

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للعلوم الفلاحية - الحراش الجزائر

Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El-Harrach, Alger

Département de Zoologie Agricole et Forestière

THESE

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

Spécialité : Protection des Végétaux

Bioécologie et distribution spatio-temporelle des populations solitaires du criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) en période de rémission dans le Sud algérien et essais de lutte biologique

Présentée par : M^{me} KAIDI Narimen épouse HIMRANE

Devant le jury :

Présidente :

M^{me} DOUMANDJI-MITICHE Bahia, Professeur (ENSA, El-Harrach)

Directeur de Thèse :

M. DOUMANDJI Salaheddine, Professeur (ENSA, El-Harrach)

Examineurs :

M. GHAZALI Djelloul, Professeur (ENSA, El-Harrach)

M^{me} MARNICHE Faiza, Maître de Conférences A (ENSV, El-Alia)

M^{me} MAHDI Khadidja, Maître de Conférences A (Université e Bouira)

M. OUKIL Salah, Maître de Recherche A (INRAA, Baraki)

Thèse soutenue le 13 mai 2018

Dédicaces

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect et la reconnaissance...

C'est tout simplement que je dédie ce modeste travail

♣ *A ma très chère maman **GUETTAS Radia**, à qui autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour elle. Elle qui m'as comblée avec sa tendresse et affection tout au long de mon parcours. Elle n'a cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour elle je lui dédie ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Je lui dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester sa fierté et ne jamais la décevoir. Puisse le tout puissant lui donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse la combler à mon tour.*

♣ *A mon très cher père **KAIDI Ali**, à qui autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soit-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Il a su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Ses conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Sa patience sans fin, sa compréhension et son encouragement sont pour moi le soutien indispensable qu'il a toujours su m'apporter. Ce travail est le fruit de ses sacrifices qu'il a consenti pour mon éducation et ma formation. Que le Bon Dieu le tout puissant le préserve, lui accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et le protège de tout mal.*

♣ *A mon cher et tendre époux **HIMRANE Sofiane**, dont les encouragements et soutien étaient la bouffée d'oxygène qui me ressourçait dans les moments pénibles et de stress. Ma vie à ses côtés est remplie de belles surprises. Ses sacrifices, son soutien moral et matériel, sa gentillesse sans égal, son profond attachement m'ont permis d'avancer dans la paix et le bonheur dans mes travaux de recherches. Je le remercie d'avoir été toujours à mes côtés, par sa présence, par son amour dévoué et sa tendresse, pour donner du goût et du sens à notre vie de famille En témoignage de mon amour, de mon admiration et de ma grande affection, je lui dédie ce travail pour lui témoigner mon amour inconditionnel et mon sincère attachement. Je prie dieu le tout puissant pour qu'il lui donne bonheur et prospérité.*

♣ *A mon très cher et défunt grand-père paternel **KAIDI Hocine**, mon histoire familiale et le bonheur de mon enfance. Il représente aussi mon inestimable trésor du passé qui éclaire toujours mon présent et demeurera toujours mon repère afin de construire mon avenir. J'aurais tant aimé qu'il soit parmi nous en ce jour si spécial, pour qu'il puisse voir le fruit de ses conseils et ses encouragements.*

♣ *A la mémoire de mon grand-père **GUETTAS Saïd**, ancien révolutionnaire, un homme strict mais aussi tendre et respectueux.*

♣ *A mes chères grands-mères **HAMMAD Zhor** et **SLIMANI Khdawedj**, des femmes si exceptionnelles dont j'ai tiré pas mal de bonnes habitudes et traits.*

♣ *A mon frère **Nazim** ainsi que mes sœurs **Asma** et **Selma***

♣ *A mes chers neveux et nièces adorés : **Hocine, Aïssa, Abdou, Aya, Yousra** et les irrésistibles **Saïdo** et **Simo***

♣ *A la mémoire de **M. Ghezali Djelloul**, Professeur à l'ENSA, qui a énormément contribué à la finalisation de cette thèse et qui m'a sans cesse et jusqu'à ses derniers jours soutenue et encouragée.*

♣ *A la mémoire de **Mr Beloued** qui ma appris à déterminer mes plantes collectées ;*

♣ *A mon très cher pays, l'Algérie*

♣ *Et enfin à moi même et à mon futur enfant*

Narimen HIMRANE-KAIDI

Avant-propos

Après mon tronc-commun en sciences agronomiques à l'ENSA, j'ai tout de suite intégrée, sans aucun regret le département de Zoologie Agricole et Forestière, toujours à l'ENSA. Étant fascinée par le monde des animaux et la protection de végétaux, j'ai choisi, de ce fait, comme thème de mon initiation à la recherche scientifique, l'entomologie appliquée, plus précisément, le domaine de la lutte biologique.

Mes deux diplômes (Ingénieur et Magister), obtenus dans cette école supérieure, ont été encadrés par le **Professeur Bahia DOUMANDJI-MITICHE** (ENSA d'El-Harrach), qui m'a beaucoup encouragée dans mes études. C'est ainsi que je la remercie infiniment pour sa disponibilité et sa présence mais aussi pour m'avoir honorée en acceptant de présider le Jury de cette thèse de Doctorat.

C'est, aussi, à mon Directeur de thèse le **Professeur Salaheddine Doumandji** (ENSA d'El-Harrach), que je dois tous mes respects et surtout gratitude pour m'avoir guidée afin de mener à bien cette étude. Ses encouragements et sa disponibilité durant toutes les étapes de ce travail, ses remarques pertinentes et ses suggestions ont sans cesse permis l'amélioration de la qualité de ce document. Que Dieu le protège.

Je voudrais également exprimer mes vifs remerciements aux membres du jury qui ont bien voulu juger ce travail de recherche à savoir : **Mme Khadidja MAHDI** (Maître de Conférences A à l'Université de Bouira), **Mme Faiza MARNICHE** (Maître de Conférences A à l'ENSV d'El-Alia) et enfin **M. Salah OUKIL** (Maître de recherche A et Directeur de la Division Protection des Cultures de l'INRAA) qui a sans cesse été disponible pour la réalisation de mes travaux sur terrain et au laboratoire et bien sûr, offert toutes les conditions nécessaires pour mes travaux de recherches en lutte intégrée contre les acridiens grégaires, intitulé de l'équipe de recherche de la Division Protection des cultures de l'INRAA dont je fais partie, en tant que Chercheur et ce depuis 2011.

Je remercie, également le **Professeur Foued CHAHAT**, ancien Directeur de l'INRAA, pour ses multiples et valeureux appuis, contributions, son implication personnelle et conseils généreux dans l'élaboration de ce travail de recherche et ce malgré son calendrier chargé.

Je saisis cette opportunité pour adresser mes plus sincères remerciements et surtout respects à **Mme Rabéa SAHKI-BOUTAMINE**, Chercheur à l'INRF de Tamanrasset, pour sa collaboration et son aide si précieuse et pour m'avoir fait profiter de ses connaissances. Son amitié, son inquiétude et surtout sa présence demeureront pour moi un très beau souvenir.

Que Messieurs **BENAYA Chawki, Abdallah, Djoudi, Samba et Bilel**, guides terguis, trouvent ici ma gratitude, mon respect et surtout mes remerciements les plus sincères pour m'avoir guidé sur terrain et surtout appris à déterminer les plantes du Hoggar ainsi que de m'avoir guidée durant mes circuits sur terrain.

Mes amis (es) et collègues ont été d'un grand réconfort pour moi, il s'agit de **M. Omar Bitam, Mme Nadhaf-Meamiche Hayet, M. Rabah Aoudjit, Mme Zhia TOBAL, Mme Fariza BOUSSAD, Mme Amina BOUGUERA, Mme SADJI Safia, Mme MERDAS Samira et Mme BERKANI Saliha**. Je voudrais qu'ils sachent que je leur suis très reconnaissante.

Enfin, ma reconnaissance va donc à tous ceux qui de près ou de loin, m'ont aidé à bien mener ce modeste travail de recherche.

Sommaire

Dédicaces	I
Avant-propos	III
Sommaire	V
Liste des tableaux	IX
Liste des figures	XI
Liste des annexes	XV
Introduction générale	1
Chapitre I : Le Péril acridien : cas du criquet pèlerin	
I.1. Historique du péril acridien	7
I.2. Quelques données sur le Criquet pèlerin	8
I.2.1. Place du Criquet pèlerin dans la classification zoologique	8
I.2.2. Biologie et comportement	9
I.2.3. Importance économique	10
I.2.4. Polymorphisme phasaire	11
I.2.5. Aires d'invasion et de Rémission	13
I.2.6. Biotopes de reproduction	14
I.2.7. Biotopes de grégarisation	14
I.2.8. Zones de reproductions potentielles du criquet pèlerin dans le Sud algérien	15
I.2.9. Stratégies de lutte antiacridienne	15
Chapitre II : Présentation de la région d'investigation : Le Parc National de l'Ahaggar	
II.1. Position géographique	17
II.2. Eléments de climatologie	18
II.2.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN	18
II.2.2. Climagramme d'Emberger et étages bioclimatiques	18
II.2.3. Indice d'Aridité	20
II.3. Faune et flore	21
II.3.1. Richesse faunistique	21
II.3.2. Richesse floristique	22
Chapitre III: Approche méthodologique	
III.1. Problématique et objectifs	24

III.2. Bioécologie et distribution spatio-temporelle du criquet pèlerin dans le Hoggar.....	25
III.2.1. Sites de prospection et d'étude.....	25
III.2.2. Itinéraires de prospection.....	26
III.2.3. Prospections sur terrain	26
III.2.4. Notations des observations.....	29
III.2.5. Inventaire floristique	30
III.2.6. Florule associée aux sites prospectés dans le Hoggar.....	31
III.2.7. Capture des individus.....	32
III.2.8. Etude de la densité des individus du Criquet pèlerin.....	33
III.2.9. Etude morphométrique de <i>Schistocerca gregaria</i> (état phasaire) dans le Hoggar.....	33
III.2.10. Etude de l'homogénéité des populations de <i>Schistocerca gregaria</i>	34
III.2.11. Etude du régime alimentaire du criquet pèlerin dans le Hoggar.....	34
III.2.11.1. Préparation des lames de référence (épidermothèque de référence).....	35
III.2.11.2. Analyse des fèces	35
III.2.11.3. Etude quantitative du régime alimentaire.....	36
III.2.12. Analyse spatio-temporelle des populations du criquet pèlerin.....	36
III.3. Essais de lutte biologique contre le criquet pèlerin au laboratoire.....	38
III.3.1. Matériel animal.....	38
III.3.2. Essais de lutte biologique au moyen de champignons entomopathogènes.....	39
III.3.2.1. Matériel fongique.....	39
III.3.2.2. Réalisation des traitements.....	40
III.3.3. Essais de lutte au moyen de plantes toxiques.....	41
III.3.3.1. Préparation des extraits acétoniques.....	42
III.3.3.2. Réalisation des traitements.....	43
III.3.4. Paramètres étudiés.....	43
III.3.4.1. Effet sur la mortalité.....	43
III.3.4.2. Calcul du temps léthal (TL ₅₀)	43
III.3.4.3. Effet sur l'hémogramme.....	44
III.3.4.4. Exploitation des résultats	44

Chapitre IV : Résultats obtenus

IV.1. Bioécologie et la distribution spatiotemporelle du criquet pèlerin dans le contexte algérien.....	47
IV.1.1. Notes d'observations des prospections réalisées dans le Hoggar.....	47

IV.1.2. Inventaire floristique des oueds prospectés.....	51
IV.1.3. Florule associée aux biotopes de <i>S. gregaria</i> prospectés dans le Hoggar.....	53
IV.1.4. Étude de la variable de densité des individus de <i>S. gregaria</i> dans le Hoggar entre 2006 et 2016.....	56
IV.1.5. Analyse spatio-temporelle des populations de <i>S. gregaria</i> dans le Hoggar.....	57
IV.1.6. Étude morphométrique des populations de criquet pèlerin dans le Hoggar.....	59
IV.1.7. Étude de l'homogénéité des individus de <i>S. gregaria</i> (utilisation de l'Analyse des Composantes Principale ACP)	64
IV.1.8. Étude du régime alimentaire de <i>S. gregaria</i> dans le Hoggar.....	67
IV.1.8.1. Étude qualitative.....	68
IV.1.8.2. Étude quantitative	68
IV.1.8.2.1. Période estivale.....	68
IV.1.8.2.2. Période automno-hivernale.....	73
IV.1.8.2.3. Période printanière.....	77
IV.2. Essais de lutte biologique contre le criquet pèlerin au laboratoire.....	80
IV.2.1. Effet sur la mortalité.....	80
IV.2.1.1. Utilisation des champignons entomopathogènes contre les L5 et les imagos de <i>S. gregaria</i>	80
IV.2.1.2. Utilisation des plantes toxiques.....	85
IV.2.2. Effet des traitements par les champignons entomopathogènes et quelques plantes sur l'hémogramme des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i>	92
IV.2.2.1. Etude qualitative.....	92
IV.2.2.1.1. Effet des champignons entomopathogènes sur l'hémogramme des L5 et des imagos de <i>S. gregaria</i>	93
IV.2.2.1.2. Effet des plantes toxiques sur l'hémogramme des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i>	94
IV.2.2.2. Etude Quantitative	94
IV.2.2.2.1. Effet des champignons entomopathogènes	94
IV.2.2.2.2. Effet des plantes toxiques.....	96
Chapitre V : Discussions des résultats obtenus	
V.1. Bioécologie et distribution spatiotemporelle du criquet pèlerin dans le Parc National de l'Ahaggar.....	102
V.1.1. Caractéristiques des sites prospectés dans le Hoggar entre 2006 et 2016.....	102

V.1.2. Inventaire floristique des oueds prospectés et florule associée à <i>S. gregaria</i>	105
V.1.3. Étude de la variable de densité et de la distribution spatiotemporelle des individus de <i>S. gregaria</i> dans le Hoggar entre 2006 et 2016.....	107
V.1.4. Étude morphométrique des populations de criquet pèlerin dans le Hoggar.....	108
V.1.5. Étude du régime alimentaire de <i>S. gregaria</i> dans le Hoggar.....	109
V.2. Essais de lutte biologique contre le criquet pèlerin au laboratoire.....	112
V.2. 1. Effet sur la mortalité.....	112
V.2.1.1. Utilisation des champignons entomopathogènes contre les L5 et les imagos de <i>S. gregaria</i>	112
V.2.1.2. Utilisation des plantes toxiques contre les L5 et les imagos de <i>S. gregaria</i> ...	116
V.2.2. Effet sur l'hémogramme des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i>	119
V.2.2.1. Utilisation des champignons entomopathogènes.....	120
V.2.2.2. Utilisation des plantes toxiques.....	122
Conclusion Générale	123
Références bibliographiques	129
Annexes	145
Résumés	184
Publication scientifique	

Liste des tableaux

Tableau 1. Liste des espèces végétales récoltées au niveau des sites prospectés.....	51
Tableau 2. Caractéristiques de la florule associée aux biotopes du Criquet pèlerin durant le Hoggar.....	53
Tableau 3. Densités moyennes des populations de <i>S. gregaria</i> dans le Hoggar entre 2006 et 2016.....	56
Tableau 4. États phasaires des populations de <i>S. gregaria</i> dans le Hoggar durant la période (2006-2016)	57
Tableau 5. Moyennes et écart-types des mesures morphométriques des populations de <i>S. gregaria</i> dans le Hoggar capturées entre 2006 et 2016.....	60
Tableau 6. Matrice de corrélation entre les variables Fémur (F), Elytres(E), Capsule céphaliques (C) et les rapports morphométriques E/F et F/C.	65
Tableau 7. Distribution annuelle et saisonnière des populations de <i>S. gregaria</i> dans le Hoggar (2006-2016)	66
Tableau 8. Pourcentages de mortalité des L5 de <i>S. gregaria</i> traitées par <i>B. bassiana</i> et <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>	80
Tableau 9. Pourcentages de mortalité des imagos de <i>S. gregaria</i> traités par <i>B. bassiana</i> et <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>	81
Tableau 10. Analyse de la variance des mortalités des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i> traités par <i>B. bassiana</i> et <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>	83
Tableau 11. Test LSD sur l'efficacité de <i>B. bassiana</i> et <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i> sur les L5 et imagos de <i>S. gregaria</i>	83
Tableau 12. Pourcentages de mortalité des larves de 5 ^{ème} stade de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par les six plantes étudiées (extraits acétoniques)	85
Tableau 13. Pourcentages de mortalités des imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traités par les six plantes étudiées (extraits acétoniques)	85
Tableau 14. Analyse de la variance des mortalités des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i> traités par les extraits acétoniques de <i>C. colocynthis</i> , <i>C. procera</i> , <i>C. arabica</i> , <i>S. argel</i> , <i>A. javanica</i> et <i>S. persica</i> contre les L5 et imagos de <i>S. gregaria</i>	88
Tableau 15. Test LSD sur l'efficacité de les extraits acétoniques de <i>C. colocynthis</i> , <i>C. procera</i> , <i>C. arabica</i> , <i>S. argel</i> , <i>A. javanica</i> et <i>S. persica</i> contre les L5 et imagos de <i>S. gregaria</i> contre les L5 et imagos de <i>S. gregaria</i>	88

Tableau 16. Equations et coefficient de régression ainsi que les TL50 obtenus pour les traitements des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i> à base d'extraits acétoniques des six plantes testées.	89
Tableau 17. Nombre d'hémocytes ainsi que taux des prohéocytes, plasmatocytes et granulocytes des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traités par <i>B. bassiana</i> et <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>	94
Tableau 18. Effet des extraits acétoniques de <i>C. procera</i> , <i>C. colocynthis</i> , <i>C. arabica</i> , <i>S. argel</i> , <i>A. javanica</i> et <i>S. persica</i> sur l'hémogramme des L5 et imagos, témoins et traités de <i>S. gregaria</i>	99

Liste des figures

Figure 1. Cycle biologique du Criquet pèlerin.....	9
Figure 2. Polymorphisme phasaire chez le Criquet pèlerin	12
Figure 3. Les étapes de la transformation phasaire.....	13
Figure 4. Limites des aires d'invasion et de rémission du criquet pèlerin.....	14
Figure 5. Situation géographique du Parc national de l'Ahaggar.....	17
Figure 6. Diagramme ombrothermique de Gaussen pour la région de Tamanrasset pour la période (2006-2016).....	19
Figure 7. Climagramme d'Emberger de la région de Tamanrasset pour la période (2006-2016).....	20
Figure 8. Tracé des itinéraires de prospection dans le Hoggar.....	27
Figure 9. Les différentes étapes de prospection.....	28
Figure 10. Estimation de l'état et de la densité de la végétation.....	31
Figure 11. Abaque morphométrique de RUNGS (1954).....	34
Figure 12. méthode de conception d'une épidermothèque de référence et d'analyse des fecès selon BUTET (1985).....	37
Figure 13. Elevage de masse du criquet pèlerin au laboratoire.....	38
Figure 14. <i>Metarhizium anisopliae</i> var <i>acridum</i> (à gauche) et <i>Beauveria bassiana</i> (à droite).....	39
Figure 15. Espèces végétales utilisées contre le Criquet pèlerin au laboratoire.....	41
Figure 16. Méthode de préparation de l'extrait acétonique d'une plante d'après MORDUE et BLACKWELL, (1993) ; AMER et RAMSY, (1993).....	42
Figure 17: Méthode de réalisation du frottis hémolympatique des insectes d'après GUZO et STOLTZ, (1987) cités par HABES et SOLTANI, (1992).....	45
Figure 18. Illustration des hémocytes les plus communs chez les insectes.....	46
Figure 19. Corrélations entre la densité du Criquet pèlerin et quelques caractéristiques édaphiques des sites prospectés pour la période estivale (2006-2016).....	48
Figure 20. Corrélations entre la densité du Criquet pèlerin et quelques caractéristiques édaphiques des sites prospectés pour la période automno-hivernale (2006-2016).....	49
Figure 21. Corrélations entre la densité du Criquet pèlerin et quelques caractéristiques édaphiques des sites prospectés pour la période printanière (2006-2016).....	50
Figure 22. Moyennes des densités (ind./ha) des populations de <i>S. gregaria</i> dans le Hoggar entre 2006 et 2016.....	57
Figure 23. Distribution spatio-temporelle des populations des <i>S. gregaria</i> de 2006 à 2016 dans le Hoggar.....	59
Figure 24. Représentations des rapports E/F et F/C des populations de <i>S. gregaria</i> capturées dans les six oueds prospectés durant la période estivale (2006-2016).....	61

Figure 25. Représentations des rapports E/F et F/C des populations de <i>S. gregaria</i> capturées dans les six oueds prospectés durant la période automno-hivernale (2006-2016).....	62
Figure 26. Représentations des rapports E/F et F/C des populations de <i>S. gregaria</i> capturées dans les six oueds prospectés durant la période printanière (2006-2016).....	63
Figure 27. Représentation graphique des variables dans un cercle de corrélation des axes principaux...	65
Figure 28. Présentation isométrique des individus dans le plan factoriel 1-2.....	67
Figure 29. Photographies des épidermes des plantes et des fragments végétaux retrouvés dans les fèces des individus mâles et femelles de <i>S. gregaria</i> capturés dans le parc National de l’Ahaggar.....	69
Figure 30. Fréquences d’occurrence des espèces végétales consommées, par les individus de <i>S. gregaria</i> (période estivale/Oued Abadel).....	70
Figure 31. Fréquences d’occurrence des espèces végétales consommées, par les individus de <i>S. gregaria</i> (période estivale/Oued Adjelmane).....	70
Figure 32. Fréquences d’occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période estivale/ Oued Amded).....	71
Figure 33. Fréquences d’occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période estivale /Oued Tikouiat).....	71
Figure 34. Fréquences d’occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période estivale/ Oued Tin Tarabine).....	72
Figure 35. Fréquences d’occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période estivale/ Oued Igharghar).....	72
Figure 36. Fréquences d’occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période automno-hivernale/Oued Abadel).....	74
Figure 37. Fréquences d’occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période automno-hivernale/Oued Adjelmane).....	74
Figure 38. Fréquences d’occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période automno-hivernale/Oued Amded).....	75
Figure 39. Fréquences d’occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période automno-hivernale/Oued Tikouiat).....	75
Figure 40. Fréquences d’occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période automno-hivernale/Oued Tin Tarabine).....	76
Figure 41. Fréquences d’occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période automno-hivernale/Oued Igharghar).....	76
Figure 42. Fréquences d’occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période printanière/Oued Abadel).....	77
Figure 43. Fréquences d’occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période printanière/Oued Adjelmane).....	77

Figure 44. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période printanière/Oued Amded).....	78
Figure 45. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période printanière/Oued Tikouiat).....	78
Figure 46. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période printanière/Oued Tin Tarabine).....	79
Figure 47. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de <i>S. gregaria</i> (période printanière/Oued Igharghar).....	79
Figure 48. Pourcentages de mortalité des L5 de <i>S. gregaria</i> traitées par <i>B. bassiana</i> et <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>	82
Figure 49. Pourcentages de mortalité des imagos de <i>S. gregaria</i> traitées par <i>B. bassiana</i> et <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>	82
Figure 50. Cadavres des imagos de <i>S. gregaria</i> traités par <i>B. bassiana</i> et <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>	84
Figure 51. Pourcentages de mortalités des L5 de <i>S. gregaria</i> traités par les extraits acétoniques de six plantes.....	87
Figure 52. Pourcentages de mortalités des imagos de <i>S. gregaria</i> traités par les extraits acétoniques de six plantes.....	87
Figure 53. Efficacité dans le temps des extraits acétoniques de six plantes contre les L5 de <i>S. gregaria</i>	90
Figure 54. Efficacité dans le temps des extraits acétoniques de six plantes contre les imagos de <i>S. gregaria</i>	91
Figure 55. Les différentes catégories d'hémocytes identifiées dans l'hémolymphe des L5 et des imagos témoins de <i>S. gregaria</i> (Grossissement x 100).....	92
Figure 56. Hémolymphe des imagos de <i>S. gregaria</i> , infecté par <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i> et <i>B. bassiana</i> (Gr X 100)	93
Figure 57. Hémocytes désagrégées des imagos de <i>S. gregaria</i> traités par les extraits acétoniques de six plantes acridicides.....	95
Figure 58. Nombre d'hémocytes dans 3µl d'hémolymphe des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traités au <i>B. bassiana</i> et <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>	97
Figure 59. Taux de prohéocytes dans 3µl d'hémolymphe des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traités au <i>B. bassiana</i> et <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>	97
Figure 60. Taux de plasmatocytes dans 3µl d'hémolymphe des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traités au <i>B. bassiana</i> et <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>	98
Figure 61. Taux de granulocytes dans 3µl d'hémolymphe des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traités au <i>B. bassiana</i> et <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>	98

Figure 62. Nombre d'hémocytes dans 3µl d'hémolymphe des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traités par six différentes plantes.....	100
Figure 63. Taux de prohéocytes dans 3µl d'hémolymphe des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traités par six différentes plantes.....	100
Figure 64. Taux de plasmatocytes dans 3µl d'hémolymphe des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traités par six différentes plantes.....	101
Figure 65. Taux de granulocytes dans 3µl d'hémolymphe des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traités par six différentes plantes.....	101

Liste des annexes

Annexe 1. Historique du problème acridien en Algérie (GUEDOUZ-BENRIMA, 2005 ; MAUREL et DEFAUT, 2012).....	145
Annexe 2. Relevés des précipitations moyennes mensuelles et annuelles en (mm) de la région Tamanrasset durant la période (2006-2016).....	149
Annexe 3. Relevés des températures minimales, maximales et moyennes sous abri de la région de Tamanrasset pendant les dix dernières années (2006-2016).....	149
Annexe 4. Richesse faunistique du Parc National de l’Ahaggar.....	149
Annexe 5. Richesse floristique du le Parc National de l’Ahaggar (SAHKI et SAHKI, 2004).....	152
Annexe 6. Itinéraires des circuits effectués dans le Hoggar chaque année durant la période (2006-2016)	156
Annexe 7. Formulaire FAO de prospection en lutte-antiacridienne (CRESSMAN, 2001).....	158
Annexe 8. Indices morphométriques de <i>Schistocerca gregaria</i> selon DIRSH (1953) (DURANTON et LECOQ, 1990)	159
Annexe 9. Epidermothèque de référence du Parc National de l’Ahaggar.....	159
Annexe 10. Observations relatives aux caractéristiques des sites prospectés entre 2006 et 2006.....	162
Annexe 11. Florule associée aux biotopes du Criquet pèlerin dans le Hoggar.....	167
Annexe 12. Mensurations et caractères morphologiques des mâles et des femelles de <i>S. gregaria</i> capturés à oued Abadel.....	170
Annexe 13. Mensurations et caractères morphologiques des mâles et des femelles de <i>S. gregaria</i> capturés à oued Adjelmane.....	171
Annexe 14. Mensurations et caractères morphologiques des mâles et des femelles de <i>S. gregaria</i> capturés à oued Amded.....	172
Annexe 15. Mensurations et caractères morphologiques des mâles et des femelles de <i>S. gregaria</i> capturés à oued Tekouiat.....	173
Annexe 16. Mensurations et caractères morphologiques des mâles et des femelles de <i>S. gregaria</i> capturés à oued Tin Tarabine.....	174
Annexe 17. Mensurations et caractères morphologiques des mâles et des femelles de <i>S. gregaria</i> capturés à oued Igharghar.....	175
Annexe 18. Fréquences d’occurrence des espèces végétales dans les fèces des mâles et des femelles de <i>S. gregaria</i> capturés en période estivale.....	176
Annexe 19. Fréquences d’occurrence des espèces végétales dans les fèces des mâles et des femelles de <i>S. gregaria</i> automno-hivernale.....	178
Annexe 20. Fréquences d’occurrence des espèces végétales dans les fèces des mâles et des femelles de <i>S. gregaria</i> capturés en période printanière	180

Annexe 21. Probits relatives aux traitements des L5 et imagos de <i>S. gregaria</i> par les extraits acétoniques de <i>C. procera</i> , <i>C. colocynthis</i> , <i>C. arabica</i> , <i>S. argel</i> , <i>A. javanica</i> et <i>S. persica</i>	182
--	-----

Introduction générale

Les locustes présentent une plasticité phénotypique en réponse au changement de la densité locale des populations (UVAROV, 1966). Le plus redoutable de cette catégorie d'acridiens est le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775), qui en phase grégaire et durant son invasion, constitue une menace considérable, en raison de l'étendue de son aire d'invasion, soit 29 millions de kilomètres carrés et son passage facile de la phase solitaire (peu nuisible) à la phase grégaire (très nuisible) (POPOV *et al.*, 1991). Cette transformation se traduit par des modifications d'ordre éthologique, écologique, physiologique, biologique et morphologique, ce qui rend cette espèce très redoutable pour la production agricole d'une vaste zone, allant de l'Afrique du Nord à l'Equateur et de l'Atlantique à l'Asie du Sud-Ouest en passant par le Proche-Orient. Ce fléau acridien inflige, ainsi, des dégâts se soldant la plupart du temps par des pertes de récoltes colossales. Ces dernières, peuvent toucher environ 60 pays couvrant près de 25% des terres émergées, habitées par le dixième de la population mondiale (STEEDMAN, 1988).

De leur côté, POPOV (1958), UVAROV (1977) et VAN HUIS (1994) mentionnent que le criquet pèlerin, peut être, en période d'invasion, extrêmement destructeur des ressources agropastorales des pays concernés, soit 50 pays d'Afrique, du Moyen-Orient et du Sud-Ouest de l'Asie (DURANTON *et al.*, 1982).

En sus de l'étendue de son aire d'invasion et la fréquence élevée de ses invasions, l'ampleur des dégâts du criquet pèlerin est également favorisée par trois autres facteurs, à savoir :

- Sa grande mobilité (une forte capacité à migrer sur de longues distances, soit capable de parcourir plusieurs centaines de kilomètres par jour) ;
- Son impressionnante voracité (le criquet est réputé pour consommer l'équivalent de son propre poids de matière végétale fraîche, soit 2 g/jr) ;
- Sa polyphagie, en phase grégaire (régime alimentaire très varié et peut s'attaquer à tous les types de culture et de pâturage).

La connaissance de la flore et des facteurs environnementaux sont indispensables dans l'étude des insectes phytophages tel le Criquet pèlerin (POPOV et ZELLER, 1963; DURANTON et LECOQ, 1990; POPOV *et al.*, 1991; WOLDWAHID, 2003 et WOLDWAHID *et al.*, 2004). Quand les conditions écologiques deviennent défavorables, les

criquets se concentrent là où la végétation est encore verte (ROFFEY et POPOV, 1968; DURANTON et LECOQ, 1990). Malgré sa polyphagie le criquet pèlerin a des préférences alimentaires qui déterminent très souvent sa présence sur telle ou telle plante (WOLDEWAHID, 2003). Plusieurs études montrent que le Criquet pèlerin préfère les végétaux dont la teneur en hydrate de carbone et en protéines est élevée (SIMPSON & RAUBENHEIMER, 1993).

Au cours des années de rémission, les populations du criquet pèlerin restent cantonnées et dispersés, sous forme solitaire ou transiens, avec possibilités de reproduction, dans les parties les plus désertiques de l'aire, soit environ 16 millions de km² (DURANTON et LECOQ, 1990 ; POPOV *et al.*, 1991 ; WOLDEWAHID, 2003). Des chroniques médiévales certifient que les ravages de *S. gregaria* ont continué de façon ininterrompue, sous forme de crises successives.

BENHALIMA (2006) a noté que depuis 1880, les invasions du criquet pèlerin ont sévi pendant près de 50 années. En effet, depuis 1860, huit périodes d'invasions généralisées se sont succédées, soient : 1860-1867, 1869-1881, 1888-1910, 1912-1919, 1926-1935, 1940-1947, 1949-1962 et 1987-1989. Ces invasions ont été suivies de deux importantes recrudescences locales en 1992-1994 et en 1997-1998. Ce qui a relancé le débat sur l'importance économique de cette espèce, l'intérêt de mettre en place un dispositif de prévention rénové et de relancer la coopération régionale et internationale sur ce sujet (LECOQ, 2004).

BRADER *et al.* (2006), notent que la récente recrudescence relative à la période comprise entre 2003 et 2005 a été également très importante, aggravant, ainsi la pauvreté et la vulnérabilité des ménages, souffrant déjà de l'insécurité alimentaire et presque structurelle dans le Sahel. En 1987-1988, l'invasion du Sahel et de l'Afrique du Nord a coûté plus de 350 millions de dollars US et plus de 15 millions de litres de pesticides ont été épandus. La recrudescence de 2003-2005 a démarré uniquement à partir de la région occidentale. Elle a nécessité le traitement de plus de 13 millions d'ha. Son coût a été évalué à environ 400 millions de dollars US (LECOQ, 2004 et BRADER *et al.*, 2006).

Aujourd'hui encore, la lutte contre le criquet pèlerin reste d'actualité. Les incursions cycliques de cet insecte font peser une réelle menace, notamment sur les populations du Sahel. Ainsi, le contrôle de cet important ravageur est indispensable pour assurer la sauvegarde du potentiel agricole et le maintien de la sécurité alimentaire des régions envahies. Les opérations de lutte contre les recrudescences et les invasions nécessitent toujours des moyens énormes et impliquent d'importantes quantités d'insecticides, des coûts élevés et des

risques évidents pour l'environnement. L'approche préventive progressivement mise en place, tend à résoudre ces problèmes tout en assurant une meilleure maîtrise des invasions. Pour faire face à ce fléau, en cas d'invasion, les possibilités de lutte sont encore limitées aux produits chimiques. Ces derniers demeurent coûteux mais aussi agressifs pour l'environnement et la santé humaine.

Toutefois, même si la lutte chimique a largement contribué à éviter le pire, lors des invasions généralisées, cette pratique a alourdi le bilan environnemental par l'intoxication de l'homme ainsi que du bétail, la raréfaction et la destruction de la faune utile et des insectes auxiliaires (LAUNOIS-LUONG *et al.*, 1988).

Pour rappel, les pays concernés par les invasions du Criquet pèlerin ont adopté, lors de la 13ème session du DLCC (Desert Locust Control Committee) de la FAO, tenue à Rome du 6 au 10 octobre 1969, une nouvelle stratégie de lutte préventive. Celle-ci à surveiller en permanence les aires grégarigènes potentielles et à détruire rapidement les foyers primaires de grégarisation du criquet pèlerin (DURANTON et LECOQ, 1990).

Cette approche préventive (la surveillance des populations en période de rémission et leur maîtrise avant la formation d'essaims) a amené des changements radicaux en quelques années depuis sa mise en application pendant les années 1960. Elle est devenue possible grâce à une connaissance minimale de la bioécologie des principales espèces de locustes, mais aussi, par :

- L'introduction des applications UBV (Ultra Bas Volume : insecticides rémanents en formulation huileuse, appliqués à moins de 5 litres/ha sous forme de barrières distantes de plusieurs centaines de mètres), avec l'utilisation de divers insecticides;
- La réduction significative de la fréquence et la durée des invasions, limitant ainsi, les coûts et l'impact sur l'environnement (LECOQ, 2004).

En effet, le fait d'éviter la pulvérisation des pesticides lorsque cela n'est pas nécessaire, présente l'avantage d'une réduction des coûts financiers de la lutte et de la main-d'œuvre, mais aussi, une meilleure protection de la santé humaine et l'environnement.

De ce fait, dans la quête de nouvelles techniques afin de protéger les cultures et d'éviter toutes les conséquences néfastes de la lutte chimique, la recherche scientifique s'est orientée, depuis quelques décennies, vers la lutte biologique. Une prise au sérieux des problèmes environnementaux a incité les institutions de recherche à développer beaucoup plus les méthodes biologiques, sous leurs diverses formes en vue de limiter l'usage des pesticides chimiques.

De plus, l'utilisation des micro-organismes tels que les champignons, les bactéries et les virus offrent de meilleures perspectives, en particulier ceux qui sont formulés et multipliés pour être épanchés comme bio-pesticides (GREATHEAD *et al.*, 1994). Ces micro-organismes sont naturellement présents dans l'environnement (sol, air, eau) et infectent généralement leur hôte soit par ingestion, par la cuticule ou par les orifices. Le pathogène se multiplie dans l'hôte en lui causant des dommages par destruction des tissus, par septicémie ou toxémie entraînant sa mort plus ou moins immédiate (DE KOUASSI, 2001).

En terme de respect de l'environnement, les champignons entomopathogènes sont spécifiques des insectes nuisibles et n'ont a priori aucun effet négatif sur la flore et la faune auxiliaire. L'impact d'une épidémie fongique peut être dramatique et constitue donc un moyen potentiel de lutte biologique.

ST-LEGER *et al.* (1996) notent qu'en 1923, la "lemoultine" à base de *Beauveria tenella* pour lutter contre le hanneton commun, *Melolontha melolontha*, tentait déjà, vainement, une percée dans le marché phytosanitaire. Actuellement, les applications majeures résident dans la réalisation de myco-insecticides. Les domaines de la détection, de l'isolement, de la caractérisation et de la commercialisation des toxines d'origine fongique qui permettraient le contrôle des populations d'insectes, sont en cours de développement.

Aujourd'hui, le biopesticide utilisé contre le criquet pèlerin est le Green muscle dont la composition est à base de *Metarhizium anisopliae* var *acridum* (IMI 3330189). Un produit mis au point dans le cadre du projet LUBILOSA, initié en 1989 (DOUTHWAITE *et al.*, 2001).

A noter aussi que différents travaux de recherches ont concerné les tests biologiques de l'espèce *Beauveria bassiana* contre différents insectes y compris le criquet pèlerin et le criquet migrateur, faisant ressortir, ainsi des résultats prometteurs et convaincants. Ce champignon est connu depuis longtemps comme responsable de la maladie de la "muscardine blanche" chez les vers à soie et d'autres insectes (GREATHEAD *et al.*, 1994).

La lutte biologique s'est, également, orientée vers l'exploitation des composés secondaires provenant des plantes toxiques contre les insectes ravageurs des cultures. DE SIMMONS *et al.* (1992) cité par DE KOUASSI (2001) note que plus de 59 familles botaniques et 188 genres de plantes sont utilisées pour la répression des insectes ravageurs. Ces plantes contiennent des substances qui ont des propriétés anti-appétantes, répulsives ou même insecticides. De nombreuses espèces végétales ont été testées, au laboratoire, afin d'étudier leurs propriétés insecticides et leur toxicité, en particulier sur le criquet pèlerin dont: *Azadirachta indica* (Juss.) (Méliaceae), *Xylopiya aetiopica* (Dunal) (Annonaceae), *Melia*

azerdarach L. (Méliaceae), *Scilla maritima* L. (Liliaceae), *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae), *Glinus lotoides* L. (Aizoaceae), *Calotropis procera* (Aiton) (Asclepiadaceae), etc.

En Algérie, un pays occupant une place prépondérante dans l'aire d'habitat des criquets grégariaptés, l'aire de rémission du criquet pèlerin couvre pratiquement tout le Sahara algérien (plus de deux millions de km² soit 1/8 de l'aire d'habitat de l'espèce). Chaque année, de gros efforts sont consentis par l'Algérie pour la surveillance et la lutte contre les acridiens (GUENDOZ-BENRIMA, 2005). Plusieurs travaux ont fait l'objet de l'étude bioécologique, biogéographique, morphométrique et le régime alimentaire du criquet pèlerin dans différents biotopes naturels en Algérie et en Afrique du nord, nous citons ceux de : DOUMANDJI-MITICHE *et al.* (1996), KARA *et al.* (2001), GUENDOZ-BENRIMA *et al.* (2007), KAIDI (2007), BABAH EBBE (2008), KAYALTO (2011), MAHDJOUR et GUENDOZ-BENRIMA (2012), BENZAAD (2015) et CISSE (2015).

D'autres études de recherche sur l'utilisation des champignons entomopathogènes contre les criquets ont été réalisées, à savoir, celles de : DOUMANDJI-MITICHE *et al.* (1999), HALOUANE *et al.* (2001), KAIDI (2007), MILLAT-BISSAAD *et al.* (2011), BISSAAD *et al.* (2012) et HADDADJ et DOUMANDJI-MITICHE (2013).

Pour ce qui est de l'utilisation des plantes toxiques contre les criquets, plusieurs travaux ont été réalisés, notons ceux de : BARBOUCHE *et al.* (2001), ABASSI *et al.* (2004), ABASSI *et al.* (2005), OULD EL HADJ *et al.* (2006), KEMASSI *et al.* (2012), HAMID-OUDJANA (2017) et KAIDI *et al.* (2017)

Ainsi, la stratégie de lutte préventive, bien que la moins coûteuse à terme, implique néanmoins des coûts non-négligeables pour la surveillance régulière des zones de reproduction et de grégarisation. Une meilleure connaissance sur ce fléau acridien dans ses biotopes naturels ainsi que sur l'intégration de la lutte biologique dans le programme du contrôle préventif de ce ravageur permettraient d'optimiser les stratégies de surveillance et de réduire les conséquences néfastes de la lutte chimique : là réside l'enjeu de notre travail de recherche entrepris.

C'est dans cette optique que nous avons voulu apporter notre contribution en menant, une étude de la bioécologie et de la distribution spatiotemporelles des populations du criquet pèlerin dans le Sud algérien, notamment dans le Hoggar. Comme nous avons mené une étude comparative entre l'effet toxique des champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* et de quelques plantes toxiques (*Calotropis procera*, *Citrullus colocynthis*, *Cleome arabica*, *Solenostemma argel*, *Aerva javanica* et *Salvadora*

Introduction générale

persica). Les paramètres étudiés sont la mortalité et l'hémogramme des larves de 5^{ème} stade et les imagos *Shistocerca gregaria*.

Le présent document est articulé autour de cinq chapitres. Dans un premier temps, des généralités sur le péril acridien ainsi que son historique seront présentés dans un premier chapitre. Il sera suivi par celui de la présentation de la région d'investigation. Par la suite, un troisième chapitre traitera l'approche méthodologique adoptée pour ce travail de recherche. Le quatrième et le cinquième chapitre seront consacrés, respectivement aux résultats obtenus et à leurs discussions. Ces derniers seront suivis, enfin, par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I : Le Péril acridien : cas du criquet pèlerin

I.1. Historique du péril acridien

L'histoire nous révèle que pendant longtemps, les invasions acridiennes étaient considérées comme le fléau contre lequel toute entreprise semblait illusoire et inopérante. Leur impact économique et écologique sur les ressources agropastorales et même sur les cultures industrielles des pays chauds et tempérés, est connu depuis les temps immémoriaux.

Parmi les criquets ravageurs les plus communs dans l'ancien monde, le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) de la famille des Acrididae et de la sous-famille des Cyrtacanthacridinae demeure l'un des principaux fléaux de l'agriculture et même de l'humanité, menaçant ainsi la sécurité alimentaire des pays concernés. Les premiers écrits (la Tourah, la Bible et le Saint Coran), font mention sous forme d'une sanction de Dieu, soit la 8^{ème} plaie d'Egypte, (Exode, X, 16-15 : «*Elles couvrirent la surface de la terre, et l'on ne pourra plus voir la terre ; elles dévoreront le reste de ce qui est échappé, ce que vous a laissé la grêle, elles dévoreront tous les arbres qui croissent dans vos champs* ») ; (7 Al-Aarâf, 133 : «*Et Nous avons alors envoyé sur eux l'inondation, les sauterelles, les poux, les grenouilles et le sang* »). Une invasion qui a perduré sept jours, durant laquelle les criquets, pris par une faim inassouvie, ont ravagé toute leur agriculture, les toits des maisons, les fruits, les arbres les habits et même les portes (EL KHAZIM, 1896 cité par BABAH EBBE, 2008).

En plus des premiers écrits, la plus ancienne connaissance relative aux criquets remonte à une image rupestre d'une tombe Egyptienne de la 12^{ème} dynastie, vers 2400 avant Jésus Christ. Les Hébreux, les Grecs, les Chinois et les Romains comme Titus, Livy et Plin nous ont légué plusieurs archives dont certaines sont, il faut le dire, fantaisistes, mais d'autres ont une valeur sûre. Ainsi, l'histoire des hommes est jalonnée par les invasions périodiques de sauterelles. Une illustration murale dans un palais assyrien à Ninive en Irak, datant du règne de Sennachérib, vers 700 avant Jésus-Christ, représentant des serviteurs portant des offrandes de brochettes de criquets à un banquet (LECOQ *et al.*, 2003). En 873, une invasion de criquets migrants dévasta l'Italie, la Gaule et la Germanie. Les moines des couvents carolingiens ont laissé des témoignages sur la catastrophe (ZAFACK, 2004). Par ailleurs, de nombreuses chroniques attestent que les ravages des criquets ont continué du Moyen-âge jusqu'à nos jours sous forme des fléaux intermittents (POPOV *et al.*, 1991)

En Algérie, le problème du criquet pèlerin est aussi très ancien. A la fin du 19^{ème} siècle. K. d'Herculais dans ces travaux en parlait souvent. En 1927, des travaux sur le terrain sur la lutte antiacridienne, notamment sur le criquet pèlerin, furent confiés au Professeur Pasquier. À cette époque il prend connaissance des travaux d'Uvarov en URSS sur les phases de *Locusta migratoria* et conduit par la suite la mise au point de la lutte rationnelle contre le Criquet marocain. En 1964 le Professeur Pasquier a été chargé d'assurer la coordination des prospections en Algérie, Niger, Tchad, Mali et Mauritanie contre le Criquet pèlerin et suite à ses recherches, la première carte des foyers grégarigènes du Criquet pèlerin en Algérie fût établie en mars 1972 (MAUREL et DEFAUT, 2012).

C'est ainsi qu'un historique du problème acridien en Algérie est décrit par un tableau récapitulatif établi par GUENDOZ-BENRIMA (2005) (annexe1). Cet auteur s'est basé sur les travaux de K. d'HERCULAIS (1905), CHARA (1998) et ROY (2001) ainsi que les informations données par Ben Halima, secrétaire général de la CLCPRO (FAO) et par Dr. Moumen, ancien chef du département de la lutte anti-acridienne de l'INPV d'El-Harrach. Nous avons, pour notre part, actualisé cet historique en rajoutant quelques informations fournies par MAUREL et DEFAUT (2012).

En sus, plusieurs travaux de recherches scientifiques ont suivi à travers les âges jusqu'à nos jours et ont abouti à des informations parfois surprenantes concernant le comportement difficilement saisissable des criquets grégaires. En 1945 déjà, l'acridologue russe, Uvarov avait recensé au moins 2 000 ouvrages et articles consacrés à ce sujet et répertoriés en douze langues. Mais bien avant, en 1921, ce savant a exposé la théorie des phases, expliquant les processus du polymorphisme phasaire.

IDRISSI HASSANI (2015), ayant dressé un état des lieux de la recherche sur le criquet pèlerin dans la région occidentale de 2009 à 2015, a recensé 40 articles scientifiques, 37 thèses (Doctorat, Master et Ingénieur), 3 ouvrages et 7 rapports de projets de recherche.

I.2. Quelques données sur le Criquet pèlerin

I.2.1. Place du Criquet pèlerin dans la classification zoologique

Le Criquet pèlerin, du nom scientifique *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775), est issu du règne animal, ordre des Orthoptères, Sous-ordre des Caelifères, Famille des Acrididae. Cette dernière comporte 19 sous-familles, dont les Cyrtacanthacridinae à laquelle appartient le criquet pèlerin. Les espèces appartenant à cette sous-famille sont caractérisés par des yeux généralement striés, la présence d'un tubercule prosternal, un espace mésosternal ouvert avec

des lobes rectangulaires ou en angle aigu et enfin des épines des tibias postérieurs souvent longues (LECOQ, 2015).

I.2.2. Biologie et comportement

Le Criquet pèlerin, comme tous les autres acridiens, est hétérométabole caractérisé par un cycle biologique réparti en trois stades successifs de développement (figure 1) : état embryonnaire, état larvaire et état imaginal (LECOQ, 2015).

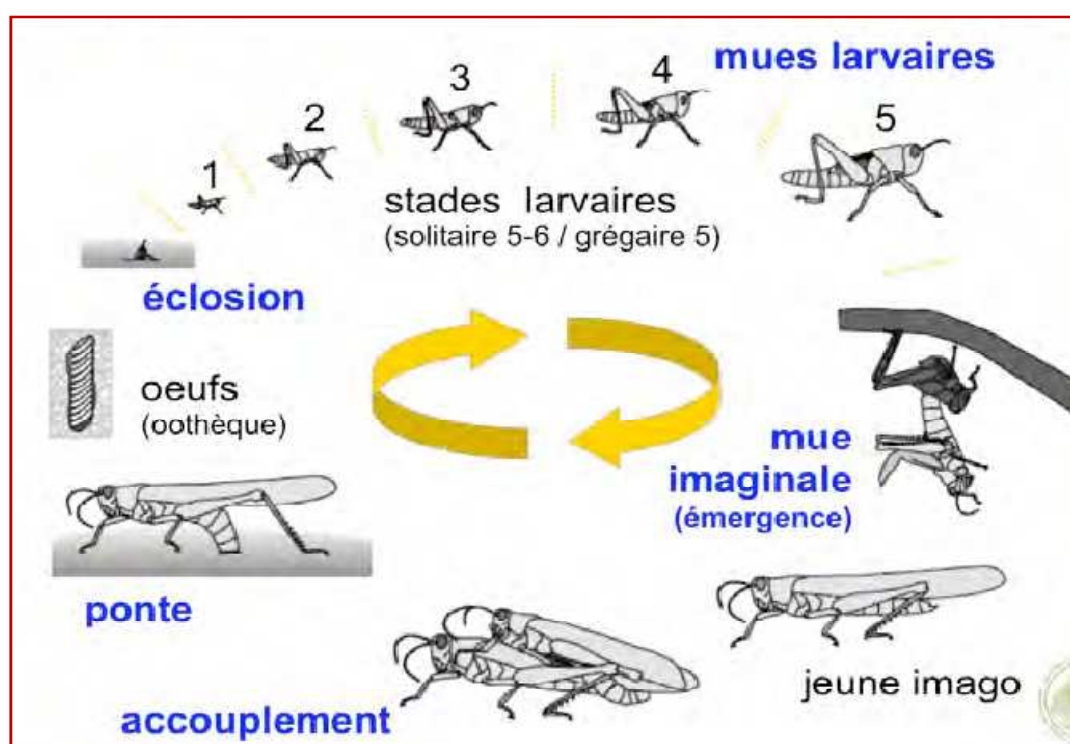


Figure 1. Cycle biologique du Criquet pèlerin
(LECOQ, 2015)

La reproduction a lieu pendant les saisons humides lorsque les précipitations fournissent les conditions écologiques pour la maturation, la ponte et le développement des œufs et des larves. La couverture végétale influence également, le choix des sites de pontes. La végétation dense est évitée, le sol nu et léger est préféré (STOWER *et al.*, 1958). Ces derniers, ajoutent que la température, la lumière, les paramètres d'humidité du sol et la topographie déterminent aussi la localisation de ces sites de ponte. Dans une oothèque de solitaires, pour une même ponte, les œufs sont plus petits et donc plus nombreux que chez les grégaires (120 à 130 œufs en moyenne par ponte chez les solitaires, contre 60 à 80 chez les grégaires). Les femelles solitaires produisent beaucoup plus d'œufs avec l'âge, tandis que les grégaires montrent une

tendance à produire des œufs de plus grande taille et en quantité moindre au fil du temps (MAEN et TANAKA, 2008 cité par CISSE, 2015). La quantité d'œufs pondus par femelle grégaire au cours de sa vie est d'environ 130 à 150 alors que chez une solitaire ce nombre est à la fois plus grand et plus variable. Le nombre d'œufs par ponte est influencé non seulement par la densité vécue par la mère, mais aussi par la densité vécue par la grand-mère. Selon PEDGLEY (1981) cité par POPOV *et al.*, (1991), dans les conditions optimales, on estime, potentiellement, qu'une femelle peut déposer trois oothèques, soit 300 à 400 œufs. La durée de l'incubation est la même pour les deux phases : de 11 à 60 jours selon les conditions écologiques.

Le nombre annuel de générations peut varier de 2 à 3 selon les conditions écologiques. Mais l'une des caractéristiques importantes du Criquet pèlerin est la possibilité de quiescence à l'état imaginal dans le cas où l'acridien rencontre des conditions écologiques défavorables (POPOV, 1989 ; DURANTON et LECOQ, 1990).

I.2.3. Importance économique

Insecte polyphage, le Criquet Pèlerin est un dévastateur redoutable pour l'agriculture. Il n'épargne aucune espèce végétale et s'attaque même aux pâturages, ce qui est lourd de conséquence pour l'élevage et l'exposition des sols à l'érosion sous toutes ses formes.

En effet, les dégâts occasionnés par le criquet pèlerin pour 12 pays pendant la période 1949-1957 a été estimée de 42 millions de dollars US, par la FAO. Ce chiffre semble être en deçà de la réalité (POPOV *et al.*, 1991). À l'échelon local, les criquets peuvent causer des destructions complètes de récoltes dont l'impact sur l'autoconsommation et la fragile économie de populations vivant d'une agriculture à risques climatiques élevés est souvent très important (LECOQ, 2001).

En Algérie, en 1866, les pertes ont été estimées à 19 652 981 de francs français (équivalent à 52 millions d'euros de 2003) (LECOQ, 2004). Ce dernier, mentionne, aussi, que l'impact macro-économique des pullulations du criquet pèlerin est traduit par de nombreuses famines enregistrées en Éthiopie et au Soudan dans les années 1950. Les conséquences économiques demeurent généralement désastreuses lorsque les invasions n'ont pu être enrayerées à un stade précoce.

En 1986-1988, l'invasion du Sahel et de l'Afrique du Nord a coûté plus de 350 millions de dollars US et plus de 15 millions de litres de pesticides ont été épandus. On estime à 65 000 km² la superficie des terres cultivées détruites en 2004 par des essaims de criquets pèlerins dans neuf pays du Sahel soit une perte de l'ordre de 200 millions d'euros et le

traitement de 13 millions d'hectares, soit un coût de 400 millions de dollars US (BRADER *et al.*, 2006 ; BENHALIMA 2006 ; KAYALTO, 2011).

Pour rappel, MARTINI *et al.* (1998), notent qu'un Criquet pèlerin consomme 30 à 70 % de son poids d'aliments frais par jour en phase solitaire, et peut atteindre 100 % en phase grégaire ; 10 kilomètre carré d'essaim dense renferme environ 50 millions d'individus par km et détruit, ainsi, environ 500 à 1000 tonnes de matière végétale fraîche par jour, sachant que chaque ailé pèse en moyenne 2 grammes.

I.2.4. Polymorphisme phasaire

Les locustes diffèrent des sautériaux car ils ont la capacité de changer de comportement, de physiologie et de morphologie, en particulier de couleur et de forme, en réponse à des changements de densité (RABAUD, 1937 cité par BREDO et PASQUIER, 1967). Il s'agit, de ce fait, d'une transformation phasaire désignant le passage d'une phase à l'autre, qui en passant par des formes intermédiaires (figure 2), dites *transiens*, peuvent recouvrir plusieurs aspects. On parlera de *transiens congregans* dans le cas d'une évolution de la phase solitaire vers la phase grégaire et de *transiens degregans* dans le cas inverse du passage de la phase grégaire vers la phase solitaire (DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE, 1994 et LECOQ, 2015).

Pour rappel, cette théorie des phase a été découverte, au début du 20^{ème} siècle, par le travail de recherche d'Uvarov et ce, chez le Criquet migrateur *Locusta migratoria*. Le phénomène a été retrouvé ensuite chez diverses espèces acridiennes dont le Criquet pèlerin.

En effet, BOUGHADAD (1991), mentionne qu'en 1870, KEPPEM avait observé que *Locusta*, se présentant sous deux formes morphologiquement distinctes, ne serait que des «variétés» de la même espèce. Malgré le point de vue exprimé par KEPPEM, le criquet migrateur a été longtemps considéré comme étant séparé en deux espèces *Locusta dunica* et *L. migratoria*. Il a fallu attendre, en 1921, pour se rendre compte qu'il s'agissait, à juste titre, d'une même espèce sous deux formes : solitaire (*L. dunica*) et grégaire (*L. migratoria*). C'est ainsi, qu'a été faite la découverte de la théorie du polymorphisme phasaire chez certaines espèces de criquets pour prendre conscience de la capacité des criquets pèlerins à passer de l'état solitaire à l'état grégaire (UVAROV, 1921 cité par DORÉ, 2010).

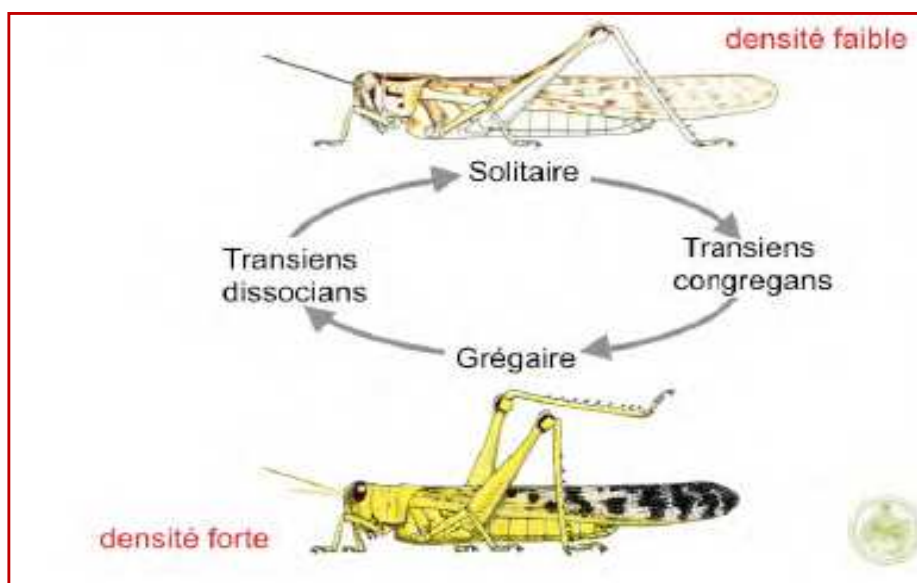


Figure 2. Polymorphisme phasaire chez le Criquet pèlerin
(LECOQ, 2015)

Le principal facteur déclenchant ce passage d'une phase à l'autre, par l'acquisition de l'instinct grégaire, est la densité (DURANTON et LECOQ, 1990). Quand la densité est faible, les criquets pèlerins se comportent en tant qu'individus (phase solitaire); quand elle est élevée, ils se comportent en tant que masse unique (phase grégaire).

SYMMONS et CRESSMAN (2001) notent que les seuils précis auxquels ces changements se produisent ne sont pas établis. Trois étapes (figure 3) se succèdent dans la transformation phasaire: concentration, multiplication et grégarisation (DURANTON et LECOQ, 1990).

LECOQ (2015) ajoute que le changement de phase affecte tous les aspects de l'insecte: pigmentation, morphologie, anatomie, physiologie, comportement, biologie, écologie. Les changements de comportement, de couleur et de forme sont les plus évidents et les plus faciles à détecter.

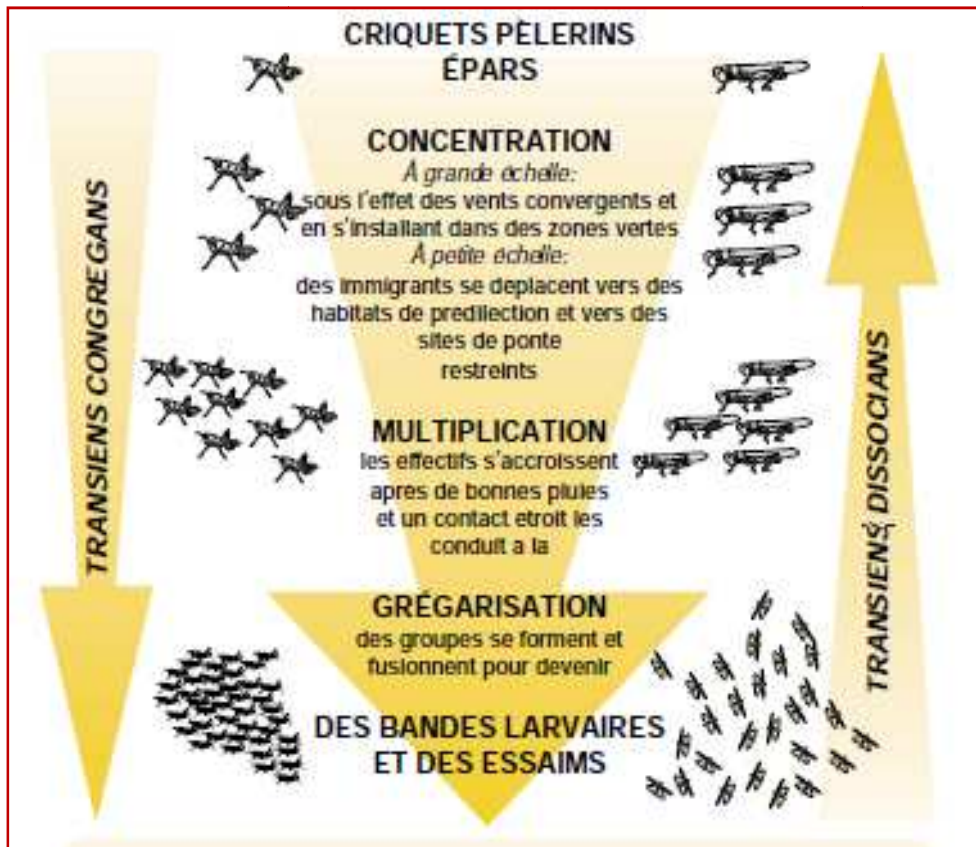


Figure 3. Les étapes de la transformation phasaire (SYMMONS et CRESSMAN, 2001)

I.2.5. Aires d'invasion et de Rémission

L'aire d'invasion du Criquet pèlerin couvre environ 29 millions de km², ce qui est presque le double de la superficie de la zone de rémission, et peut englober 57 pays (SYMMONS et CRESSMAN, 2001). Elle est divisée en trois grandes régions (occidentale, centrale et orientale). LECOQ (2004), ajoute qu'en période d'invasion le Criquet pèlerin menace considérablement les productions agricoles d'Afrique, du Proche-Orient et d'Asie du Sud-Ouest (figure 4).

Au cours des rémissions, les populations du criquet pèlerin sont confinées dans la partie centrale, la plus aride de l'aire de distribution, couvrant environ 16 millions de Km² et les aires de reproduction sont quelque peu disjointes (GUENDOZ-BENRIMA *et al.*, 2007).

POPOV (1997), note que les différences dans la distribution des populations d'invasion et de rémission sont essentiellement dues aux différences dans leur comportement de vol et à la façon marquée dont les criquets solitaires qui ne sont pas dominés par l'impulsion grégaire, répondent aux conditions d'habitats.

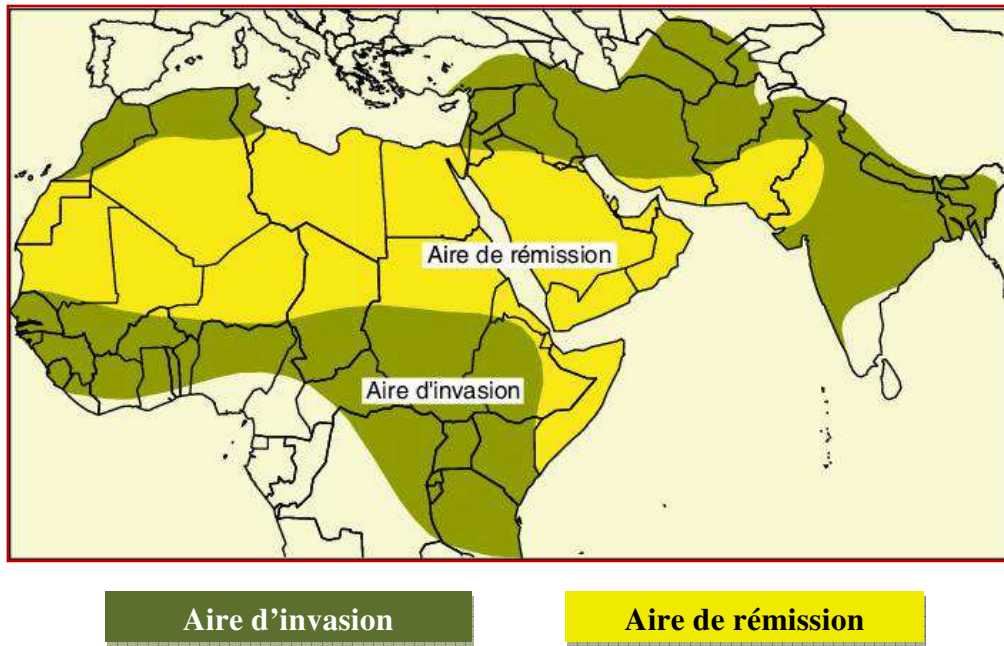


Figure 4. Limites des aires d'invasion et de rémission du criquet pèlerin (LECOQ, 2004).

I.2.6. Biotopes de reproduction

L'ensemble de ces biotopes de survie du criquet pèlerin couvre plus de 70 % des surfaces colonisables par le Criquet pèlerin en Afrique Nord-Occidentale (DURANTON et LECOQ, 1990 et F.A.O., 2004).

Les biotopes de reproduction où le criquet pèlerin peut non seulement survivre mais aussi trouve une alimentation et une nature du sol qui lui permettent d'effectuer sa maturation sexuelle, une production d'œufs suffisante et une ponte. Il s'agit pour l'essentiel de sables, voire de regs, couverts de végétation, situés à des latitudes relativement basses et où croissent des steppes arbustives plus ou moins denses. Le criquet pèlerin y bénéficie d'une alimentation acceptable et dispose de perchoirs et d'abris de qualité. À ces biotopes typiquement Nord-Sahéliens, il faut adjoindre des biotopes Sahariens comme certains abords de sebkhas, des dépressions ou quelques oueds particuliers petits ou moyens.

I.2.7. Biotopes de grégarisation

LECOQ (2004) définit un biotope grégarigène comme zone où s'est manifestée fréquemment dans le passé une activité acridienne importante suivie de l'apparition de formations grégaires (fortes bandes larvaires, concentrations d'aîlés). Elles correspondent aux zones à surveiller et contrôler en priorité dans le cadre de la prévention. Les biotopes de

grégarisation offrent de bonnes (ou de très bonnes) conditions de reproduction susceptibles d'aboutir directement ou indirectement à des densités pouvant entraîner la transformation phasaire, selon le même auteur. En Afrique de l'ouest, tous les biotopes de grégarisation sont liés au réseau hydrographique et correspondent à des zones d'épandage d'oueds et à des cuvettes endoréiques où les apports en eau sont plus ou moins importants et les ressources hydriques bien supérieures à la seule pluviosité locale.

I.2.8. Zones de reproduction potentielles du criquet pèlerin dans le Sud algérien

Les biotopes colonisables par *S. gregaria* dans le Sud algérien, se trouvent à l'intérieur d'un territoire qui correspond, approximativement, à une bande latitudinale comprise entre le 19^{ème} et le 30^{ème} parallèle et renfermant, essentiellement, des lits d'oueds, des zones d'épandage des eaux des pluies, des inter-dunes et des cuvettes où s'accumulent les eaux de ruissellement (LAZAR, 2005). Ce dernier, ajoute que les biotopes où des fréquences de signalisation sur la présence du Criquet pèlerin les plus élevées sont enregistrées dans le Sud et le Nord du Tamesna algéro-nigéro-malien, le Sud-Ouest du Hoggar, le Tassili N'Ajjer, le Nord-Est du plateau de Tadmait (Sahara central) et les périmètres de mise en valeur.

I.2.9. Stratégies de lutte antiacridienne

À la fin des années 1930, UVAROV souligne la nécessité de contrôler les populations de criquets pèlerins en surveillant les aires grégarigènes. Il jette alors les bases d'une stratégie de lutte préventive qui s'imposera progressivement avec la mise en évidence des facteurs écologiques qui concourent à l'activation des mécanismes physiologiques de transformation phasaire (LECOQ 2001). Ce même auteur, note, en 2003, qu'en cas d'invasion du criquet pèlerin et malgré de nombreux progrès techniques ainsi que la perspective de voir peut-être prochainement apparaître des moyens biologiques de lutte, les opérations de lutte chimique à grande échelle demeurent encore le seul moyen fiable pour contrôler ce ravageur.

Aujourd'hui, il existe théoriquement différentes solutions aux infestations acridiennes. Plusieurs instituts de recherche ont étudié des options de « lutte biologique », visant à faciliter la reproduction de prédateurs (oiseaux) ou parasites hostiles au criquet pèlerin, « régulant » ainsi les populations en les diminuant. Des champignons qui agissent comme un parasite mortel pour le criquet ont également été développés (GOUGH, 2004).

Face à cette menace majeure pour la sécurité alimentaire et la stabilité sociale de nombreuses populations rurales et compte tenu des coûts élevés et des inconvénients de la lutte curative, la mise en place de dispositifs de prévention représente un élément important

dans la stratégie de lutte contre la pauvreté de nombreux pays (en particulier au Sahel). Cette prévention contre le criquet pèlerin comporte alors trois étapes essentielles, à savoir, la surveillance des conditions écologiques dans les aires potentielles de reproduction et de grégarisation (données météorologiques, imagerie satellitaire) ainsi que l'organisation de prospections afin de détecter rapidement toutes les populations importantes présentes dans les zones grégarigènes ou en marge de celles-ci. La connaissance des biotopes acridiens des aires grégarigènes fait que la recherche des habitats favorables ne s'effectue pas au hasard, augmentant par là-même fortement la probabilité de rencontrer les populations dangereuses à éliminer. La plupart de ces aires sont en effet déjà bien connues, caractérisées et inventoriées.

Le potentiel de chaque biotope pour le Criquet pèlerin est connu et exprimé en termes de valeur pour la reproduction et pour la grégarisation. Cette connaissance est en partie formalisée ; mais elle est également, pour partie, gravée dans la mémoire et l'expérience des prospecteurs et de tous les personnels de terrain. C'est cette expérience qu'il convient de ne pas perdre en permettant le maintien d'équipes opérationnelles qui pourront contribuer à la formation de nouvelles générations de prospecteurs ainsi qu'à parfaire la connaissance des biotopes acridiens des aires grégarigènes (DOBSON, 2001 ; LECOQ, 2003 et GOUGH, 2004).

Chapitre II : Présentation de la région d'investigation : Le Parc National de l'Ahaggar

II.1. Position géographique

Le Parc National de l'Ahaggar (Hoggar) est la partie la plus méridionale du Sahara algérien. Il est compris entre (21° - 25°) de latitude Nord et entre (3° - 6°) de longitude Est. C'est le plus grand massif montagneux de l'extrême sud de l'Algérie. Traversé par le tropique du Cancer, à 80 km au Nord de Tamanrasset, l'Ahaggar couvre une superficie d'environ 554.000 Km², soit le quart de la surface globale de l'Algérie (HAMDINE, 2001 et SAHKI et SAHKI, 2004). Il s'étire des environs d'In Salah jusqu'à nos frontières avec le Mali et le Niger. Il est limité au nord par le plateau du Tidikelt et la cuvette du Touât, à l'Est par les falaises du Tassili N'ajjers, à l'Ouest par la plaine du Tanezrouft, au Sud-Ouest et Sud-Est, par les contreforts de l'Adrar des Ifoghas, de l'Aïr et du Tibesti (figure 5) (HAMDINE, 2001 et SAHKI et SAHKI, 2004).

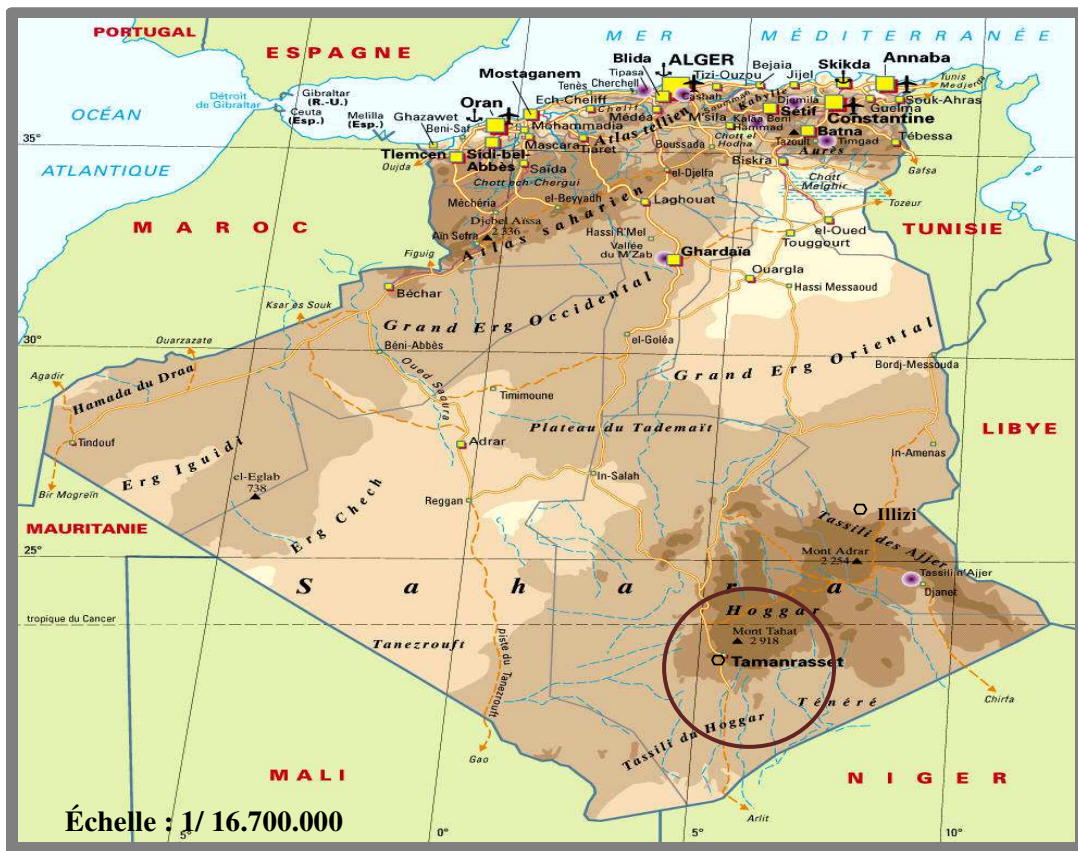


Figure 5. Situation géographique du Parc national de l'Ahaggar
(ENCARTA, 2006)

II.2. Eléments de climatologie

Le climat de l'Ahaggar est de type désertique caractérisé par des pluies rares et irrégulières et de grands écarts de températures. Le total des précipitations annuelles est extrêmement variable d'une année à l'autre. De longues périodes de sécheresse, dépassant souvent 3 années consécutives, s'observent dans les différentes régions. Le maximum de pluviosité est généralement enregistré pendant les mois chauds, c'est-à-dire en été, dans l'Ahaggar central. De façon générale le climat sera différent selon les deux principales régions géographiques de l'Ahaggar, le Tadmait-Tidikelt au Nord ainsi que l'Ahaggar et ses pourtours tassiliens (HAMDINE, 2001 et WACHER *et al.*, 2005). Il est à noter que les phénomènes acridiens sont étroitement liés aux conditions climatiques de la zone d'habitat ou de transit. La température et l'humidité en sont les facteurs climatiques les plus importants (OULD EL HADJ, 2004). Les données pluviométriques ainsi que les températures minimales, maximales et moyennes de la région de Tamanrasset s'étalant sur dix ans (2006-2016), sont représentés par les annexes 2 et 3.

II.2.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

D'après les données climatiques établies par l'Office Nationale de météorologie (ONM, 2017), portant sur les moyennes des pluviométries et des températures de la région de Tamanrasset durant la période (2006-2016), nous avons tracé le diagramme ombrothermique de GausSEN pour cette région (figure 6). Nous notons, de ce fait, une période sèche qui s'étale sur toute l'année.

II.2.2. Climagramme d'Emberger et étages bioclimatiques

EMBERGER a défini un quotient pluviométrique qui permet de faire la distinction entre les différentes nuances du climat méditerranéen (MUTIN, 1977). Ce quotient, établi initialement pour les régions méditerranéennes, permet de situer la région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond (DAJOZ, 1971 et RAMADE, 1984). D'après STEWART (1969), le quotient pluviométrique d'Emberger est calculé selon l'équation suivante :

$$Q_3 = 3,43 P / (M - m)$$

Avec:

Q_3 : Quotient pluviométrique d'Emberger ; P : Somme des précipitations annuelles exprimées en mm ; M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud exprimées en °C ; m : Moyenne des températures minima du mois le plus froid exprimées en °C ; **3,43** : Coefficient de STEWART, établi pour l'Algérie.

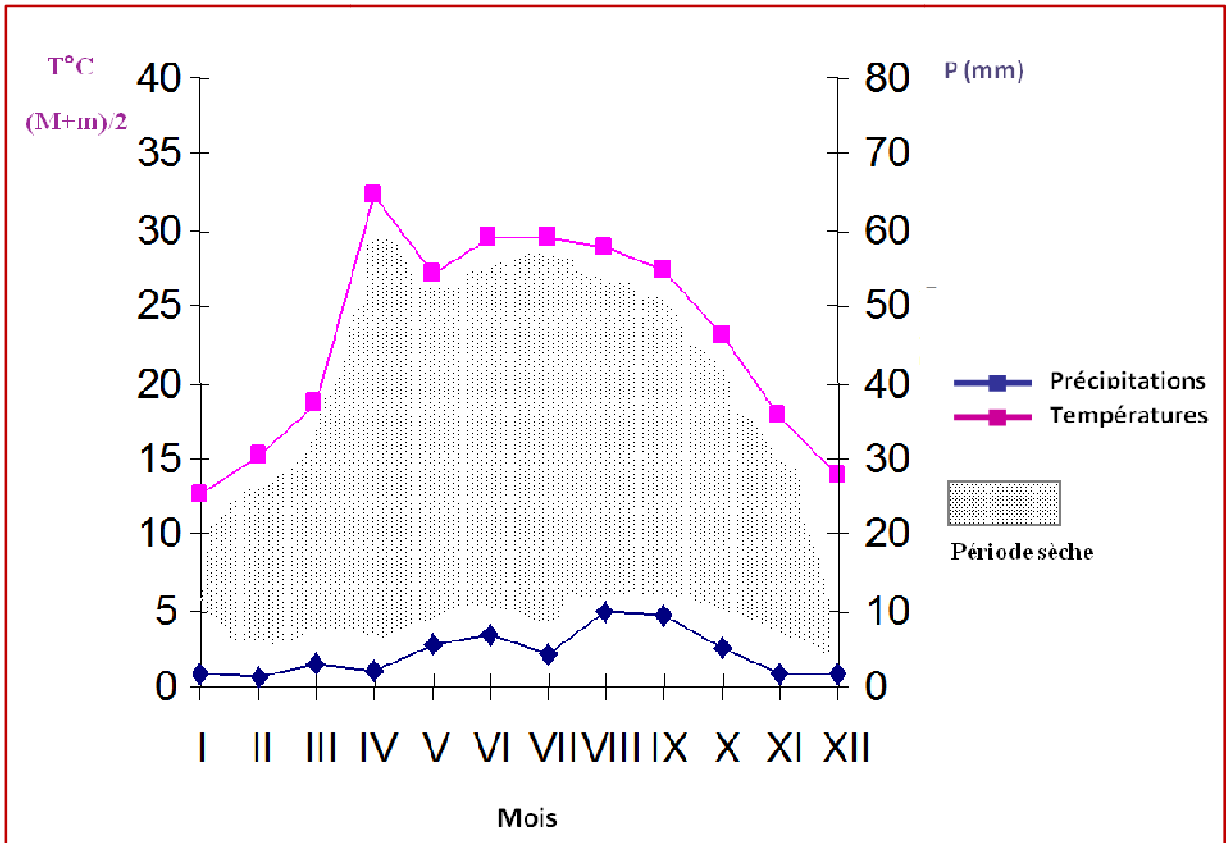


Figure 6. Diagramme ombrothermique de Gaussen pour la région de Tamanrasset Pour la période (2006-2016) (ONM, 2017)

D'après les données climatiques représentées par les tableaux cités dans les annexes 2 et 3, nous avons calculé le quotient pluviométrique de la région de Tamanrasset qui est égal à **5,99**. En rapportant cette valeur ainsi que celle de la température du mois le plus froid $m=5,1^{\circ}\text{C}$ sur le Climagramme d'Emberger, il en ressort que notre région d'étude se situe dans l'étage bioclimatique **saharien à hiver doux** (figure 7).

En conclusion la wilaya de Tamanrasset constitue la grande partie du Sahara central. Cette région, appartient à l'étage bioclimatique saharien à hiver doux, avec une amplitude thermique qui varie entre $12,7^{\circ}\text{C}$ au mois de janvier et $29,6^{\circ}\text{C}$ au mois de juin, intégrant des nuits froides et des journées très sèches, s'étalant durant toute l'année et donc la saison hivernale est inexistante.

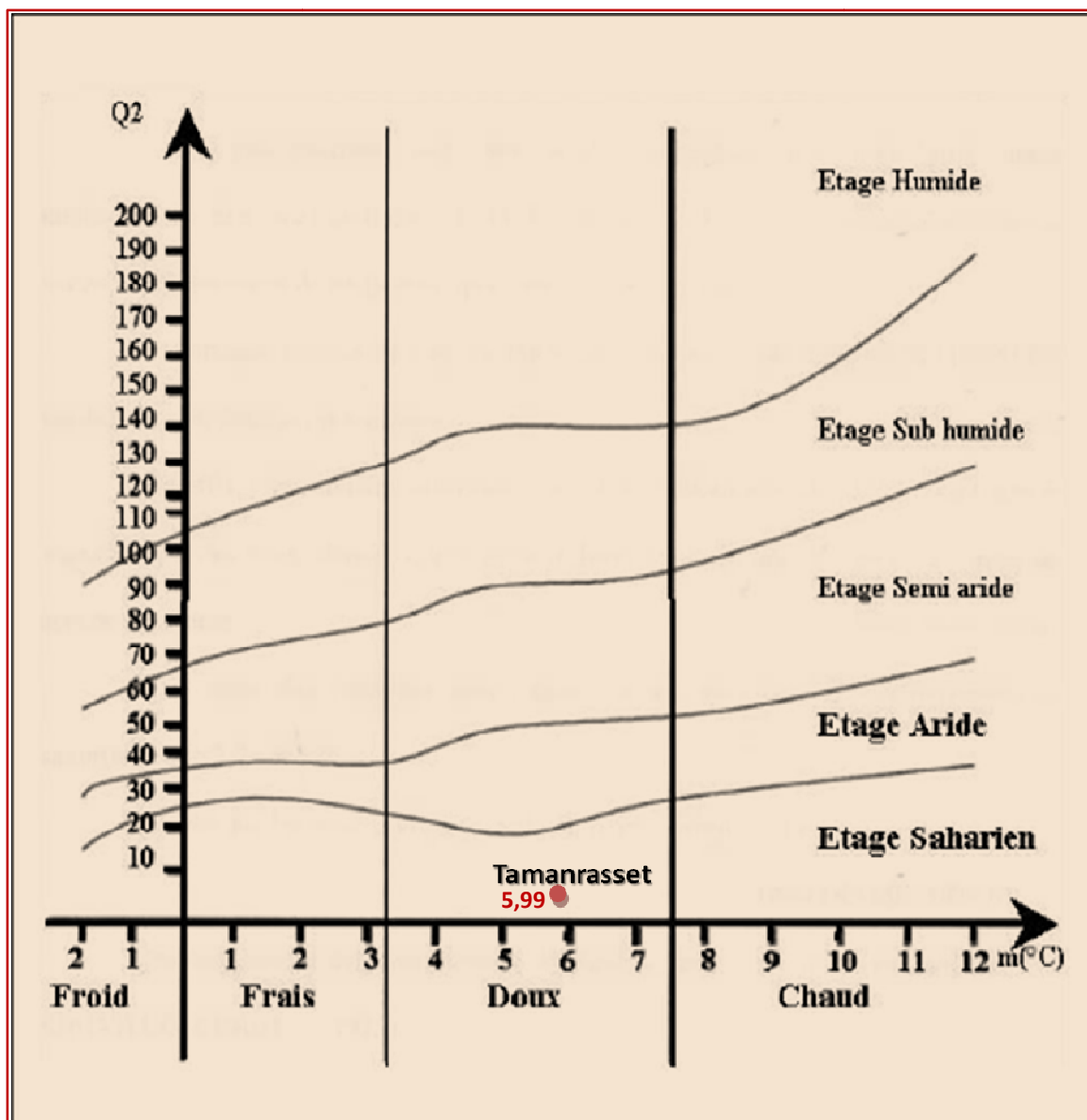


Figure 7. Climagramme d'Emberger de la région de Tamanrasset pour la période (2006-2016). (ONM, 2017)

II.2.3. Indice d'Aridité

Cet indice nous permet de faire la distinction entre les régions hyper-arides ($I < 5$), celles qui sont arides ($5 < I < 10$) et celles qui sont semi-arides ($10 < I < 20$). (DE MARTONNE, 1942 cité par OULD EL HADJ, 2004).

Le coefficient de Martonne donne la formule suivante :

$$I = P / (T + 10)$$

Avec :

I : indice d'aridité

P : pluviosité annuelle exprimée en mm

T : température moyenne annuelle exprimée en °C

Ainsi, les données climatiques représentées par les annexes citées auparavant nous permettent de constater que l'indice d'aridité de DE MARTONNE est égal à **1,63** pour la période de (2006-2016). On déduit, alors que le climat de la région de Tamanrasset est de type hyper-aride.

II.3. Faune et flore

II.3.1. Richesse faunistique

HAMDINE (2001) note que 36 espèces de Mammifères terrestres et volants sauvages ont été recensées dans les régions de l'Ahaggar et du Tassili. Ce décompte correspond aux espèces rencontrées actuellement et celles ayant disparues au cours des dernières décennies. Ces espèces représentent 8 ordres, 18 familles et 29 genres. Cette diversité faunistique reste notable pour la région du Sahara central (annexe 4). Concernant les espèces aviaires, la région de l'Ahaggar recèle un nombre important de ces dernières qui sont sédentaires, cantonnées dans différents biotopes tels que : lits d'oueds ; falaises, régions désertiques et semi-désertiques. Ils sont présents le plus souvent autour des points d'eau et des gueltas. A cette avifaune sédentaire s'ajoute des milliers d'oiseaux migrateurs qui viennent passer l'hiver dans un climat plus clément. La présence de lits d'oueds et de gueltas permanentes dans l'Ahaggar, attirent et canalisent la majorité de ces migrateurs. Ces précieux points d'eau constituent leur première escale après un long voyage. Certaines espèces y nichent telles que les hirondelles. D'autres par contre et c'est le cas du plus grand nombre, ne font que passer, telles les hérons, les grues et les canards.

On peut citer quelques oiseaux rencontrés dans le Hoggar : le traquet à tête blanche (*Oenanthe leucopyga*) ou oiseau porte-bonheur de l'Ahaggar, le traquet du désert (*Oenanthe deserti*), l'Autruche (*Struthio camelus*) qui est très menacée, l'Aigle ravisseur (*Aquila rapa*) ; ce rapace est très peu connu sur l'ensemble du territoire algérien, la grue cendrée (*Grus grus*) grand échassier observé dans l'Ahaggar lors des migrations automnales et printanières (Annexe 4) (HAMDINE, 2001 et WACHER *et al.*, 2005).

HAMDINE (2001) note la présence de certains reptiles endémiques au Sahara, c'est le cas des Agamidae. La présence notable d'un Gekkonidae en l'occurrence, *Ptyodaclus hasselquisti* a été remarquée dans l'ensemble des milieux parcourus. En ce qui concerne les serpents, la présence de la vipère à corne *Cerastes cerastes* a été largement observée, de même que la couleuvre à collier du Sahara. Parmi les batraciens, seule une représentante de la famille des Ranidae a pu être rencontrée, il s'agit de la Grenouille verte (*Rana radibundia*) et du crapaud vert (*Bufo viridis*) (Annexe 4A).

Quant aux arthropodes, ils sont représentés par la classe des arachnides à savoir les acariens, les scorpionides et les araneides et celle des insectes. Cette dernière comprend plusieurs ordres à savoir : les Odonatoptères, les Mantoptères, les Orthoptères, les Hétéroptères, les Coléoptères, les Hyménoptères et les Diptères (DUPRE, 2004).

KARA *et al.* (2001) notent qu'à Tamanrasset, en plus du criquet pèlerin *S. gregaria* et de deux espèces spécifiques *Sphodromerus cruentatus* (Calliptaminae) et *Poeciloceru hyeroglyphus* (Acrididae), ils ont noté aussi la présence de 07 autres Caelifères (Annexe 4B).

II.3.2. Richesse floristique

La répartition de la flore spontanée de l'Ahaggar varie selon les différentes zones climatiques. La flore du massif du Hoggar est estimée à quelques 300 espèces (OZENDA, 1983). Elle comprend des espèces propres au Sahara, auxquelles s'additionnent des éléments méditerranéens et tropicaux. La cohabitation d'origines aussi différentes s'est maintenue grâce à la remarquable adaptation développée par ces plantes depuis les premières ères géologiques (WACHER *et al.*, 2005).

Par suite des nombreux changements climatiques survenus à l'ère quaternaire, la flore de l'Ahaggar, outre les espèces endémiques et spécifiques au Sahara central, regroupe des espèces végétales d'origine biogéographiques diverses : saharo-sindienne (Perse, Inde, Egypte, Arabie, Palestine), méditerranéenne (Bassin de la méditerranée) et soudano-décennie (Soudan, Angola). Elle est très variée dans sa composition systématique et est représentée, à titre indicatif, par autant de familles que dans la flore européenne. On rencontre des plantes spécifiques à ces zones mais aussi des interpénétrations d'autres végétaux.

SAHKI et SAHKI (2004) lors d'une promenade botanique dans la région de l'Ahaggar, ont noté la présence de 26 espèces d'arbres, 39 espèces arbustives et 140 espèces herbacées ainsi que 12 espèces exotiques appartenant à 67 familles (Annexe 5). En effet, selon l'altitude, il existe 3 types de végétations :

- Une végétation des basses et moyennes altitudes (600 à 1400 m) inféodée aux lits d'oueds, aux zones d'épandage large ainsi que près des points d'eau. C'est le domaine des acacias, des tamaris et des palmiers du désert.

- Une végétation des moyennes et hautes altitudes (1500 à 2500 m), de souche tropicale, elle est progressive dominée par les espèces pérennes, inféodée aux vallées, gorges, lits d'oueds, pénéplaines, ravinelles et bas versants des massifs granitiques, représentée par l'olivier sauvage, le sumac, le myrte du Sahara, la lavande Antinea, l'armoise champêtre, etc.

- Une végétation de hautes montagnes (2500 à 3000 m), occupant les plateaux basaltiques rocailloux, les éboulis et les bas versants des montagnes. Elle se compose notamment de l'armoise blanche, la germandrée tomenteuse, l'éphédra, la clématite, le chou, etc. (HAMDINE, 2001 ; SAHKI et SAHKI, 2004 et WACHER *et al.*, 2005).

Chapitre III: Approche méthodologique

III.1. Problématique et objectifs

En Algérie, comme dans tous les pays concernés par les invasions acridiennes, les ravages causés par le Criquet pèlerin sont inestimables, voire même, catastrophique. Le risque majeur constitue, de ce fait, une grande préoccupation pour les pays du Maghreb, du Sahel, et notamment pour l'Algérie.

Le développement des recherches sur la bioécologie de cet acridien, depuis le début du siècle, permet progressivement d'approfondir la compréhension du phénomène de déclenchement des invasions et de proposer plusieurs stratégies de lutte.

En effet, une meilleure connaissance de la bioécologie du Criquet pèlerin dans ses différents biotopes (de survie, de reproduction et de grégarisation), permettrait d'optimiser les stratégies de surveillance et de lutte préventive. Ce qui va réduire l'importance des moyens à mettre en œuvre car plus les interventions sont précoces plus elles sont rentables et productives. Il faudrait aussi approfondir les recherches sur d'autres alternatives de lutte, notamment au moyen d'agent biologique, afin de réduire l'utilisation des pesticides chimiques. C'est là que résident les deux objectifs essentiels de notre travail de recherche entrepris, soit :

- Approfondir nos connaissances sur le Criquet pèlerin solitaire dans le contexte algérien, impliquant, ainsi, une analyse sur la distribution spatio-temporelle des populations de Criquet pèlerin dans le Sud algérien, plus précisément dans le Hoggar, mais aussi, une étude du comportement de ce locuste en période de rémission.

- Contribuer au développement de la lutte biologique contre le Criquet pèlerin sous diverses formes, à savoir :

- ✓ L'utilisation de champignons entomopathogènes tels que *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* contre *Schistocerca gregaria*.

- ✓ L'utilisation de substances acridicides, acridifuges ou antiappétantes contenues dans six plantes (*Calotropis procera*, *Citrullus colocynthis*, *Cleome arabica*, *Aerva javanica*, *Salvadora persica* et *Solenostemma argel*) présentes dans les biotopes de survie de cet acridien dans le Hoggar.

Une contribution qui a pour cadre la prise de conscience du lourd bilan environnemental dû à l'utilisation irrationnelle des pesticides chimiques en lutte antiacridienne.

III.2. Bioécologie et distribution spatio-temporelle du criquet pèlerin dans le Hoggar

III.2.1. Sites de prospection et d'étude

Un biotope peut être décrit comme un milieu caractérisé par son climat, son modèle morpho-pédologique, son contexte hydrique et sa structure et composition floristique du tapis végétal. Ces caractéristiques sont complétées par des limites temporelles dépendantes des conditions météorologiques qui révèlent le potentiel écologique du milieu pour l'acridien durant un laps de temps plus ou moins long.

Chez les acridiens le choix d'un habitat dépend de multiples facteurs dont : la structure et la composition floristique du tapis végétal, le microclimat, les caractéristiques édaphiques, la disponibilité des plantes nourricières, l'état phénologique du tapis végétal, les réserves hydriques et des sites de ponte (UVAROV, 1977 ; OTTE, 1977 cité par DE WISIECKI *et al.*, 2000).

Selon POPOV *et al.* (1991), le Criquet pèlerin exploite les ressources d'un environnement désertique chaud pour survivre, se reproduire et, parfois grégariser. Les mêmes auteurs ont défini trois types de biotopes pour le Criquet pèlerin : les biotopes permettant la survie du Criquet pèlerin, les biotopes lui permettant une reproduction et ceux qui lui permettent la grégarisation.

Afin de caractériser les populations du Criquet pèlerin, nous avons eu recours à des prospections extensives de 65 sites, situés dans le Hoggar et écologiquement favorables à la présence et la reproduction du ravageur en question. Ces investigations ont été effectuées durant la période de rémission, allant de 2006 à 2016 et avec trois prospections pour chaque année, soit : estivale, automno-hivernale et printanière.

Il s'agit, également de :

- Etudier les caractéristiques du Criquet pèlerin (densité, morphométrie et préférences alimentaires) ;
- Préciser la dynamique saisonnière des populations du Criquet pèlerin (toutes phases confondues) et ce, à l'état larvaire et à l'état imaginal, ce, pour la période comprise entre 2006 et 2016.

Toutefois, notre travail a concerné, seulement les biotopes se trouvant dans le Hoggar. Ceci est dû, essentiellement à diverses contraintes surmontées, en particulier les problèmes d'insécurité, mais aussi la difficulté d'accès sur le terrain.

III.2.2. Itinéraires de prospection

Les itinéraires de prospection se sont concentrés sur les zones dans lesquelles il est le plus probable de trouver des infestations acridiennes en évitant les routes et les pistes, c'est à dire, là où il y a présence de végétation. Les prospections ont été effectuées au moment de la journée. Ce moment précis dépend de la température, des conditions météorologiques et de l'habitat. Elles sont réalisées juste après le lever du soleil et jusqu'à midi environ et de nouveau l'après-midi, quelques heures avant le coucher du soleil. A midi, lorsque la température est élevée, les ailés et les larves ont tendance à s'abriter dans la végétation et sont par conséquent difficiles à observer.

Selon les bulletins sur le Criquet pèlerin établis mensuellement par la FAO ainsi que les signalisations des équipes de prospection de lutte antiacridienne de l'INPV, nous avons effectué nos prospections annuelles (2006 – 2016) et saisonnières (estivale, automno-hivernale et printanière) au niveau de plus de 60 sites répartis en lits d'oued, gueltas et massifs rocailloux. Les différents itinéraires entrepris pour l'accès aux sites étudiés sont représentés par la figure 8 ainsi que l'annexe 6.

III.2.3. Prospections sur terrain

Les prospections extensives doivent être planifiées en fonction de la situation acridienne, des conditions écologiques de terrain et du risque que des populations se développent ultérieurement, nécessitant un suivi complémentaire et peut-être un traitement (CRESSMAN, 2001). En effet, tout au long de nos sorties sur terrain, nous avons, réuni des informations permettent d'évaluer la situation acridienne et les conditions environnementales de terrain (figure 9). Nous avons aussi recueilli des informations supplémentaires auprès des villageois, des nomades et des voyageurs.

Nos prospections ont, de ce fait, concerné les trois périodes citées ci-dessus de chaque année et pendant lesquelles des infestations acridiennes ont été préalablement identifiées. Elles ont été effectuées dans des zones déterminées par l'INPV et connues pour la reproduction ou la présence de criquets signalée par la population locale, les nomades et les prospecteurs. Pour obtenir ces informations, nous avons eu recours à la consultation mensuelle des bulletins d'informations sur le criquet pèlerin fournis par la FAO.

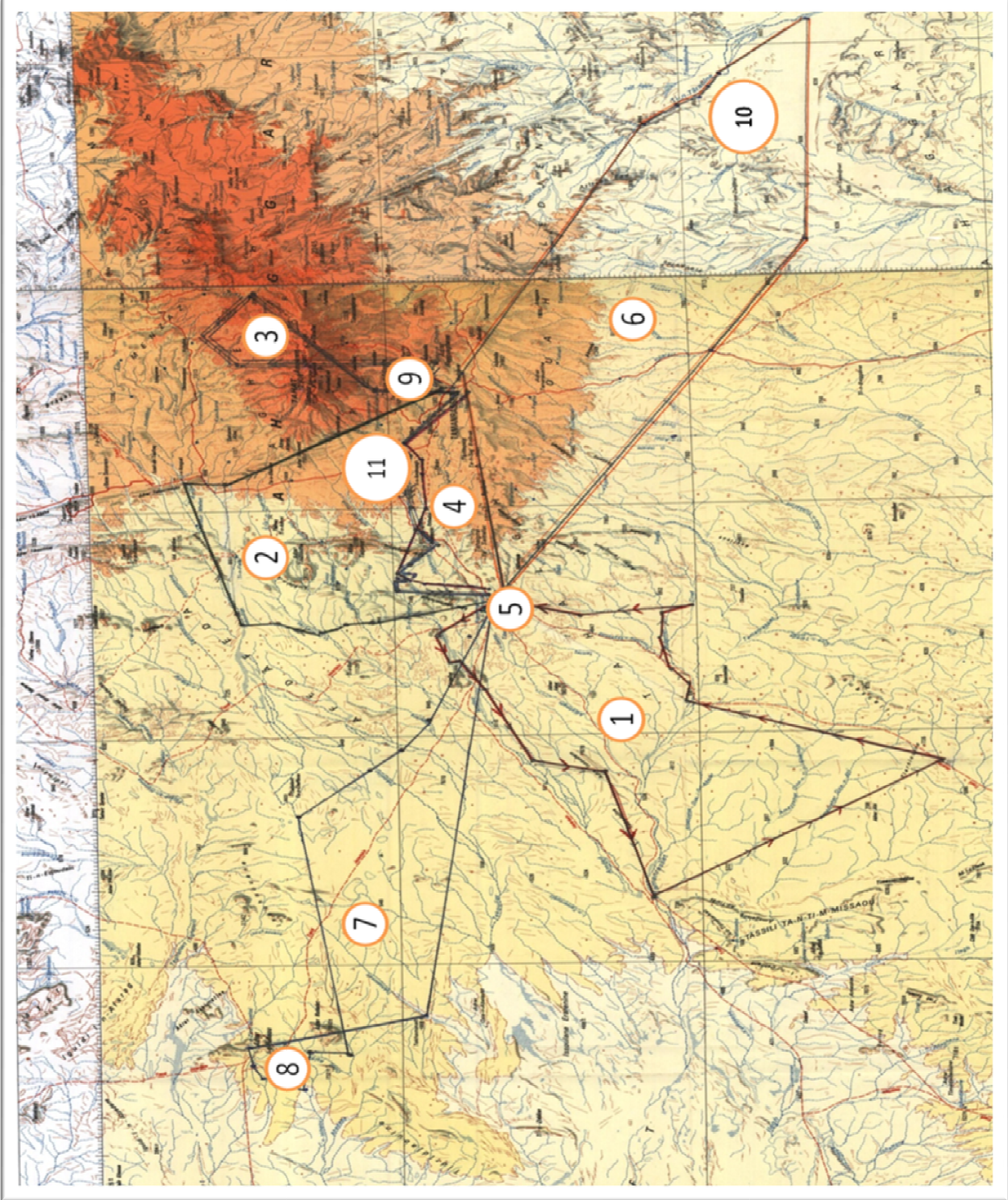


Figure 8. Tracé des itinéraires de prospection dans le Hoggar

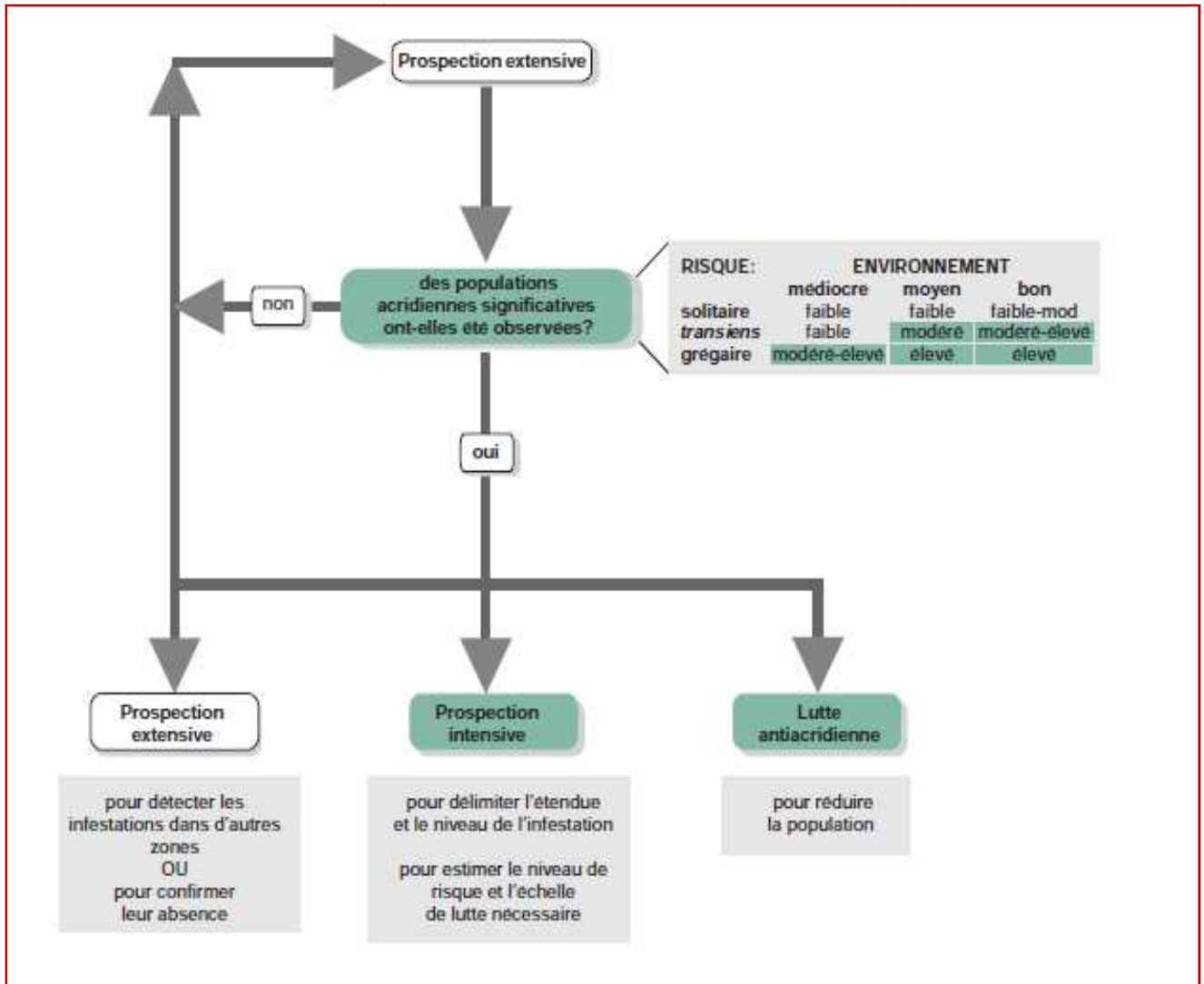


Figure 9. Les différentes étapes de prospection
(SYMMONS et CRESSMAN, 2001)

Nous avons choisi ce type d'investigation dans le but est d'effectuer le suivi des populations acridiennes et dans des habitats susceptibles d'être favorables à la reproduction, aussi, de déterminer si des populations significatives sont présentes, ainsi que le comportement des populations (état phasaire, régime alimentaire ...etc).

Durant nos prospections et pour pouvoir recueillir les informations nécessaires (coordonnées géographiques, superficies prospectées, nombre de criquets et état de développement ...etc.), nous avons utilisé certains équipements tels que:

- Un GPS (Global Position System), qui est un appareil de navigation permettant de connaître les coordonnées géographiques d'un lieu donné

- Des cartes topographiques à l'échelle 1/500 000^e et 1/1000 000^e que nous nous sommes procurés auprès de l'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT)
- Des formulaires FAO de prospection et de lutte contre le Criquet pèlerin
- Un Compteur et une loupe manuels
- Un filet fauchoir, des boîtes de Pétri et autres boîtes à échantillons (sol, insectes ...etc.)
- Des sachets en plastique et en papier pour la conservation des échantillons

Pour cela, et selon les conditions de travail, deux méthodes de prospection ont été utilisées et alternées, à savoir :

- **Le transect pédestre** : prospection des sites sableux (plaines et des dunes) et proches de rivières temporaires (oueds) où une végétation annuelle verte est présente. Pour cette méthode, on doit parcourir une certaine distance d'environ 100 m en fonction du nombre de pas effectués. Si il y présence de criquets, on détermine la largeur du transect en estimant la distance sur laquelle les ailés sont dérangés lors du passage. Par la suite, on inspecte au moins 10 buissons de végétation d'1 m² afin de détecter les larves. Au cours de ce transect, il est important de vérifier l'humidité du sol.

- **Le transect par véhicule** : c'est une méthode utile pour déterminer la présence d'ailés sur une vaste zone, telle qu'une plaine sablonneuse, ou à l'intérieur de grandes zones de végétation verte. Il faut conduire face ou perpendiculairement au vent pendant au moins 1 km. Cette méthode consiste à compter les ailés qui s'envolent en avant du capot du véhicule ; calculer la distance parcourue en utilisant le compteur journalier ou le GPS et faire le comptage seulement quand la température est supérieure à 20°C et la vitesse du vent inférieure à 6 m/s.

III.2.4. Notations des observations

Au cours de notre prospection, nous avons noté des observations pour chaque site (oued) prospecté et à chaque arrêt (point). Ces observations sont ensuite notées sur un carnet de prospection et des formulaires FAO de prospection de lutte contre le criquet pèlerin (annexe 7). Nous prenons note aussi des informations relatives aux sites prospectés, à l'écologie (superficies prospectées, précipitations, végétation, humidité et texture du sol etc.) et aux acridiens. Ces notations sont ensuite réunies sur un tableau récapitulatif avec la situation acridienne relative à chaque oued prospecté.

III.2.5. Inventaire floristique

Outre l'intérêt direct des plantes pour le Criquet pèlerin, on doit leur reconnaître une fonction d'indicateur écologique. Connaître la composition floristique (même partielle) du tapis végétal d'un biotope renseigne sur les ressources végétales utilisables par l'acridien (surtout si ces données sont complétées par des informations phénologiques). Cela fournit également de précieuses informations indirectes sur l'environnement disponible (présence d'espèces saxicoles, psammophiles, présence dominante de thérophytes, présence de phréatophytes ou absence de phanérogames) sont autant d'informations dérivées qui permettent de cerner les caractéristiques d'un biotope (DURANTON *et al.*, 2012).

Au cours de nos prospections, nous avons récolté toutes les espèces végétales observées dans les sites étudiés. Ces plantes récoltées sont mises dans des sachets en papier afin de les conserver pour la constitution d'un herbier. Elles sont déterminées sur place en nom tamahaq et en arabe par les guides terguis. L'identification a été confirmée et complétée en noms latins par Mme SAHKI-BOUTAMINE, chercheur à l'Institut National des Recherches Forestières (INRF) de la wilaya de Tamanrasset. La mise à jour de la nomenclature des taxons a été, par la suite, réalisée en se basant sur la bibliographie notamment la Flore de QUÉZEL (1954), de QUÉZEL et SANTA (1962 et 1963), d'OZENDA (1983) et de SAHKI et SAHKI (2004).

Pour la récolte des plantes, nous avons utilisé des quadrats de 16m² (4m x 4m), cela, afin d'obtenir une estimation satisfaisante de la densité de la végétation. Le dénombrement doit être réalisé plusieurs fois sur autant de parcelles-échantillons. Nous avons noté aussi, l'état de verdissement de chaque espèce et son état phénologique (de 1 à 5). La couverture végétale totale est ensuite notée en pourcentage et l'étendu du biotope en hectare.

En se basant sur les directives de prospections établies par la FAO, nous avons établi, pour chaque espèce végétale la variable «*statut de la végétation*». Cette variable nous informe sur l'évolution de la végétation et sa couleur (CRESSMAN, 2001). Dans ce cas, pour apprécier l'état de la végétation, les paramètres utilisés indiquent que s'il y a un peu de végétation jaune mais que de nouvelles pousses sont observées, il est noté «*en reverdissement*». S'il y a un mélange entre végétation sèche et verte sans signe de nouvelles pousses, il est noté «*en dessèchement*» ; et si la seule végétation présente est jaune, il est noté «*sèche*». La végétation peut aussi être entièrement «*verte* » ou en «*pousse*». Quant à la densité du couvert végétal, elle est estimée en comparant la végétation visible au sol nu: une densité sera notée comme «*faible*» lorsqu'il y a plus de sol nu visible que de végétation; une densité est «*moyenne*» lorsqu'il y a à peu près autant de végétation que de sol nu visible; une

végétation est «dense» lorsqu'il y a beaucoup de végétation et quasiment pas de sol nu visible (figure 10).

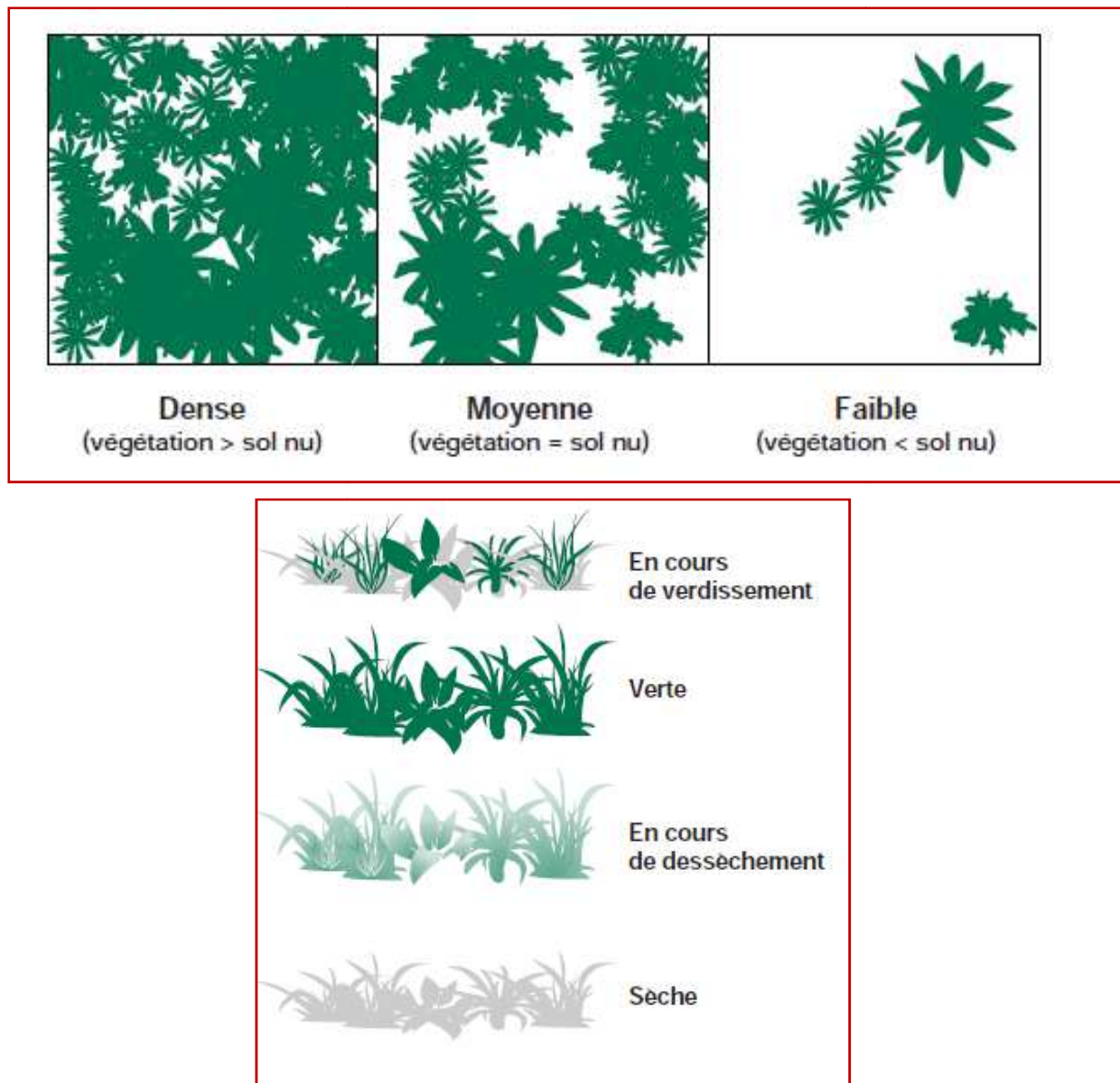


Figure 10. Estimation de l'état et de la densité de la végétation (SYMMONS et CRESSMAN, 2001)

III.2.6. Florule associée aux sites prospectés dans le Hoggar

Une florule est un recueil d'informations relatives à la flore concernant un thème particulier. Dans notre cas, il s'agit de regrouper, sous forme de fiche technique relative à chaque espèce végétale présente dans les biotopes du Criquet pèlerin et ayant un intérêt pour ce ravageur (abri, nourriture, reproduction ou indicateur). Ces indications serviront à évaluer l'état de développement des populations et déterminer leur potentiel biologique ; ceci dans le

cadre d'une surveillance acridienne qui est à la base d'une lutte préventive performante (DURANTON *et al.*, 2012).

C'est en se référant au travail réalisé par ces derniers auteurs, que nous avons essayé d'établir notre catalogue personnel relatif aux espèces végétales recensées et échantillonnées lors de nos prospections dans le Hoggar.

Il s'agit, en effet et selon DURANTON *et al.* (2012) d'identifier visuellement les principaux taxons, les nommer correctement, les photographier, disposer d'informations biogéographiques et écologiques (données bibliographiques). Un travail qui permettra de mieux caractériser les biotopes, afin de conduire des analyses de données plus fiables dans l'avenir.

Avant chaque échantillonnage, nous avons photographié chaque plante. Un travail complété par des données de recherches bibliographiques sur des informations écologiques (type biogéographique, type morphologique, type biomorphologique et intérêt pour le criquet pèlerin), mais aussi, par des informations ethnobotaniques concernant les éventuels usages vernaculaires (pharmacopée, usage alimentaire, usage domestiques...etc.). Pour cette étude nous avons eu recours aux travaux de QUÉZEL (1954), de QUÉZEL et SANTA (1962-1963) et d'OZENDA (1958 et 1983), , pour la détermination et classification des espèces végétales recensées ainsi qu'aux travaux de recherche sur la florule des biotopes du Criquet pèlerin réalisés par POPOV *et al.* (1991) et DURANTON *et al.* (2012), pour ce qui est de la méthodologie de travail.

III.2.7. Capture des individus

Dans notre cas, nous avons opté pour la méthode de SHULL (1913), cité par UVAROV (1977) qui consiste à récolter aléatoirement les individus dans leur habitat naturel.

En effet, nous avons prospecté toutes les stations et à l'aide d'un filet fauchoir. Cette technique consiste à récolter un échantillon d'acridiens suffisamment grand pendant un temps déterminé qui varie selon la richesse du milieu.

Une méthode qui a intéressé plusieurs auteurs, nous citons : DREUX (1972 et 1980), LECOQ (1978) et LEGALL (1989). Les criquets récoltés sont placés dans des boîtes de Pétri afin de récupérer leur fèces après 24 heures. Chaque boîte porte nécessairement une étiquette indiquant le lieu, la date et les points et coordonnées géographiques du site et le sexe des individus.

III.2.8. Etude de la densité des individus du Criquet pèlerin

Les densités des individus de *S. gregaria* par hectare (ha) sont estimées, au cours des opérations de prospection, que ce soit par des transects pédestres ou par véhicules, conformément aux directives de la FAO (CRESSMAN, 2001). Selon DURANTON *et al.* (1982), la densité du Criquet pèlerin est calculée selon la formule suivante :

$$D = (N/n) \times 10\ 000$$

- D: densité
- N: nombre total des imagos ou des larves dénombrés pour l'ensemble des carrés prospectés
- n : nombre des carrés prospectés (20 carrés)
- 10 000 m² : surface totale de la parcelle d'échantillonnage (1ha)

GUENDOZ-BENRIMA (2005) note que la densité est le principal facteur de régulation phasaire. Il nous informe sur le devenir et l'évolution de la population acridienne, en tenant compte de trois descripteurs, à savoir : l'effectif des individus d'une population, la surface du biotope et la densité de la population qui est estimée au mètre carré (pour les populations groupées) ou à l'hectare (pour les populations diffuses). Ces trois descripteurs interviennent pour définir la densation qui est un paramètre dynamique (variation de la densité dans le temps et dans l'espace).

III.2.9. Etude morphométrique de *Schistocerca gregaria* (état phasaire) dans le Hoggar

DURANTON et LECOQ (1990), mentionnent que trois mesures seulement peuvent suffire à caractériser l'état phasaire, au niveau morphologique d'une population de criquet pèlerin adulte. Il s'agit des mesures de la longueur de l'élytre (**E**), de la longueur du fémur postérieur (**F**), et de la largeur maximale de la capsule céphalique (**C**). Les valeurs obtenues sont ensuite exprimées sous forme de rapports (E/F et F/C). Ceux-ci nous renseignent sur l'état phasaire des individus en comparant les moyennes de ces rapports avec les ratios établis par DIRSH (1953) (annexe 8). Ainsi, trois classes morphométriques d'individus en sont dégagées. Ce sont les adultes appartenant soit à la phase solitaire, soit à la phase *transiens*, soit à la phase grégaire.

Après des mesures à l'aide d'un pied à coulisse, nous avons représenté les rapports calculés pour chaque individu étudié sur l'abaque morphométrique de Rungs (1954) cité par DURANTON et LECOQ (1990) (figure 11). La représentation conjointe des rapports E/F et F/C sur une telle abaque permet d'obtenir rapidement l'état de "**grégariformité**" d'une population.

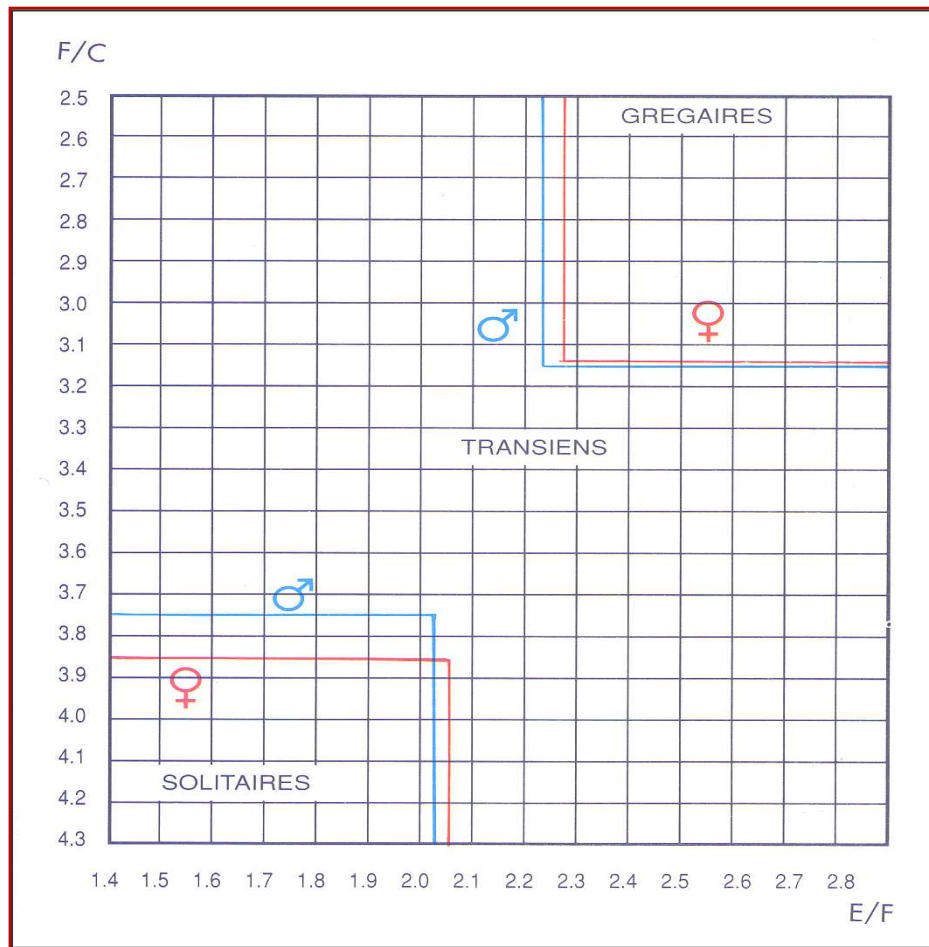


Figure 11. Abaque morphométrique de RUNGS (1954)
(DURANTON et LECOQ, 1990)

III.2.10. Etude de l'homogénéité des populations de *Schistocerca gregaria*

Pour cette étude nous avons eu recours à une analyse en composante principale (A.C.P.), qui selon MINATO *et al.* (1973), permet d'établir une représentation en nuages dans laquelle apparaissent à la fois chacun des caractères considérés et des individus observés.

Ce résultat est obtenu grâce à une méthode particulière de codification et par le calcul des valeurs et des vecteurs propres qui assurent une parfaite symétrie entre les caractères et les individus.

III.2.11. Etude du régime alimentaire du criquet pèlerin dans le Hoggar

Le Criquet pèlerin est un insecte phytophage, c'est-à-dire qu'il vit dans la végétation qui lui sert d'abri et de perchoir et qu'il s'en nourrit. En phase solitaire, ce ravageur manifeste des préférences alimentaires bien marquées, dont certaines restent à préciser ou à élucider (DURANTON *et al.*, 2012).

Pour étudier le régime alimentaire des individus capturés nous avons opté pour la méthode coprologique avec l'analyse des fèces.

III.2.11.1. Préparation des lames de référence (épidermothèque de référence)

Pour élaborer cette épidermothèque, nous nous sommes référés à plusieurs travaux notamment ceux de GUYOT (1966), LEBERRE et MAINGUET (1974), BENHALIMA *et al.* (1983), BUTET (1985) ainsi que PRAT (1932) cité par OULD EL HADJ (2004).

La préparation des lames de références se fait à partir du végétal récolté des stations d'étude. Ces lames peuvent être obtenues aussi bien à partir des végétaux frais. Les échantillons destinés à cette épidermothèque de référence doivent être aussi complets que possible et en particulier comporter l'ensemble des organes souterrains et aériens. Un échantillon complet est constitué de la tige ou d'un prélèvement d'écorce, de feuilles, de fleurs, de fruits et des graines (DURANTON *et al.*, 2012).

Les épidermes sont délicatement détachés des tissus sous-jacents de la plante à l'aide d'une lame de bistouri ou d'une pince fine. Ensuite ils sont mis à macérer dans de l'hypochlorure de sodium (Na O Cl) à 12° durant quelques secondes pour la décoloration afin de mieux observer les structures des parois cellulaires. Une fois rincés à l'eau distillée les épidermes sont mis dans des bains d'alcools de 75°, 90° et 100° pendant 3 mn pour chaque bain.

L'étape suivante consiste à conserver les épidermes par un montage entre lame et lamelle en utilisant du liquide de Faure pour la fixation. Ensuite nous avons fait passer les montages par une plaque chauffante afin d'éliminer les bulles d'air. Chaque lame porte le nom de l'espèce végétale, le type d'organe, la date et le lieu de la récolte (figure 12). Après observation au microscope, chaque épiderme est schématisé et photographié (annexe 9). Ils seront utilisés dans l'identification des fragments des végétaux trouvés dans les fèces des individus du criquet pèlerin.

III.2.11.2. Analyse des fèces

La méthode d'analyse des fèces est inspirée de celle de LAUNOIS-LUONG (1975) ainsi que celle de BUTET (1985) qui a étudié le régime alimentaire d'un rongeur *Epodemus sylvaticus*. Pour cette analyse, nous avons fait ramollir les fèces dans de l'eau pendant 24 heures pour la libération des fragments. Ensuite nous avons adopté le même principe que celui utilisé pour le montage des épidermes végétaux. Une comparaison est faite entre les fragments des épidermes retrouvés dans les fèces et ceux de l'épidermothèque de référence.

La détermination des fragments végétaux contenus dans les fèces s'appuie sur plusieurs critères :

- ◆ La forme et la taille des cellules végétales,
- ◆ La forme, la disposition et la densité des stomates,
- ◆ Les types de parois,
- ◆ La présence et l'absence des poils, leur type (uni, bi ou pluricellulaires) ...etc.

III.2.11.3. Etude quantitative du régime alimentaire

Pour cette étude, nous avons calculé la fréquence d'occurrence des espèces végétales dans les fèces. Selon BUTET (1985) cette méthode consiste à noter la présence ou l'absence des végétaux dans les fèces. Elle est exprimée comme suit :

$$F(i)\% = \frac{ni}{N} \times 100$$

F(i) : Fréquence d'occurrence des épidermes de l'espèce végétale (i) contenus dans les fèces, exprimée en pourcentage

ni : le nombre de fois où les fragments du végétal (i) sont présents dans les fèces

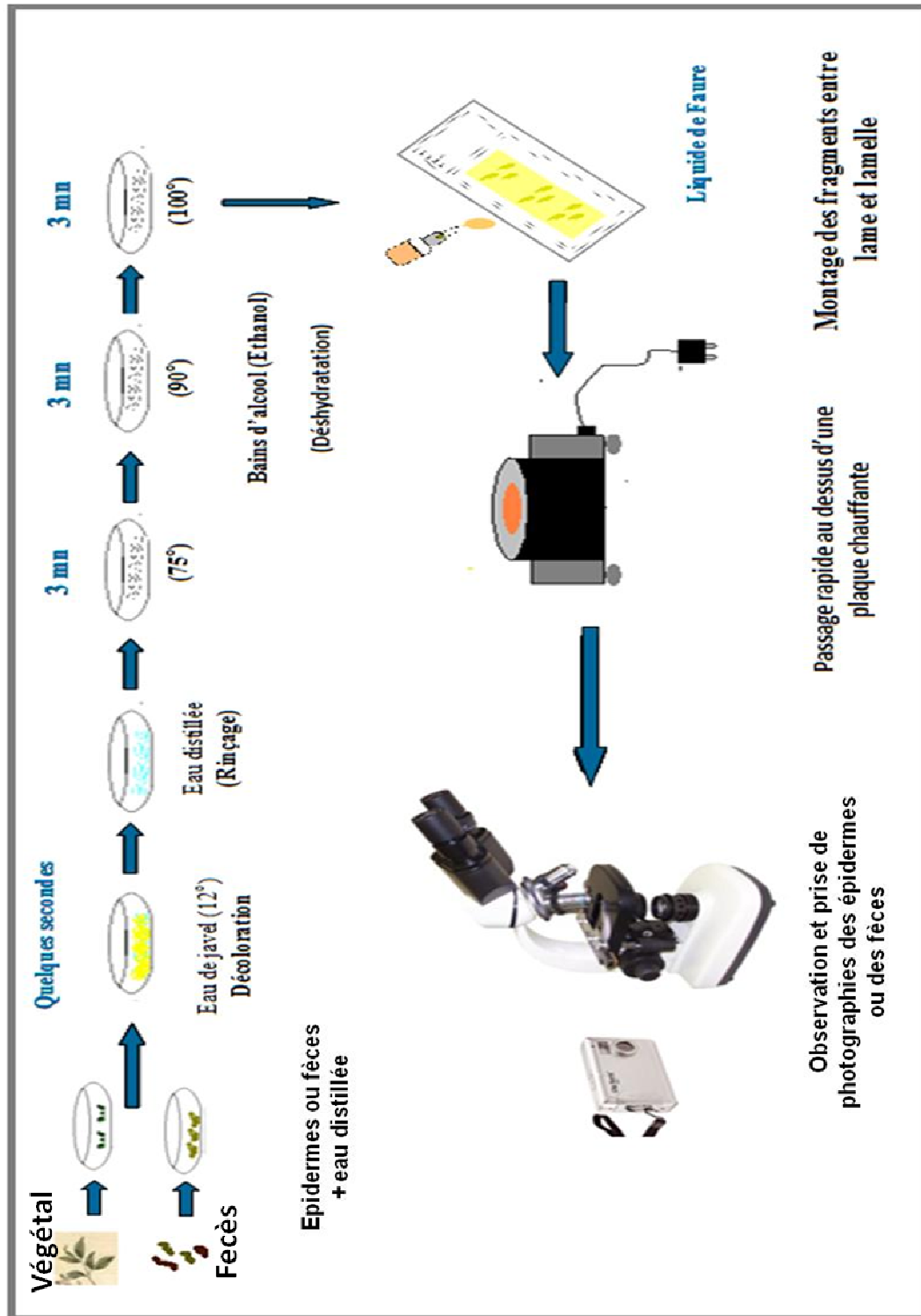
N : nombre total des individus examinés

III.2.12. Analyse spatio-temporelle des populations du criquet pèlerin

La distribution des espèces acridiennes notamment les locustes dans le temps et dans l'espace est liée d'une part à la diversification des ressources trophiques et à l'habitat, et d'autre part aux conditions climatiques propices en particulier, la température, l'humidité et la photopériode (LECOQ, 1991).

Ce travail a pour but de comprendre la distribution spatio-temporelle du Criquet pèlerin en période de rémission en se basant sur une analyse fréquentielle selon des temps mensuels, trimestriels ou annuels et selon le lieu (oued). Cette approche a été réalisée en fonction de la présence mais aussi l'état phasaire de l'espèce acridienne étudiée.

Dans notre cas, nous avons choisi l'étude des fréquences trimestrielles qui repose sur le fait qu'il convient de regrouper les données collectées sur un temps cohérent pour le cycle de l'acridien, car selon DURANTON et LECOQ (1990) le criquet pèlerin met entre 2 à 6 mois pour effectuer une reproduction. Pour cela, notre étude s'est basée sur 1950 relevés personnels réalisés sur les 65 sites prospectés dans le Hoggar et ce, entre 2006 et 2016.



Pour rappel, et en suivant la méthodologie adoptée par GUENDOUZ-BENRIMA *et al.* (2007), nous avons opté pour le comptage à vue sur des carrés de 5 m de côté (25 m²). Le nombre moyen d'individus de chaque stade est estimé par un comptage sur dix carrés différents. Cette estimation a été accompagnée par des notations sur : l'état phénologique de la végétation et phasaire du Criquet pèlerin, la superficie prospectées et la densité des populations estimées à l'hectare.

III.3. Essais de lutte biologique contre le criquet pèlerin au laboratoire

Plusieurs méthodes d'essai ont été expérimentées sur des imagos et des larves de 5^{ème} stade du criquet pèlerin, au laboratoire au moyen de deux champignons entomopathogènes et de six plantes : traitements par appât empoisonné, par ingestion et par pulvérisation.

III.3.1. Matériel animal:

Pour cette étude, il nous a fallu maintenir un élevage de masse permanent du criquet pèlerin (figure 13) au laboratoire de Protection des cultures de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA). Les Criquets ayant servi aux tests biologiques, proviennent de Oued Tin Tarabine (Tamanrasset) et d'oothèques reçues du laboratoire du département de Zoologie de l'Université du Cambridge. Un élevage soumis à une photopériode de 12 heures (12 h obscurité / 12 h lumière), une température constante de 30°C et une humidité relative avoisinant 70%.



Figure 13. Elevage de masse du criquet pèlerin au laboratoire
(Originale)

III.3.2. Essais de lutte biologique au moyen de champignons entomopathogènes

III.3.2.1. Matériel fongique

Cette étude a consisté à effectuer des traitements à base de deux champignons entomopathogènes (figure 14). Il s'agit de :

- *Metarhizium anisopliae* var *acridum* (code IMI: 330189), provenant du laboratoire d'entomologie de l'Institut Pasteur de Delly Brahim sous forme de poudre sèche de spores issues d'un biopesticide appelé « GREEN MUSLE ».

- *Beauveria bassiana*, isolée à partir d'un apoïde que nous avons trouvé et récolté au niveau du marais de Réghaia le 16 avril 2003.



Figure 14. *Metarhizium anisopliae* var *acridum* (à gauche) et *Beauveria bassiana* (à droite)
(Photographies originales)

Pour la technique de multiplication des champignons, nous avons opté pour la culture monosporique décrite par RAPPILY (1968).

Par la suite et à partir d'une culture âgée de 15 à 20 jours ayant bien sporulée, nous avons prélevé l'ensemble des colonies de cette culture que nous avons introduit par la suite dans un Erlen Meyer contenant 100 ml d'eau distillée stérilisée qui sera fermé hermétiquement afin d'éviter toute contamination. Après une agitation de 10 minutes et cela pour permettre une libération maximale des spores, nous avons filtré la solution à travers une gaze et récupéré le filtrat à partir duquel le nombre de spores trouvé dans la solution mère sera évalué à l'aide de la cellule de Malassez.

Pour le dénombrement des spores, le principe consiste à compter le nombre des spores existant dans les 10 carreaux constituant les deux diagonales de la cellule, par la suite nous

calculerons la somme afin de déterminer la concentration de la solution mère en utilisant la relation suivante :

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ spores} & \longrightarrow & 10^6 \text{ spores/ml.} \\ \text{Nombre des spores comptées} & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$C_1 (\text{spores / ml}) = (10^6 \times X) / 100$$

X : nombre de spores trouvées dans les 10 carreaux de la cellule de Malassez

Par la suite, afin d'obtenir les différentes doses voulues, nous procéderons aux dilutions successives de la solution mère titrée à la concentration la plus élevée. Nous utiliserons alors la formule suivante :

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

Soit :

C₁ : La concentration de la solution mère

V₁ : Volume initial d'eau distillée mis dans l'Erlen Meyer (100ml)

C₂ : La concentration voulue (à obtenir)

V₂ : Volume d'eau correspondant à la concentration C₂

$$V_2 = (C_1 \cdot V_1) / C_2$$

Le volume d'eau à ajouter sera alors :

$$V = V_2 - V_1$$

III.3.2.2. Réalisation des traitements

Une fois les solutions entomopathogènes préparées, nous avons étudié l'activité toxique des deux champignons sur quelques paramètres physiologiques des Imagos et Larves du 5^{ème} stade de *Schistocerca gregaria* (mortalité et hémogramme). Ce choix des stades se justifie car c'est le stade où l'insecte est le plus à craindre à cause de l'amplitude de ses déplacements (OULD EL HADJ *et al.*, 2006).

Les criquets sont placés individuellement dans une boîte rectangulaire. Une fois l'inoculum préparé, il leur sera administré par voie tégumentaire au moyen d'un pulvérisateur à main contenant la solution entomopathogène. On pulvérise une dizaine de coups sur chaque individu pour assurer une bonne répartition des spores sur le tégument assurant ainsi la pénétration de toutes les spores. Les individus témoins ont été pulvérisés avec de l'eau distillée stérilisée.

Après traitement des individus, nous avons étudié les effets des deux champignons cités auparavant sur la mortalité et l'hémogramme du criquet pèlerin. Une étude comparative a été, par la suite réalisée. Les doses utilisées au cours de nos essais sont :

- *B. bassiana* : - D (Imagos) = $2,84 \cdot 10^6$ spores / ml (DL₅₀ obtenue par KAIDI (2004))
- *M. anisopliae* : - D (Imagos) = $2,14 \cdot 10^7$ spores/ml (DL₅₀ obtenue par JARONSKY (2002))

III.3.3. Essais de lutte au moyen de plantes toxiques

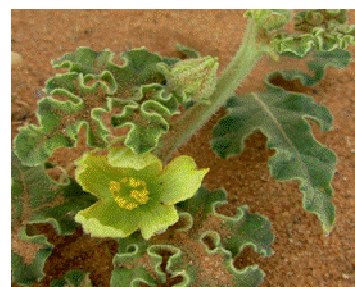
Les feuilles fraîches des six plantes utilisées pour cette étude proviennent de Oued Tin Tarabine et de Oued Abadel. Les six plantes sont comme suit: *Calotropis procera*, *Citrullus colocynthis*, *Cleome arabica*, *Salvadora persica*, *Aerva javanica* et *Solenostemma argel* (figure15).



Aerva javanica



Calotropis procera



Citrullus colocynthis



Cleome arabica



Solenostemma argel



Salvadora persica

Figure 15. Espèces végétales utilisées contre le Criquet pèlerin au laboratoire
(Photographies originales)

III.3.3.1. Préparation des extraits acétoniques

La méthode de préparation des extraits acétoniques est simple. Elle consiste à prendre des feuilles fraîches de la dite plante, à les rincer soigneusement, puis à les sécher dans une étuve réglée à 30 ± 2 °C pendant 5 jours (MORDUE et BLACKWELL, 1993).

On procède ensuite au broyage des feuilles séchées. 100 gr de poudre foliaire sont mis à macérer dans 200 ml d'acétone pendant 24 heures. La filtration est ensuite effectuée sous vide à l'aide d'une fiole à vide et d'un entonnoir. Le résidu sec est jeté alors que le filtrat recueilli est soumis à une évaporation sous vide dans le rotavapor pour éliminer l'acétone. Le produit ainsi obtenu est un extrait auquel on ajoute 20 ml d'acétone (figure 16). Nous parvenons à produire un mélange qui servira comme solution de traitement (AMER et RASMY, 1993).

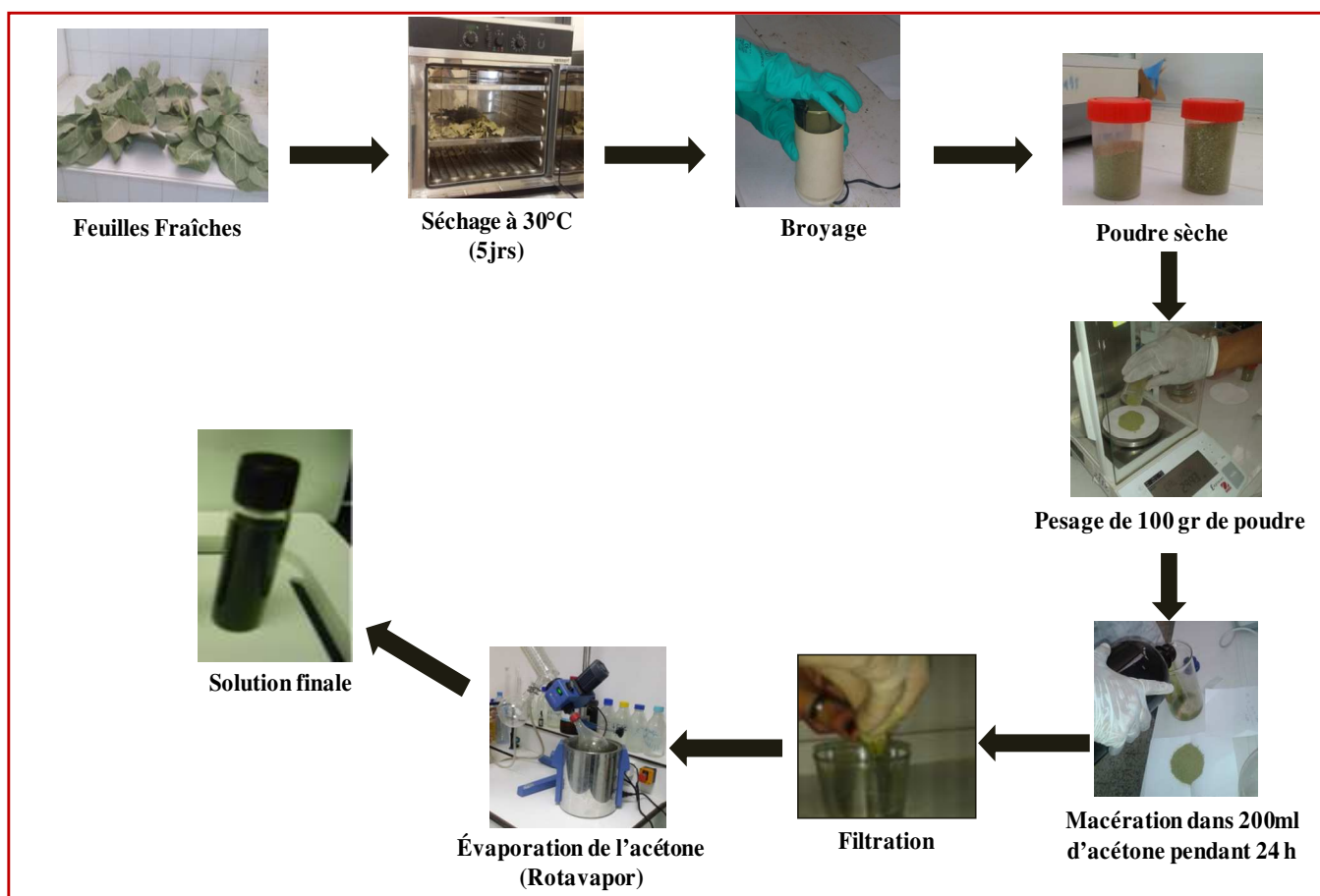


Figure 16. Méthode de préparation de l'extrait acétonique d'une plante d'après MORDUE et BLACKWELL, 1993 ; AMER et RAMSY, 1993

(Figure originale)

III.3.3.2. Réalisation des traitements

S'agissant du traitement à base d'extraits acétoniques, le test consiste à alimenter les adultes par des feuilles fraîches de la plante témoin, soit la laitue *Lactuca sativa* trempées pendant quelques secondes dans l'extrait acétonique de la dite plante et laissées durant 15 à 20' à l'air libre pour faire évaporer l'acétone. Au bout de 24 heures, on fait le nettoyage des cages. Les individus témoins sont quant à eux nourris avec des feuilles fraîches de *Lactuca sativa* trempées dans l'acétone et laissées durant 15 à 20 min à l'air libre pour faire évaporer l'acétone.

Notons que le dispositif expérimental, pour chaque plante étudiée, formule de traitement et stade larvaire, est constitué de 10 lots (1 pour témoins et 9 pour traités), à raison de 30 individus par lot. L'expérimentation est suivie jusqu'à la mort totale de tous les individus des lots traités, à une température de $30 \pm 2^\circ\text{C}$, une humidité relative de $40 \pm 3\%$ et une photopériode de 12 h (lumière) / 12h (obscurité).

III.3.4. Paramètres étudiés

III.3.4.1. Effet sur la mortalité

D'après LAZAR (1968), la mortalité est le principal critère d'évaluation de l'effet toxique d'un traitement chimique ou biologique. Le pourcentage de la mortalité observée chez les larves du cinquième stade et les adultes, témoins et traités est estimé selon la formule suivante : **(Mortalité observée = [Nombre de morts / Nombre total des individus] × 100).**

Les mortalités observées sont ensuite corrigées par la formule d'ABBOT (1925) :

$$\text{M.C. (\%)} = (\text{M2} - \text{M1} / 100 - \text{M1}) \times 100$$

Soit :

M.C. (%) : Pourcentage de mortalité corrigé.

M1 : Pourcentage de mortalité dans le lot témoin.

M2 : Pourcentage de mortalité dans le lot traité.

III.3.4.2. Calcul du temps léthal (TL₅₀)

Le temps léthal 50 (TL₅₀) est calculé à partir de la transformation en Probits des pourcentages de mortalités corrigées. Nous obtiendrons, par la suite, des droites de régression des valeurs (probits) en fonction des logarithmes des temps de traitement. Ces équations sont de type : **(Y = a X + b).**

Soit : **Y**: Probit des mortalités corrigées ; **X**: Logarithme de la dose ou du temps et
a: La pente qui se calcule par la formule suivante :

$$a = \frac{\sum (\bar{x} - \bar{x}) - (y - \bar{y})}{\sum (\bar{x} - \bar{x})^2} \quad \text{et} \quad b = \bar{Y} + a \bar{X}$$

Ensuite, nous calculons les TL50 en remplaçant Y par les probits concernés.

III.3.4.3. Effet sur l'hémogramme

Pour chaque matériel biologique (champignon ou plante) nous avons utilisé quatre lots pour chaque traitement, à raison de 40 individus par lot, dont 1 lot consacré aux témoins et 3 lots aux traités). C'est 3 jours après le traitement que le frottis hémolympatique a été réalisé. Pour cela l'hémolymph a été prélevé entre la patte postérieure et le thorax à l'aide d'une micropipette.

D'après GUZO et STOLTZ (1987) cités par HABES et SOLTANI (1992), ce frottis se réalise selon la méthode illustrée par la figure 17.

La détermination des différentes catégories d'hémocytes a été réalisée par comparaison avec les travaux de références de WIGGLESWORTH (1972), ARNOLD (1974) et RACCAUD-SCHOELLER (1980), mais aussi, les récents travaux de recherche réalisés par KADOTA *et al.* (2003), DE NEGREIRO *et al.* (2009), KLOWDEN (2013) et ROSALES (2017) (figures 18).

III.3.4.4. Exploitation des résultats

Pour approuver l'efficacité des différents facteurs étudiés, nous avons fait appel à l'analyse de la variance (ANOVA) à n critères de classification dans le but de tester la significativité statistique des différences entre les facteurs étudiés (STATSOFT, 2010).

Nous avons par la suite et à l'aide du logiciel XLSTAT, complété cette analyse par le test de comparaison planifiée LSD qui indique les niveaux de significativité pour les couples correspondants de moyennes, par la suite ces moyennes seront classées en groupes homogènes ou hétérogènes.

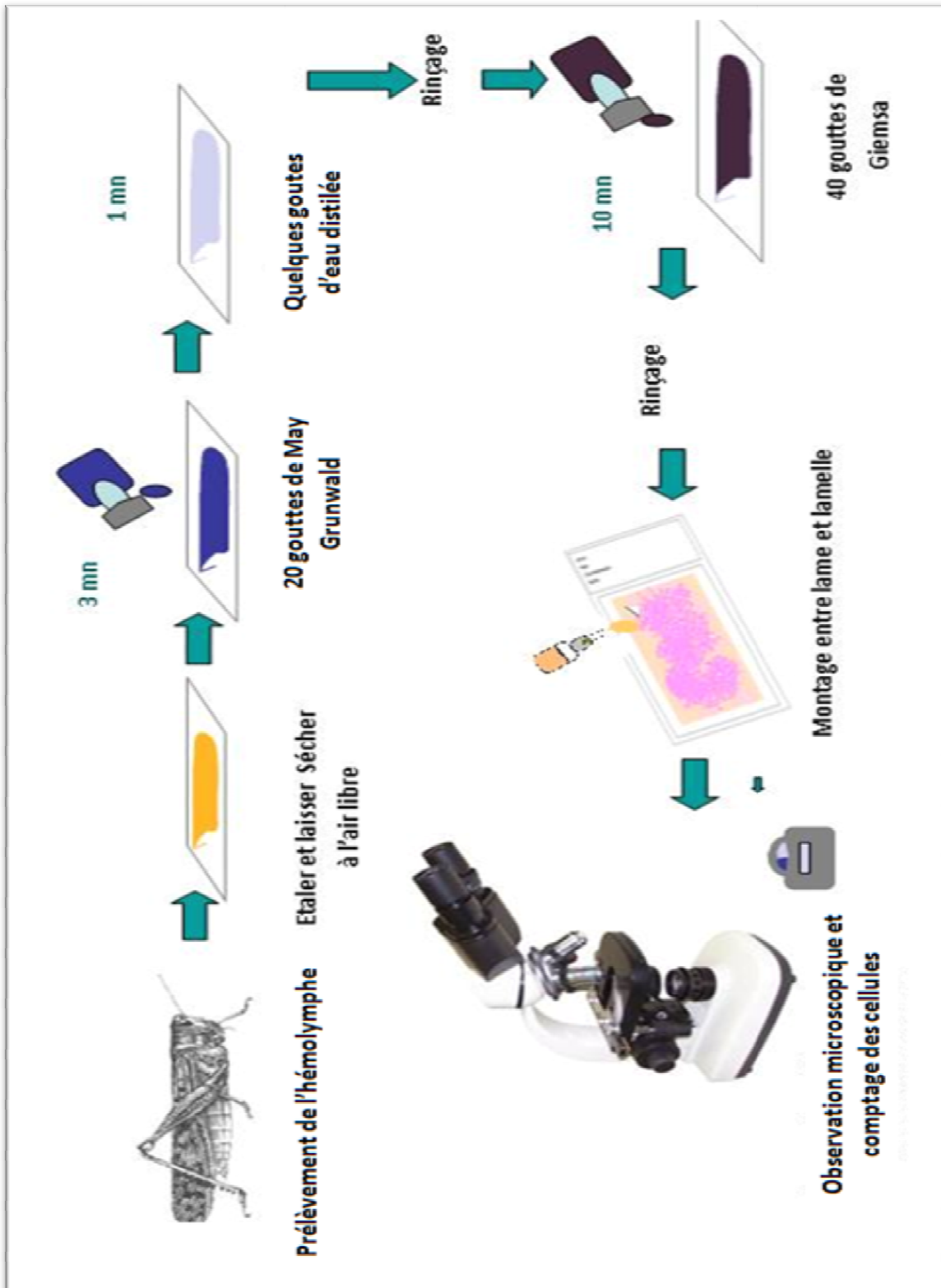


Figure 17: Méthode de réalisation du frottis hémolympatique des insectes
D'après GUZO et STOLTZ, (1987) cités par HABES et SOLTANI, (1992)

(Originale)

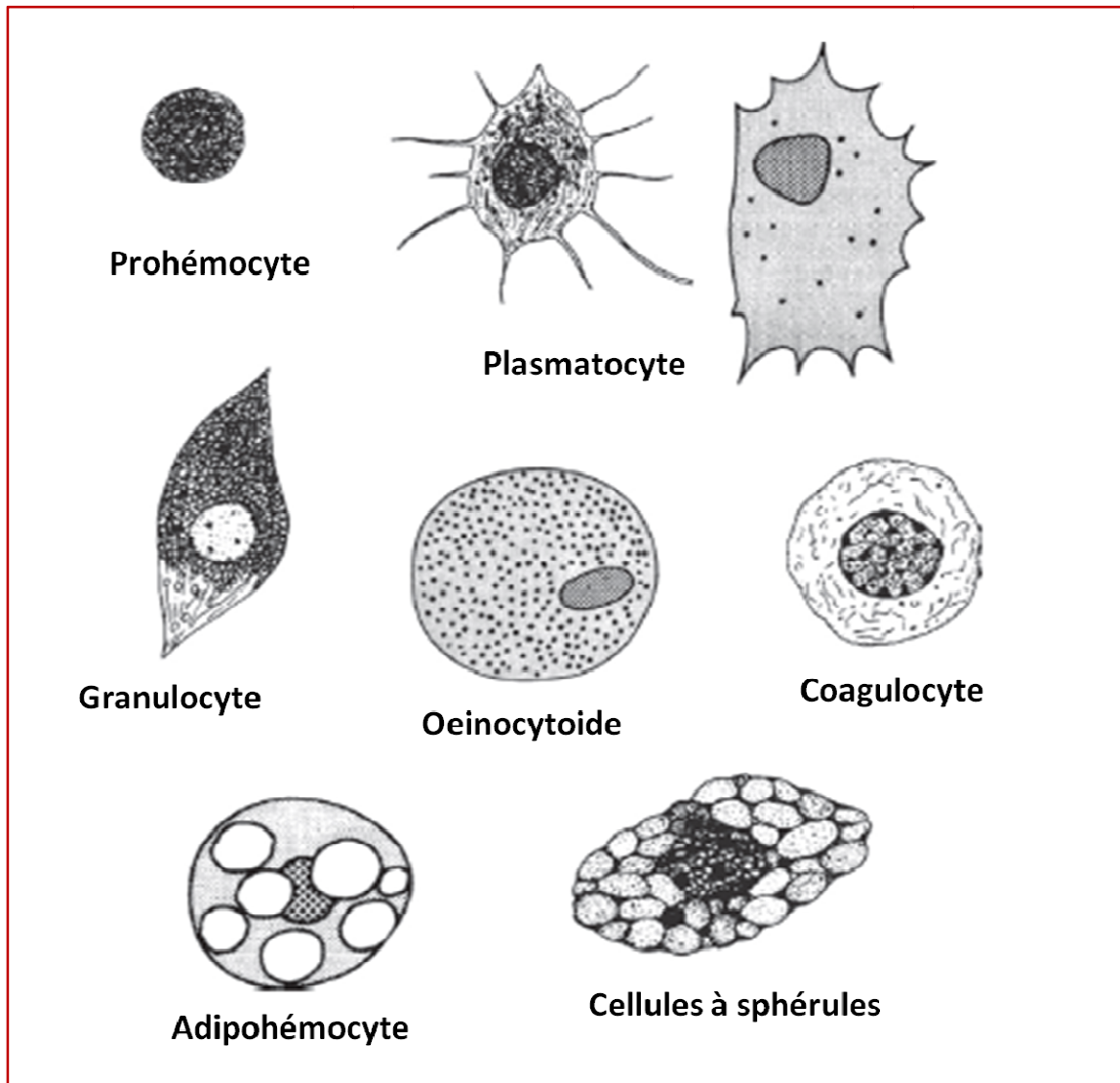


Figure 18. Illustration des hémocytes les plus communs chez les insectes (WOODRING, 1985, cité par FRANSENS, 2006 et KLOWDEN, 2013)

Chapitre IV : Résultats obtenus

Nos résultats portent, en premier lieu, sur une étude de quelques aspects bioécologiques du criquet pèlerin en zones arides en Algérie, c'est-à-dire au niveau de quelques biotopes naturels susceptibles d'abriter des populations du Criquet pèlerin. Dans notre cas et selon les signalisations des équipes de prospection de lutte antiacridienne de l'INPV ainsi que les bulletins mensuels de la FAO sur le Criquet pèlerin, nous avons prospecté plusieurs zones potentielles à la présence du ravageur en question au niveau du Hoggar. Pour réaliser cette étude nous avons effectué des prospections saisonnières durant une période s'étalant sur dix années (2006-2016). Ainsi les individus du criquet pèlerin rencontrés et capturés au niveau de ces oueds étudiés et durant la période comprise entre 2006 et 2016 sont de l'ordre de 27 990 individus, à raison d'une moyenne de 2 799 individus capturés chaque année.

En second lieu, notre étude vise à apporter quelques notions de lutte préventive contre le criquet pèlerin en utilisant les champignons entomopathogènes tels que *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum*, mais aussi, l'utilisation de six plantes à savoir : *Citrullus colocynthis*, *Calotropis procera*, *Cleome arabica*, *Solenostemma argel*, *Aerva javanica* et *Salvadora persica*.

IV.1. Bioécologie et la distribution spatiotemporelle du criquet pèlerin dans le Hoggar

IV.1.1. Notes d'observations des prospections réalisées dans le Hoggar

Cette étude a concerné 65 sites à savoir des oueds, des gueltas ainsi que des massifs rocailloux. Des observations sur les caractéristiques de chaque site prospecté ainsi que chaque arrêt c'est-à-dire à chaque point, ont été notées dans des formulaires FAO de prospection de lutte contre le criquet pèlerin. Ces informations concernant l'écologie (précipitations, végétation, humidité du sol) ainsi que les acridiens sont regroupées dans l'annexe 10.

Les oueds prospectés durant cette saison sont caractérisés par une végétation annuelle présente en abondance caractérisée par un développement optimal avec début de dessèchement (fin de cycle) et parfois dessèchement total par endroits et par l'apparition de jeunes pousses sur les lits d'oueds. Une présence importante des individus de *S. gregaria* a été enregistrée au niveau de six oueds (Abadel, Adjelmane, Amded, Tikouiat, Tin Tarabine et

Igharghar), en permanence et durant toutes les périodes de prospection. Ces sites sont caractérisés par des sols limoneux à sables fins avec une importante humidité et une végétation abondante et dense, en état de verdissement ou de dessèchement (selon la saison).

Des populations du criquet pèlerin ont également été enregistrées, mais à faibles densités au niveau des autres sites prospectés.

Afin d'identifier la relation existante entre la densité des individus de *S. gregaria* et quelques caractéristiques des sites étudiés à savoir : le sol et la végétation, nous avons eu recours à l'étude des corrélations entre les variables suivantes : la texture du sol, l'humidité du sol, l'état de verdissement de la végétation et la densité de la végétation (figures 19, 20 et 21).

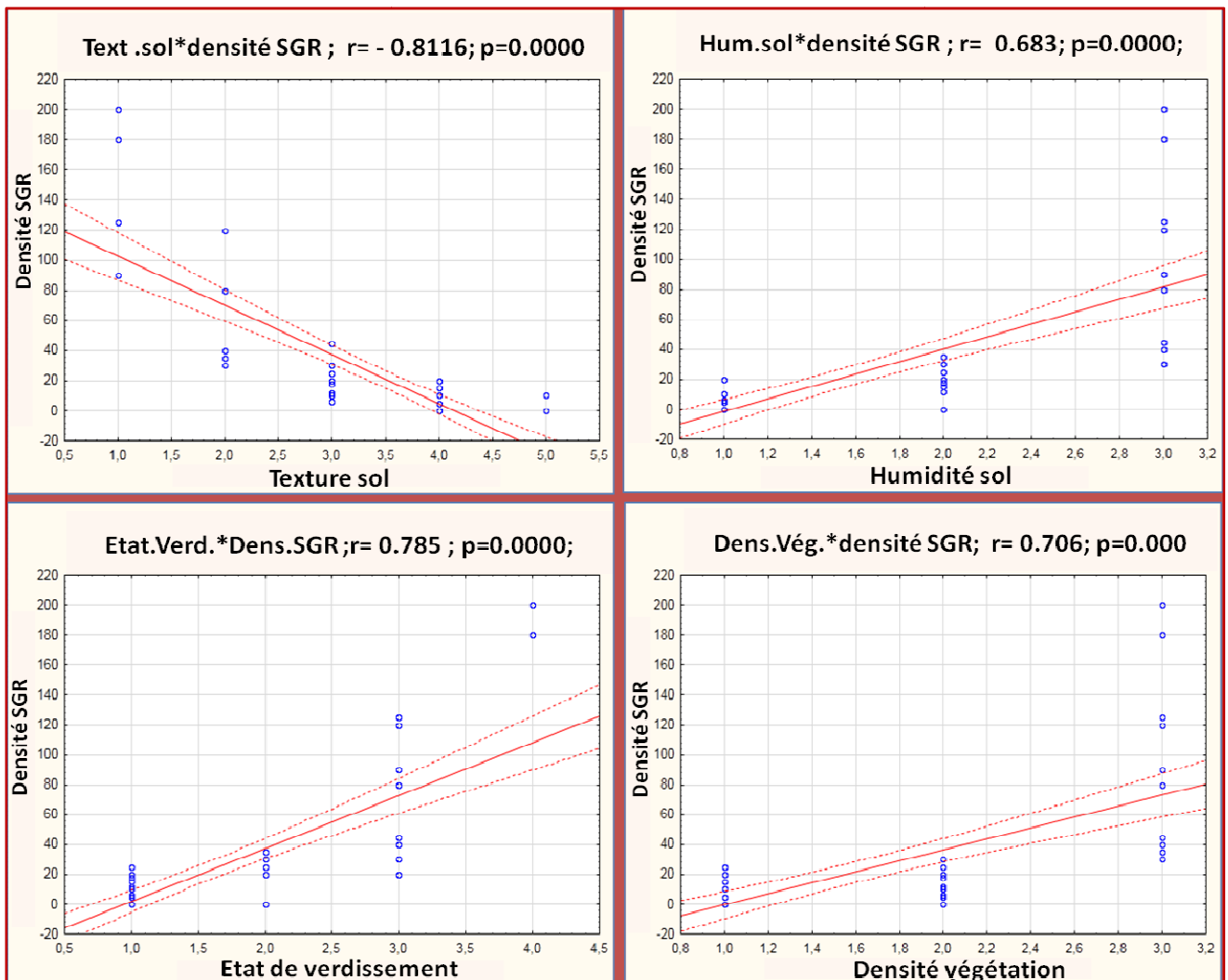


Figure 19. Corrélations entre la densité du Criquet pèlerin et quelques caractéristiques édaphiques des sites prospectés pour la période estivale (2006-2016)

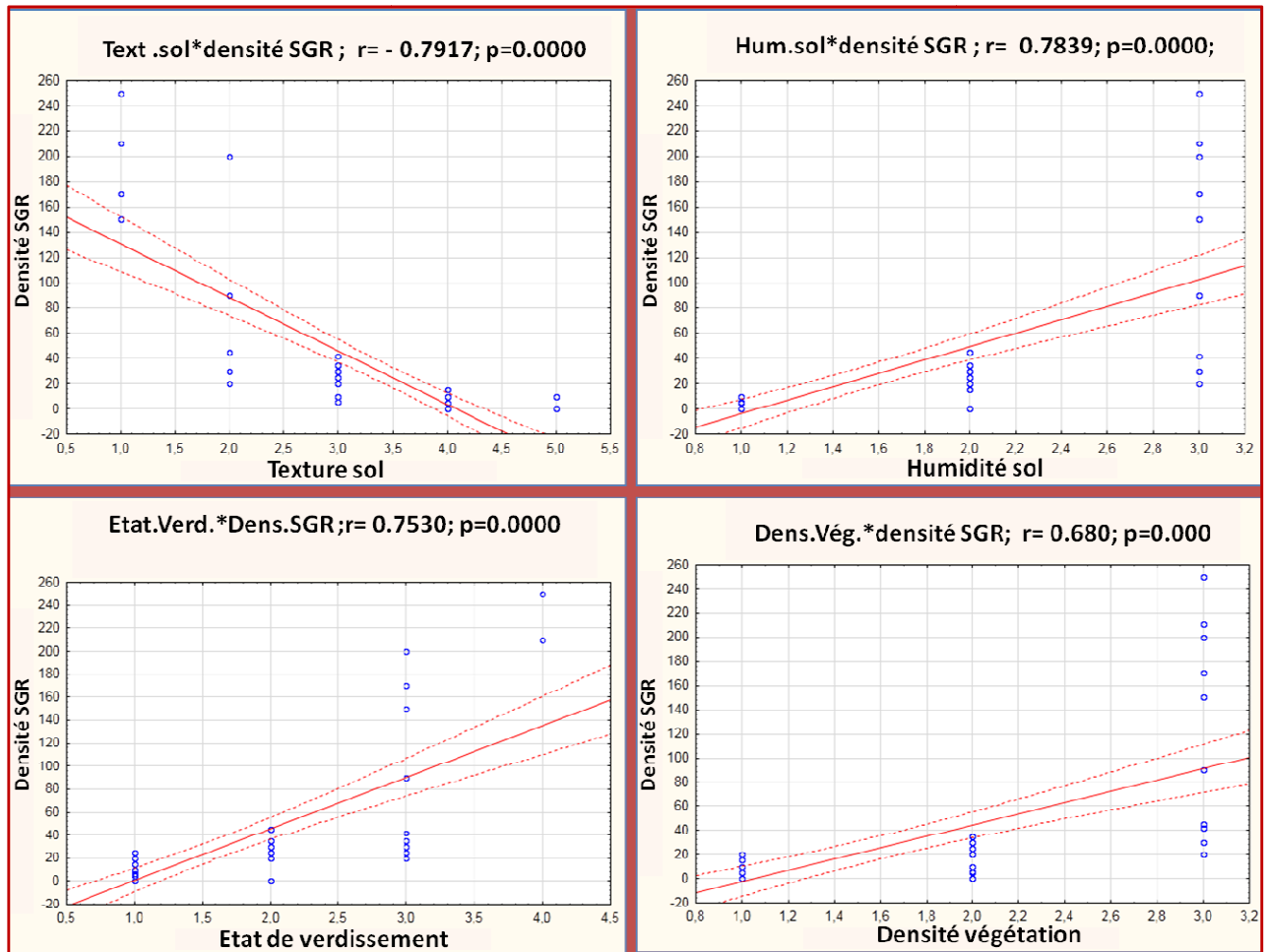


Figure 20. Corrélations entre la densité du Criquet pèlerin et quelques caractéristiques édaphiques des sites prospectés pour la période automno-hivernale (2006-2016)

Ces corrélations nous ont permis de constater que, pour les trois périodes de prospection (estivale, automno-hivernale et printanière), la densité des individus corrèle significativement ($p < 0,05$) avec les variables étudiées. Une corrélation négative, variant entre ($r = - 0,78$) et ($r = - 0,81$) a été enregistrée entre la densité des individus du Criquet pèlerin et la texture du sol, et ce, respectivement, pour les trois périodes de prospection cités ci-dessus. Alors que pour le facteur humidité, la corrélation entre ce dernier et la densité des criquets a été positive, avec un coefficient de corrélation compris entre ($r = 0,683$) et ($r = 0,783$).

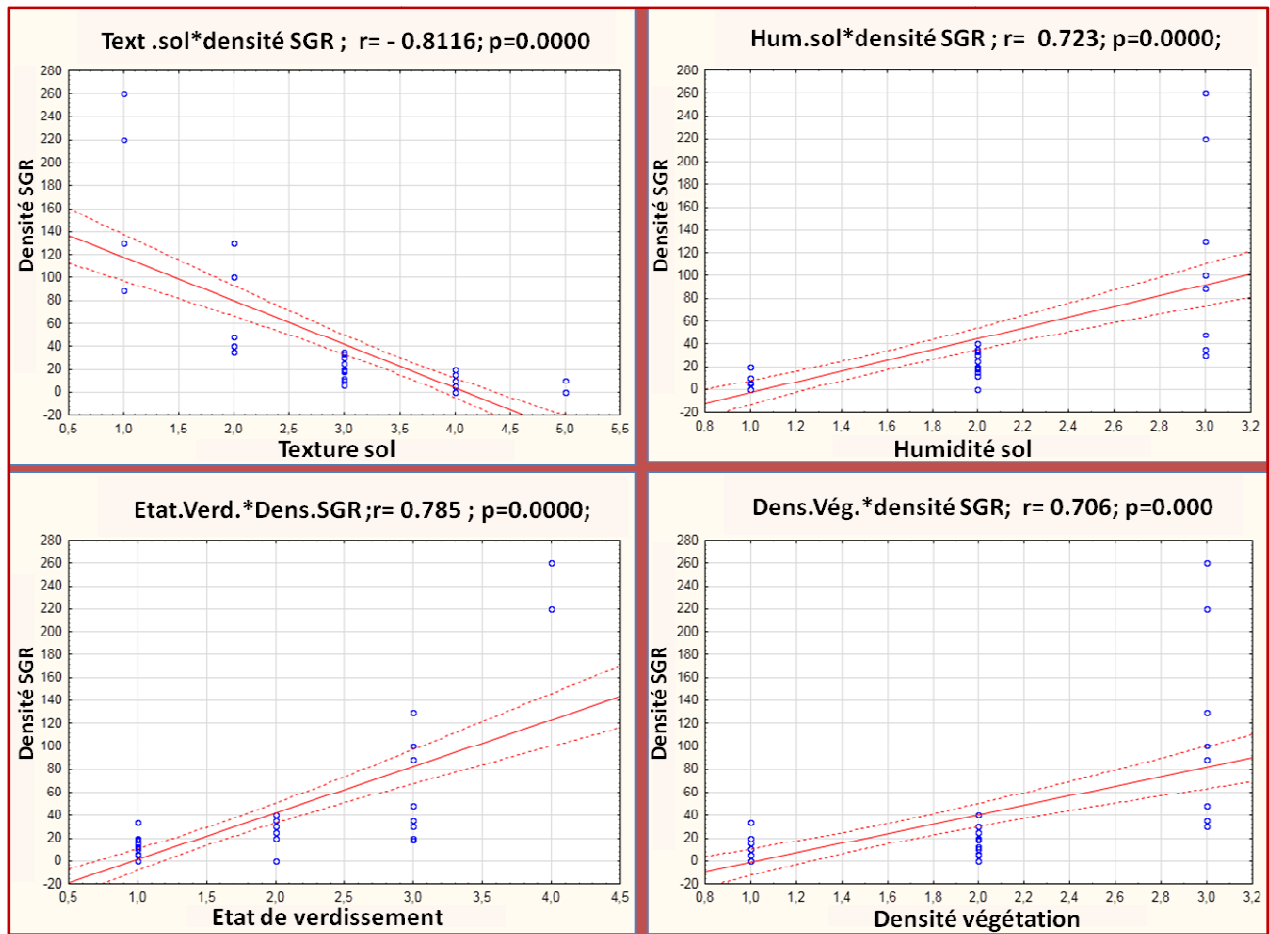


Figure 21. Corrélations entre la densité du Criquet pèlerin et quelques caractéristiques édaphiques des sites prospectés pour la période printanière (2006-2016)

Ce qui nous permet de constater que, pour les trois périodes de prospections, plus la texture du sol est légère et son humidité est importante, plus la densité des individus augmente. C'est à dire que *S. gregaria* a une préférence pour les sols humides, légers et à texture fine.

De même pour les corrélations entre la densité des individus du Criquet pèlerin et la végétation (état de verdissement et densité végétale), nous avons enregistré des corrélations significatives ($p < 0,05$) et obtenus des coefficients considérables pour les trois périodes de prospection. Ces coefficients varient entre ($r = 0,75$ et $r = 0,78$) pour le facteur état de verdissement et ($r = 0,66$ et $r = 0,70$) pour la densité de la végétation. Ce qui explique que l'état de verdissement de la couverture végétale influence, aussi, sur la présence et la densité des populations du Criquet pèlerin.

IV.1.2. Inventaire floristique des oueds prospectés

Dans le but de caractériser le comportement alimentaire du criquet pèlerin à l'état solitaire dans les biotopes et d'en cerner les potentialités pour sa reproduction dans le Parc National de l'Ahaggar, nous avons réalisé des relevés floristiques de chaque site prospecté. L'étude de la florule d'un biotope acridien, permet, pour rappel, d'évaluer l'état de développement des populations acridiennes et de déterminer leur potentiel biologique (DURANTON *et al.*, 2012). Ces derniers, ajoutent que les informations sur le tapis végétal (la composition floristique, la structure de la végétation et la phénologie), sont des indicateurs essentiels pour l'évaluation du risque acridien et, en particulier, de celui de transformation phasaire progressive.

En effet, à chaque biotope correspond une liste des espèces végétales qui composent le tapis végétal, En effet, lors de nos prospections, nous avons recensé 82 espèces végétales (arborées, arbustives et herbacées) appartenant à 29 familles. Nous les avons déterminées en noms latins, tamahaqs, arabes et français, avec les guides terguis et Mme SAHKI (Chercheur Botaniste à l'INRF). La liste globale des espèces végétales présentes au niveau des sites prospectés durant la période (2006-2016) est représentée dans le tableau 1.

Tableau 1. Liste des espèces végétales récoltées au niveau des sites prospectés.

Noms latins	Noms vernaculaires			Familles
	Tamahâq	arabes	Français	
Espèces arborées				
<i>Acacia albida</i>	Ahtes	Azara	Kade	Fabaceae
<i>Acacia raddiana</i>	Absegh	Talha	Acacia	Fabaceae
<i>Acacia seyal</i>	Ouref	Talhya	Mimosa épineux	Fabaceae
<i>Balanites aegyptiaca</i>	Taboraq	Taichote	Dattier du désert	Zygophyllaceae
<i>Eucalyptus bosistoana</i>	-	-	Eucalyptus	Myrtaceae
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	Assabayé, Anag	Rtem	-	Asclepiadaceae
<i>Maerua crassifolia</i>	Adjar	Atila	-	Capparidaceae
<i>Olea laperrinei</i>	Aleou	Zeytouna	Olivier du désert	Oleaceae
<i>Phoenix dactylifera</i>	Tazzaite	Nakhla	Palmier dattier	Arecaceae (Palmaceae)
<i>Salvadora persica</i>	Tehaq	Arak	Arbre brosse à dent	Salvadoraceae
<i>Tamarix articulata</i>	Tabbaraket	Ethel	Tamarin	Tamaricaceae
<i>Tamarix gallica</i>	Azaoua	Tarfa	Tamaris de France	Tamaricaceae
<i>Ziziphus lotus</i>	Tabakat	Cedra	Jujubier sauvage	Rhamnaceae
Espèces arbustives				
<i>Aerva javanica (persica)</i>	Tamkerkezt	Taâmia, Aroua	L'envahissante	Amaranthaceae
<i>Anabasis articulata</i>	Bender, Tassa	Adjrem, Belbel	-	Chenopodiaceae
<i>Artemisia campestris</i>	Tejoke	Oum nefsa	Armoise champêtre	Asteraceae
<i>Artemisia judaïca</i>	Taharagglé	Bahetseran	Armoise de Judée	Asteraceae
<i>Atriplex halimus</i>	Aramasse	El guetef	Arroche	Chenopodiaceae

Chapitre IV : Résultats obtenus

<i>Calligonum comosum</i>	Aressou	Arta	Le bois de la terre	Polygonaceae
<i>Calotropis procera</i>	Torha	Kranka	Pommier de Sodomel	Asclepiadaceae
<i>Chrozophora brocchiana</i>	Aferegak	Afrako	-	Euphorbiaceae
<i>Cornulaca monacantha</i>	Tahara	El had	-	Chenopodiaceae
<i>Grewia populifolia</i>	Tereket	Terkob	-	Tiliaceae
<i>Lavandula pubescens</i>	Adjoua	Ageyei	Lavande du Hoggar	Lamiaceae
<i>Nucularia perrini</i>	Tassake	-	-	Chenopodiaceae
<i>Pergularia tomentosa</i>	Tachkat	Selakha	Tanin	Asclepiadaceae
<i>Salsola baryosma (foetida)</i>	Issin, Talizza	Ghessala	-	Chenopodiaceae
<i>Seriphidium (Artemisia) herba-alba</i>	Zezeri	Chih	Armoise blanche	Asteraceae
<i>Solenostemma argel</i>	Erellachem	-	-	Asclepiadaceae
Espèces herbacées				
<i>Aizoon canariensis</i>	Ehéiefief	Hadaq	-	Aizooaceae
<i>Asphodelus tenuifolius</i>	Ezéyan	Echb el ibil	Asphodèle	Liliaceae
<i>Astragalus gombiformis</i>	Ekachaker	-	Astragalle	Fabaceae
<i>Astragalus senaicus</i>	Tamatrillel	Timaral	Astragalle	Fabaceae
<i>Astragalus vogelii</i>	Adrillel	Tirallel	Astragalle	Fabaceae
<i>Atractylis aristata</i>	Ameskiki	-	Chardon	Asteraceae
<i>Boerhavia repens</i>	Ebdebede	Rebbîr	-	Nyctaginaceae
<i>Cassia lanceolata</i>	Tagueguert	Senna meki	Séné	Fabaceae
<i>Cassia italica (abovata)</i>	Aguerguer	Senna soudani	Séné du Soudan	Fabaceae
<i>Chamomilla (Matricaria) pubescens</i>	Ainesis, ahinesis	Ouezouaza	Matricaire	Asteraceae
<i>Chenopodium vulvaria</i>	Taouit	Melfouf el kelb	Chénopode vulvaire	Chenopodiaceae
<i>Citrullus colocynthis</i>	Alkad	hdej, hamadal	Coloquinte	Cucurbitaceae
<i>Cleome arabica</i>	Ahouyar	Mkhenza	Cléome	Capparidaceae
<i>Cotula cinerea</i>	Takkilt	Guertoufa	-	Asteraceae
<i>Crotolaria saharae</i>	Afarfar	Fouila	-	Fabaceae
<i>Diplotaxis harra</i>	Ifes	Harra	-	Brassicaceae
<i>Echium pycnanthum</i>	Tainaste	Dil el maaza	Vipérine	Boraginaceae
<i>Eremobium aegyptiacum</i>	El meroujete		-	Brassicaceae
<i>Eruca sativa</i>	Tanekfait	hara	Roquette	Brassicaceae
<i>Euphorbia calyptrata</i>	Tannakkat		-	Euphorbiaceae
<i>Euphorbia granulata</i>	Telakh	Oum elbina	-	Euphorbiaceae
<i>Fagonia arabica</i>	Ambarouq		-	Zygophyllaceae
<i>Fagonia bruguieri</i>	Afessor	Telihya	-	Zygophyllaceae
<i>Farsetia aegyptiaca</i>	Ourtemes	Horraig	-	Brassicaceae
<i>Farsetia ramossissima</i>	Illig		-	Brassicaceae
<i>Heliotropium ramossissimum</i>	Tahenna	Medebe	Héliotrope	Boraginaceae
<i>Haloxyton schmittianum</i>	-	-	-	Chenopodiaceae
<i>Hyocyanus muticus</i>	Afalhlah	Habala, Betina	Jusquame blanche	Solanaceae
<i>Malva rotundifolia</i>	Tallabaghet	-	-	Malvaceae
<i>Mansonia nivea</i>	Tazren	-	-	Geraniaceae
<i>Malcolmia aegyptiaca</i>	Ilidje	-	-	Brassicaceae
<i>Morettia canescens</i>	Asslegh	Lehbalia	-	Brassicaceae
<i>Moricandia arvensis</i>	Tamadjhé	Kranb	Chou sauvage	Brassicaceae
<i>Nauplius graveolens</i>	Tameyout	Negued		Asteraceae
<i>Panicum turgidum</i>	Affezou	El Morkba	Panie, millet	Poaceae
<i>Panonychia arabica</i>	Aheroûf	Souifa	-	Caryophyllaceae
<i>Pentzia monodiana</i>	Tehatit	-	-	Asteraceae
<i>Picris albida</i>	Arerdélé	Djeldjelan	-	Asteraceae

<i>Pulicaria crispera</i>	Tanetfirt	Atassa	Petite pulicaire	Asteraceae
<i>Pulicaria incisa (undulata)</i>	Ameyou	Arfedj	Pulicaire	Asteraceae
<i>Reseda villosa</i>	Aballangad	Tabâ el ghorab	La belle à rien	Resedaceae
<i>Rumex vesicarius</i>	Tanesmimt	Houmeida	Oseille sauvage	Polygonaceae
<i>Salvia chudaiei</i>	Aouhihat		Sauge du désert	Lamiaceae
<i>Schouwia thebaica (purpurea)</i>	Aloûat	Djerdjir	Chou du désert	Brassicaceae
<i>Sclerocephallus arabicus</i>	Tassakaroute	-	-	Caryophyllaceae
<i>Seetzenia lanata (africana)</i>		-	-	Zygophyllaceae
<i>Solanum nigrum</i>	Tahart n'beggui	Kermat eddib	Morelle noire	Solanaceae
<i>Stipagrostis (Aristida) ciliata</i>	Ahredj	-	-	Poaceae
<i>Stipagrostis (Aristida) plumosa</i>	Aghemoud	Drinn	-	Poaceae
<i>Stipagrostis (Aristida) pungens</i>	Toullout	Drinn	-	Poaceae
<i>Tribulus terrestris</i>	Tagerouft	Hebâlia	-	Zygophyllaceae
<i>Trichodesma africanum (mauritanicum)</i>	Alkah	-	Bourrache	Boraginaceae
<i>Zilla spinosa</i>	Aftezen	Chebreg, Zeila	Pois-chiche sauvage	Brassicaceae
Total		82		29

IV.1.3. Florule associée aux biotopes de *S. gregaria* prospectés dans le Hoggar

Les 45 espèces végétales, recensées au niveau des six oueds au niveau desquels la densité des populations du Criquet pèlerin était importante, et ce, durant la période comprise entre 2006 et 2016, sont représentées dans l'annexe 11. Les informations relatives au type biogéographique, type morphologique, type bio morphologique et intérêt pour le criquet pèlerin, sont consignées dans le tableau 2.

Tableau 2. Caractéristiques de la florule associée aux biotopes du Criquet pèlerin durant le Hoggar

Espèces végétale	Type biogéographique	Type morphologique	Type bio-morphologique	Intérêt pour le criquet pèlerin
<i>Acacia albida</i>	Saharo-arabique	Arbre	Méso-phanérophyte	Abri et nourriture lors des invasions
<i>Acacia raddiana</i>	Saharo-arabique	Arbre	Méso-phanérophyte	Abri et nourriture lors des d'invasion
<i>Acacia seyal</i>	Saharo-arabique	Arbre	Méso-phanérophyte	Abri et nourriture lors des invasions
<i>Calotropis procera</i>	Paléotropicale	Arbuste	Micro-phanérophyte	Abri (occasionnel dans les biotopes de reproduction)
<i>Balanites aegyptiaca</i>	Tropicale	Arbre	Phanérophyte	Abri
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	Saharo-sindienne à affinité tropicale	arbre	Phanérophyte	Abri et nourriture (biotopes de reproduction,

				où elle peut constituer un facteur de densation des larves)
<i>Maerua crassifolia</i>	Saharo-sindienne	Arbre	Phanérophyte	Abri et nourriture, (perchoir pour les larves dans les biotopes de reproduction)
<i>Salvadora persica</i>	Soudano-décanienne	Buisson	Micro-phanérophyte	Abri et nourriture
<i>Tamarix gallica</i>	Saharo-sindienne	Arbre	Phanérophyte	Abri, très peu consommée
<i>Aerva javanica (persica)</i>	Paléo-tropicale	Herbe vivace	Chamaephyte	Excellent abri et bonne nourriture pour les larves (biotopes de reproduction et de grégarisation)
<i>Artemisia campestris</i>	Méditerranéenne	Herbacée	Chamaephyte	Abri
<i>Artemisia judaïca</i>	Méditerranéenne Saharo-arabique	Herbacée	Chamaephyte	Abri
<i>Atriplex halimus</i>	Méditerranéenne paléotropicale	Buisson	Chamaephyte	Abri
<i>Chrozophora brocchiana</i>	Tropicale	Buisson	Chamaephyte	Abri et nourriture (biotopes de reproduction)
<i>Cornulaca monacantha</i>	Saharo-sindienne	Buisson	Chamaephyte	Abri et nourriture
<i>Nucularia perrini</i>	Saharo-sindienne	Buisson	Chamaephyte	Abri
<i>Seriphidium (Artemisia) herba-alba</i>	Méditerranéenne Saharo-arabique	Herbacée	Chamaephyte	Abri
<i>Solenostemma argel</i>	Saharo-sindienne	Buisson	Chamaephyte	Abri
<i>Ziziphus lotus</i>	Saharo-sindienne	Buisson	Nano-phanérophyte	Abri et nourriture
<i>Astragalus vogelii</i>	Saharo-sindienne	Herbacée	Therophyte	Nourriture
<i>Boerhavia repens</i>	Pantropicale	Herbe vivace	Therophyte	Abri (aux larves) et nourriture,
<i>Cassia lanceolata</i>	Saharo-sindienne	Buisson	Chamaephyte	Abri
<i>Cassia italica</i>	Soudano-décanienne	Herbacée	Therophyte	Abri
<i>Chamomilla pubescens</i>	Nord-africaine	Herbacée	Therophyte	-
<i>Citrullus colocynthis</i>	Afrique - Asie	Herbacée vivace	Hemicryptophyte	Abri aux larves Nourriture (juste la pulpe du fruit)
<i>Cleome amblyocarpa (arabica)</i>	Saharo-sindienne	Buisson	Therophyte	Abri (occasionnellement)
<i>Cotula cinerea</i>	Saharo-sindienne	Herbacée vivace	Therophyte	Abri pour les larves
<i>Diplotaxis harra</i>	Saharo-nord occidentale	Herbacée vivace	Therophyte	Nourriture (occasionnelement)
<i>Eremobium</i>	Nord-saharienne	Herbacée	Therophyte	Abri et nourriture

Chapitre IV : Résultats obtenus

<i>aegyptiacum</i>		vivace		
<i>Fagonia arabica</i>	Saharo-sindienne	Herbacée vivace	Therophyte	Abri et nourriture (favorisant la grégarisation)
<i>Fagonia bruguieri</i>	Saharo-sindienne	Buisson	Chamaephyte	Abri et nourriture de qualité modeste
<i>Farsetia ramosissima</i>	Saharo-sindienne méditerranéenne	Herbacée	Chamaephyte	Abri aux larves
<i>Hyocyamus muticus</i>	Endémique saharienne	Herbacée	Hémi-cryptophyte	Abri et nourriture
<i>Morettia canescens</i>	Saharo-sindienne	Herbacée	Therophyte	Abri et nourriture
<i>Moricandia arvensis</i>	Saharo-Nord- Occidentale	Herbacée	Therophyte	Abri et nourriture
<i>Panicum turgidum</i>	Saharo-sindienne	Herbacée vivace	Chamaephyte	Excellent abri et nourriture
<i>Pulicaria crispa</i>	Saharo-sindienne	Buisson	Chamaephyte	Abri
<i>Reseda villosa</i>	Saharo-sindienne	Herbacée vivace	Therophyte	Abri
<i>Rumex vesicarius</i>	Saharo-sindienne	Herbacée vivace	Therophyte	Abri
<i>Salvia chudaei</i>	Saharo-sindienne	Buisson	Chamaephyte	Abri
<i>Schouwia thebaica (purpurea)</i>	Saharo-méridionale	Buisson	Therophyte	Excellente nourriture et un très bon abri
<i>Stipagrostis (Aristida) plumosa</i>	Saharo-sindienne tropicale	Herbacée vivace	Hémi-cryptophyte	Abri (occasionnel) et nourriture
<i>Stipagrostis (Aristida) pungens</i>	Saharo-sindienne	Herbacée vivace	Chamaephyte	Excellent abri aux Larves
<i>Tribulus terrestris</i>	Cosmopolite des régions chaudes	Herbacée vivace	Therophyte	Abri et nourriture
<i>Zilla spinosa</i>	Méditerranéenne	Buisson	Chamaephyte	Excellente nourriture et abri (période de repousse)
Total			45 espèces	

Les résultats cités ci-dessus nous montrent que les types bio-morphologiques, therophytes et les chamaephytes sont les plus présents dans les biotopes favorables à la survie et à la reproduction du criquet pèlerin, à savoir les oueds : Abadel, Adjelmane, Amded, Tekouiat, Tin Tarabine et Igharghar.

D'autres types sont, également, présents. Il s'agit des : hémi-cryptophytes, nano-phanérophytes, micro-phanérophytes, méso-phanérophytes et phanérophytes.

IV.1.4. Étude de la variable de densité des individus de *S. gregaria* dans le Hoggar entre 2006 et 2016

Les densités moyennes relatives aux populations de *S. gregaria* et calculées entre 2006 et 2016, pour chaque période de prospection sont énumérées dans le tableau 3.

Tableau 3. Densités moyennes des populations de *S. gregaria* dans le Hoggar entre 2006 et 2016

	Densités moyennes (ind./ha)					
	Abadel	Adjelmane	Amded	Tekouiat	Tin Tarabine	Igharghar
2006-2007	258,33	219	277,66	268	294,66	286,66
2007-2008	205,66	182	211	196,66	235,33	227,33
2008-2009	264,33	240,33	273,66	257,66	291	298
2009-2010	305,66	278,33	309	297,33	328	316,33
2010-2011	328,67	260	343	309,66	375,33	369,33
2011-2012	249	225,33	242,66	235,66	271,66	263,67
2012-2013	294	253,66	288,66	280,66	302,33	299
2013-2014	296,67	247,33	386,66	282,33	375	365
2014-2015	300,66	251	280,33	272	310,67	307,33
2015-2016	300,33	251,33	292,66	284,33	313,33	309,66

Les résultats de cette étude (figure 22) font état de la présence annuelle des populations du Criquet pèlerin au niveau des six oueds étudiés. Il est fort probable que ces sites représentent des biotopes de survie et de reproduction de cet acridien.

Le tableau ci-dessus nous renseigne également sur l'étroite relation entre la densité des populations de *S. gregaria* et leur état phasaire. Ainsi, les moyennes de densités de cet acridien ont dépassé les 350 (ind./ ha) lors des périodes (2010-2011) et (2013-2014). Ces dernières ont été caractérisées par la présence en majorité d'individus *transiens* au niveau des oueds : Amded, Tin tarabine et Igharghar. Pour les autres oueds, nous avons observé la présence des solitaires en majorité par rapport aux *transiens*.

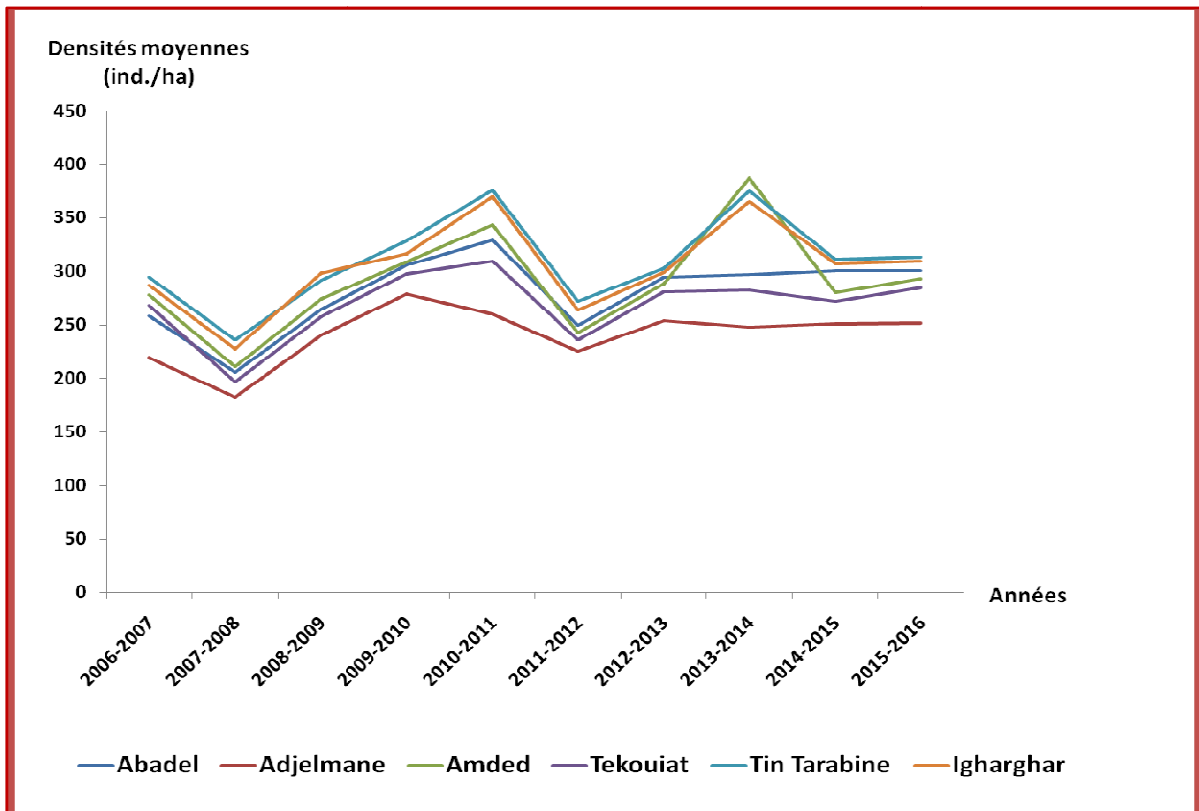


Figure 22. Moyennes des densités (ind./ha) des populations de *S. gregaria* dans le Hoggar entre 2006 et 2016

IV.1.5. Analyse spatio-temporelle des populations de *S. gregaria* dans le Hoggar

Les résultats relatifs à la distribution annuelle des populations de *Schistocerca gregaria* dans les six oueds étudiés sont consignés dans le tableau 4.

Tableau 4. Distribution annuelle et saisonnière des populations de *S. gregaria* dans le Hoggar (2006-2016)

Années	Nombre de relevés	Périodes de prospection	Densité moyenne (ind./ha)
2006-2007	46	Estivale	143
		Automno-hivernale	324
		Printanière	335
2007-2008	53	Estivale	128
		Automno-hivernale	267
		Printanière	234
2008-2009	55	Estivale	112
		Automno-hivernale	356
		Printanière	337
2009-2010	48	Estivale	98
		Automno-hivernale	423
		Printanière	396

Années	Nombre de relevés	Périodes de prospection	Densité moyenne (ind./ha)
2010-2011	38	Estivale	166
		Automno-hivernale	389
		Printanière	403
2011-2012	49	Estivale	178
		Automno-hivernale	265
		Printanière	301
2012-2013	57	Estivale	95
		Automno-hivernale	397
		Printanière	367
2013-2014	52	Estivale	78
		Automno-hivernale	408
		Printanière	387
2014-2015	33	Estivale	145
		Automno-hivernale	378
		Printanière	338
2015-2016	60	Estivale	127
		Automno-hivernale	376
		Printanière	374

D'après le tableau 4 et la figure 23 on peut dire que les populations du Criquet pèlerin étaient présentes au niveau des six oueds prospectés et durant toute la période de nos prospections comprise entre 2006 et 2016, ce, avec différentes densités. Ces dernières croissent avec celle du couvert végétal et dépendent des conditions climatiques des sites prospectés.

Nous avons enregistré une densité maximale au cours des périodes (2010-2011) et (2013-2014). Rappelons aussi que pour ces deux périodes le statut phasaire des populations du Criquet pèlerin, était majoritairement *transiens*. Ces périodes ont enregistré d'abondantes pluies ainsi qu'un verdissement annuel de la végétation.

Nous remarquons que les populations acridiennes sont caractérisées par une importante densité dans le Hoggar entre le l'automne et le printemps. Presque la plupart des populations sont hétérogènes même au sein d'un même biotope.

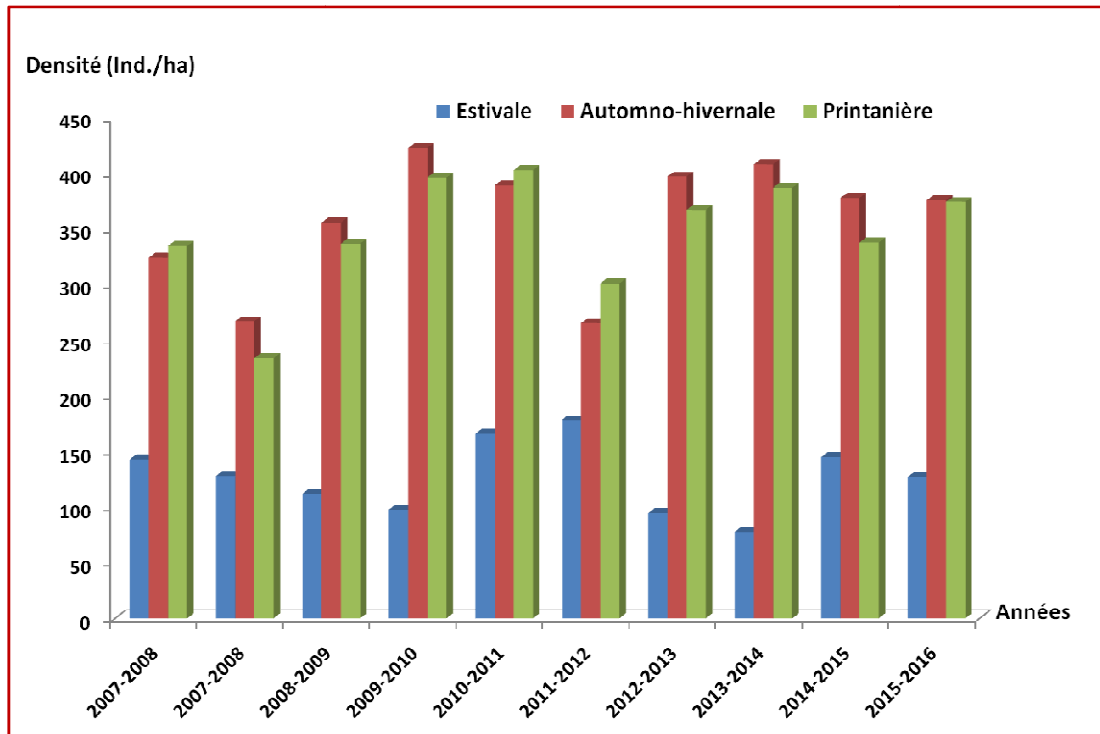


Figure 23. Distribution spatio-temporelle des populations des *S. gregaria* de 2006 à 2016 dans le Hoggar

IV.1.6. Étude morphométrique des populations de criquet pèlerin dans le Hoggar

Pour cette étude nous avons pris les différentes mesures morphométriques nécessaires et calculé par la suite les rapports E/F et F/C afin d'estimer, selon les ratios établis par DIRSH (1953) les états phasaires des populations de *S. gregaria* pour chaque année de prospection (tableau 5) et leurs moyennes sur dix années de prospections (annexes 12, 13, 14, 15, 16 et 17). Par la suite nous avons regroupé et extrapolé ces données sur les abaques morphométriques de RUNGS (1954) (figures 24, 25 et 26). Pour rappel, l'estimation du statut phasaire des populations de *S. gregaria* n'a concernée que six oueds, à savoir, Abadel, Adjelmane, Amded, Tikouiat, Tin Tarabine et Igharghar, où la densité du criquet pèlerin a été très importante, durant toutes les périodes de prospection. Notons, aussi, que la présence de cet acridien a également été observée dans d'autres sites prospectés, mais à faible densité.

Tableau 5. États phasaires des populations de *S. gregaria* dans le Hoggar durant la période (2006-2016)

Années	Périodes de prospection	Densité moyenne/ha	% Solitaire	% <i>Transiens</i>	% Grégaire	Phase population
2006-2007	Estivale	143	98	2	0,00	S
	Automno-hivernale	324	53,71	46,29	0,00	ST
	Printanière	335	59,5	40,5	0,00	ST
2007-2008	Estivale	128	49	51	0,00	ST
	Automno-hivernale	267	65	35	0,00	ST
	Printanière	234	55,33	44,50	0,00	ST
2008-2009	Estivale	112	92	8	0,00	S
	Automno-hivernale	356	58,00	42,00	0,00	ST
	Printanière	337	67,56	32,44	0,00	ST
2009-2010	Estivale	98	55,00	42,50	2,50	ST
	Automno-hivernale	423	58,66	33,50	7,84	S
	Printanière	396	62,00	36,00	2,00	ST
2010-2011	Estivale	166	35,66	64,34	0,00	ST
	Automno-hivernale	389	44,54	53,46	2,00	ST
	Printanière	403	39,00	56,50	4,50	ST
2011-2012	Estivale	178	54,42	36,86	9,00	ST
	Automno-hivernale	265	41,00	46,67	12,33	ST
	Printanière	301	49,50	35,50	5,00	ST
2012-2013	Estivale	95	87,66	12,34	0,00	ST
	Automno-hivernale	397	100,00	0,00	0,00	S
	Printanière	367	98,00	2,00	0,00	S
2013-2014	Estivale	78	42,66	57,34	0,00	ST
	Automno-hivernale	408	46,00	54,00	0,00	ST
	Printanière	387	38	62	0,00	ST
2014-2015	Estivale	145	100,00	0,00	0,00	S
	Automno-hivernale	378	44,00	46,00	0,00	ST
	Printanière	338	59,55	40,45	0,00	ST
2015-2016	Estivale	127	93,00	7,00	0,00	S
	Automno-hivernale	376	79,33	20,67	0,00	ST
	Printanière	374	80,00	20,00	0,00	ST

S : solitaire; ST : *transiens*

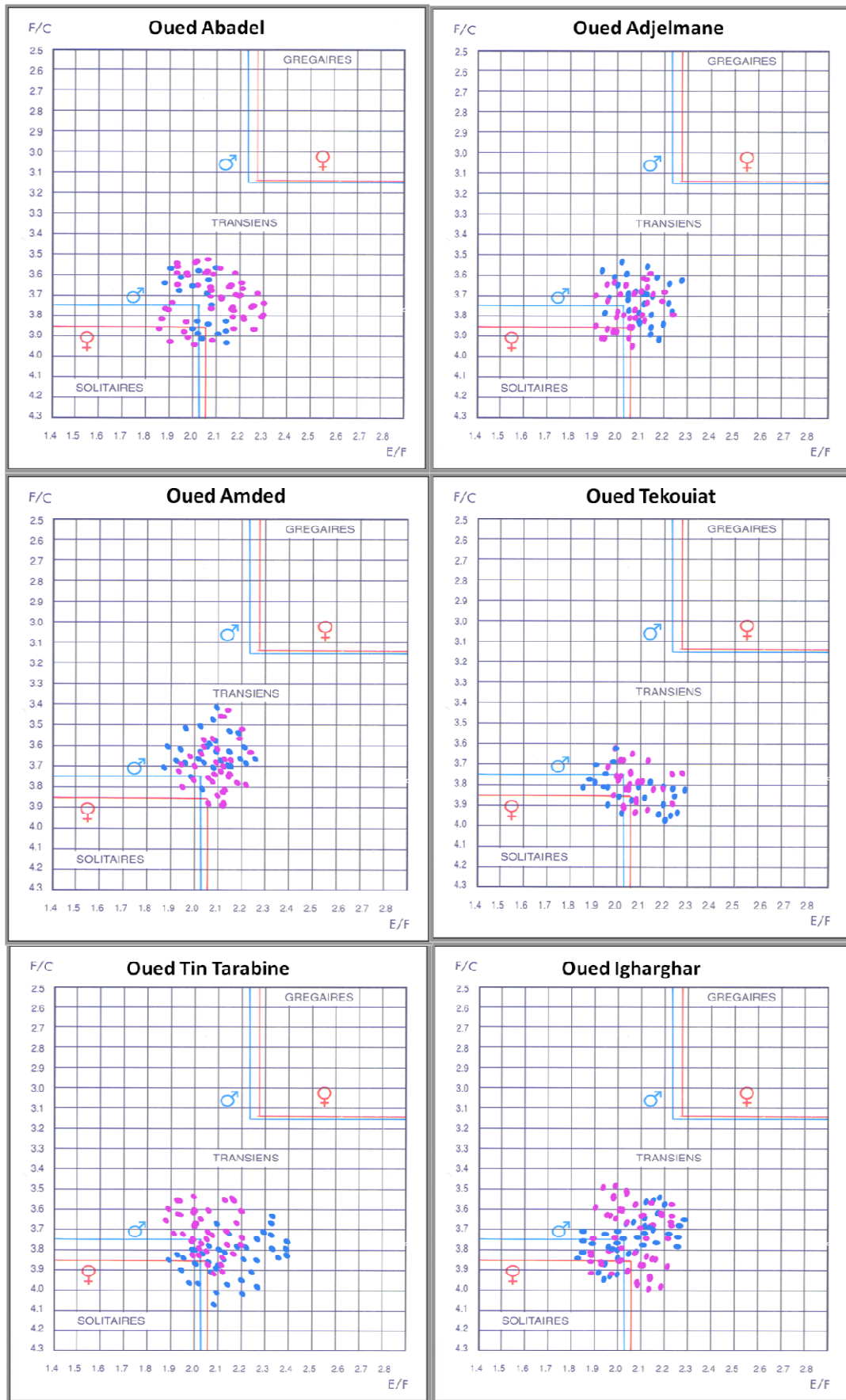


Figure 24. Représentations des rapports E/F et F/C des populations de *S. gregaria* capturées dans les six oueds prospectés durant la période estivale (2006-2016)

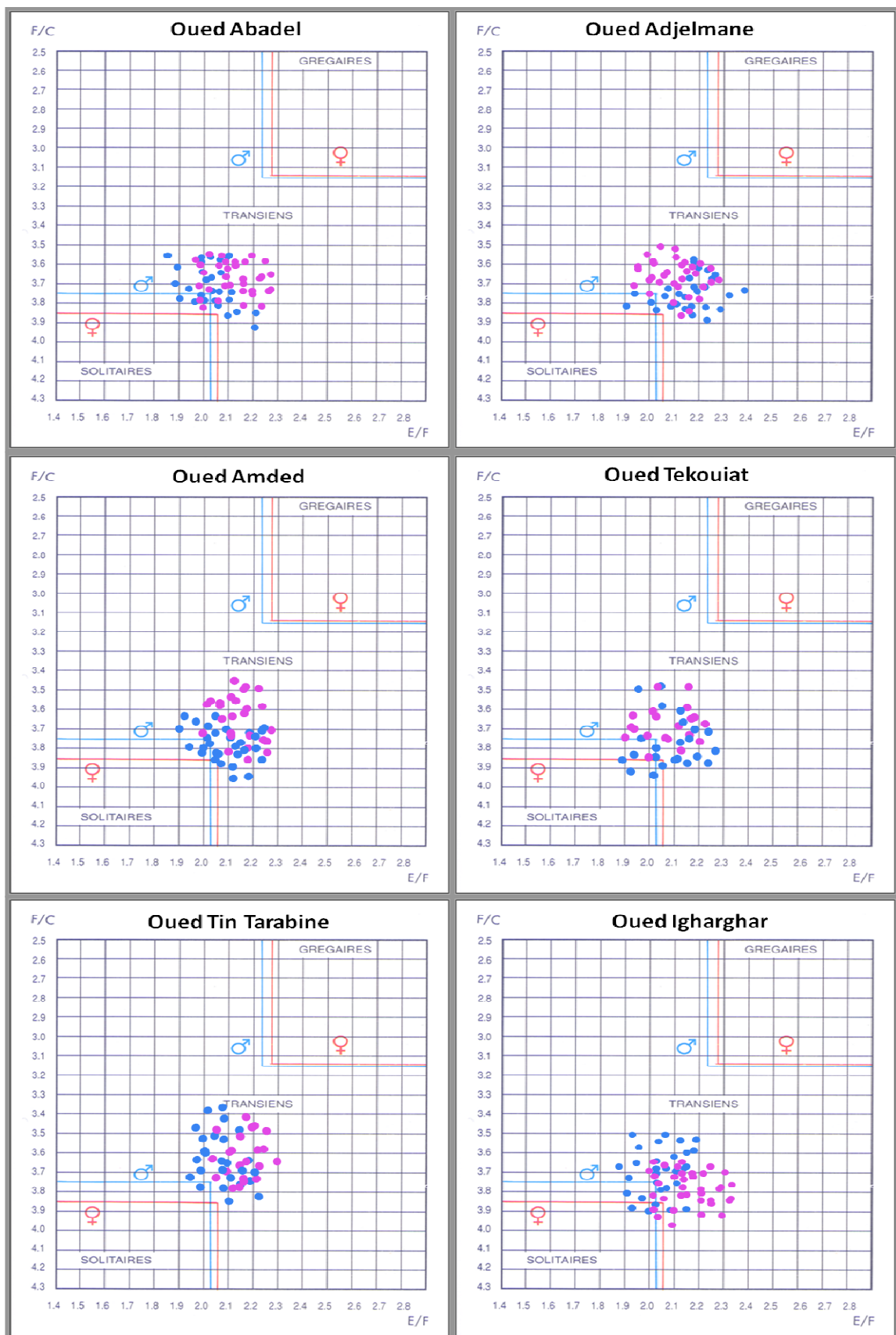


Figure 25. Représentations des rapports E/F et F/C des populations de *S. gregaria* capturées dans les six oueds prospectés durant la période automno-hivernale (2006-2016)

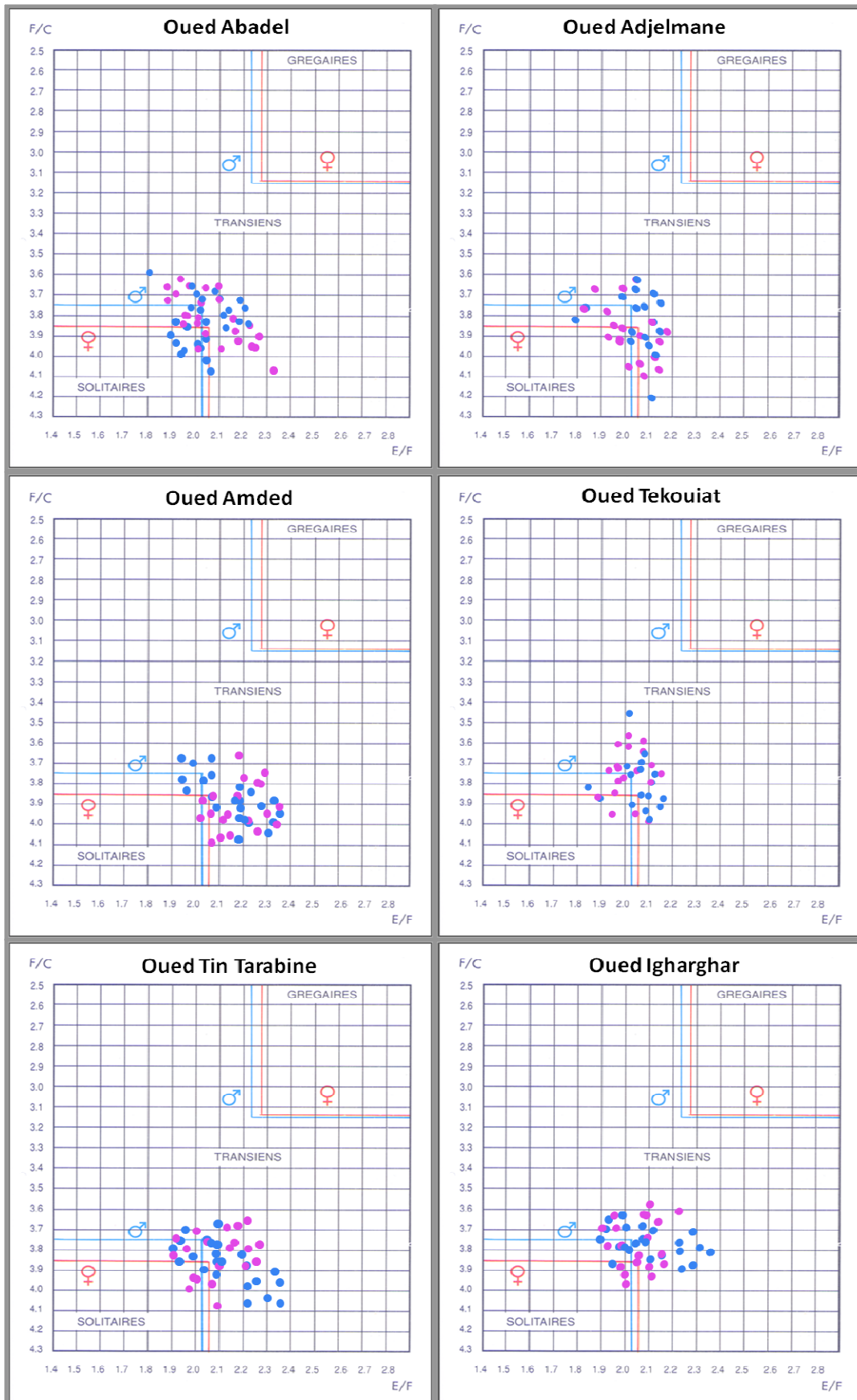


Figure 26. Représentations des rapports E/F et F/C des populations de *S. gregaria* capturées dans les six oueds prospectés durant la période printanière (2006-2016)

Les résultats de l'étude morphométrique des populations du Criquet pèlerin dans les six oueds prospectés dans la région du Hoggar correspondent à la présence de deux phases, à savoir l'état solitaire et l'état *transiens*.

En effet, nous avons noté la présence d'individus solitaires dans les trois périodes de prospection (estivale, automno-hivernale et printanière), tout au long des dix années de nos prospections. Notons que les populations étaient majoritairement solitaires toujours en présence des *transiens* lors des périodes (2006-2010), (2011-2013) et (2014-2016). Alors que la phase *transiens* était dominante lors des périodes (2010-2011) et (2013-2014).

IV.1.7. Étude de l'homogénéité des individus de *S. gregaria* (utilisation de l'Analyse des Composantes Principale ACP)

Afin de mieux interpréter nos résultats obtenus, nous avons eu recours à une méthode statistique multidimensionnelle, à savoir l'analyse en composantes principales (ACP/ Statistica, V. 10). Cette analyse nous a permis de synthétiser l'ensemble des données et d'identifier les axes principaux qui expliquent le mieux les corrélations entre les variables descriptives, Ce qui nous a permis de faire une synthèse graphique de nos résultats.

Pour notre étude, nous avons d'abord fait ressortir les coordonnées des variables actives (sexe, longueur du corps, E, F, CC, E/F) et supplémentaire (lieu = oued) en se basant sur l'étude des corrélations, Par la suite nous avons obtenu une projection de ces variables dans un cercle de corrélation des axes principaux.

Ces variables se représentent par des flèches (vecteurs). Plus elles sont proches d'un axe, plus elles y contribuent. Plus elles sont proches de la circonférence, mieux elles sont expliquées par le plan formé par les deux axes.

Le cercle de corrélation qui nous renseigne sur la qualité de l'ACP (figure 27), nous indique que la projection des variables étudiées sur le plan 1-2 explique 92,77 % d'informations. En effet, le facteur 1 absorbe 73,95 % d'information, alors que le facteur 2 en absorbe 18,82 %. Ce qui nous permet de se rendre compte de la manière satisfaisante de l'intensité et du sens de la transformation morphologique et saisonnière des individus.

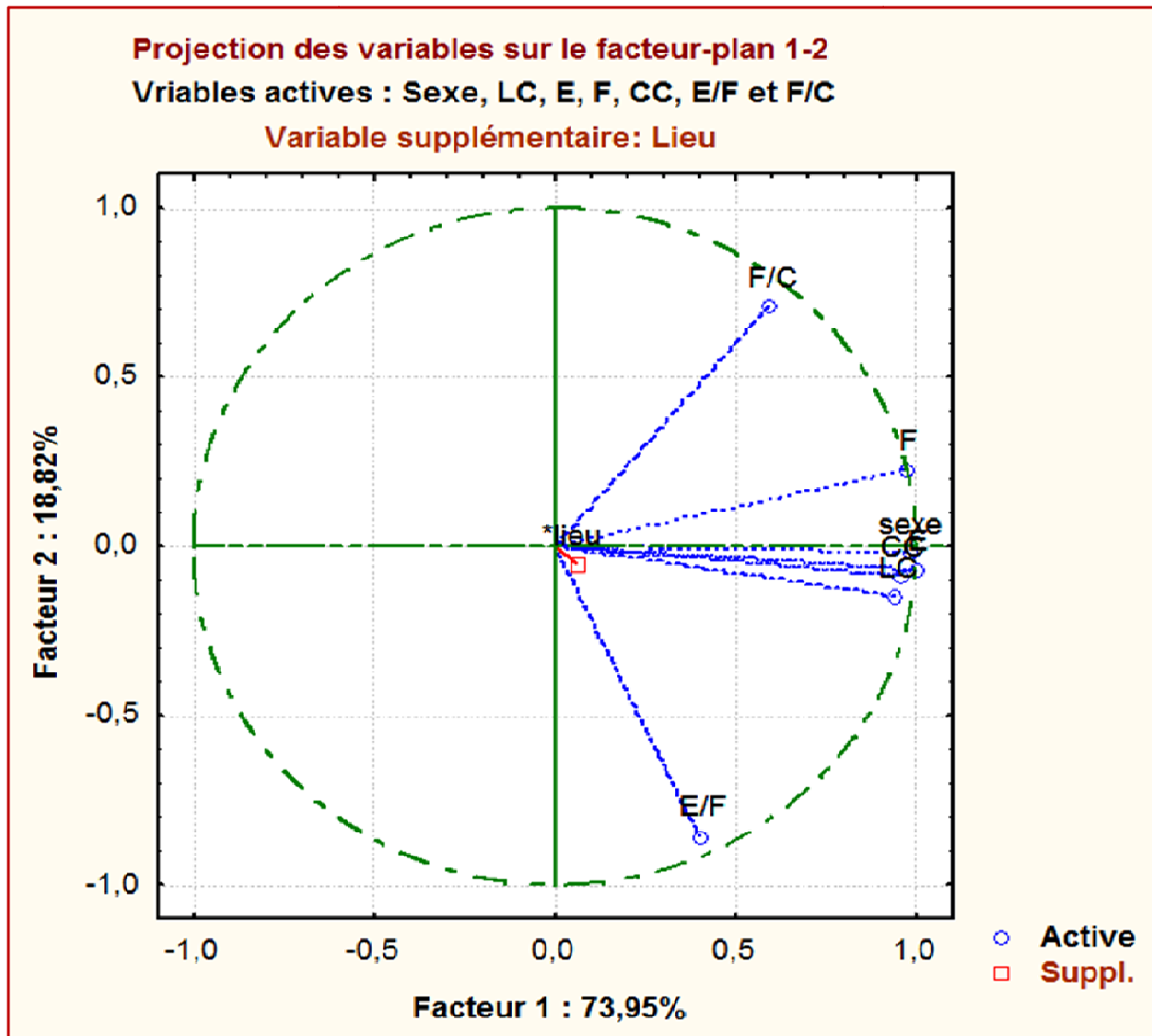


Figure 27. Représentation graphique des variables dans un cercle de corrélation des axes principaux

Les résultats relatifs aux moyennes et écarts types des différents paramètres morphométriques des populations de *S. gregaria* dans le Hoggar et durant la période comprise entre 2006 et 2016, sont consignés dans le tableau 6.

Tableau 6. Moyennes et écart-types des mesures morphométriques des populations de *S. gregaria* dans le Hoggar capturées entre 2006 et 2016

	LC	CC	E	F	E/F	F/C
Moyennes	6,79451477	0,72447257	5,93594937	2,86054852	2,07424658	3,94502006
Écarts types	0,43774688	0,04596697	0,54853314	0,23840598	0,05868573	0,13712512

D'après les résultats obtenus on peut dire que ces rapports évoluent inversement l'un par rapport à l'autre.

Le degré de corrélation entre les différentes variables, F., E., C., E/F et F/C est consigné dans le tableau 7.

Tableau 7. Matrice de corrélation entre les variables Fémur (F), Elytres(E), Capsule céphaliques (C) et les rapports morphométriques E/F et F/C.

	Sexe	LC	CC	E	F	E/F	F/C
Sexe	1,000000	0,881851	0,940522	0,965075	0,940197	0,392161	0,539600
LC	0,881851	1,000000	0,895772	0,923550	0,865380	0,479189	0,443951
CC	0,940522	0,895772	1,000000	0,943769	0,926165	0,365176	0,396660
E	0,965075	0,923550	0,943769	1,000000	0,950022	0,474522	0,561053
F	0,940197	0,865380	0,926165	0,950022	1,000000	0,177029	0,713089
E/F	0,392161	0,479189	0,365176	0,474522	0,177029	1,000000	-0,242813
F/C	0,539600	0,443951	0,396660	0,561053	0,713089	-0,242813	1,000000

Si on prend compte du seuil de signification ($\alpha = 0,05$), nous remarquons que les degrés de corrélation inscrits sur le tableau ci-dessus sont supérieurs à ce seuil. De ce fait l'hypothèse nulle est rejetée, ce qui nous mène à conclure que la corrélation entre les variables retenues pour cette analyse statistique est nettement significative. En effet, le degré de corrélation maximal a été enregistré pour l'interaction entre les variables Elytre et Sexe (0,965), suivie de l'interaction entre le Fémur et l'Elytre (0,950), l'interaction Elytre et Capsule céphalique (0,943) et enfin un degré de 0,940 obtenu pour l'interaction entre la Capsule céphalique et le Fémur avec le sexe. Par contre, il est à remarquer que la variable E/F corrèle inversement avec le rapport F/C dont un degré de corrélation égal à $-0,24$.

La représentation isométrique des groupements nous a permis d'établir une analyse des proximités des individus (figure 28). Cette représentation fait ressortir deux composantes C1 et C2. La première composante, expliquée par l'axe 1, regroupe les individus solitaires de *S. gregaria*, alors que la deuxième composante représente les individus *Transiens* du Criquet pèlerin et est expliquée par l'axe 2. Quant au facteur discriminant, c'est-à-dire la variable supplémentaire qui est le lieu, nous pouvons dire qu'il est lié essentiellement à la composante C₁.

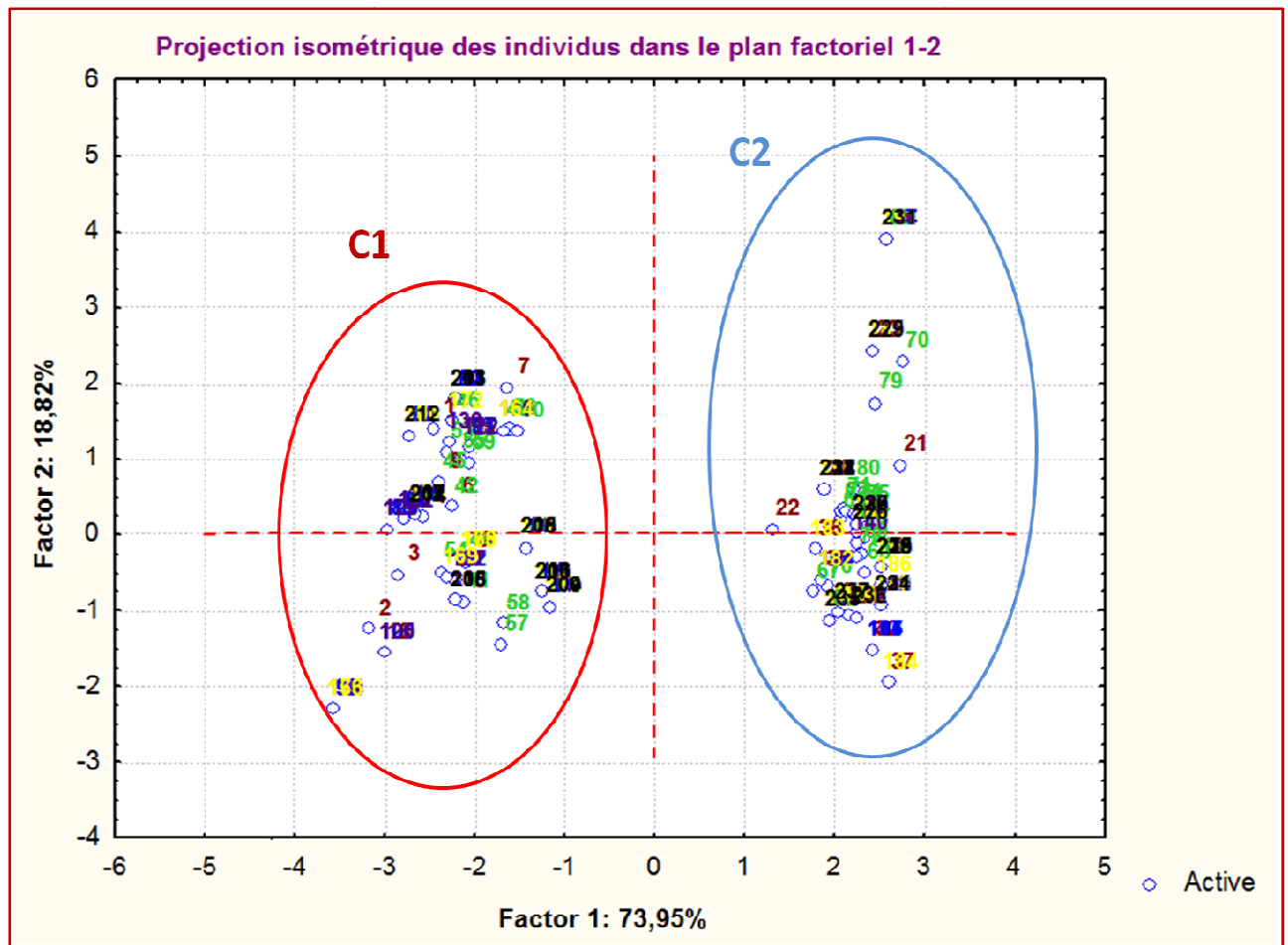


Figure 28. Présentation isométrique des individus dans le plan factoriel 1-2

IV.1.8. Étude du régime alimentaire de *S. gregaria* dans le Hoggar

Le tapis végétal joue, d'après DURANTON *et al.* (2012), un rôle clé dans la bioécologie du Criquet pèlerin, en lui fournissant : la nourriture nécessaire à sa reproduction et sa croissance, un abri contre les prédateurs et contre l'ombre, un moyen de régulation de sa température interne, mais aussi, un perchoir pour effectuer ses différentes mues.

La compréhension du comportement trophique de ce ravageur, constitue, également, un élément de base dans la surveillance antiacridienne. Ce comportement trophique est en relation très étroite avec les disponibilités alimentaires que présente le biotope de l'acridien, en l'occurrence la composante alimentaire du tapis végétal. En phase solitaire, le Criquet pèlerin manifeste des préférences alimentaires bien marquées, dont certaines restent à préciser

ou à élucider (DURANTON *et al.*, 2012). Donc l'étude de celui-ci peut nous permettre de déceler la relation que pourrait avoir l'acridien et la plante nourricière.

Dans notre travail, nous avons évalué qualitativement (analyse microscopique) et quantitativement (fréquences d'occurrence de chaque espèce dans les fèces), le régime alimentaire de *S. gregaria* à l'état solitaire au niveau de six oueds, dans lesquels la densité des populations de cet acridien était importante.

Les données collectées, ont été étudiées, séparément, pour les mâles et les femelles du Criquet pèlerin durant les trois périodes de prospection (estivale, automno-hivernale et printanière), et ce entre l'année 2006 et l'année 2016.

IV.1.8.1. Étude qualitative

Après comparaison des contenus des fèces des individus du Criquet pèlerin avec l'épidermothèque de référence réalisée auparavant, nous avons identifié 23 espèces végétales présentes dans les fèces des individus mâles et femelles du Criquet pèlerin. Ces espèces appartiennent à 13 familles botaniques à savoir les : Amaranthaceae, Asclepiadaceae, Brassicaceae, Boraginaceae, Capparidaceae, Chenopodiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Nyctaginaceae, Poaceae, Rhamnaceae, Solanaceae et Zygophyllaceae (figure 29).

IV.1.8.2. Étude quantitative

Pour cette partie, nous avons calculé les fréquences d'occurrence de chaque espèce végétale trouvée dans les fèces des individus capturés.

IV.1.8.2.1. Période estivale

Les résultats obtenus et illustrés dans les figures (30, 31, 32, 33, 34 et 35), montrent que, durant la période estivale, les familles botaniques les plus appréciées par les mâles et les femelles de *S. gregaria*, sont les Brassicaceae, les Zygophyllacea, les Poaceae et les Nyctaginaceae (annexe 18).

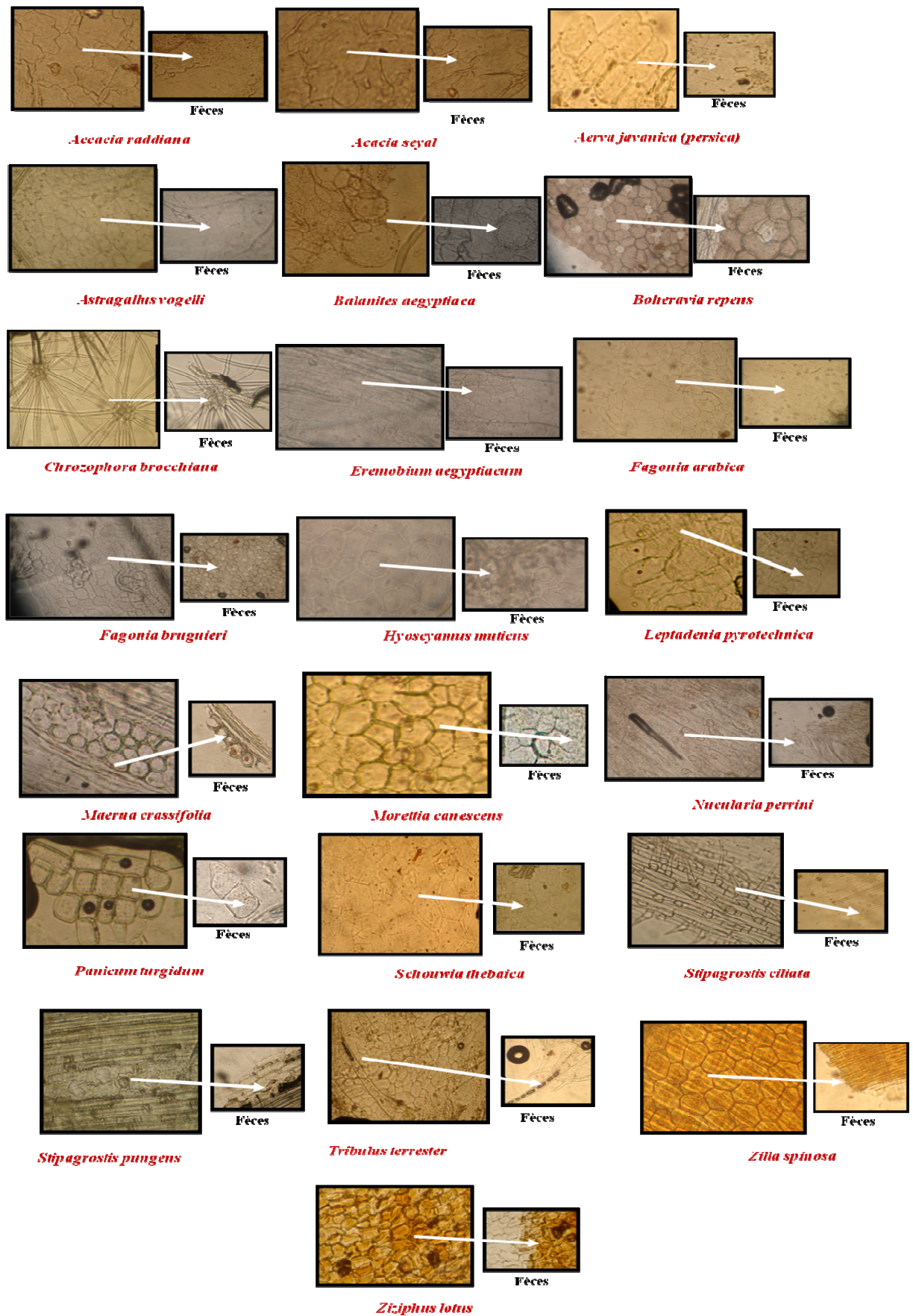


Figure 29. Photographies des épidermes des plantes et des fragments végétaux retrouvés dans les fèces des individus mâles et femelles de *S. gregaria* capturés dans le parc National de l'Ahaggar (Gr x100)

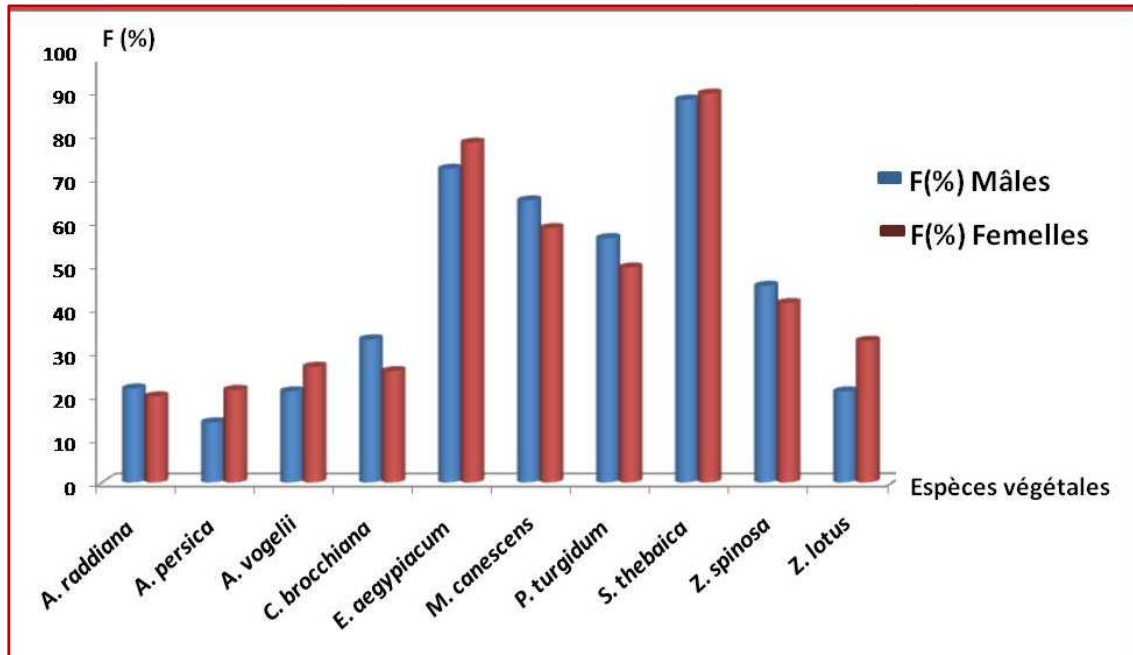


Figure 30. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées, par les individus de *S. gregaria* (période estivale/Oued Abadel)

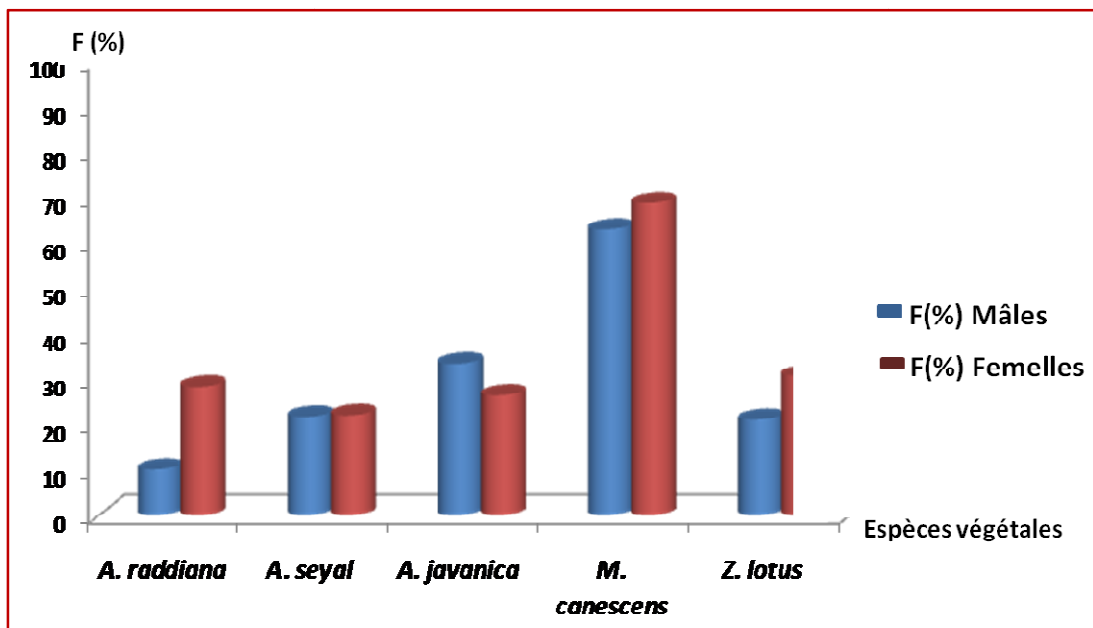


Figure 31. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées, par les individus de *S. gregaria* (période estivale/Oued Adjelmane)

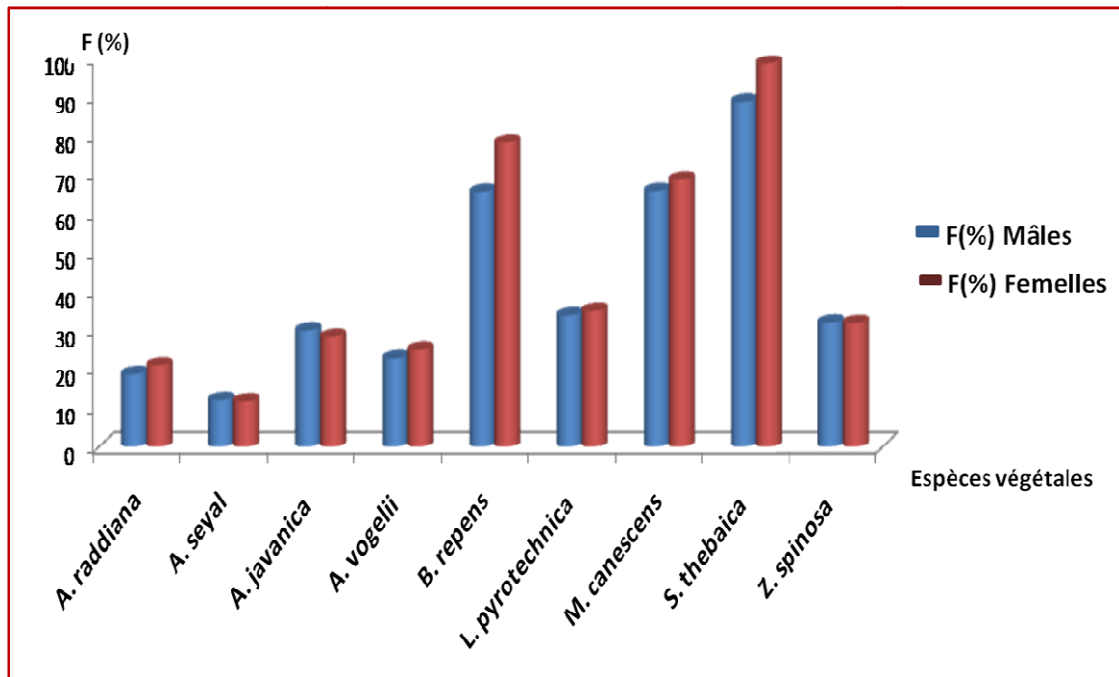


Figure 32. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période estivale/ Oued Amded)

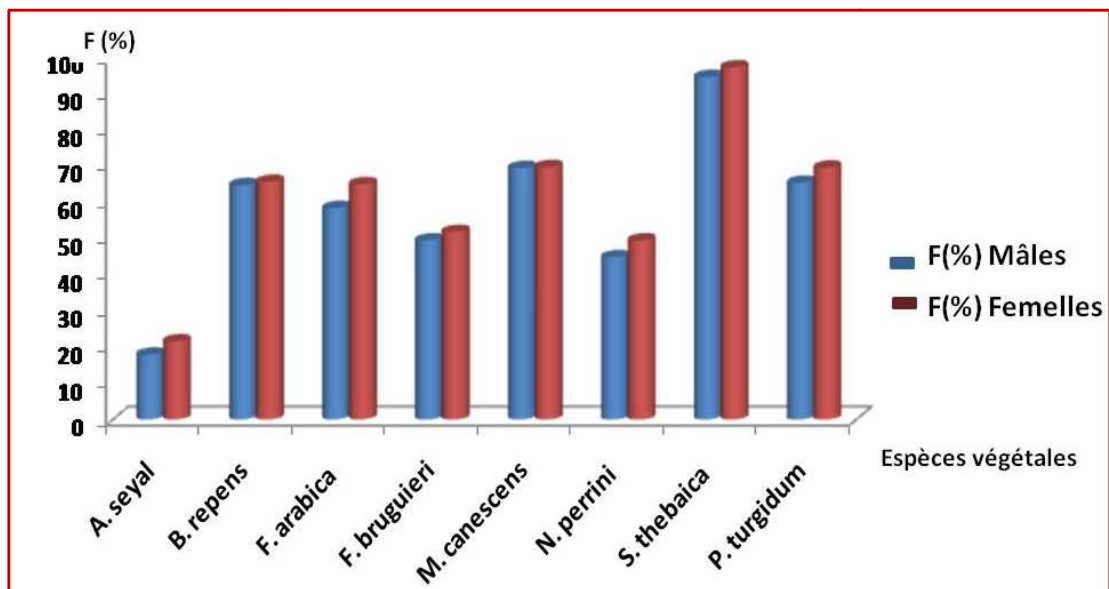


Figure 33. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période estivale /Oued Tikouiat)

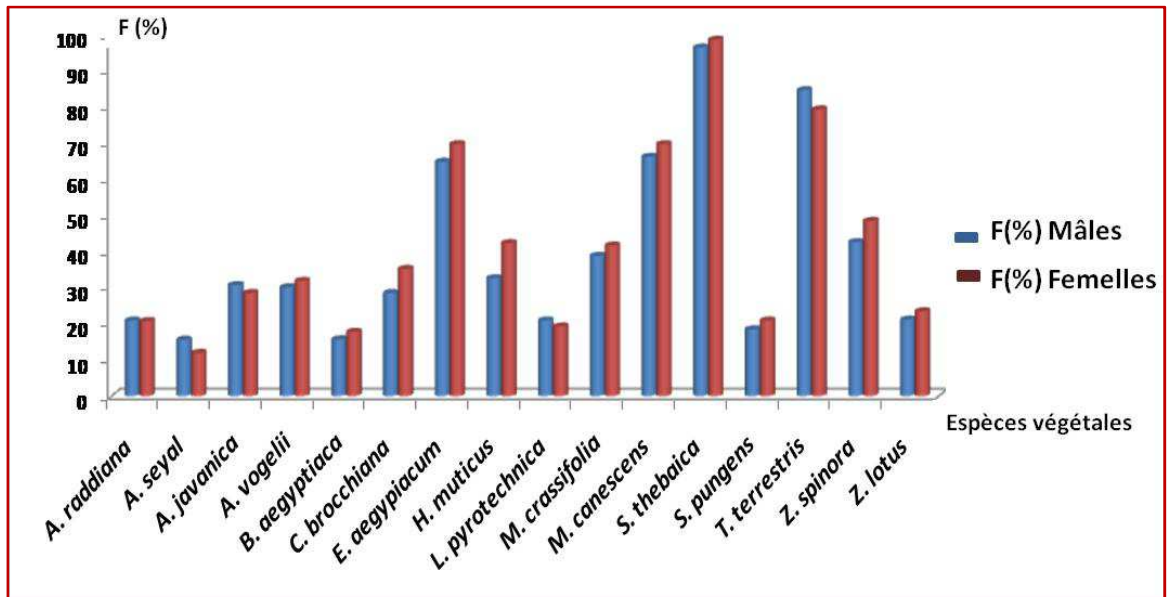


Figure 34. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période estivale/ Oued Tin Tarabine)

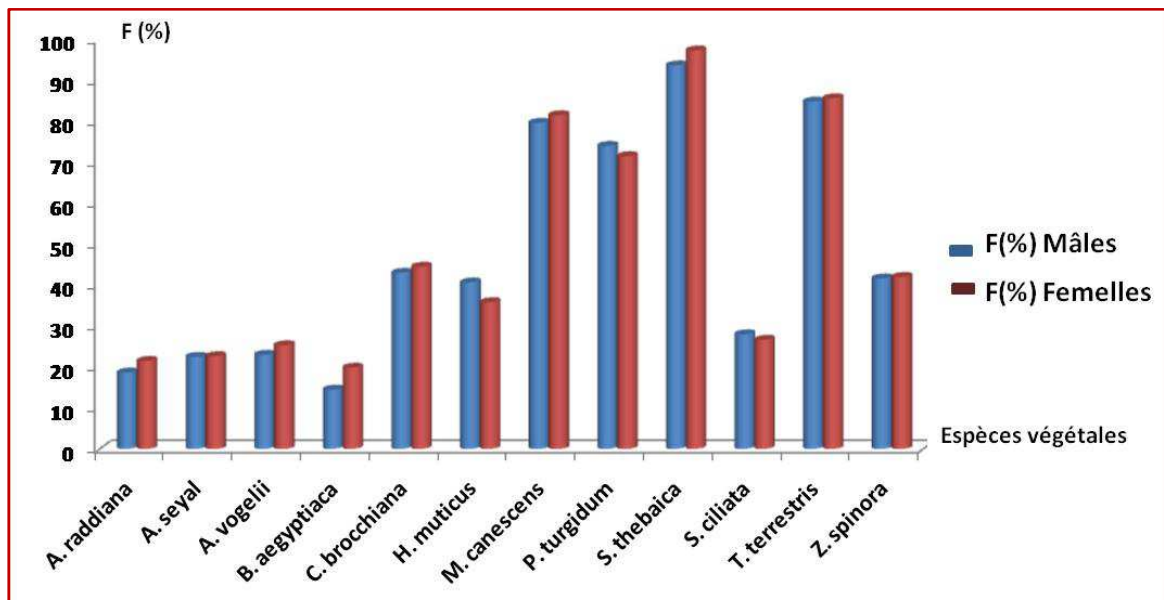


Figure 35. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période estivale/ Oued Igharghar)

Les histogrammes relatifs aux fréquences d'occurrences des espèces végétales retrouvées dans les fèces de *S. gregaria* pour la période estivale nous mènent à déduire que l'espèce *S. thebaica* (Brassicaceae) est la mieux appréciée par les deux sexes du Criquet pèlerin, avec des fréquences d'occurrences comprises entre 88 et 99% au niveau des cinq oueds dans lesquels cette plante a été recensée, soit à : Abadel, Amded, Tikouiat, Tin Tarabine et Igharghar. Elle est suivie par *T. terrestris* (Poaceae) avec des fréquences d'occurrence variant de 79,66 % et 85,66%, pour les mâles et les femelles capturés au niveau des oueds Tin Tarabine et Igharghar.

Cinq autres espèces végétales sont, également, appréciées par les deux sexes de *S. gregaria* avec des fréquences d'occurrences comprises entre 65% et 80%, Il s'agit de *M. canescens*, *B. repens*, *E. aegyptiacum*, *P. turgidum* et *F. bruguier*. Par contre, d'autres familles botaniques, également recensées dans les oueds prospectés, sont complètement délaissées. Nous pouvons citer, les familles les plus abondantes telles que les Asclepiadaceae et les Cucurbitaceae.

IV.1.8.2.2. Période automno-hivernale

Les fréquences d'occurrence des espèces végétales recensées dans les fèces des individus mâles et des femelles de *S. gregaria* capturés dans les six oueds prospectés (Abadel, Adjelmane, Amded, Tikouiet, Tin Tarabine et Igharghar), sont représentées par l'annexe 19 ainsi que les figures (36, 37, 38, 39, 40 et 41). Ces dernières font ressortir que comme pour la période estivale, en période automno-hivernale, *S. thebaica* (85,5 % - 99,5%) demeure la plante la mieux appréciée par *S. gregaria*, suivie de *T. terrestris* (79,55% - 86,85%). Notons que les espèces *M. canescens*, *B. repens*, *E. aegyptiacum*, *P. turgidum* et *F. bruguieri* ont également, été présentes à plus de 50% dans les fèces de *S. gregaria*.

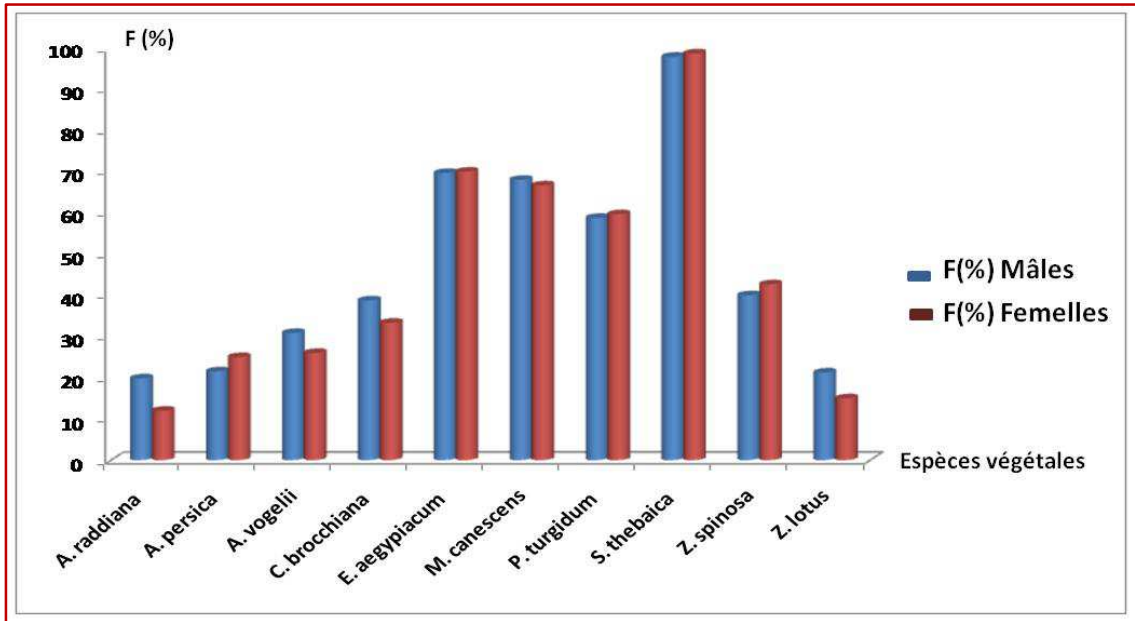


Figure 36. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période automno-hivernale/Oued Abadel)

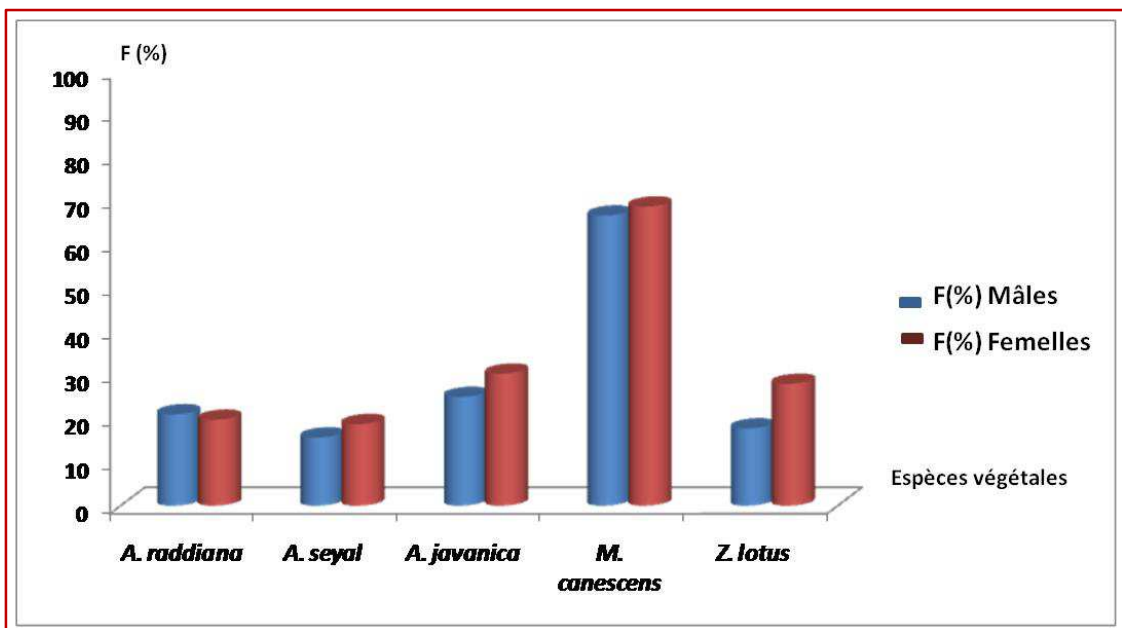


Figure 37. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période automno-hivernale/Oued Adjelmane)

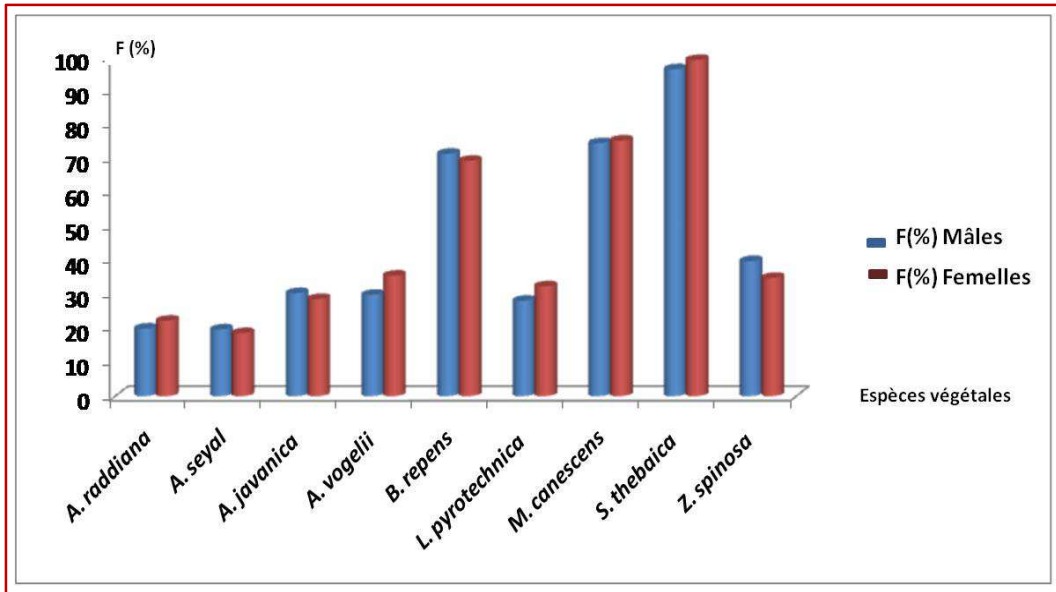


Figure 38. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période automno-hivernale/Oued Amded)

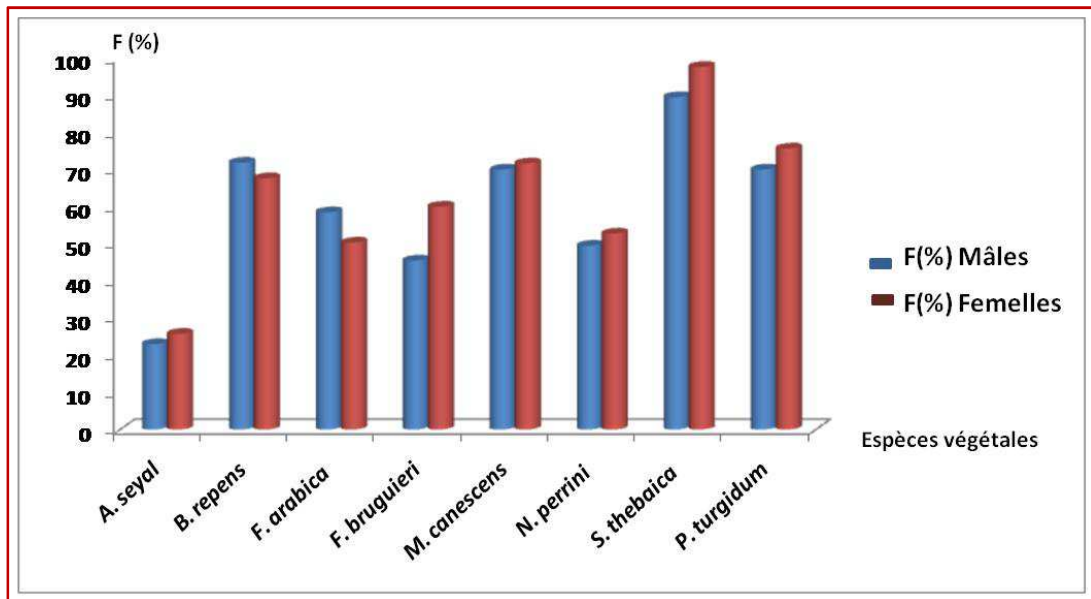


Figure 39. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période automno-hivernale/Oued Tikouiat)

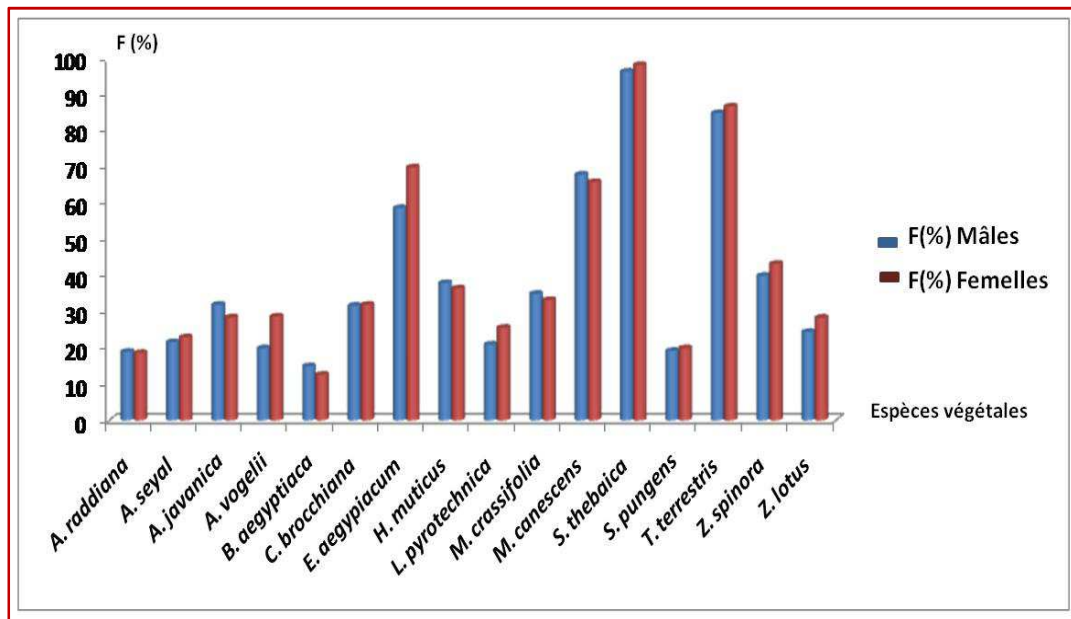


Figure 40. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période automno-hivernale/Oued Tin Tarabine)

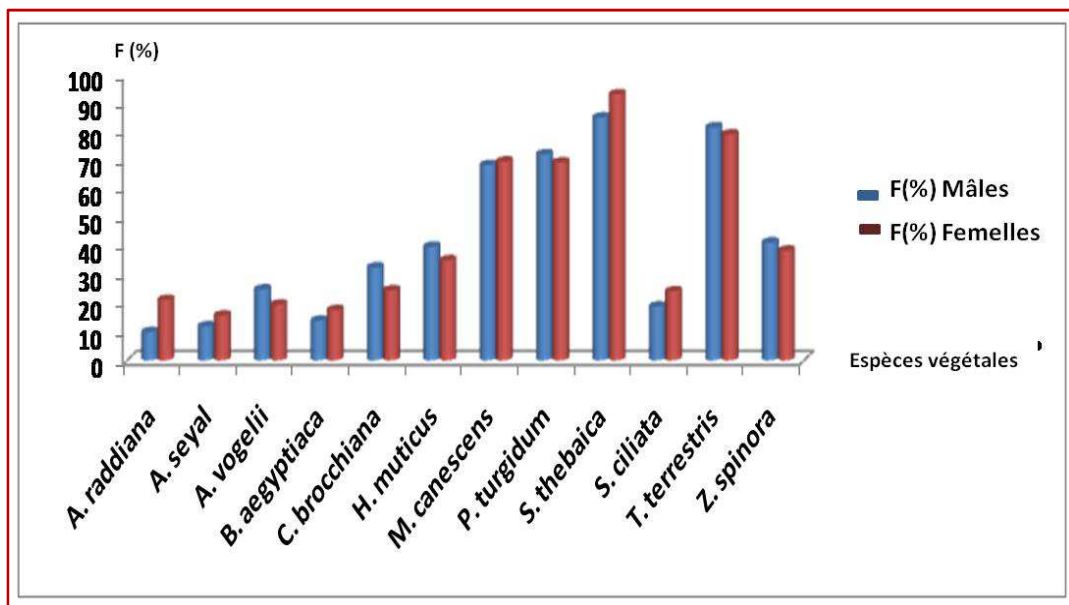


Figure 41. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période automno-hivernale/Oued Igharghar)

IV.1.8.2.3. Période printanière

Pour cette saison, nous avons noté les mêmes observations que pour les deux périodes précédentes (estivale et automno-hivernale), soit une appréciation, par les deux sexes de *S. gregaria*, de la famille des Brassicaceae avec *S. thebaica*, suivie de *M. canescens* et *E. aegyptiacum*. Les familles des Zygophyllaceae, des Poaceae et des Nyctaginaceae sont, également, très appréciées par le Criquet pèlerin (figures 42, 43, 44, 45, 46 et 47 ; annexe 20).

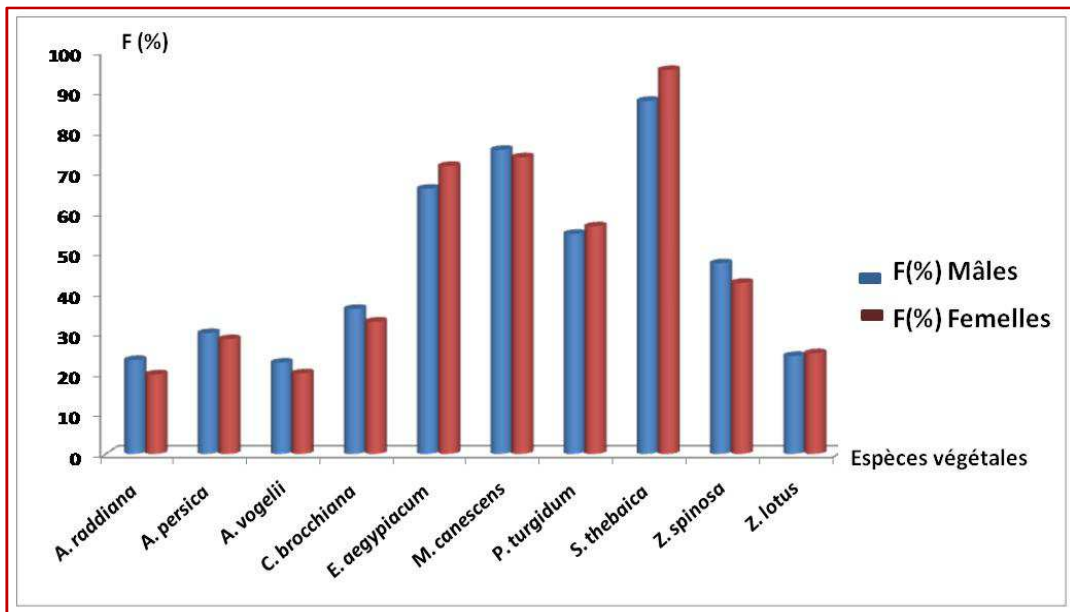


Figure 42. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période printanière/Oued Abadel)

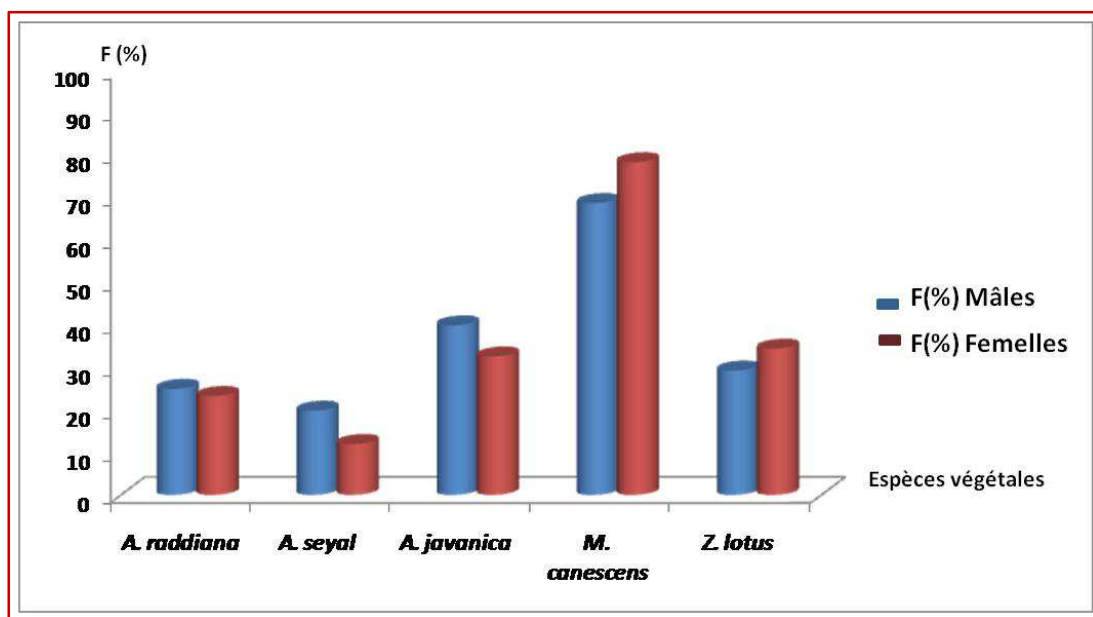


Figure 43. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période printanière/Oued Adjelmane)

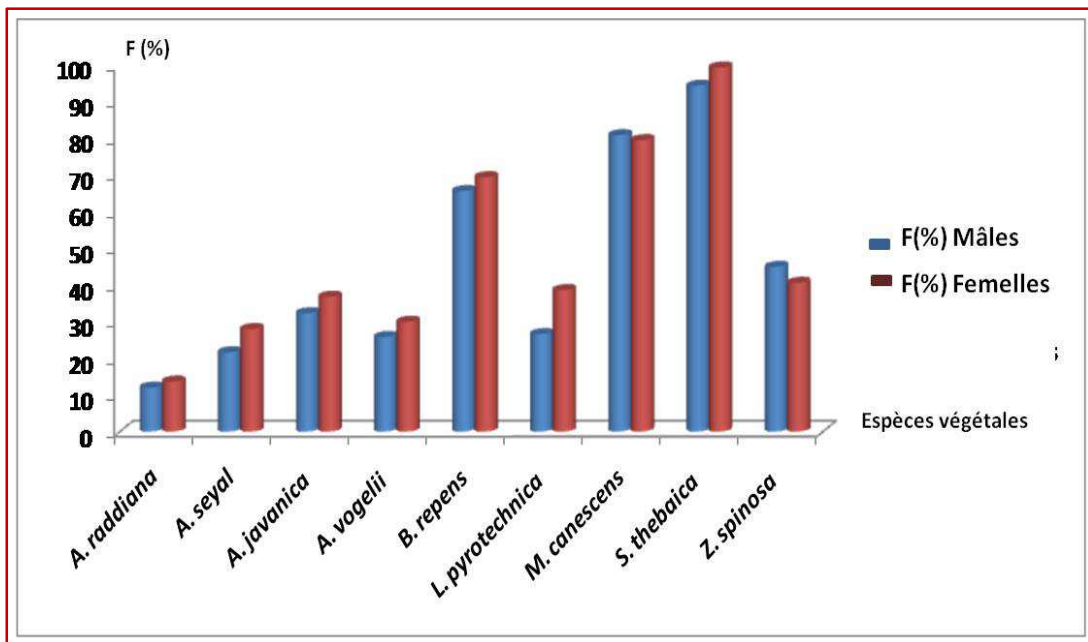


Figure 44. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période printanière/Oued Ameded)

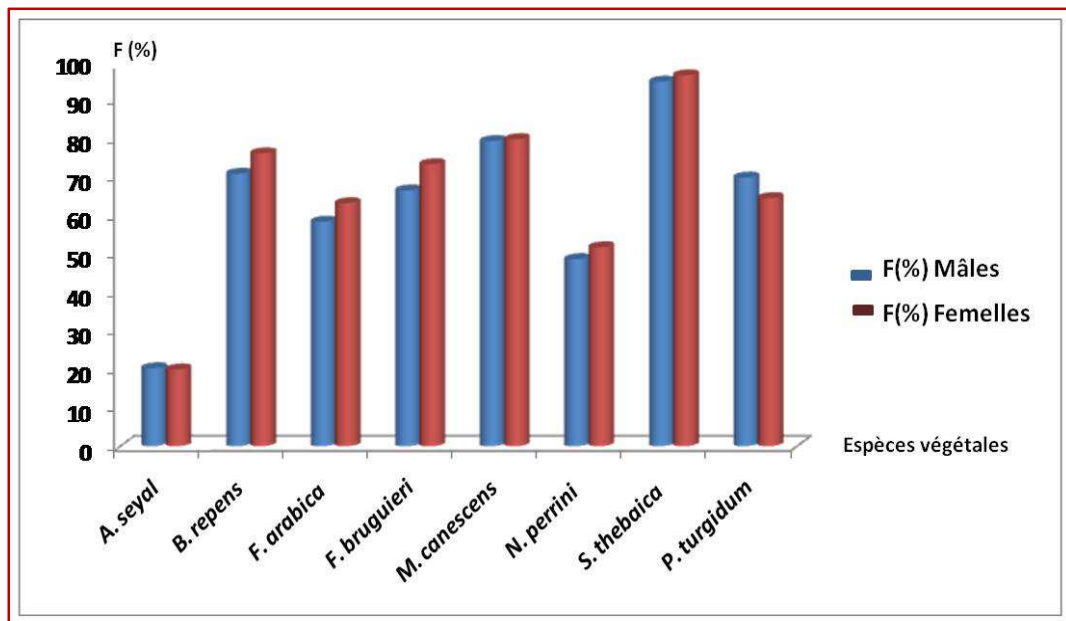


Figure 45. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période printanière/Oued Tikouiat)

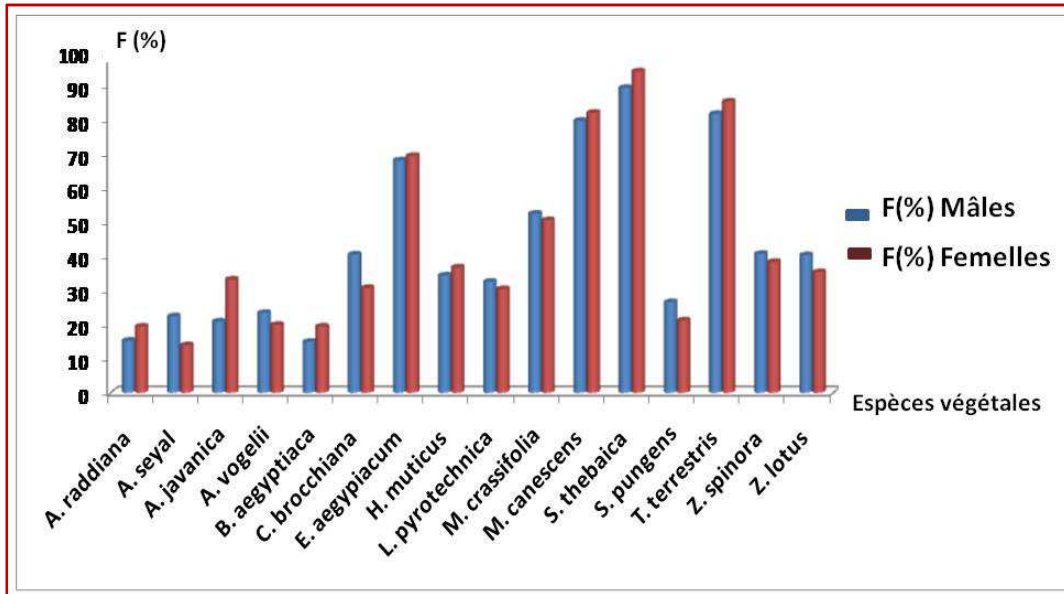


Figure 46. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période printanière/Oued Tin Tarabine)

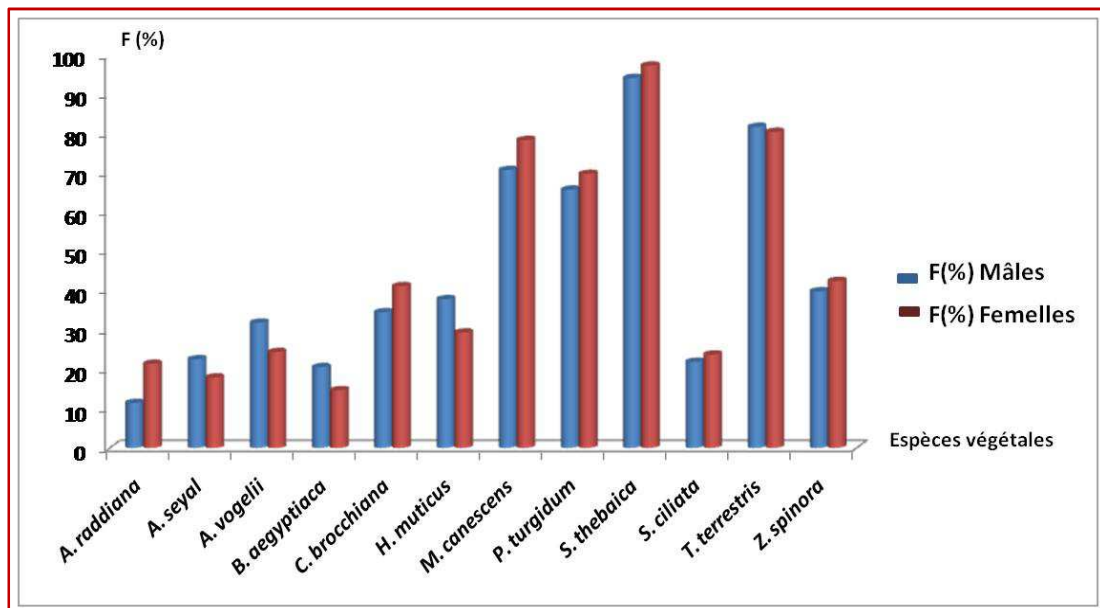


Figure 47. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* (période printanière/Oued Igharghar)

IV.2. Essais de lutte biologique contre le criquet pèlerin au laboratoire

Ces essais vis-à-vis des larves de 5^{ème} stade et les imagos de *S. gregaria*, ont été conduits au laboratoire et à une température de 30±2°C, une humidité relative de 40±3% ainsi qu'une photopériode de 12h (lumière) /12h (obscurité). Plusieurs méthodes de traitements ont été utilisées pour cette expérimentation, selon la nature du produit à tester, soit par : pulvérisation, ingestion ou appât empoisonné.

Lors de cette étude, nous avons utilisé, pour rappel, deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* et six plantes (*Calotropis procera*, *Citrullus colocynthis*, *Cleome arabica*, *Solenostemma argel*, *Aerva javanica* et *Salvadora persica*.) collectées dans les différents sites (oueds) prospectés dans le Hoggar, Ces oueds sont caractérisés par la présence de populations du Criquet pèlerin,

IV.2.1. Effet sur la mortalité

IV.2.1.1. Utilisation des champignons entomopathogènes contre les L5 et les imagos de *S. gregaria*

Une étude comparative de la toxicité de deux champignons entomopathogènes *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum* vis-à-vis des larves de 5^{ème} stade et des imagos de *Schistocerca gregaria* nous a permis de d'obtenir les données consignées dans les tableaux 8 et 9 :

Tableau 8. Pourcentages de mortalité des L5 de *S. gregaria* traitées par *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*

Jours	Mortalité (%)		
	Témoins (10 ind./R)	<i>B. bassiana</i> (10 ind./R)	<i>M. anisopliae</i> (10 ind./R)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	7,72	13,333
5	0	17,553	23,773
6	0	52,883	55,996
7	0	75	79,276
8	0	84,386	85,666
9	3,333	89,08	88,833
10	3,333	93,75	95,666
11	3,333	93,75	96,667
12	3,333	96,667	98,333
13	3,333	100	100
14	3,333	100	100

Tableau 9. Pourcentages de mortalité des imagos de *S. gregaria* traités par *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*

Jours	Mortalité (%)		
	Témoins (10 ind./R)	<i>B. bassiana</i> (10 ind./R)	<i>M. anisopliae</i> (10 ind./R)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	17,5	21,886
5	0	37,106	27,106
6	0	53,883	55,996
7	0	71,326	79,276
8	0	83,61	87,83
9	3,333	87,66	90,496
10	3,333	90,33	95,22
11	3,333	95,33	100
12	3,333	100	100
13	3,333	100	100
14	3,333	100	100

Les résultats consignés dans les tableaux ci-dessus et portant sur les traitements à base de *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum* vis-à-vis des L5 et des imagos montrent que les deux champignons engendrent des mortalités à partir du 4^{ème} jour de traitement (figures 48 et 49). Un pourcentage de 50% de mortalité a été atteint au 6^{ème} jour de traitement, chez les deux stades biologiques du criquet pèlerin que ce soit pour *B. bassiana* que pour *M. anisopliae*. Quant à la mortalité totale, elle a été enregistrée au 13^{ème} jour pour les L5 des *S. gregaria* traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae* var *acridum*. Pour les imagos, c'est à partir du 12^{ème} jour de traitement à base de *B. bassiana* que le 100% de mortalité a été atteint. Alors que chez les imagos traités au *M. anisopliae*, la mortalité totale des individus a été atteinte 24 heures avant, c'est à dire au 11^{ème} jour de traitement.

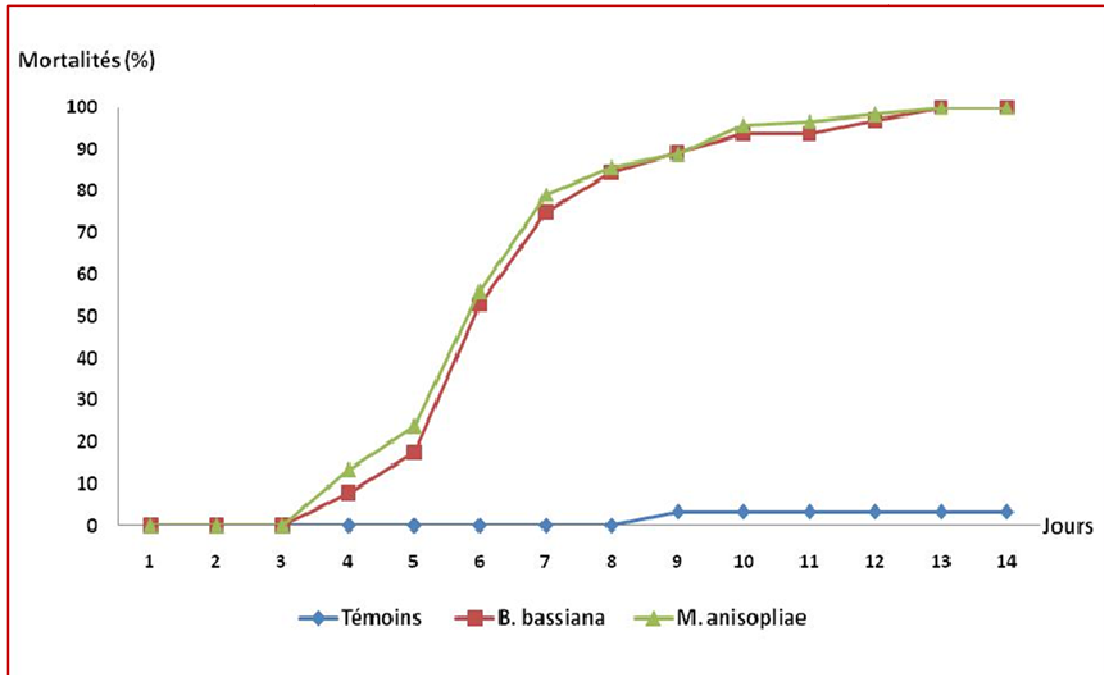


Figure 48. Pourcentages de mortalité des L5 de *S. gregaria* traitées par *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*

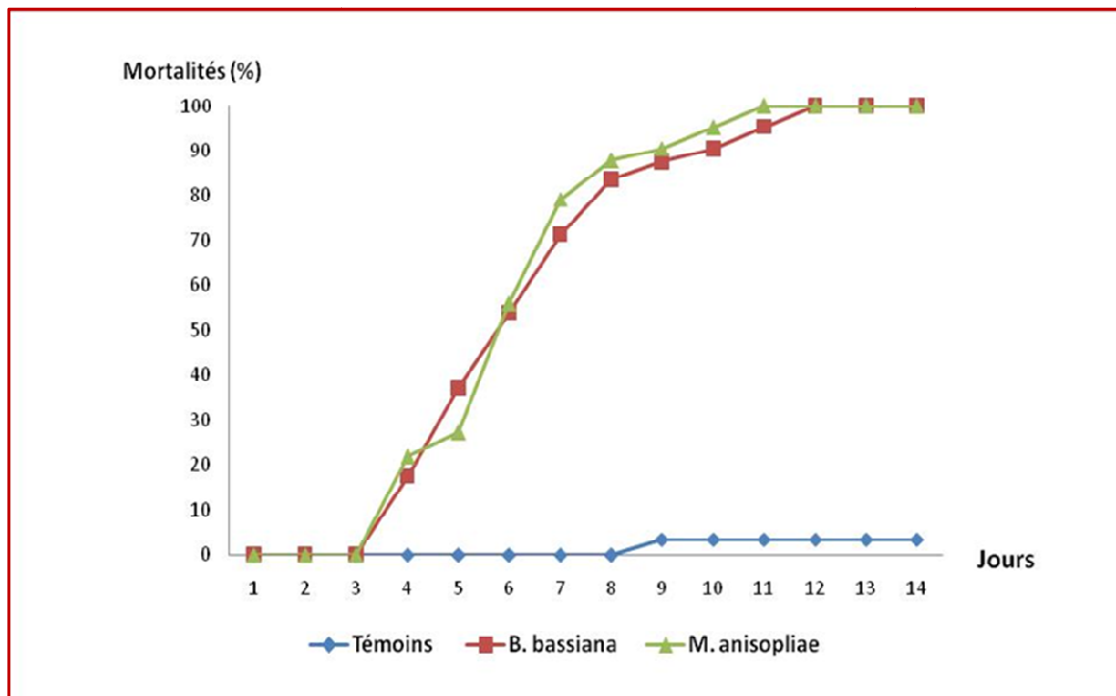


Figure 49. Pourcentages de mortalité des imagos de *S. gregaria* traitées par *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*

L'analyse de la variance à deux critères de classification soit le facteur temps et le facteur traitement par les deux champignons (*B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*) révèle une différence hautement significative ($f_{\text{obs}}(L5) = 1885,49$; $f_{\text{obs}}(\text{imagos}) = 2548,54$; $p = 0,000 < 0,05$), entre les pourcentages de mortalités enregistrées pour les traités et les témoins des L5 et les imagos de *S. gregaria*, et ce, à différents niveaux de temps (tableau 10).

Tableau 10. Analyse de la variance des mortalités des L5 et imagos de *S. gregaria* traités par *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*

		SCE	DDL	CM	F. obs.	p
L5	VAR1 (temps)	93916,4	13	7224,3	304,147	0,000
	VAR2 (traitement)	89571,6	2	44785,8	1885,499	0,000
	VAR1*VAR2	42903,9	26	1650,1	69,472	0,000
	VAR résiduelle	1995,2	84	23,8	-	0,000
Imagos	VAR1 (temps)	91441,3	13	7033,9	368,04	0,000
	VAR2 (traitement)	97415,8	2	48707,9	2548,54	0,000
	VAR1*VAR2	41854,9	26	1609,8	84,23	0,000
	VAR résiduelle	1605,4	84	19,1	-	0,000

Le test de comparaison planifiée (LSD) nous a permis d'obtenir deux groupes homogènes, soit le groupe A regroupant les deux traitements à base de *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum* ainsi que le groupe B relatif au lot témoin (tableau 11).

Tableau 11. Test LSD sur l'efficacité de *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum* sur les L5 et imagos de *S. gregaria*

Stades biologiques	Traitement	Moyennes	Groupes homogènes
L5	<i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>	61,272	A
	<i>B. bassiana</i>	59,514	A
	Témoins	1,429	B
Imagos	<i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>	61,039	A
	<i>B. bassiana</i>	58,652	A
	Témoins	1,501	B

Notons également qu'après traitement, les individus de *S. gregaria* ont manifesté une diminution des mouvements ainsi qu'une baisse de l'appétit. Des tâches rougeâtres sont, par la suite apparues sur leurs thorax. Suite à la mort, leur couleur devient rougeâtre surtout au niveau de l'abdomen. Après les avoir exposés à une humidité relative suffisamment élevée, les mycéliums des deux champignons ont sporulé. Quelques jours après, nous avons observé la sortie des mycéliums vers l'extérieur des corps des cadavres qui se sont recouverts par la

suite de duvet blanchâtre pour le cas de *Beauveria bassiana* et de duvet verdâtre pour *Metarhizium anisopliae* var *acridum* (figure 50).



Duvet blanchâtre
(Mycélium de *B. bassiana*)



Duvet verdâtre
(Mycélium de *M. anisopliae* var *acridum*)

Figure 50. Cadavres des imagos de *S. gregaria* traités par *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*
(Photographies originales)

IV.2.1.2. Utilisation des plantes toxiques

Les moyennes des pourcentages de mortalité des L₅ et des imagos de *S. gregaria* traités séparément par les extraits acétoniques de *Citrullus colocynthis*, *Calotropis procera*, *Cleome arabica*, *Solenostemma argel*, *Aerva javanica* et *Salvadora persica* sont consignées dans les tableaux 12 et 13.

Tableau 12. Pourcentages de mortalité des larves de 5^{ème} stade de *S. gregaria* témoins et traitées par les six plantes étudiées (extraits acétoniques)

Jours	Mortalité (%)						
	Témoins	<i>C. colocynthis</i>	<i>C. procera</i>	<i>C. arabica</i>	<i>S. argel</i>	<i>A. javanica</i>	<i>S. persica</i>
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	16,66	0	0	0	0
4	0	0	33,33	0	0	0	0
5	0	0	46,66	0	16,66	0	0
6	0	33,33	66,66	16,66	33,33	0	0
7	0	33,33	83,33	16,66	33,33	0	0
8	0	33,33	100	33,33	46,66	16,66	16,66
9	0	46,66	100	33,33	50	16,66	33,33
10	0	53,33	100	50	66,66	3,33	33,33
11	0	53,33	100	53,33	83,33	33,33	46,66
12	0	66,66	100	66,66	93,33	46,66	46,66
13	0	66,66	100	66,66	100	46,66	50
14	0	83,33	100	83,33	100	50	53,33
15	0	93,33	100	83,33	100	66,66	66,66
16	0	93,33	100	83,33	100	66,66	66,66
17	16,66	100	100	93,33	100	66,66	66,66
18	16,66	100	100	96,66	100	83,33	83,33
19	16,66	100	100	100	100	93,33	83,33
20	16,66	100	100	100	100	96,66	96,66
21	16,66	100	100	100	100	96,66	96,66

Tableau 13. Pourcentages de mortalités des imagos de *S. gregaria* témoins et traités par les six plantes étudiées (extraits acétoniques)

Jours	Mortalité (%)						
	Témoins	<i>C. colocynthis</i>	<i>C. procera</i>	<i>C. arabica</i>	<i>S. argel</i>	<i>A. javanica</i>	<i>S. persica</i>
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	16,66	0	0	0	0
5	0	0	33,33	0	0	0	0
6	0	0	66,66	0	16,66	0	0
7	0	0	83,33	16,66	33,33	0	0

8	0	33,33	100	16,66	66,66	0	0
9	0	33,33	100	16,66	66,66	16,66	0
10	0	46,66	100	33,33	66,66	16,66	33,33
11	0	46,66	100	46,66	83,33	33,33	33,33
12	0	66,66	100	50	93,33	33,33	46,66
13	0	66,66	100	66,66	100	33,33	46,66
14	0	83,33	100	83,33	100	46,66	50
15	0	93,33	100	83,33	100	50	50
16	0	93,33	100	83,33	100	66,66	66,66
17	16,66	100	100	83,33	100	66,66	66,66
18	16,66	100	100	83,33	100	83,33	66,66
19	16,66	100	100	100	100	96,66	83,33
20	16,66	100	100	100	100	96,66	83,33
21	16,66	100	100	100	100	96,66	83,33

Les résultats mentionnés dans les tableaux cités auparavant laissent apparaître que la toxicité chez les larves du cinquième stade et les imagos de *S. gregaria* diffèrent d'une espèce végétale à l'autre (figures 51 et 52).

Un début de mortalité avec un pourcentage de 16,66% a été enregistré à partir du 3^{ème} et 4^{ème} jour de traitement, respectivement pour les L5 et les imagos traités par *C. procera*.

Cette dernière a été suivie de *S. argel* qui a induit une mortalité pour les deux stades biologiques (L5 et imagos) du criquet pèlerin, respectivement, à partir du 5^{ème} et 6^{ème} jour.

Notons que le début de mortalité pour les lots témoins des L5 et des imagos a été obtenu à partir du 17^{ème} jour d'observation.

Aussi, nous avons observé que les individus nourris par des feuilles de laitue *Lactuca sativa* traitées par l'extrait acétonique des feuilles de *C. procera*, *S. argel*, *C. colocynthis* et *C. arabica*, présentent une mortalité totale (100%), respectivement au bout du 8^{ème}, 13^{ème}, 17^{ème} et 19^{ème} jour de traitement. Alors que 100% de mortalité n'a pas été atteint durant les 21 jours d'observation chez les individus nourris à base des feuilles de laitue traitées par les extraits acétoniques de *S. persica* ainsi que *A. javanica* et ce durant la période d'observation (21 jours).

L'analyse de la variance à deux critères (facteurs) de classification, soit le temps et la plante testée fait ressortir une action toxique des extraits acétoniques des plantes testées contre les L5 et les Imagos de *S. gregaria*. Le niveau de probabilité (p) inférieur à 0,005 nous indique que cet effet toxique est hautement significatif vis-à-vis la mortalité des individus traités (tableau 14).

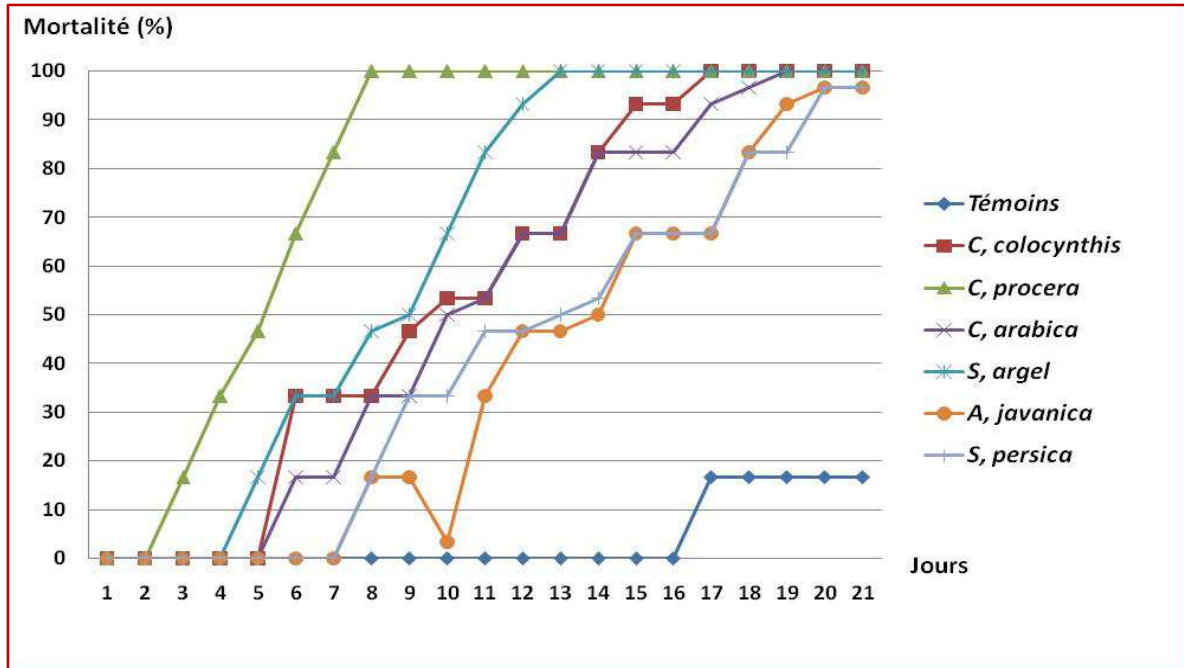


Figure 51. Pourcentages de mortalités des L5 de *S. gregaria* traités par les extraits acétoniques de six plantes

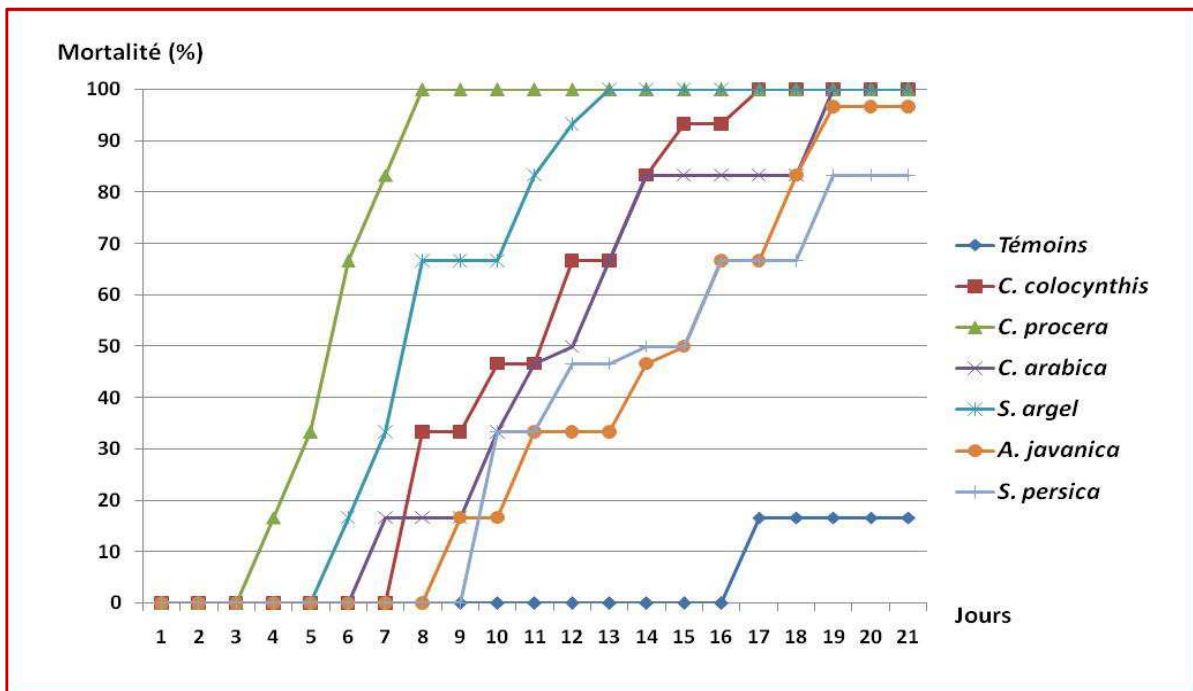


Figure 52. Pourcentages de mortalités des imagos de *S. gregaria* traités par les extraits acétoniques de six plantes

Tableau 14. Analyse de la variance des mortalités des L5 et imagos de *S. gregaria* traités par les extraits acétoniques de *C. colocynthis*, *C. procera*, *C. arabica*, *S. argel*, *A. javanica* et *S. persica*

		SCE	DDL	CM	F. obs.	p
L5	VAR1 (temps)	284434,8	20	14221,7	427,74	0,000
	VAR2 (traitement)	137338,8	6	22889,8	688,44	0,000
	VAR1*VAR2	69833,3	120	581,9	17,50	0,000
	VAR résiduelle	4887,6	147	33,2	-	0,000
Imagos	VAR1 (temps)	274621,3	20	14361,5	431,65	0,000
	VAR2 (traitement)	129632,6	6	23687,6	672,66	0,000
	VAR1*VAR2	68033,6	120	576,8	16,98	0,000
	VAR résiduelle	4868,5	147	33,6	-	0,000

Quant au test de comparaison planifiée (LSD), il nous a permis d'obtenir cinq groupes homogènes, soit le groupe A relatif à l'espèce *C. procera* qui s'est avérée la plus toxique et la plus rapide, suivie de la plante *S. argel* représentant le groupe B. Quant au groupe C, il représente les deux traitements par *C. colocynthis* et par *C. arabica*. Vient par la suite le groupe D relatif aux traitements à base d'extraits acétoniques de *S. persica* et de *A. javanica* et enfin le dernier groupe E regroupant les témoins (tableau 15).

Tableau 15. Test LSD sur l'efficacité de les extraits acétoniques de *C. colocynthis*, *C. procera*, *C. arabica*, *S. argel*, *A. javanica* et *S. persica* contre les L5 et imagos de *S. gregaria*

Stades biologiques	Traitement	Moyennes	Groupes homogènes
L5	<i>C. procera</i>	77,300	A
	<i>S. argel</i>	63,094	B
	<i>C. colocynthis</i>	52,855	C
	<i>C. arabica</i>	48,569	C
	<i>S. persica</i>	36,902	D
	<i>A. javanica</i>	36,187	D
	Témoins	3,697	E
Imagos	<i>C. procera</i>	76,630	A
	<i>S. argel</i>	67,142	B
	<i>C. colocynthis</i>	53,654	C
	<i>C. arabica</i>	48,230	C
	<i>S. persica</i>	35,652	D
	<i>A. javanica</i>	35,203	D
	Témoins	3,426	E

Le calcul des temps létaux 50% (TL50) relatifs à l'action toxique des six plantes testées contre les L5 et imagos de *S. gregaria* ont été effectués en dressant les droites de régression des probits correspondants aux pourcentages des mortalités corrigées en fonction des logarithmes des temps de traitement. Cette méthode d'analyse de survie va nous permettre d'associer la fréquence de mortalité et le délai de survie des individus traités.

De ce fait, les probits correspondants aux traitements des L5 et imagos de *S. gregaria* traités par les extraits acétoniques des plantes *C. procera*, *C. colocynthis*, *C. arabica*, *S. argel*, *A. javanica* et *S. persica* sont énumérés dans l'annexe 21 . Quant aux droites de régression ainsi que les TL50 obtenus pour ces traitements, elles sont consignées dans le tableau 16.

Tableau 16. Equations et coefficient de régression ainsi que les TL50 obtenus pour les traitements des L5 et imagos de *S. gregaria* à base d'extraits acétoniques des six plantes testées.

Plante testée	Stade biologique	Equation de régression	Coefficient de régression (R ²)	TL50 (jours)
<i>C. colocynthis</i>	L5	y=6,926x-1,494	0,890	9,03
	Imagos	y=9,238x-4,316	0,920	10,5
<i>C. procera</i>	L5	y=4,381x+2,452	0,783	4,08
	Imagos	y=4,752x+ 1,958	0,831	4,64
<i>C. arabica</i>	L5	y=6,791x-1,612	0,913	9,81
	Imagos	y=7,503x-2,736	0,868	11,16
<i>S. argel</i>	L5	y=6,798x-0,849	0,891	9,41
	Imagos	y=6,972x-1,024	0,884	7,62
<i>A. javanica</i>	L5	y=7,010x-2,601	0,844	12,64
	Imagos	y=8,464x-4,417	0,831	13,39
<i>S. persica</i>	L5	y=6,058x-1,489	0,831	12,35
	Imagos	y=4,833x-0,427	0,934	14,09

Les résultats relatifs au traitement des L5 et des imagos de *S. gregaria* à base d'extraits acétoniques des six plantes testées, font ressortir l'effet acridicide de ces dernières, et ce à différents degrés de toxicité (figures 53 et 54). Il apparait que l'extrait acétonique de *C. procera* semble être plus toxique que celui des autres plantes, avec une mortalité de 50% obtenue à partir du 4^{ème} jour de traitement. L'extrait acétonique de *S. argel* vient en deuxième position avec 50% de mortalité atteint à 9,41 jours chez les larves de 5^{ème} stade et à 7,62 jours chez les imagos de l'acridien en question. Pour les extraits acétoniques de *C. colocynthis*, *C.*

arabica, *A. javanica* et *S. persica*, les TL50 ont été atteints entre le 10^{ème} et le 14^{ème} jour de traitement.

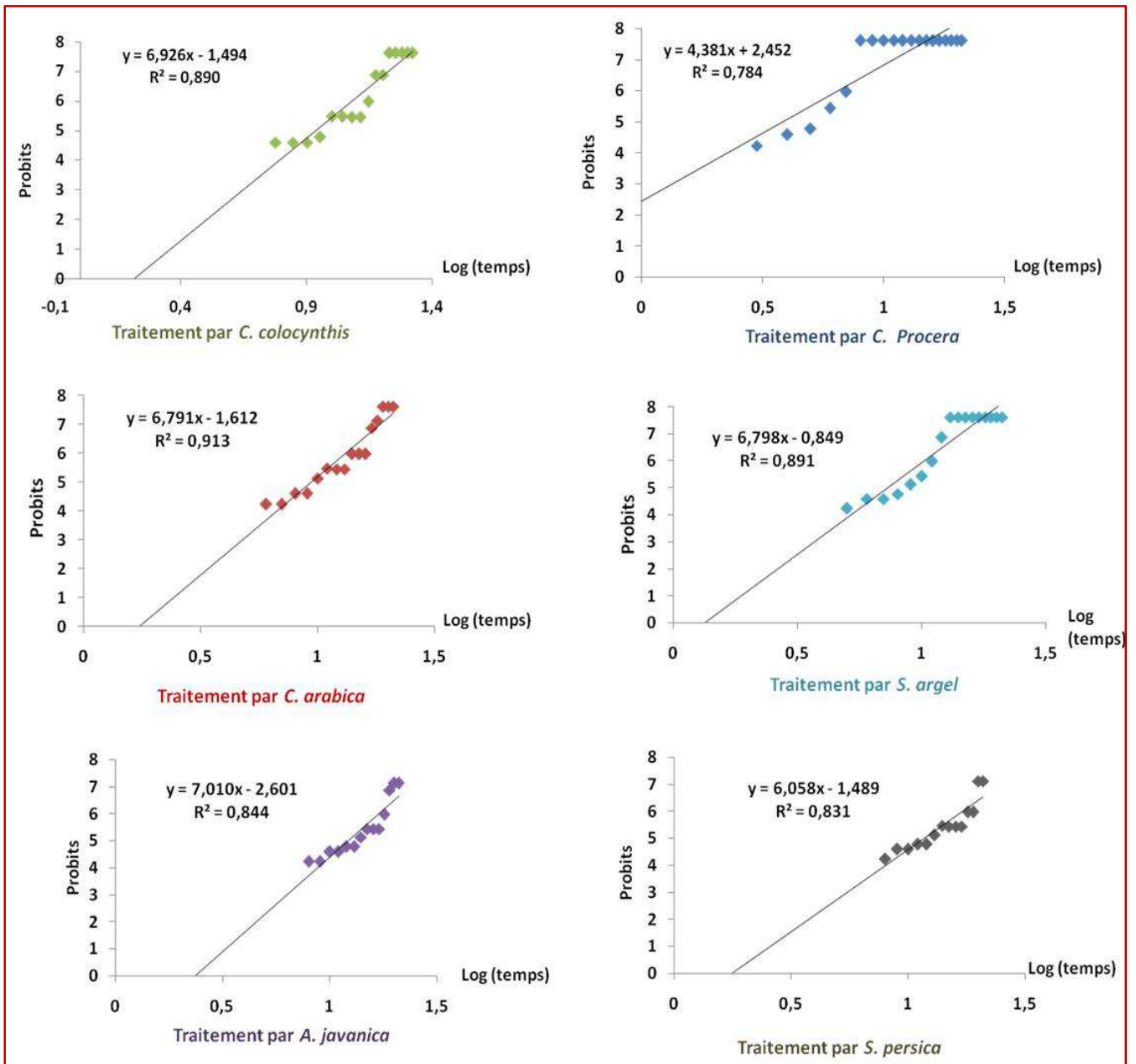


Figure 53. Efficacité dans le temps des extraits acétoniques de six plantes contre les L5 de *S. gregaria*

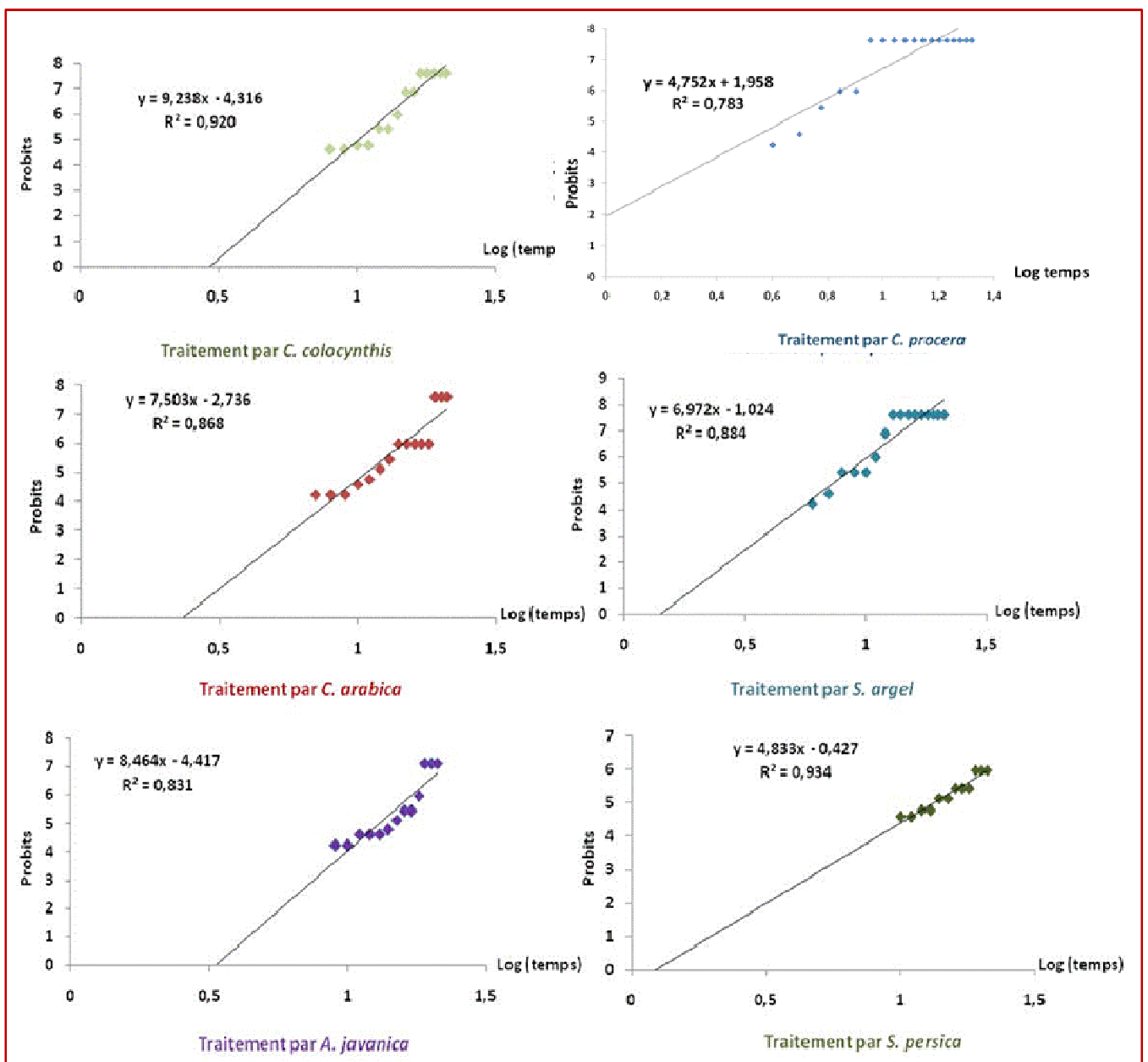


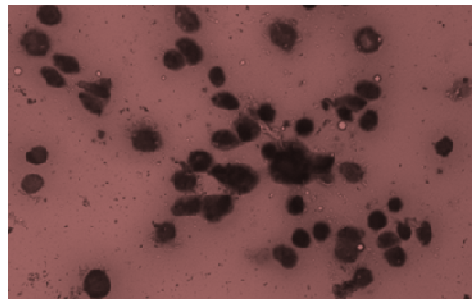
Figure 54. Efficacité dans le temps des extraits acétoniques de six plantes contre les imagos de *S. gregaria*

IV.2.2. Effet des traitements par les champignons entomopathogènes et quelques plantes sur l'hémogramme des L5 et imagos de *S. gregaria*

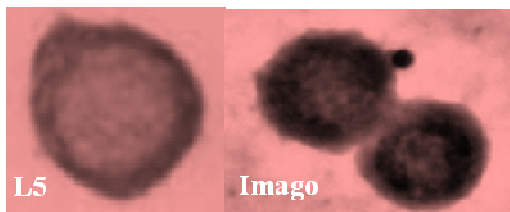
IV.2.2.1. Etude qualitative

Après l'examen du frottis sanguin (réalisé par coloration May Grunwald – Giemsa), la détermination des différentes catégories d'hémocytes a été faite suite à la comparaison de nos observations microscopiques avec les travaux de références des auteurs cités dans le chapitre précédent.

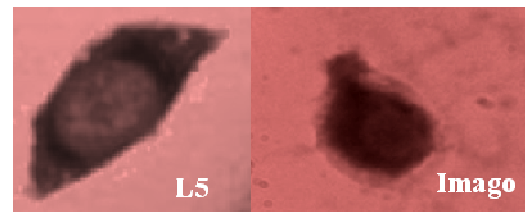
A cet effet, nous sommes parvenus à identifier quatre types de cellules hémocytaires, soit les prohémyocytes, les plasmotocytes et les granulocytes (figure 56).



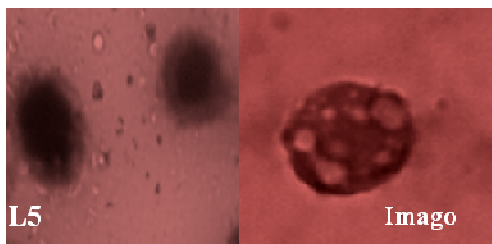
Aspect général des hémocytes (Gr X 40)



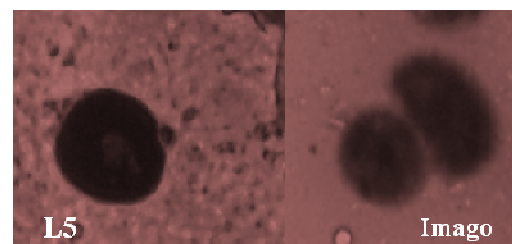
Prohémyocytes (Gr X 100)



Plasmotocytes (Gr X 100)



Granulocytes (Gr X 100)



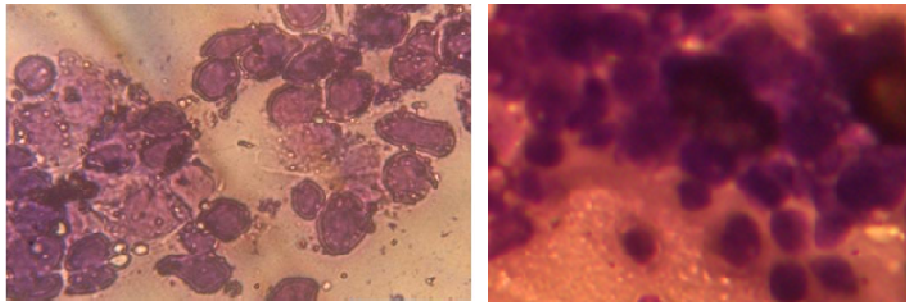
Coagulocytes (Gr X 100)

Figure 55. Les différentes catégories d'hémocytes identifiées dans l'hémolymphe des L5 et des imagos témoins de *S. gregaria*

Photographies originales

IV.2.2.1.1. Effet des champignons entomopathogènes sur l'hémogramme des L5 et des imagos de *S. gregaria*

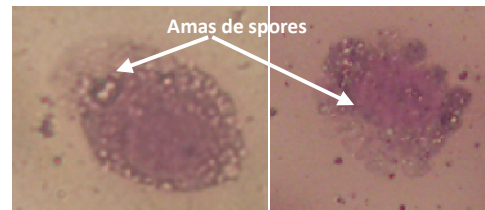
Suite au traitement par les deux champignons utilisés lors de notre étude et après avoir identifié les différents types d'hémocytes, nous avons observé d'importantes altérations structurales des cellules, totalement absentes chez les individus témoins. Ces cellules atteintes présentent un aspect rétracté, dense et diffus et qui ont tendance à se regrouper pour former des agrégats. Comme nous avons remarqué, en parallèle, des amas de spores autour des cellules rétractées et voir même des mycéliums (figure 57).



Regroupement des hémocytes rétractés



M. anisopliae

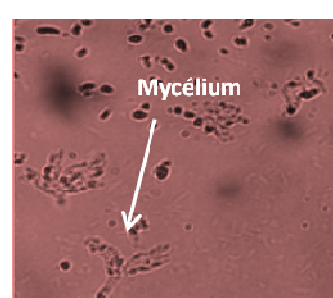


B. bassiana

Regroupement des amas de spores autour des hémocytes



M. anisopliae



B. bassiana

Figure 56. Hémolymphe des imagos de *S. gregaria*, infecté par *M. anisopliae* var *acidum* et *B. bassiana* (Gr X 100)

Photographies originales

IV.2.2.1.2. Effet des plantes toxiques sur l'hémogramme des L5 et imagos de *S. gregaria*

Après l'examen du frottis sanguin réalisé à partir de l'hémolymphe des individus de *S. gregaria* traités avec les extraits acétoniques des six plantes étudiées nous avons remarqué que la plupart des hémocytes se sont vidées de leur contenu au fur et à mesure, alors que d'autres cellules hémolympathiques se sont désagrégées, ne laissant que des débris (figure 58).

IV.2.2.2. Etude Quantitative

Afin de voir l'aspect quantitatif de l'effet toxique des champignons entomopathogènes ainsi que des extraits acétoniques des six plantes utilisées, nous avons compté le nombre total d'hémocytes observées. Nous avons aussi calculé les nombres et les taux relatifs à chaque catégorie de cellules identifiées et cela dans 3 μ l d'hémolymphe prélevée au 3^{ème} jour après traitement à partir des L5 et imagos de *S. gregaria* témoins et traités.

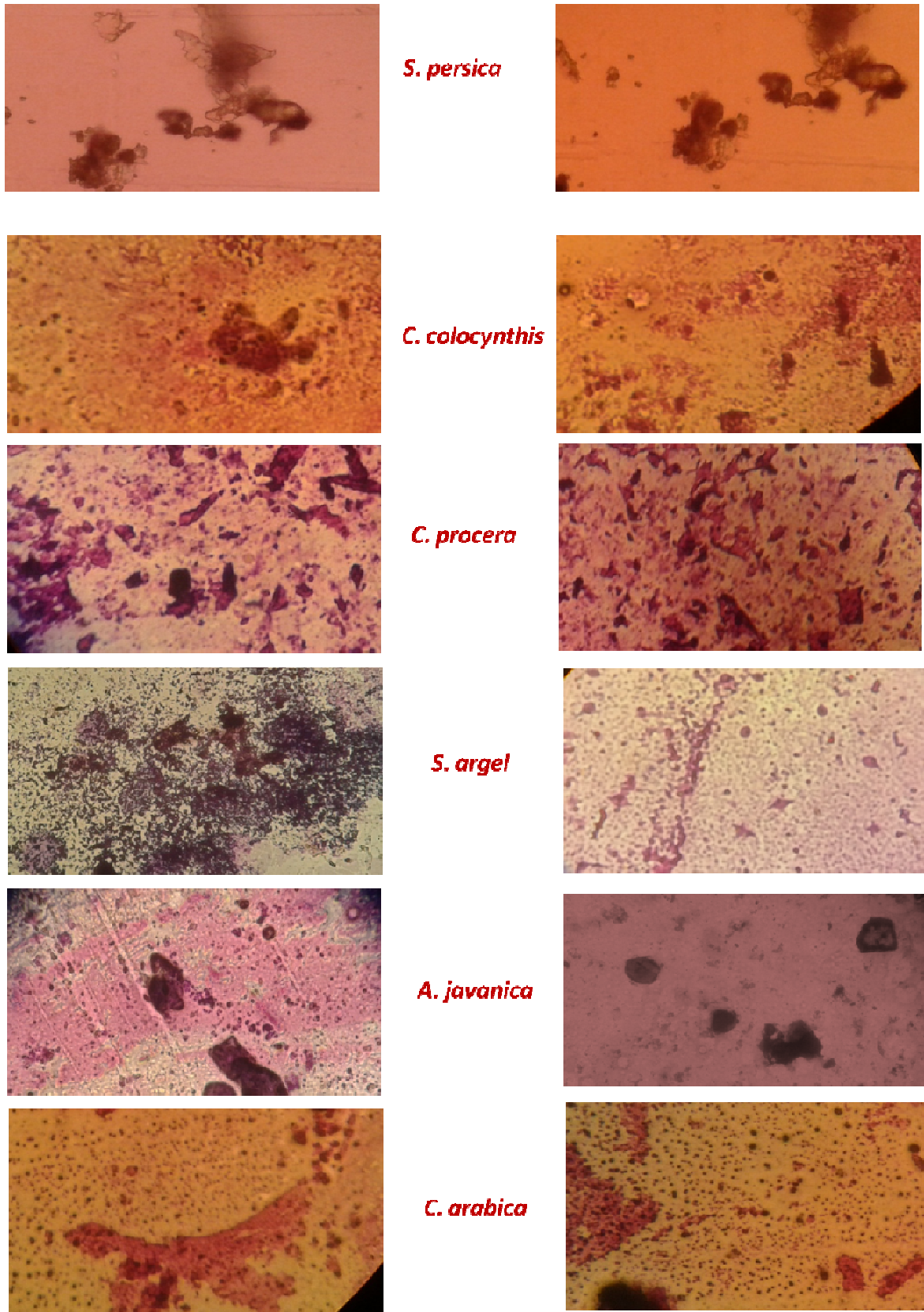
Le calcul du taux des catégories d'hémocytes, n'a concerné, toutefois, que les prohémoscytes, les plasmatoocytes et les granulocytes car les coagulocytes n'ont été observés que rarement.

IV.2.2.2.1. Effet des champignons entomopathogènes

Pour cette étude, nous avons calculé le nombre d'hémocytes ainsi que les taux de prohémoscytes, plasmatoocytes et granulocytes des individus (L5 et imagos) de *S. gregaria*, témoins et traités par *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*. Les résultats obtenus sont énumérés dans le tableau 17.

Tableau 17. Nombre d'hémocytes ainsi que taux des prohémoscytes, plasmatoocytes et granulocytes des L5 et imagos de *S. gregaria* témoins et traités par *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*

	Stades biologiques	Témoins	<i>B. bassiana</i>	<i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>
Nombre d'hémocytes	L5	296	51	60,25
	Imagos	325,5	49,25	55,75
Taux des prohémoscytes (%)	L5	34,38	9,65	13,12
	Imagos	25,75	7,25	6,25
Taux des plasmatoocytes (%)	L5	32,65	34	36,67
	Imagos	39,25	41	42,83
Taux des granulocytes (%)	L5	32,97	7,35	10,46
	Imagos	35	1	6,67



L5 de *S. gregaria*

Imagos de *S. gregaria*

Figure 57. Hémocytes désagrégées des imagos de *S. gregaria* traités par les extraits acétoniques de six plantes acridicides (Gr x 100)

Concernant les L5 de *S. gregaria* nous avons observé que les deux champignons ont engendré une baisse considérable du nombre moyen d'hémocytes par rapport aux témoins (figure 59). Ces derniers dont le nombre moyen d'hémocytes était de 296 hém/3 μ l ont été réduits à 51 hém/3 μ l chez les L5 traités par *B. bassiana* et à 60,25 hém/3 μ l chez les L5 traités par *M. anisopliae*.

La même réduction du nombre des hémocytes a été enregistrée chez les imagos de *S. gregaria* traités par les deux champignons entomopathogènes étudiés. Il s'agit d'une baisse de 325,5 à 49,25 hém/3 μ l pour les traités par *B. bassiana* et de 325,5 à 55,75 hém/3 μ l chez les traités par *M. anisopliae*.

Quant aux trois catégories d'hémocytes, leur aspect quantitatif a également été perturbé par les deux traitements réalisés lors de notre étude (figures 60, 61 et 62).

En effet, une baisse remarquable a été observée pour les taux de prohéocytes et granulocytes des témoins et traités par les deux champignons entomopathogènes de *S. gregaria*.

Nous avons, ainsi, noté chez les L5 de *S. gregaria* une réduction de 34,38% (témoins) à 9,65% (traités par *B. bassiana*) et à 13,12 % (traités par *M. anisopliae*). Pour les granulocytes, leurs taux ont également été réduits de 32,97% (témoins) à 7,35 (traités par *B. bassiana*) et 10,46% (traités par *M. anisopliae*).

Par contre, les taux de plasmatocytes ont connu des hausses suites aux deux traitements réalisés. Cette catégorie d'hémocytes a augmenté de 32,65% chez les témoins à 34% et 36,67%, respectivement chez les L5 traitées par *B. bassiana* et *M. anisopliae*.

S'agissant de l'hémogramme des imagos, il a également été perturbé suite aux deux traitements réalisés. Nous avons, en effet, enregistré une baisse remarquable des nombres d'hémocytes ainsi que des taux de prohéocytes et granulocytes. De leur côté, le taux plasmatocytes a augmenté chez les imagos traités.

IV.2.2.2. Effet des plantes toxiques

Dans le tableau 18 sont consignés les résultats relatifs à l'effet des extraits acétoniques de *C. procera*, *C. colocynthis*, *C. arabica*, *S. argel*, *A. javanica* et *S persica* sur l'hémogramme des L5 et des imagos, témoins et traités de *S. gregaria*.

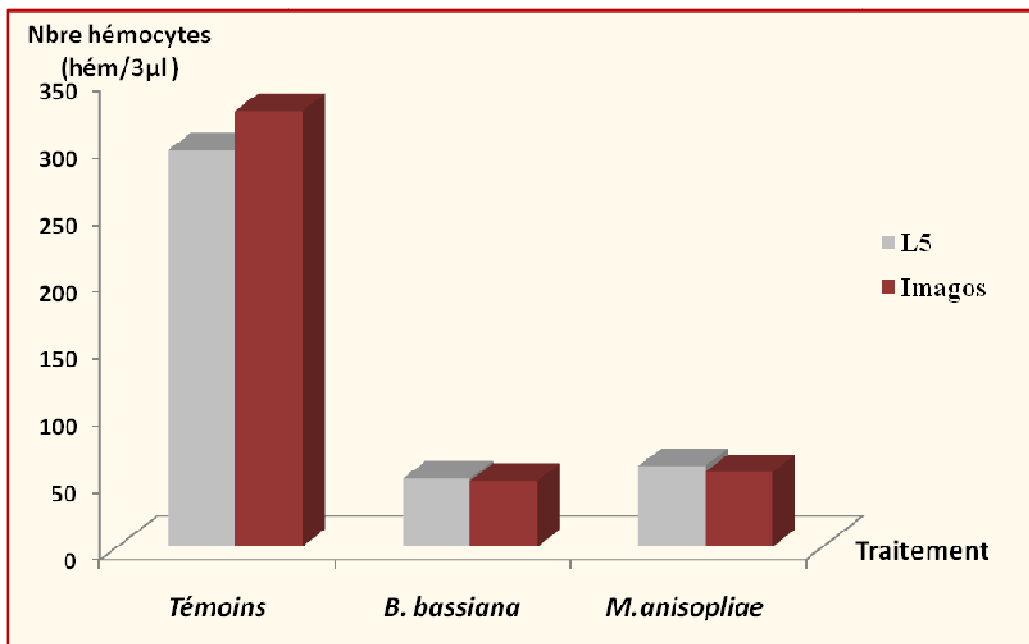


Figure 58. Nombre d'hémocytes dans 3µl d'hémolymphe des L5 et imagos de *S. gregaria* témoins et traités au *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*

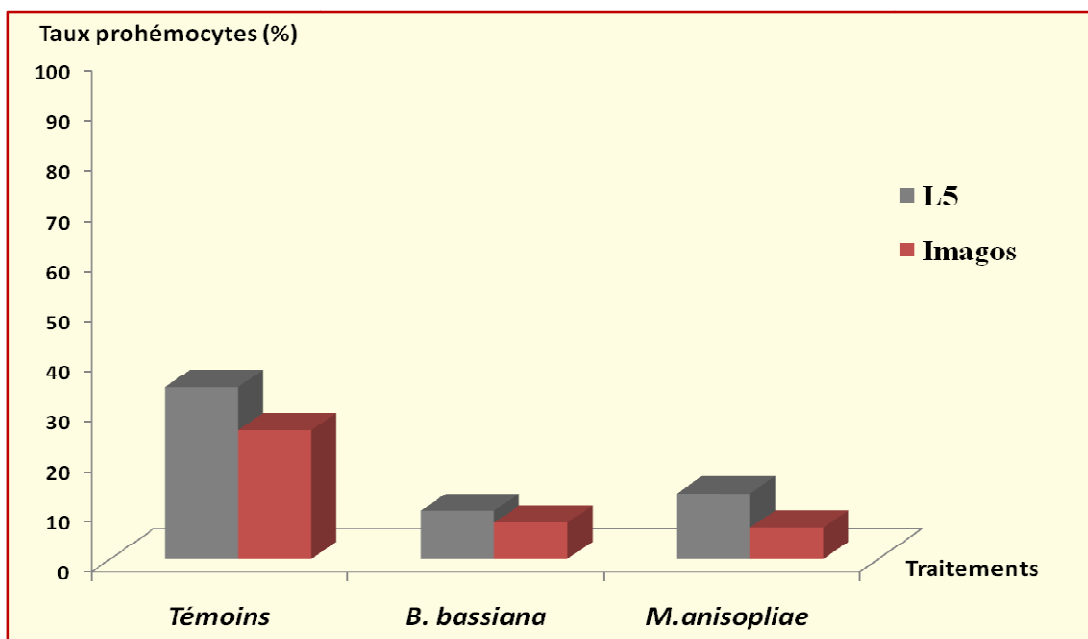


Figure 59. Taux de prohéocytes dans 3µl d'hémolymphe des L5 et imagos de *S. gregaria* témoins et traités au *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*

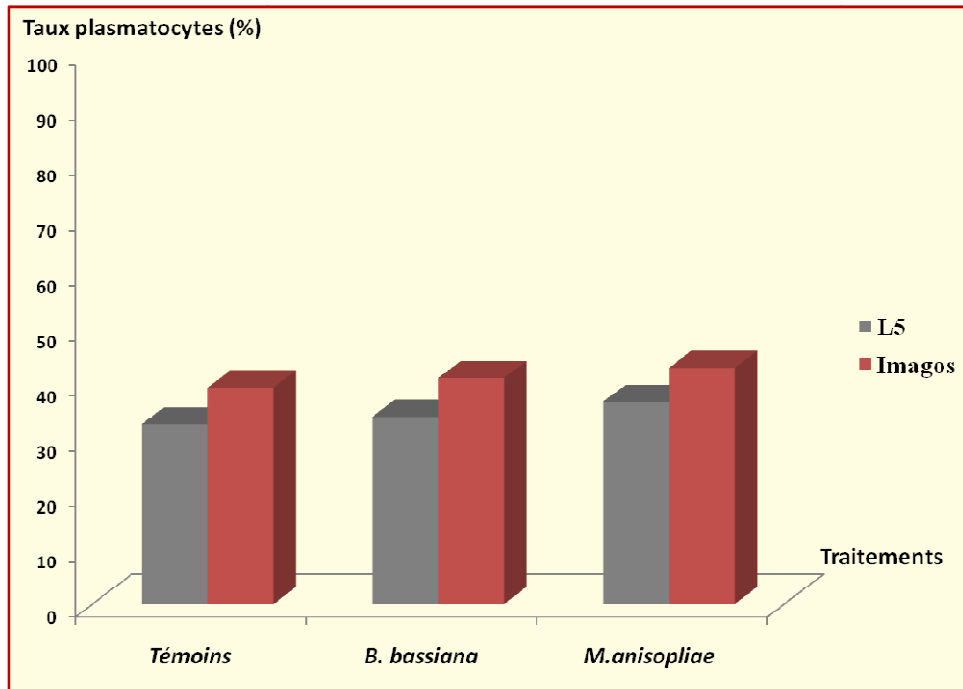


Figure 60. Taux de plasmatocytes dans 3µl d'hémolymphe des L5 et imagos de *S. gregaria* témoins et traités au *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*

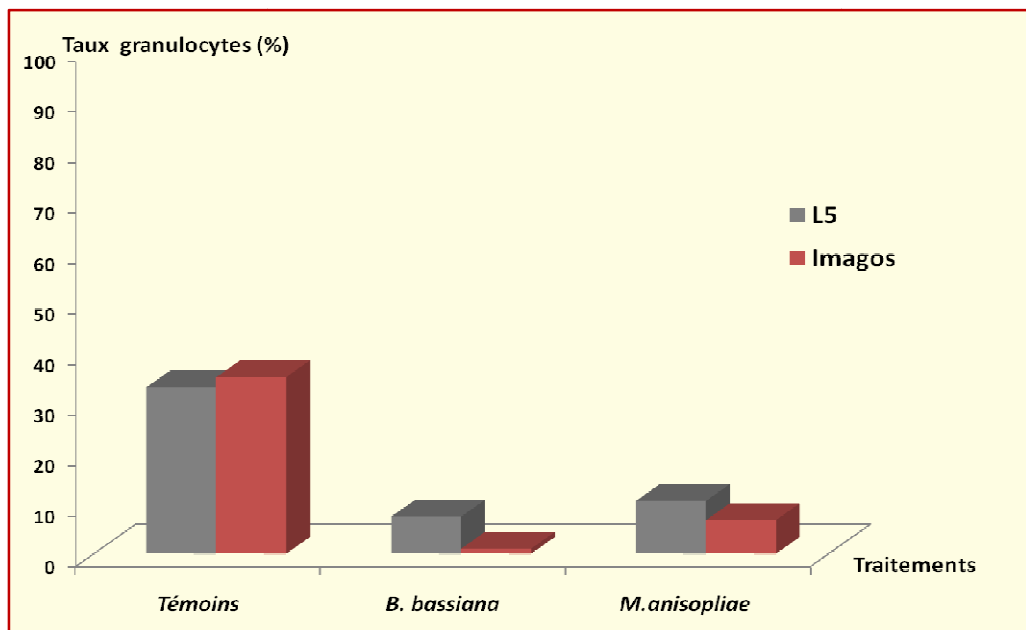


Figure 61. Taux de granulocytes dans 3µl d'hémolymphe des L5 et imagos de *S. gregaria* témoins et traités au *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*

Tableau 18. Effet des extraits acétoniques de *C. procera*, *C. colocynthis*, *C. arabica*, *S. argel*, *A. javanica* et *S. persica* sur l'hémogramme des L5 et imagos, témoins et traités de *S. gregaria*.

		Témoins	<i>C. colocynthis</i>	<i>C. procera</i>	<i>C. arabica</i>	<i>S. argel</i>	<i>A. javanica</i>	<i>S. persica</i>
Nombre d'hémocytes	L5	284	136,33	124,66	145,5	128,33	165,33	162,66
	Imagos	345,66	198,33	175,33	203,66	186,66	232,75	234,33
Taux des prohéocytes	L5	35,34	32,75	26,33	23,33	26,34	33,01	31,59
	Imagos	34,02	29,66	28,66	29,01	26,8	29,84	31,17
Taux des plasmatocytes	L5	48,33	55,33	61,66	55,33	61,33	53,66	54,75
	Imagos	52,65	59,66	65,33	60,33	63,45	57,33	56,33
Taux des granulocytes	L5	16,33	11,92	12,01	11,34	12,33	13,33	13,66
	Imagos	13,33	10,68	6,01	10,66	9,75	12,83	12,5

Les extraits acétoniques des six plantes testées lors de notre étude et contre les L5 et imagos de *S. gregaria* ont provoqué une perturbation quantitative sur l'hémogramme de cet insecte (figures 63, 64, 65 et 66).

En effet, chez les L5 de *S. gregaria*, le nombre total des hémocytes a chuté de 284 hém/3µl enregistrés chez les témoins à 136,33 hém/3µl, 124,66 hém/3µl, 145,5 hém/3µl, 128,33 hém/3µl, 165,33 hém/3µl et 162,66 hém/3µl enregistrés respectivement chez les traités par *C. colocynthis*, *C. procera*, *C. arabica*, *S. argel*, *A. javanica* et *S. persica*.

La même chute du nombre d'hémocytes a été observée chez les imagos, soit une baisse de 345,66 hém/3µl chez les témoins à 198,33 hém/3µl, 175,33 hém/3µl, 203,66 hém/3µl, 186,66 hém/3µl, 232,75 hém/3µl et 234,33 hém/3µl chez les traités, respectivement par *C. procera*, *C. colocynthis*, *C. arabica*, *S. argel*, *A. javanica* et *S. persica*.

Le taux des prohéocytes chez les L5 et imagos témoins de *S. gregaria* a connu une chute remarquable chez les individus traités par les six plantes testées. Cette baisse est de 35,34% (L5) et 34,02% (imagos) à 32,75% (L5) et 29,66 % (imagos), 26,33% (L5) et 28,66% (imagos), 23,33% (L5) et 29,01% (imagos), 26,34% (L5) et 26,8% (imagos), 33,01 (L5) et 29,84% (imagos) et enfin à 31,59% (L5) et 31,17% (imagos), traités respectivement par *C. colocynthis*, *C. procera*, *C. arabica*, *S. argel*, *A. javanica* et *S. persica*. De même pour les granulocytes ayant également baissées chez les L5 et imagos de *S. gregaria* traités par les six plantes étudiées. Alors que les taux de plasmatocytes ont connu une légère augmentation chez les individus traités par rapport aux témoins et ce, pour les deux stades biologiques étudiés.

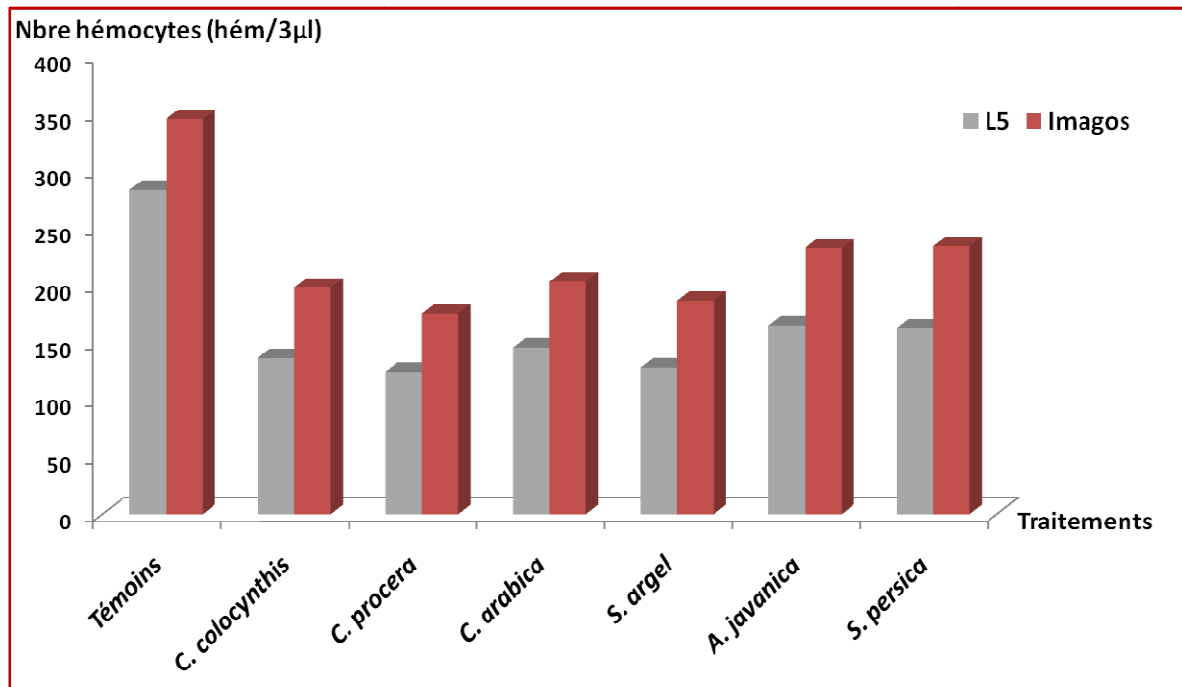


Figure 62. Nombre d'hémocytes dans 3μl d'hémolymph de *S. gregaria* témoins et traités par six différentes plantes

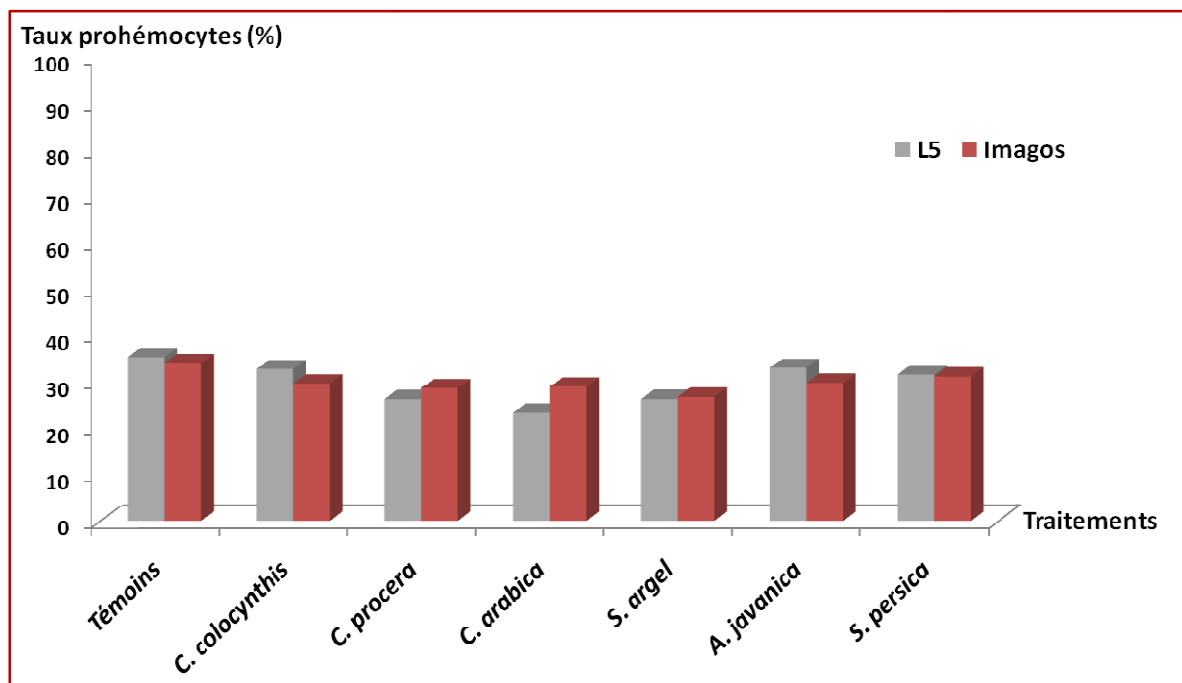


Figure 63. Taux de prohémocytes dans 3μl d'hémolymph de *S. gregaria* témoins et traités par six différentes plantes

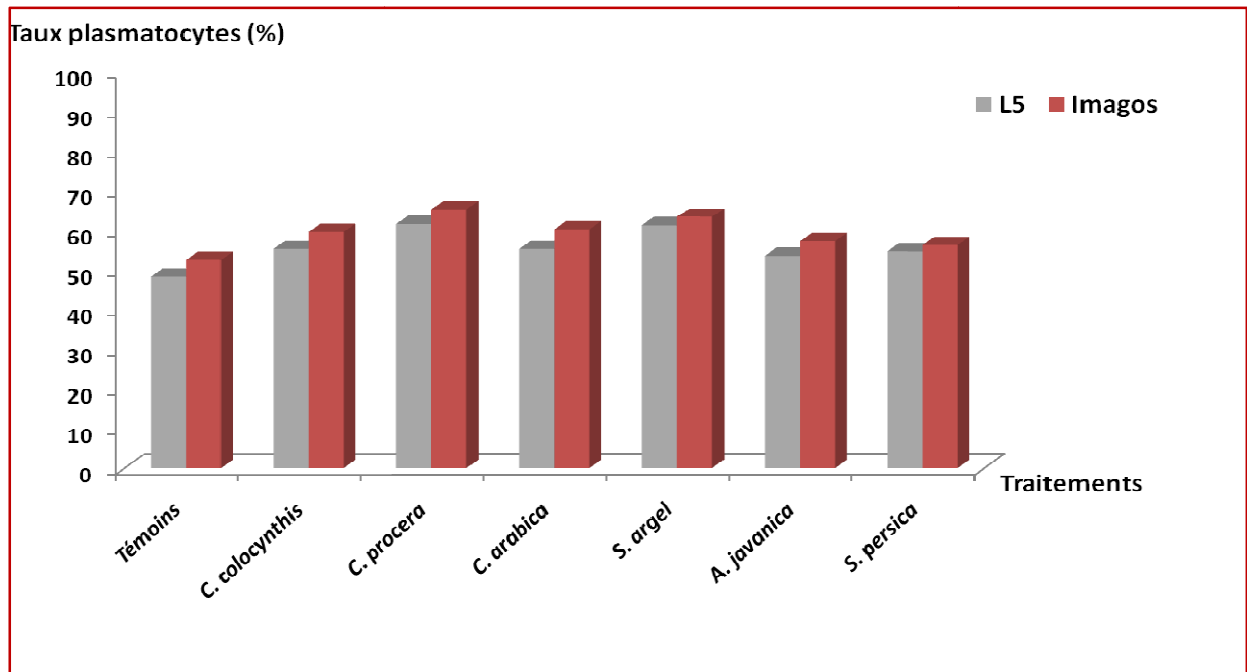


Figure 64. Taux de plasmatocytes dans 3µl d'hémolymphe des L5 et imagos de *S. gregaria* témoins et traités par six différentes plantes

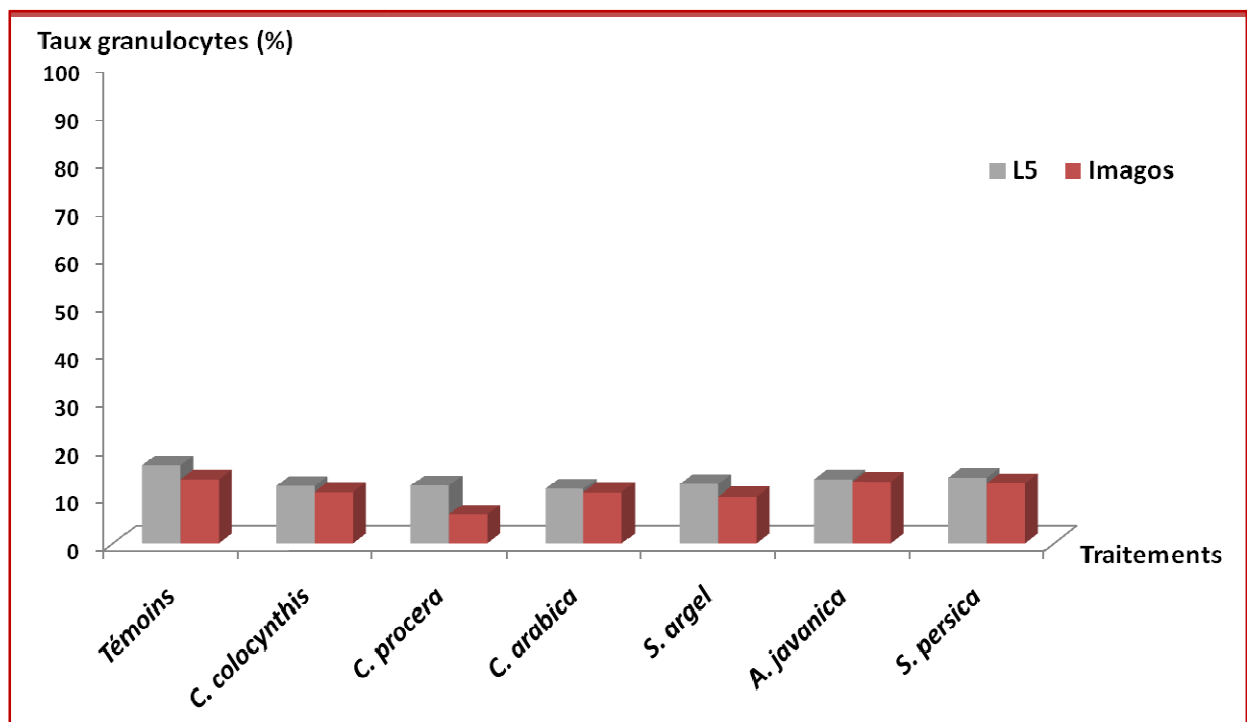


Figure 65. Taux de granulocytes dans 3µl d'hémolymphe des L5 et imagos de *S. gregaria* témoins et traités par six différentes plantes

Chapitre V : Discussions des résultats obtenus

V.1. Bioécologie et distribution spatiotemporelle du criquet pèlerin dans le Hoggar

Cette étude a consisté en la prospection de 65 oueds dans le Parc National de l'Ahaggar durant la décennie d'étalant de 2006 à 2016. Les investigations sur le terrain ont été effectuées durant trois périodes de chaque année, soit : période estivale, période automno-hivernale et période printanière.

V.1.1. Caractéristiques des sites prospectés dans le Hoggar entre 2006 et 2016

Les notations d'observation relatives à chaque oued prospecté ont concerné la texture et l'humidité du sol, l'état de verdissement et la densité du couvert végétal ainsi que la densité des populations du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*.

Suite à l'étude granulométrique des sols des différents sites prospectés, nous avons rencontré plusieurs textures du sol composées de différents éléments (argile, limon, sable fin, sable grossier, cailloux et rocailles), seuls ou combinés entre eux.

Aussi, ces oueds sont caractérisés par des sols présentant différents degrés d'humidité variant entre 1 et 4. Ils sont également ornés d'une végétation annuelle présente en abondance caractérisée par un développement optimal avec début de dessèchement et parfois dessèchement total par endroit. Un couvert végétal caractérisé par 3 degrés de densité mais aussi d'état de verdissement.

S'agissant des individus du criquet pèlerin rencontrés et capturés au niveau de ces oueds étudiés, nous avons capturés, durant la période comprise entre 2006 et 2016, 27 990 individus (13832 mâles et 14158 femelles).

VAN DER WERF *et al.* (2005) notent que l'étude de la distribution du criquet pèlerin dépend de l'étude des observations sur les facteurs écologiques (habitat, plante, texture et humidité du sol et enfin altitude) en utilisant les matrices de corrélation.

De ce fait, nous avons étudié les différentes corrélations entre la densité de *S. gregaria* et les caractéristiques des oueds prospectés (la texture du sol, l'humidité du sol, l'état de verdissement ainsi que la densité de la végétation). Une étude qui nous a permis de constater qu'entre 2006 et 2016 et pour les trois périodes de nos prospections sur le terrain (estivale, automno-hivernale et printanière), la densité des populations du criquet pèlerin corrèle significativement avec les caractéristiques des sites étudiés (texture et humidité du sol ainsi

que la densité et l'état de verdissement du couvert végétal) avec un niveau de probabilité inférieur à 0,05.

Cette corrélation significative s'est avérée négative entre la densité des populations de *S. gregaria* et la texture du sol avec un coefficient de corrélation r variant entre - 0,78 et - 0,81 pour les trois saisons étudiées. Ce qui nous mène à déduire que plus la texture du sol est légère, plus on observe une importante densité des populations du criquet pèlerin. Cette dernière corréle, selon nos résultats obtenus, positivement avec l'humidité du sol avec un coefficient de corrélation r égal à (0,683), (0,783) et (0,723), respectivement pour les périodes estivale, automno-hivernale et printanière. En effet, la densité des populations du criquet pèlerin était moins importante en été par rapport aux autres saisons ayant connue d'importantes pluies.

De ce fait, on peut conclure que la densité des individus de *S. gregaria* est plus importante au niveau des biotopes ayant des sols légers et humides.

HUNTER-JONES et LAMBERT (1961) ayant effectué une étude au laboratoire sur l'influence de l'humidité du sol sur le développement embryonnaire de *Humbe tenuicornis*, déduisent que les œufs incubés de cette espèce acridienne dans un sol humide puis transférés dans un sol sec, subissent une déshydratation induisant une absence d'éclosion. Alors que les œufs incubés pendant 5 jours dans un sol humide et transférés par la suite dans un sol sec pendant 10 jours, puis replacés dans un milieu humide, regagnent rapidement leurs poids normaux et éclosent au bout de 30 jours. C'est un exemple de quiescence induite par la sécheresse.

ABD EL HADI et HASSANEIM (1968) ont révélé que le sol fin avec une importante humidité est préféré par *S. gregaria*. Mais bien avant, c'est à dire en 1950, PASQUIER avait noté que les sites humides constituent un facteur important à la densité des solitaires surtout en zones arides où le seul facteur limitant principal reste l'eau.

De leur côté, POPOV *et al* (1991) notent qu'en cas d'assèchement du sol, les populations de *S. gregaria*, notamment les femelles qui sont très sensibles au facteur hydrique du sol, migrent vers d'autres sols avec des superficies de plus en plus restreintes et favorables à leur ponte et aussi au développement des oothèques. EL BASHIR (1996) note que la conservation de l'eau dans un environnement aride est plutôt difficile étant donné le déficit élevé de saturation de l'atmosphère lorsque l'humidité relative est très faible. Le criquet pèlerin évitera donc les conditions climatiques extrêmes en recherchant ou choisissant des sites favorables à son développement.

VAN DER WERF *et al.* (2005), ayant étudié la distribution du criquet pèlerin au niveau des côtes de la mer rouge (Soudan), ont signalé que les individus de cet acridien ont été observés dans des sites caractérisés par un sol à sable fin et limoneux-sablonneux fin ainsi qu'une importante humidité. De même pour GUENDOOUZ-BENRIMA (2005) qui a noté que les sols limoneux-sabloneux et sablonneux sont les plus favorables à la ponte du criquet pèlerin à condition que l'humidité soit suffisante pour l'incubation des œufs.

Enfin, MAHDJOUBI et GUENDOOUZ-BENRIMA (2012) avaient conclu que les conditions édaphiques favorables à la ponte et à l'augmentation de la densité des populations du criquet pèlerin sont bel et bien les sols légers et humides. Les mêmes auteurs ajoutent que ces milieux offrent à *S. gregaria* un couvert végétal constitué d'espèces très appréciées aux différents stades de développement de cet acridien.

En effet, nos résultats font ressortir une corrélation positive entre la densité des populations du criquet pèlerin et la végétation des oueds que nous avons étudiés. Nous avons ainsi enregistré des corrélations significatives ($p < 0,05$) et obtenus des coefficients considérables pour les trois périodes de prospection. Ces coefficients varient entre ($r = 0,75$ et $r = 0,78$) pour le facteur état de verdissement et ($r = 0,66$ et $r = 0,70$) pour la densité de la végétation. Ce qui explique que l'état de verdissement de la couverture végétale influence, aussi, sur la présence et la densité des populations du Criquet pèlerin. Ce dernier était plus présent au niveau des oueds où l'état de verdissement ainsi que la densité de la végétation étaient importants. La plupart de ces oueds sont composés d'une végétation offrant un support trophique intéressant pour satisfaire et l'alimentation et les besoins d'abri et de perchage pour les différents stades biologiques de *S. gregaria*.

VAN DER WERF *et al.* (2005) notent que les densités acridiennes, notamment celles relatives au criquet pèlerin, étaient importantes dans des zones constituées d'une végétation verte et annuelle, alors qu'elles étaient faibles pendant la saison la plus sèche. Les mêmes auteurs ajoutent que les états du couvert végétal et les relations entre les communautés végétales pourraient fournir la clé de l'élaboration d'un programme de lutte contre le criquet pèlerin.

GUENDOOUZ-BENRIMA *et al.* (2007) mentionnent que le synchronisme entre le cycle biologique du criquet pèlerin et le développement de la végétation influencent beaucoup la reproduction de cet acridien, et ce, en particulier en milieu saharien où les disponibilités trophiques sont erratiques. Toutefois, lorsque cette végétation est rare et desséchée elle pourrait influencer la grégarisation de *S. gregaria*.

Plusieurs auteurs tels que OULD BABAH et SWORD (2004) et CISSE *et al.* (2013) ont noté que les caractéristiques de l'habitat, et en particulier la structure de la végétation, sont en mesure de favoriser ou d'entraver les contacts interindividuels entre les individus du criquet pèlerin, favorisant ou restreignant le processus de grégarisation chez ce ravageur.

Pour sa part, CISSE (2015) note que dans des habitats ayant une faible couverture végétale et des plantes sèches ou en dessèchement, les criquets pèlerins ont donc de fortes chances de grégariser même à faible densité. Par contre, la végétation dense conduit à la dispersion des individus dans l'habitat avec moins de chances de rencontres.

V.1.2. Inventaire floristique et florule associée aux oueds prospectés de *S. gregaria* dans le Hoggar

Dans le cadre de l'étude du comportement alimentaire du criquet pèlerin nous avons jugé utile d'établir un relevé floristique des oueds que nous avons prospectés dans le Hoggar. A rappeler qu'à chaque biotope correspond une liste des espèces qui composent le tapis végétal. Ce dernier peut revêtir des espèces végétales ayant un intérêt particulier pour le criquet pèlerin.

Outre l'intérêt direct des plantes pour le criquet pèlerin, on doit reconnaître aux biotopes une fonction d'indicateur écologique. Connaître la composition floristique (même partielle) du tapis végétal d'un biotope renseigne sur les ressources végétales utilisables par l'acridien (DURANTON *et al.*, 2012).

En effet, lors de nos prospections, nous avons recensé 82 espèces végétales (arborées, arbustives et herbacées) appartenant à 29 familles.

L'inventaire floristique de la région du Hoggar fut l'œuvre de MAIRE (1933), qui publia un mémoire où plus de 350 espèces sont citées (dont onze décrites pour la première fois) et qu'il paracheva avec une description des groupements végétaux, en 1940. D'autres auteurs ont actualisé cette liste tels que QUEZEL (1954), OZENDA (1983) et CELLES et MANIER (1980) cité par CHENOUNE (2005). L'étude de la flore et de la végétation montre l'existence d'espèces propres au Sahara (tamaris, palmier...), auxquelles s'additionnent des éléments méditerranéens (olivier, myrte, lavande...) et tropicaux (acacias, calotropis, balanites...).

En tenant compte de l'appartenance des espèces végétales aux familles botaniques, nous avons constaté que les Asteraceae, les Brassicaceae, les Chenopodiaceae et les Fabaceae sont dominantes au niveau des oueds prospectés. Selon OZENDA (1991), les espèces de Chénopodiacées constituent un groupe cosmopolite et leurs proportions diminuent

lorsqu'on s'éloigne de la partie méditerranéenne de l'Afrique du Nord. Les Zygothylacées constituent la seule famille typiquement saharienne.

Nous avons également établie une liste de la florule associée aux six oueds caractérisés par une importante densité du criquet pèlerin et selon des différents types biomorphologiques de chaque espèce végétale répertoriée.

DURANTON *et al.* (2012) indiquent que l'étude de la florule d'un biotope acridien, permet d'évaluer l'état de développement des populations acridiennes et de déterminer leur potentiel biologique. Les mêmes auteurs ajoutent que le criquet pèlerin est un insecte phytophile et phytophage, c'est-à-dire qu'il vit dans la végétation qui lui sert d'abri et de perchoir et qu'il s'en nourrit.

La répartition biogéographique nous mène à déduire que les espèces végétales saharo-sindienne sont les plus répertoriées au niveau des oueds étudiés. Nous avons également noté la présence d'espèces végétales appartenant à d'autres types biogéographiques tels que les saharo-arabiques, tropicales, méditerranéens soudano-décaniens, paléo-tropicales, nord-africains, nord-sahariens, occidentales et cosmopolites. Une éco diversité induisant ainsi une grande biodiversité végétale de la région du Hoggar.

Le Sahara algérien est colonisé par une flore essentiellement Saharo-Sindienne mais aussi par de nombreux taxons soit strictement méditerranéens soit au contraire appartenant au monde tropical africain (GUENDOUZ-BENRIMA, 2005).

En effet, nos résultats montrent que les types bio-morphologiques, thérophytes et les chamaéphytes sont les plus présents dans les oueds à savoir : Abadel, Adjelmane, Amded, Tekouiat, Tin Tarabine et Igharghar, D'autres types sont, également, présents. Il s'agit des : héli-cryptophytes, nano-phanérophytes, micro-phanérophytes, méso-phanérophytes et phanérophytes. Notons que les thérophytes sont des herbacées qui apparaissent généralement juste après une pluie et quand l'humidité du sol est superficielle. Ce sont des espèces qui ont du mal à subsister en période de sécheresse et restent sous forme de graine. Quant aux chamaephytes, ce sont des buissons qui résistent bien aux conditions de sécheresse vu leurs systèmes de feuillage et racinaire adaptés.

GUENDOUZ-BENRIMA (2005) a pour sa part enregistré la dominance des thérophytes (28 espèces) et des chamaéphytes (30 espèces) sur 102 espèces végétales recensées entre 1994 et 1998 dans le Sud algérien. De leur côté, DURANTON *et al.* (2012) notent 285 taxons appartenant à 70 familles botaniques sont associés aux biotopes acridiens en Afrique de l'Ouest.

V.1.3. Étude de la variable de densité et de la distribution spatiotemporelle des individus de *S. gregaria* dans le Hoggar entre 2006 et 2016

GUENDOZ-BENRIMA (2005) indique que la densité est le principal facteur de régulation phasaire chez le criquet pèlerin. Ce facteur nous informe sur le devenir et l'évolution de la population acridienne et ce, en tenant compte de trois importants descripteurs. Il s'agit de l'effectif des individus d'une population, la surface du biotope et enfin la densité de la population qui est estimée au mètre carré (pour les populations groupées) ou à l'hectare (pour les populations diffuses).

Les résultats de cette étude font état d'une présence annuelle des populations du Criquet pèlerin au niveau des six oueds étudiés. Il est fort probable que ces sites représentent des biotopes de survie et de reproduction de cet acridien. Les données obtenues pour cette étude nous renseignent également sur l'étroite relation entre la densité des populations de *S. gregaria* et leur état phasaire. Ainsi, les moyennes de densités de cet acridien ont dépassé les 350 (ind./ha) lors des périodes (2010-2011) et (2013-2014). Ces dernières ont été caractérisées par la présence en majorité d'individus transiens au niveau des oueds : Amded, Tin tarabine et Igharghar. Aussi, ces périodes ont enregistré d'abondantes pluies ainsi qu'un verdissement annuel de la végétation. Pour les autres oueds, nous avons observé la présence des solitaires en majorité par rapport aux *transiens*. Notons également que ces densités ont tendance à croître avec celles du couvert végétal et dépendent des conditions climatiques des sites prospectés. Comme nous avons remarqué que les populations acridiennes sont caractérisées par une importante densité dans le Hoggar entre l'automne et le printemps. Presque la plupart des populations sont hétérogènes même au sein d'un même biotope.

POPOV (1997) explique que dans le Sahara algérien, du fait de la distribution erratique des précipitations sahariennes, les larves peuvent apparaître à n'importe quel mois en faible nombre mais un peu plus important d'Avril à Juin. Pour les larves présentes entre Octobre et Novembre dans l'extrême sud, il ajoute qu'elles représentent une extension des populations du Mali et du Niger.

GUENDOZ-BENRIMA (2005) mentionne que les pluies hiverno-printanières qui touchent la zone du Sahara central permettent le maintien des populations. Le même auteur indique qu'en période de rémission et de fin de recrudescence, les populations solitaires restent généralement dispersées à cause de l'étendue de la végétation et ne commencent à constituer un potentiel dangereux qu'au printemps au Sahara central et en automne au Sahara méridional.

De son côté, LAZAR (2005) note que les zones de haute fréquence de la présence du criquet pèlerin et durant la période automno-hivernale sont situées en plein couloir extrême sud – Sahara central compris entre 20° et 30° Nord et 1° et 9° Est. Dans ces régions s'exerce une complémentarité écologique saisonnière (été-automne-hiver) et les criquets quittent les zones méridionales après le dessèchement de la végétation à la fin des saisons de pluies, vers le Sahara central. Le même auteur ajoute que pour la période estivale le criquet pèlerin colonise les zones méridionales, qui bénéficient des pluies de mousson, générées par la remontée du Front Intertropical.

Le criquet pèlerin y trouve, de ce fait, des conditions écologiques favorables pour son maintien. Ces biotopes se limitent essentiellement aux zones d'accumulation et d'épandage des principaux oueds de l'extrême sud (BENSAAD, 2015). Ce dernier note aussi une activité importante des populations du Criquet pèlerin entre 2006 et 2009 dans le Sud algérien, notamment le Hoggar, ayant connu en cette période des pluies suffisantes qui ont certainement généré des conditions écologiques d'humidité et de végétation favorables à la reproduction de ce ravageur.

V.1.4. Étude morphométrique des populations de criquet pèlerin dans le Hoggar

Pour cette étude nous avons déterminé le statut phasaire des populations de *S. gregaria* au niveau de six oueds (Abadel, Adjelmane, Amded, Tikouiat, Tin Tarabine et Igharghar), où la densité du criquet pèlerin a été très importante et ce, durant toutes les périodes de prospection. Rappelons aussi que la présence de cet acridien a également été observée dans d'autres sites prospectés, mais à faible densité.

Les résultats comparés avec l'échelle de DIRSH (1953) font ressortir la présence de deux phases, à savoir l'état solitaire et l'état *transiens*. Nous avons noté la présence d'individus solitaires dans les trois périodes de prospection (estivale, automno-hivernale et printanière), tout au long des dix années de nos prospections. Notons que les populations étaient majoritairement solitaires toujours en présence des *transiens* lors des périodes (2006-2010), (2011-2013) et (2014-2016). Alors que la phase *transiens* était dominante lors des périodes (2010-2011) et (2013-2014).

Plusieurs travaux de recherche sur le statut phasaire du Criquet pèlerin ont été réalisés auparavant. Nous citons ceux de VOLKONSKY (1942) ayant mentionné que les populations de *S. gregaria* présentes dans le Sahara central entre 1939 et 1941 étaient des populations de statut solitaire. DOUMANDJI-MITICHE *et al.* (1996) notent que pendant la

recrudescence du criquet en Algérie au niveau des régions de Tamanrasset et Adrar en 1995 ils ont signalé la présence de populations *transiens dissocians*.

D'après GUENDOOUZ-BENRIMA (2005), durant ses prospections effectuées dans le Sud algérien entre 1994 et 1998, les populations homogènes solitaires et les populations hétérogènes de type solitaire transiens et solitaire-transiens-grégaire, sont réparties entre les différents secteurs du Sahara central et méridional pendant deux périodes de l'année, au printemps et en automne.

KAIDI (2007) lors de son étude morphométrique sur le criquet pèlerin dans le Hoggar en 2006, avait fait ressortir la présence de populations *Transiens* avec la présence de quelques individus solitaires, et quelques individus grégaires probablement issus des populations résiduelles de post invasion relative à la période (2003-2005).

V.1.5. Étude du régime alimentaire de *S. gregaria* dans le Hoggar

La nourriture est un facteur écologique important suivant sa qualité et son abondance, elle intervient en modifiant la fécondité, la vitesse de développement et la mortalité des animaux. En outre, la diversification des régimes alimentaires est à l'origine de nombreuses adaptations morphologiques, physiologiques et écologiques (DAJOZ, 1983).

RICKLEFS et SHLUTER (1993) cités par DE WYSIECKI *et al.* (2000) précisent que les différences spatiales des populations acridiennes sont liées à la composition du couvert végétal de chaque habitat

La compréhension du comportement trophique du criquet pèlerin constitue un élément de base dans la surveillance antiacridienne. Ce comportement trophique est en relation très étroite avec les disponibilités alimentaires que présente le biotope de l'acridien, en l'occurrence la composante alimentaire du tapis végétal. En phase solitaire, le Criquet pèlerin manifeste des préférences alimentaires bien marquées, dont certaines restent à préciser ou à élucider (DURANTON *et al.*, 2012). Les recherches scientifiques sur les préférences alimentaires de cet acridien montrent qu'il se nourrit de pas moins de 198 plantes (OBAID OMER, 2006).

En effet, notre étude relative au régime alimentaire des populations du criquet pèlerin capturées dans les six oueds prospectés dans le Hoggar a consisté en une évaluation qualitative (analyse microscopique) et quantitative (fréquences d'occurrence de chaque espèce dans les fèces).

Après comparaison des contenus des fèces des individus mâles et femelles de *S. gregaria* avec l'épidermothèque de référence réalisée auparavant, nous avons identifié,

dans les fecès de cet acridien, 23 espèces végétales. Ces dernières appartiennent à 13 familles botaniques à savoir les : *Amaranthaceae*, *Asclepiadaceae*, *Brassicaceae*, *Boraginaceae*, *Capparidaceae*, *Chenopodiaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae*, *Nyctaginaceae*, *Poaceae*, *Rhamnaceae*, *Solanaceae* et *Zygophyllaceae*.

Plusieurs travaux sur l'étude des préférences alimentaires du criquet pèlerin ont été réalisés auparavant. POPOV (1997) avait cité les travaux de DARLING (1934) et ceux de ZOLOTAROVSKY et MURAT (1938).

GUENDOZ-BENRIMA (2005), ayant étudié le régime alimentaire du criquet pèlerin dans le Sud algérien, avait identifié 50 espèces végétales appartenant à 23 familles botaniques. Parmi ces dernières, les plus fréquentes dans le régime alimentaire de *S. gregaria* sont les *Brassicaceae*, les *Boraginaceae*, les *Poaceae*, les *Zygophyllaceae*, les *Solanaceae* et les *Nyctaginaceae*.

BENSALAH (2009) note que le régime alimentaire du criquet pèlerin dans la région de Biskra est composée de 19 espèces végétales appartenant aux : *Poaceae*, *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Brassicaceae*, *Fabaceae*, *Convulvulaceae* et *Arecaceae*.

SHU AIBU *et al.* (2013) précisent que *S. gregaria*, principalement herbivore, a des préférences pour les *Poaceae* et les *Fabaceae*.

Ainsi, pour les trois saisons étudiées nous avons noté que l'espèce *Schouwia thebaica* (*Brassicaceae*) est la mieux appréciée par les deux sexes du Criquet pèlerin, avec d'importantes fréquences d'occurrences comprises entre 88 et 99% au niveau des cinq oueds dans lesquels cette plante a été recensée, soit à : Abadel, Amded, Tikouiat, Tin Tarabine et Igharghar. Elle est suivie par *Tribulus terrestris* (*Poaceae*). Cinq autres espèces végétales sont, également, appréciées par les deux sexes de *S. gregaria*. Il s'agit de *Morretia canescens*, *Boehrvia repens*, *Eremobium aegyptiacum*, *Panicum turgidum* et *Fagonia bruguieri*. Ces espèces qui sont les plus fréquentes dans les fèces, sont consommées autant de fois qu'elles sont repérées sur terrain. Cependant, en plus des *Brassicaceae*, les *Poaceae* sont aussi les mieux représentées dans les fèces de *S. gregaria* dont les espèces suivantes : *Stipagrostis ciliata* et *Stipagrostis pungens* malgré la rareté des deux dernières espèces sur terrain.

Par contre, d'autres familles botaniques, également recensées dans les oueds prospectés, sont complètement délaissées. Nous pouvons citer, les familles les plus abondantes telles que les *Asclepiadaceae* et les *Cucurbitaceae*.

La consommation de ces espèces relève de l'apport hydrique que peuvent apporter ces végétaux à l'insecte en zone aride en période sèche. PESSON (1980) affirme que les espèces

phytophages sont douées d'un instinct botanique infaillible, souvent basé sur une perception sensorielle très fine et précise ainsi que certains caractères chimiques de la plante hôte.

BERNAYS et LEWIS (1986) notent que le criquet pèlerin a une préférence pour *Pennisetum typhoideum* et *Heliotropium* spp. Ils ajoutent qu'en plus de ces deux espèces, cet acridien est toujours associé à *Taraxacum officinale*. La préférence de *S. gregaria* pour l'espèce *Heliotropium* spp est aussi signalée par plusieurs auteurs tels que BASHIR *et al.* (2000), WOLDWAHID *et al.* (2004) et VAN DER WERF *et al.* (2005) travaillant dans les côtes soudanaises.

La préférence pour les espèces *S. thebaica* et *T. terrestris* a également été notée par les travaux de GHAOUT (1990). Cette étude avait concerné les populations du criquet pèlerin capturées durant les années 1987 et 1988 en Mauritanie.

DESPLAND et SIMPSON (2000 et 2004) ont signalé que *Hyoscyamus muticus* était très appréciée par *S. gregaria* en période de rémission.

GUENDOZ-BENRIMA (2005) a mentionné que *S. thebaica*, *Morettia canescens* et *Tribulus terrester* étaient présentes avec des fréquences assez élevées dans les fèces des individus de *S. gregaria* récoltés au niveau des différents biotopes du criquet pèlerin dans le Sud algérien en l'occurrence le Hoggar. LAZAR (2005) a noté que *S. thebaica* a constitué 44 et 45 % du régime alimentaire des mâles et des femelles de *S. gregaria* capturés à oued Amded. OBAID OMER (2006) indique que malgré sa polyphagie, le criquet pèlerin montre une préférence pour *Heliotropium* spp, *Dipterygium glaucum*, *Tribulus* spp; *Schouwia purpurea*, *Aerva javanic* et *Pennisetum typhoideum*

Nous avons également observé une inappétence de *Calotropis procera*, *Cornulaca monacantha*, *Salvadora persica* et *Citrulus colocynthis* qui sont très abondantes sur terrain. ROONWAL (1953) et BA-ANGOOG (1977) cités par GUENDOZ-BENRIMA, avaient mentionné l'inappétence de *S. gregaria* pour *C. procera*.

Bien avant, en 1963 SHAHA et KASINATHAN avaient mis en évidence la présence d'histamine dans le latex de cette plante dont les précurseurs d'alcaloïdes sont des histamines (SMITH, 1980) ayant un effet dissuasif pour *S. gregaria* (RAO et MEHROTRA, 1977).

L'action neurotoxique et organohalogène de ces alcaloïdes a déjà été observée chez les vertébrés (PAHWA et CHATTERJEE, 1988; EL BADWI *et al.*, 1998).

V.2. Essais de lutte biologique contre le criquet pèlerin au laboratoire

L'étude que nous avons menée sur l'efficacité de deux champignons entomopathogènes et de six plantes contre le criquet pèlerin, ce, dans le cadre d'une perspective de lutte biologique, nous a conduit à des résultats prometteurs. En effet, les tests effectués lors de notre travail au laboratoire ont fait ressortir des effets préjudiciables vis-à-vis de la mortalité ainsi que sur l'hémogramme de ce ravageur.

V.2. 1. Effet sur la mortalité

V.2.1.1. Utilisation des champignons entomopathogènes contre les L5 et les imagos de *S. gregaria*

Les traitements à base de *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum* réalisés sur les L5 et imagos de *S. gregaria* nous ont permis d'observer, en premier lieu, une baisse de l'appétit ainsi qu'une diminution de la mobilité 24 heures après le traitement. Nous avons également noté, à partir du 3^{ème} jour de traitement, l'apparition de tâches rougeâtres au niveau du thorax et de l'abdomen des individus, de faibles tremblements des pattes suivis d'une paralysie du corps et même une mortalité de quelques individus traités. Après avoir exposé les cadavres de ces derniers, à une humidité relative suffisamment élevée, les mycéliums des deux champignons ont sporulé. Quelques jours après, nous avons observé la sortie des mycéliums vers l'extérieur des corps des cadavres qui se sont recouverts par la suite de duvet blanchâtre pour le cas de *B. bassiana* et de duvet verdâtre pour *M. anisopliae* var *acridum*.

En effet, WELLING et ZIMMERMAN (1997), notent que la cuticule de *L. migratoria* traitée par le champignon *Sorospora sp.* devient pâle et se casse vers le haut facilement, libérant des masses de spores brun-rougeâtres qui couvrent le cadavre en entier. ARTHURS et THOMAS (2001) mentionnent l'observation d'une sporulation de *M. anisopliae* var *acridum* dans les cadavres de *S. gregaria* incubés à des températures moins favorables et une importante humidité relative. FREIMOSER *et al.* (2003) rapportent que l'atteinte des antennes par l'infection par *M. anisopliae* entraîne une perte du sens de l'orientation et l'animal finira par mourir. Les pattes touchées par le champignon montrent des anomalies et peuvent disparaître entraînant une difficulté pour la recherche de nourriture. Les mêmes auteurs, rajoutent que l'attaque de *M. anisopliae* avant la mort de l'insecte se manifeste par des événements distincts comme dans le cas des insecticides chimiques.

KOOYMAN (2007) note que le *Metarhizium* infecte les insectes par contact, pas par ingestion, ce qui est similaire à l'action de beaucoup d'insecticides chimiques. Les spores trouvés sur la cuticule de l'insecte ou ramassés de la végétation, germent pendant 24 heures.

Les hyphes sortant pénètrent dans la cuticule à l'aide des enzymes et se désintègrent ensuite en corpuscules hyphales qui se répandent à travers le corps de l'insecte. Ce dernier essaie d'enkyster ces cellules fongiques surtout quand leur développement est arrêté par une température élevée. Le même auteur ajoute que la plupart des spores sont capable de se libérer au moment où la température devient favorable. Le mycélium pousse ensuite dans les tissus et si l'humidité ambiante est suffisamment élevée, on peut le voir sortir du cadavre, surtout des articulations. Lors de ce processus la cuticule rougit, par l'oosporéine produite par le champignon. Des spores vertes sont formées 24h ou 48h après l'infection par le champignon, elles peuvent ensuite infecter d'autres individus. Si l'air est trop sec, la sporulation a lieu à l'intérieur du cadavre, où les spores peuvent survivre longtemps. A l'arrivée de la prochaine saison de pluies les restes du cadavre se désintègrent et les spores sont libérées pour infecter chaque criquet qui les piétine. C'est possible que les spores soient soufflées sur des nouveaux hôtes par le vent KOOYMAN (2007).

Les perturbations de la prise de nourriture chez les individus de *S. gregaria* traités par les deux champignons observés lors de notre étude ont été notées par SEYOUM *et al.* (1994), ayant traité les individus du criquet pèlerin par *M. flavoviride* et de même SIEGLAFF *et al.* (1997) qui ont enregistré que ces deux champignons diminuent le taux de consommation de *Schistocerca americana* de 36,6%.

Cette baisse de l'appétit a également été notée par ARTHURS et THOMAS (2000), OUTTAR (2009) et MILLAT-BISSAD (2011). Toutefois, DJEZZAR (2007) note la reprise de l'activité alimentaire après la mue chez tous les stades larvaires de *S. gregaria* traités par *M. anisopliae* var *acridum*. Une reprise de l'appétit certainement due, selon le même auteur, à l'inhibition de l'action du champignon entomopathogène par des phénomènes physiologiques liés à la mue ou à un système de défense qui se trouve performant entre deux exuvies.

Ainsi, nos observations, s'agissant de l'apparition des duvets blanchâtre et verdâtre sur les cadavres de *S. gregaria* traités par *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*, corroborent avec celles notées par HALOUANE *et al.* (2001), OUTTAR (2009) et KAIDI *et al.* (2017).

HADDADJ *et al.* (2014) ont noté qu'après applications de *B. bassiana* sur les individus de *S. gregaria*, ces derniers ne s'alimentent plus et leurs mouvements deviennent de plus en plus lents avant d'être paralysés jusqu'à la mort. Des taches rougeâtres sont visibles au niveau du thorax correspondant à la présence du mycélium. Les mêmes auteurs précisent qu'en présence d'humidité le mycélium perce la cuticule surtout au niveau des membranes intersegmentaires et commence à sporuler. Peu après, le cadavre se couvre d'une couche

poudreuse blanchâtre. Chez les criquets traités avec *B. bassiana* ils prennent une couleur caractéristique de la muscardine blanche.

Pour ce qui est de l'évolution de la mortalité selon le facteur temps, les résultats de cette étude montrent que les deux champignons engendrent des mortalités à partir du 4^{ème} jour de traitement. Un pourcentage de 50% de mortalité a été atteint au 6^{ème} jour de traitement, chez les deux stades biologiques du criquet pèlerin que ce soit pour *B. bassiana* que pour *M. anisopliae*. Quant à la mortalité totale, elle a été enregistrée au 13^{ème} jour pour les L5 des *S. gregaria* traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae* var *acridum*. Pour les imagos, c'est à partir du 12^{ème} jour de traitement à base de *B. bassiana* que le 100% de mortalité a été atteint. Alors que chez les imagos traités au *M. anisopliae*, la mortalité totale des individus a été atteinte 24 heures avant, c'est à dire au 11^{ème} jour de traitement.

Selon OUEDRAOGO (2001), le criquet migrateur, par l'entremise de la thermorégulation, développe une fièvre comportementale quand il est infecté par le champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*.

WILPS *et al.* (1992), ont enregistré des mortalités 8 jours après avoir traité des adultes de *S. gregaria* avec du *M. anisopliae*. BRINKMAN *et al.* (1997) ont noté un pourcentage de mortalité de 72,7 % au 10^{ème} jour chez les individus de *L. migratoria* traités par une formulation huileuse de *B. bassiana* à la dose $2,64 \times 10^9$ spores/ml. DELGADO *et al.* (1997) lors d'un essai sur terrain de *B. bassiana* contre *Locusta migratoria*, ont enregistré un pourcentage de mortalité de 56 % au 10^{ème} jour de traitement.

JARONSKI et GOETTEL (1997) testant l'effet de *B. bassiana* vis-à-vis des adultes de *Melanoplus sanguinipes* ont obtenu des mortalités de 72 % au 2^{ème} jour à la dose $1,2 \times 10^6$ spores / ml. Sur ce même acridien. Quant à INGLIS *et al.* (1997), ils ont enregistré 80 % de mortalité au début du 4^{ème} jour pour la dose $4,3 \times 10^3$ spores / ml.

En 1998 HADDADJ *et al.*, ont obtenu 100% de mortalité totale chez les L5 de *S.gregaria* traités au *M. anisopliae*, à partir du 5^{ème} jour de traitement. Ce même auteur a enregistré 100% de mortalité entre 5 et 7 jours après traitement des L5 de *S. gregaria* avec *B. bassiana*. DOUMANDJI-MITICHE *et al.* (1999) ont enregistré des taux de mortalités de 100 % entre le 6^{ème} et le 12^{ème} jour sur les différents stades de *L. migratoria* traités, par contact, par *M. anisopliae* var *acridum*.

Nos résultats corroborent avec ceux obtenus par OULD TALEB et AMADOU (2001) ainsi que ceux enregistrés par ZIMMERMAN *et al.* (2003) qui ont étudié la comparaison de l'effet des deux champignons *B. bassiana* et *M. anisopliae* contre *S. gregaria*.

Nous avons également obtenus des résultats similaires que ceux enregistrés par KAIDI (2007) qui a obtenu des mortalités des imagos de *S. gregaria* traités par *M. anisopliae*, à partir du 3^{ème} jour de traitement, avec 50% de mortalité atteint entre le 5^{ème} et 6^{ème} jour et une mortalité complète atteinte au 11^{ème} jour de traitement. Alors que pour le traitement à base de *B. bassiana*, le même auteur a obtenu des mortalités à partir du 4^{ème} jour d'observation.

En sus, des essais au laboratoire réalisés par DJEZZAR (2007) pour l'étude de l'effet de cette même souche fongique sur la mortalité des adultes de *Schistocerca gregaria*, ont révélé un taux de 100% au bout de 13 jours après le traitement en utilisant une dose de 103 spores/ml par contact en pulvérisant un volume de 1 ml sur chaque individu.

De son côté, HEMMOUR (2009) note une mortalité des individus de *S. gregaria* à partir du 8^{ème} jour de traitement par *M. anisopliae*. OUTTAR *et al.* (2011) ont enregistré des résultats proches aux nôtres quant à l'effet du « Green Muscle® » qui est le nom commercial de *M. anisopliae var. acridium* vis-à-vis des L5 de *Locusta migratoria*.

Concernant l'effet de *B. bassiana* sur les individus de *S. gregaria*, HADDADJ *et al.* (2014) ont obtenus des mortalités à partir du 1^{er} jour avec la dose $D=1,46 \times 10^7 \text{ sp./ml}$ ainsi que 100% de mortalité enregistré au 6^{ème} jour.

D'autres travaux de recherches, à savoir ceux réalisés par STEPHAN *et al.* (1997) ; SCANLAN *et al.* (2001) ainsi que ceux de ZIMMERMAN *et al.* (2003), ont mis en évidence l'efficacité des entomopathogènes *M. anisopliae* et de *B. bassiana* contre *L. migratoria* et *S. gregaria*.

Sur d'autres insectes, NANKINGA *et al.* (1996) ont testé les deux champignons sur le charançon du bananier en Ouganda et ont obtenu un début de mortalité à partir du 5^{ème} jour pour les deux cryptogames. Ils ont noté que 100 % de mortalité n'a été atteint qu'après 3 semaines d'observation. EKESI (2001) étudiant l'effet de *B. bassiana* et de *M. anisopliae* contre les adultes de *Ootheca mutabilis*, signalent que lors du test de consommation de feuilles, la quantité ingérée par les coccinelles traitées a été significativement plus faible 2 jours après le traitement et l'effet s'est prolongé jusqu'au 7^{ème} jour lorsque toutes les coccinelles sont mortes. Les effets antiappétants du pathogène pourraient en partie expliquer la faible vitesse de mortalité des coccinelles et jouer un rôle important lors du contrôle au champ. MOHAMMADBEIGI et PORT (2015) ont mis en évidence l'effet toxique de *B. bassiana* et *M. anisopliae* sur la mortalité ainsi que la consommation alimentaire de l'orthoptère *Uvarovistia zebra*. De son côté, ALKHAIBARI *et al.* (2016) indiquent que *B. bassiana* et *M. anisopliae* se sont révélés très efficaces dans

l'élimination des larves du moustique *Aedes aegypti* qui est un vecteur d'un large éventail de maladies (la fièvre jaune, le chikungunya, la dengue, le chikungunya, etc.).

V.2.1.2. Utilisation des plantes toxiques contre les L5 et les imagos de *S. gregaria*

Cette étude a concerné le traitement des L5 et des imagos de *S. gregaria* par les extraits acétoniques de six plantes, à savoir *Citrullus colocynthis*, *Calotropis procera*, *Cleome arabica*, *Solenostemma argel*, *Aerva javanica* et *Salvadora persica*.

Suite à l'ingestion de la laitue pulvérisée par les extraits acétoniques des plantes citées ci-dessus, nous avons noté une diminution instantanée de la prise de nourriture et de la mobilité accompagnée par de forts tremblements des pattes, puis d'une paralysie quasi-totale de l'insecte après seulement 3h de traitement. Comme nous avons observé un pourrissement et démembrement des cadavres constatés 24 heures après la mort de chaque individu, accompagnés d'une coloration bleuâtre de l'appareil buccal des criquets morts.

Les résultats que nous avons obtenus, pour ce qui est de l'évolution de la mortalité des individus traités dans le temps, laissent apparaître que la toxicité chez les larves du cinquième stade et les imagos de *S. gregaria* diffèrent d'une espèce végétale à l'autre.

S'agissant de l'utilisation des extraits acétoniques, un début de mortalité a été noté à partir du 3^{ème} et 4^{ème} jour de traitement, respectivement pour les L5 et les imagos traités par *C. procera*. Cette dernière a été suivie de *S. argel* qui a induit une mortalité pour les deux stades biologiques (L5 et imagos) du criquet pèlerin, respectivement, à partir du 5^{ème} et 6^{ème} jour. Notons que le début de mortalité pour les lots témoins des L5 et des imagos a été obtenu à partir du 17^{ème} jour d'observation. Aussi, nous avons observé que les individus nourris par des feuilles de laitue *Lactuca sativa* traitées par l'extrait acétonique des feuilles de *C. procera*, *S. argel*, *C. colocynthis* et *C. arabica*, présentent une mortalité totale (100%), respectivement au bout du 8^{ème}, 13^{ème}, 17^{ème} et 19^{ème} jour de traitement. Alors que 100% de mortalité n'a pas été atteint durant les 21 jours d'observation chez les individus nourris à base des feuilles de laitue traitées par les extraits acétoniques de *S. persica* ainsi que *A. javanica* et ce durant la période d'observation.

Pour ce qui est des TL50 des différentes plantes testées, il apparaît que l'extrait acétonique de *C. procera* semble être plus toxique que celui des autres plantes, avec une mortalité de 50% obtenue à partir du 4^{ème} jour de traitement. L'extrait acétonique de *S. argel* vient en deuxième position avec 50% de mortalité atteint à 9,41 jours chez les larves de 5^{ème} stade et à 7,62 jours chez les imagos de l'acridien en question. Pour les extraits acétoniques

de *C. colocynthis*, *C. arabica*, *A. javanica* et *S. persica*, les TL50 ont été atteints entre le 10^{ème} et le 14^{ème} jour de traitement.

L'extrait acétonique foliaire des six plantes testées lors de notre étude semblent avoir un effet très hautement significatif sur la prise de nourriture des individus L5 et imagos de *S. gregaria*. Le choix d'une plante pour un insecte comme aliment, dépend des quantités relatives d'agents stimulant ou inhibant l'absorption de nourriture présente dans la plante, d'après DESCOINS (1979) cité par KEMASSI *et al.* (2012). Ces derniers ajoutent que, généralement, les criquets explorent la surface de la feuille avec leurs palpes avant de mordre. Le rejet du végétal s'effectue habituellement après la morsure. Toutefois, chez *Schistocerca gregaria*, il peut y avoir un rejet inhabituel de la plante juste après l'étape de palpation et sans morsure. Ce comportement résulte d'une sorte d'apprentissage. L'insecte associant, les stimuli enregistrés par leurs palpes avec le rejet qui suit les premières morsures (LEGALL, 1989).

En effet, la poursuite d'alimentation des individus des lots de feuilles de laitue trempées dans l'extrait acétonique des six plantes étudiées peut s'expliquer par l'adaptation à la présence des feuilles de laitue qui a été leur aliment quotidien lors de leurs différents stades larvaires, jusqu'au stade adulte.

OULD EL HADJ (2001) mentionne que chaque espèce de locuste choisit sa nourriture selon sa disponibilité et ses caractéristiques nutritionnelles. Le manque d'eau oblige parfois les criquets à consommer certaines plantes peu propices à leur développement, mais dont la teneur en eau est relativement élevée.

ABASSI *et al.* (2004) ont enregistré un taux de mortalité de 100% chez les larves atteint au bout de 15 jours à partir du début du traitement par *C. procera*. Ces mêmes auteurs ajoutent également que l'extrait d'alcaloïdes des feuilles jeunes de la dite plante s'est révélé anti-appétant, toxique et anti-fertilisant pour *Schistocerca gregaria*. Ces extraits provoquent chez les imagos traités, un blocage du développement ovarien en prévitellogenèse chez les femelles et une absence de la maturité sexuelle chez les mâles avec une réduction de motricité chez les imagos des deux sexes.

Selon MAMADOU *et al.* (2009), *Calotropis procera* entraîne une baisse de la prise de nourriture, du poids et une perte en eau chez les larves et les imagos de *Schistocerca gregaria*. ABDALLA *et al.* (2009) ont mis en évidence l'action toxique de *Calotropis procera* sur la mue de *Locusta migratoria*.

Nos résultats sur *Schistocerca gregaria* concernant la mortalité chez les larves du cinquième stade sont identiques à ceux obtenus chez le même criquet par injection du latex de

Calotropis procera (AL ROBAI, 1997). THIAW et SEMBENE (2010) notent qu'en traitant les œufs de la bruche *Caryedon serratus* avec des extraits de *Calotropis procera*, les rescapés voient le sex-ratio de leur progéniture subir un déséquilibre

KEMASSI (2008) note que les extraits de feuilles de *Citrullus colocynthis* et *Cleome arabica* provoquent une perte de poids remarquable chez les L5 de *S. gregaria*. Les huiles essentielles de ces deux plantes provoquent également la mortalité de cet acridien, soit une mortalité de 50% enregistrée 18,88 jours après traitement des L5 par *C. colocynthis* et 45,86 jours après le traitement à base de *C. arabica*. KEMASSI *et al* (2012) ont enregistré un taux de mortalité de 16,66% est enregistré chez les L5 de *S. gregaria* avec un TL50 de 24,80 jours et de 45,86 jours pour les adultes. KEMASSI *et al.* (2013), notent que l'huile essentielle brutes foliaires *Cleome arabica* sur les larves du cinquième stade (L5) et les imagos du criquet pèlerin, révèle une toxicité remarquable. ACHEUK *et al.* (2014) indiquent que l'extrait éthanolique brut de *Solenostamma argel* provoque 100 % de mortalité avec la dose 3000 µg/L5, 24 h après traitement, alors que les doses faibles entraînent des mortalités tardives et des perturbations de mue. MAMADOU *et al.* (2009) indiquent que *C. procera*, *C. colocynthis*, *S. persica* et *A. javanica* ont une action toxique sur le criquet pèlerin.

Quant à l'action insecticide de *S. argel* observée lors de notre travail sur le criquet pèlerin, elle est signalée sur d'autres groupes zoologiques. En effet, dans une étude réalisée par HAG EL TAYEB *et al.* (2009) cités par ACHEUK *et al.* (2014), une forte activité insecticide de l'extrait aqueux de la partie aérienne de *S. argel*, récoltée au Soudan contre deux espèces de moustiques appartenant à la famille des Culicidae (*Culex quinquefasciatus* et *Anopheles arabiensis*), a été mise en évidence. Une autre étude réalisée par EDRISS *et al.* (2013) cités par ACHEUK *et al.* (2014), a montré que l'extrait de l'éther de pétrole des graines de *S. argel* collectées à Khartoum au Soudan à une concentration de 0,5 % induit la meilleure activité insecticide contre les larves des espèces citées précédemment dans des conditions de laboratoire.

KAIDI *et al.* (2017) ont enregistré un début de mortalité enregistré à partir du 2^{ème} jour de traitement des imagos de *S. gregaria* et de *Locusta migratoria* par l'extrait acétonique de *C. procera*.

Plusieurs travaux mettent en évidence l'effet biocide de certains extraits végétaux sur le criquet pèlerin.

Citons ceux réalisés par LINTON *et al.* (1997) qui a mis en évidence l'effet insecticide de *Melia azedarach* mais aussi les travaux de BARBOUCHE *et al.* (2001) qui ont étudié l'effet toxique de la plante solanacée *Cestrum parqui* contre le criquet pèlerin. En ce

qui concerne l'inappétence de *Calotropis procera*, des effets analogues ont été obtenus chez *Poekilocerus pictus*, un criquet qui est inféodé à cette plante (CHANDRA et LAL, 1993) et chez le même insecte en le traitant avec les extraits de *Calotropis gigantea* (PARI *et al.*, 1998). L'effet anti-fertilisant de *C. procera* contre *Poekilocerus pictus* a été mis en évidence par JAIN et BHAIDE (1991).

OULD EL HADJ *et al.* (2003) ont effectué une étude comparative des extraits de *Melia azedarach*, d'*Azadirachta indica* et d'*Eucalyptus globulus*, vis à vis des larves L5 et des adultes de *S. gregaria*, soit la mise en évidence de l'action inhibitrice de la prise de nourriture de ces trois plantes. Comme nous pouvons citer les travaux d'ABASSI *et al.* (2005) et IDRISSE HASSANI et HERMAS (2008) concernant l'effet toxique de *Peganum harmala*, toujours contre le criquet pèlerin. GHONEIM *et al.* (2009) ont étudié l'influence de l'extrait méthanolique de *Fagonia bruguieri* sur le développement, notamment la mue chez *S. gregaria*.

Quant à KEMASSI *et al.* (2010) ils ont noté que l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* provoque 100% de mortalité des L5 de *S. gregaria* au bout de 14 jours. Cette plante, ajoutent les mêmes auteurs, empêche le processus de mue imaginale chez les L5 traitées.

V.2.2. Effet sur l'hémogramme des L5 et imagos de *S. gregaria*

Après réalisation du frottis hémolymphatique des individus témoins de *S. gregaria*, nous avons pu identifier quatre types de cellules hémocytaires. Il s'agit des prohémyocytes, des plasmatocytes ou phagocytes, des coagulocytes et enfin des granulocytes.

En effet, du point de vue qualitatif, chez les insectes, les catégories d'hémocytes varient d'une espèce à une autre. LEPESME (1938) distingue chez les adultes de *S. gregaria* deux catégories hémocytaires (proleucocytes et phagocytes). Il ajoute, que l'examen du frottis sanguin de *L. migratoria*, *Anacridium aegyptium* et *Pamphagus elephas*, a montré une profonde similitude avec le criquet pèlerin. Quatre types d'hémocytes ont été signalés chez *Spodoptera littoralis* par HARPAZ *et al.* (1969) cités par HABES et SOLTANI (1992). Ces auteurs ont déterminé 5 types hémocytaires dans l'hémogramme de *Thaumetoea pityocampa* (des prohémyocytes, des plasmatocytes, des granulocytes, des coagulocytes et des adipocytes). WIGGLESWORTH (1972), ARNOLD (1974) et RACCAUD-SCHOELLER (1980) notent que le sang des orthoptères renferme quatre catégories d'hémocytes rencontrées chez d'autres ordres d'insectes à savoir : les prohémyocytes, les plasmatocytes, les

granulocytes et les coagulocytes. Alors que WOODRING (1985) cité par KLOWDEN (2013) a identifié, chez les insectes, sept catégories d'hémocytes, soient les prohémoctes, les plasmatoctes, les granulocytes, les oenocytoides, les coagulocytes, les adipohémocytes et les cellules à sphérules.

JALALI et SALEHI (2008) ont reconnu dans l'hémolymphe de *Papilio demoleus*, les prohémoctes, les plasmatoctes, les granulocytes, les sphérulocytes, les adipohémocytes et enfin les œnocytoïdes avec deux types supplémentaires, les vermicytes et les podocytes.

KAIDI *et al.* (2017) ont pu identifier chez les imagos de *S. gregaria* quatre types d'hémocytes à savoir les prohémoctes, les plasmatoctes, les coagulocytes et enfin des granulocytes.

V.2.2.1. Utilisation des champignons entomopathogènes

Le traitement des L5 et imagos de *S. gregaria* par *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum* a engendré de considérables perturbations cytologiques de l'hémolymphe de ce locuste. En effet, 72 heures après les dits traitements nous avons constaté la formation d'amas de cellules, la rétraction de certaines d'entre elles et le déversement du contenu d'autres cellules dans le milieu extracellulaire formant des agrégats. Comme nous avons remarqué, en parallèle, des amas de spores de *B. bassiana* et *M. anisopliae* autour des cellules rétractées, ce qui pourrait expliquer la mort par septicémie des individus, suite à l'action des toxines émises par les deux champignons utilisés.

VEY *et al.* (1986) mentionnent de fortes altérations structurales induites par une infection de *Lymantria dispar* et *Bombyx mori* par *M. anisopliae*. En 1989, VEY et QUIOT, ayant étudié l'effet cytotoxique *in vitro* de *M. anisopliae* contre *Galleria mellonella*, ont mentionné une apparition de changements dans la morphologie des cellules, suivie d'altérations marquées à localisation à la fois nucléaire et cytoplasmique. De leur côté, BIDOSHKA *et al.* (1997) ont observé dans l'hémolymphe des locustes, des hémocytes regroupés autour du même champignon entomopathogène 24 h après le traitement.

Nos observations vont également dans le même sens que celles obtenues par HALOUANE *et al.* (2001) qui ont noté les mêmes altérations cellulaires chez les imagos de *L. migratoria* traités au *B. bassiana* et au *Metarhizium flavoviride*. Les mêmes auteurs notent, aussi, que l'examen de l'hémolymphe au cours de la mycose a montré une réduction drastique des hémocytes suivie d'une colonisation rapide de blastospores chez les insectes qui ne thermorégulent pas.

Nos résultats concordent aussi avec ceux obtenus par KAIDI (2007) qui a noté la présence d'amas de spores de *M. anisopliae* var *acridum* autour des hémocytes de *S. gregaria*, ce qui peut engendrer la mort de l'insecte par septicémie.

Selon BISSAD *et al.* (2012) la colonisation de l'hôte se fait lorsque le champignon parvient à surmonter les mécanismes immunitaires de défense de l'insecte et envahit l'hémolymphe.

WILLIAM *et al.* (2014) ont observé des agrégats des différents hémocytes chez *Apis mellifera* sujette d'une infection bactérienne. SAHAYARIJ *et al.* (2007) notent les mêmes observations sur *Helicoverpa armigera* et *Spodoptera litura*, attaquées par *Christella parasitica*.

Afin de voir l'aspect quantitatif des traitements réalisés sur les L5 et imagos de *S. gregaria* par les deux champignons entomopathogènes en question, nous avons calculé les nombres des hémocytes ainsi que les taux relatifs à chaque catégorie de cellules identifiées et cela dans 3µl d'hémolymphe prélevée au 3^{ème} jour après traitement. De ce fait, nous avons observé que *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum* ont engendré une baisse considérable du nombre moyen d'hémocytes par rapport aux témoins et ce, pour les L5 et imagos de l'acridien en question. Quant aux trois catégories d'hémocytes, leur aspect quantitatif a également été perturbé par les deux traitements réalisés lors de notre étude, avec une baisse remarquable du taux des prohéocytes et de granulocytes, alors qu'une augmentation a été remarquée chez les plasmocytes. Cette hausse numérique peut s'expliquer par leur intervention dans le processus de défense immunitaire. Quant à la chute des prohéocytes et granulocytes, nous pouvons déduire un épuisement de ces cellules par les toxines de des deux entomopathogènes testés.

En effet, l'introduction des particules étrangères telles que les microorganismes ou autre peut perturber l'hémogramme des insectes (CHAUVIN, 1956 et ARNOLD, 1974). Selon PAILLOT (1933) cette perturbation peut se traduire soit par l'augmentation du nombre de cellules soit par sa diminution.

Cette situation a déjà été signalée par XIA *et al.* (2000), HALOUANE *et al.* (2001) et KAIDI (2007) chez des individus de *S. gregaria* traités par *M. anisopliae* var *acridum*. GUIMARÃES *et al.* (2014) notent que le traitement par pulvérisation de *M. anisopliae* sur les différents stades larvaires du lépidoptère *Diatraea flavipennella* avait induit une réduction significative des nombre et taux des différentes catégories d'hémocytes.

ROSALES (2017), dans une étude descriptive des cellules cristallines, des plasmocytes, et des lamellocytes chez *Drosophila melanogaster*, indique que l'infection

bactérienne provoque une réduction considérable du nombre des différents types d'hémocytes mis à part les plasmotocytes qui augmentent engageant une réponse immunitaire immédiate.

Bien avant ces travaux de recherches, VEEN (1968) avait noté que quand une hyphes de *M. anisopliae* pénètre et arrive à la hauteur de l'épiderme de l'insecte, le mécanisme défensif de ce dernier se met en action: les hémocytes peuvent dans certains cas former une espèce de pseudo-tissu, bloquant les hyphes pénétrants. A ce moment l'état physiologique de l'insecte, influencé par le milieu commence à jouer un rôle. Il est probable qu'après avoir traversé la barrière des hémocytes, quand elle est du moins formée, l'hyphes va entrer en contact avec l'hémolymphe et ce sont probablement les mouvements de celui-là qui influencent la formation de blastospores, éléments réalisant l'infection totale.

V.2.2.2. Utilisation des plantes toxiques

Après l'examen du frottis sanguin réalisé à partir de l'hémolymphe des individus de *S. gregaria* traités avec les extraits des extraits acétoniques de *C. procera*, *C. colocynthis*, *C. arabica*, *S. argel*, *A. javanica* et *S. persica*, nous avons remarqué que les hémocytes se vident de leur contenu au fur et mesure et d'autres se sont désagrégées, ne laissant que des débris.

Nous avons également noté une remarquable diminution du nombre d'hémocytes ainsi que des taux de prothémocytes et granulocytes des individus traités. Alors que les taux de plasmotocytes ont connu une légère augmentation chez les individus traités par rapport aux témoins et ce, pour les deux stades biologiques étudiés.

Selon MC NAMARA (1976) cité par LAHOUES *et al.* (2006), certains stéroïdes notamment les triterpènes tétra cycliques présents dans la plante *C. procera* sont doués de propriétés nécrosantes et cytotoxiques chez les rongeurs.

UPADHYAY (2014) a également mentionné l'activité cytotoxique de *C. procera* contre les larves d'*Anopheles stefensi*, *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti* et *Musca domestica*, à une très faible application topique de latex.

KAIDI *et al.* (2016) indiquent que l'extrait acétonique de *C. procera* pulvérisé sur l'alimentation de *S. gregaria* et *Locusta migratoria* a engendré une remarquable chute numérique des nombre d'hémocytes chez ces acridiens.

Conclusion générale et perspectives

Les criquets pèlerins, considérés comme l'une des « pestes agricoles » les plus dangereuses de l'histoire, sont dotés d'une particularité de disparaître (ou presque) et de se faire oublier pour resurgir brusquement, quelques années plus tard, en immenses essaims. La très grande amplitude du phénomène appelle la communauté scientifique à s'interroger sur les différentes stratégies à adopter face à ces spectaculaires nuées d'insectes qui provoquent des dommages importants aux cultures et aux pâturages, dommages pouvant conduire à des perturbations socioéconomiques graves, qualifiées souvent de « catastrophes naturelles » et voir même la famine pour certains pays démunis.

La prévention contre les invasions du criquet pèlerin commence tout d'abord par une bonne connaissance de sa bioécologie, sa biogéographie mais aussi du fonctionnement de ses biotopes de survie, de reproduction et de grégarisation. Cette connaissance, qui doit être détaillée, est importante dans l'amélioration de la conception et la mise en œuvre des stratégies de surveillance et de lutte au niveau des pays concernés. Elle doit, également faire la première priorité de leurs structures chargées de la lutte antiacridienne.

La lutte organisée contre les invasions acridiennes s'est largement structurée au fil des avancées scientifiques et techniques. Le domaine de l'acridologie, qui nourrit tous les espoirs d'une victoire contre ce fléau planétaire, demeure limité ne parvenant pas, à ce jour, à répondre à toutes les questions qui se posent pour arriver à une meilleure efficacité de la lutte.

La stratégie de lutte préventive nécessite une bonne maîtrise des périodes de rémission de cet acridien dévastateur. Toutefois, l'usage à outrance de ces substances chimiques s'est révélé dangereuses par l'intoxication de l'homme et du bétail, la toxicité des sols et des eaux, la phytotoxicité, l'apparition des formes de résistances, soit des effets destructeurs sur la biodiversité.

L'Algérie fait partie d'un ensemble de régions étroitement dépendantes des activités acridiennes dans les pays avoisinant l'Afrique occidentale. En période de rémission et en fin de recrudescence, les populations du criquet pèlerin restent généralement dispersées à cause de l'étendue de la végétation et ne commencent à constituer un potentiel dangereux que si les conditions écologiques des biotopes deviennent favorables.

C'est dans ce cadre qu'il nous ait paru utile d'essayer de comprendre le phénomène engendrant les recrudescences et invasion de cet acridien en effectuant des recherches d'une

série de renseignements relatifs en premier lieu à sa bioécologie et à sa distribution dans le contexte algérien, notamment dans le Hoggar, région abritant certains biotopes de reproduction de ce locuste. Ayant, également, pris conscience de toutes ces conséquences néfastes pour l'environnement, nous nous sommes intéressés à la lutte biologique. C'est dans ce sens que notre modeste travail s'intéresse aux biopesticides à base de champignons entomopathogènes et plantes acridicides qui peuvent être utilisés en lutte préventive contre les acridiens grégaires au niveau de leurs biotopes naturels, tout en respectant l'environnement.

En premier lieu, nous avons apporté notre contribution à l'étude de la bioécologie et la distribution spatiotemporelle de *Schistocerca gregaria* dans le contexte algérien, notamment dans le Hoggar et durant une période de dix années. Ceci nous a permis de constater que cette région du Sahara central abrite certains biotopes de reproductions régulières et annuelles, susceptibles d'engendrer, si les conditions édaphiques et climatiques sont favorables, des phénomènes de transformations phasaires des populations autochtones. Cette étude a fait ressortir que l'activité acridienne est importante lorsque les pluies sont suffisantes générant une bonne humidité du sol et un développement de la végétation. Deux conditions primordiales pour une pullulation optimale du criquet pèlerin l'incitant à développer son instinct grégaires et à former des essaims, voir un déclenchement d'une invasion généralisée.

En effet, l'étude des différentes corrélations entre les caractéristiques des oueds prospectés (la texture du sol, l'humidité du sol, l'état de verdissement ainsi que la densité de la végétation) et la densité de *S. gregaria*, nous a permis de déduire que cette dernière est plus importante au niveau des biotopes ayant des sols légers et humides. Le criquet pèlerin y trouve, de ce fait, des conditions écologiques favorables pour son maintien.

Nous pouvons, aussi, déduire que le criquet pèlerin est présent dans le Hoggar durant toutes les saisons de l'année à l'état solitaire mais aussi l'état *transiens*, ce, quand les conditions sont favorables. Rappelons que les populations étaient majoritairement solitaires toujours en présence des *transiens* lors des périodes (2006-2010), (2011-2013) et (2014-2016). Alors que la phase *transiens* était dominante lors des périodes (2010-2011) et (2013-2014).

S'agissant des la florule associée aux biotopes du criquet pèlerin que nous avons étudiés, nous avons constaté que l'inventaire floristique de ces oueds comprend des espèces saharo-sindiennes qui sont largement prédominantes. Nous avons également noté la présence d'espèces végétales appartenant à d'autres types biogéographiques tels que les saharo-arabiques, tropicales, méditerranéens soudano-décaniens, paléo-tropicales, nord-africains,

nord-sahariens, occidentales et cosmopolites. Une éco-diversité induisant ainsi une grande biodiversité végétale de la région du Hoggar.

Pour ce qui est des types bio-morphologiques de la florule associée au criquet pèlerin dans le Hoggar, notre étude a fait ressortir que les thérophytes et les chamaéphytes sont les plus présents dans les oueds prospectés.

En sus, l'étude relative au régime alimentaire des populations du criquet pèlerin capturées dans les six oueds prospectés dans le Hoggar nous a permis de déduire que cet acridien manifeste un choix net de plantes pour son alimentation. Nous avons, de ce fait, identifié dans ses fecès 23 espèces végétales. Ces dernières appartiennent à 13 familles botaniques à savoir les : Amaranthaceae, Asclepiadaceae, Brassicaceae, Boraginaceae, Capparidaceae, Chenopodiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Nyctaginaceae, Poaceae, Rhamnaceae, Solanaceae et Zygophyllaceae. Aussi, pour les trois saisons étudiées, nous avons noté que l'espèce *Schouwia thebaica* (Brassicaceae) est la mieux appréciée par les deux sexes du Criquet pèlerin, suivie par *Tribulus terrestris* (Poaceae), *Morettia canescens*, *Boerhavia repens*, *Eremobium aegyptiacum*, *Panicum turgidum* et *Fagonia bruguieri*. D'autres Poaceae sont aussi appréciées par *S. gregaria* telle que l'espèce *Stipagrostis pungens*.

En second lieu, nous avons étudié, au laboratoire, l'activité toxique de deux champignons entomopathogènes et six plantes acridicides contre le criquet pèlerin

En effet, les traitements à base de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* réalisés sur les L5 et imagos de *S. gregaria* nous ont permis d'observer, en premier lieu, une baisse de l'appétit ainsi qu'une diminution de la mobilité 24 heures après le traitement. Ces deux entomopathogènes ont également engendré la mortalité totale des individus traités à partir du 13^{ème} jour de traitement pour les L5 traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae* var *acridum*. C'est à partir du 12^{ème} jour de traitement à base de *B. bassiana* que 100% de mortalité a été atteint pour les imagos. Alors que chez les imagos traités au *M. anisopliae*, la mortalité totale des individus a été atteinte 24 heures avant, c'est à dire au 11^{ème} jour de traitement.

L'effet cytotoxique des deux agents pathogènes a également été étudié. *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum* ont engendré de considérables perturbations cytologiques de l'hémolymph de ce locuste que ce soit sur l'aspect qualitatif ou bien quantitatif.

Quelques jours après les deux traitements, nous avons observé la sortie des mycéliums des deux champignons en question, vers l'extérieur des corps des cadavres qui se sont recouverts par la suite de duvet blanchâtre pour le cas de *B. bassiana* et de duvet verdâtre pour *M. anisopliae* var *acridum*.

Toujours dans le cadre d'une perspective de lutte biologique plus prometteuse, nous avons testé les extraits acétoniques de *Citrullus colocynthis*, *Calotropis procera*, *Cleome arabica*, *Solenostemma argel*, *Aerva javanica* et *Salvadora persica* contre les L5 et les imagos de *S. gregaria*. L'ingestion de la laitue pulvérisée par les extraits acétoniques des plantes citées ci-dessus, provoque une diminution instantanée de la prise de nourriture et de la mobilité accompagnée par de forts tremblements des pattes, puis d'une paralysie quasi-totale de l'insecte après seulement 3h de traitement. Comme nous avons observé un pourrissement et démembrement des cadavres constatés 24 heures après la mort de chaque individu, accompagnés d'une coloration bleuâtre de l'appareil buccal des criquets morts. L'évolution de la mortalité des individus traités dans le temps, laisse également apparaître que la toxicité chez les larves du cinquième stade et les imagos de *S. gregaria* diffèrent d'une espèce végétale à l'autre. *C. procera* s'est avérée la plus toxique, suivie de *S. argel*, *C. colocynthis* et *C. arabica*.

L'hémogramme de *S. gregaria* a subi de remarquables perturbations suite aux traitements par les six plantes testées. Nous avons noté une remarquable diminution du nombre d'hémocytes ainsi que des taux de prohémoscytes et granulocytes des individus traités. Alors que les taux de plasmatocytes ont connu une légère augmentation chez les individus traités par rapport aux témoins et ce, pour les deux stades biologiques étudiés. Nous avons aussi remarqué que les hémocytes se sont vidées de leur contenu au fur et à mesure alors que d'autres hémocytes se sont désagrégés, ne laissant que des débris. Ces plantes acridicides peuvent, de ce fait, constituer une solution alternative de lutte préventive contre cet acridien ravageur. Leurs propriétés pesticides et leur relative innocuité environnementale en font des composés très intéressants pour les traitements phytosanitaires à venir.

Au terme de ce travail de recherche principalement basé sur des prospections sur terrain et des travaux au laboratoire, nous pouvons dire que nos résultats contribueront à améliorer la stratégie de prévention contre les invasions du Criquet pèlerin avec la fourniture de précieuses informations aux agents de lutte antiacridienne sur les caractéristiques des biotopes favorables à la reproduction et à la grégarisation.

Cependant, pour des raisons diverses, la surveillance du criquet pèlerin reste très insuffisante en toutes circonstances. Certaines régions sont naturellement difficiles d'accès, d'autres sont interdites pour raisons sécuritaires. L'une des réponses possibles pour améliorer la qualité de cette surveillance est d'accroître notre connaissance en temps réel de la dynamique de son environnement. La durabilité de la prévention est véritablement un enjeu majeur. Les réponses ne sont pas seulement scientifiques et techniques, mais aussi financières,

Conclusion générale et perspectives

institutionnelles et finalement politiques. Il est hautement souhaitable que les débats scientifiques actuels – indispensables - ne retardent pas la mise en œuvre des mesures nécessaires.

Il serait donc intéressant d'envisager les perspectives de recherches suivantes :

- Mener des études sur l'influence cumulée d'autres facteurs environnementaux comme la topographie, l'hydrologie, la structure du sol et la température sur le processus de grégarisation en milieu naturel ;

- Mener une plus grande investigation de l'implication de la végétation et des autres facteurs associés de l'environnement dans le processus de grégarisation des larves en milieu naturel.

- Mettre à contribution la télédétection dans l'évaluation des facteurs de ponte, de mortalité et de déplacement pour gérer les populations et pour lesquelles les ressources en eau (à la méso-échelle, niveau régional) et au niveau local (biotope)

- Inventorier de manière descriptive, causale et hiérarchisée des biotopes du criquet pèlerin en Algérie et poursuivre les investigations afin de répertorier les types de biotopes en fonction des écorégions et en évaluer le potentiel écologique en matière de survie, de reproduction et de grégarisation.

Mais avant toute lutte, il s'avère nécessaire d'approfondir nos recherches sur la production en masse et la formulation des champignons entomopathogènes spécifiques aux criquets dans le but de les utiliser en lutte préventive au niveau des aires grégarigènes afin de bloquer à la base le phénomène de grégarisation et empêcher la formation de bandes larvaires et d'essaims. En effet, il existe une très grande variété de métabolismes chez les champignons or la mise au point de myco-insecticides exige une très bonne connaissance de ces métabolismes, il y a un manque d'informations sur les bases moléculaires de la pathogénie fongique. Des recherches doivent être menées afin d'élucider les modes d'action ainsi que les processus de régulation des protéines et des enzymes actifs lors des infections fongiques afin de mettre au point de nouveaux myco-insecticides. Ces recherches nous permettront ainsi de mieux comprendre les différentes étapes de l'infection de l'insecte par un champignon. Ceci, dans le but d'amplifier l'expression du gène contribuant à la dégradation de la cuticule.

Aussi, pour une meilleure poursuite de la recherche des molécules actives des six plantes acridicides testées dans la présente étude, il est souhaitable de:

Conclusion générale et perspectives

- Utiliser des solvants organiques à polarité différente pour l'extraction afin d'extraire les différentes familles de composés chimiques;
- Réaliser des tests de doses minimales admissibles;
- Tester leurs efficacités en plein champ;
- Etudier l'action des extraits végétaux sur d'autres paramètres notamment la fécondité et l'histologie du tube digestif;
- Suivre les essais biologiques par des tests de caractérisation et d'identification phytochimique des extraits végétaux ou bien des huiles essentielles pour identifier le principe actif.

L'ensemble des résultats obtenus dans cette étude nous mène à proposer des recherches approfondies sur le modèle de réponse à une infection microbienne des acridiens grégaires, ce afin de mettre en œuvre un mécanisme plus sophistiqué que celui imaginé auparavant, à savoir une intégration en plusieurs étapes du signal d'infection par plusieurs types de cellules, qui aboutit à la différenciation des différentes catégories d'hémocytes.

Références bibliographique

1. **ABASSI, K., ATAY-KADIRI, Z. & GHAOUT, S. 2004.** Activité biologique des feuilles de *Calotropis procera* (Ait. R. Br) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forsk. 1775). *Zool. baetica*, 15: 153-166.
2. **ABBASSI, K., MERGAOUI, L., ATAY-KADIRI, Z., GHAOUT, S. & STAMBOULI, A. 2005.** Activités biologique de feuilles de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) en floraison sur la mortalité et l'activité génésique chez le Criquet pèlerin. *Zool. Baetica*, 16: 31- 46.
3. **ABBOT W.B., 1925** – A methods for computing effectiveness of insecticides. *J. Econ. Ent.*, (19): 265-267.
4. **ABDALLA M.A., LUONG-SHOVMAND M.H., LECOQ M. & EL-BASHIR S., 2009** – Effect of some plant extracts on the migratory locust *Locusta migratoria* L. *Arab J. Pl. Prot.*, 27(1): 99-102.
5. **ABDELHADI N.H. & HASSNEIM M.S., 1968** – Laboratory experiments on oviposition behaviour of the desert locust (*Schistocerca gregaria*) in relation to soil environment. *Series Progr. Repo. Food and agriculture organisation, Rome*, (2): 37 – 42.
6. **ACHEUK F., ABDELLAOUI K., BENDIFALLAH L., HAMMICH A. et SEMMAR S., 2014** – Effet de l'extrait éthanolique brut de *Solenostemma argel* (Asclepiadaceae) vis-à-vis des larves du 5^{ème} stade de *Locusta migratoria*. *Dixième Conférences Internationale sur les ravageurs en Agriculture. Montpellier*.
7. **ALKHAIBARI A., CAROLINO A.T., YAVASOGLU S.I., MATTOSO T.C., BULL J.C., SAMUELS R.I. & BUTT T.M., 2016** - *Metarhizium brunneum* Blastospore Pathogenesis in *Aedes aegypti* Larvae: Attack on Several Fronts Accelerates Mortality. *Plos Pathogens*, 12 (7) : 1-19.
8. **AL ROBAI A. A., 1997** - Toxicological studies on the latex of the uscher plant *Calotropis procera* (Ait) in Saudi Arabia. IV. Effects of partly purified uscher latex and of the poison gland secretion of the uscherhopper; *Poekilocerus bufonius* Klug on the desert locust, *Schistocerca gregaria* Forskal. (Orthoptera: Acrididae). *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, 15 (3): 709-716.
9. **AMER S.A.A & RASMY A.H., 1993-** Sable that affects some foliar extracts, having acaricidal properties, on the biology of the two spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Bull. Zool.So., Egypt*, (41): 99-103.
10. **ARNOLD J.W., 1974** – The haemocytes of insects. *Physiology insect*. Academic Press, (5): 210 – 214.

11. **ARTHURS S. & THOMAS M.B., 2000** - Effects of a mycoinsecticide on feeding and fecundity of the brown locust, *Locustana pardalina*. *Biocontrol Sci. Techn.* 10: 321–329.
12. **ARTHURS S. & THOMAS M.B., 2001** - Effects of Temperature and Relative Humidity on Sporulation of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* in Mycosed Cadavers of *Schistocerca gregaria*. *Journal of Invertebrate Pathology* 78, 59–65 (2001).
13. **BABAH EBBE M.A., 2008** - *Biogéographie du Criquet pèlerin, Schistocerca gregaria Forskål, 1775 : identification, caractérisation et originalité d'un foyer grégarigène en Mauritanie centrale*. These Doct. Ecole Prat. Haut. Etud., Paris, 215p.
14. **BARBOUCHE N., HAJJEM B., LOGNAY G. et AMMAR M., 2001**- Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parqui* L'Hérit. (Solanaceae) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk.), *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 5 (2), pp. 85–90.
15. **BASHIR M.O, HASSANALI A., RAI M.M. et SAINI R.K., 2000** – Changing oviposition preferences of the desert locust *Schistocerca gregaria*, Suggest a strong species predisposition for gregarization. *Jour. chemic. écol.*, 26, (7) : 1721 – 1733.
16. **BENHALIMA T., 2006** - Problématique du criquet pèlerin et stratégie de lutte préventive. *Conf. Rég. appr. lutt. Integr. criq. pèler.*, *Commissar. energ. atom.*, Alger, 23-24 juillet, (1) : 3-5.
17. **BENHALIMA T., LOUVEAUX A. et GILLON Y., 1984** – Utilisation des ressources trophiques par *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) (Orthoptera, Gomphocerinae). Choix des espèces consommées en fonction de leur valeur nutritive. *Acta Ecol. Génér.*, 5, (4) : 383 – 406.
18. **BENSAAD HAMID, 2015**. *Etude de la dynamique et de la bioécologie des populations du criquet pèlerin (Schistocerca gregaria, Forskal 1775) au Sahara algérien*. Thèse de doctorat Scie. Agron., Ecole Nati. Sup. Agro. d'El Harrach, 209 p.
19. **BENSALAH M.K., 2009** - *Etude de quelques aspects bioécologiques du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) durant l'invasion 2004 - 2005 dans la région de Biskra*. Thèse Magi. Scie. Agron., Ecol. Nati. Sup. Agro., El-Harrach, 111p.
20. **BERNAYS E.A., LEWIS A.C., 1986** – The effect of wilting on palatability of plants to *Schistocerca gregaria*, the desert locust. *Oecologia, Berlin*, (70): 132 – 135.
21. **BIDOSHKA M.J., LEGER R. J. et ROBERTS D.W., 1997** - Mechanisms of Deuteromycete fungal infections in grasshoppers and locust: an overview. *Mem. entom. soc. Canad.*, (171): 213 – 224.
22. **BISSAAD F.Z., YUCEF M., BOUNACEUR F. et DOUMANDJI-MITICHE B., 2012**- Activité biologique d'un biopesticide le Green muscle sur le tégument du criquet pèlerin

- Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae). *Nature et Technologie*, (6): 51-58.
23. **BOUGHDAD A., 1991.** Caractérisation morphométriques des populations adultes de *Schistocerca gregaria* (Forsk, 1775) (Orthoptera, Acrididae) durant l'invasion du Maroc en 1987 et 1988. *Coll. Inter, sur la lutte anti-acridienne, Rabat Maroc, 27 nov- 2 déc. 1989.* Montrouge (France), John Libbey Eurotext. 1991 : 45-52.
24. **BRADER L., DJIBO H., FAYE F.G., GHAOUT S., LAZAR M., NGUALA P.M. & OULD BABAH, M.A., 2006.** – *Towards a More Effective Response to Desert Locusts and their Impacts on Food Insecurity, Livelihoods and Poverty. Multilateral Evaluation of the 2003–05 Desert Locust Campaign.* Ed. Food Agr. Org. Unit. Nat., 92 p.
25. **BREDO H. et PASQUIER R., 1967** – *Manuel antiacridien.* Ed. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'Agriculture, 164 p.
26. **BRINKMAN M.A., FUELLER B.W. et HILL M.B., 1997** – Effect of *Beauveria bassiana* on migratory grasshoppers (Orthoptera, Acrididae) and Non target yellow Mealworms (Coleoptera : Tenebrionidae) in spray tower bioassays. *Jour. agri. entomol.*, 14, (2) : 121 – 127.
27. **BUTET A., 1985** – Méthode d'étude du régime alimentaire d'un rongeur polyphage (*Apodemus sylvaticus*) (L., 1758) par l'analyse microscopique des fèces. *Mammalia*, 49, (4): 455 - 483..
28. **CHANDRA, H. & LAL, P., 1993** - Food preference Studies of “AK” grasshopper. Food preference Studies of “AK” grasshopper *Poekilocerus pictus* Fab. *Plant Protection Bulletin Faridabad*, 45 (2-3): 3-10
29. **CHAUVIN., 1956** – *Physiologie de l'insecte.* Ed. Institut national de la recherche agronomique, Paris, 916 p.
30. **CHENOUNE K., 2005** – La flore et la végétation du Hoggar. *Bois et forêts des tropiques.* 284 (2) : 79-83.
31. **CISSE S., 2015** - *Etude des conditions et du seuil de grégarisation du Criquet pèlerin, Schistocerca gregaria* Forskål (Orthoptera, Acrididae), dans son aire de reproduction en Mauritanie occidentale. Thèse Doctorat Agron., Inst. Agron. Vét., Hassan II, Maroc, 78p.
32. **CISSE S., GHAOUT S., MAZIH A., BABAH M., BENAHI A. & PIOUS C., 2013** - Effet of vegetation on density thresholds of adult Desert Locust grégarization from survey data in Mauritania. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 149: 159-165.
33. **CRESSMAN K., 2001** – *Directives sur le criquet pèlerin. Prospection.* Ed. Org. Nat. Uni. Agric. Alim., Rome, 33 p.
34. **DAJOZ R., 1971** – *Précis d'écologie.* Ed. Dunod, Paris, 434 p.
35. **DAJOZ R., 1983** - *Précis d'écologie fondamentale et appliquée.* Ed Gauthiers-Villars, Paris, 503 p.

36. DE KOUASSI M., 2001 – Les possibilités de la lutte microbiologique : emphase sur le champignon entomopathogène *Beauveria bassiana*. *VertigO. La revue en sciences de l'environnement sur le web*, 2 (2) : 1-5.
37. DELGADO F.X., BRITTON J.H., LOBO-LIMA M.L., RAZAFINDRATIANA E. &
38. SWEARINGEN W., 1997 – Small-scale field trials with entomopathogenic fungi against *Locusta migratoria capito* in Madagascar and *Oedalus senegalensis* in Cape Verde. *New Stratég. locus. contr., verlag*, (3) : 171 – 176.
39. DE NEGREIRO M.C.C., CARVALHO R.B.R, DE ANDRADE F.G., LEVY S.M., MOSCARDI F. & REBELS A.M.F., 2009 - Caracterização citológica dos hemócitos de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera, Noctuidae) em larvas resistentes ao vírus AgMNPV. *Iheringia, Ser. Zool.*, Porto Alegre, 99 (1): 66-70.
40. DESPLAND E. & SIMPSON S.J., 2000 – Small-scale vegetation patterns in the parental environment influence the phase state of hatchlings of the desert locust. *Physio. entom.*, (25): 74 – 81.
41. DESPLAND E. & SIMPSON S.J., 2004 – Food choices of solitary and gregarious locusts reflect cryptic and aposematic antipredator strategies. *Anim., behav.*, (69): 471 – 479.
42. DE WYSIECKI M.L., SANCHEZ N.E. & RICCI S.E., 2000- Grassland and Shrubland Grasshopper Community Composition in Northern La Pampa Province, Argentina. *Journal Orthop. Res.*, (9):211-221.
43. DIRSH V. M., 1953 – Morphometrical studies on phases of the desert locust (*Schistocerca gregaria*, Forskal). *Anti-locust bull.*, (16): 1-34.
44. DJEZZAR M., 2007 - *Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la biocénose aquatique*. Thèse Mag. Inst. Nat. Agr., El Harrach, 155 p.
45. DOBSON H. M., 2001- *La lutte antiacridienne, Directives sur le criquet pèlerin*. Ed. Org. nat. uni. alim. agric., Rome, 83 p.
46. DORÉ A., 2010 – Comment gérer une prolifération. *Etudes rurales*. 185, pp :1-13.
47. DOUMANDJI S. et DOUMANDJI-MITICHE B., 1994- *Criquets et sauterelles (Acridologie)*. Ed. Office Publ. Univ., Alger, 99 p.
48. DOUMANDJI-MITICHE B., DOUMANDJI S., SEDDIK A. et OUCHEN D., 1996 - Comparaison des indices morphométriques de la sauterelle pèlerine *Schistocerca gregaria* à Adrar et Tamanrasset (Sahara, Algérie). *Med. fac. Landbouww., Univ. Gent*, 61, (3a) : 777 – 780.
49. DOUMANDJI-MITICHE B., HALOUANE F., BENSAAH H., BISSAAD F.Z. et CHERIEF A., 1999 – The efficiency of *Beauveria bassiana* (Bals) against *Locusta*

- migratoria* and *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, Acrididae). *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.*, 64, (3a) : 205 – 209.
50. **DOUTHWAIT B., LANGEWALD J. & HARRIS J., 2001** - *Development and commercialization of the Green Muscle biopesticide*. Ed. IITA. Nigeria, 23p.
51. **DREUX P., 1972** - Recherche de terrain en auto-écologie des Orthoptères. *Acrida.*, 305-330.
52. **DREUX P., 1980** – *Précis d'écologie*. Ed. Press. univ. France., Paris, 231p.
53. **DUPRÉ G., 2004** – World bibliography of scorpions: from antiquity to today. *Arach. bull.*, (12): 23-26.
54. **DURANTON J.F. et LECOQ M., 1990** – *Criquet pèlerin au Sahel*. Ed. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, 183 p.
55. **DURANTON J.F., LAUNOIS M. et LAUNOIS-LUONG M.H., 1982** - *Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche*. Ed. CIRAD/PRIFAS, Départ. G.E.R.D.A.T., Paris, T. II, 1496 p.
56. **DURANTON J.F., FOUCART A. & GAY P.E., 2012.** – *Florule des biotopes du Criquet pèlerin en Afrique de l'Ouest*. Ed. FAO-CLCPRO/Cirad, Alger/Montpellier (France), 487 p.
57. **EKESI S., 2001** - Pathogenicity and antifeedant activity of entomopathogens Hyphomycetes to the cowpea leaf beetle, *Ootheca mutabilis*. *Insect. sci. appl.*, 21, (1) : 55 – 60.
58. **EL BADWI S. M. A., ADAM S. E. I., SHIGIDI M. T. & HAPKE H. J. 1998** - Studies on laticiferous plants. Toxic effects in goats of *Calotropis procera* latex given by different routes of administration. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 105 (11): 425-427
59. **EL BASHIR S., 1996** - Stratégie d'adaptation et de survie du criquet pèlerin dans un milieu de récession et de multiplication. *Sécheresse*, 7, (2) : 115 – 118.
60. **ENCARTA, 2006** – *Carte géographique de l'Algérie*. Ed. Microsoft Encyclopédie Multimédia, 2 p.
61. **FAO, 2004** – *La faim dans leur sillage, voyage au cœur de la lutte contre les criquets pèlerin*. Ed. Food Agri. Alim. Org., Rome, 12 p.
62. **FRANSSENS V., 2006** - *Study of two type of immune responses in insects: nodulation in the flesh fly, Neobellieria bulluta, and prophenoloxidase activation in the desert locust, Schistocerca gregaria*. Thèse Doctorat Sci. Exactes, Univ. Catho. Leuven, Belgique, 117p.
63. **FREIMOSER F. M., SCREEN S., BAGGA S., G. HU and S. J. R. LEGER, 2003**- Expressed sequence tag (EST) analysis of two subspecies of *Metarhizium anisopliae* reveals a plethora of secreted proteins with potential activity in insect hosts. *Microbiology*, 149 (2): 239-247.
64. **GHAOUT S., 1990** - *Contribution à l'étude des ressources trophiques de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) solitaire en Mauritanie*

- occidentale et télédétection de ses biotopes par satellite*. Thèse Doctorat. es. Sciences, Univ. Paris Sud, Orsay, 235 p.
- 65. GHONEIM K.S., TANANI M. & BASIOUNY A.L., 2009** - Influenced survival and development of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Acrididae) by the wild plant *Fagonia bruguieri* (zygophyllaceae). *Egypt. Acad. J. biolog. Sci.*, 2 (2): 147-164.
- 66. GOUGH D., 2004** – *Le grand festin : l’Afrique de l’ouest envahie par le criquet pèlerin*. Ed. Réseau Intégré Régional d’Information (IRIN), Nairobi, 15 p.
- 67. GREATHEAD D.J., KOOYMAN C., LAUNOIS-LUONG M.H. et POPOV G.B., 1994** – *Les ennemis naturels des criquets du Sahel*. Ed. CIRAD / PRIFAS, n°8, Montpellier, 147 p.
- 68. GUENDOZ-BENRIMA A., 2005** – *Ecophysiologie et biogéographie du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskal, 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans le Sud algérien*. Thèse Doctorat Sci. agro. Inst. nati. agro., El-Harrach, 210 p.
- 69. GUENDOZ-BENRIMA A., DURANTON J.F., BENHAMMOUDA M.E.H 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. *Sécheresse*, 18 (4) : 246-53.
- 70. GUIMARÃES J., MARQUES E.J., WANDERLEY-TEIXEIRA V., DE ALBUQUERQUE A.C., DOS PASSOS E.M., SILVA C.C.M. and. TEIXEIRA A.A.C., 2014** - Sublethal effect of concentrations of *Metarhizium anisopliae* (metsch.) sorok on the larval stage and immunologic characteristics of *Diatraea flavipennella* (box) (lepidoptera: crambidae). *An Acad Bras Cienc*, 86 (4) : 973-1984
- 71. GUYOT M., 1966** – Les stomates des ombellifères. *Bull. soc. bot.*, France, 115, (5-6): 244 – 273.
- 72. HABES D. et SOLTANI N., 1992** - Perturbation de la structure de l’intestin et de l’hémogramme par le thurucide HP chez *Thaumetopoea pityocampa*. *Schiff. Mém. Soc. Belge*, 35 :724-726.
- 73. HADDADJ F. et DOUMANDJI-MITICHE B., 2013** - Effet du Champignon Entomopathogène *Beauveria bassiana* sur la Cuticule du Criquet Pèlerin *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Cyrtacantacridinae). *Entomologia Generalis*, 34 (3) : 207-214.
- 74. HADDADJ F., DOUMADJI-MITICHE B., HALOUANE F. & DOUMANDJI S., 1998**- Efficacité de *Metarhizium anisopliae* sur les oeufs, les larves et les imagos de *S. gregaria*. Effet sur la respiration et le rythme cardiaque de cet acridien. *2ème journée d’entomologie*, Inst. Nat. Agro. El- Harrach, Alger.
- 75. HADDADJ F., HAMDI S., ZENIA S., SMAI A., SAADI H. et DOUMANDJI-MITICHE B., 2014** - Effet du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* sur le criquet pèlerin. *Dixième Conférences Internationale sur les ravageurs en Agriculture, Montpellier*.

- 76. HALOUANE F., BENZARA A., DOUMANDJI-MITICHE B. et BOUHACEIN M., 2001** – Effet de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* et *Metarhizium flavoviride* (Hyphomycètes, *Deuteromycotina*) sur l'hémogramme des larves de 5ème stade et des adultes de *Locusta migratoria* (Orthoptera : Acrididae). *Jour. orthop. res.*, 10, (2) : 331 – 334.
- 77. HAMDINE O., 2001-** *Conservation du Guépard (Acinonyx jubatus Schreber, 1776) de la région de l'Ahaggar et du Tassili n'Adjjer en Algérie*. Programme U.I.C.N. pour l'Afrique du Nord, Tamanrasset, 50 p.
- 78. HAMID-OUDJANA A., 2017 -** *Cholinestérasés et toxicité d'extraits de quelques plantes acridicides ou acridifuges chez Schistocerca gregaria (Forskål, 1775)*. Thèse Doct. Es-Sciences, Univ. Ouargla, 93p.
- 79. HEMMOUR S., 2009 -***Effet du bio pesticide « Green Muscle » (Metarhizium anisopliae var acridum IMI 330189) sur la reproduction du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) en conditions contrôlées*. Thèse Mag., Inst. Nation. Agro., El Harrach, 103p.
- 80. HUNTER-JONES P. & LAMBERT J., 1961** – Egg development of *Humbe tenuicornis* Schaum (Orthoptera, Acrididae) in relation to availability of water. *Proc. R. Ent. Soc. Lond.* (A), 36 :75-80.
- 81. IDRISSE HASSANI L.M., 2015** – *Etat des lieux de la recherche sur le criquet pèlerin réalisée dans la région occidentale de 2009 à 2015*. Ed. CLCPRO (FAO). 117p.
- 82. IDRISSE HASSANI L.M. et HERMAS J., 2008-** Effets de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). *Zool. Baetica.*, 19: 71-8
- 83. INGLIS G. D., JHONSON D. L. & GOETTEL M. S., 1997** – Field laboratory evaluation of two batches of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Veuillemin against grasshoppers. *Canadian Entomolog.*, 29: 171 –186.
- 84. JAIN, K. & BHIDE, M., 1991 -** BHC as xenobiotic, showing histopathological changes in the developing ovaries and variability of the behaviour *Poekilocerus pictus*. *Functional Development Morphology*, 1 (3): 3-7.
- 85. JALALI J. and SALEHI R., 2008** – The hemocytes types differential and total development. *Mun. Ent. Zool.*, 3 (1) : 119-216.
- 86. JARONSKI S.T., 2002 -** Persistence of the desert locust fungal pathogen *Metarhizium anisopliae* after introduction into natural habitats. *Elsevier*, (43): 361-406.
- 87. JARONSKI S.T. et GOETTEL M.S., 1997 -** Development of *Beauveria bassiana* for control of grasshoppers and locusts. *Mem. ent. Sci. Canad*, (171): 225 – 237.

- 88. KADOTA K., WALTER S., CLAVERIA G., IGARASHI I., TAYLOR D. & FUJISAKI K., 2003-** Morphological and Populational Characteristics of Hemocytes of *Ornithodoros moubata* Nymphs During the Ecdysial Phase. *Journ. Medic. Entomo.*, 40(6) : 770-776.
- 89. KAIDI N. 2004 -** Effet de la température et des milieux de culture sur *B. bassiana* Bals (Hyphomycètes, Deuteromycotina). *Activité biologique de cet entomopathogène vis-à-vis des imagos de Schistocerca gregaria Forskål (1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae) et de Locusta migratoria Linné (1758) (Oedipodinae, Acrididae)*. Mém. ing. agro, Inst. nati. agro., El-Harrach, 109 p.
- 90. KAIDI N., 2007-** Bioécologie de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Acrididae, Cyrtacanthacridinae) dans la région d'Ahaggar. *Essai de lutte biologique au moyen de champignons entomopathogènes : Beauveria bassiana et Metarhizium anizopliae var. acridium*. Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 145 p.
- 91. KAIDI N., AMROUN C., HOCINE DJ., DOUMANDJI S. and GHAZALI DJ., 2017 -** Biological activity of *Calotropis procera* Ait on mortality and haemogram of *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) and *Locusta migratoria* (Linné, 1758). *Advances in Environmental Biology*, 11(4) : 37-45.
- 92. KARA F.Z., DOUMANDJI-MITICHE B., DOUMANDJI S., KADI A., AYOUB A., ZERGOUN Y. et SAHRAOUI L., 2001 –** La faune orthoptérologique de quelques oasis algérienne (Béchar, Adrar, Tamanrasset, Djanet et Ghardaia). *Journée Techniques phytosanitaire*. Inst. Nat. Prot. Vég. El-Harrach, pp :385-393.
- 93. KAYALTO M., 2011 –** Etude de l'influence de la température sur le développement et la mortalité larvaire du criquet pèlerin dans les conditions de laboratoire. Thèse Doct., instit. Agron. Vét., Hassen II, Maroc, 156p.
- 94. KEMASSI A., 2008 -** Toxicité comparée des extraits de quelques plantes acridifuges du Sahara septentrional Est algérien sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Thèse Magi., Univ. Ouargla. 160 p.
- 95. KEMASSI A., BOUAL Z., OULD EL HADJ-KHELIL A., DADI BOUHOUN M. et OULD EL HADJ M.D., 2010 -** Activité biologique de l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.) (Euphorbiaceae) sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae). *Annales des Sciences et Technologies*. 2(1) : 61-70.
- 96. KEMASSI A., BOUAL Z., BOUZIANZ N., OULD EL HADJ-KHELIL A. and OULD EL HADJ M.D., 2013 -** Biological activity of essential oils leaves from one Sahara plant: *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) on the desert locust. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 2(8): 389-395.

97. **KEMASSI A., BOUAL Z., LEBBOUZ I., DADDI-BOUHOUN M., SAKER M.L., OULD EL HADJ KHELIL A. et OULD EL HADJ M.D., 2012-** Etude de l'activité biologique de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae). *Lebanese Science Journal*, 13, (2): 81-97.
98. **KLOWDEN, 2013-** *Physiological Systems in Insects*. Ed Academic Print of Elsevier. USA, 696 p.
99. **KOOYMAN C., 2007-** *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, la matière active du Green Muscle®, *Atelier international sur l'avenir des biopesticides en lutte contre le criquet pèlerin, Saly, Sénégal*. 12-15 février 2007. Ed. The orthopterist's society, 32 p.
100. **LAHOUES E., TIAROU G. G., MONDE A. A., DJINHI et J., SESS E.D., 2006-** Propriété toxicologiques aigues du latex de *Calotropis procera* chez le rat. *Méd. Trad. Afr.*, (XIV): 187-199.
101. **LAUNOIS-LUONG M.H., 1975** – Méthodes d'étude dans la nature du régime alimentaire du criquet migrateur *Locusta migratoria capito* (Sauss.). *Ann. zool. écol. anim.*, 8, (1): 25 – 32.
102. **LAUNOIS-LUONG M.H., LAUNOIS M. et RACHADI T., 1988** - *La lutte chimique contre les criquets du Sahel*. Ed. Dehan, CIRAD/PRIFAS, Montpellier, (3): 83 p.
103. **LAZAR P., 1968** - Les essais biologiques. *Revue de statistique appliquée*, 16 (3): 5-35.
104. **LAZAR M., 2005** – *Zones de reproductions potentielles du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forsk., 1775) dans le Sud algérien : délimitation et suivi de l'évolution de la végétation aux moyens d'images satellitales*. Thèse Magister scien. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 76 p.
105. **LEBERRE J.R. et MAINGUET A.M., 1974** – Nutrition du criquet migrateur *Locusta migratoria* L. (Orthoptera : Acrididae). Etude quantitative de l'ingestion et de l'absorption intestinale. *Ann. nutr. alim.*, (28) : 437 – 462.
106. **LECOQ M., 1978** – Biologie et dynamique d'un peuplement acridien soudanien en Afrique de l'Ouest. *Ann. soc. entom. France*, 14, (4) : 603 – 681.
107. **LECOQ, M., 1991.** -*Le criquet migrateur en Afrique et à Madagascar. Guide des principales locustes et criquets ravageurs du monde entier*. Ed. CIRAD-PRIFAS, Montpellier, 131 p.
108. **LECOQ M., 2001** - « Recent Progress in Desert and Migratory Locust Management in Africa. Are Preventive Actions Possible? », *Journal of Orthoptera Research* 10 (2) : 277-291.
109. **LECOQ M., 2003** - La menace du Criquet pèlerin pour le développement agricole et la sécurité alimentaire et le rôle de la FAO pour son contrôle. *Conférence présentée lors du 8ème congrès arabe de protection des plantes, El Beida* :1-8.
110. **LECOQ M., 2004** – Vers une solution durable au problème du criquet pèlerin. *Sécheresse* : 15 (3) : 217-224.

111. LECOQ M., 2015 – *Module de formation : Bioécologie du criquet pèlerin*. Ed. CLCPRO (FAO), Rome, 190p.
112. LECOQ M., WILPS H. et ZELAZNY B., 2003 – *Locust literature*. Ed. ISPI Pest-Directory Locust, GTZ, CIRAD, FAO, Rome. International Society for Pest Information, Darmstadt, Allemagne. [CD-Rom].
113. LEGALL P., 1989 - Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoidae (Orthoptera). *Bull. écol.*, 20, (3) : 245 – 261.
114. LEPESME P., 1938– Note préliminaire sur la cytologie du sang des acridiens. *Bull. soc. hist. nat. Afr. Nord*, T. XXIX : 241 – 250.
115. LINTON Y., NISBET A. et MORDUE A., 1997- The effect of Azadirachtin on the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *Journal of Insect Physiology*, 43: 1077-1084.
116. MAHDJOUB DJ. et GUENDOZ-BENRIMA A., 2012 – Description des biotopes du criquet pèlerin dans le contexte algérien. *Agrobiologia*, (3): 6-18.
117. MAIRE R., 1933 - Étude sur la flore et la végétation du Sahara central. *Mém. Soc. Nat. Afric.* 1^{ère} et 2^{ème} parties, 1933, n° 3, p. 1-272
118. MAMADOU A., MAZIH A. et ALZOUMA B., 2009 – Effet des régimes alimentaires sur le nombre de pontes et la perte en eau chez le Criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål 1775) (Orthoptera: Acrididae). *Zool. Baetica*, 20: 85-95.
119. MARTINI P., LECOQ M., SOUMARÉ L. et CHARA B., 1998 – *Proposition de programme de lutte contre le criquet pèlerin dans la partie occidentale de son aire d'habitat*. Ed. Food agric. org., Rome, 92 p.
120. MAUREL H. et DEFAUT B., 2012- Roger PASQUIER (1901 – 1973) et le laboratoire de zoologie de l'Institut national agronomique d'Alger entre 1930 et 1973. *Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques*, 17 : 69-87.
121. MILLAT-BISSAAD F.Z., BOUNACEUR F., HALOUANE F., OUTTAR F. et DOUMANDJI-MITICHE B., 2011- Etude de l'effet de deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* sur le comportement alimentaire de *Schistocerca gregaria*. *Algerian journal of arid environment*, 1 (2): 40-51.
122. MINATO G., NICOLA J. et ZUZEL F., 1973 – Utilisation de quelques méthodes d'analyse multivariées dans l'étude morphométrique du criquet *Locusta migratoria cinerascens* Fb. : phase et action du gaz carbonique. *Ann. zool. écol. anim.*, 5, (4): 507 – 532.
123. MOHAMMADBEIGI A. et PORT G., 2015 – Effect of Infection by *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on the Feeding of *Uvarovistia zebra*. *J Insect Sci.*, 15(1): 88.

- 124. MORDUE A.J. & BLACKWELL A. 1993.** Azadirachtin: An update. *Journ. Insect Physiol.* 39: 903-924.
- 125. MUTIN L. ,1977 :** *La Mitidja, Décolonisation et espaces géographiques.* Ed. Office Publ. Univ. Alger, 607 p.
- 126. NAKINGA C., OGENGO-LANTIGO M.W. et ALLARD G.B., 1996** – Pathogenicity of indigenous isolates of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to the banana weevil : *Cosmopolites sordidus*. *Afric. jour. plant. prot.*, (6) : 1 – 11.
- 127. OBEID OMER S.K., 2006** – *Distribution of the desert locust (Schistocerca gregaria Forskal) (Acrididae : Orthoptera) in relation to herbage quality in the red sea coast of Sudan.* Thèse Doct., Univ. Khartoum, Soudan, 80p.
- 128. ONM, 2017** – *Données climatiques de la région de Tamanrasset.* Ed. Centre de météorologie, Tamanrasset ; 20 p.
- 129. OUEDRAOGO R. M., 2001-** Influence de la thermorégulation sur la mycose par *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* chez le criquet migrateur, *Locusta migratoria*. *Réunion annuelle Société d'entomologie du Québec Beloeil (Québec)*, 8 et 9 no.V. 83 (2) : 12-36.
- 130. OULD BABAH M.A. & SWORD G.A., 2004** - Linking locust gregarization to local resource distribution patterns across a large spatial scale. *Environmental Entomology*, 33: 1577-1583.
- 131. OULD EL HADJ M.D., 2001** - Etude du régime alimentaire de cinq espèces d'acridiens dans les conditions naturelles de la cuvette de Ouargla (Algérie). *Science Technologie*, (16): 73 - 80.
- 132. OULD EL HADJ M.D., 2004** – *Le problème acridien au Sahara algérien.* Thèse Doctorat scien. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 276 p.
- 133. OULD EL HADJ M. D., TANKARI DAN-BADJO A. et HALOUANE F., 2003-** Etude comparative de la toxicité de trois substances acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* Forskal (1775) (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae). *Courrier du Savoir*, n°3, pp. 81-86.
- 134. OULD EL HADJ M.D., DAN-BADJO A.T., HALOUANE F. et DOUMANDJI S., 2006.** Toxicité comparée des extraits de trois plantes acridifuges sur les larves de cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). (Orthoptère, Acrididae). *Sécheresse*, 17(3): 407- 414.
- 135. OULD TALEB M.H. et AMADOU D., 2001** – *Field demonstration of use of Metarhizium anisopliae for desert locust control using realease spray recapture method.* Ed. Food agric. org., Rome, 17 p.

136. **OUTTAR F., 2009-** *Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)*. Thèse Magist. Sci. Agro., Ecole Nat. Sup. Agro., El-Harrach, 224 p.
137. **OUTTAR F., DOUMANDJI-MITICHE B., MOUHOUCHE F. & DOUMANDJI S., 2011-** *Méthodes alternatives en lutte antiacridienne. AFPP- 4ème Conférence Internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures*, Lile.
138. **OZENDA P., 1958** - *Flore du Sahara septentrional et central*. Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 486p.
139. **OZENDA P., 1983** – *Flore du Sahara*. Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 622 p.
140. **OZENDA P., 1991** – *Flore et végétation du Sahara*. 2^{ème} édition. Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 662p.
141. **PAHWA R. & CHATTERJEE VC. 1988** - The toxicity of Indian *Calotropis procera* RBr latex in the black rat, *Rattus rattus* Linn. *Veterinary-and- Humain- Toxicology*, 30 (4): 305-308.
142. **PAILLOT A., 1933** – *L'infection chez les insectes*. Ed. Pâtissier, Paris, 471 p.
143. **PARI K., RAO P.J., DEVAKUMAR C. and RASTOGI J.N., 1998** - A novel insect antifeedant nonprotein amino acid from *Calotropis gigantea*. *J. Natural Product*, 61(1): 102-104.
144. **PASQUIER R., 1950** - Sur une des causes de la grégarisation chez les acridiens : la densation. - *Annales de l'Institut Agricole et des Services de Recherches et d'Expérimentation Agricoles de l'Algérie*, 5(9) : 1- 9.
145. **PESSON P., 1980** – A propos de l'institut botanique des insectes : un aspect de la co-évolution des plantes et des insectes. *Ann. soc. ent.*, France, 16, (3) : 435 – 452.
146. **POPOV G.B. 1958.** – Ecological Studies on Oviposition by Swarms of the Desert Locust (*Schistocerca gregaria* Forskål) in Eastern Africa. *Anti-Locust Bulletin* 31, 1-70.
147. **POPOV, G., 1989.** – *Les larves des criquets du Sahel*. Ed. Overseas Development Natural Resources Institute (Chatham), Grande Bretagne, 158p.
148. **POPOV G.B., 1997** - *Atlas des aires de reproduction du criquet pèlerin*. Ed. Org. nat. uni. agric. alim., Rome, 122 p.
149. **POPOV G.B. & ZELLER W., 1963** - *Ecological Survey Report on the 1962 Survey in the Arabian Peninsula*. Desert Locust Project Program Report (FAO, UNSF/DC/ES6). UN Special Fund, Rome, Italy, 94p.
150. **POPOV G.B., DURANTON JF et GIGAULT J., 1991** – *Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) en Afrique du Nord Occidentale*. Ed. CIRAD/PRIFAS, (3) : 43 p.

151. QUÉZEL P., 1954 – *Contribution à l'étude de la flore et de la végétation du Hoggar*. Ed. Imp. Imbert., 164p.
152. QUÉZEL P. & SANTA S., 1962 - *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Ed. Centre National de la recherche scientifique, Paris, T. I 1090 p
153. QUÉZEL P. & SANTA S., 1963 - *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Ed. Centre National de la recherche scientifique, Paris, T. II, 1170p
154. RACCAUD-SCHOLLER J., 1980 – *Les insectes : physiologie et développement*. Ed. Masson, Paris, 296 p.
155. RAO, P. J. & MEHROTRA K. N. 1977. Phagostimulants and antifeedants from *Calotropis gigantea* for *Schistocerca gregaria*. *Indian Journal of Experimental Biology*, 15: 148-150.
156. RAMADE F., 1984 - *Eléments d'écologie – écologie fondamentale*. Ed. Mc Graw-Hill, Paris, 397 p.
157. RAPPILY F., 1968 – *Les techniques de mycologie en pathologie végétale*. Ed. Ann. Epiphyties, 19, 102 p.
158. ROFFEY J. & POPOV G.B., 1968 – Environmental and Behavioural Processes in a Desert Locust Outbreak. *Nature*, 219, 446-450.
159. ROSALES C., 2017 - Cellular and Molecular Mechanisms of Insect Immunity. *Insect Phys. Ecol.*, 8: 180-2012.
160. SAHA J.C. & KASINATHAN S. 1963 - Histamine action of the latex of *Calotropis gigantea* Ait. *Arch. Int. Pharmacodyn. Ther.*, 143: 78-89.
161. SAHAYARAJ K., SELVARJ P. & BALASUBRAMANIAN R., 2007 - Cell Mediated Immune Response of *Helicoverpa armigera* Hubner and *Spodoptera litura* Fabricius to Fern Phytoecdysterone. *Journal of Entomology*, 4 (4): 289-298.
162. SAHKI A. et SAHKI R., 2004 - *Le Hoggar, promenade botanique*. Ed. Esope, Chamonix (Mont Blanc), 312p.
163. SCANLAN J.C., GRANT W.E., HUNTER D.M. & MILNER R.J., 2001- Habitat and environmental factors influencing the control of migratory locusts (*Locusta migratoria*) with an entomopathogenic fungus (*Metarhizium anisopliae*). *Ecological Modelling*. (5) :36-56.
164. SEYOUM E., MOORE D. & CHARNLEY A. K. 1994 - Reduction in flight activity and food consumption by the desert locust, *Schistocerca gregaria*, after infection with *Metarhizium flavoviride*. *J. Appl. Entomol.* 118: 310–315.
165. SHU AIBU T., KUTAMA A.S., UMAR S. & MARYAM T.A., 2013 - Preference of food plants by adult of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae). *Glo. Adv. Res. J. Agric. Sci.* 2(9) pp. 242-245.

166. SIEGLAFF D. H., PEREIRA. R. M. AND CAPINERA J. L., 1997- Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium flavoviride* (Deuteromycotina) to *Schistocerca americana* (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Economic Entomology*, V. 90, 6(7): 1539-1545.
167. SIMPSON S.J. & RAUBENHEIMER D., 1993 - The geometry of compensatory feeding in the locust. *Animal Behavior*, 45: 953–964.
168. SMITH T. A. 1980 - Plant amines. In secondary plant products. *Encyclopedia of plant Physiology*: 433-454
169. STATSOFT, 2010 – *Statistica version 8.1*, Ed Statsoft, Inc., U.S.A., CD-ROM.
170. STEEDMAN A., 1988 – *Manuel de lutte antiacridienne Pest Overseas. Development*. Ed. Nat. Ress. Inst., London, XII, 180 p.
171. STEPHAN D., WELLING M. et ZIMMERMAN G., 1997 – Locust control with *Metarhizium flavoviride* : new approches in the development of a bio-preparation based on blastospores. *New strateg. locus. contr.*, (4): 151 – 158.
172. STEWART P., 1969 – Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. natu., Afri. Nord*, (59) : 23-36.
173. ST. LEGER R.J., JOSHI L., BIDOCHKA M.J. et ROBERTS D.W., 1996 - Construction of an improved mycoinsecticide over expressing a toxic protease. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, (93): 6349-6354.
174. STOWER W. J., POPOV G. B. & GREATHEAD D. J., 1958 - Oviposition behaviour and egg mortality of desert locust on the coast of Eritrea. *Anti-Locust Bull.* 30, 1–33
175. SYMMONS P.M. et CRESSMAN K., 2001 – *Directives sur le criquet pèlerin : Le criquet pèlerin, biologie et comportement*. Ed. Food agric. org., Rome, 32 p.
176. THIAW C. & SEMBENE M., 2010 - Biopesticide activity of crude extracts and fractions of *Calotropis procera* Ait. towards the groundnut seed-beetle *Caryedon serratus* Ol. (Coleoptera, Bruchidae). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(6): 2220-2236.
177. UPADHYAY R.K., 2014 – Ethnomedicinal, pharmaceutical and pesticidal uses of *Calotropis procera* (aiton). (Asclepiadaceae). *Int. Journ. Green Pharm.*, (8): 135-46
178. UVAROV B.P., 1966 - *Grasshoppers and Locusts. A Handbook of General Acridology. I : Anatomy, Physiology, Development, Phase-polymorphism, Introduction to Taxonomy*. Ed. Cambridge University Press, London, (1): 481p.
179. UVAROV B.P., 1977 – *Grasshoppers and locusts. A handbook of general acridology*. Ed. Center of overseas pest research center, London, (2): 613 p.
180. VAN DER WERF W., WOLDWAHID G., VAN HUIS A., BUTROUS M. et SYKORA K., 2005 – Plant communities can predict the distribution of solitary locust *Schistocerca gregaria*. *Jour. appl. ecol.*, (42): 989 – 997.

- 181. VAN HUIS J.A., 1994** - *Desert locust control with existing techniques: an evaluation of strategies : proceedings of the seminar held in Wageningen, The Netherlands, 6-11 December 199*. Ed. Wageningen Agricultural University, 132p.
- 182. VEEN K.H., 1968** – Recherche sur la maladie due à *Metarhizium anisopliae* chez le criquet pèlerin. *Meded. Landbouwhogeschool Wageningen*. 68 (5) : 1-77.
- 183. VEY A. et QUIOT J M., 1989** – Effets cytotoxiques *in vitro* chez l'insecte hôte des destruxines, toxines, cyclodessipéptidiques produite par la champignon *M. anisopliae* . *Revue canadienne de microbiologie*, 35 (11) : 1000-1008.
- 184. VEY A., QUIOT J. M. et PAIS M., 1986** – Toxémie d'origine fongique chez les invertébrés et ses conséquences cytotoxiques : étude sur l'infection à *Metarhizium anisopliae* (Hyphomycètes, Moniliales) chez les Lépidoptères et les Coléoptères. *Soc. Biol.*, (180) : 105 – 112.
- 185. VOLKONSKY M.A., 1942** - Une mission d'étude de *Schistocerca gregaria* (Forskäl), phase solitaire dans le Sahara central (Hoggar, Assegrad, Ahnet) novembre - décembre 1940. (Quatrième rapport préliminaire) *Arch. Inst. Pasteur d'Algérie*, 19 (2): 313-325.
- 186. WACHER T., DE SMET K., BELBECHIR F., BELBECHIR-BAZI A., FELLOUS A., BELGHOUL M. et MARKER L., 2005** – *Inventaire de la faune Sahélo-Saharienne*. Ed. Office Parc nati. Ahaggar, Tamanrasset, 45 p.
- 187. WELLING M. et ZIMMERMANN G., 1997-** *Sorospora sp.*, a fungal pathogen of the migratory locust, *Locusta migratoria capito*, in Madagascar. *New Strategies in Locust Control*, pp : 243-244.
- 188. WIGGLESWORTH B., 1972** – *The principles of insects physiology*. Ed. Chapman and Hall, London, New York, 827 p.
- 189. WILPS H., NASSEH O. & KRALL S., 1992** - The effect of various neem products on the survival and flight activity of adult *Schistocerca gregaria*. *Biological Control of Locusts and Grasshoppers*, pp : 337–346.
- 190. WILLIAM J.M., KRUEGER M.J., BURRIT N.L. and BURRIT J.B., 2014** – Honey Bee hemocytes profiling by flow cytometry. *Plos One*. 9 (10) : 1-10.
- 191. WOLDWAHID G., 2003** - *Habitats and spatial pattern of solitarious desert locust (Schistocerca gregaria Forsk.) on the costal plain of Sudan*. Ph.D. Thesis Wageningen University, 162p.
- 192. WOLDWAHID G., VAN DER WERF W., VAN HUIS J.A. & STEIN A., 2004** – Spatial distribution of populations of solitarious adult desert locust (*Schistocerca gregaria* Forsk.) on the coastal plain of Sudan. *Agri. forest. entom.*, (6) : 181 – 191.
- 193. XIA Y., DEAN P., JUDGE A.J., GILLESPIE J.P., CLARKSON J.M. et CHARNLEY A.N., 2000** – Acid phosphatases in the haemolymph of the desert locust *Schistocerca gregaria*

Références bibliographiques

infected with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Jour. insect. physio.*, (46) : 1249 – 1257.

194. ZAFACK J., 2004 - Le criquet pèlerin : un acridien tout particulier. *Bull. Infor. Phyto.* (42) : 1-3.

195. ZIMMERMAN G., ZELAZNY B., KLEESPIES R. et WELLING M., 2003 – *Biological control of african locusts by entomopathogenic microorganisms*. Ed. Federal biological research, Food agric. alim. org., Rome, 26 p.

ANNEXES

Annexe 1. Historique du problème acridien en Algérie (GUEDOUZ-BENRIMA, 2005 ; MAUREL et DEFAUT, 2012).

Date	Evénements
En 125avant J.C	Invasion de Cyrénaïque et la Numidie. Les ravages ont entraîné mortalité des animaux sauvages, du bétail et des populations (K d'Herculais, 1905).
Début de l'ère chrétienne.	Invasion de la Cyrénaïque et de la Libye (K.d'Herculais, 1905)
971, 987, 1220, 1227,1279, après J.C	Invasion dans le Maghreb accompagnées souvent de disette (K d'Herculais, 1905).
1335	Invasion dans le nord de l'Afrique et dans l'île de chypre (K. d'Herculais, 1905).
XVII^{ème} siècle	Invasion dans le nord de l'Afrique (K. d'Herculais 1905)
1663	Présence des sauterelles dans la Tunisie (K. d'Herculais, 1905)
1724 et 1725	Dévastation du Maroc et du sud de l'Algérie (K. d'herculais.1905).
1778, 1780,1798 et 1800	Invasion et dévastation du Maroc (K. d'Herculais, 1905)
1784	Invasion de l'Algérie (K. d'Herculais, 1905).
1813, 1814,1815	invasion du Maroc et d'Alger (K.d'Herculais, 1905).
1845	Arrivée des vols en janvier à Ouargla, 14et 16 mars sur les hauts de la provinces d'Oran, 6maià Biskra (K.d'Herculais, 1905).
1848	Invasion sur la province d'Oran et d'Alger (K.d'Herculais, 1905).
1864	Apparition des vols dans la province d'Alger (K. d'Herculais, 1905).
1866	Criquet pèlerin entre Metlili et Ghardaïa (Algérie) (K.d'Herculais, 1905).
1905	Parution du rapport de K d'Herculais sur les invasions acridiennes en algérie.
1908	Reprise d'une invasion du criquet pèlerin en Algérie.
1910-1914	Période d'invasion.
1915-1918	Activité de criquet pèlerin grégaire
1916	La collectivité internationale se préoccupe des graves problèmes poses par les acridiens dans le monde et prend l'initiative de convoquer une vaste conférence rassemblant tous les pays soumis aux ravages des insectes migrants Du fait de la guerre, cette réunion ne se tiendra qu'en 1921
22septembre1919	Une loi instituant des syndicats obligatoires pour la défense contre les sauterelles en Algérie est adoptée
1920	10juillet1920 : décret d'organisation des syndicats obligatoire pour la défense contre les sauterelles en Algérie. Réunion du comité permanent de l'institut international d'agriculture, basé à Rome. Recommandation pour l'échange d'informations entre les pays concernant les mouvements en masse d'insectes migrants. Les renseignements sont centralisés à l'institut international de Rome. 31Octobre 1920 : service de la défense des d'Algérie au terme de la convention relative à l'organisation de la lutte contre les sauterelles signée à Rome.
1921	Découverte du phénomène phasaire chez le criquet pèlerin par B.P Uvarov
1924	Publication : « le problème acridien et sa solution internationale »par P.Vayssère.
1925-1934	Période de grégarisation du criquet pèlerin
1929	Description du phénomène phasaire par B.P.uvavor
	1ère conférence internationale pour la protection contre les calamités naturelles (Rome, en Septembre)

1931	les acridologues français se sont manifestés dans le cadre du comité d'étude de la biologie des acridiens (CEBA) sous le patronage du professeur Pasquier (INA d'Alger)
1932	2ème conférence internationale pour la protection contre les Calamités naturelles (Paris)(même objectifs que celle tenue en 1931). Etude sur terrain sur le comportement larvaire de <i>Dociostaurus maroccanus</i> dans la région de Boghari (Algérie), par PASQUIER
1934	3ème conférence – Londres 1934 (mêmes objectifs que celle tenue en 1931) Publication par PASQUIER de la carte des régions grégarigènes du criquet marocain en Algérie
1936	4ème conférence- Caire 1936 (même objectifs que celle tenue en 1931)
1938	5ème conférence -Bruxelles 1938 (mêmes objectifs que celle tenue en 1931)
1939-1947	Activité du criquet pèlerin grégaire
1942	Organisation de la campagne de lutte contre les invasions du criquet pèlerin par PASQUIER
1943	Fin 1943 autorités françaises représentées par le comité français de libération national d'Alger prirent 2 initiatives majeures Convocation du congrès anti-acridien rassemblant à Rabat (Maroc), du 28 au 30 Décembre 1943, la plupart des pays subissant à cette
1944	Février 1944 création de l'O.N.A.A (Office National Anti-Acridien) installé à l'institut agricole d'Algérie à maison carrée (El Harrach) dirigé par le prof R Pasquier et sous la présidence de B.N.Zolotravesky (Chara,1998) L'O.N.A.A. deviendra ensuite O.A dans les années 60
1945	Création de l'organisme anti-acridien (autonome) par les Britanniques placé sous le contrôle du colonial office (ARLC= Anti Locust Research Centre)
1947	Accalmie acridienne
1948	F.A.O. chargée du problème acridien en Amérique latine (Ben Hamila, Com Pers.)
1949-1959	Activité du criquet pèlerin grégaire
1950	Constitution d'une collection scientifique des orthoptères d'Afrique-du-Nord en Algérie (INA, El-Harrach)
1951	Création du comité technique consultatif de la F.A.O pour la lutte anti-acridienne, comité technique permanent de la F.A.O (Ben Hamila, Com Pers.)
1952	Création du service fédéral de P.V. et du service fédéral anti-acridienne de l'A.O.F. (Afrique Occidentale française) sous la menace d'une résurgence d'activité du criquet pèlerin : dispositif régional commun aux pays de la fédération Rôle de coordination des actions internationales en lutte anti-acridienne de la F.A.O
1954	Création du comité F.A.O. pour la lutte contre le criquet pèlerin, rassemblant les représentants nationaux des services anti- acridiens
1955	Mise au point des 1ère formulations huileuses concentrées d'insecticide Création du comité technique permanent le DLCC (Desert Locust Control Comité) qui regroupe tous les pays concernés par <i>S. gregaria</i> et les pays donateurs (F.A.O)
1956	1ère réunion anti-acridienne sur le criquet pèlerin (Londres) Mai 1956 : renforcement des dispositions prises en Afrique tropicale pour l'installation dans un secteur les plus contaminés et les plus désertiques de cette dernière, à titre d'essai, d'un groupe de luttes internationales, décidée par les différents territoires de l'Afrique tropicale
1957	Adoption de la Dieldrine en lutte anti-acridienne Utilisation de l'ENS (Exhaust Nozzle Sprayer) en lutte anti-acridienne terrestre
1958	Création d'un service commun inter-état (Organisation Commune de Lutte Anti-acridienne l'OCLA), placé sous le contrôle d'un conseil administration auquel participe la France
1959	Création de l'OCLA et de l'OCLAV (Organisation commune de lutte antiacridienne)

	et de lutte Anti Aviaire) 2 ^{ème} réunion antiacridienne sur le criquet pèlerin (Avril-Mai)
1959-1964	FAO ordonnance et gère un programme commun de recherche et de lutte contre le criquet pèlerin. Financement assuré par le PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement) avec une contribution des états à cette tâche.
1960	Le plan d'opération préparé par la FAO est approuvé par les représentants des pays intéressés en avril 1960 concernant le développement des échanges scientifiques.
1961	Fusion OCLA / OCLAV pour former OCLALAV
1963	Commission du L.A.A., chargé de la lutte anti-acridienne en Asie du Sud-Ouest (Afghanistan, Iran, Pakistan)
1964	Projet PNUD / FAO « Prospections écologiques » PASQUIER nommé chef de coordination des prospections antiacridienne en Algérie, Niger, Tchad, Mali et Mauritanie Aide d'un fonds spécial des Nations Unies attribuée à l'Algérie
1965	Réunion à Paris des acridologues français Commission de la région centrale (Proche-Orient) qui compte treize pays autour de la mer rouge
1966	Disparition de l'ALRC (Anti Locust Research Center) britannique qui est absorbé par le COPR (Center for Overseas Pest Research) Création, par la FAO, d'un sous comité regroupant les pays d'Afrique du Nord. Ce sous comité s'est tenu à plusieurs reprises avant d'être érigé en CLCPANO en 1970
1967	Algérie le 31 août : création du comité interministériel de lutte anti-acridienne (C.I.L.A.) par Décret n°67 du 31/08/68
1968	Recrudescence avortée
1970	Création de la CLCPANO (Commission de Lutte contre le Criquet Pèlerin en Afrique du Nord-Ouest) et qui comptait quatre pays (Algérie, Maroc, Tunisie et Libye)
1972	Nomination de Mr Nazil Mahdjoub comme secrétaire exécutif de la lutte anti-acridienne de la CLCPANO et qui l'a tenu jusqu'à sa retraite en 1999. Première réunion de la CLCPANO qui s'est tenue à Alger. Publication, par PASQUIER, de la première carte des foyers grégarigène du criquet pèlerin en Algérie
1975	Février : Création en Algérie de l'I.N.P.V. par ordonnance n°75-11 du 27/02/75. La lutte anti-acridienne est prise en charge par le département D.I.C. (Département d'Intervention et de Coordination) au sein de cet institut. Mai : 3 ^{ème} session de la commission CLCPANO à Alger
1977-1978	Recrudescence confirmée du criquet pèlerin dans les régions centrales et orientales.
1985	Algérie : Décret n°85-232 du 25/08/85 relatif à la prévention des risques catastrophiques
1987	Algérie : loi n°67-17 du 01/08/87 relative à la protection phytosanitaire
1987-1989	Invasion du criquet pèlerin sur tout le territoire algérien Mise en place du P.C.C. par le ministère de l'Agriculture pour faire face à l'invasion du criquet pèlerin
1988	Algérie : Instruction interministérielle n°1 du 13/07/88 relative à la prévention et à la lutte contre le criquet pèlerin
1989	La Mauritanie se joint à la commission de la CLCPANO et qui compte ainsi cinq pays de Maghreb. Novembre : Création de la force Maghrébine d'intervention (FMI)
1990	L'Algérie décide de doter les aires grégarigènes du Sahara en stations météo automatiques après expérimentation d'un protocole type dans la région d'In Guézam (Extrême Sud algérien)
1993	Réaménagement du statut de l'I.N.P.V. Conférence sur la recherche acridienne organisée par la FAO à Marrakech. Plus de

	<p>100 chercheurs du monde entier se sont réunis à cette date</p> <p>Algérie : Décret n°93-139 du 14 juin 1993 portant sur le réaménagement du statut de l'I.N.P.V.</p> <p>Algérie : Décision ministériel n°9455 M du 28/07/93 portant sur la mise en place d'un poste de commandement central de lutte anti-acridienne (PCC/LAA)</p>
1993-1995	Recrudescence avortée
1994	<p>Le conseil de la FAO approuve l'établissement du programme EMPRES (Emergency Prevention System for Transboundary animal and plant Pests and Diseases)</p> <p>Une mission de formulation de projet de la FAO a déposé une proposition visant l'établissement d'un programme initial de lutte anti-acridienne dans la région centrale (EMPRES-Rc). La mission de formulation a conçu un programme en trois phases de trois à quatre ans chacune.</p>
1995	<p>17 au 27 septembre : Organisation conjointe avec l'O.A.D.A. (Organisation Arabe pour le Développement Agricole) d'un stage de formation pour une trentaine de prospecteurs algériens.</p> <p>La conférence de la FAO recommande d'étendre l'approche EMPRES à la région occidentale comprenant l'Algérie, la Libye, le Mali, le Maroc, la Mauritanie, le Niger, le Tchad et la Tunisie.</p> <p>14 mai au 1^{er} juin : Atelier régional organisé par la CLCPANO/FAO à Agadir (Maroc) auquel participent trois techniciens algériens.</p> <p>Septembre : Signature du protocole d'application météorologie-lutte anti-acridienne. L'OMN assure une veille météorologique au niveau national et régional notamment sur l'aire de rémission et de grégarisation du criquet pèlerin, élabore une analyse mensuelle de situation météorologique prélevant dans les régions occidentales de l'aire d'habitat du criquet pèlerin et fournit quotidiennement des images satellites au siège de l'I.N.P.V.</p>
1996	<p>La phase I du programme EMPRES débute dans la région centrale par des activités préliminaires fondée sur un descriptif de programme de la FAO s'inspirant largement du rapport de la mission de formulation.</p> <p>Les pays participant à ce programme sont Djibouti, Egypte, Erythrée, Ethiopie, Oman, Arabie saoudite, Somalie, Soudan et Yémen. La commission de lutte contre le criquet pèlerin dans la région centrale (CLCPRC) et l'organisation de lutte contre le criquet pèlerin dans l'Est africain (DLCO-EA) sont d'importants partenaires régionaux</p>
1997	<p>Une mission de formulation a avancé une proposition qui a été débattue et révisée à l'issue d'un atelier régional tenu en mars 1998 à Nouakchott à la lumière des recommandations émises par le comité de lutte contre le criquet pèlerin (CLCP) à sa trente-quatrième session</p> <p>Le descriptif de programme révisé, qui stipulait les besoins à financer par les bailleurs de fonds extérieurs (8 525 353 dollars E-U), a ensuite fait l'objet d'une approbation de principe par les pays concernés.</p>
1997-2000	Le programme EMPRES-CP a bénéficié d'un soutien financier de la part de l'Allemagne, la Belgique, les Etats-Unies et la Suisse ainsi que le budget du programme régulier de la FAO. Ces contributions ont totalisés 7 230 000 dollars E-U, dont 10904 000 dollars provenaient du programme ordinaire de la FAO.
1999	Nomination de Mr Ben Halima T. comme secrétaire exécutif de la lutte anti-acridienne du CLCPANO en remplacement de Mr Mahdjoub .
2001	Février : Le descriptif de programme précédent (mission de formulation en 1997) a ensuite été complété par une ébauche de plan de travail dressée au cours d'un atelier de planification participatif, tenu en Mauritanie par le CLCPANO. Cependant, le manque de ressources financières limite pour le moment les activités entreprises dans la région occidentale, qui dépendent essentiellement d'un projet de fonds fiduciaire de la FAO financé par la Norvège et axe sur l'amélioration de l'application des pesticides en Mauritanie.

2002	La CLCPRO remplace la CLCPANO et compte neuf pays (les cinq pays du Maghreb, le Sénégal, le Niger, le Mali et le Tchad), toujours sous la responsabilité de Mr Ben Halima
2004	Recrudescence du criquet pèlerin en Mauritanie s'étendant au Maroc et à l'Algérie.
2005	Nouvelle recrudescence du criquet pèlerin.

Annexe 2. Relevés des précipitations moyennes mensuelles et annuelles en (mm) de la région Tamanrasset durant la période (2006-2016). (ONM, 2017).

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
Précipitations moyennes (mm)	1,6	1,2	2,9	2,2	5,4	7,0	4,2	9,8	9,3	5,3	1,9	1,8	52,6
Max	55,2	17,1	52,0	32,5	95,1	68,2	34,1	73,4	96,4	80,2	33,5	31,3	170,2

Annexe 3. Relevés des températures minimales, maximales et moyennes sous abri de la région de Tamanrasset pendant les dix dernières années (2006-2016). (ONM, 2017).

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
T°C moy	12,7	15,1	18,7	23,2	27,1	29,6	29,5	28,9	27,3	23,1	17,7	14,0	22,2
T°C max moy	20,2	22,4	25,5	29,6	33,1	35,2	35,0	34,4	32,9	29,2	24,7	21,2	28,6
T°C min moy	5,1	7,1	10,7	14,9	19,3	22,5	22,8	22,4	20,8	16,2	10,4	6,6	14,9
Min Abs	-4,3	-2,6	-1,5	2,5	7,0	14,9	13,7	16,8	15,3	7,4	-1,0	-4,5	-4,5

Annexe 4. Richesse faunistique du Parc National de l'Ahaggar

A. Mammifères, oiseaux, reptiles et amphibiens de la région de Tamanrasset (LEBERRE cité par MAROUF, 1997 et HAMDINE, 2001) :

Groupes	Noms latins	Noms communs	Noms tamahaq
	<i>Paraechinus aethiopicus</i>	Hérisson du désert	Tiknissit, Teknissit
	<i>Chiroptera</i>	Chauve souris	Adeggal-n-teffuk,
	<i>Pipistrellus deserti</i>	Pipistrelle du désert	Adeggal-n-teffuk,
	<i>Canis aureu</i>	Chacal doré	Ebeggi
	<i>Fennecus zerda</i>	Fennec	Akhorhi
	<i>Vulpes rueppellii</i>	Renard famélique	Akhorhi
	<i>Hyaena hyaena</i>	Hyène rayée	Eridel, Aghidel
	<i>Lycan pictus</i>	Lycan	Tahenchit, Taghessit
	<i>Acinonyx jubatus</i>	Guépard	Amayas, Ahdel
	<i>Panthera pardus</i>	Panthère	Damessa
	<i>Felis sylvestrus libyca</i>	Chat ganté	Aghda, Taghda
	<i>Procavia capensis</i>	Daman de rocher	Akawka
	<i>Ammotragus lervia</i>	Mouflon à manchettes	Oudad
	<i>Addax nasomaculatus</i>	Addax	Tamellalt

Mammifères	<i>Oryx dammah</i> <i>Gazella dama</i> <i>Gazella dorcas</i> <i>Gerbillus</i> spp. <i>Meriones</i> spp <i>Psammomys obesus</i> <i>Acomys cahirinus seurati</i> <i>Jaculus jaculus</i> <i>Massoutiera mzabi</i> <i>Lepus capensis</i>	Oryx algazelle Gazelle dama Gazelle dorcas Gerbilles Mériens Rat des sables Souris épineuse égyptienne Petite Gerboise d'Egypte Goundi du Mzab Lièvre du cap	Izzem, Tizzemt, Ademi Inir, Enir Ahenked Akouti, Akoutei Akounder Akounder Tajejert Eddawi Telout Timerwelt,
Oiseaux	<i>Ardea</i> spp. <i>Egretta garzetta</i> <i>Neophron percnopterus</i> <i>Falco tinnuclulus</i> <i>Falco biarmicus</i> <i>Cursorius cursor</i> <i>Pterocles</i> ssp <i>Pterocles coronatus</i> <i>Pterocles lichtensteinii</i> <i>Columba livia</i> <i>Streptopelia turtu</i> <i>Streptopelia senegalensis</i> <i>Bubo ascalaphus</i> <i>Athene noctua</i> <i>Upupa epops</i> <i>Ammomanes</i> spp. <i>Alaemon alaudipes</i> <i>Ptyonoprogne fuligula</i> <i>Hirundo rustica</i> <i>Delichon urbica</i> <i>Sylvia</i> spp. <i>Oenanthe leucopyga</i> <i>Turdoides fulvus</i> <i>Lanius meridionalis</i> <i>Corvus ruficollis</i> <i>Emberiza striolata</i> <i>Bucanetes githaginea</i>	Héron Aigrette garzette Vautour percnoptère Faucon crécerelle Falcon Faucon lanier Courvite isabelle Ganga Ganga couronné Ganga de Lichtenstein Pigeon biset Tourterelle des bois Tourterelle maillée Grand-duc du désert Chevêche d'Athéna Huppe fasciée Ammomanes Sirli du désert Hirondelle isabelline Hirondelle rustique Hirondelle de fenêtre Fauvettes Traquet à tête blanche Cratérope fauve Pie-grièche méridionale Corbeau brun Bruant striolé Roselin githagine	Irek Ibilbil Taghaldji, Taghaldjit Aloullem Aloullem, Afokka Seyellel-ibaraden Tbidert Tagdout Tagdout, Tintamat Tidebbirt Tadoureit Tadjeredjert Bouhan, Bouihane Taouik Houd-houd Touidira, Tabegnest Ati-Ati Mestegh Mestegh Mestegh Sidden-izlen Moula-moula Tiou-tiou Srendi-boughellama Aghaledj, Arralit Siboubou, Egdedaren Tahrayt
Reptiles	<i>Ptyodactylus hasselquistii</i> <i>Agama impalearis</i> <i>Agama mutabilis</i> <i>Agama agama</i> <i>Uromastix</i> ssp <i>Uromastix acanthinurus</i> <i>Uromastix geyri</i> <i>Scincus scincus</i> <i>Varanus griseus</i> <i>Cerastes cerastes</i> <i>Ptyodactylos hasselquisti</i> <i>Stenodactylos stenodavtylus</i>	Gecko Agame de Birbon Agame du désert Agame des colons Fouette queue Fouette queue Fouette queue geyr Poisson de sable Varan du désert Vipère à corne Gecko d'hasselquist Sténodactyle élégant	Ptyodactyle Emezerega Emeterter Amterter Amterter Agezzaram Agezzeran Agezzeran Tahallemit Aghata Tachelt Temeteqecht

Amphibiens	<i>Rana ridibunda</i> <i>Bufo mauritanus</i> <i>Bufo veridis</i> <i>Bufo regularis</i>	Grenouille rieuse Crapaud de Mauritanie Crapaud vert Crapaud panthérin	Ajerou M' gourgen Agriou Agriou
-------------------	---	---	--

B. Arthropodes de la région de Tamanrasset (BENABADJI et LRROUY, 1968 ; KARA *et al.*, 2001 et DUPRÉ, 2004)

Classes	Ordres	Familles	Genres, espèces
Arachnides	Acariens	Ixodidae	<i>Hyalomma dromedarii</i>
	Scorpionides	Buthidae	<i>Buthus occitanus</i> <i>Androctonus australis</i> <i>Androctonus bicolor</i> <i>Androctonus amoreuxi</i>
Insectes	Odonatoptères	Libellulidae	<i>Libellula sp</i>
	Mantoptères	Mantidea	<i>Eremiaphila sp</i>
	Orthoptères	Gryllidae	<i>Acheta domestica</i>
		Pamphagidae	<i>Pamphagus sp, Tuarega insignis</i>
		Pyrgomorphidae	<i>Pyrgomorpha cognata</i>
			<i>Pyrgomorpha conica</i>
		Acrididae	<i>Aiolopus thalassinus</i>
			<i>Acrotylus patruelis</i>
<i>Poekilocerus hieroglyphus</i>			
<i>Heteracris sp</i>			
<i>Oedipoda sp</i>			
<i>Ochrilidia harterti</i>			
<i>Schistocerca gregaria</i>			
<i>Sphingonotus rubescens</i>			
<i>Pseudosphingonotus savignyi</i>			
<i>Sphodromerus cruentatus</i>			
Hétéroptères	Lygaeidae	-	
Coléoptères	Scarabeidae	<i>Podoligus cuniculus</i>	
	Buprestidae	<i>Julodis aequinoctialis</i>	
Hyménoptères	Formicidae	<i>Crematogaster sp</i>	
Diptères	Culicidae	<i>Culex pipiens</i> <i>Culex arbieeni</i> <i>Anopheles multicolor</i> <i>Anopheles hispaniola</i> <i>Simulium ruficorne</i> <i>Culiseta longearcolata</i> <i>Procladius sp</i>	

Annexe 5. Richesse floristique du le Parc National de l'Ahaggar (SAHKI et SAHKI, 2004)

Familles	Espèces végétales
Asclepiadaceae	<i>Calotropis procera</i> <i>Caralluma decaisneana</i> <i>Caralluma venenosa</i> <i>Glossonema boveanum</i> <i>Leptadenia pyrotechnica</i> <i>Pergularia tomentosa</i> <i>Priolocla laevigata</i> <i>Solenostemma argel</i>
Aizoaceae	<i>Aizoon canariensis</i> <i>Giesekia pharnacioides</i> <i>Mollugo cerviana</i>
Amaranthaceae	<i>Aerva javanica</i>
Amaryllidaceae	<i>Pancratium trianthemum</i>
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>
Apiaceae	<i>Anethum graveolens</i> <i>Deverra scoparia</i>
Apocynacea	<i>Nerium oleander</i>
Palmaceae	<i>Phoenix dactylifera</i>
Asteraceae	<i>Artemisia campestris</i> <i>Artemisia judaica</i> <i>Atractylis aristata</i> <i>Nauplius graveolens</i> <i>Calendula aegyptiaca</i> <i>Centaurea pungens</i> <i>Chamomilla pubescens</i> <i>Chrysanthemem macrocapum</i> <i>Cotula cinerea</i> <i>Echinops psinosissimus</i> <i>Erigeron bovei</i> <i>Gnaphalium luteo-album</i> <i>Launaea nudicaulis</i> <i>Pentzia monodiana</i> <i>Picris albida</i> <i>Pulicaria crispa</i> <i>Pulicaria incisa</i> <i>Seriphidium herba alba</i> <i>Senecio hoggariensis</i> <i>Stephanochilus omphalodes</i>
Balanitaceae	<i>Balanites aegyptiaca</i>
Boraginaceae	<i>Arnebia decumbens</i> <i>Cordia rothii</i> <i>Echium pycanthum</i> <i>Heliotropium ramossissimum</i> <i>Megastoma pusilum</i> <i>Trichodesma africanum</i>
Brassicaceae	<i>Anastatica hierochuntica</i> <i>Crambe kralickii</i> <i>Diploxaxis harra</i>

	<i>Eruca sativa</i> <i>Farsetia aegyptiaca</i> <i>Farsetia ramosissima</i> <i>Matthiola livida</i> <i>Matthiola maroccana</i> <i>Morettia canescens</i> <i>Moricandia arvensis</i> <i>Schouwia thebaica</i> <i>Zilla spinosa</i>
Caesalpinaceae	<i>Parkinsonia aculeata</i>
Capparidaceae	<i>Capparis spinosa</i> <i>Cleome amblyocarpa</i> <i>Maerua crassifolia</i>
Caryophyllaceae	<i>Dianthus crinitus</i> <i>Paronychia arabica</i> <i>Polycarpeae repens</i> <i>Sclerocephalus arabicus</i> <i>Silene hoggariensis</i>
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i>
Celastraceae	<i>Maytenus senegalensis</i>
Cesalpinaceae	<i>Cassia aschrek</i> <i>Cassia italica</i> <i>Cassia lanceolata</i> <i>Delonix regia</i>
Chenopodiaceae	<i>Anabasis articulata</i> <i>Atriples halimus</i> <i>Bassia muricata</i> <i>Chenopodium murale</i> <i>Chenopodium vulvaria</i> <i>Cornulaca monacantha</i> <i>Nucularia perini</i> <i>Salsola baryosoma</i>
Cistaceae	<i>Helianthemum ellipticum</i> <i>Helianthemum lipii</i>
Convolvulaceae	<i>Convolvulus fatmensis</i> <i>Convolvulus glomeratus</i> <i>Cuscuta epithimum</i>
Cucurbitaceae	<i>Citrullus colocynthis</i> <i>Cucumis pustulatus</i>
Cupressaceae	<i>Cupressus dupreziana</i>
Cynomoriaceae	<i>Cynomorium coccinum</i>
Cyperaceae	<i>Cyperus laevigatus</i> <i>Scirpus holoschoenus</i>
Ephedraceae	<i>Ephedera altissima</i> <i>Ephedera major</i>
Equisetaceae	<i>Aquisetum ramosissimum</i>
Euphorbiaceae	<i>Chrozophora brocchiana</i> <i>Euphorbia balsamifera</i> <i>Euphorbia involucrata</i> <i>Euphorbia calyptrata</i> <i>Euphorbia granulata</i> <i>Ricinus communis</i>
	<i>Acacia albida</i> <i>Acacia arabica</i> <i>Acacia ehrenbergiana</i>

Fabaceae	<i>Acacia laeta</i> <i>Acacia raddiana</i> <i>Acacia seyal</i> <i>Argyrobium abyssinicum</i> <i>Astragalus gombiformis</i> <i>Astragalus senaicus</i> <i>Astragalus vogelli</i> <i>Crotolaria saharae</i> <i>Hippocrepis constricta</i> <i>Indigofera articulata</i> <i>Lotus arabicus</i> <i>Lotus glinoides</i> <i>Lotus jolyi</i> <i>Lotus roudairei</i> <i>Medicago laciniata</i> <i>Prosopis juliflora</i> <i>Rhynchosia memnonia</i> <i>Tephrosia purpurea</i> <i>Trigonella anguina</i>
Gentianaceae	<i>Centaurium spicatum</i>
Geraniaceae	<i>Erodium glocauphyllum</i> <i>Mansonia heliotropioides</i> <i>Mansonia nivea</i>
Globulariaceae	<i>Globularia alypum</i>
Joncaceae	<i>Juncus maritimus</i>
Lamiaceae	<i>Ballota hirsuta</i> <i>Lavandula coronopifolia</i> <i>Lavandula pubescens</i> <i>Marrubium desertii</i> <i>Mentha longifolia</i> <i>Salvia aegyptiaca</i> <i>Salvia chudaei</i> <i>Teucrium polium</i>
Liliaceae	<i>Androcymbium wyssianum</i> <i>Asphodelus tenuifolius</i> <i>Dipcadi serotinum</i>
Malvaceae	<i>Gossypium hirsutum</i>
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i>
Menispermaceae	<i>Cocculus pendulus</i>
Moraceae	<i>Ficus carica</i> <i>Ficus ingens</i> <i>Ficus salicifolia var eucalyptoides</i> <i>Ficus salicifolia var teloukat</i> <i>Ficus sycomorus</i>
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i>
Myrtaceae	<i>Eucalyptus bosistoana</i> <i>Myrtus nivellei</i>
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia repens</i> <i>Boerhavia viscosa</i> <i>Bougainvillea spectabilis</i> <i>Commicarpus stellatus</i>
Oleaceae	<i>Olea laperrinei</i>

Orobanchaceae	<i>Cistanche phelypaea</i> <i>Orobanche cernua</i>
Papaveraceae	<i>Glaucium corniculatum</i>
Plantaginaceae	<i>Plantago ciliata</i>
Plombaginaceae	<i>Limonium sinuatum</i>
Poaceae	<i>Chloris barbata</i> <i>Cymbopogon scoenanthus</i> <i>Desmostachya bipinnata</i> <i>Dichantium annulatum</i> <i>Imperata cylindrica</i> <i>Panicum turgidum</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Saccharum ravennae</i> <i>Stipagrostis plumosa</i> <i>Stipagrostis pungens</i>
Polygonaceae	<i>Calligonum azel</i> <i>Calligonum comosum</i> <i>Rumex vesicarius</i>
Polypodiaceae	<i>Adiantum capillus-veneris</i> <i>Cheliantes pteridodes</i>
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>
Renonculaceae	<i>Clematis flamula</i>
Resedaceae	<i>Caylusea hexagyna</i> <i>Reseda arabica</i> <i>Reseda villosa</i>
Rhamnaceae	<i>Ziziphus lotus</i> <i>Ziziphus mauritanicus</i>
Rosaceae	<i>Neurada procumbens</i>
Salicaceae	<i>Populus nigra</i>
Salvadoraceae	<i>Salvadora persica</i>
Santalaceae	<i>Osyris alba</i>
Sapotaceae	<i>Argania spinosa</i>
Schrophulariaceae	<i>Celsia longirostris</i> <i>Linaria sagittata</i> <i>Kickxia aegyptiaca</i> <i>Veronica anagallis-aquatica</i>
Solanaceae	<i>Hyocyamus muticus</i> <i>Solanum nigrum</i> <i>Withania somnifera</i>
Tamaricaceae	<i>Tamaris articulata</i> <i>Tamarix gallica</i>
Terebinthaceae	<i>Pistacia atlantica</i> <i>Rhus tripartitus</i>
Tiliaceae	<i>Grewia populifolia</i> <i>Melhanian denhami</i>
Typhaceae	<i>Typha angustifolia</i> <i>Typha elephantina</i>
Urticaceae	<i>Forskalea tenacissima</i>

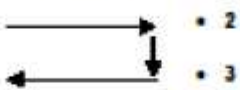
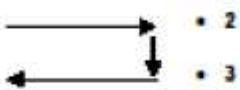
Zygophyllaceae	<i>Fagonia arabica</i> <i>Fagonia bruguieri</i> <i>Fagonia flamandi</i> <i>Fagonia glutinosa</i> <i>Fagonia kahirina</i> <i>Fagonia olivieri</i> <i>Peganum harmala</i> <i>Seetzenia lanata</i> <i>Tribulus terrester</i> <i>Zygophyllum album</i> <i>Zygophyllum simplex</i>
67 familles	205 espèces

Annexe 6. Itinéraires des circuits effectués dans le Hoggar chaque année durant la période (2006-2016)

Circuits	Lieu et coordonnées géographiques
1	Abalessa village (22 54 N 04 51 E) – Imelal (22 58 N 00 58 E) – Ahtes (22 54 N 04 45 E; 22 56 N 04 44 E) – Taklet (22 57 N 04 43 E) – Tihiyitine (23 00 N 04 41 E; 23 04 N 04 39 E) – Imessouhac (23 07 N 04 37 E) – Abalessa .
2	Abalessa – In Adjedjou (23 04 N 04 44 E; 23 07 N 04 47 E; 23 08 N 04 35 E; 23 08 N 04 42 E) – Taghat (22 07 N 04 48 E) – Sellet 22 44 N 04 51 E) – Amazehageni Tiwalwaline (22 48 N 04 51 E) – Afedjedj (22 49 N 04 55 E) – Abalessa .
3	Abalessa – Tin Arezrez (23 14 N 04 28 E) – Aderniba (23 22 N 04 12 E) – Tekouiet 23 25 N 04 10 E; 23 30 N 04 26 E) – In Afarfar (23 31 N 04 08 E) – Abadel (23 27 N 04 31 E) – Tin haouiar (23 16 N 04 36 E) – Tin Tebabouin (2310 N 04 34 E) - Tilou (23 11 N 04 59 E) – Ihaghi (22 59 N 04 54 E) – Abalessa .
4	Tamanrasset – Infeg (22 18 N 05 52 E) – Igharghar (21 34 N 06 09 E; 21 36 N 06 07 E) – Tin Tarabine (21 43 N 07 05 E; 21 48 N 06 59 E; 21 56 N 06 47 E; 22 00 N 06 45 E) – Tazrouk – Ideles – Massifs du Hoggar (23 15 N 05 42 E, 23 13 N 05 30 E) – Guelta Afilal (23 07 N 05 45 E) – Tamanrasset .
5	Silet piste (22 39 N 04 34 E) – Amded (22 51 N 04 29 E; 22 49 N 04 23 E; 22 48 N 04 21 E; 22 52 N 04 27 E; 22 42 N 04 12 E; 22 43 N 04 08 E; 22 33 N 03 55 E; 22 32 N 03 52 E) – Helem (22 18 N 03 51 E) – Tamanrasset (21 09 N 03 54; 22 01 N 04 09) – Tinef (21 59 N 04 13 E; 22 04 N 04 17 E) – Jonction Tinef/Adjmet (22 05 N 04 24 E) – Adjmet (22 06 N 04 29 E) – Tissatine-n-Teghatine (22 23 N 04 32 E) – Silet .
6	Silet – Iwayharen (23 02 N 04 30 E) - In Adjedjou (23 06 N 04 29 E; 23 07 N 04 47 E) - Oussayane (23 10 N 04 28 E) – Tin Arezrez (23 14 N 04 27 E; 23 17 N 04 38 E) – Abadel (23 22 N 04 29 E; 23 25 N 04 30) – Tekouiet (23 30 N 04 29; 23 30 N 04 30 E; 23 31 N 04 33 E; 23 30 N 04 39 E– 23 32 N 04 37 E – 23 34 N 04 40 E – 23 37 N 04 42 E) - In M’guel (05 09 N 23 42 E) - Imessoune (23 32 N 05 05 E) – Silet .
7	Tamanrasset (Ville) (22 46 N 05 30 E) – Tizelayine (22 51 N 05 34 E) – Tahebourte (22 50 N 05 37 E) - Massifs du Hoggar (23 31 N 05 47 E ; 23 31 N 05 45 E ; 23 26 N 05 40 E; 23 25 N 05 58 E; 22 59 N 05 26 E; 23 33 N 06 00 E) – Tamanrasset (Ville) .

8	Tamanrasset – Amesser (22 55 N 05 15 E) – Amekeni (22 53 N 05 12 E) - Tassoufte (22 53 N 05 10 E) – Tiwalwaline (22 53 N 05 00 E) – Ahtes (22 56 N 04 44 E) – Taklet (22 58 N 04 42 E) – Tihyine-Tin-Djarine (22 59 N 04 41 E) – Tihyine-Timalouline (22 59 N 04 39 E) – Abrihaten (22 55 N 04 41 E) – Abalessa – Silet .
9	Silet - In Zafar (22 42 N 04 30 E) - Tin Ehilene (22 41 N 04 30 E) – Adjelmane (22 37 N 04 30 E) – Tin Taghast (22 39 N 04 30 E) – Tin Tadmagh (22 35 N 04 32 E) – Amenatt (22 37 N 04 35 E) – Silet .
10	Silet – Infeg (22 18 N 05 52 E) – Igharghar (21 36 N 06 08 E) – Tin Tarabine (21 52 N 06 52 E; 21 53 N 06 51 E; 21 54 N 06 49 E; 21 56 N 06 47 E; 21 56 N 06 47 E; 22 00 N 06 45 E; 22 01 N 06 42 E; 22 07 N 06 39 E) – Tamanrasset → Silet .
11	Silet – Ahenbetour (22 44 N 04 25 E) – Tin Daghén (22 53 N 04 03 E) – Aderniba (22 59 N 03 57 E) – Ouan Farfar (23 04 N 03 51 E) – Tin Chifaou (23 20 N 03 37 E) – Tin Chekchi (23 10 N 02 36 E) – Ahaddeda (23 13 N 02 34 E; 23 16 N 02 36 E) – Ifilalen (23 24 N 02 33 E) – In Ziza (23 27 N 02 33 E; 23 29 N 02 38 E (Guelta); 23 27 N 02 31 E; 23 26 N 02 30 E) – Tadjena (23 18 N 02 26 E – In Ararfazou (23 18 N 02 26 E) – Takhemelte loula (22 54 N 02 47 E) – Takhemelte (22 53 N 02 54 E) – Silet .

Annexe 7. Formulaire FAO de prospection en lutte-antiacridienne (CRESSMAN, 2001)

Longitude (DD MM SSS / O, E)			
Superficie prospectée (ha)			
Criquet (Présent ou Absent)			
Zone à traiter (donner les coordonnées des quatre points de la zone)	1:	1:	1:
• 1  • 2	2:	2:	2:
• 4  • 3	3:	3:	3:
	4:	4:	4:
Superficie à traiter (ha)			
Conditions écologiques			
Habitat			
Topographie (Oued, Plaine, Plateau, Collines, Dunes, Interdunes, Cultures, Pâturages, Oasis, Reg, Sebkh, Cuvette, Puits, Plage, Ville)			
Nature sol (Sableux, Limoneux, Argileux, Caillouteux, Graveleux, Rocheux)			
Sol (Sec ou Humide)			
Humidité du sol (de x à x cm)			
Végétation			
Etat (En pousse, Verte, En dessèchement, Sèche)			
Densité (Faible, Moyenne, Dense)			
Espèces annuelles (lister les trois espèces dominantes)			
Etat (En pousse, Verte, En dessèchement, Sèche)			
Couverture (%)			
En dessèchement (%)			
Stade de développement (1,2,3,4,5)			
Espèces pérennes (lister les trois espèces dominantes)			
Etat (En reverdissement, Verte, En dessèchement, Sèche)			
Couverture (%)			
En dessèchement (%)			
En reverdissement (%)			
Météo			
Date de dernière pluie			
Quantité approximative de pluie (Faible, Modérée, Forte)			
Quantité de pluie (mm)			
Température (°C)			
Provenance du vent (N, NO, NE, O, E, S, SO, SE)			
Vitesse du vent (m/s)			
Situation acridienne			
Larves			
Stade de développement (E-1-2-3-4-5-6-Mi)			
Stade dominant (E-1-2-3-4-5-6-Mi)			
Phase (Solitaire, Transiens, T/congregans, T/dissocians, Grégaire)			
Comportement (Isolées, Dispersées, Regroupées)			
Couleur (Vert, Brun, Brun pigmenté, Jaune pigmenté, Noir)			
Densité (Faible, Moyenne, Forte)			
Minimum, maximum et moyenne du nombre d'individus (par touffe, m ²)			

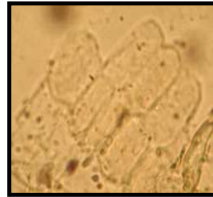
Annexe 8. Indices morphométriques de *Schistocerca gregaria* selon DIRSH (1953) (DURANTON et LECOQ, 1990)

	Solitaires		Transiens		Grégaires	
	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
E/F	1,99-2,07	2,02-2,09	2,08-2,13	2,10-2,15	2,14-2,28	2,16-2,33
F/C	3,80-3,95	3-87-4,04	3,62-3,79	3,71-3,86	3,03-3,61	3,05-3,70

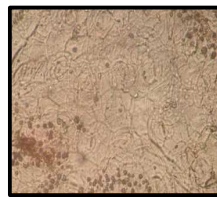
Annexe 9. Epidermothèque de référence du Parc National de l'Ahaggar (**Grossissement*100**)



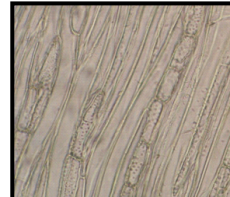
Acacia raddiana



Aerva tomentosa



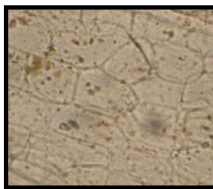
Aizoon canariensis



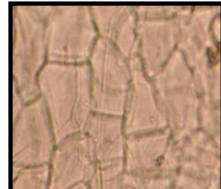
Anabasis articulata



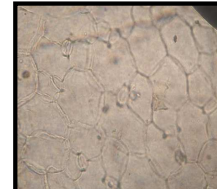
Artemisia campestris



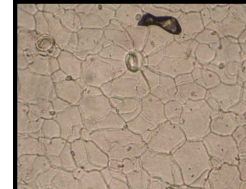
Artemisia judaica



Asphdelus tenuifolius



Astragalus gombiformis



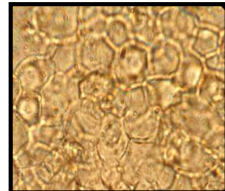
Astragalus senaicus



Astragalus vogelii



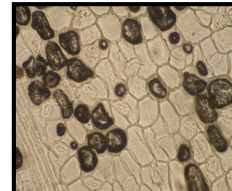
Atractylis aristata



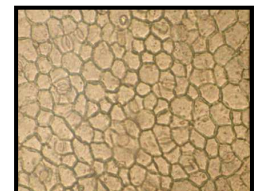
Balanites aegyptiaca



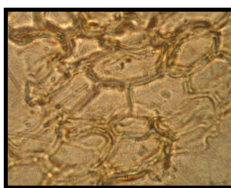
Boerhavia repens



Calligonum comosum



Calotropis procera



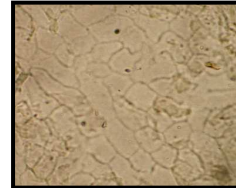
Cassia italica



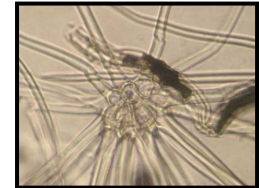
Cassia lanceolata



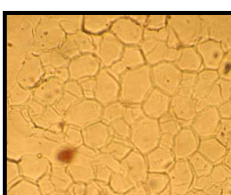
Chamomilla pubescens



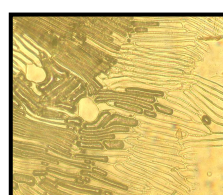
Chenopodium vulvaria



Chrozophora brocchiana



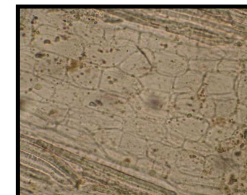
Citrullus colocynthis



Cleome arabica



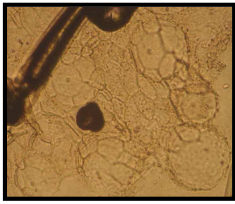
Cornulaca monacantha



Cotula cinerea



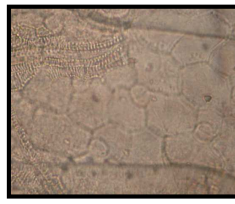
Crotolaria saharae



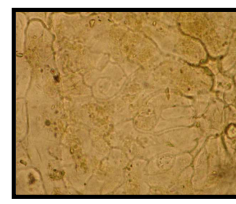
Diplotaxis harra



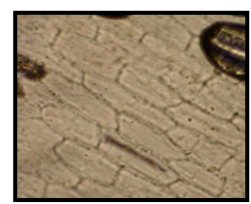
Echium pycnatum



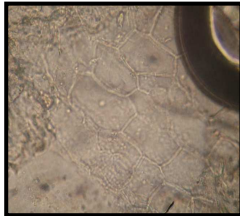
Eremobium aegyptiacum



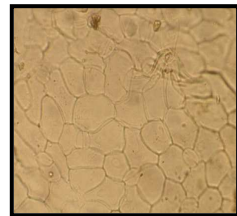
Eruca sativa



Euphorbia calyptрата



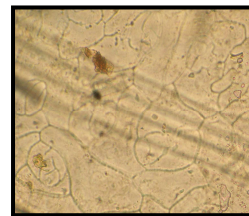
Euphorbia granulata



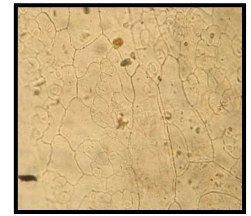
Fagonia arabica



Fagonia bruguieri



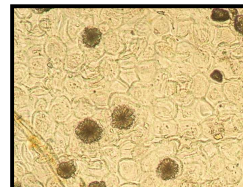
Farsetia aegyptiaca



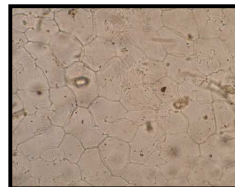
Grewia populifolia



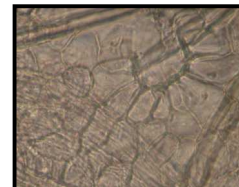
Heliotropium undulatum



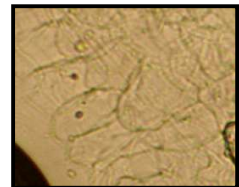
Hyaloxylon schmittianum



Hyocyamus muticus



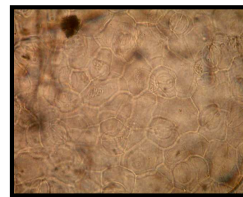
Lavandula pubescens



Leptadenia pyrotechnica



Malcolmia aegyptiaca



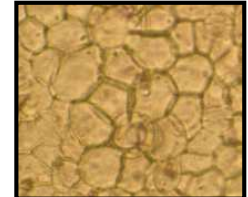
Malva rotundifolia



Mansonia nivea



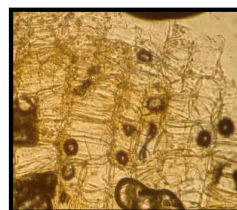
Maerua crassifolia



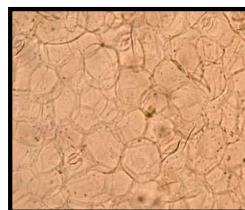
Morettia canescens



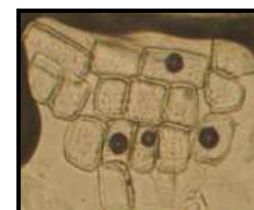
Moricandia arvensis



Nauplius graveolens



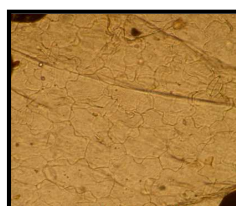
Nucularia perini



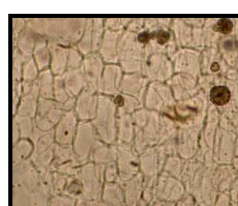
Panicum turgidum



Paronychia arabica



Pentzia monodiana



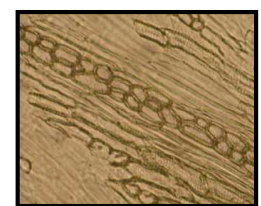
Pergularia tomentosa



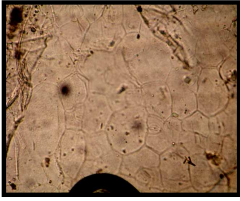
Pulicaria crispa



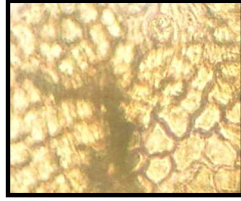
Pulicaria lacineata



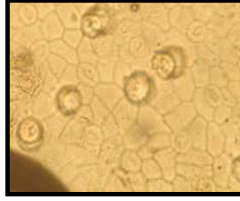
Reseda vilosa



Rumex vesicarius



Salsola foetida



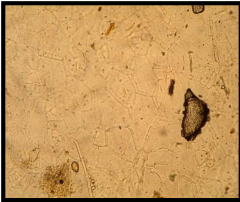
Salvadora persica



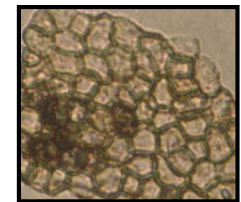
Salvia chudaei



Sclerocephalus arabicus



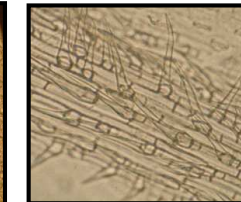
Schouwia purpurea



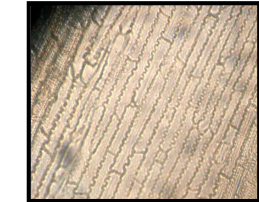
Solanum nigrum



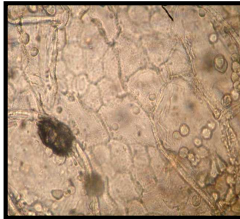
Solenostemma argel



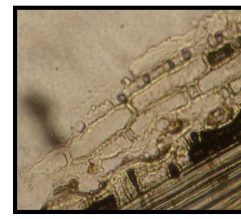
Stipagrostis ciliata



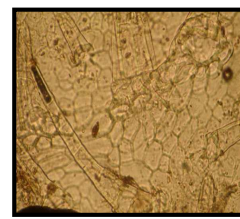
Stipagrostis plumosa



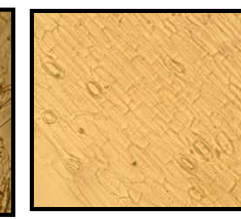
Seetzenia lanata



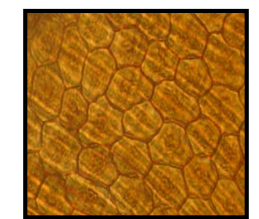
Stipagrostis pungens



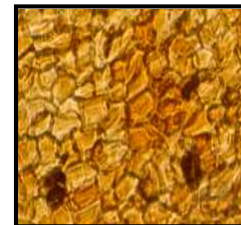
Tribulus terrester



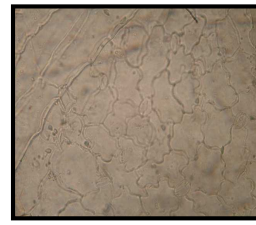
Trichodesma africanum



Zilla spinosa



Ziziphus lotus



Sp ind.

Annexe 10. Observations relatives aux caractéristiques des sites prospectés entre 2006 et 2016

Texture du sol : classement de 1 (sol le plus léger : LSf) à 9 (sol le plus lourd : ALSfSgR)
Humidité du sol : humide en surface (1), à 5 cm (2), à 10 cm (3), à 30 et cm (4)
Etat de verdissement : V (1), VS (2), S (3) et SV (4).

1. Prospection estivale

Lieu	Densité moyenne (ind./ha)	Texture du sol	Humidité du sol	Etat de verdissement de la végétation	Densité végétation
Amded	198	2	3	3	3
Tin adjar	0	4	1	1	1
Helem	5	4	1	1	1
Tamanrasset	20	3	2	3	2
Tinef	5	4	1	1	2
Adjmet	0	4	1	1	1
Tissetine Tghatine	0	4	1	1	1
Iwayharen	6	3	1	1	2
In Adjedjou	18	3	2	1	2
Oussayane	0	4	1	1	1
Tin Arezrez	35	2	2	2	3
Abadel	90	1	3	3	3
Tekouiet	145	1	3	3	3
Immessouhac	0	4	1	1	1
Tizelayine	12	3	2	1	2
Tahebourte	5	4	1	1	1
Massifs rocailleux	10	5	1	1	1
Ammesser	0	4	1	1	1
Amekeni	10	4	1	1	2
Tassoufte	0	4	1	1	1
Tiwalwaline	20	3	2	1	2
Ahtes	15	4	2	1	1
Taklet	0	4	1	1	1
Tihiyine Tin Djarine	5	4	1	1	1
Tihiyine Timalouline	10	4	1	1	1
Abrihaten	20	3	2	1	2
In Zafar	0	4	1	1	1
Tin Elhilene	0	4	1	1	1
Adjelmane	126	2	3	3	3
Tin Taghast	0	4	1	1	2
Tin Tamagh	0	4	1	2	1
Amenatt	20	3	2	2	2
Igharghar	176	1	3	4	3

Tin Tarabine	197	1	3	4	3
Ahenbetour	30	3	2	3	3
Tin Daghén	0	5	1	1	1
Aderniba	30	3	3	3	3
Ouan Farfar	0	4	2	1	2
Tin Chifaou	0	4	1	1	1
Tin Chekchi	20	3	2	3	2
Ahadada	30	3	2	2	2
Ifilalen	0	4	1	1	1
In Ziza	40	2	3	3	3
Tadjena	20	3	2	2	1
In Ararfazou	10	4	1	1	1
Takhemelte Loula	0	5	1	1	1
Takhemelte	0	5	1	2	1
Imelal	20	4	1	1	2
Taghat	0	4	1	1	1
Silet	30	3	2	3	2
Tiwalwaline	25	3	2	1	1
Afedjedj	10	4	1	1	1
Tin Arezrez	45	3	3	3	3
Aderniba	0	5	1	1	1
Tin Houiar	0	5	1	1	1
Tin Tebabouin	20	3	2	1	2
Tilok	0	4	1	1	1
Ihaghi	10	3	1	1	1
Infeg	25	3	2	2	2
Tin Amzi	30	2	2	2	2
Azrou	0	4	1	1	1
Ihirène	0	4	1	1	1
Sersouf	10	4	1	1	1
Tegrina	0	4	1	1	1
Zazir	20	3	2	2	1

2. Prospection automno-hivernale

Lieu	Densité moyenne (ind./ha)	Texture du sol	Humidité du sol	Etat de verdissement de la végétation	Densité végétation
Amedd	374	2	3	3	3
Tin adjar	0	4	1	1	1
Helem	5	4	1	1	1
Tamanrasset	30	3	2	3	2
Tinef	5	4	1	1	2
Adjmet	0	4	1	1	1
Tissetine Tghatine	0	4	1	1	1
Iwayharen	6	3	1	1	2

In Adjedjou	25	3	2	1	2
Oussayane	0	4	1	1	1
Tin Arezrez	45	2	2	2	3
Abadel	386	1	3	3	3
Tekouiet	370	1	3	3	3
Immessouhac	0	4	1	1	1
Tizelayine	20	3	2	1	2
Tahebourte	5	4	1	1	1
Massifs rocailleux	10	5	1	1	1
Ammesser	0	4	1	1	1
Amekeni	10	4	1	1	2
Tassoufte	0	4	1	1	1
Tiwalwaline	20	3	2	1	2
Ahtes	15	4	2	1	1
Taklet	0	4	1	1	1
Tihiyine Tin Djarine	5	4	1	1	1
Tihiyine Timalouline	10	4	1	1	1
Abrihaten	20	3	2	1	2
In Zafar	0	4	1	1	1
Tin Elhilene	0	4	1	1	1
Adjelmane	245	2	3	3	3
Tin Taghast	0	4	1	1	2
Tin Tamagh	0	4	1	2	1
Amenatt	20	3	2	2	2
Igharghar	392	1	3	4	3
Tin Tarabine	415	1	3	4	3
Ahenbetour	30	3	2	3	3
Tin Daghén	0	5	1	1	1
Aderniba	30	3	3	3	3
Ouan Farfar	0	4	2	1	2
Tin Chifaou	0	4	1	1	1
Tin Chekchi	25	3	2	3	2
Ahadada	35	3	2	2	2
Ifilalen	0	4	1	1	1
In Ziza	20	2	3	3	3
Tadjena	20	3	2	2	1
In Ararfazou	10	4	1	1	1
Takhemelte Loula	0	5	1	1	1
Takhemelte	0	5	1	2	1
Imelal	10	4	1	1	2
Taghat	0	4	1	1	1
Silet	35	3	2	3	2
Tiwalwaline	20	3	2	1	1

Afedjedj	10	4	1	1	1
Tin Arezrez	42	3	3	3	3
Aderniba	0	5	1	1	1
Tin Houiar	0	5	1	1	1
Tin Tebabouin	20	3	2	1	2
Tilok	0	4	1	1	1
Ihaghi	10	3	1	1	1
Infeg	25	3	2	2	2
Tin Amzi	30	2	2	2	2
Azrou	0	4	1	1	1
Ihirène	0	4	1	1	1
Sersouf	10	4	1	1	1
Tegrina	0	4	1	1	1
Zazir	20	3	2	2	1

3. Prospection printanière

Lieu	Densité (ha)	Texture du sol	Humidité du sol	Etat de verdissement de la végétation	Densité végétation
Amded	330	2	3	3	3
Tin adjar	0	4	1	1	1
Helem	5	4	1	1	1
Tamanrasset	18	3	2	3	2
Tinef	5	4	1	1	2
Adjmet	0	4	1	1	1
Tissetine Tghatine	0	4	1	1	1
Iwayharen	6	3	1	1	2
In Adjedjou	18	3	2	1	2
Oussayane	0	4	1	1	1
Tin Arezrez	35	2	2	2	3
Abadel	88	1	3	3	3
Tekouiet	233	1	3	3	3
Immessouhac	0	4	1	1	1
Tizelayine	12	3	2	1	2
Tahebourte	5	4	1	1	1
Massifs rocailleux	10	5	1	1	1
Ammesser	0	4	1	1	1
Amekeni	10	4	1	1	2
Tassoufte	0	4	1	1	1
Tiwalwaline	19	3	2	1	2
Ahtes	15	4	2	1	1
Taklet	0	4	1	1	1
Tihiyine Tin Djarine	5	4	1	1	1
Tihiyine Timalouline	10	4	1	1	1

Abrihaten	20	3	2	1	2
In Zafar	0	4	1	1	1
Tin Elhilene	0	4	1	1	1
Adjelmane	200	2	3	3	3
Tin Taghast	0	4	1	1	2
Tin Tamagh	0	4	1	2	1
Amenatt	20	3	2	2	2
Igharghar	320	1	3	4	3
Tin Tarabine	364	1	3	4	3
Ahenbetour	30	3	2	3	3
Tin Daghén	0	5	1	1	1
Aderniba	30	3	3	3	3
Ouan Farfar	0	4	2	1	2
Tin Chifaou	0	4	1	1	1
Tin Chekchi	20	3	2	3	2
Ahadada	30	3	2	2	2
Ifilalen	0	4	1	1	1
In Ziza	48	2	3	3	3
Tadjena	20	3	2	2	1
In Ararfazou	10	4	1	1	1
Takhemelte Loula	0	5	1	1	1
Takhemelte	0	5	1	2	1
Imelal	20	4	1	1	2
Taghat	0	4	1	1	1
Silet	20	3	2	3	2
Tiwalwaline	33	3	2	1	1
Afedjedj	10	4	1	1	1
Tin Arezrez	35	3	3	3	3
Aderniba	0	5	1	1	1
Tin Houiar	0	5	1	1	1
Tin Tebabouin	20	3	2	1	2
Tilok	0	4	1	1	1
Ihaghi	10	3	1	1	1
Infeg	25	3	2	2	2
Tin Amzi	40	2	2	2	2
Azrou	0	4	1	1	1
Ihirène	0	4	1	1	1
Sersouf	10	4	1	1	1
Tegrina	0	4	1	1	1
Zazir	20	3	2	2	1

Annexe 11. Florule associée au criquet pèlerin dans les six oueds prospectés dans le Hoggar



Acacia seyal



Acacia albida



Acacia raddiana



Aerva javanica



Artemisia campestris



Artemisia judaica



Astragalus vogelii



Atriplex halimus



Balanites aegyptiaca



Boerhavia repens



Calotropis procera



Cassia lanceolata



Cassia italica



Chamomilla pubescens



Citrullus colocynthis



Chrozophora brocchiana



Cleome arabica



Cotula cinerea



Cornulaca monacantha



Diptotaxis harra



Eremobium aegyptiacum



Fagonia arabica



Fagonia bruguieri



Farsetia ramossissima



Hyoscyamus muticus



Leptadenia pyrotechnica



Maerua crassifolia



Moricandia arvensis



Morettia canescens



Nucularia perrini



Panicum turgidum



Pulicaria crispa



Reseda villosa



Rumex vesicarius



Salvadora persica



Salvia chudaei



Schouwvia thebaica



Seriphidium herba-alba



Solenostemma argel



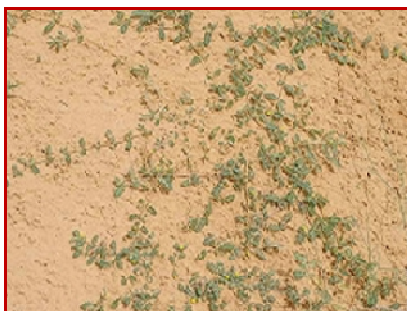
Stipagrostis plumosa



Stipagrostis pungens



Tamarix gallica



Tribullus terrestris



Zilla spinosa



Ziziphus lotus

Annexe 12. Mensurations et caractères morphologiques des mâles et des femelles de *S. gregaria* capturés à oued Abadel

sexe	LC	CC	E	F	E/F	F/C
mâle	6,3	0,63	5,3	2,6	2,03846154	4,12698413
mâle	6,1	0,68	5,2	2,5	2,08	3,67647059
mâle	6,4	0,65	5,2	2,5	2,08	3,84615385
mâle	6,3	0,67	5,3	2,6	2,03846154	3,88059701
mâle	6,6	0,69	5,4	2,6	2,07692308	3,76811594
mâle	5,8	0,68	5,6	2,7	2,07407407	3,97058824
mâle	6,2	0,68	5,6	2,8	2	4,11764706
mâle	6,6	0,67	5,4	2,6	2,07692308	3,88059701
mâle	6,1	0,7	5,4	2,7	2	3,85714286
mâle	6,2	0,66	5,4	2,7	2	4,09090909
mâle	6,2	0,67	5,3	2,6	2,03846154	3,88059701
mâle	6,3	0,69	5,2	2,6	2	3,76811594
mâle	6,7	0,69	5,6	2,7	2,07407407	3,91304348
mâle	6,3	0,69	5,2	2,6	2	3,76811594
mâle	6,4	0,68	5,4	2,7	2	3,97058824
mâle	6,3	0,65	5,2	2,6	2	4
mâle	6,1	0,67	5,1	2,4	2,125	3,58208955
mâle	6,3	0,69	5,2	2,5	2,08	3,62318841
mâle	5,9	0,68	5,3	2,6	2,03846154	3,82352941
mâle	6,5	0,68	5,4	2,6	2,07692308	3,82352941
femelle	7,4	0,79	6,5	3,2	2,03125	4,05063291
femelle	6,9	0,76	6,2	3	2,06666667	3,94736842
femelle	7,2	0,75	6,4	3,2	2	4,26666667
femelle	7,3	0,78	6,4	3,1	2,06451613	3,97435897
femelle	7,1	0,75	6,4	3,3	1,93939394	4,4
femelle	7,1	0,78	6,3	3,1	2,03225806	3,97435897
femelle	7,2	0,77	6,6	3,1	2,12903226	4,02597403
femelle	7,1	0,77	6,5	3,1	2,09677419	4,02597403
femelle	7,2	0,77	6,4	3	2,13333333	3,8961039
femelle	7,3	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,1	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,3	0,75	6,6	3	2,2	4
femelle	7,2	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,2	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,2	0,75	6,3	3	2,1	4
femelle	7,3	0,75	6,7	3	2,23333333	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,3	0,75	6,6	3	2,2	4

Annexe 13. Mensurations et caractères morphologiques des mâles et des femelles de *S. gregaria* capturés à oued Adjelmane

sexe	LC	CC	E	F	E/F	F/C
mâle	6,3	0,63	5,3	2,6	2,03846154	4,12698413
mâle	6,1	0,68	5,2	2,5	2,08	3,67647059
mâle	6,4	0,65	5,2	2,5	2,08	3,84615385
mâle	6,3	0,67	5,3	2,6	2,03846154	3,88059701
mâle	6,6	0,69	5,4	2,6	2,07692308	3,76811594
mâle	5,8	0,68	5,6	2,7	2,07407407	3,97058824
mâle	6,2	0,68	5,6	2,8	2	4,11764706
mâle	6,6	0,67	5,4	2,6	2,07692308	3,88059701
mâle	6,1	0,7	5,4	2,7	2	3,85714286
mâle	6,2	0,66	5,4	2,7	2	4,09090909
mâle	6,2	0,67	5,3	2,6	2,03846154	3,88059701
mâle	6,3	0,69	5,2	2,6	2	3,76811594
mâle	6,7	0,69	5,6	2,7	2,07407407	3,91304348
mâle	6,3	0,69	5,2	2,6	2	3,76811594
mâle	6,4	0,68	5,4	2,7	2	3,97058824
mâle	6,3	0,65	5,2	2,6	2	4
mâle	6,1	0,67	5,1	2,4	2,125	3,58208955
mâle	6,3	0,69	5,2	2,5	2,08	3,62318841
mâle	5,9	0,68	5,3	2,6	2,03846154	3,82352941
mâle	6,5	0,68	5,4	2,6	2,07692308	3,82352941
femelle	7,4	0,79	6,5	3,2	2,03125	4,05063291
femelle	6,9	0,76	6,2	3	2,06666667	3,94736842
femelle	7,2	0,75	6,4	3,2	2	4,26666667
femelle	7,3	0,78	6,4	3,1	2,06451613	3,97435897
femelle	7,1	0,75	6,4	3,3	1,93939394	4,4
femelle	7,1	0,78	6,3	3,1	2,03225806	3,97435897
femelle	7,2	0,77	6,6	3,1	2,12903226	4,02597403
femelle	7,1	0,77	6,5	3,1	2,09677419	4,02597403
femelle	7,2	0,77	6,4	3	2,13333333	3,8961039
femelle	7,3	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,1	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,3	0,75	6,6	3	2,2	4
femelle	7,2	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,2	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,2	0,75	6,3	3	2,1	4
femelle	7,3	0,75	6,7	3	2,23333333	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,3	0,75	6,6	3	2,2	4

Annexe 14. Mensurations et caractères morphologiques des mâles et des femelles de *S. gregaria* capturés à oued Amded

sexe	LC	CC	E	F	E/F	F/C
mâle	6,3	0,63	5,3	2,6	2,03846154	4,12698413
mâle	6,1	0,68	5,2	2,5	2,08	3,67647059
mâle	6,4	0,65	5,2	2,5	2,08	3,84615385
mâle	6,3	0,67	5,3	2,6	2,03846154	3,88059701
mâle	6,6	0,69	5,4	2,6	2,07692308	3,76811594
mâle	5,8	0,68	5,6	2,7	2,07407407	3,97058824
mâle	6,2	0,68	5,6	2,8	2	4,11764706
mâle	6,6	0,67	5,4	2,6	2,07692308	3,88059701
mâle	6,1	0,7	5,4	2,7	2	3,85714286
mâle	6,2	0,66	5,4	2,7	2	4,09090909
mâle	6,2	0,67	5,3	2,6	2,03846154	3,88059701
mâle	6,3	0,69	5,2	2,6	2	3,76811594
mâle	6,7	0,69	5,6	2,7	2,07407407	3,91304348
mâle	6,3	0,69	5,2	2,6	2	3,76811594
mâle	6,4	0,68	5,4	2,7	2	3,97058824
mâle	6,3	0,65	5,2	2,6	2	4
mâle	6,1	0,67	5,1	2,4	2,125	3,58208955
mâle	6,3	0,69	5,2	2,5	2,08	3,62318841
mâle	5,9	0,68	5,3	2,6	2,03846154	3,82352941
mâle	6,5	0,68	5,4	2,6	2,07692308	3,82352941
femelle	7,4	0,79	6,5	3,2	2,03125	4,05063291
femelle	6,9	0,76	6,2	3	2,06666667	3,94736842
femelle	7,2	0,75	6,4	3,2	2	4,26666667
femelle	7,3	0,78	6,4	3,1	2,06451613	3,97435897
femelle	7,1	0,75	6,4	3,3	1,93939394	4,4
femelle	7,1	0,78	6,3	3,1	2,03225806	3,97435897
femelle	7,2	0,77	6,6	3,1	2,12903226	4,02597403
femelle	7,1	0,77	6,5	3,1	2,09677419	4,02597403
femelle	7,2	0,77	6,4	3	2,13333333	3,8961039
femelle	7,3	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,1	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,3	0,75	6,6	3	2,2	4
femelle	7,2	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,2	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,2	0,75	6,3	3	2,1	4
femelle	7,3	0,75	6,7	3	2,23333333	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,3	0,75	6,6	3	2,2	4

Annexe 15. Mensurations et caractères morphologiques des mâles et des femelles de *S. gregaria* capturés à oued Tekouiat

sexe	LC	CC	E	F	E/F	F/C
mâle	6,3	0,63	5,3	2,6	2,03846154	4,12698413
mâle	6,1	0,68	5,2	2,5	2,08	3,67647059
mâle	6,4	0,65	5,2	2,5	2,08	3,84615385
mâle	6,3	0,67	5,3	2,6	2,03846154	3,88059701
mâle	6,6	0,69	5,4	2,6	2,07692308	3,76811594
mâle	5,8	0,68	5,6	2,7	2,07407407	3,97058824
mâle	6,2	0,68	5,6	2,8	2	4,11764706
mâle	6,6	0,67	5,4	2,6	2,07692308	3,88059701
mâle	6,1	0,7	5,4	2,7	2	3,85714286
mâle	6,2	0,66	5,4	2,7	2	4,09090909
mâle	6,2	0,67	5,3	2,6	2,03846154	3,88059701
mâle	6,3	0,69	5,2	2,6	2	3,76811594
mâle	6,7	0,69	5,6	2,7	2,07407407	3,91304348
mâle	6,3	0,69	5,2	2,6	2	3,76811594
mâle	6,4	0,68	5,4	2,7	2	3,97058824
mâle	6,3	0,65	5,2	2,6	2	4
mâle	6,1	0,67	5,1	2,4	2,125	3,58208955
mâle	6,3	0,69	5,2	2,5	2,08	3,62318841
mâle	5,9	0,68	5,3	2,6	2,03846154	3,82352941
mâle	6,5	0,68	5,4	2,6	2,07692308	3,82352941
femelle	7,4	0,79	6,5	3,2	2,03125	4,05063291
femelle	6,9	0,76	6,2	3	2,06666667	3,94736842
femelle	7,2	0,75	6,4	3,2	2	4,26666667
femelle	7,3	0,78	6,4	3,1	2,06451613	3,97435897
femelle	7,1	0,75	6,4	3,3	1,93939394	4,4
femelle	7,1	0,78	6,3	3,1	2,03225806	3,97435897
femelle	7,2	0,77	6,6	3,1	2,12903226	4,02597403
femelle	7,1	0,77	6,5	3,1	2,09677419	4,02597403
femelle	7,2	0,77	6,4	3	2,13333333	3,8961039
femelle	7,3	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,1	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,3	0,75	6,6	3	2,2	4
femelle	7,2	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,2	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,2	0,75	6,3	3	2,1	4
femelle	7,3	0,75	6,7	3	2,23333333	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,3	0,75	6,6	3	2,2	4

Annexe 16. Mensurations et caractères morphologiques des mâles et des femelles de *S. gregaria* capturés à oued Tin Tarabine

sexe	LC	CC	E	F	E/F	F/C
mâle	6,3	0,63	5,3	2,6	2,03846154	4,12698413
mâle	6,1	0,68	5,2	2,5	2,08	3,67647059
mâle	6,4	0,65	5,2	2,5	2,08	3,84615385
mâle	6,3	0,67	5,3	2,6	2,03846154	3,88059701
mâle	6,6	0,69	5,4	2,6	2,07692308	3,76811594
mâle	5,8	0,68	5,6	2,7	2,07407407	3,97058824
mâle	6,2	0,68	5,6	2,8	2	4,11764706
mâle	6,6	0,67	5,4	2,6	2,07692308	3,88059701
mâle	6,1	0,7	5,4	2,7	2	3,85714286
mâle	6,2	0,66	5,4	2,7	2	4,09090909
mâle	6,2	0,67	5,3	2,6	2,03846154	3,88059701
mâle	6,3	0,69	5,2	2,6	2	3,76811594
mâle	6,7	0,69	5,6	2,7	2,07407407	3,91304348
mâle	6,3	0,69	5,2	2,6	2	3,76811594
mâle	6,4	0,68	5,4	2,7	2	3,97058824
mâle	6,3	0,65	5,2	2,6	2	4
mâle	6,1	0,67	5,1	2,4	2,125	3,58208955
mâle	6,3	0,69	5,2	2,5	2,08	3,62318841
mâle	5,9	0,68	5,3	2,6	2,03846154	3,82352941
mâle	6,5	0,68	5,4	2,6	2,07692308	3,82352941
femelle	7,4	0,79	6,5	3,2	2,03125	4,05063291
femelle	6,9	0,76	6,2	3	2,06666667	3,94736842
femelle	7,2	0,75	6,4	3,2	2	4,26666667
femelle	7,3	0,78	6,4	3,1	2,06451613	3,97435897
femelle	7,1	0,75	6,4	3,3	1,93939394	4,4
femelle	7,1	0,78	6,3	3,1	2,03225806	3,97435897
femelle	7,2	0,77	6,6	3,1	2,12903226	4,02597403
femelle	7,1	0,77	6,5	3,1	2,09677419	4,02597403
femelle	7,2	0,77	6,4	3	2,13333333	3,8961039
femelle	7,3	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,1	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,3	0,75	6,6	3	2,2	4
femelle	7,2	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,2	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,2	0,75	6,3	3	2,1	4
femelle	7,3	0,75	6,7	3	2,23333333	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,3	0,75	6,6	3	2,2	4

Annexe 17. Mensurations et caractères morphologiques des mâles et des femelles de *S. gregaria* capturés à oued Igharghar

sexe	LC	CC	E	F	E/F	F/C
mâle	6,3	0,63	5,3	2,6	2,03846154	4,12698413
mâle	6,1	0,68	5,2	2,5	2,08	3,67647059
mâle	6,4	0,65	5,2	2,5	2,08	3,84615385
mâle	6,3	0,67	5,3	2,6	2,03846154	3,88059701
mâle	6,6	0,69	5,4	2,6	2,07692308	3,76811594
mâle	5,8	0,68	5,6	2,7	2,07407407	3,97058824
mâle	6,2	0,68	5,6	2,8	2	4,11764706
mâle	6,6	0,67	5,4	2,6	2,07692308	3,88059701
mâle	6,1	0,7	5,4	2,7	2	3,85714286
mâle	6,2	0,66	5,4	2,7	2	4,09090909
mâle	6,2	0,67	5,3	2,6	2,03846154	3,88059701
mâle	6,3	0,69	5,2	2,6	2	3,76811594
mâle	6,7	0,69	5,6	2,7	2,07407407	3,91304348
mâle	6,3	0,69	5,2	2,6	2	3,76811594
mâle	6,4	0,68	5,4	2,7	2	3,97058824
mâle	6,3	0,65	5,2	2,6	2	4
mâle	6,1	0,67	5,1	2,4	2,125	3,58208955
mâle	6,3	0,69	5,2	2,5	2,08	3,62318841
mâle	5,9	0,68	5,3	2,6	2,03846154	3,82352941
mâle	6,5	0,68	5,4	2,6	2,07692308	3,82352941
femelle	7,4	0,79	6,5	3,2	2,03125	4,05063291
femelle	6,9	0,76	6,2	3	2,06666667	3,94736842
femelle	7,2	0,75	6,4	3,2	2	4,26666667
femelle	7,3	0,78	6,4	3,1	2,06451613	3,97435897
femelle	7,1	0,75	6,4	3,3	1,93939394	4,4
femelle	7,1	0,78	6,3	3,1	2,03225806	3,97435897
femelle	7,2	0,77	6,6	3,1	2,12903226	4,02597403
femelle	7,1	0,77	6,5	3,1	2,09677419	4,02597403
femelle	7,2	0,77	6,4	3	2,13333333	3,8961039
femelle	7,3	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,1	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,3	0,75	6,6	3	2,2	4
femelle	7,2	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,2	0,75	6,5	3	2,16666667	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,2	0,75	6,3	3	2,1	4
femelle	7,3	0,75	6,7	3	2,23333333	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,1	0,75	6,4	3	2,13333333	4
femelle	7,3	0,75	6,6	3	2,2	4

Annexe 18. Fréquences d'occurrence des espèces végétales dans les fèces des mâles et des femelles de *S. gregaria* capturés en période estivale

Oued Abadel

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	21,66	19,85
Amaranthaceae	<i>Aerva persica</i>	13,85	21,33
Fabaceae	<i>Astragalus vogelii</i>	21	26,66
Euphorbiaceae	<i>Chrozophora brocchiana</i>	33	25,66
Brassicaceae	<i>Eremobium aegyptiacum</i>	72,33	78,33
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	65	58,66
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i>	56,33	49,57
Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>	88,27	89,66
Brassicaceae	<i>Zilla spinosa</i>	45,33	41,38
Rhamnaceae	<i>Ziziphus lotus</i>	21	32,66

Oued Adjelmane

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	10	28,25
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>	21,66	22
Amaranthaceae	<i>Aerva javanica</i>	33,33	26,33
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	62,85	68,66
Rhamnaceae	<i>Ziziphus lotus</i>	21	30,66

Oued Amded

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	18,66	21
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>	12	11,66
Amaranthaceae	<i>Aerva javanica</i>	30	28,33
Fabaceae	<i>Astragalus vogelii</i>	22,85	25
Nyctaginaceae	<i>Boheravia repens</i>	65,66	78,33
Asclepiadaceae	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	33,85	35
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	65,85	68,75
Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>	88,85	98,66
Brassicaceae	<i>Zilla spinosa</i>	32	31,85

Oued Tikouiat

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>	18	21,66
Nyctaginaceae	<i>Boheravia repens</i>	65	65,89
Zygophyllaceae	<i>Fagonia arabica</i>	58,66	65,25
Zygophyllaceae	<i>Fagonia bruguieri</i>	49,66	52
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	69,75	70
Chenopodiaceae	<i>Nucularia perrini</i>	45	49,66
Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>	95	97,66
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i>	65,66	69,85

Oued Tin Tarabine

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	21	20,85
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>	15,66	12
Amaranthaceae	<i>Aerva javanica</i>	30,84	28,65
Fabaceae	<i>Astragalus vogelii</i>	30,22	32
Zygophyllaceae	<i>Balanites aegyptiaca</i>	15,75	17,85
Euphorbiaceae	<i>Chrozophora brocchiana</i>	28,66	35,33
Brassicaceae	<i>Eremobium aegyptiacum</i>	65,12	70
Solanaceae	<i>Hyoscyamus muticus</i>	32,75	42,52
Asclepiadaceae	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	21	19,35
Capparidaceae	<i>Maerua crassifolia</i>	38,95	41,85
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	66,5	70
Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>	96,85	99
Poaceae	<i>Stipagrostis pungens</i>	18,56	21
Zygophyllaceae	<i>Tribullus terrestris</i>	85	79,66
Brassicaceae	<i>Zilla spinora</i>	42,75	48,68
Rhamnaceae	<i>Ziziphus lotus</i>	21,25	23,56

Oued Igharghar

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>		
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>		
Fabaceae	<i>Astragalus vogelii</i>		
Zygophyllaceae	<i>Balanites aegyptiaca</i>		
Euphorbiaceae	<i>Chrozophora brocchiana</i>		
Solanaceae	<i>Hyoscyamus muticus</i>		
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>		
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i>		

Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>		
Poaceae	<i>Stipagrostis ciliata</i>		
Zygophyllaceae	<i>Tribullus terrestris</i>		
Brassicaceae	<i>Zilla spinosa</i>		

Annexe 19. Fréquences d'occurrence des espèces végétales dans les fèces des mâles et des femelles de *S. gregaria* automno-hivernale

Oued Abadel

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	19,85	12
Amaranthaceae	<i>Aerva persica</i>	21,54	25
Fabaceae	<i>Astragalus vogelii</i>	30,85	26
Euphorbiaceae	<i>Chrozophora brocchiana</i>	38,75	33,33
Brassicaceae	<i>Eremobium aegyptiacum</i>	69,66	70
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	68	66,66
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i>	58,75	59,66
Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>	97,85	98,66
Brassicaceae	<i>Zilla spinosa</i>	40	42,66
Rhamnaceae	<i>Ziziphus lotus</i>	21,25	15

Oued Adjelmane

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	21	19,75
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>	15,66	18,75
Amaranthaceae	<i>Aerva javanica</i>	25	30,33
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	66,66	68,75
Rhamnaceae	<i>Ziziphus lotus</i>	17,75	28

Oued Amded

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	20	22,33
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>	19,75	18,66
Amaranthaceae	<i>Aerva javanica</i>	30,5	28,75
Fabaceae	<i>Astragalus vogelii</i>	30	35,66
Nyctaginaceae	<i>Boheravia repens</i>	71,75	69,66
Asclepiadaceae	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	28,25	32,5
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	74,85	75,66
Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>	96,75	99,5
Brassicaceae	<i>Zilla spinosa</i>	40	35

Oued Tikouiat

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>	23	25,75
Nyctaginaceae	<i>Boheravia repens</i>	71,85	67,66
Zygophyllaceae	<i>Fagonia arabica</i>	58,5	50,33
Zygophyllaceae	<i>Fagonia bruguieri</i>	45,5	60
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	70	71,66
Chenopodiaceae	<i>Nucularia perrini</i>	49,5	52,75
Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>	89,5	97,66
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i>	70	75,66

Oued Tin Tarabine

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	19	18,66
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>	21,66	23
Amaranthaceae	<i>Aerva javanica</i>	32	28,5
Fabaceae	<i>Astragalus vogelii</i>	20	28,75
Zygophyllaceae	<i>Balanites aegyptiaca</i>	15	12,66
Euphorbiaceae	<i>Chrozophora brocchiana</i>	31,75	32
Brassicaceae	<i>Eremobium aegyptiacum</i>	58,75	70
Solanaceae	<i>Hyoscyamus muticus</i>	38	36,5
Asclepiadaceae	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	21	25,66
Capparidaceae	<i>Maerua crassifolia</i>	35	33,33
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	68	65,95
Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>	96,5	98,33
Poaceae	<i>Stipagrostis pungens</i>	19,25	20
Zygophyllaceae	<i>Tribullus terrestris</i>	85	86,85
Brassicaceae	<i>Zilla spinora</i>	40	43,33
Rhamnaceae	<i>Ziziphus lotus</i>	24,5	28,45

Oued Igharghar

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	10	21,33
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>	12	15,85
Fabaceae	<i>Astragalus vogelii</i>	25	19,66
Zygophyllaceae	<i>Balanites aegyptiaca</i>	14	17,75
Euphorbiaceae	<i>Chrozophora brocchiana</i>	32,75	24,66
Solanaceae	<i>Hyoscyamus muticus</i>	40	35,25
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	68,75	70
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i>	72,5	69,66

Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>	85,5	93,66
Poaceae	<i>Stipagrostis ciliata</i>	19	24,33
Zygophyllaceae	<i>Tribullus terrestris</i>	82	79,55
Brassicaceae	<i>Zilla spinosa</i>	41,5	38,66

Annexe 20. Fréquences d'occurrence des espèces végétales dans les fèces des mâles et des femelles de *S. gregaria* capturés en période printanière

Oued Abadel

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	23,33	19,75
Amaranthaceae	<i>Aerva persica</i>	30	28,5
Fabaceae	<i>Astragalus vogelii</i>	22,66	20
Euphorbiaceae	<i>Chrozophora brocchiana</i>	36	32,85
Brassicaceae	<i>Eremobium aegyptiacum</i>	65,85	71,5
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	75,5	73,66
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i>	54,66	56,5
Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>	87,66	95,33
Brassicaceae	<i>Zilla spinosa</i>	47,33	42,5
Rhamnaceae	<i>Ziziphus lotus</i>	24,33	25

Oued Adjelmane

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	25	23,33
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>	19,85	12
Amaranthaceae	<i>Aerva javanica</i>	40	32,66
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	68,85	78,5
Rhamnaceae	<i>Ziziphus lotus</i>	29,33	34,5

Oued Amded

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	12	13,66
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>	21,66	28
Amaranthaceae	<i>Aerva javanica</i>	32,33	36,85
Fabaceae	<i>Astragalus vogelii</i>	25,85	30
Nyctaginaceae	<i>Boheravia repens</i>	65,75	69,5
Asclepiadaceae	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	26,66	38,66
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	81	79,66
Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>	94,5	99,5
Brassicaceae	<i>Zilla spinosa</i>	45	40,66

Oued Tikouiat

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>	20,33	20
Nyctaginaceae	<i>Boheravia repens</i>	71	76,33
Zygophyllaceae	<i>Fagonia arabica</i>	58,5	63,33
Zygophyllaceae	<i>Fagonia bruguieri</i>	66,66	73,5
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	79,5	80
Chenopodiaceae	<i>Nucularia perrini</i>	48,75	51,85
Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>	95	96,66
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i>	70	64,66

Oued Tin Tarabine

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	15,33	19,5
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>	22,5	14
Amaranthaceae	<i>Aerva javanica</i>	21	33,33
Fabaceae	<i>Astragalus vogelii</i>	23,5	20
Zygophyllaceae	<i>Balanites aegyptiaca</i>	15	19,5
Euphorbiaceae	<i>Chrozophora brocchiana</i>	40,66	30,85
Brassicaceae	<i>Eremobium aegyptiacum</i>	68,33	69,66
Solanaceae	<i>Hyoscyamus muticus</i>	34,5	36,85
Asclepiadaceae	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	32,66	30,5
Capparidaceae	<i>Maerua crassifolia</i>	52,66	50,75
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	80	82,33
Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>	89,66	94,5
Poaceae	<i>Stipagrostis pungens</i>	26,66	21,33
Zygophyllaceae	<i>Tribullus terrestris</i>	82	85,66
Brassicaceae	<i>Zilla spinora</i>	40,85	38,5
Rhamnaceae	<i>Ziziphus lotus</i>	40,5	35,5

Oued Igharghar

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence	
		Mâles	Femelles
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	11,5	21,5
Fabaceae	<i>Acacia seyal</i>	22,66	18
Fabaceae	<i>Astragalus vogelii</i>	32	24,5
Zygophyllaceae	<i>Balanites aegyptiaca</i>	20,66	14,75
Euphorbiaceae	<i>Chrozophora brocchiana</i>	34,66	41,33
Solanaceae	<i>Hyoscyamus muticus</i>	38	29,5
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	71	78,66
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i>	65,99	70
Brassicaceae	<i>Schouwia thebaica</i>	94,5	97,66
Poaceae	<i>Stipagrostis ciliata</i>	22	23,85

Zygophyllaceae	<i>Tribullus terrestris</i>	82	80,75
Brassicaceae	<i>Zilla spinora</i>	40	42,66

Annexe 21. Probits relatives aux traitements des L5 et imagos de *S. gregaria* par les extraits acétoniques de *C. procera*, *C. colocynthis*, *C. arabica*, *S. argel*, *A. javanica* et *S. persica*

Traitement des L5

Log (décimal) temps	Probits des pourcentages de mortalité					
	<i>C. colocynthis</i>	<i>C. procera</i>	<i>C. arabica</i>	<i>S. argel</i>	<i>A. javanica</i>	<i>S. persica</i>
0	-	-	-	-	-	-
0,301029996	-	-	-	-	-	-
0,477121255	-	4,236	-	-	-	-
0,602059991	-	4,5958	-	-	-	-
0,698970004	-	4,78	-	4,236	-	-
0,77815125	4,5958	5,4398	4,236	4,5958	-	-
0,84509804	4,5958	5,9776	4,236	4,5958	-	-
0,903089987	4,5958	7,614	4,5958	4,78	4,236	4,236
0,954242509	4,78	7,614	4,5958	5,13	4,236	4,5958
1	5,47	7,614	5,13	5,4398	4,5958	4,5958
1,041392685	5,47	7,614	5,47	5,9776	4,5958	4,78
1,079181246	5,4398	7,614	5,4398	6,88	4,78	4,78
1,113943352	5,4398	7,614	5,4398	7,614	4,78	5,13
1,146128036	5,9776	7,614	5,9776	7,614	5,13	5,47
1,176091259	6,88	7,614	5,9776	7,614	5,4398	5,4398
1,204119983	6,88	7,614	5,9776	7,614	5,4398	5,4398
1,230448921	7,614	7,614	6,88	7,614	5,4398	5,4398
1,255272505	7,614	7,614	7,13	7,614	5,9776	5,9776
1,278753601	7,614	7,614	7,614	7,614	6,88	5,9776
1,301029996	7,614	7,614	7,614	7,614	7,13	7,13
1,322219295	7,614	7,614	7,614	7,614	7,13	7,13

Traitement des imagos

Log (décimal) temps	Probits des pourcentages de mortalité					
	<i>C. colocynthis</i>	<i>C. procera</i>	<i>C. arabica</i>	<i>S. argel</i>	<i>A. javanica</i>	<i>S. persica</i>
0	-	-	-	-	-	-
0,301029996	-	-	-	-	-	-
0,477121255	-	-	-	-	-	-
0,602059991	-	4,236	-	-	-	-
0,698970004	-	4,5958	-	-	-	-

0,77815125	-	5,4398	-	4,236	-	-
0,84509804		5,9776	4,236	4,5958	-	-
0,903089987	4,5958	5,9776	4,236	5,4398	-	-
0,954242509	4,5958	7,614	4,236	5,4398	4,236	
1	4,78	7,614	4,5958	5,4398	4,236	4,5958
1,041392685	4,78	7,614	4,78	5,9776	4,5958	4,5958
1,079181246	5,4398	7,614	5,13	6,88	4,5958	4,78
1,113943352	5,4398	7,614	5,4398	7,614	4,5958	4,78
1,146128036	5,9776	7,614	5,9776	7,614	4,78	5,13
1,176091259	6,88	7,614	5,9776	7,614	5,13	5,13
1,204119983	6,88	7,614	5,9776	7,614	5,4398	5,4398
1,230448921	7,614	7,614	5,9776	7,614	5,4398	5,4398
1,255272505	7,614	7,614	5,9776	7,614	5,9776	5,4398
1,278753601	7,614	7,614	7,614	7,614	7,13	5,9776
1,301029996	7,614	7,614	7,614	7,614	7,13	5,9776
1,322219295	7,614	7,614	7,614	7,614	7,13	5,9776

Résumé :

Bioécologie et distribution spatio-temporelle des populations solitaires du criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) en période de rémission dans le Sud algérien et essais de lutte biologique

Cette présente étude, finalisant un travail de recherche établi durant dix années, a été réalisée en deux axes indépendants mais complémentaires. Le premier axe a concerné quelques éléments bioécologiques du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* dans le contexte algérien, notamment dans la région du Hoggar. Aussi, la recherche de nouvelles alternatives dans le cadre de la lutte biologique contre cet acridien a conduit au second axe de cette étude.

Dans un premier apport, nous avons pu constater que l'activité ainsi que la densité des populations de *S. gregaria* sont importantes au niveau des biotopes ayant des sols légers et humides. Le criquet pèlerin y trouve, de ce fait, des conditions écologiques favorables pour son maintien. Nous avons de ce fait déduit que cet acridien est présent dans le Hoggar durant toutes les saisons de l'année à l'état solitaire mais aussi l'état *transiens*, ce, quand les conditions en sont favorables. Les populations acridiennes étaient majoritairement solitaires toujours en présence des *transiens* lors des périodes (2006-2010), (2011-2013) et (2014-2016). Alors que la phase *transiens* était dominante lors des périodes (2010-2011) et (2013-2014). Quant à la florule associée aux biotopes de *S. gregaria*, elle est constituée en grande partie d'espèces végétales saharo-sindiennes dont les types biomorphologiques prédominants sont les thérophytes et les chamaéphytes. Aussi le criquet pèlerin manifeste un choix net de plantes pour son alimentation. Son régime alimentaire est constitué, dans les sites prospectés, de espèces végétales appartenant à 13 familles botaniques, avec *Schouwia thebaica* en tête de liste, suivie de *Tribulus terrestris* (Poaceae), *Morettia canescens*, *Boerhavia repens*, *Eremobium aegyptiacum*, *Panicum turgidum* et *Fagonia bruguieri*.

Un deuxième apport de ce travail de recherche nous mène à confirmer la toxicité de deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* vis-à-vis la mortalité et l'hémogramme des L5 et imagos du criquet pèlerin. Ces derniers ont subi des mortalités à partir du 3^{ème} jour de traitement et ont été confrontés à de considérables perturbations cytologiques de l'hémolymphe de ce locuste que ce soit du point de vue qualitatif que quantitatif. Les traitements à base d'extraits acétoniques des six plantes (*Citrullus colocynthis*, *Calotropis procera*, *Cleome arabica*, *Solenostemma argel*, *Aerva javanica* et *Salvadora persica*) contre les L5 et les imagos de *S. gregaria* se sont révélés très convaincants du fait de la rapidité et de l'efficacité de l'action des dites plantes et ce, sur la mortalité ainsi que sur l'hémogramme des criquets traités subissant ainsi de fortes perturbations cytologiques traduites par des altérations structurales marquées et d'une chute importante du nombre d'hémocytes.

Mots clés :

Schistocerca gregaria, bioécologie, distribution spatio-temporelle, Hoggar, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* var *acridum*, plantes acridicides, toxicité, mortalité et hémogramme.

Summary:

Bioecology and spatio-temporal distribution of solitary desert locust populations (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) in remission in southern Algeria and biological control trials

This study, finalizing a research work established during ten years, was carried out in two independent but complementary axes. The first axis concerned some bio-ecological elements of the Desert Locust *Schistocerca gregaria* in the Algerian context, notably in the Hoggar. Also, the search for new alternatives within the framework of biological control against this locust led to the second axis of this study.

In a first contribution, we constate that the activity as well as the density of the populations of *S. gregaria* are important at the level of biotopes having light and humid soils. The desert locust therefore finds favourable ecological conditions for its maintenance. We have therefore deduced that this locust is present in the Hoggar during all seasons of the year in a solitary state but also in a *transiens* state, when conditions are favourable. Locust populations were mostly solitary, always in the presence of transiens during the periods (2006-2010), (2011-2013) and (2014-2016). While the transiens phase was dominant during the periods (2010-2011) and (2013-2014). As for the florule associated with the biotopes of *S. gregaria*, it consists largely of Saharo-Sindien plant species whose predominant bio-morphological types are therophytes and chamaephytes. Also the desert locust shows a clear choice of plants for its diet. So it consists, in the sites surveyed, of plant species belonging to 13 botanical families, with *Schouwia thebaica* at the top, followed by *Tribulus terrestris* (Poaceae), *Morettia canescens*, *Boerhavia repens*, *Eremobium aegyptiacum*, *Panicum turgidum* and *Fagonia bruguieri*.

A second contribution of this research work leads us to confirm the toxicity of two entomopathogenic fungi *B. bassiana* and *M. anisopliae* var *acridum* against the mortality and blood counts of L5 and imagos of desert Locust. The latter suffered mortalities from the 3rd day of treatment and were confronted with considerable cytological disturbances of the hemolymph of this locust both qualitatively and quantitatively. Treatments based on acetonic extracts of the six plants (*Citrullus colocynthis*, *Calotropis procera*, *Cleome arabica*, *Solenostemma argel*, *Aerva javanica* and *Salvadora persica*) against L5 and imagos of *S.gregaria* were very convincing because of the rapidity and efficacy of the action of the plants tested, on mortality as well as on the blood counts of the treated locusts, thus undergoing strong cytological disturbances resulting in marked structural alterations and a significant drop in the number of hematocytes.

Key words :

Schistocerca gregaria, bioécologie spatio-temporal distribution, Hoggar, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* var *acridum*, acridicis plants, toxicity, mortality and blood counts.

الملخص

الأيكولوجيا الأحيائية والتوزيع الزماني المكاني لعشائر الجراد الصحراوي الانفرادي (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775) (مستقيمت الأجنحة، جراديات) في مرحلة /فترة الخمول / التعافي بالجنوب الجزائري وتجربة المكافحة البيولوجية.

أجريت هذه الدراسة، التي تستكمل عمل بحثي تم إنشاؤه خلال عشرين سنوات، في محورين مستقلين لكنهما متممان لبعضهما. المحور الأول يتعلق ببعض العناصر الحيوية البيئية من الجراد *Schistocerca gregaria* في المحيط الجزائري، خاصة في منطقة الهقار. أدى البحث أيضاً، عن بدائل جديدة للمكافحة البيولوجية ضد هذا الجراد، كما هو في المحور الثاني من هذه الدراسة.

في المساهمة الأولى، كان بوسعنا أن نرى أن النشاط فضلا عن كثافة جماعات الجراد *S. gregaria* هي مهمة في الموائل الأحيائية ذات تربة خفيفة ورطبة. وفي ظروف بيئية ملائمة لبقاء الجراد الصحراوي. نستنتج أن هذا الجراد موجود في الهقار خلال جميع فصول السنة، في حالة انفرادية/ انزالية ولكن أيضا في حالة عابرة، عندما تكون الظروف مواتية. كانت مجموعات الجراد في معظمها منفردة، مع وجود جراد عابر دائماً خلال الفترات (2010-2006)، (2011-2013) و (2014-2016). في حين كانت مرحلة (*transiens* العجور /التحولات) المهيمنة خلال الفترات (2011-2010) و (2013-2014). أما بالنسبة للظفرة النباتية المرتبطة بالبيئة الحبوبية التي يعيش فيها الجراد الصحراوي، تتكون في معظمها من الأنواع النباتية السنديانية-الصحراوية، ومنها الأنواع البيومورفولوجية السائدة كالنباتات الصيفية ثيروفيت و النباتات الوضيعة شاميفيت. كما كما يظهر الجراد الصحراوي خياراً وازاحاً للنباتات في غذائه. النظام الغذائي يتكون في المواقع التي شملتها الدراسة، وتصدرت أنواعاً نباتية تنتمي إلى 13 فصيلة نباتية، على رأس القائمة *Schouwia thebaica*، نلتها *Morettia canescens*, *Boheravia repens*, *Tribulus terrestris*.

Eremobium aegyptiacum, *Panicum turgidum*, *Fagonia bruguieri*

مساهمة ثانية من هذا البحث، أكدت لنا سمية فطرين ممرضة *Beauveria bassiana* و *Metarhizium anisopliae* var *acidum* في ما يتعلق بوفيات وانعد النموي الشامل L5 و يفاعات الجراد الصحراوي. هذه الأخيرة سجلت وفيات في اليوم الثالث من العلاج وواجهتا اضطرابات خلوية معتبرة في التَّم /الملف النموي من هذا الجراد من وجهة نظر كمية أو كيفية. العلاج باستخدام مستخلصات الأسيتون من ست نباتات

(*Salvadora* و *Citrullus colocynthis*, *Calotropis procera*, *Cleome arabica*, *Solenostemma argel*, *Aerva javanica*) مقابل L5 و يفاعات الجراد الصحراوي *S. gregaria* أثبتت أنها مقنعة للغاية بسبب سرعة وفعالية عمل النباتات المذكورة، م خلال معدل الوفيات وكثنتك لِمَف للجراد للمعالج، حيث تمر اضطرابات خلوية قوية أدت تغيرات هيكلية، تميزت في انخفاض عدد كبير من الخلايا النموية

الكلمات ائدالة:

Schistocerca gregaria، الأيكولوجيا الأحيائية والتوزيع الزماني المكاني، الهقار، *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* var *acidum*، النباتات، سمية، الوفيات العد النموي الشامل (hémogramme)