Ranunculus bubosus</i>	Ranunculaceae
<i>Ranunculus spicatus</i>	=
<i>Urginia maritima</i>	Urgenaceae
<i>Orobanche sp</i>	Orobanchaceae
<i>Lythrum junceum</i>	Lytraceae

Tableau n° 21 : Inventaire de la flore au niveau de la station d'El-Aouana

Nom scientifique	Famille
<i>Torilis sp</i>	Alliaceae
<i>Hordeum murinum</i>	Poaceae
<i>Cynodon dactylon</i>	=
<i>Brachypodium distachium</i>	=
<i>Lolium multiflorum</i>	=
<i>Vulpia myuros</i>	=
<i>Rubus ulmifolus</i>	Rosaceae
<i>Crataegus monogyna</i>	=
<i>Pistacia lentiscus</i>	Anacardiaceae
<i>Galactites tomentosa</i>	Asteraceae
<i>Scolymus hispanicus</i>	=
<i>Inula viscosa</i>	=
<i>Bellis annua</i>	=
<i>Cichorium intibus</i>	=
<i>Pallinis spinosa</i>	=
<i>Anagalis arvensis</i>	Gentianaceae
<i>Pallinis spinosa</i>	Plantaginaceae
<i>Plantago lagopus</i>	=
<i>Plantago coronopus</i>	=
<i>Hedysarium coronarium</i>	Fabaceae
<i>Trifolium sp</i>	=
<i>Echium plantagineum</i>	Boraginaceae
<i>Cynoglossum creticum</i>	=

<i>Silene fuscata</i>	Caryophyllaceae
<i>Dacus carota</i>	Ombelliferae
<i>Asphodelus ramosus</i>	Liliaceae
<i>Crepis vesicaria</i>	Composae
<i>Verbascum sinuatum</i>	Scrofulariaceae
<i>Scabiosa columbaria</i>	Dipsacea
<i>Rumex bucephalophorus</i>	Polygonaceae
<i>Lavatera punctata</i>	Malvaceae
<i>Stachys sp</i>	Lamiaceae
<i>Orobanche schultzii</i>	Orobanchaceae

Annexe 4

1-Matrice de corrélation des femelles de Texenna

	LF	IF	LE	IT	IP
LF	1.00	0.52	0.48	0.52	0.58
IF	0.52	1.00	0.13	1.00	0.63
LE	0.48	0.13	1.00	0.13	0.19
IT	0.52	1.00	0.13	1.00	0.63
IP	0.58	0.63	0.19	0.63	1.00

2-Matrice de corrélation des mâles de Texenna

	LF	IF	LE	IT	IP
LF	1.00	0.40	0.38	0.37	0.33
IF	0.40	1.00	0.35	0.51	0.45
LE	0.38	0.35	.00	0.25	0.27
IT	0.37	0.51	0.25	1.00	0.65
IP	0.33	0.45	0.27	0.65	1.00

3-Matrice de corrélation des femelles de Kissir

--	--

	LF	IF	LE	IT	IP
LF	1.00	0.64	0.64	0.36	0.60
IF	0.64	1.00	0.31	0.69	0.63
LE	0.64	0.31	1.00	0.22	0.28
IT	0.36	0.69	0.22	1.00	0.57
IP	0.60	0.63	0.28	0.57	1.00

4-Matrice de corrélation des mâles de Kissir

	LF	IF	LE	IT	IP
LF	1.00	0.28	0.16	0.20	0.25
IF	0.28	1.00	-0.44	0.81	0.58
LE	0.16	-0.44	1.00	-0.44	-0.19
IT	0.20	0.81	-0.44	1.00	0.71
IP	0.25	0.58	-0.19	0.71	1.00

5-Matrice de corrélation des Femelles de Jijel

	LF	IF	LE	IT	IP
LF	1.00	0.85	0.77	0.45	0.72
IF	0.85	1.00	0.57	0.53	0.67
LE	0.77	0.57	1.00	0.64	0.55
IT	0.45	0.53	0.64	1.00	0.43
IP	0.72	0.67	0.55	0.43	1.00

6- Matrice de corrélation des Mâles de Jijel

	LF	IF	LE	IT	IP
LF	1.00	0.12	0.53	-0.47	-0.57
IF	0.12	1.00	-0.53	0.44	0.34
LE	0.53	-0.53	1.00	-0.98	-0.96
IT	-0.47	0.44	-0.98	1.00	0.99
IP	-0.57	0.34	-0.96	0.99	1.00

Annexe 5

1-Moyenne et écart-type du couple longueur élytre/longueur fémur des femelles et des mâles de Texenna

Femelles	Moyenne	Ecart-type	N	Max	Min
Longueur des élytres	20,50	1,15	38	22,8	17,9
Longueur des fémurs	17,02	0.93	38	19	14,5
Mâles					
Longueur des élytres	12.06	0,82	25	14,3	10,8
Longueur des fémurs	9,44	0.7	25	11	8,1

2-Moyenne et écart-type du couple longueur fémur/ largeur fémur des femelles et des mâles de Texenna

Femelles	Moyenne	Ecart-type	N	Max	Min
Longueur des fémurs	17,02	0.93	38	19	14,5
Largueur des fémurs	5,47	0,49	38	6,3	4,5
Mâles					
Longueur des fémurs	9,44	0,68	25	11	8,1
Largueur des fémurs	3,37	0.40	25	4	3

3-Moyenne et écart-type du couple surface fémorale/ surface des taches fémorales des femelles et des mâles de Texenna

Femelles	Moyenne	Ecart-type	N	Max	Min
Surface fémorale	39.76	4.04	38	49.68	34
Surface des taches fémorales	6.65	0.71	38	8.18	5.8
Mâles					
Surface fémorale	11,91	1.38	25	14,02	10,03
Surface des taches fémorales	2.16	0.53	25	3.31	1,22

4-Moyennes et écart-type du couple longueur élytre /longueur fémur des femelles et des mâles de Kissir

Femelles	Moyenne	Ecart-type	N	Ma	Min
Longueur des élytres	21.07	2.30	24	25	16.1
Longueur des fémurs	16,78	1.27	24	19	13
Mâles					
Longueur des élytres	12,45	0,73	22	14	11
Longueur des fémurs	9,98	0.55	22	11	9

5-Moyenne et écart-type du couple longueur fémur/ largeur fémur des femelles et des mâles de Kissir

Femelles	Moyenne	Ecart-type	N	Ma	Min
Longueur des fémurs	16,78	1.27	24	19	13
Largeur des fémurs	5,53	0.57	24	6,2	4,2
Mâles					
Longueur des fémurs	9,98	0.55	22	11	9
Largeur des fémurs	3,63	0.32	22	4	3

6-Moyenne et écart-type du couple surface fémorale / surface des taches fémorales des femelles et des mâles de Kissir

Femelles	Moyenne	Ecart-type	N	Max	Min
Surface fémorale	42	5.25	24	51.7	33.18
Surface des taches fémorales	6.66	1.11	24	8.8	5.15
Mâles					
Surface fémorale	13,09	0.95	22	14.9	11.7
Surface des taches fémorales	2,28	0.51	22	2,91	1,21

7-Moyenne et écart-type du couple longueur élytre / longueur fémur des femelles et des mâles de Jijel

Femelles	Moyenne	Ecart-type	N	Ma	Min
Longueur des élytres	22,25	2.1	20	25,5	18
Longueur des fémurs	16.70	1.48	20	19	14.5
Mâles					
Longueur des élytres	12,07	2.34	7	14,2	9
Longueur des fémurs	10,24	0.6	7	11	9,3

8-Moyennes, écart-types du couple longueurs fémurs / largeurs fémurs des femelles et des mâles de Jijel

Femelles	Moyenne	Ecart-type	N	Ma	Min
Longueur des fémurs	16.70	1.48	20	19	14.5
Largeur des fémurs	5.7	0.83	20	7,3	4
Mâles					
Longueur des fémurs	10,24	0.6	7	11	9,3
Largeur des fémurs	3,52	0.34	7	4	3,1

9-Moyenne et écart-type du couple surface fémorale / surface des taches fémorales des femelles et des mâles de Jijel

Femelles	Moyenne	Ecart-type	N	Max	Min
Surface fémorale	46.3	3.12	18	50.5	41
Surface des taches fémorales	7,37	0.70	18	8.7	6.3
Mâles					
Surface fémorale	9.94	0.31	7	10,32	9.5
Surface des taches fémorales	3.52	0.3	7	3.93	3.2

Annexe 6

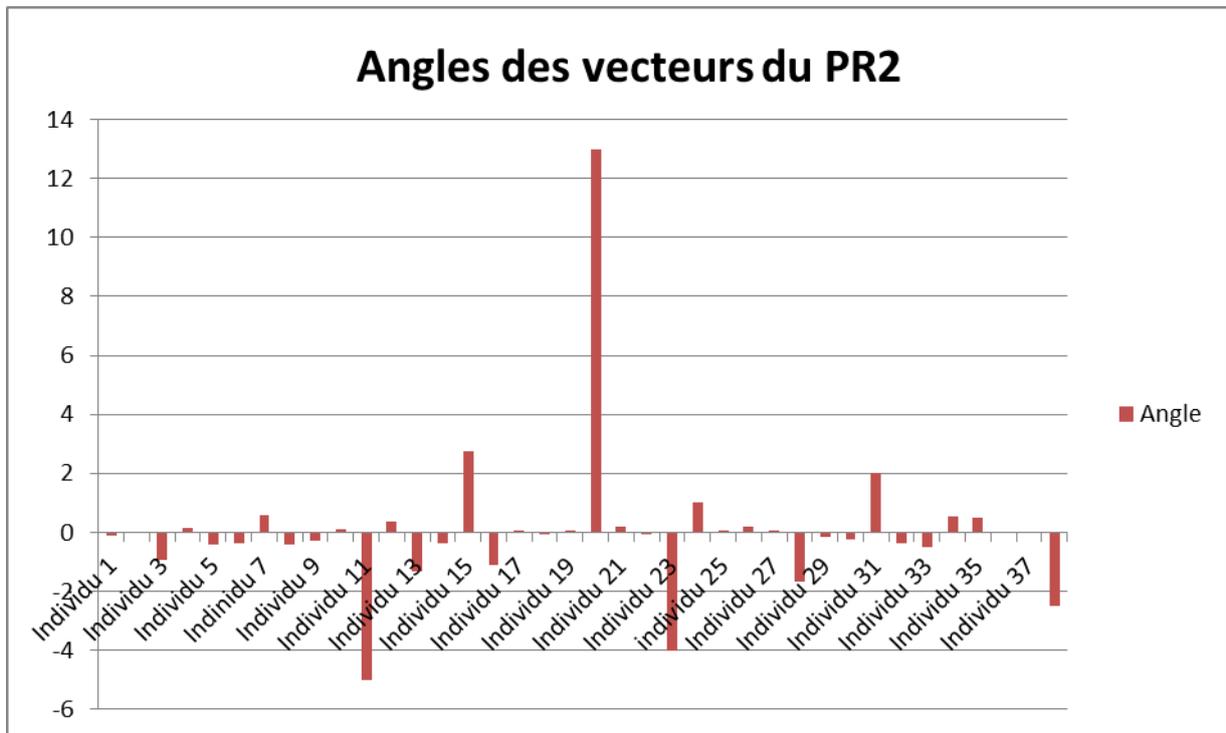
1-Analyse descriptive ANOVA pour la longueur totale en fonction des stations chez la population femelle

	N	moyenne	Ecart-type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95% pour la moyenne		Min	Max
					Borne inf.	Borne sup.		
St 1	25	17.416	.8280	.1656	17.074	17.758	16.0	19.8
St 2	22	17.736	.8220	.1753	17.372	18.101	16.4	19.0
St 3	7	18.029	2.1461	.8111	16.044	20.013	15.1	19.9
Total	54	17.626	1.0709	.1457	17.334	17.918	15.1	19.9

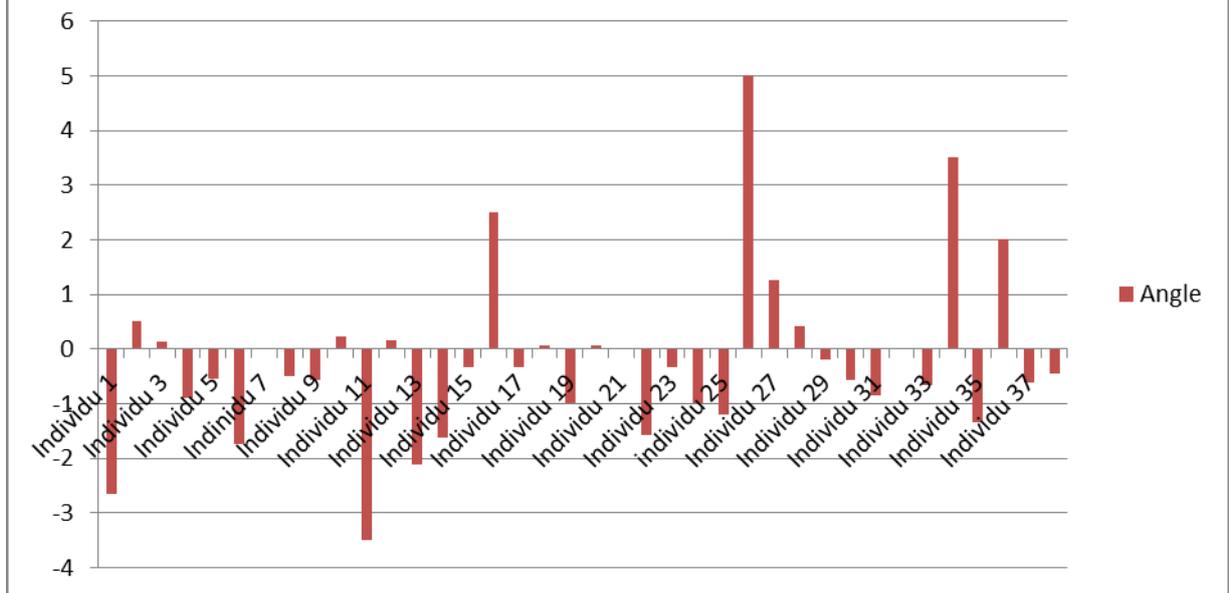
2-Analyse descriptive ANOVA pour la longueur totale en fonction des stations chez la population mâle

	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95% pour la moyenne		Min	Max
					Borne inf.	Borne sup.		
					St 1	38		
St 2	24	29.267	2.2803	.4655	28.304	30.230	24.0	33.0
St 3	18	30.322	2.1996	.5185	29.228	31.416	25.0	33.0
Total	80	29.559	2.0336	.2274	29.106	30.011	24.0	33.0

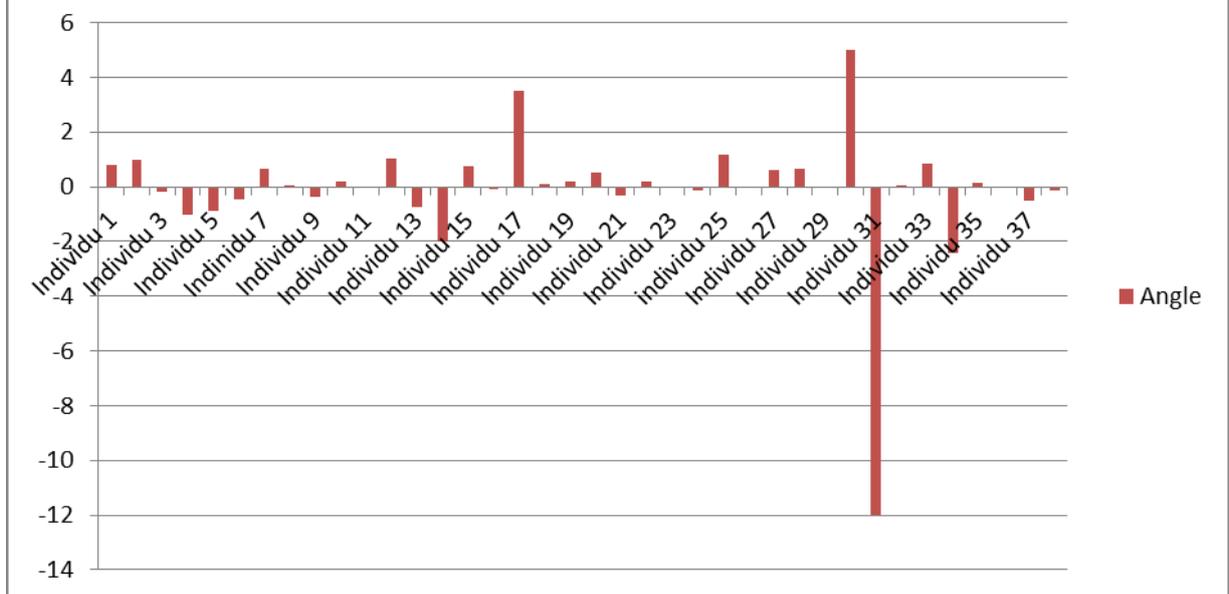
Annexe 7- Histogrammes de distribution des angles des vecteurs des 10 PR

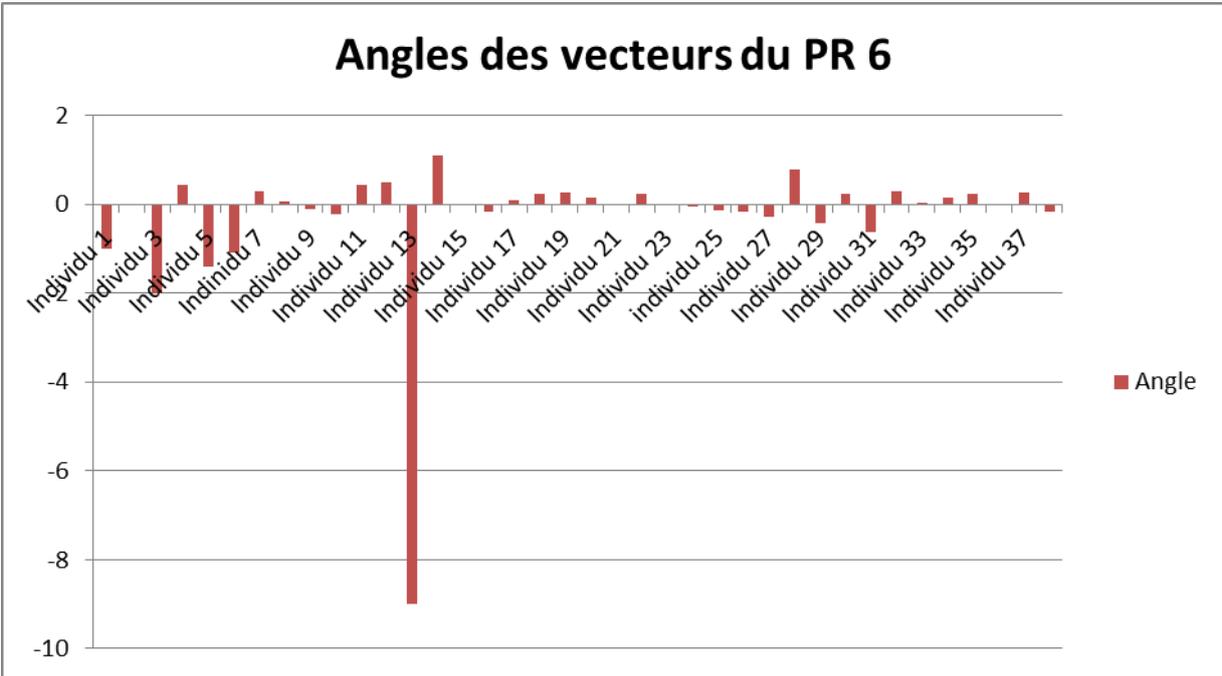
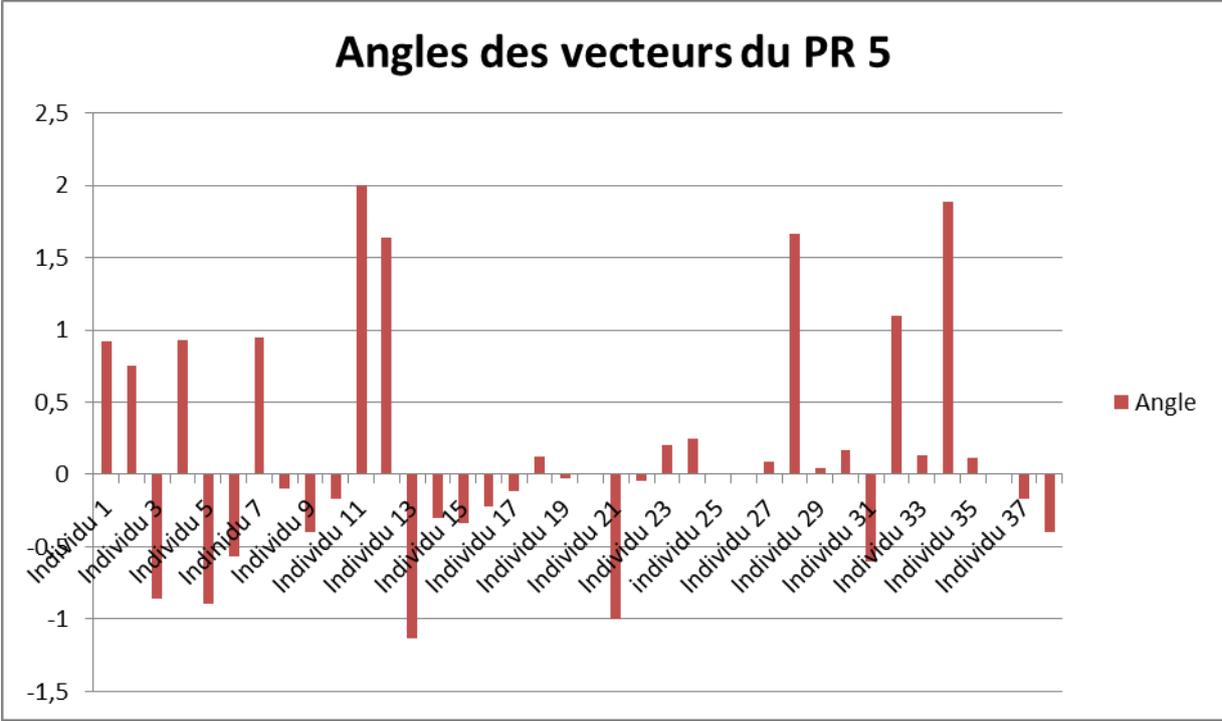


Angles des vecteurs du PR 3

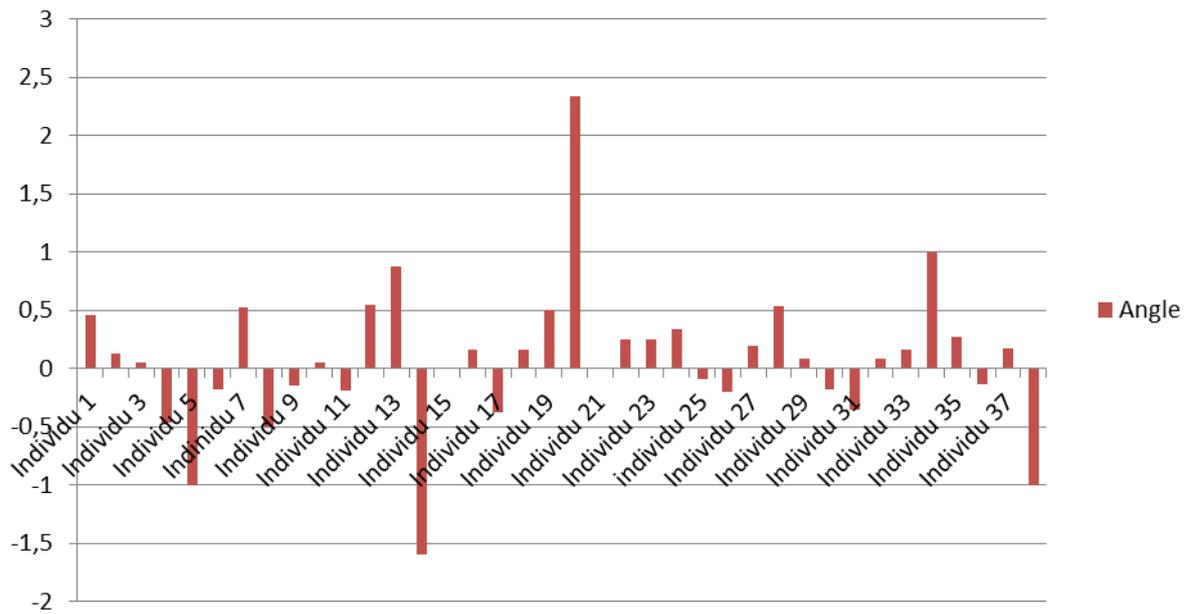


Angles des vecteurs du PR4

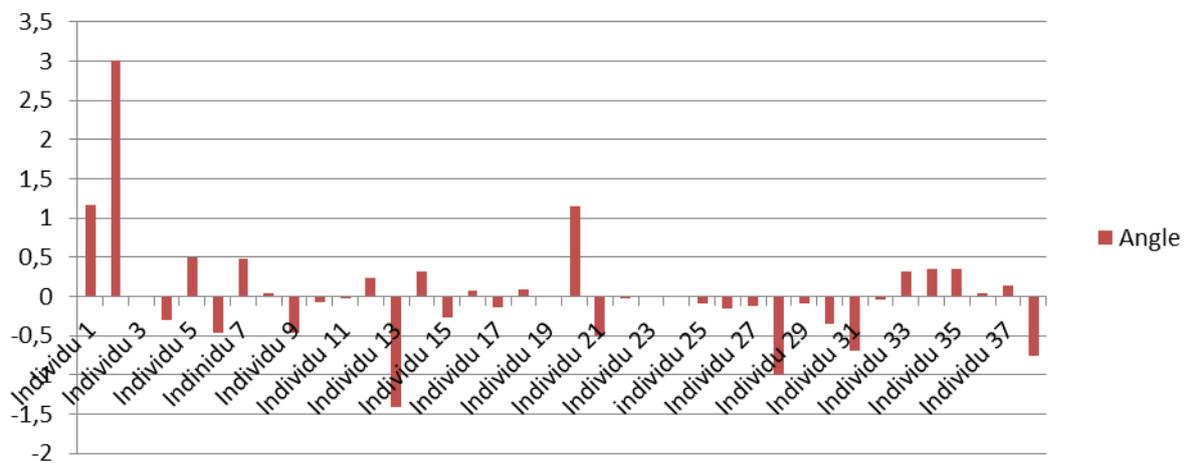


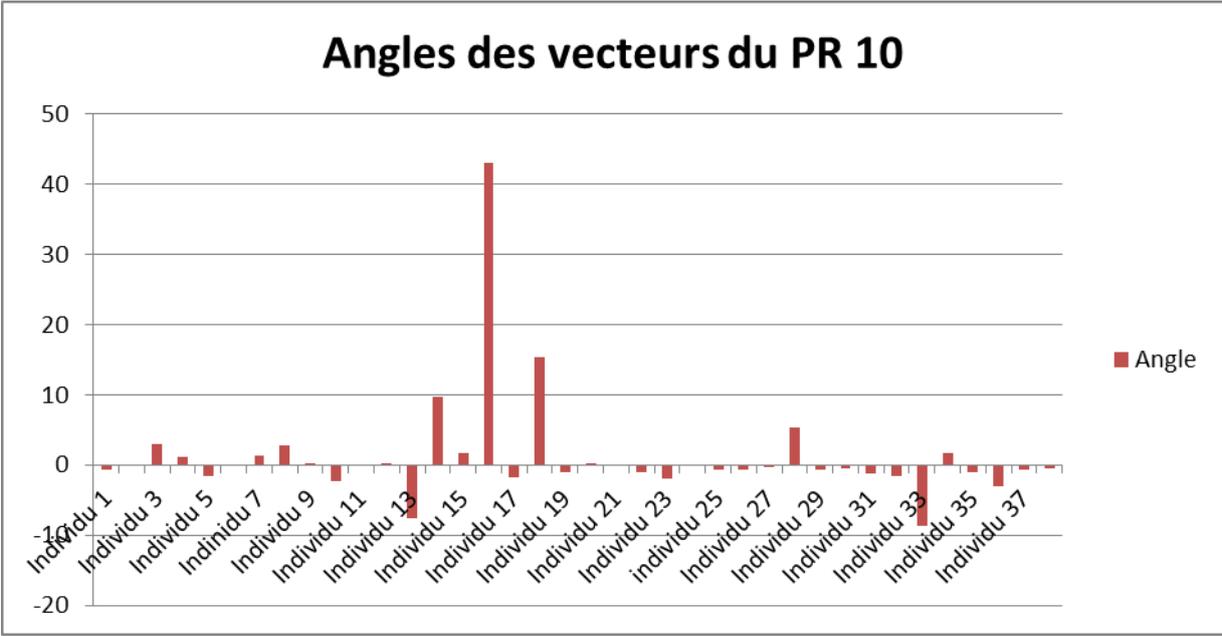
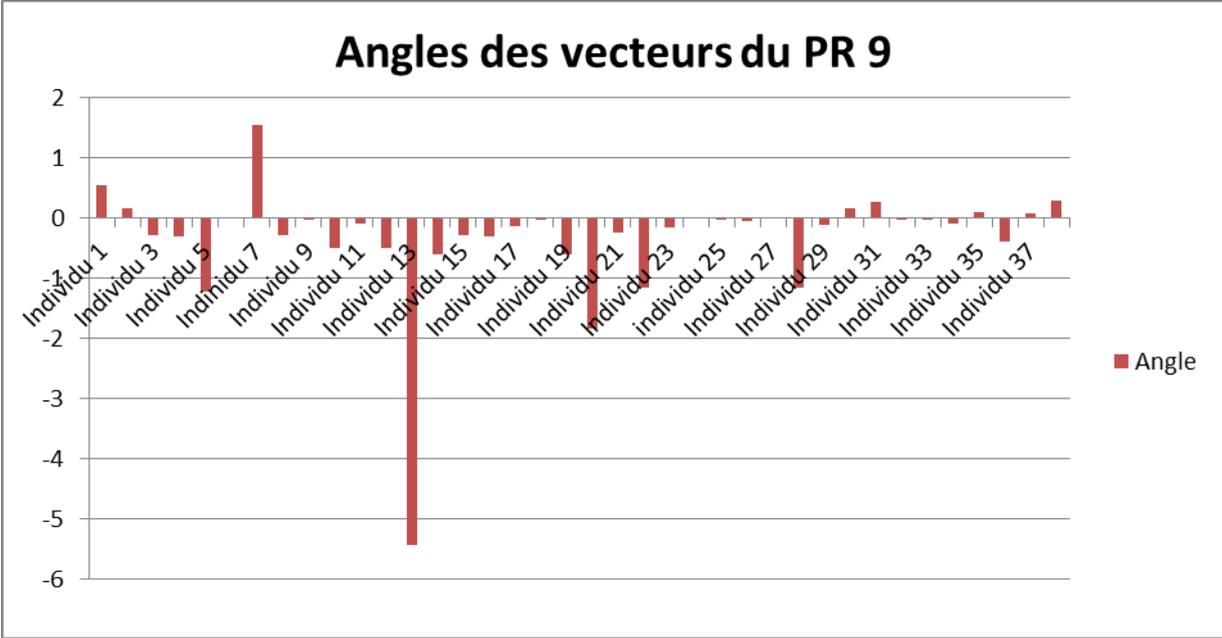


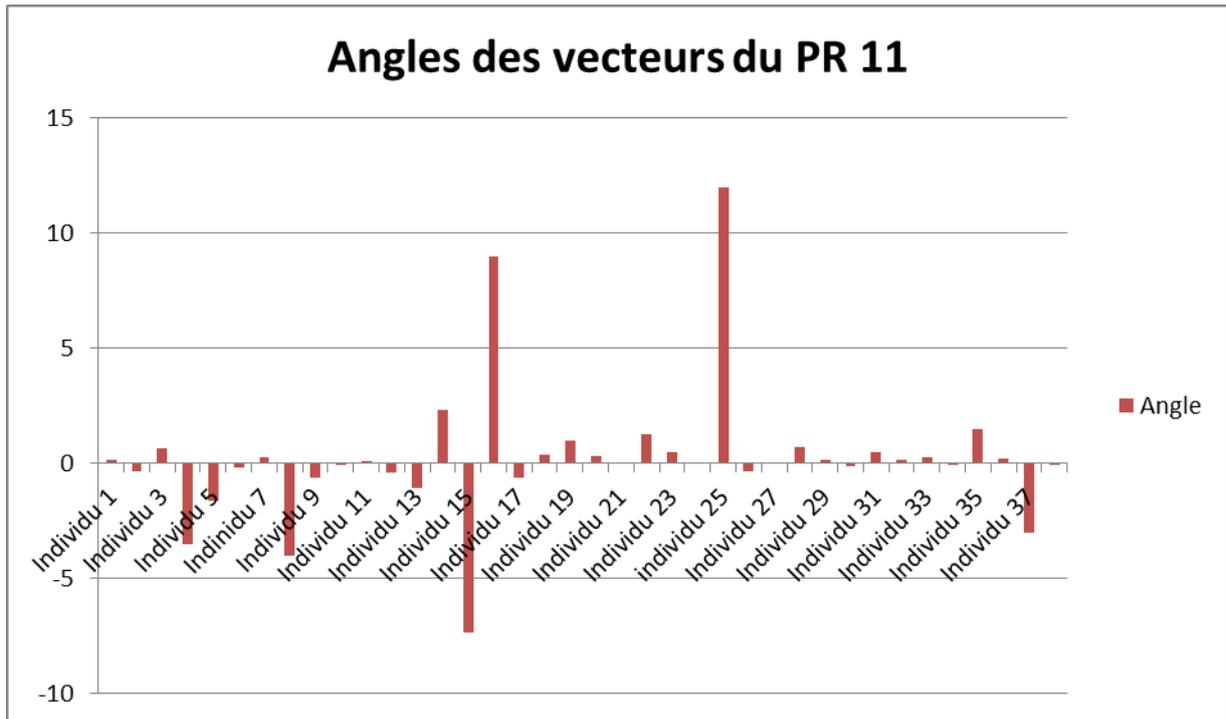
Angles des vecteurs du PR 7



Angles des vecteurs du PR 8







Annexe 8

1-Alignement des séquences ADN pour le gène COI

E12

```
CTTCCATAGTAGATAATGGTGCTGGCACTGGTTGAACAGTTTACCCACCCTCGCAGGAGCAATTG
CCCACGGGGGAGCATCGGTAGACTTAGCTATTTTCTCACTACACCTTGCTGGTGTATCTTCAATCCTAGGA
GCAGTAAATTTTATTACAACAGCAATTAATATACGATCAGAGAGTATAACCTTAGATCAAAACACCATTATT
TGTTTGATCGGTAGCCATTACAGCACTATTATTACTCCTATCATTACCAGTACTTGCAGGAGCAATTACTA
TATTATTAAGTACCGAAACCTTAATACATCATTCTTTGACCCTGCTGGGGGTGGAGATCCTATTCTTTAC
CAACATCTATTTGATTCTTTGGTCACCCAGAAGTATATATTTTAATTTTACCAGGTTTTGGAATTATTTTC
TCATATTGTATGTCAAGAAAGCGGAAAGATTGAGTCTTTCCGAACTCTAGGTATAATTTACGCTATATTAT
CAATTGGACTAATAGGATTTATTGTATGAGCTC
```

B03

```
????????????????????????????????????????????????????????????AGTTTACCCCCGCTTGCAGGAGCAATTG
CCCATGGGGGTGCATCGGTAGACCTAGCCATTTTCTCACTTTCATCTTGNTGGTGTATCTTCGATCCTAGGG
GCAGTAAATTTTATTACAACAGCAATTAATATACGATCAGAGAGTATAACTTTAGATCAAAACACCATTATT
TGTATGATCAGTAGCCATTACAGCACTATTATTACTCCTATCATTACCAGTACTTGCAGGAGCAATTACTA
TATTATTAAGTACCGAAACCTTAATACATCATTCTTTGACCCTGCTGGAGGTGGAGATCCTATTCTTTAC
CAACATCTATTTGATTCTTTGGTCACCCAGAAGTATATATTTTAATTTTACCAGGATTCGGAATTATTTTC
TCACATTGTATGTCAAGAAAGGGGAAAGAATGAATCTTTTGGAACTCTAGGGATAATTTACGCTATACTAT
CAATTGGACTAATAGGATTTATTGTATGAGCTC
```

C02

```
CTTCCATAGTTGATAACGGTGCTGGTACAGTTGAACAGTTTACCCCCGCTTGCAGGAGCAATTG
CCCATGGGGGTGCATCGGTAGACCTAGCCATTTTCTCACTTTCATCTTGCTGGTGTATCTTCAATCCTAGGG
GCAGTAAATTTTATTACAACAGCAATTAATATACGATCAGAGAGTATAACTTTAGATCAAAACACCATTATT
TGTATGATCAGTAGCCATTACAGCACTATTATTACTCCTATCATTACCAGTACTTGCAGGAGCAATTACTA
TATTATTAAGTACCGAAACCTTAATACATCATTCTTTGACCCTGCTGGGGGTGGAGACCCTATTCTTTAC
CAACATCTATTTGATTCTTTGGTCACCCAGAAGTATATATTTTAATTTTACCAGGATTCGGAATTATTTTC
TCACATTGTATGTCAAGAAAGTGGAAAGATTGAATCTTTTGGAACTTTAGGTATAATTTACGCTATACTAT
CAATTGGACTAATAGGANTTTATTGTATGAGCTC
```

D04

CTTCCATAGTAGATAATGGTGCTGGTACAGGTTGAACAGTTTACCCCCACTTGCAGGAGCAATTG
CCCATGGAGGGGCATCGGTAGACYTAGCNATTTTCTCACTACATCTTGCTGGTGTATCTTCAATCCTAGGG
GCAGTAAATTTTATTACAACAGCAATTAATATACGATCAGAAAAGTATAACTTTAGATCAAACACCRTTATT
TGTATGATCAGTAGCCATTACAGCAWTATTATTACTTCTATCATTACCAGTACTAGCAGGAGCAATTACTA
TATTANTAAC TGACCGAAACCTAAATACATCATTCTTTGACCCTGCTGGAGGTGGAGATCCTATTCTTTAC
CAACATCTATTCTGATTTTTTTGGNCACCCAGAAGTATATATTTTAATTTTACCAGGATTNGGAATTATTTTC
GCACATTGTATGTCAAGAAAGTGGAANATTGAATCTTTTCGGAECTTAGGTATAATTTACGCTATATTAT
CAATTGGACTAATAGGATTTATTGTATGAGCTC

C07

CTTCCATAGTNGATAACGGTGCTGGNACAGGTTGAACAGTTTACCCCCACTTGCAGGAGCAATTG
CCCATGGAGGTGCATCGGNAGACYTAGCCATTTTCTCACTNCATCTTGCTGGTGTATCTTCAATCCTAGGG
GCAGCAAATTTTATTACAACCGCAATTAATATACGATCCGAGAGTATAACTTTAGATCAAACACCATTATT
TGTATGATCAGTAGCCATTACAGCAMTATTATTACTCCTATCATTACCAGTACTTGCAGGAGCAATTACTA
TATTATTAAC TGACCGAAACCTTAATACATCATTCTTTGACCCTGCTGGAGGTGGAGATCCTATTCTTTAC
CAACATCTATTCTGATTTTTTTGGTCACCCAGAAGTATANATTTTAATTTTACCAGGATTTCGGAATTATTTTC
TCACATTGTATGTCAAGAAAGTGGAAGATTGAATCTTTTTGGAACTCTAGGTATAATTTACGCTATATTAT
CAATTGGACTAATAGGATTTATTGTATGA???

A04

CTTCCATAGTAGATAACGGTGCTGGTACAGGTTGAACAGTTTACCCCCGCTTGCAGGAGCAATTG
CCCATGGGGGNGCATCGGTAGACCTAGCCATTTTCTCACTTCATCTTGCTGGTGTATCTTCAATCCTAGGG
GCAGTAAATTTTATTACAACAGCAATTAATATACGATCAGAAAAGTATAACTTTAGATCAAACACCATTATT
TGTATGATCAGTAGCCATTACAGCACTATTATTACTCCTATCATTACCAGTACTTGCAGGAGCAATTACTA
TATTATTAAC TGACCGAAACCTTAATACATCATTCTTTGACCCTGCTGGAGGTGGAGATCCTATTCTTTAC
CAACATCTATTCTGATTTTTTTGGNCACCCARAAGTATATATTTTAATTTTACCAGGATTTCGGAATTATTTTC
TCACATTGTATGNCAAGAAAGNGGAAAAGATTGAATCTTTTTGGAACTTAGGTATAATTTACGCTATACTAT
CAATTGGACTAATAGGATTTATTGTATGAGCTC

D03

CTTCCATAGTTGATAACGGTGCTGGTACAGGTTGAACAGTTTACCCCCGCTTGCAGGAGCAATTG
CCCATGGGGGTGCATCGGKAGACCTAGCCATTTTCTCACTTCATCTTGCTGGTGTATCTTCAATCCTAGGG
GCAGAAAATTTTATTACAACAGCAATTAATATACGATCAGAGAGTATAACTTTAGATCAAACACCATTATT
TGTATGATCAGTAGCCATTACAGCACTATTATTACTCCTATCATTACCAGTACTTGCAGGAGCAATTACTA
TATTATTAAC TGACCGAAACCTTAATACATCATTCTTTGACCCTGCTGGAGGTGGAGATCCTATTCTTTAC
CAACATCTATTTGATTTTTTTGGTCACCCAGAAGTATATATTTTAATTTTACCAGGATTTCGGAATTATTTTC
TCACATTGTATGTCAAGAAAGTGGAAGATTGAATCTTTTTGGAACTCTAGGTATAATTTACGCTATACTAT
CAATTGGACTAATAGGATTTATTGTATGAGCTC

A07

CTTCCATAGTTGATAATGGTGCTGGTACAGGTTGAACAGTTTACCCCCGCTTGCAGGAGCAATTG
CCCATGGGGGTGCATCGGTAGACCTAGCCATTTTCTCACTCCATCTTGCTGGTGTATCTTCAATCCTAGGG
GCAGTAAATTTTATTACAACAGCAATTAATATACGATCAGAGAGTATAACTTTAGATCAAACACCATTATT
TGTATGATCAGTAGCCATTACAGCACTATTATTACTCCTATCATTACCAGTACTTGCAGGAGCAATTACTA
TATTATTAAC TGACCGAAACCTTAATACATCATTCTTTGACCCTGCTGGAGGTGGAGATCCTATTCTTTAC
CAACATCTATTCTGATTTTTTTGGTCACCCAGAAGTATATATTTTAATTTTACCAGGATTTCGGAATTATTTTC
TCACATTGTATGTCAAGAAAGTGGAAGATTGAATCTTTTTGGAACTCTAGGTATAATTTACGCTATACTAT
CAATTGGACTAATAGGATTTATTGTATGAGCTC

B12

CTTCCATAGTTGATAACGGTGCTGGTACAGGTTGAACAGTTTACCCCCGCTTGCAGGAGCAATTG
CCCATGGGGGTGCATCGGTAGACCTAGCCATTTTCTCACTTCATCTTGCTGGTGTATCTTCAATCCTAGGG
GCAGTAAATTTTATTACAACAGCAATTAATATACGATCAGAGAGTATAACTTTAGATCAAACACCATTATT
TGTATGATCAGTAGCCATTACAGCACTATTATTACTCCTATCATTACCAGTACTTGCAGGAGCAATTACTA
TATTATTAAC TGACCGAAACCTTAATACATCATTCTTTGACCCTGCTGGAGGTGGAGATCCTATTCTTTAC
CAACATCTATTCTGATTTTTTTGGTCACCCAGAAGTATATATTTTAATTTTACCAGGATTTCGGAATTATTTTC
TCACATTGTATGTCAAGAAAGTGGAAGATTGAATCTTTTTGGAACTCTAGGTATAATTTACGCTATACTAT
CAATTGGACTAATAGGATTTATTGTATGAGCTC

D02

CTTCCATAGTTGATAACGGTGCTGGTACAGGTTGAACAGTTTACCCCCGCTTGCAGGAGCAATTG
CCCATGGGGGTGCATCGGTAGACCTAGCCATTTTCTCACTTCATCTTGCTGGTGTATCTTCAATCCTAGGG
GCAGTAAATTTTATTACAACAGCAATTAATATACGATCAGAGAGTATAACTTTAGATCAAACACCATTATT

TGTATGATCAGTAGCCATTACAGCACTATTATTACTCCTATCATTACCAGTACTTGCAGGAGCAATTACTA
TATTATTAAC TGACCGAAACCTTAATACATCATTCTTTGACCCTGCTGGAGGTGGAGATCCTATTCTTTAC
CAACATCTATTCTGATTTTTTGGTCACCCAGAAGTATATATTTTAAATTTTACCAGGATTCGGAATTTATTC
TCACATTGTATGTCAAGAAAGTGAAAGATTGAATCTTTTGGAACTCTAGGTATAATTTACGCTATACTAT
CAATTGGACTAATAGGATTTATTGTATGAGCTC

2-Alignement des séquences ADN pour le gène 16S

E07 TGAATGGCTTGACG-
AGAAATCAACTGTCTCTTAATAATTTTTAAAATTTAACTTTTGAGTCAAAGGCTTAAATTTTTCTTTAGG
ACGAGAAGACCCCTATAGAGCTTAACATTTTATTTTTATATAGTTTTAGTTGATCTTTCTATATTTAATGA
TAATGTTTTGTTGGGGTGACATGAAGAATAATTAACCTTTCATTATAAAATCATTGATTTATGTTTATCA
TGATCCATAATTTATGATCATAAGATTAAGTTACCTTAGGGATAACAGCGTAATTGTTTTTCGAGAGCTCAT
ATCGACAAAAGCAGATTGCGACCTC

F03 TGAATGGCTTGACG-
AGAAATCAACTGTCTCTTAATAATTTTTAAAATTTAACTTTTGAGTCAAAGGCTTAAATTTTTCTTTAGG
ACGAGAAGACCCCTATAGAGCTTAACATTTTATTTTTATATAGTTTTAGTTGATCTTTCTATATTTAATGA
TAATGTTTTGTTGGGGTGACATGAAGAATAATTAACCTTTCATTATAAAATCATTGATTTATGTTTATCA
TGATCCATAATTTATGATCATAAGATTAAGTTACCTTAGGGATAACAGCGTAATTGTTTTTCGAGAGCTCAT
ATCGACAAAAGCAGATTGCGACCTC

E08 TGAATGGCTTGACG-
AGAAATCAACTGTCTCTTAATAATTTTTAAAATTTAACTTTTGAGTCAAAGGCTTAAATTTTTCTTTAGG
ACGAGAAGACCCCTATAGAGCTTAACATTTTATTTTTATATAGTTTTAGTTGATCTTTCTATATTTAATGA
TAATGTTTTGTTGGGGTGACATGAAGAATAATTAACCTTTCATTATAAAATCATTGATTTATGTTTATCA
TGATCCATAATTTATGATCATAAGATTAAGTTACCTTAGGGATAACAGCGTAATTGTTTTTCGAGAGCTCAT
ATCGACAAAAGCAGATTGCGACCTC

C07 TGAATGGCTTGACG-
AGAAATCAACTGTCTCTTAATAATTTTTAAAATTTAACTTTTGAGTCAAAGGCTTAAATTTTTCTTTAGG
ACGAGAAGACCCCTATAGAGCTTGACATTTTATTTTTATATAGTTTTAGTTGATCTTTCTATATTTAATGA
TAATGTTTTGTTGGGGTGACATGAAGAATAATTAACCTTTCATTATAAAATCATTGATTTATGTTTATCA
TGATCCATAATTTATGATCATAAGATTAAGTTACCTTAGGGATAACAGCGTAATTGTTTTTCGAGAGCTCAT
ATCGACAAAAGCAGATTGCGACCTC

F07 TGAATGGCTTGACG-
AGAAATCAACTGTCTCTTAATAATTTTTAAAATTTAACTTTTGAGTCAAAGGCTTAAATTTTTCTTTAGG
ACGAGAAGACCCCTATAGAGCTTAACATTTTATTTTTATATAGTTTTAGTTGATCTTTCTATATTTAATGA
TAATGTTTTGTTGGGGTGACATGAAGAATAATTAACCTTTCATTATAAAATCATTGATTTATGTTTATCA
TGATCCATAATTTATGATCATAAGATTAAGTTACCTTAGGGATAACAGCGTAATTGTTTTTCGAGAGCTCAT
ATCGACAAAAGCAGATTGCGACCTC

E12 TGAATGGCTTGACG-
AAGAATCAACTGTCTCTTAATAATTTTTAAAATTTAACTTTTGAGTCAAAGGCTTAAATTTTTCTTTAGG
ACGAGAAGACCCCTATAGAGCTTAACATTTTATTTTTATATAGTTTTAGTTGATCTTTCTATATTTAATGA
TAATGTTTTGTTGGGGTGACATGAAGAATAATTAACCTTTCATTATAAAATCATTGATTTATGTTTATCA
TGATCCATAATTTATGATCATAAGATTAAGTTACCTTAGGGATAACAGCGTAATTGTTTTTCGAGAGCTCAT
ATCGACAAAAGCAGATTGCGACC??

B07 TGAATGGCTTGACG-
AGAAATCAACTGTCTCTTAATAATTTTTAAAATTTAACTTTTGAGTCAAAGGCTTAAATTTTTCTTTAGG
ACGAGAAGACCCCTATAGAGCTTAACATTTTATTTTTATATAGTTTTAGTTGATCTTTCTATATTTAATGA
TAATGTTTTGTTGGGGTGACATGAAGAATAATTAACCTTTCATTATAAAATCATTGATTTATGTTTATCA
TGATCCATAATTTATGATCATAAGATTAAGTTACCTTAGGGATAACAGCGTAATTGTTTTTCGAGAGCTCAT
ATCGACAAAAGCAGATTGCGACCTC

A04
TGAATGGCTTGACGAAGAAATCAACTGTCTCTTAATAATTTTTAAAATTTAACTTTTGAGTCAAAA
GGCTTAAATTTTTCTTTAGGACGAGAAGACCCCTATAGAGCTTAACATTTTATTTTTATATAGTTTTTAGTT
GATCTTTCTATATTTAATGATAATGTTTTGTTGGGGTGACATGAAGAATAATTAACCTTTCATTATAAAA
TCATTGATTTATGTTTATCATGATCCATAATTTATGATCATAAGATTAAGTTACCTTAGGGATAACAGCGT
AATTGTTTTTCGAGAGCTCATATCGACAAAAGCAGATTGCGACCCA

F05 TGAATGGCTTGACG-

AGAAATCAACTGTCTCTTAATAAATTTTAAAATTTAACTTTTGAGTCAAAGGCTTAAATTTTCTTTAGG
ACGAGAAGACCCTATAGAGCTTAACATTTTATTTTTATATAGTTTTTAGTTGATCTTCTATATTTAATGA
TAATGTTTTGTTGGGGTGACATGAAGAATAATTAACCTTTCATTATAAAATCATTGATTTATGTTTATCA
TGATCCATAATTTATGATCATAAGATTAAGTTACCTTAGGGATAACAGCGTAATTGTTTTTGAGAGCTCAT
ATCGACAAAGCAGATTGCGACCTC

B09 TGAATGGCTTGACG-

AGAAATCAACTGTCTCTTAATAAATTTTAAAATTTAACTTTTGAGTCAAAGGCTTAAATTTTCTTTAGG
ACGAGAAGACCCTATAGAGCTTAACATTTTATTTTTATATAGTTTTTAGTTGATCTTCTATATTTAATGA
TAATGTTTTGTTGGGGTGACATGAAGAATAATTAACCTTTCATTATAAAATCATTGATTTATGTTTATCA
TGATCCATAATTTATGATCATAAGATTAAGTTACCTTAGGGATAACAGCGTAATTGTTTTTGAGAGCTCAT
ATCGACAAAGCAGATTGCGACCTC

Annexe 9

1-Composition chimique des substances bioactives détectées par la CPG

pour les grains de *P. harmala*

Peak#	R. time	Area	Area%	Height	Height%	Name	Base m/z
1	20.290	2435317	1.05	594090	0.84	Heneicosane	57.00
2	21.931	12035389	5.20	3381383	4.77	Eicosane	57.00
3	22.317	1096082	0.47	230065	0.32	Heptasiloxane, hexadecamethyl-	73.00
4	22.575	3770511	1.63	556862	0.79	Eicosane	57.00
5	22.850	2418776	1.05	519944	0.73	Sulfurous acid, octadecyl 2-propyl ester	71.05
6	22.931	1733486	0.75	576465	0.81	Heptadecane, 2-methyl-	57.00
7	23.057	1520236	0.66	506726	0.71	Pentacosane	57.00
8	23.198	3934352	1.70	792711	1.12	Pentacosane	57.00
9	23.488	27076723	11.70	9034335	12.74	Heneicosane	57.00
10	23.617	1716175	0.74	492730	0.69	Heptafluorobutanoic acid, heptadecyl ester	57.00
11	23.739	1239456	0.54	266958	0.38	Nonacosane	57.00
12	24.066	5877991	2.54	1523882	1.87	Hexatriacontane	57.00
13	24.175	3480512	1.50	759499	1.07	Sulfurous acid, butyl heptadecyl ester	57.00
14	24.343	2410515	1.04	787399	1.11	Nonacosane	71.05
15	24.433	5471099	2.36	1294926	1.83	Octacosane	82.05
16	24.552	4988961	2.16	996761	1.41	Heneicosane, 3-methyl-	57.00
17	24.961	32162792	13.90	11465756	16.17	Docosane	57.00
18	25.100	7806442	3.37	847820	1.20	Hexadecanedinitrile	97.05
19	25.514	9376281	4.05	1560191	2.20	Hexatriacontane	57.00
20	25.617	2187749	0.95	769337	1.09	Sulfurous acid, butyl octadecyl ester	57.00
21	25.782	1994178	0.86	795551	1.12	Octadecane, 3-ethyl-5-(2-ethylbutyl)-	71.05
22	25.857	3315394	1.43	1232692	1.74	Octacosane	57.00
23	25.919	1883696	0.81	723980	1.02	Dodecylcyclohexane	82.00
24	25.973	2117176	0.91	889796	1.25	Octadecane, 3-methyl-	57.00
25	26.364	25921828	11.20	10048724	14.17	Heneicosane	57.00
26	26.483	1310335	0.57	406185	0.57	Pentafluoropropionic acid, heptadecyl ester	57.00
27	26.529	1755153	0.76	589983	0.83	1-Hentetracontanol	97.05
28	26.649	1535035	0.66	498316	0.70	Nonacosane	57.00
29	26.862	3445177	1.49	883106	1.25	Tetracontane	57.00
30	26.992	2400387	1.04	524922	0.74	Octatriacontane, 3,5-dimethyl-	57.00
31	27.220	872409	0.38	369017	0.52	Heptadecane, 2-methyl-	57.00
32	27.333	1889226	0.82	881869	1.24	Octatriacontane, 1,38-dibromo-	82.00
33	27.703	18027621	7.79	6713468	9.47	Tetracosane	57.00
34	27.834	2246045	0.97	560944	0.79	Tetrapentacontane, 1,54-dibromo-	57.00
35	28.176	2607790	1.13	601519	0.85	Tetracontane	57.00
36	28.313	1559942	0.67	340128	0.48	Pentatriacontane	57.00
37	28.526	745045	0.32	327025	0.46	Tetratetracontane	57.00
38	28.989	16088382	6.95	4386851	6.19	Hexatriacontane	57.00
39	29.967	685642	0.30	139224	0.20	Cyclohexane, eicosyl-	82.00
40	30.230	4999806	2.16	1900707	2.68	Hexatriacontane	57.00
41	30.333	231277	0.10	100772	0.14	Tetrapentacontane, 1,54-dibromo-	57.00
42	31.432	2314740	1.00	913797	1.29	Hexatriacontane	57.00
43	32.590	738706	0.32	328907	0.46	Hexatriacontane	57.00
		231423835	100.00	70915723	100.00		

2- Composition chimique des substances bioactives détectées par la CPG

pour les feuilles de *P. harmala*

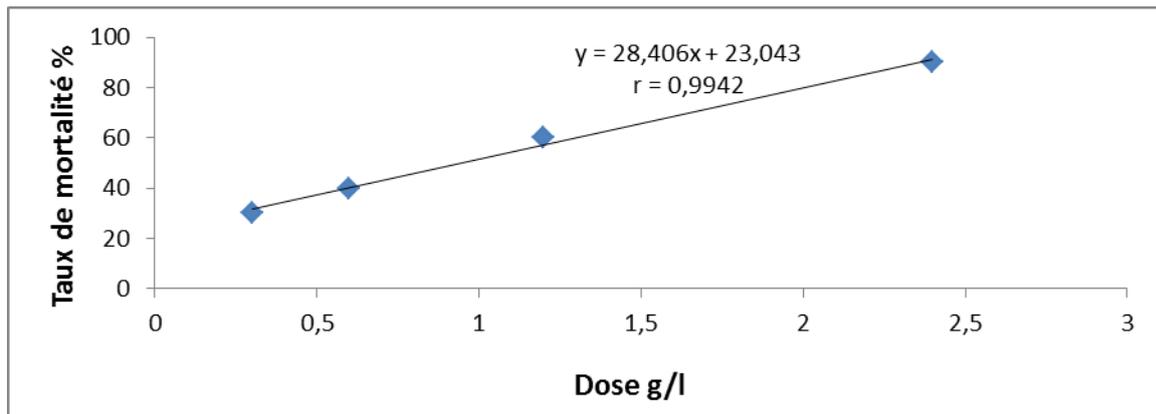
Peak Report TIC							
Peak#	R. Time	Area	Area%	Height	Height%	Name	Base m/z
1	8.674	54321	0.17	26174	0.48	3-Isopropoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5,5-tris(trimethylsiloxy)tetrasiloxane	73.00
2	9.284	48598	0.15	18597	0.34	Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester	73.00
3	11.942	40990	0.13	13411	0.25	2-Tetradecyne	95.00
4	12.149	104428	0.33	28841	0.53	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	55.00
5	13.784	103878	0.33	25496	0.47	Ethyl 9-hexadecenoate	84.00
6	23.850	31226096	98.08	5276207	96.80	1,2-Benzenedicarboxylic acid, disooctyl ester	148.00
7	24.706	60010	0.19	14250	0.26	Di-n-octyl phthalate	148.00
8	26.933	40341	0.13	12247	0.22	1,2-Benzenedicarboxylic acid, disooctyl ester	148.00
9	27.285	39397	0.19	21133	0.39	1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester	148.00
10	28.836	99704	0.31	14555	0.27	1-Nonene, 4,6,8-trimethyl-	71.00
		31837763	100.00	5450891	100.00		

3- Composition chimique des substances bioactives détectées par la CPG

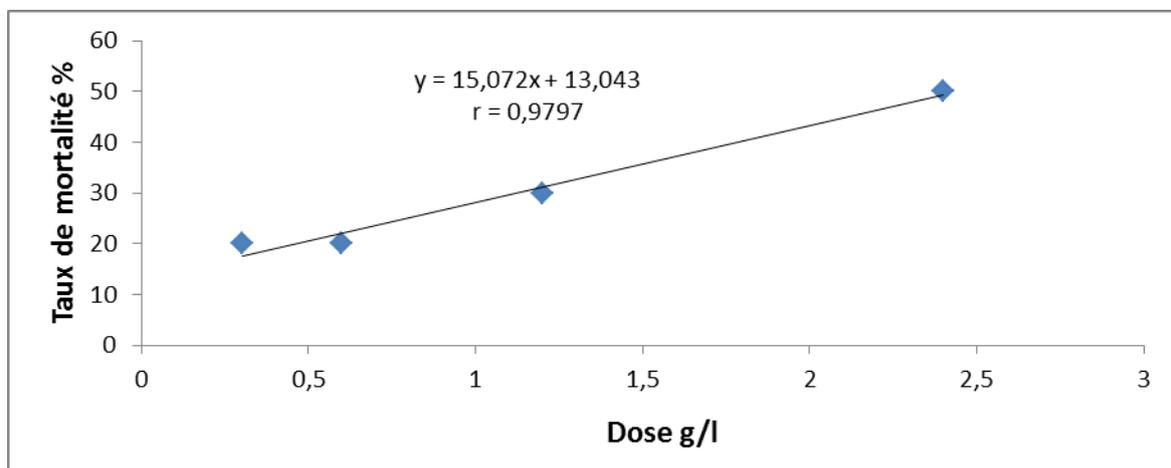
pour les huiles essentielles de *M. pulegium*

Peak Report TIC							
Peak#	R. Time	Area	Area%	Height	Height%	Name	Base m/z
1	4.558	2434453	0.31	1051601	1.50	alpha-Pinene	93.05
2	5.492	451103	0.06	181336	0.26	Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	93.05
3	5.560	1850724	0.24	684919	0.98	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	93.05
4	6.122	12160157	1.55	3729870	5.32	3-Octanol	59.00
5	7.230	23974967	3.06	7859828	11.21	Cyclobutane, 1,2-bis(1-methylethenyl)-, trans-	68.00
6	10.894	422250	0.05	124887	0.18	3-Octanol, acetate	43.00
7	11.349	6114298	0.78	1561608	2.23	Cyclohexanone, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-, cis- p-Menthan-3-one, cis	112.05
8	11.706	3012155	0.38	713998	1.02	Cyclohexanone, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-, cis-	112.05
9	11.938	367017	0.05	101740	0.15	Benzothuran, 4,5,6,7-tetrahydro-3,6-dimethyl-	108.00
10	12.082	7360953	0.94	1890104	2.70	Cyclohexanone, 5-methyl-2-(1-methylethenyl)-, trans-	109.00
11	12.199	21907207	2.79	3811000	5.44	Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,2.alpha.,5.beta.)-	71.00
12	13.444	812267	0.10	111867	0.16	(3E,5Z)-1,3,5-Undecatriene	79.00
13	15.132	659740155	84.11	38440007	54.83	p-Menth-4(8)-en-3-one	81.05
14	15.250	187360	0.02	106972	0.15	5,5,6-Trimethylhept-3-en-2-one	43.00
15	16.319	1866902	0.24	440871	0.63	2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)-	69.00
16	17.828	693240	0.09	139498	0.20	2-Methoxy-4-vinylphenol	150.00
17	18.684	2265634	0.29	473538	0.68	Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimethyl-, (1S)-	150.05
18	21.309	404984	0.05	106687	0.15	Copaene	119.05
19	21.435	441925	0.06	109785	0.16	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	69.05
20	21.537	553627	0.07	144818	0.21	Cyclobuta[1.2.3.4]dicyclopentene, decahydro-3a-methyl-6-methylene-1-(1-methylethyl)-, [1S-(1.alpha.,3a.alpha.,3b.beta.)]	81.00
21	21.936	335643	0.04	102213	0.15	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,4.beta.)]	93.00
22	22.831	7378351	0.94	1819538	2.60	Caryophyllene	93.00
23	24.133	9628454	1.23	2335508	3.33	alpha-Caryophyllene	93.00
24	25.220	10212286	1.30	2263551	3.25	1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]-	161.10
25	25.464	2796154	0.36	640957	0.91	Benzene, 1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-	119.00
26	25.895	1300291	0.17	273388	0.39	1,5-Cyclodecadiene, 1,5-dimethyl-8-(1-methylethylidene)-, (E,E)-	121.05
27	27.318	478774	0.06	103577	0.15	Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	161.10
28	29.498	2143930	0.27	325913	0.46	1H-Cycloprop[ε]azulen-7-ol, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-, [1ar-(1a.alpha.,4a.alpha.,7.beta.,7a.beta.,7b.alpha.)]	42.95
29	29.724	2042660	0.26	253521	0.36	1H-Cycloprop[ε]azulen-4-ol, decahydro-1,1,4,7-tetramethyl-, [1ar-(1a.alpha.,4.beta.,4a.beta.,7.alpha.,7a.beta.,7b.alpha.)]	69.05
30	32.812	585452	0.07	96526	0.14	tan-Cadinol	161.10
31	36.549	475913	0.06	102841	0.15	3-Ethoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5,5-tris(trimethylsiloxy)tetrasiloxane	73.00
		784399266	100.00	70102267	100.00		

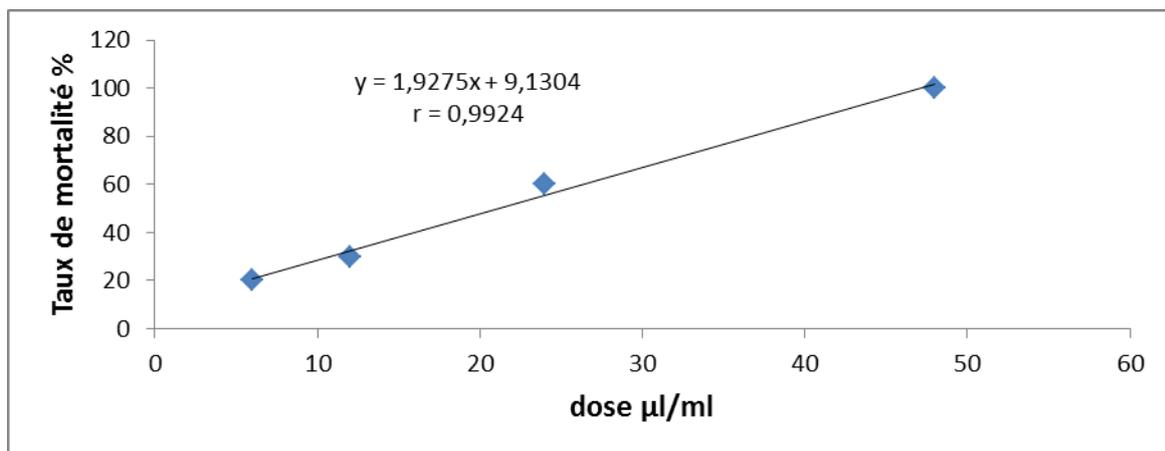
Annexe 10



1-Droite de régression linéaire des taux de mortalité en fonction des doses des EAq des grains de *P. harmala* par contact sur *C. barbarus*



2-Droite de régression linéaire des taux de mortalité en fonction des doses des EAq des feuilles de *P. harmala* par contact sur *C. barbarus*



3-Droite de régression linéaire des taux de mortalité en fonction des doses des HEs de *M. pulegium* par contact sur *C. barbarus*

Annexe 11

1-Analyse de la variance pour les substances bioactives agissant par contact des EAq des grains de *P. harmala*

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Lignes	1124,79375	3	374,93125	1,15033845	0,45552774	9,27662815
Colonnes	5805,03125	1	5805,03125	17,8106004	0,02432001	10,1279645
Erreur	977,79375	3	325,93125			
Total	7907,61875	7				

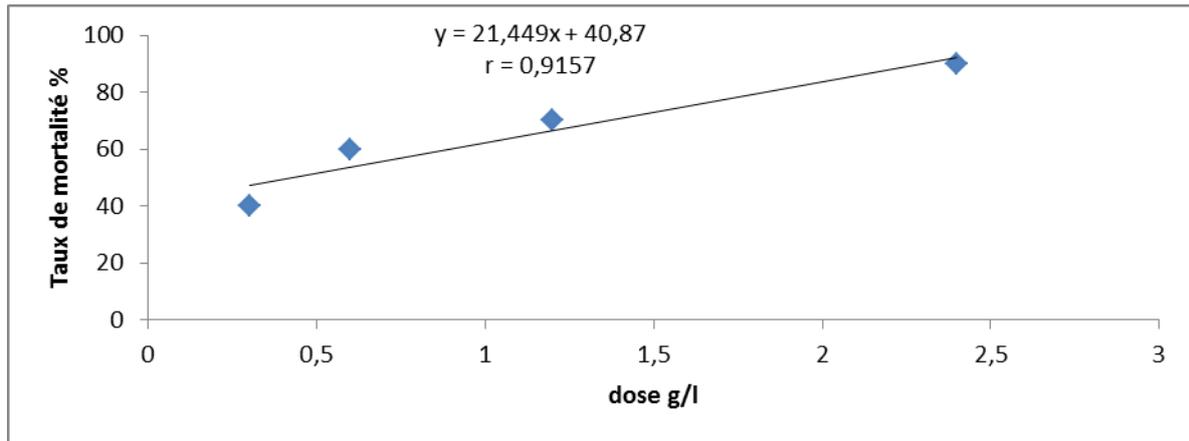
2- Analyse de la variance pour les substances bioactives agissant par contact des EAq des Feuilles de *P. harmala*

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Lignes	340,29375	3	113,43125	1,29737651	0,4178255	9,27662815
Colonnes	1667,53125	1	1667,53125	19,0724855	0,02220283	10,1279645
Erreur	262,29375	3	87,43125			
Total	2270,11875	7				

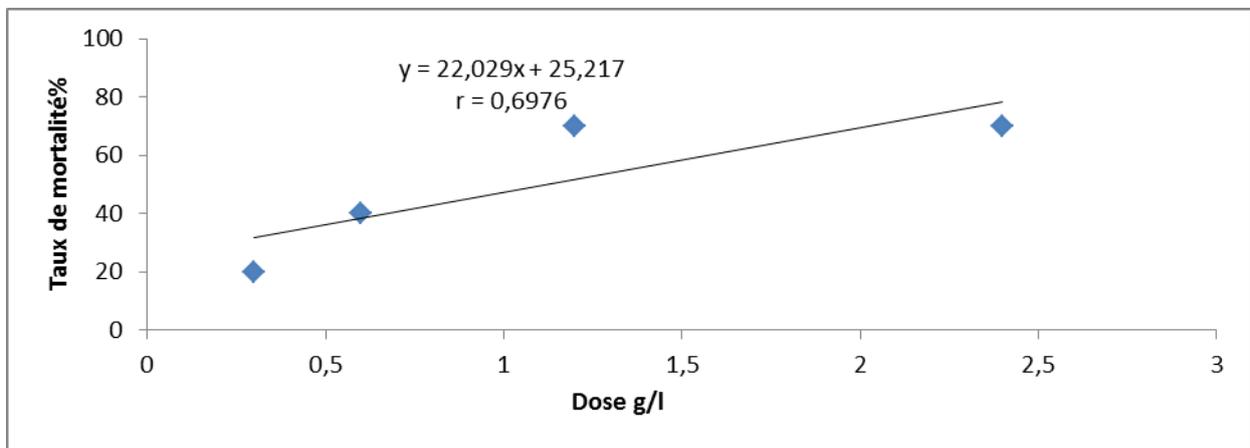
3-Analyse de la variance pour les substances bioactives agissant par contact des HEs de *M. pulegium*

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Lignes	4450	3	1483,33333	9,67391304	0,04728943	9,27662815
Colonnes	1800	1	1800	11,7391304	0,04165231	10,1279645
Erreur	460	3	153,333333			
Total	6710	7				

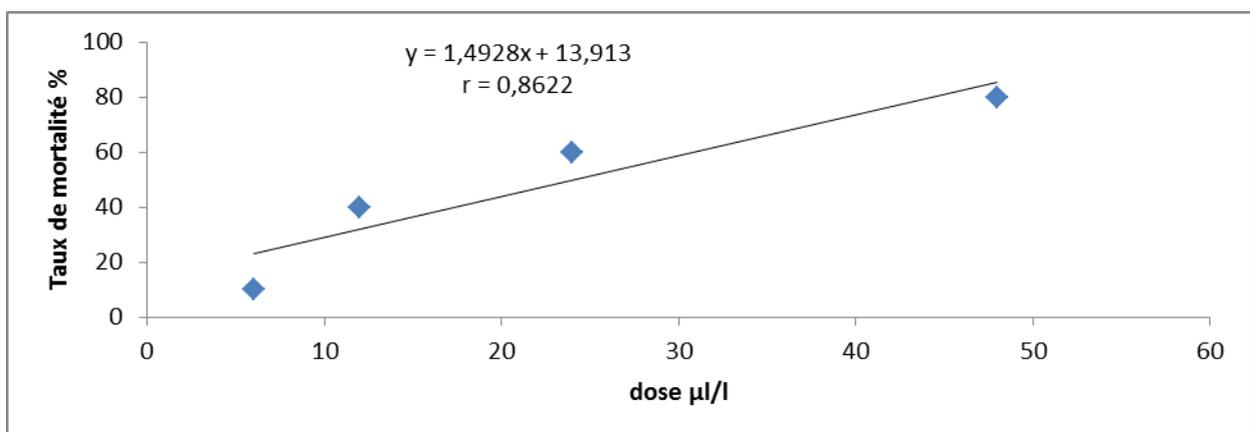
Annexe 12



1-Droite de régression linéaire des taux de mortalité en fonction des doses des EAQ des grains de *P. harmala* par ingestion sur *C. barbarus*



2-Droite de régression linéaire des taux de mortalité en fonction des doses des EAQ des feuilles de *P. harmala* par ingestion sur *C. barbarus*



3-Droite de régression linéaire des taux de mortalité en fonction des doses des HEs de *M. pulegium* par ingestion sur *C. barbarus*

Annexe 13

1-Analyse de la variance pour les substances bioactives des EAq des grains de *P. harmala* agissant par ingestion

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Lignes	706,79375	3	235,597917	1,18630608	0,44581617	9,27662815
Colonnes	8160,03125	1	8160,03125	41,0882017	0,00769298	10,1279645
Erreur	595,79375	3	198,597917			
Total	9462,61875	7				

2-Analyse de la variance pour les substances bioactives des EAq des Feuilles de *P. harmala* agissant par ingestion

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Lignes	958,29375	3	319,43125	1,1350241	0,45976548	9,27662815
Colonnes	4777,53125	1	4777,53125	16,9758378	0,02591312	10,1279645
Erreur	844,29375	3	281,43125			
Total	6580,11875	7				

3-Analyse de la variance pour les substances bioactives des HEs de *M. pulegium* agissant par ingestion

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Lignes	3400	3	1133,33333	10,9677419	0,03996068	9,27662815
Colonnes	1250	1	1250	12,0967742	0,04011205	10,1279645
Erreur	310	3	103,333333			
Total	4960	7				

Annexe 14 - Log dose et dose des DL 50

Log dose	Dose
-0,17	0,67 g/l
0,48	3,01 g /l
1,1	12,58 µl/ml
-0,34	0,45 g/l
-0,07	0,85 g/l
1,38	23,98 µl/ml

Résumés

Bioécologie des Orthoptères dans la région de Jijel: cas particulier de *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) (Orthoptera:Calliptaminae), Morphométrie, Régime alimentaire, Acridofaune et Identification moléculaire

Résumé

Pour étudier la bio écologie des peuplements Orthoptérologiques de la région de Jijel, sept stations ont été choisies. Il s'agit de Texenna, Kissir, Jijel, Béni Caid, Beni Belaid, El Emir Abdelkader et El Aouana. En outre, deux autres stations sont utilisées pour le prélèvement des échantillons, en l'occurrence Djelfa et Kasr El Boukhari (Médéa). L'acridofaune de la région de Jijel est composée de 32 espèces dont la majorité sont des Cealifera et notamment des Acrididae représentés essentiellement par les Oedipodinae et les Gomphocerinae. Les résultats sont exploités selon la qualité de l'échantillonnage, la richesse spécifique, la fréquence d'occurrence l'abondance relative, l'équitabilité et la diversité. Texenna, Béni Caid et El Aouana ont présenté les diversités spécifiques les plus élevées, Beni Bélaïd et El Emir Abdelkader sont les deux stations les plus pauvres. Parmi l'acridofaune de la région de Jijel, *Calliptamus barbarus* (Calliptaminae) est une espèce très polymorphe (à une ou à trois taches au niveau des fémurs postérieurs). Une large partie de ce travail lui a été consacrée. Les résultats obtenus sur le spectre trophique, montrent que sur le plan qualitatif et quantitatif, les espèces les plus recherchées par *C. barbarus* sont par ordre d'importance: *Crepis vesicaria*, *Vulpia myuros*, *Plantago serraria* et *Cynodon dactylon*. Il apparaît donc clairement que *C. barbarus* se comporte comme une espèce très polyphage se nourrissant aussi bien de Poacées que de dicotylédones. L'étude de la morphométrie classique a montré que les peuplements de *C. barbarus* sont homogènes entre eux. La différence est généralement non significative en comparant les couples LF/ IF, LE/LF et Sf/ STF des individus chez les trois stations étudiées (Jijel, Kissir et Texenna). Ce résultat paraît logique puisque la région de Jijel héberge exclusivement des individus 3T. Cette étude a été menée aussi dans le but de distinguer les deux bioformes du criquet barbarin et ce par l'étude de la morphométrie géométrique, la biologie moléculaire et l'isolement reproductif. L'étude de la morphométrie géométrique a été réalisée en comparant des spécimens de l'humide (Jijel) avec ceux du semi-aride (Djelfa et Kasr El Boukhari). La méthode employée est celle de la superposition procustéenne (APG), basée sur les points de repères (PR) des élytres droit et gauche. Cette méthode a permis d'identifier et de visualiser les changements de conformation au sein des 2 bioformes. Les résultats obtenus montrent que le sexe et le polymorphisme chromatique n'ont pas d'influence sur l'asymétrie alaire. Pour sa part, l'étude moléculaire n'a

révélé aucune différence génétique claire entre les spécimens. Les échantillons à 1T ne forment pas un groupe monophylétique par rapport à ceux à 3T. En outre, les échantillons provenant d'Algérie ne sont pas séparés génétiquement par rapport à ceux formés par les séquences tirées de la GenBank à partir d'individus d'autres régions géographiques. En dépit des différences morphologiques observées entre les deux populations, l'actuelle étude montre qu'il n'y a pas de différence au niveau moléculaire en utilisant les deux gènes mitochondriaux COI et 16S. L'isolement reproductif a montré lui aussi qu'il n'y a aucune attraction sexuelle entre les deux formes l'une vers l'autre en dépit de deux couples formés accidentellement. Enfin, les traitements des larves de *C. barbarus* ont été réalisés par contact et par ingestion en utilisant les extraits aqueux des grains et feuilles de *Peganum harmala* ainsi que les huiles essentielles de *Mentha pulegium*. Les résultats sont très satisfaisants (taux de mortalité avoisinant les 90%).

Mots clés : Acridofaune, *C. barbarus*, régime alimentaire, morphométrie, bioforme phylogénie, bioacridicide.

Bioecology of Orthoptera in the region of Jijel: special case of *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) (Orthoptera: Calliptaminae), morphometry, Diet, Acridofauna and molecular identification

Abstract

To study the bioecology of Orthoptera in the region of Jijel, seven stations were chosen. This is Texenna, Kissir, Jijel, Beni Caid, Beni Belaid, El Emir Abdelkader and El Aouana. In addition, two other stations are used for collection of samples, one in Djelfa, the other in Kasr El Boukhari (Medea). The acridofauna of Jijel's region is composed by 32 species most of which are Cealifera including Acrididae represented mainly by Oedipodinae and Gomphocerinae. Texenna, Beni Caid and El Aouana presented the highest species diversity; Beni Belaid and Kissir are the least diverse stations. *C. barbarus* is a most polymorphic species (with one or three femoral spot). The qualitative and quantitative study of the diet show that *C. barbarus* behaves like a very polyphagous species feeding both Poacées than oter botanic families. The study of the classical morphometry showed that stands of *C. babarus* are homogeneous with each other. The difference is usually insignificant when comparing LF / IF, LE / LF and Sf / STF couples of individuals among three stations studied (Jijel, Kissir and Texenna). To distinguish the two bioforms of *C. barbarus*, we used a morphometric geometrics method based on landmarks of the right and the left elytra via the

Generalized Procrustes Analysis (GPA). This method allowed us to identify and visualize conformational changes within the 2 forms. The results obtained show that sex (male, Female) and chromatic polymorphism does not influence on the wing asymmetry. On the other hand, no clear genetic differentiation was found between the two forms. Samples with one spot do not form a monophyletic group compared to those in three spots. This molecular study indicates that there are no differences at a molecular level using the two mitochondrial genes COI and 16S. The reproductive isolation showed that there is no sexual attraction of both forms one to the other. Finally, The treatments of larvae's *C. barbarus* were carried out by contact and ingestion using aqueous extracts of seeds and leaves of *Peganum harmala* and essentiales oils of *Mentha pulegium*. The results are very satisfactory.

Key words: Acridofauna, *C. barbarus*, diet, morphometry, bioform, phylogeny, bio acridicide

دراسة بيو ايكولوجية لمستقيمات الاجنحة في منطقة جيجل, حالة خاصة بالجراد البربري

Calliptamus barbarus (Costa,1836) (Othoptera: Calliptaminae): المورفومترية, النمط الغذائي,

الاكريدوفونة و التحديد الجزيئي

ملخص

لدراسة البيواكولوجيا عند مستقيمات الاجنحة في منطقة جيجل, اخترنا سبعة محطات رئيسية هي جيجل, تاكسانة, كيسيير, بني قائد, بني بلعيد, الامير عبد القادر و العوانة, اضيف اليهن محطتين لجمع العينات هما الجلفة و قصر البخاري. يعيش في منطقة جيجل 32 نوع من الجراد منتشرة بين مختلف المجموعات الجرادية, معظمها من الCaelifera و خاصة من عائلة الAcrididae و بالخصوص من فصيلة الGomphocerinae و Oedipodinae. بعض المحطات مثل تاكسانة, العوانة و بني قائد تميزت بتنوعها الجرادي, لكن بني بلعيد و الامير عبد القادر كانتا فقيرتين من حيث الانواع. من بين هذه الاخيرة, يعتبر الجراد البربري *Calliptamus barbarus* الاكثر تعددا في الاشكال, حيث توجد مجموعتين منفصلتين, الاولى تتميز بوجود بقعة واحدة على الوجه الداخلي للقدم الخلفية, بينما الثانية تحتوي على 3 بقع. بينت النتائج الخاصة بالنمط الغذائي بان الجراد البربري يتصرف كمتعدد للغذاء بتناوله للنجيليات بالاضافة الي عوائل نباتية اخرى. أظهرت النتائج الخاصة بالدراسة الشكلية التقليدية بان مختلف المجموعات متجانسة فيما بينها حيث ان الفرقا كانت ضئيلة عند مقارنة المعلومات المورفومترية فيما بينها لدى الافراد بين المحطات الثلاث جيجل, تاكسانة و كيسيير. أجريت هذه الدراسة ايضا من اجل المقارنة بين الشكل ذو البقعة الفخذية الواحدة مع نظيره ذو البقع الثلاث و هذا باستعمال المورفومترية الهندسية و علم الأحياء الجزيئي بالاضافة الى الانزال التكاثري. تم قياس الأشكال الهندسية استنادا إلى نقاط مرجعية بمطابقة الجناح اليميني مع الجناح اليساري. أظهرت النتائج انه لا يوجد تأثير للتنوع الشكلي و لا للجنس على التباين الجناحي. من جهة اخرى اثبتت الدراسة الجزيئية انه لا يوجد اختلافات وراثية واضحة بينهما رغم التمايز الشكلي الواضح و هذا باستخدام نوعين من الجينات هما السيتوكروم اوكسيداز 1 و الريبوزوم 16س. من جهة اخرى أظهر الانزال التكاثري انه لا انجذاب حدث بين ذكور و اناث المجموعتين بعضهما نحو بعض و هذا على الرغم من تشكل

زوجين عن طريق الخطأ. أخيراً قمنا باستعمال مستخلصات أوراق و بذور نبات الحرمل *Peganum harmala* و الزيوت الطيارة لنبات النعناع البري *Mentha pulegium* و هذا لمعالجة يرقنات الجراد البربري عن طريق المعالجة السطحية والابتلاع وكانت النتائج مشجعة للغاية (نسبة الوفيات قاربت ال 90%).

الكلمات المفتاحية الاكريدوفونة, الجراد البربري, النمط الغدائي, المورفومترية, الشكل البيولوجي, النسالة و المبيد الجراذي البيولوجي



A molecular phylogenetic and phylogeographic study of two forms of *Calliptamus barbarus* (Costa 1836) (Orthoptera: Acrididae, Calliptaminae) from two regions of Algeria

Moad Rouibah, Alejandro López-López, Juan José Presa & Salaheddine Doumandji

To cite this article: Moad Rouibah, Alejandro López-López, Juan José Presa & Salaheddine Doumandji (2016): A molecular phylogenetic and phylogeographic study of two forms of *Calliptamus barbarus* (Costa 1836) (Orthoptera: Acrididae, Calliptaminae) from two regions of Algeria, *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)*, DOI: [10.1080/00379271.2016.1188329](https://doi.org/10.1080/00379271.2016.1188329)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/00379271.2016.1188329>



Published online: 07 Jun 2016.



Submit your article to this journal [↗](#)



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

A molecular phylogenetic and phylogeographic study of two forms of *Calliptamus barbarus* (Costa 1836) (Orthoptera: Acrididae, Calliptaminae) from two regions of Algeria

Moad Rouibah^{a,b,*}, Alejandro López-López^c, Juan José Presa^d & Salaheddine Doumandji^b

^aLaboratory of Biotechnology, Environment and Health, University of Jijel, Jijel, Algeria; ^bÉcole Nationale Supérieure d'Agronomie, Département de Zoologie, Alger, Algeria; ^cÁrea de Biología Animal, Departamento de Zoología y Antropología Física, Facultad de Veterinaria, 3^a planta, Universidad de Murcia, Murcia, Spain; ^dÁrea de Zoología, Departamento de Zoología y Antropología Física, Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Murcia, Spain

(Accepté le 7 mai 2016)

Summary. *Calliptamus barbarus* (Orthoptera: Acrididae) is the most polymorphic species within the genus *Calliptamus*. It shows a morphological polymorphism (three hind femoral spots, or only one hind femoral spot). Several studies have been made in order to distinguish the two forms: morphometry, number of ovarioles, sound production, protein and enzyme system. The aim of our work is to assess whether the two forms can be considered as different taxa and to perform a molecular phylogenetic study of two populations of *C. barbarus* collected from two different Algerian localities. No clear genetic differentiation was found between the samples with different morphologies. Additionally, the samples from Algeria do not form a monophyletic sister clade compared to the one formed by the sequences from GenBank from other geographical regions. Despite the morphological differences shown between the two populations, our molecular study indicates that there are no differences at a molecular level using the two mitochondrial genes COI and 16S.

Résumé. Étude phylogénétique et phylogéographique de deux formes de *Calliptamus barbarus* (Costa 1836) (Orthoptera : Acrididae, Calliptaminae) de deux régions d'Algérie. *Calliptamus barbarus* est l'espèce la plus polymorphe au sein du genre *Calliptamus*. Elle montre un polymorphisme morphologique (une ou trois taches au niveau des fémurs postérieurs). Plusieurs études ont été réalisées dans le but de distinguer les deux formes : morphométrie, nombre d'ovarioles, production sonore, protéines et système enzymatique. Le but de notre travail est d'évaluer si les deux formes peuvent être considérées comme des taxons différents et de réaliser une étude moléculaire phylogénétique de deux populations de *C. barbarus* recueillies à partir de deux localités différentes d'Algérie. Aucune différence génétique claire n'a été observée entre les échantillons morphologiquement différents. En outre, les échantillons provenant d'Algérie ne forment pas un groupe monophylétique par rapport à celui formé par les séquences tirées de GenBank et provenant d'individus d'autres régions géographiques. En dépit des différences morphologiques observées entre les deux populations, notre étude montre qu'il n'y a pas de différence au niveau moléculaire en utilisant les deux gènes mitochondriaux COI et 16S.

<http://www.zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:1BD2D778-C800-43C7-8EAE-F032AF75FFB7>

Keywords: *Calliptamus barbarus*; form; femoral spot; phylogeography; COI

Mots-clés: *Calliptamus barbarus*; forme; tache fémorale; phylogéographie; COI

Calliptamus barbarus (Costa 1836), also called “the Caloptene ochrace” or “prickly locust”, belongs to the subfamily Calliptaminae. It is included in a group of four closely related species whose identification often proves difficult, including the Italian Caloptene, *Calliptamus italicus* (L. 1758), the Provençal Caloptene, *C. siciliae* (Ramme 1927) and the Occitan Caloptene, *C. wattenwylanus* (Pantel 1896).

Many identification keys are available to identify species of the genus *Calliptamus*, all based on morphology (tegmina, femoral and phallic complex), e.g. Chopard (1943) for North Africa, Chopard (1951), Harz (1975) and Defaut (1988) for the western Palearctic region, Llorente

(1982) for Spain, Bellman and Luquet (1995) for Europe, Fontana et al. (2002) for Italy and Olmo-Vidal (2006) for Catalonia. However, the revision of the genus *Calliptamus* by Jago (1963) remains the best at present time. In *Calliptamus barbarus*, the identification of male specimens is often easier than that of females and juveniles (Bellman & Luquet 1995; Blanchet 2009; Blanchet et al. 2012a).

Among *Calliptamus*, *C. barbarus* (Figure 1) is the most polymorphic. It presents a chromatic polymorphism in the hind femora (ruby color with three bold and separate femoral spots, or pale orange, with only one large femoral spot) that corresponds to its ecological distribution and habitat: the form with one femoral spot can be found almost exclusively in the semiarid environments

*Corresponding author. Email: rouibahm@yahoo.com



Figure 1. *Calliptamus barbarus* female with 3 spots (left) and 1 spot (right) (photo: Rouibah, 2015).

whereas the form with three spots is encountered in less arid places. Its distribution area stretches from Portugal in the west (Larrosa et al. 2007) to Afganistan and China to the east (Fabry et al. 1987; Larrosa et al. 2007), and from north of Russia (Stolyarov 2000) to Pakistan in the south, through Europe, Mediterranean sea and North Africa and Middle East (COPR 1982) (Figure 2).

On the bio-ecological plan, *C. barbarus* is a thermo-philic and xerophytic species (Monard 1986) with a preference for arid land, sparse vegetation, wasteland and open scrubland surrounded by fallow. In Algeria, this species can usually be found near the sea to 1100 m. According to Louveaux et al. (1996), it can exceed this altitude in some cases, e.g. in Morocco. This Calliptaminae usually overwinter as eggs but rarely as the adult stage (Tumbrinck 2006).

In Algeria (Figure 3), two different populations can be found: one living near the coast (e.g. Jijel, Boumerdes and Tizi Ouzou), corresponding to the form with three femoral spots, and the other living in the steppe area near the desert (e.g. Medea and Djelfa) with individuals having only one femoral spot.

Under the most recent edition of the International Code of Zoological Nomenclature (ICZN, 1999), “form” is a term that is deemed to denote infrasubspecific ranks that are published after 1960. Jago (1963) was the first to propose the term of “form” for the *Calliptamus barbarus* variants. Several authors have attempted to compare the two forms on the basis of morphology. The form with one femoral spot is larger than the form with three spots, for both males and females (Clemente et al. 1987; Louveaux

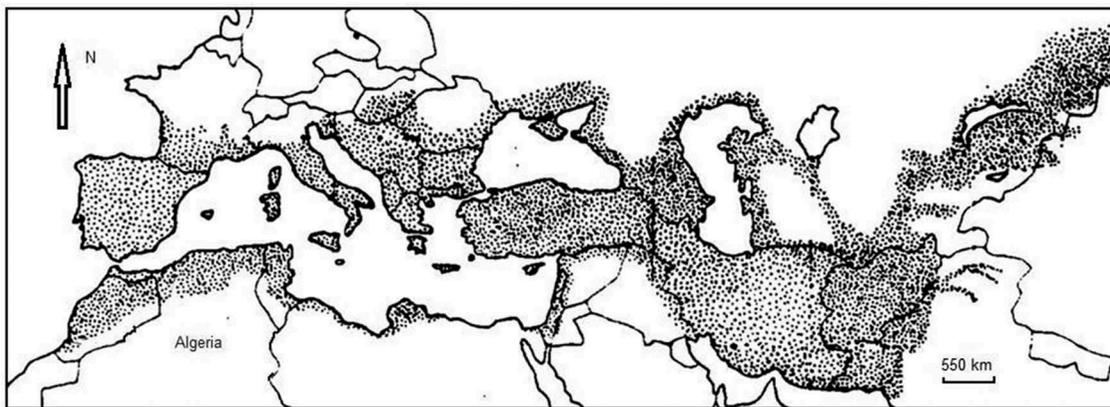


Figure 2. Geographic distribution of *Calliptamus barbarus* in the world (modified, according to Jago 1963).

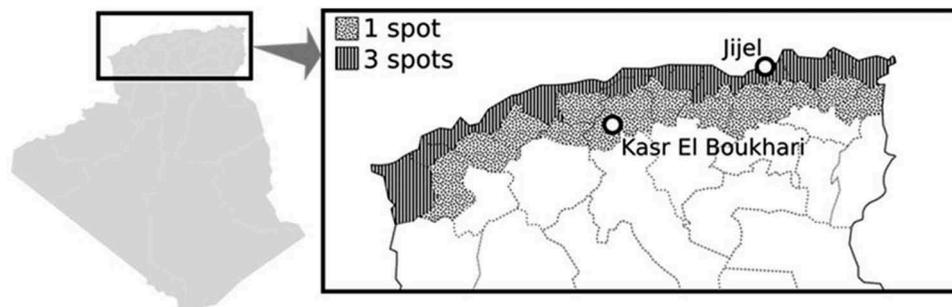


Figure 3. Geographic distribution of the two forms of *Calliptamus barbarus* in Algeria and sampling localities (in clear: 1S form, in dark: 3S form).

1991; Benzara 2004; Larrosa et al. 2004). On the other hand, according to Larrosa et al. (2008), the time domain features of the acoustic emissions of the males, and to a lesser degree for females, of both forms showed significant differences: the syllable length and the number of emitted pulses are greater in the one-spot form than in the three-spot form. Larrosa et al. (2007) reported that, regarding sexual behavior, there are some differences between the two forms in the inter and intrasexual relationships (convulsive and alternative movement of hind femora, walk up and down hind femora, advance and jump) and proposed that the two forms appear to be following a speciation process (Larrosa et al. 2007). Furthermore, females with one femoral spot have more ovarioles (an average of 62) than females with three femoral spots (only 51) (Benzara 2004). The same author reported the presence of some differences between the two forms concerning total proteins and enzyme systems of hemolymph and wing muscle such as tetrazolium oxidase and alpha-glycerophosphate; however, the phosphatase acid indicates a close relationship between the two populations.

Molecular studies have already shown their effectiveness to characterize the populations of grasshoppers, for example: Selkoe and Toonen (2006) and Sword et al. (2007) for *Hesperotettix viridis* (Thomas 1872); Chapuis (2006) for *Locusta migratoria* L. 1758, Huo et al. (2007) for Arcypteridae; Berthier et al. (2008) for *Oedaleus decorus* (Germar 1825); Chapuis et al. (2008) for *Chortoicetes*; Chapuis et al. (2011) for Orthoptera, Blanchet (2009); Blanchet et al. (2010); Blanchet et al. (2012b); for *Calliptamus*; Berthier et al. (2011) for *Chortoicetes terminifera* (Walker 1870); Umbers et al. (2012) for *Kosciuscola tristis* Sjöstedt 1934; and Saglam et al. (2013) for *Phonochorion*.

Currently, no molecular studies of *C. barbarus* have been performed in order to compare the two forms of this species. If they actually correspond to separate taxa, this difference should be revealed by means of a phylogenetic and phylogeographic study. The mitochondrial DNA fragment cytochrome oxidase subunit 1 (COI) is one of the most popular molecular markers used in phylogenetic

studies, not only in Orthoptera (Bensasson et al. 2000; Burgov et al. 2006; Blanchet et al. 2010) but also in other insect groups (Jermin & Crozier 1994; Zhang & Hewitt 1996; Guryev et al. 2001). The 16S ribosomal RNA (16S) has already been successfully tested by Lu and Huang (2006) for the phylogeny of Oedipodinae and López-López and Galian (2010, 2012), and López-López et al. (2015) for Cicindelinae.

The purpose of this work is to examine the systematic position of both forms of *C. barbarus* based on the sequence analysis of these two mitochondrial genes: cytochrome oxidase subunit 1 (COI) and the 16S RNA isolated from samples collected from the two populations of this species (with one and three femoral spots) taken from two geographically different regions of Algeria. Additionally, this analysis will confirm or refute the speciation process proposed by Benzara (2004) and Larrosa et al. (2008).

Material and methods

Samples of *Calliptamus barbarus* were collected during August 2014, 38 samples with one femoral spot (25 males and 13 females) in Kasr El Boukhari [35°86'07"N 2°76'07"E], and 30 with three femoral spots (11 males and 19 females) in Texenna (Jijel) [36°41'41"N 5°46'34"E] (Table 1, Figure 3).

After sampling, all collected specimens were brought to the laboratory, preserved in individual tubes filled with 100% alcohol and stored in a refrigerator at 4°C before DNA extraction.

DNA isolation from the hind femora was performed using the Invisorb® Spin Tissue Mini Kit (Invitex, Berlin, Germany) following the manufacturer's indications. Two fragments of the mitochondrial DNA were amplified using the Kapa® Taq DNA polymerase with the primers mtd6 (5'-GGAGGATTTGGAAATTGATTAGTTCC-3') and mtd11 (5'-ACTGTAAATATATGATGAGCTCA-3') (Contreras & Chapco 2006) for the cytochrome oxidase 1 (COI) and the primers 16S-F (5'-CCGAGTATTTTACTGTGC-3') and 16S-R (5'-TAATCCAACATCGAGGTCGAA-3') (Zerm et al. 2007) for the 16S ribosomal RNA (16S).

PCR reaction was performed under the following conditions: 5 min of denaturation at 94°C, followed by 30 cycles of 30 s at 94°C, 30 s at 50°C (primer annealing), 1 min at 72°C and then at 72°C for 10 min (final elongation).

PCR amplification was checked in a 1.5% agarose gel and sequenced in Macrogen (Amsterdam, the Netherlands). The

Table 1. Collection data for *C. barbarus* samples used for the molecular analysis.

Sample	Sex	Locality	Date	Form	GenBank accession n°	
					16S	COI
A01–A12, B01–B12, C01	M	Kasr Elboukhari	17.VIII.2014	One spot	KT158469- KT158493	KT158532- KT158545
C02–C12, D01–D02	F	Kasr Elboukhari	17.VIII.2014	Three spot	KT158494- KT158505	KT158546- KT158556
D03–D06, D08, D10–D12, E01–E03	M	Texenna	20.VIII.2014	Three spots	KT158506- KT158514	KT158557- KT158566
E04–E12, F02, F03, F05–F12	F	Texenna	20.VIII.2014	Three spots	KT158515- KT158531	KT158567- KT158581

sequences were edited in GENEIOUS 5.4 (Drummond et al. 2011) and aligned in the same program using the MUSCLE algorithm. Some *C. barbarus* sequences available in the GenBank database were added to the alignment, and sequences from other species of *Calliptamus* were added as outgroups (Table 2).

The most appropriate nucleotide substitution model was determined using jMODELTEST v2.1.7 (Darriba et al. 2012). A phylogenetic analysis of a concatenated matrix composed of

the two fragments (COI and 16S) was carried out in BEAST 1.8.2 (Drummond et al. 2012), with a coalescent tree model with constant population size. The analysis ran for 10 million generations, sampling each 1000 steps. The first 1000 trees were discarded and the consensus tree was built with TREEANNOTATOR 1.8.1 (available at <http://beast.bio.ed.ac.uk/>). A phylogeographic network was built in the program POPART (available at <http://popart.otago.ac.nz>) using a modified version of the COI matrix, in which only the portion that was not

Table 2. List of outgroups and additional *C. barbarus* sequences obtained from the GenBank database.

Accession number	Species	Locality	Marker
DQ366833	<i>C. barbarus</i>	China	16S
FJ555215	<i>C. barbarus</i>	China	16S
FJ555220	<i>C. barbarus</i>	China	16S
FJ555221	<i>C. barbarus</i>	China	16S
FJ555222	<i>C. barbarus</i>	China	16S
FJ555223	<i>C. barbarus</i>	China	16S
JX033916	<i>C. barbarus</i>	NA	COI
KC139829	<i>C. barbarus</i>	China	COI
KC139830	<i>C. barbarus</i>	China	COI
KC261372	<i>C. barbarus</i>	NA	COI
AY379752	<i>C. abbreviatus</i>	NA	16S
DQ366836	<i>C. abbreviatus</i>	China	16S
KC139803	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139804	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139805	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139806	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139807	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139808	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139809	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139810	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139811	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139812	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139813	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139814	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139815	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139816	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139817	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139818	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139819	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139820	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139821	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139822	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139823	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139824	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139825	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139826	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139827	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
KC139828	<i>C. abbreviatus</i>	China	COI
EU589054	<i>C. italicus</i>	NA	COI
EU589059	<i>C. italicus</i>	NA	COI
EU589086	<i>C. italicus</i>	NA	COI
EU589087	<i>C. italicus</i>	NA	COI
EU589088	<i>C. italicus</i>	NA	COI
EU589089	<i>C. italicus</i>	NA	COI
EU589090	<i>C. italicus</i>	NA	COI
EU589091	<i>C. italicus</i>	NA	COI
EU589092	<i>C. italicus</i>	NA	COI
EU589093	<i>C. italicus</i>	NA	COI

(continued)

Table 2. (Continued).

Accession number	Species	Locality	Marker
EU589094	<i>C. italicus</i>	NA	COI
FJ555212	<i>C. italicus</i>	China	16S
FJ555213	<i>C. italicus</i>	China	16S
FJ555214	<i>C. italicus</i>	China	16S
FJ555216	<i>C. italicus</i>	China	16S
FJ555217	<i>C. italicus</i>	China	16S
FJ555218	<i>C. italicus</i>	China	16S
FJ555219	<i>C. italicus</i>	China	16S
KC139831	<i>C. italicus</i>	China	COI
KC139832	<i>C. italicus</i>	China	COI
KC139833	<i>C. italicus</i>	China	COI
KC139834	<i>C. italicus</i>	China	COI
KC261373	<i>C. italicus</i>	NA	COI
KR005871	<i>C. italicus</i>	China	COI
GQ355954	<i>C. siciliae</i>	France	COI
GQ355950	<i>C. wattenwylanus</i>	Spain	COI

Note: NA, locality not available.

missing from any sequence was conserved. The algorithm used for building the network was median joining, as it usually correctly resolves the relationships among haplotypes and has been successfully used in similar cases (Cassens et al. 2005).

Results and discussion

The obtained COI fragment had a length of 525 bp (GenBank accession codes KT158532-KT158581) and the 16S fragment was of 323 bp (GenBank accession codes KT158469-KT158531). The COI matrix used for the phylogeographic analysis had a length of 322 bp. The selected nucleotide substitution model for both fragments was the GTR + I + Γ .

The node support of the trees obtained from the concatenate matrix (Figure 4) and the 16S (Figure 6) was generally low, except for the most basal nodes. This can be explained by the low variability of the 16S fragment, which makes it impossible to accurately resolve the relationships among the different clades. The different topology of the 16S and COI trees (Figures 6 and 7), mainly due to homoplasy, is the main reason for the low support of the tree obtained from the concatenated matrix (Figure 4), as the phylogenetic analysis is unable to create a tree that correctly depicts the history of both fragments.

The possibility of that one of the two fragments could be actually a numt (a pseudogene originated by a transposition of a mitochondrial fragment to the nuclear genome) was ruled out. The COI sequences could be translated into the correct amino acid sequences, and the 16S fragment had the same nucleotide composition and structure as the sequences obtained from GenBank.

In all the phylogenetic trees, no clear differentiation can be found between the samples with different morphologies (Figure 4). These traits seem to be randomly

distributed across all the branches of the tree. Additionally, the samples from Algeria do not form a monophyletic group, the sequences from GenBank from other geographical regions being included within them.

In the phylogeographic network (Figure 5), a central haplotype with high frequency can be observed, surrounded by several less frequent haplotypes only separated by one or two mutational steps. Other haplotypes can be found in the outer parts of the network, at the end of long branches.

Despite the differences shown between the two forms concerning different aspects, our molecular study indicates that there are no differences at molecular level using the two genes COI and 16S (Figures 4 and 5). The samples from both localities (one or three femoral spots) are not shown to be phylogenetically separated from each other; instead they are mixed, forming a polyphyletic group. This pattern is also observed in the phylogeographic network. The fact that the sequences obtained from GenBank, coming from other localities, are included within the Algerian samples, both in the phylogenetic tree and in the phylogeographic network, indicates a lack of geographic structure. From these results we can infer that the phylogenetic grouping does not correspond with neither the morphology nor the geographic origin of each sample. The morphology (big with one spot, small with three spots) does not seem to be related with the mitochondrial lineage. In fact, there is no genetic differentiation between both kinds of samples as far as we can infer from our data.

The lack of genetic structure inferred from the phylogenetic and phylogeographic analyses can be explained by the great dispersal power of this species, which is able to perform long flights. Our data hints that the individuals of this species could be continuously moving and transporting their genes

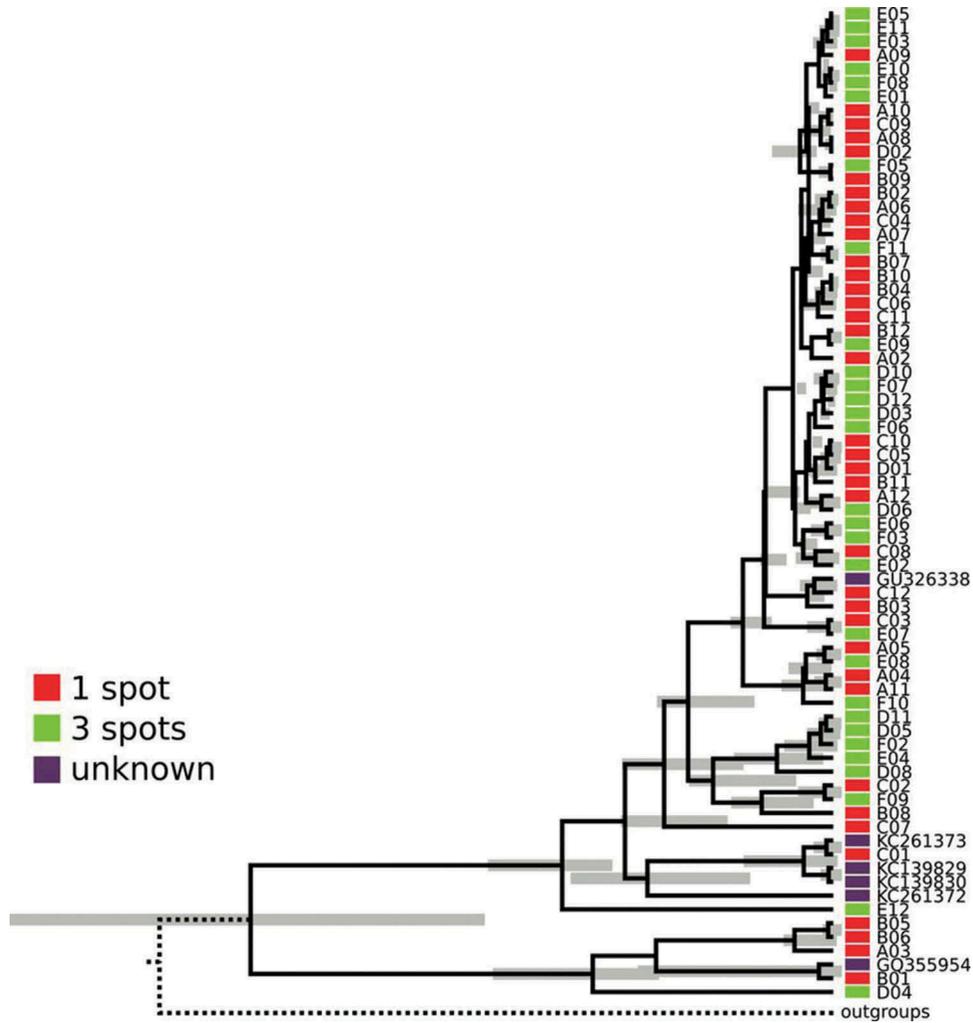


Figure 4. Bayesian inference tree obtained for the concatenated matrix of *Calliptamus barbarus* from the concatenated matrix including COI and 16S data. The coloration pattern in the inner side of the femora of the grasshopper sampled is marked either in red (one spot) or green (three spots). The node bars represent the node height with a 95% confidence interval. No support value is given because all the ingroup nodes had a posterior probability < 0.5.

throughout the Palearctic region, but this needs to be asserted using more data from all the distribution range.

In their study on the genus *Calliptamus*, Blanchet et al. (2012a) reported lower genetic diversity levels in *C. barbarus* populations when compared with populations of two related species (*C. wattenwylanus* and *C. italicus*) using microsatellites. This result has also been found in a recent phylogenetic analysis of several *Calliptamus* species (Sofrane et al. 2015). Our results confirm this low genetic diversity, and highlight a lack of separation between the sequences of our populations and the sequences of other localities (China and Morocco) obtained from GenBank (Figures 4 and 5). Furthermore, no significant correlation could be found between the genetic variability and geographic or morphological parameters. During many years of study in the field, no one-

spot individual was found in the region of Jijel (at an altitude of 503 m), and no three-spot individual was found in Ksar El Boukhari region (at an altitude of 792 m). The two regions are separated by the Tell Atlas range. These geographic barriers did not affect the genetic diversity of the two forms of *C. barbarus*. According to Benzara (2004), this mountain chain is not a high enough barrier to block the dispersion of individuals, but the bioclimatic gradient is very strong between littoral and desert. On the other hand, Blanchet et al. (2012b), reported that *C. barbarus* did not show any genetic differentiation when comparing populations of different sites. Furthermore, the genetic diversity was slight in *C. barbarus* locality samples. They inferred that gene flow is not limited by distance or discrete geographic barriers in males of *Calliptamus* species.

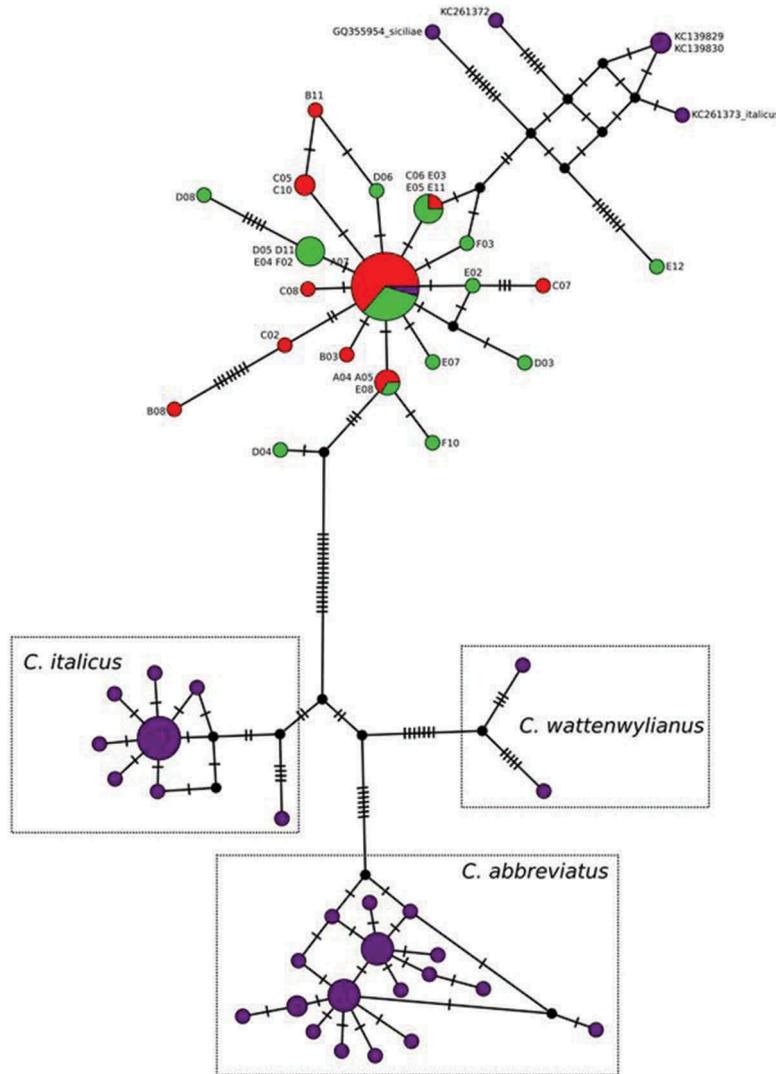


Figure 5. Haplotype network for *Calliptamus barbarus* obtained from COI data, including outgroups. The size of each haplotype is proportional to the number of samples that share it. The number of hatch marks in each link represents the number of mutational steps that separate the haplotypes. Black dots represent haplotypes not sampled (either extinct or not found in our sampling) but necessary to connect sampled haplotypes. Codes of the samples in each haplotype are indicated. The coloration pattern in the inner side of the femora of the grasshopper sampled is marked either in red (one spot) or green (three spots).

In the phylogeographic network, a central and very frequent haplotype can be distinguished, surrounded by multiple haplotypes only separated by one or two mutational steps. This star-shaped part of the network indicates a recent population expansion, that occurred after a population bottle-neck in the past. The most distant haplotypes could represent remains (older lineages) of an ancestral polymorphism.

Considering these results together, we can infer an interpretation of the history of these populations as follows: in the past, this species would have had a high diversity of haplotypes, distributed along a widespread population. Then, extinctions of haplotypes caused a drastic reduction of the genetic diversity, so only several

genetically distant haplotypes remained (the central haplotype in the network and the far ones). More recently, one of the surviving haplotypes (the central one) started to experience an expansion, increasing the number of individuals that share it and generating a high number of haplotypes separated from it by one or two mutations.

Conclusion

Several species and subspecies concepts were proposed by different authors according to different properties based on morphology, biology, recognition, reproductive isolation, and phylogenetics. A unified species concept was proposed by De Queiroz (2007). In this concept, this author

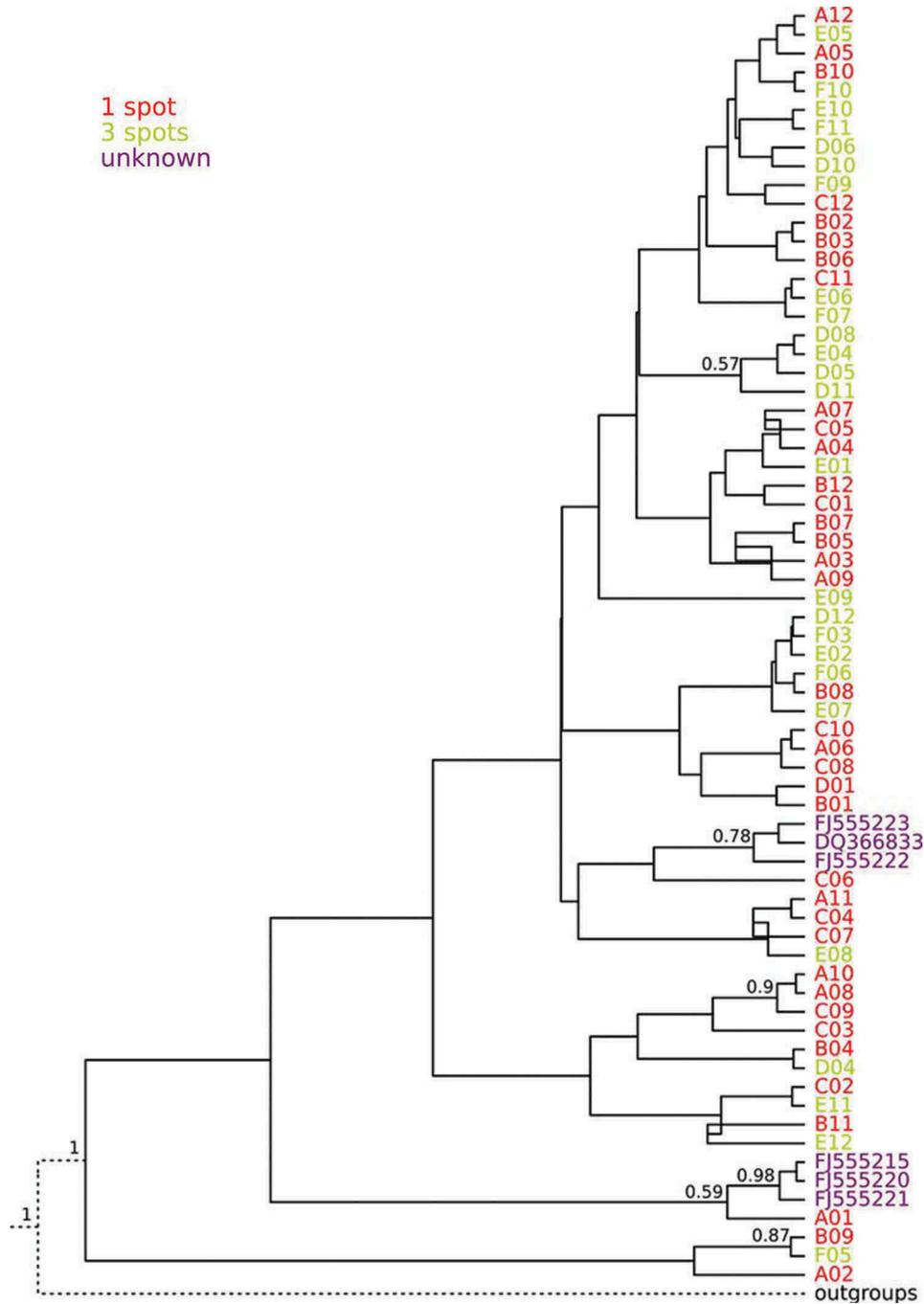


Figure 6. Bayesian inference tree obtained for the 16S fragment. The coloration pattern in the inner side of the femora of the grasshopper sampled is marked either in red (one spot) or green (three spots). Support values are given where the posterior probability value is > 0.5 .

determined that a separately evolving metapopulation (inclusive population made up of connected subpopulations) lineage (ancestor-descendant series) is the only necessary property of a species. For Larrosa et al. (2008), the application of a broad biological species concept leads to the recognition of more species than the traditional purely morphological approach. They consider

other differences, like sound production among others, to represent the mechanisms of isolation between the two forms of *C. barbarus* that appear to be following a speciation process.

In our study, we adopt the phylogenetics species concept proposed by Hennig (1966). This concept is based on reciprocal monophyly, as in the work by Lecocq et al.



Figure 7. Bayesian inference tree obtained for the COI fragment. The coloration pattern in the inner side of the femora of the grasshopper sampled is marked either in red (one spot) or green (three spots). Support values are given where the posterior probability value is > 0.5 .

(2015) about *Bombus pascuorum* (Scopoli 1763) bumblebees. As *C. barbarus*, this species displays a considerable coat color variation, a morphological differentiation and a slight genetic differentiation. It appears as a single species with a high geographic phenotypic differentiation and with a low genetic differentiation. Those authors assess the traditional taxa classification using the groups defined by an integrative taxonomy approach based on genetic markers and ecochemical divergences. They finally considered that a taxon deserved a species status with a high degree of certainty if the taxon was genetically differentiated in all genetic markers and constituted a monophyletic group (Lecocq et al. 2015).

On the other hand, according to Mayr (1942), a subspecies is an aggregation of phenotypically similar populations of a species occurring in a geographical subdivision within the overall range and differing from other conspecific population groups. It might be also considered as one type of ESU (evolutionarily significant unit): a partially isolated lineage that has not quite separated as a result of recent gene flow, with a neutral divergence and genetic differentiation without the necessary reciprocal monophyly, in nuclear and mitochondrial markers and a divergence in characters, shaped by selective pressure (Braby et al. 2012).

The two forms of *C. barbarus* have been found to have differences concerning size, chromatic and geographic

polymorphism, ovariole number, sound production, inter and intrasexual relationships, and slight differences in terms of total protein and enzymatic systems. Moreover, no hybrids between sympatric populations of both forms have been recorded. In our case, despite these differences, considered significant enough for their recognition as distinct species (Berrebi et al. 1986), the obtained molecular data do not allow us to corroborate that the two forms are separate taxa or are experiencing a speciation (segregation) process, as was suggested by Benzara (2004) and Larrosa et al. (2008).

Further studies based on larger sampling and including more genetic markers are needed to confirm the results obtained in this work, and will show whether the two forms are an ecological adaptive mechanism (Biron et al. 2002) in which the genetic system controlling the expression of the two phenotypes may be a protective mechanism of genetic variability within a population, conferring certain ecological benefits.

Acknowledgments

We thank the managers and staff of the laboratories of Orthopterology (Facultad de Biología) and Molecular Biology (Facultad de Veterinaria) of the University of Murcia that have enabled us to make this work. We thank María Dolores García, Eulalia Clemente Espinosa, María Isabel Arnaldos Sanabria, Esperanza, Pilar de la Rúa and José Galián for their help in this work.

References

- Bellman H, Luquet G. 1995. Guide des sauterelles grillons et criquets d'Europe occidentale. Lausanne: Delachaux et Niestlé; p. 383.
- Bensasson D, Zhang DX, Hewitt GM. 2000. Frequent assimilation of mitochondrial DNA by grasshopper nuclear genomes. *Molecular Biology and Evolution*. 17:406–415.
- Benzara A. 2004. Polymorphisme géographique de l'espèce *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) (Orthoptera: Acrididae) en Algérie [Thèse de doctorat]. El Harrach, Alger: Institut National Agronomique, 154 p.
- Berebi P, Bonhomme F, Pasteur N. 1986. Principe et utilisation de l'électrophorèse enzymatique en génétique des populations d'animaux marins. *Océanis*. 12:197–206.
- Berthier K, Chapuis M-P, Moosavi SM, Tohidi-Esfahani D, Sword G. 2011. Nuclear insertions and heteroplasmy of mitochondrial DNA as two sources of intra-individual genomic variation in grasshoppers. *Systematic Entomology*. 36:285–299.
- Berthier K, Loiseau A, Streiff R, Arlettaz R. 2008. Eleven polymorphic microsatellite markers for *Oedaleus decorus* (Orthoptera, Acrididae), an endangered grasshopper in Central Europe. *Molecular Ecology and Resources*. 8:1363–1366.
- Biron DG, Coderre D, Boivin G, Brunel E, Nénon JP. 2002. Genetic variability and expression of phenological and morphological differences in populations of *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae). *Canadian Journal of Entomology*. 134:311–327.
- Blanchet E. 2009. Développement de marqueurs moléculaires chez les Orthoptères. Application à l'étude du genre *Calliptamus* [Thèse de doctorat]. Université de Montpellier III, 190 p.
- Blanchet E, Blondin L, Gagnaire PA, Foucart A, Vassal JM, Lecoq M. 2010. Multiplex PCR assay to discriminate four neighbour species of the *Calliptamus* genus (Orthoptera: Acrididae) from France. *Bulletin of Entomology and Research*. 100:701–706.
- Blanchet E, Lecoq M, Pages C, Rivallan R, Foucart A, Billot C, Vassal JM, Risterucci AM, Chapuis MP. 2012b. A comparative analysis of fine-scale genetic structure in three closely-related syntopic grasshopper species (*Calliptamus* sp.). *Canadian Journal of Entomology*. 90:31–41.
- Blanchet E, Lecoq M, Sword GA, Pages C, Blondin L, Billot C, Rivallan R, Foucart AM, Vassal J-M, Risterucci A-M, Chapuis M-P. 2012a. Population structures of three *Calliptamus* spp. (Orthoptera: acrididae) across the Western Mediterranean Basin. *European Journal of Entomology*. 109:445–455.
- Braby MF, Eastwood R, Murray N. 2012. The subspecies concept in butterflies: has its application in taxonomy and conservation biology outlived its usefulness? *Biological Journal of the Linnean Society*. 106:699–716.
- Burgov A, Novikova O, Mayorov V, Adkison L, Blinov A. 2006. Molecular phylogeny of Palearctic genera of Gomphocerinae grasshoppers (Orthoptera:Acrididae). *Systematic Entomology*. 31:362–368.
- Cassens I, Mardulyn P, Milinkovitch MC. 2005. Evaluating intraspecific "network" construction methods using simulated sequence data: do existing algorithms outperform the global maximum parsimony approach? *Systematic Biology*. 54:363–372.
- Chapuis MP. 2006. Génétique des populations d'un insecte pullulant, le criquet migrateur, *Locusta migratoria* [PhD Thesis]. Montpellier: École Nationale Supérieure Agronomique, 72 p.
- Chapuis M-P, Lecoq M, Michalakakis Y, Loiseau A, Sword GA, Piry S, Estoup A. 2008. Do outbreaks affect genetic population structure? A worldwide survey in *Locusta migratoria*, a pest plagued by microsatellite null alleles. *Molecular Ecology*. 17:3640–3653.
- Chapuis M-P, Popple J-AM, Berthier K, Simpson SJ, Deveson T, Spurgin P, Steinbauer MJ, Sword GA. 2011. Challenges to assessing connectivity between massive populations of the Australian Plague locust. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences*. 278:3152–3160.
- Chopard L. 1943. Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. *Faune De L'empire Français*. 1:450.
- Chopard L. 1951. Orthoptéroïdes. *Faune De France*. 56:359.
- Clemente ME, Garcia MD, Pesa JJ. 1987. Morphometric and pigimentary variation in *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) in relationship with environment, and its taxonomic value. In: Boccetti B, ed. *Evolutionary biology of orthopteran insects*. Chichester: Ellis Horwood; p. 184–189.
- Contreras D, Chapco W. 2006. Molecular phylogenetic evidence for multiple dispersal events in gomphocerine grasshoppers. *Journal of Orthoptera Research*. 15:91–98.
- COPR. 1982. The locust and grasshopper. *Agricultural manual*. London: Centre for overseas pest research; p. 690.
- Darriba D, Taboada GL, Doallo R, Posada D. 2012. jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nature Methods*. 9:772–772.
- De Queiroz K. 2007. Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology*. 56:879–886.
- Defaut B. 1988. Détermination des Orthoptéroïdes Ouest-paléarctiques. 4-Catantopidae: le genre *Calliptamus* (Serville, 1831), en France, Espagne et Maroc. *L'Entomologiste*. 44:337–345.
- Drummond AJ, Ashton B, Buxton S, Cheung M, Cooper A, Duran C, Field M, Heled J, Kearse M, Markowitz S, et al. 2011. Geneious version 5.4. Available from: <http://www.geneious.com/>
- Drummond AJ, Suchard MA, Xie D, Rambaut A. 2012. Bayesian phylogenetics with BEAUti and the BEAST 1.7. *Molecular Biology and Evolution*. 29:1969–1973.
- Fabry MH, Louveaux A, Coisnel E, Payen D. 1987. Environnement thermique à l'interface air-sol. Application à la simulation de la durée de développement des œufs de *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) (Orthoptera: acrididae). *Acta Ecologica Applicata*. 8:53–65.
- Fontana P, Buzetti FM, Cogo A, Odé B. 2002. Guida al riconoscimento e allo studio i cavaletti Grilli, Mantidi e insetti affini del venetto. Vicenza: Museo Naturalistico Archeologico; p. 592.
- Guryev V, Makarevitch I, Blinov A, Martin J. 2001. Phylogeny of the genus *Chironomus* (Diptera) inferred from DNA sequences of mitochondrial cytochrome b and cytochrome oxidase I. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 19:9–21.
- Harz K. 1975. Die orthopteren Europas. The orthoptera of Europe. Haag: Dr W. Junk; p. 939.
- Hennig W. 1966. *Phylogenetic systematics*. Urbana: University of Illinois Press; p. 263.
- Huo G, Jiang G, Sun Z, Liu D, Zhang Y, Lu L. 2007. Phylogenetic reconstruction of the family acrypteridae (Orthoptera: acridoidea) based on mitochondrial cytochrome b gene. *Journal of Genetics and Genomics*. 34:294–306.
- ICZN (International Commission on Zoological Nomenclature). 1999. *International code of zoological nomenclature*. Fourth ed. London: The International Trust for Zoological Nomenclature; p. xxix + 306.

- Jago ND. 1963. A revision of the genus *Calliptamus* (Orthoptera, Acrididae). Bulletin of the British Museum (Entomology). 13:292–347.
- Jermiin L, Crozier R. 1994. The cytochrome b region in the mitochondrial DNA of the ant *Tetraponera rufoniger*: sequence divergence in hymenoptera may be associated with nucleotide content. Journal of Molecular Evolution. 38:282–294.
- Larrosa E, Garcia DM, Clemente EM, Presa JJ. 2007. Estudio comparado del comportamiento en cautividad de dos bioformas de *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) (Orthoptera, Acrididae). Anales De Biología. 29:61–73.
- Larrosa E, Garcia MD, Clemente ME, Presa JJ. 2004. El comportamiento en cautividad de *Calliptamus barbarus* (Orthoptera:acrididae). Memorie Della Società Entomologica Italiana. 82:615–630.
- Larrosa E, Garcia MD, Clemente ME, Presa JJ. 2008. Sound production in *Calliptamus barbarus* Costa 1836 (Orthoptera: acrididae: Catantopinae). Annales De La Société Entomologique De France (NS). 44:129–138.
- Lecoq T, Braseron N, Martinet B, Valterova I, Rasmont P. 2015. Highly polytypic taxon complex: interspecific and intraspecific integrative taxonomic assessment of the widespread pollinator *Bombus pascuorum* Scopoli 1763 (Hymenoptera: Apidae). Systematic Entomology. 40:881–890.
- Llorente V. 1982. La subfamilia Calliptaminae en España (Orthoptera, Catantopidae). Eos. 58:171–192.
- López-López A, Abdul Aziz A, Galian J. 2015. Molecular phylogeny and divergence time estimation of *Cosmodela* (Coleoptera: Carabidae: Cicindelinae) tiger beetle species from Southeast Asia. Zoologica Scripta. 44:437–445.
- López-López A, Galian J. 2010. Análisis filogenético de los Cicindelini ibéricos (Coleoptera; Carabidae; Cicindelinae). Anales De Biología. 32:79–86.
- López-López A, Hudson P, Galian J. 2012. The *blackburni/murchisona* species complex in Australian *Pseudotetracha* (Coleoptera: carabidae: cicindelinae: Megacephalini): evaluating molecular and karyological evidence. Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research. 50:177–183.
- Louveaux A. 1991. Instabilité démographique et stratégie de dispersion des Acridiens: un exemple chez deux Orthoptères *Calliptaminae*. Bulletin De La Société Zoologique De France. 116:243–251.
- Louveaux A, Mouhim A, Roux G, Gillon Y, Barral H. 1996. Influence du pastoralisme sur les populations acridiennes dans le massif du Siroua (Maroc). Revue D'écologie: La Terre Et La Vie. 51:139–151.
- Lu H-M, Huang Y. 2006. Phylogenetic relationship of 16 Oedipodidae species (Insecta: orthoptera) based on the 16S rRNA gene sequences. Insect Science. 13:103–108.
- Mayr E. 1942. Systematics and the origine of species. New York: Columbia University Press.
- Monard A. 1986. Étude bioécologique des peuplements acridiens du Bas-Languedoc [Thèse de doctorat]. Université Paris 6, 543p.
- Olmo-Vidal JM. 2006. Atles Ortòpters de Catalunya i llibre vermell. Barcelona: Generalitat de Catalunya; p. 428.
- Saglam IK, Kuçukyldirim S, Caglar S. 2013. Diversification of montane species via elevation shifts: the case of the Kaçkar cricket *Phonochorion* (Orthoptera). Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research. 52:177–189.
- Selkoe KA, Toonen R. 2006. Microsatellites for ecologists: a practical guide to using and evaluating microsatellite markers. Ecology Letters. 9:615–629.
- Sofrane Z, Dupont S, Chistidès JP, Doumandji S, Bagnères AG. 2015. Revision of the systematics of the genus *Calliptamus* Serville 1831 (Orthoptera: acrididae: Calliptaminae) in Algeria using morphological, chemical, and genetic data. Annales De La Société Entomologique De France (NS). 51:78–88.
- Stolyarov MV. 2000. Cyclicity and some characteristics of mass reproduction of *Calliptamus italicus* L. in Southern Russia. Russian Journal of Ecology. 31:43–48.
- Sword GA, Senior LB, Goskin JF, Joern A. 2007. Double trouble for grasshopper molecular systematics: intra-individual heterogeneity of both mitochondrial 12S-valine-16S and nuclear internal transcribed spacer ribosomal DNA sequences in *Hesperotettix viridis* (Orthoptera: acrididae). Systematic Entomology. 32:420–428.
- Tumbrinck J. 2006. An annotated checklist of the Orthoptera (Saltatoria) of Cyprus. Articulata. 21:121–159.
- Umbers KDL, Dennison S, Manahan CA, Blondin L, Pagés C, Risterucci A-M, Chapuis M-P. 2012. Microsatellite markers for the chameleon grasshopper (*Kosciuscola tristis*) (Orthoptera: acrididae), an Australian alpine specialist. International Journal of Molecular Sciences. 13:12094–12099.
- Zerm M, Wiesner J, Ledezma J, Brzoska D, Drechsel U, Cicchino AC, Rodriguez JP, Martinsen L, Adis J, Bachmann L. 2007. Molecular phylogeny of *Megacephalina* Horn 1910 Tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae). Studies on Neotropical Fauna and Environment. 42:211–219.
- Zhang D-X, Hewitt GM. 1996. Highly conserved nuclear copies of the mitochondrial control region in the desert locust *Schistocerca gregaria*: some implications for population studies. Molecular Ecology. 5:295–300.