

République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach
Département de zoologie agricole et forestière

Thèse en vue de l'obtention du diplôme de doctorat d'Etat en Sciences Agronomiques

Spécialité : Entomologie appliquée



Sujet :

Evaluation du statut phasaire dans les biotopes solitaires du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* en Algérie et essai de lutte par un biopesticide .

Présentée par : **Mme KARA_TOUMI fatma- zohra**

Devant le jury :

Président	M. Doumandji S.	Professeur à l'ENA d'El Harrach
Promotrice	Mme Doumandji-Mitiche B.	Professeur à l'ENA d'El Harrach
Examineurs	Mme Gendouz-Benrima	Maître de conférences à l'Université de Blida
	M. Djazouli Zahredine.	Maître de conférences à l'Université de Blida
	Mme Halouane Fatima .	Maître de conférences à l'Université de Boumerdes

Année universitaire : 2009-2010

DEDICACES

Je dédie ce travail à mon très cher regretté papa, et à ma très chère mère. Ce petit labeur n'est autre que le fruit de leurs amours, et leurs présences à mes cotés.

Je dédie ce modeste travail à mon très cher mari qui m'a guidée, encouragée, soutenue avec une grande patience pour la réalisation de ce projet. Je lui témoigne ici ma profonde gratitude et toute mon affection.

Je le dédie aussi à ma fille IHCENE, et je remercie DIEU de me l'avoir donnée. Que DIEU me la protège et me la garde.

Je ne saurais oublier ma belle mère pour sa patience et sa gentillesse, mes sœurs, ma belle famille et tous mes amis

Je dédie profondément ce travail à Amina et Fouad et les encourage à suivre le chemin.

Fatma Zohra

REMERCIEMENTS

A l'issu de ce travail de recherche, je tiens d'abord à exprimer mes sincères remerciements à Mme Bahia Doumandji-Mitiche, Professeur à l'école Nationale supérieure Agronomique d'El Harrach à Alger, et directeur de cette thèse, qui m'a conseillée et m'a renouvelée sa confiance jusqu'à la fin de la thèse. Sa disponibilité, son écoute et ses conseils avisés m'ont énormément aidée à m'affirmer et à évoluer en tant que jeune chercheur. Je lui adresse ici toute ma reconnaissance et mon admiration.

Je ne sais combien remercier Monsieur Mereh O. maître de conférences à l'Université Paul Sabatier de Toulouse, pour avoir accepté de superviser ma recherche avec beaucoup d'attention et de soin,

A Monsieur Jacques De Bellaïrd d'ou pour sa disponibilité. A chaque étape du travail, il a su me guider avec une grande patience. Il a fait preuve de beaucoup de compréhension dans les moments les plus difficiles et n'a jamais cessé de me soutenir et de m'encourager. Je lui témoigne ici ma profonde gratitude et toute mon amitié.

Qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde gratitude à Monsieur Salaheddine Doumandji, Professeur à l'école Nationale supérieure Agronomique d'El Harrach à Alger, pour m'avoir guidée, conseillée et orientée avec beaucoup de pertinence, chaque fois que cela était nécessaire. Je lui rends hommage pour avoir accepté de présider mon jury.

Je remercie vivement Monsieur Djazouli Zahreddine, Gendouze –Benrima Atika maîtres de conférence à l'Université de Blida. Je ne saurais aussi remercier Halouane Fatima maître de conférences à l'Université de Boumerdes, pour avoir accepté de faire partie du jury et d'avoir bien voulu être également examinateur de ce travail.

Je ne pourrais oublier de remercier Monsieur Lazar M .et Moumen K. de l'I.N.P.V. et Djazouli Zahra Maitre assistance chargée de cours à l'Université de Blida.

Je dis un très grand merci à tous mes collègues enseignants du laboratoire de zoologie du département d'Agronomie de Blida : Messieurs Aroun M.E.F, Allal L. A. Guendouz pour m'avoir soutenue moralement et encouragée à tout moment, pour leur gentillesse et leur disponibilité.

Un très grand merci enfin à ma petite famille
qui m'a accompagnée tout au long de ce projet

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I. GENERALITES	3
I. Les grands traits de la géomorphologie, agro pédologie et bioclimatiques des deux régions d'étude	3
1. Introduction.....	3
2. Description géomorphologique des régions d'étude.....	3
3. Agro pédologie des deux régions d'études.....	5
4. Synthèse bioclimatique des deux régions d'étude.....	7
5. Faunes et flores des deux régions d'étude.....	11
6. Le diagramme ombro-thermiques des deux régions d'étude.....	12
7. Quotient pluviométrique et étage biochimique d'Emberger.....	12
II. Les grands traits du polymorphisme phasaire et répartition géographique des biotopes solitaires de <i>Schistocerca gregaria</i> en Algérie	15
1. Généralités sur <i>Schistocerca gregaria</i> (Forskal, 1775).....	15
2. Les stratégies de lutte biologique contre les criquets.....	17
III. Les grands traits des champignons entomopathogènes et les plantes acridifuges testés	19
1. Introduction.....	19
2. les champignons entomopathogènes testés <i>M. flavoviride</i> et <i>M. anisopliae</i>	19
3. les plantes acridifuges testées <i>M. azedarach</i> et <i>Schinus molle</i>	22
CHAPITRE II. METHODOLOGIE	30
I. Evolution spatio- temporelle du statut phasaire et du régime alimentaire des populations solitaires de <i>Schistocerca gregaria</i> à Adrar et Tamanrasset	30
1. Présentation des sites d'étude.....	30
2. Technique d'échantillonnage et estimation des densités de populations.....	31
3. Technique de prélèvement des plantes et estimation du recouvrement végétal.....	31
II. Présentation des différents matériels biologiques utilisés aux laboratoires...	31
1. <i>Schistocerca gregaria</i> ,.....	31
2. Les souris.....	33
3. Matériel fongique.....	34
4. Le matériel végétal.....	34
III. Evaluation du statut phasaire des populations mâles et femelles de <i>S. gregaria</i> à Adrar et Tamanrasset	34
1. Technique d'échantillonnage des individus de <i>schistocerca gregaria</i>	34
IV. Techniques d'Evaluation du régime alimentaire des populations mâles du criquet pèlerin à Adrar	34
1. Montage et quantification des épidermes végétaux.....	34
2- Montage et quantification des feces.....	34
V. Techniques d'isolement et de multiplications des mycètes étudiés	36
1. Culture et production de <i>M. anisopliae</i> et <i>M. flavoviride</i>	36
VI. Traitements préliminaires effectués sur les différents végétaux récoltés	36
1. Extraction des huiles essentielle de <i>Melia azedarach</i> et de <i>Schinus molle</i>	36
VII. Impact des milieux de culture, la température et l'humidité sur quelques caractères biologiques de <i>M. anisopliae</i> et <i>M. flavoviride</i>	37
1. Choix des milieux de culture.....	37
2. Choix des températures.....	38
3. Choix des différentes humidités testées.....	38
VIII Evaluation des caractéristiques physicochimiques et organoleptiques des deux huiles essentielles extraites	40
1. Etude analytique.....	40
IX Action de <i>M. anisopliae</i> et <i>M. flavoviride</i> sur les paramètres biologiques de <i>Schistocerca gregaria</i>	43
1. Analyse spectrophotométrique des protéines hémolympatiques des adultes de <i>Schistocerca gregaria</i> traités par les deux entomopathogènes.....	43
2. Analyse spectrophotométrie des protéines hémolympatiques des individus de <i>S. gregaria</i> infectés par <i>M. flavoviride</i> traités aux ultra-violets proches.....	43
3. Dosage des glucides hémolympatique.....	44
X Evaluation de l'effet de <i>M. flavoviride</i> traité à l'ultra violet proche Sur les paramètres biologiques du	45

	criquet pèlerin.	
1.	Effet sur l'hémogramme	45
2.	Effet sur le développement Ovarien des femelles de <i>Schistocerca gregaria</i>	45
XI	Effet de <i>M. anisopliae</i> et <i>M. flavoviride</i> sur l'histologie de la cuticule et les différentes parties du tube digestif du criquet pèlerin	47
XII	Action des huiles de graines et extraits des feuilles de <i>Melia azedarach</i> et <i>Schinus moelle</i> sur quelques paramètres biologiques de <i>S. gregaria</i>	47
1	Evaluation des DL50 des individus traités aux grains et aux extraits de feuilles de <i>Melia azedarach</i> <i>Schinus moelle</i>	47
XIII	Formulation de bio pesticide à base des différents matériels biologiques étudiés	47
1	Dispositif expérimental	47
2	Essai de formulation de bio pesticide à base de <i>M. anisopliae</i> , <i>Melia azedarach</i> et faux poivrier	49
3	Evaluation de la dose létale à 50% d'individu (DL50) de <i>Schistocerca gregaria</i>	49
XIV	Evaluation de la toxicité des deux types de biopesticides formulé sur quelque paramètre biologique de souris	49
1	Elevage de mise en forme des souris	49
2	Traitement par les différentes formulations	49
3	Détermination du taux de mortalité des souris traitées	53
4	Les analyses sanguines	53
XV	Les principales méthodes statistiques utilisées	55
1	Analyses de variance	55
2	Corrélations-régressions	55
3	3. Analyses multivariées	55
CHAPITRE III. RESULTATS		
I.	Etude des variations spatio-temrelles des populations mâles et femelles de <i>S.gregaria</i> à Baamor(Adrar) et Oued Amed (Tamanrasset) de 1993 à 2004	56
1	Evaluation des variations densitaires des populations du criquet pèlerin	56
2	Evolution spatio-temporelle des rapports morphométriques des populations mâles et femelles du criquet pèlerin	56
3	Comparaison spatiotemporelles des indices morphométriques E/F et F/C à Adrar et à Tamanrasset	57
II	Etude du régime alimentaire des populations mâles <i>S. gregaria</i> à Bammor (Adrar)de 1993 à 2004	62
1	Identification et variation temporelle du régime alimentaire des populations mâles à Baamor de 1993 à 2004	62
2	Impact des densités de population et des indices morphométriques des individus mâles de criquet pèlerin à Baamor de 1993 à 2004 en fonction du spectre alimentaire	71
III	Impact de quelques facteurs abiotiques sur quelques paramètres biologiques de <i>M.anisopliae</i> et <i>M.flavoviride</i>	73
1	<i>Metarhizium flavoviride</i>	73
2	<i>Metarhizium anisopliae</i>	87
IV	Caractérisations des deux huiles essentielles et des extraits foliaires de <i>Schinus moelle</i> et <i>Melia azedarach</i>	93
1	Les propriétés organoleptiques et indices physico-chimiques des Huiles essentielles	93
2	Rendement des huiles essentielles extraites	94
V	Action de <i>M.flavoviride</i> et <i>M. anisopliae</i> sur quelques paramètres biologiques de <i>Schistocerca gregaria</i>	94
1	Evaluation du taux de mortalité des individus de <i>S.gregaria</i> traités aux <i>M.flavoviride</i> et <i>M. anisopliae</i>	94
2	Analyse spectrophométriques des proteines hémolymphatiques des adultes de <i>Schistocerca gregaria</i> traités par <i>M.flavoviride</i>	101
3	Impact de <i>M. anisopliae</i> sur les protéines hémolymphatiques de <i>S. gregaria</i>	105
VI	Effet de <i>M. flavoviride</i> traité à l'ultra violet proche sur le développement ovarien des femelles de <i>Schistocerca gregaria</i>	114
VII	Coupes histologiques des différentes parties du tube digestif chez les témoins et les traités par <i>M. anisopliae</i>	116
1	Chez les populations de criquet témoins	116
2	Chez les populations de criquet traités	119
VIII	Action de l'huile essentielle et de l'extrait foliaires de <i>Melia azedarach</i> sur le taux de mortalité de <i>S. gregaria</i>	119
1	Evaluation des taux de mortalités	1119
2	Estimations des temps létaux (TL50)	120
3	Effet des huiles et des extraits foliaires de <i>M.azedarach</i> sur les protéines hémolymphatiques des Imagos de <i>S.gregaria</i>	121

VIX	Action des biopesticides formulés à base huiles de graines et extraits des feuilles de <i>Melia azedarach</i> et <i>Schinus molle</i> sur quelque paramètres biologiques de <i>S.gregaria</i>	125
1	Effet des bios pesticides formulés à base l'huile essentielle de <i>Melia azedarach</i> sur le taux de mortalité des imagos de <i>S.gregaria</i>	125
2	Evaluation des TL 50.....	126
3	Action des différentes formulations utilisées sur l'hémolymphes des imagos de <i>S.gregaria</i>	126
X	Evaluation de la toxicité des deux types de biopesticides formulé sur quelque paramètre biologique de souris	129
1	Mortalité cumulée des	129
2	Evaluation pondérale des souris	130
3	Taux d'hématocrites et transaminases chez les souris Traitées	132
4	Evaluation pondérale du foie et des reins des souris après dissection.....	133
	CHAPITRE IV. DISCUSSION.....	134
I.	Etude des variations spatio-temporelles des populations mâles et femelles de <i>S.gregaria</i> à Baamor (Adrar) et Oued Amded (Tamanrasset) de 1993 à 2004	134
II.	Etude du régime alimentaire des populations mâles <i>S. gregaria</i> à Baamor de 1993 à 2004.....	136
III.	Impact des densités de populations et des rapports morphométriques des individus mâles de criquet pèlerin à Baamor de 1993 à 2004 en fonction du spectre alimentaire	137
IV.	Impact de quelques facteurs abiotiques sur quelques paramètres biologiques de <i>M. anisoplaie</i> et <i>M. flavoviride</i>	138
V.	Analyse spectrophométrique des métabolites biochimiques hémolymphatiques des adultes de <i>Schistocerca gregaria</i> traités par les deux entomopathogènes	139
VI.	Effet de <i>M.flavoviride</i> traités aux ultra-violets proches sur la biochimie hémolymphatique et sur la fertilité des individus de <i>S. gregaria</i>	140
VII	Effet de <i>M.anisoplaie</i> et <i>M. flavoviride</i> sur l'histologie des différentes parties du tube digestif du criquet pèlerin.....	142
VIII	Action des huiles essentielles et des extraits foliaires de <i>Melia azedarach</i> sur les paramètres biologiques de <i>S. gregaria</i>	143
IX.	Action des différentes formulations sémi chimique utilisées sur l'hémolymphes des imagos de <i>S.gregaria</i>	143
X	Action des différentes formulations sémi chimique utilisées sur l'hémolymphes des imagos de <i>S.gregaria</i>	144
	CONCLUSIONS-PERSPECTIVES.....	145
	BIBLIOGRAPHIE.....	152
	ANNEXES.....	158

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Situation géographique de la région d'Adrar et les différentes régions à biotopes solitaires de <i>Schistocerca gregaria</i>)	5
Figure 2	Diagramme ombrothermique de la région d'Adrar de 1992 à 2004.....	13
Figure 3	Diagramme ombrothermique de la région de Tamanrasset de 1992 à 2004.....	13
Figure 4	Climagramme d'EMBERGER des deux régions d'études	14
Figure 5	d'invasion et de rémission de <i>Schistocerca gregaria</i> dans le monde	16
Figure 6	Aspect de la fructification du mycélium de <i>Manisopliae</i> et <i>M. flavoviride</i>	20
Figure 7	Les graines et feuilles de <i>Schinus molle</i> (Faux poivrier).....	23
Figure 8	Les branches et les graines de <i>M. azedarach</i> (margousier).....	27
Figure 9	Situation géographique des deux stations d'études	31
Figure 10	Elevage intensif des populations de <i>S gregaria</i> aux laboratoires	32
Figure 11	Elevage de populations de souris	33
Figure 12	Traitement et analyses des épidermes de références et des fèces	35
Figure 13	Photos du Soxhlet utilisé dans l'extractions des huiles essentielles	37
Figure 14	Le Réfractomètre (photo originale)	41
Figure 15	Répartition des lots d'individus traités au <i>M.flavoviride</i> à différent temps d'irradiation aux ultras violet proche	46
Figure 16	Structure de l'appareil génital femelle de <i>S. gregaria</i> et principe de dissection	48
Figure 17	Les principales étapes suivies dans la réalisation des coupes histologiques	50
Figure 18	Marquage des populations des souris traitées aux <i>M. anisopliae</i>	52
Figure 19	<i>Technique de gavage des populations de souris</i>	53
Figure 20	Pesage des populations de souris	54
Figure 21	Sang recueilli dans des tubes capillaires après son prélèvement	54
Figure 22	Centrifugeuse à hématocrite	54
Figure 23	Variation de la longueur des fémurs des mâles et des femelles en fonction des saisons et régions d'études de 1993 à 2004.....	59
Figure 24	Classification hiérarchique des populations mâles et femelles de <i>Schistocerca gregaria</i> selon les saisons et les régions.....	60
Figure 25	Distribution des populations mâles des saisons sèches et de saison humide sur les deux plans de l'ACP (1et2)	61
Figure 26	Cercle de corrélation.....	62
Figure 27	Evolution des taux de consommations et de recouvrement des différentes familles botaniques recensées à Baamor chez les populations mâles de 1993 à 2004.....	65
Figure 28	Evolution des taux de consommations des Poacées , Astéracées , Chénopodiacée et Alliées des populations mâles de <i>S. gregaria</i> en fonction des taux de recouvrement dans la stations de Baamor de 1993 à 2004	67
Figure 29	Evaluations des surfaces consommées des Poacées par les populations mâles de <i>S. gregaria</i> par rapport a leur taux de recouvrement à Baamor de 1993 à 2004	68
Figure 30	Comparaison des surfaces consommées des différentes poacées en saison sèche et saison humides par les populations mâles de <i>S. gregaria</i> à Baamor de 1993 à 2004	69
Figure 31	Analyse en composantes principales des différentes Poacées consommées par les populations mâles de <i>S. gregaria</i> à Baamor.....	70
Figure 32	Classification hiérarchique des principales graminées consommées par les populations mâle de criquet pèlerin à Baamor	71
Figure 33	Comparaison de la croissance diamétrale de <i>M.flavoviride</i> cultivé sur GN à différentes températures	74
Figure 34	Fluctuation des croissances diamétrales de <i>M. flavoviride</i> ensemencé sur DCLS à différentes températures testées.....	74
Figure 35	Evolution de la croissance diamétrale <i>M.flavoviride</i> en fonction des taux d'humidités testés sur gélose nutritive.....	74
Figure 36	Comparaison des croissances diamétrales de <i>M.flavoviride</i> en fonction des taux d'humidités étudiés sur milieu DCLS.....	74
Figure 37	Comparaison des croissances pondérales <i>M. flavoviride</i> en fonction des températures fixées sur gélose nutritive	79

Figure 38	Evolution du poids de <i>M. flavoviride</i> sur DCLS en fonction des températures ciblées...	79
Figure 39	Evolution pondérale de <i>M. flavoviride</i> sur GN en fonction des taux d'humidités testés	79
Figure 40	Evolution du poids de <i>M. flavoviride</i> en fonction des taux d'humidité testés sur DCLS	79
Figure 41	Evaluation des concentrations en spores de <i>M. flavoviride</i> en fonction des températures testées sur GN et DCLS	80
Figure 42	Variation des croissances diamétrales de <i>M. flavoviride</i> en fonction des durées d'exposition en NUV	83
Figure 43	Variation pondérale de <i>M. flavoviride</i> en fonction de la durée d'exposition	85
Figure 44	Evaluation des concentrations en spores de <i>M. flavoviride</i> en fonction des durées d'expositions en NUV	86
Figure 45	Evolution de la croissance mycélienne de <i>M. anisopliae</i> sur les milieux testés à différentes températures.	88
Figure 46	Evolution pondérale de <i>M. anisopliae</i> sur PDA, OGA, Sabouraud à Différentes températures ; A : PDA ; B : OGA, C : Sabouraud.	91
Figure 47	Evaluation des concentrations des spores de <i>M. anisopliae</i> en fonction des températures et des milieux	92
Figure 48	Comparaison des taux de mortalités des individus de <i>S. gregaria</i> traités aux <i>M. anisopliae</i> et <i>M. flavoviride</i> en fonction des sommes des carrés de facteur souches, doses, Périodes et des Interactions (Souche et Doses de traitements)	97
Figure 49	Taux de mortalité chez les imagos de <i>S. gregaria</i> traités aux <i>M. anisopliae</i> à différentes doses	98
Figure 50	Evaluation du taux de mortalité des adultes de criquet pèlerin traités aux <i>M. flavoviride</i> à plusieurs doses	98
Figure 51 A,B	Droite de régression exprimant les probits des taux de mortalités en fonction des logarithme décimaux pour les populations de <i>S. gregaria</i> traitées aux <i>M. anisopliae</i> et <i>M. flavoviride</i>	100
Figure 52 a	Evaluation des temps létaux des individus de criquet pèlerin traités au <i>M. flavoviride</i> aux dose D1, D2 et D3.	102
Figure 52b	Evaluation des temps létaux des individus de criquet pèlerin traités au <i>M. anisopliae</i> aux dose D1, D2 et D3	102
Figure 53	Courbe de référence exprimant l'absorbance à 595 nm en fonction des concentrations en ovalbumine	103
Figure 54	Courbe d'échantillonnage exprimant l'absorbance à 488 nm en fonction des concentrations en glucose	104
Figure 55	Courbe de référence de la protéine B.S.A.	106
Figure 56	Evaluation des teneurs en protéines dans l'hémolymphe des individus de criquets pèlerin témoins et traités par <i>M. flavoviride</i> exposé aux N.U.V en fonction du temps et du traitements	106
Figure 57	Courbe de référence à partir du tréhalose	109
Figure 58	Evolution des concentrations des glucides hémolympatiques chez les individus traités et témoins du criquet pèlerin traités par <i>M. flavoviride</i> irradié en fonction du temps de traitement.	109
Figure 59	Comparaison du nombre d'hémocytes chez les témoins et les traitées par <i>M. flavoviride</i> aux différents temps d'irradiation	112
Figure 60	Evaluation du nombre de prohémoscytes et des plasmocytes chez les individus traités au <i>M. flavoviride</i> à différents temps irradiations	113
Figure 61	Estimation du nombre moyen d'ovocytes chez les populations témoins et traité de criquet pèlerin	114
Figure 62	Estimation de la taille moyenne des ovocytes chez les femelles traitées et témoins de <i>S. gregaria</i>	116
Figure 63	Coupe au niveau du mesenteron d'un adulte femelle témoin GR4.	117
Figure 64	Coupe au niveau de proctodeum d'un adulte femelle témoin au 4 ^{ème} jour après traitement GRx10.	117
Figure 65	coupe au niveau de stomodeum d'une larve L5 mâle au 2 ^{ème} jour après traitement au <i>M. flavoviride</i> GRx4.	117
Figure 66	Coupe au niveau de stomodeum d'un adulte male au 2 ^{ème} jour après traitement par <i>M. anisopliae</i> GR x40.	118
Figure 67	Coupe au niveau de mesenteron d'un adulte male au 2 ^{ème} jour après traitement au <i>M. flavoviride</i> GR x10.	118

Figure.68	Coupe au niveau de proctodeum d'un adulte male traité au 4 ^{eme} jour après traitement	118
Figure 69	Coupe au niveau de stomodeum d'un adulte male traité au 2 ^{eme} jour après traitement GR x40.....	118
Figure 70	Coupe au niveau de mesenteron d'un adulte male traité au 2 ^{eme} jour après traitement GR x10.....	118
Figure 71	Coupe au niveau de Proctodeum d'une larve L5 femelle traité au 4 ^{eme} jour après traitement GR	118
Figure 72	Mortalité corrigé chez les populations adultes de <i>S. gregaria</i> traités aux huiles essentielles et aux extraits de plantes de <i>M. azedarach</i>	120
Figure 73	Droites de régression expriment les taux de mortalité des imagos de <i>S. gregaria</i> en fonction du temps (C1 : Huiles essentielles ; C2: Les Extraits foliaires).....	121
Figure 74	Evaluations des concentrations des protéines hémolympatiques chez les individus du criquet pèlerin traités aux huiles essentielles de <i>M.azedarach</i>	123
Figure 75	Evolution des protéines hémolympatiques chez les individus de criquet pèlerin traités aux extraits foliaires de <i>M.azedarach</i> en fonction des dates de prélèvements	124
Figure 76	Evaluation des taux de mortalités des adultes de <i>S.gregaria</i> traités aux différentes formulations	125
Figure 77	Droite de régression exprimant les probits des taux de mortalités en fonction des Log du temps chez les populations traitées aux biopesticides à base de <i>M. azedarach</i> à différentes concentrations.....	127
Figure 78	Droite de régression exprimant les absorbances en fonction des différentes formulations de <i>M. azedarach</i>	128
Figure 79	Droite de régression exprimant les absorbances en fonction des différentes formulations de <i>C.moelle</i>	128
Figure 80	Estimation du taux de mortalités de populations de criquet pèlerin testés a différentes doses de deux biopesticides.....	130
Figure 81	Evolution pondérales des populations mâles de souris traités aux différentes doses des deux biopesticides : a ; <i>M.azedarach</i> , b ; <i>Schinus molle</i>	131
Figure 82	Comparaisons des taux d'hématocrites en (%) et les teneurs des transaminases (UI/L) chez les populations de souris traités aux deux biopesticides à différentes formulations	132

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Précipitations (mm) moyennes mensuelles des régions d'études Adrar et Tamanrasset de 1992 – 2004.....	8
Tableau 2	Température moyenne mensuelle exprimée en C° des deux régions d'étude de 1992 à 2004.	9
Tableau 3	Moyenne mensuelle de l'humidité relative (%) à Adrar et Tamanrasset de 1992 à 2004.	10
Tableau 4	Moyenne mensuelles des vitesses des vents (m/s) à Adrar et Tamanrasset de 1992 à 2004.....	12
Tableau 5	Les principaux ennemis naturels des acridiens.....	18
Tableau 6	les différentes utilisations des huiles essentielles du faux poivrier dans le monde	25
Tableau 7	composition chimique du faux poivrier	26
Tableau 8	Pourcentage d'humidité en fonction de la teneur en acide sulfurique et eau.	39
Tableau 9	Répartition des lots d'individus adultes de <i>Schistocerca gregaria</i> en fonction des différentes formulations	49
Tableau 10	Les différentes concentrations utilisées dans la formulation des biopesticides	51
Tableau 11	Densités moyennes par hectare des populations mâles et femelles à Adrar et Tamanrasset de 1993 à 2004	56
Tableau 12	Moyennes et ecartypes des rapports morphométriques E/F et F/C Chez les Mâles et les femelles capturés à Adrar durant la période de 1993 à 2004.....	57
Tableau 13	Somme des carrés établis par ANOVA sur les paramètres morphométriques de <i>S.gregaria</i> dans les deux stations d'études Durant les différentes saisons avec ou sans densité	58
Tableau 14	Somme des carrés établis par ANOVA sur les paramètres morphométriques des populations mâles de <i>S.gregaria</i> dans les deux stations d'études Durant les différentes saisons avec ou sans densité.....	58
Tableau 15	Principales plantes spontanées et cultivées présentes à Bammor et celles consommées par les populations mâles de 1993 à 2004.....	63
Tableau 16	Corrélation des taux de consommations des plantes consommées	64
Tableau 17	Evolution temporelle des taux de recouvrements et des taux de consommations des différentes familles botaniques recensées chez les populations mâles de <i>S. gregaria</i> à Baamor de 1993 à 2004	64
Tableau 18	Les principales plantes graminéennes présentes et celles consommées par les populations mâles de <i>S.gregaria</i> à Baamor de 1993 à 2004	66
Tableau 19	Identification des principales poacées consommées par les populations de criquet pèlerin en saisons sèches et saisons humides à Baamor de 1993 à 2004	69
Tableau 20	Fluctuation temporelles des paramètres biométriques, trophiques (mm) ainsi que les densités (individus /Ha) de populations mâles de criquet pèlerin à Baamor	71
Tableau 21	Corrélations de Pearson entre les surfaces graminéennes consommées et les indices et rapports morphométriques des populations mâles de criquet pèlerin, Sans densité de population	72
Tableau 22	Analyse de la variance des surfaces consommées et des paramètres biométriques et densitaires des populations mâlesde criquet pèlerin à Baamor en fonction des saisons	72
Tableau 23	Evolution de la croissance diamétrale de <i>M. Anisopliae</i> dans les deux milieux à différentes températures testées	73
Tableau 24	Estimation de la croissance diamétrale en fonction des différentes humidités ciblées sur G .N et DCLS	75
Tableau 25	Analyse de la variance des croissances diamétrales de <i>M. flavoviride</i> en fonction des températures et humidités testées	75
Tableau 26	Fluctuation du poids de <i>M. falvoviride</i> en fonction des milieux de culture et des températures testés	76

Tableau 27	Analyse de la variance de la croissance pondérale de <i>M. flavoviride</i> en fonction des températures et des humidités testés	77
Tableau 28	Variation pondérale de <i>M. flavoviride</i> en fonction de l'humidité	78
Tableau 29	Variation des concentrations en spores en fonction des températures fixées	78
Tableau 30	Etablissement des indices de similarité des concentrations en spores en fonction des Températures pour les deux entomopathogènes	80
Tableau 31	Estimation des concentrations en spores en fonction des différentes humidités testées sur GN et DCLS	81
Tableau 32	Evolution des croissances mycélienne en fonction de la durée d'exposition à l'ultra violet proche	82
Tableau 33	Analyse de la variance de l'effet des NUV sur la croissance diamétrale de <i>M. flavoviride</i>	82
Tableau 34	Classements des moyennes en fonction du temps d'expositions	83
Tableau 35	Classement des moyennes en fonction de la durée de traitement	83
Tableau 36	Evolution du poids de <i>M. flavoviride</i> traité aux N.U.V.	84
Tableau 37	Analyse de la variance de l'effet des NUV sur la croissance pondérale de <i>M. flavoviride</i> .	84
Tableau 38	Concentrations des spores de <i>M. flavoviride</i> en fonction de la durée d'exposition aux N.U.V.	85
Tableau 39	Significations des NUV sur la sporulation <i>M. flavoviride</i>	86
Tableau 40	Variation de la croissance diamétrale de <i>M. anisopliae</i> en fonction des températures	87
Tableau 41	Evaluation du poids de <i>M. anisopliae</i> sur PDA , OGA, et Sabourau à différentes températures	89
Tableau 42	Analyse de la variance de la croissance diamétrale et de la croissance pondérale en fonction des températures et des milieux testés	90
Tableau 43	Dénombrement des spores produites sur les trois milieux testés aux différentes températures étudiées	92
Tableau 44	Résultats des propriétés organoleptiques de l'huile essentielle de <i>Schinus molle</i>	93
Tableau 45	Résultats des propriétés organoleptiques de l'huile essentielle de <i>Melia azedarach</i>	93
Tableau 46	les indices physico-chimiques des HE de Faux poivrier	93
Tableau 47	Résultats physico-chimiques obtenue par Dekchitet et al,(1980) sur les HE de <i>Schinus molle</i>	94
Tableau 48	caractéristiques physico-chimiques d'HE <i>Mélia azedarach</i>	94
Tableau 49	Variation du taux de mortalité des populations de criquet pèlerin traité au <i>M. anisopliae</i> et <i>M. flavoviride</i> aux différentes doses	95
Tableau 50	Modèle G.L.M. appliqué aux différentes souches, doses et durée de traitement utilisé.	96
Tableau 51	Estimation des dose en logarithmes décimaux et les taux de mortalités en probits chez les adultes du criquet pèlerin traités au <i>M. flavoviride</i> et <i>M. anisopliae</i>	99
Tableau 52	Evaluation des doses de traitement en probits et les temps létaux en logarithme décimale chez les adultes de <i>S. gregaria</i> traités au <i>M. anisopliae</i> et <i>M. flavoviride</i>	99
Tableau 53	Evaluation de l'adsorbance de la proteine standard Albumine de sérum de bœuf (B.S.A.) en fonction des concentrations	101
Tableau 54	Evaluation des concentrations en protéine hémolympatiques chez les individus témoins et traités de <i>S. gregaria</i>	103
Tableau 55	Evaluations des absorbances des glucides totaux hémolympatiques chez les témoins et traités de criquet pèlerin traités aux deux entomopathogènes	103
Tableau 56	Variation des concentrations des glucides totaux en fonction des différentes adsorbances évaluées pour les lots témoins et lots traités	104
Tableau 57	Teneur des lipides totaux hémolympatiques obtenues chez les individus témoins et les individus traités aux <i>M. flavoviride</i>	104
Tableau 58	Concentration des protéines hémolympatiques des adultes de criquet pèlerin traité par <i>M. anisopliae</i>	105
Tableau 59	Evaluation des adsorbances en fonction des concentrations de la solution standard	105
Tableau 60	Comparaison des concentrations des protienes hémolympatiques en mg/ml chez les imagos de <i>S. gregaria</i> après trois jours, six jour et huit jours d'irradiation	107
Tableau 61	Analyse de la variance de l'effet de <i>M. flavoviride</i> irradié par ultras violets proche sur les adultes de <i>S. gregaria</i> (n=90)	108
Tableau 62	Classement des moyennes des concentrations des proteines hémolympatique en fonction du traitement	108
Tableau 63	Classement des moyennes Classement des moyennes des concentrations des proteines hémolympatique en fonction des dates de prélèvement	108

Tableau 64	Evaluation des absorbance en fonction des concentrations de tréhalose en mg/ml	108
Tableau 65	Fluctuation des concentrations des glucides hémolymphatiques ($\mu\text{g/ml}$) des adultes de <i>S.gregaria</i> traités aux <i>M.flavoviride</i> irradiés aux ultras violet proche	110
Tableau 66	Analyse de la variance de l'effet de <i>M. flavoviride</i> irradié sur les glucides hémolymphatiques des Imagos de <i>S. gregaria</i> (n=90)	111
Tableau 67	Classement des moyennes des traitements subit par les individus de <i>S.gregaria</i>	111
Tableau 68	Classement des moyennes des dates de prélèvements chez les individus de <i>S,gregaria</i>	111
Tableau 69	Nombre total d'hémocytes chez <i>S. gregaria</i>)	112
Tableau 70	Analyse de la variance de l'effet de <i>M. flavoviride</i> irradié sur les hémocytes des Imagos de <i>S. gregaria</i> (n=90)	112
Tableau 71	Evaluation du nombre et des taux prohéocytes et des plasmatocytes chez les individus témoins et traités du criquet pèlerin au <i>M.flavoviride</i> irradié	114
Tableau 72	Estimation du nombre d'ovariole ; corps de résorption et trace de ponte chez les femelles de criquet pèlerin traités et témoins au <i>M. flavoviride</i> témoin et irradié	115
Tableau 73	Taux de mortalité corrigé des adultes de <i>S. gregaria</i> traité par l'extrait foliaire et huile essentielle de <i>Melia azedarach</i>	119
Tableau 74	Estimation des TL 50 des populations adultes de <i>S. gregaria</i> traitées aux huiles essentielles et aux extraits foliaires de <i>M. Azedarach</i>	120
Tableau 75	Concentration ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$) des protéines hémolymphatiques des adultes de <i>S.gregaria</i> témoins et traitées par les huiles essentielles (HEà et les extraits foliaires de <i>Melia azedarach</i>	121
Tableau 76	Analyse de la variance des concentrations des protéines hémolymphatiques chez les individus témoins et traites aux deux substances végétales	122
Tableau 77	Evaluation du taux de mortalité des imagos de <i>S. gregaria</i> traités par les huiles essentielle à différentes formulations	125
Tableau 78	Evaluation des taux de mortalité en probit et les temps létaux en logarithme décimale chez les adultes de <i>S. gregaria</i> traités aux différentes formulations	126
Tableau 79	Evaluation de la densité optique de l'hémolymphes des individus de criquet pèlerin traités aux différentes formulations (n=20 adultes)	126
Tableau 80	Mortalité cumulée des souris en fonction des différentes doses des deux biopesticides utilisés	129
Tableau 81	Taux de mortalité corrigé des populations de souris	129
Tableau 82	Moyennes pondérales des pesées de souris selon la dose du traitement	130
Tableau 83	Taux d'hématocrites et de transaminases chez les souris après traitement	132
Tableau 84	Poids du foie et des reins des souris après dissection	133

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les relations entre l'homme et les sauterelles ont toujours été conflictuelles. Elles sont considérées comme des ennemis détruisant ses ressources naturelles. Parmi ces acridiens, le criquet pèlerin est celui qui cause le plus de dégâts à l'homme en s'attaquant aux parcelles cultivées et aux pâturages. Il est reconnu comme un ravageur transfrontal suscitant des inquiétudes et une attention particulières. C'est une espèce très redoutable du fait de son aptitude à devenir grégaire et à former des essaims qui peuvent parcourir plusieurs milliers de kilomètres. Les transformations phasaires se produisent aisément et fréquemment dans les deux sens. Le passage de l'état solitaire à l'état grégaire est induit par les facteurs dynamiques de leur environnement qui entraîne un accroissement de la densité de population (Uvarov, 1966). Ceci provoque un bouleversement dans leurs comportements, leurs physiologies et leurs morphologies. A ce moment, le milieu prend une nouvelle signification pour *Schistocerca gregaria*.

Le développement de l'agriculture saharienne depuis 1990 par l'aménagement des périmètres irrigués en cultures sous serres et céréalières sous pivots, a créé un cadre favorable à la pullulation des individus solitaires des sauterelles à savoir : *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria* (Allal-Benfekih, 2006). En effet Kara, (1997) a observée un dimorphisme saisonnier de taille à Adrar chez les mâles et les femelles des populations du criquet pèlerin, issus de deux saisons différentes, l'une sèche et l'autre humide. Plus récemment, Ould El hadj, (2002) a établie la relation entre le développement agricole au Sahara algérien et la présence permanente de cette espèce d'une part et sa fréquente pullulation d'autre part.

Connaître la bio écologie du criquet pèlerin en phase solitaire dans son biotope naturel ou anthropisé, équivaut à se donner les moyens de prévoir et d'expliquer les phénomènes qui engendrent leurs multiplications. Une connaissance précise de la localisation et du fonctionnement de ces foyers de grégarisation est indispensable.

La dernière invasion qu'a connue la région occidentale d'octobre 2003 au mois de mai 2005 (F.A.O., 2004), a révélé des insuffisances dans l'exécution des programmes de surveillances et de lutttes notamment dans les pays du Sahel. Ainsi, il a suffi de deux mois de bonne pluviométrie en Mauritanie durant l'été 2003 pour assister au retour massif des populations grégaires au mois d'octobre de la même année (Lecoq, 2005).

Pour faire face à cette invasion, les pays du Maghreb et du Sahel, comme dans le passé, ont eu recours à toute une panoplie de produits chimiques réputés ayant un effet de choc contre les acridiens. Plus de 13 millions de litres de pesticides ont été déversés dans les biotopes infestés, dont 09 millions en Algérie et au Maroc durant l'année 2003 et 2005. Les conséquences qui peuvent résulter d'une mauvaise application et du non respect des précautions d'emploi sont réelles tant sur la santé humaine, animale que sur l'environnement (Doré et al, 2008).

Une prise de conscience de ces dangers amène les instituts de recherche à s'orienter vers la mise en œuvre d'autres formes de lutttes moins nocives. La lutte biologique basée sur l'utilisation des bactéries, champignons et virus s'avérera comme une variante envisageable.

En Algérie, l'utilisation de ces microorganismes pour lutter contre les sauterelles a fait l'objet de travaux, entre autres, citons ceux Bissaad (1998), de Hallouane, (1997, 2001, 2007), Hassani (2000), Hémour (2005), Moussa (2003), Tail, (1998). Sur le plan international, les travaux de Fernandes et al, (2010), Inglis et al (2007), Nam et al (1998).

L'objet de notre travail, en continuation là même problématique sur la bio écologie et la stratégie de lutte contre *Schistocerca gregaria*, mené sur deux régions différentes (Adrar et Tamanrasset) vise à mettre la lumière sur un ensemble de questions posées ci-dessous:

Le développement et l'intensification agricoles dans le Sahara ont-ils un impact sur les statuts phasaires du criquet pèlerin ? Le dimorphisme saisonnier entre les populations de cette espèce issues de la saison sèche et la saison humide existe-il à Adrar ? Dans l'affirmatif se réduit-il à une simple différence de taille ? Le développement de l'agriculture sous pivot y joue-t-il un rôle ?

Les formulations biologiques peuvent-elles être efficaces contre cette espèce d'une part et assurent-elles l'innocuité contre la faune et les auxiliaires d'autre part ?

Afin d'apporter une réponse aux questions, nous avons effectué des recherches sur terrain et d'autre aux laboratoires .

Sur terrain, des mesures biométriques ont été faites comme base de données sur des populations mâles et femelles du criquet pèlerin de 1993 à 2004. Elles ont été prises respectivement dans la station Baamer située dans la région d'Adrar et la station de Oued Amded à Tamanrasset. Plusieurs aspects ont été développés afin de déceler les variations morphométriques dans les populations de *S. gregaria*. Sur les populations mâle de *S. gregaria* à Adrar, une évaluation du régime trophique et sa relation avec les changements morphométriques et densitaires a été effectuée.

Afin de comprendre l'efficacité des différents moyens de lutte microbiologique, plusieurs aspects ont été développés dans le but de déceler la biodynamique des matières actives biologiques une fois en contact avec les bioagresseurs. Des méthodes de mesure de variables biologiques ont été faites pour compléter les analyses traditionnelles : il s'agit de l'étude des paramètres biologiques des deux entomopathogènes choisis *Metarhizium anisopliae* et *M.flavoviride* en fonction des paramètres abiotiques (Température , humidité , Ultra violet proche) . Leur efficacité sur les populations de *S.gregaria* par l'évaluation des taux de mortalités , DL50 et TL50) ainsi que sur les paramètres physiologiques (hémolymphes , tube digestif , appareil reproducteur) .

Ensuite, notre objectif a été de formuler des bio pesticides à base de *M.anisopliae* et des huiles essentielles de deux plantes à effets insecticides, il s'agit de *Melia azedarach* (le margousier) et *Schinus moll* (Faux poivrier). L'efficacité de ces formulations a été estimée par l'évaluation du taux de mortalités, les concentrations létales (CL 50) et les temps létaux (TL 50) sur le ravageur ciblée, ainsi que sur les paramètres biochimiques hémolymphatiques.

Le dernier objectif que nous nous sommes fixés a été d'évaluer la toxicité des deux bios pesticides formulés sur des populations de souris par l'estimation des taux de mortalités, CL50, TL50, et par des analyses biochimiques sanguines et des bilans hépatiques .

CHAPITRE I. GENERALITES

CHAPITRE I. GENERALITES

I. Les grands traits de la géomorphologie, de l'agro pédologie et du bioclimat des deux régions d'étude.

1. Introduction :

Décrire un milieu consiste à identifier les principales combinaisons de facteurs et conditions écologiques, existant dans une zone géographique déterminée.

L'extension géographique à savoir la chorologie de chaque milieu est ensuite précisée, ce qui conduit à la délimitation territoriale écologiquement homogène (Duranton et Lecoq, 1990). D'après Kaarbèche (1990), les environnements arides sont extrêmement divers par les formes du terrain, la nature des sols, la faune et la flore, le climat et les équilibres entre l'activité humaine et les capacités hydriques des lieux. De cette définition découlent trois zones d'aridité différentes : l'hyperaride, aride et le semi aride.

La description de cet environnement ne dépend pas seulement de sa localisation géographique, mais aussi de son cadre biologique, à savoir les individus, la population et leur environnement. Située dans un milieu donné, une population solitaire et une population grégaire de criquet pèlerin seront perçues différemment et appartiendront à des biotopes différents. L'environnement est alors défini comme l'ensemble des facteurs et des conditions écologiques qui agissent sur le développement d'un objet d'étude déterminé.

Dans les zones arides, les biotopes à criquet pèlerin sont spatialement et temporellement délimités. Les composants statistiques, représentés par leurs substrats géologiques, pédologiques, hydrologiques et topologiques sont homogènes, constituant des unités territoriales susceptibles d'offrir des conditions plus ou moins favorables au développement de cet acridien.

Cependant les composants dynamiques représentés par l'hygrotrophie, la phénologie du tapis végétal sont différents d'un biotope à un autre. Ces composants permettent d'évaluer, la valeur écologique de chaque biotope de criquet pèlerin et d'anticiper sur l'évolution à court et moyen terme (Popov et al, 1990).

C'est dans ce contexte que nous avons entrepris l'étude de ces deux régions à savoir : Adrar et Tamanrasset, d'une part par l'étude de leur topographie, de leur sol, les facteurs climatiques, de la faune et de la flore de 1993 à 2004 et d'autre part l'évolution et l'exploitation de ces deux milieux par les solitaires de *Schistocerca gregaria*.

2. Description géomorphologique des régions d'étude :

1.1. Situation géographique

Selon Quezel, (1963), le Sahara est ordinairement divisé en trois secteurs phytogéographiques. Ces limites biogéographiques sont pour l'essentiel des limites altitudinales en relation avec la répartition saisonnière des pluies :

- Le Sahara Septentrional a un régime pluviométrique, automne- hiver - printemps.
- Le Sahara central a une pluviométrie faible répartie sur les différentes saisons.
- Le Sahara méridional a une pluviométrie estivale.

Selon Gendouze-Benrima, (2005), ces trois secteurs sont définis par des influences climatiques méditerranéennes et tropicales plus ou moins marquées.

- Le secteur du Sahara septentrional est sous l'influence méditerranéenne.
- Le secteur du Sahara central sous l'influence à la fois méditerranéenne et tropicale.
- Le secteur du Sahara méridional sous influence tropicale.

Les deux régions géographiques de la présente étude se localisent dans deux secteurs sahariens différents, la région d'Adrar située dans le Sahara Central et la région de Tamanrasset dans le Sahara méridional.

1.1.1. La région d'Adrar :

a- Situation géographique :

La région d'Adrar est située à 1 500 kilomètres de la capitale, elle couvre une superficie de 425.971Km² (Dubost, 2002), son altitude est de 258m (Dubief, 1950) ses coordonnées sont de 0°14' à 0°37'E ; 27°42' à 28°16'N. Elle est limitée au Nord par les Wilayas de Timimoune et Béchar, au Sud par Ain-Salah, Reggane et Tamanrasset, à l'Est par In Amenas et à l'Ouest par la Wilaya de Tindouf (figure 1).

b-.Lithologie, relief et pente :

Adrar fait partie du Sahara Central. Le reg sur lequel elle repose provient de la transformation des grès du continent intercalaire de nature pétrographique, grasseuse assez tendre. Le relief est à structure globalement étagé où on distingue, les plateaux, les terrasses d'érosion, les terrasses d'apports et les sebkhas.

b.1. Les plateaux :

Les plateaux couvrent de grandes surfaces et sont soumis à une érosion éolienne intense ; ces caractères sont représentés par le plateau de Tadmaït à l'Est, au Nord par le plateau de Gourara et le grand erg occidental, à l'Ouest par l'erg chott et au Sud par le plateau de Tanezrouft.

b.2.Les terrasses :

Les terrasses sont représentées par la vallée de Touat. Deux types de terrasses existent :

- Les terrasses d'érosion.
- Les terrasses d'apport.
-

b.2.1 : Les terrasses d'érosion :

Elles se sont formées au cours du quaternaire ancien et moyen. Elles sont très larges au Nord d'Adrar et deviennent plus étroites vers le Sud. Elles sont situées au prolongement de la vallée de Saoura.

b.2.2 : Les terrasses d'apport éolien et écoluvial

Formées durant le quaternaire récent et la période actuelle, elles se situent à la rupture des pentes entre les terrasses d'érosion et les sebkhas. Elles correspondent aux zones de palmeraies dans le Touat, situées à l'Est d'Adrar. Ces Terrasses englobent le Tsabit et Reggane (Dubost, 1991).

b.3.- Les sebkhas :

Ce sont d'anciens lits d'oued, très larges correspondant aux points les plus bas de cette région. Les sebkhas sont formées de dépôts eofluviaux gypsosalins dans le Touat. Elles forment grossièrement le lit de l'Oued Messaoud, mais ne communiquent pas toutes entre elles, car elles sont séparées par des massifs du continent intercalaire ou du continent primaire par des grandes dunes.



×Les biotopes de criquet pèlerin

Figure 1 : Situation géographique de la région d'Adrar et les différentes régions à biotopes solitaires de *Schistocerca gregaria* (Dubost (2002))

1.1.2. Tamanrasset :

Cette région se caractérise par un vaste massif montagneux constitué par l'un des éléments de l'enceinte gréseuse qui entoure le Sahara. Ces grands plateaux rocheux se caractérisent par des hautes falaises. Parmi les plus importants l'Ahaggar (Hoggar), couvrant une superficie de 554Km² (Hamdine, 2001), ce plateau est limité au Nord par le plateau de Tidiklt et la cuvelée de Touat, à l'Est par les falaises du Tassili N'Ajjers, à l'Ouest par la plaine de Tanezrouft, au Sud Ouest et au Sud Est par les contreforts de l'Adrar des Ifoghas de l'Aïr et du Tibesti (Hamdine, 2001).

3. Agro-pédologie des deux régions d'études :

2.1. Pédologie :

2.1.1 Structure physique des sols :

La formation des sols au Sahara, est sous l'influence directe des vents et l'ampleur des variations thermiques. (Durand, 1988).

a- La région d'Adrar :

Le sol de la région d'Adrar est peu évolué, le substrat est perméable, l'évolution pédologique reste faible. La plupart des sols de la région en particulier les ergs sont sablonneux ou sablo limoneux pauvres en matière organique. Ces sols se forment sous l'influence du vent, ce sont

des sols éoliens (Durand, 1988). Le pH est neutre ou alcalin au niveau des lits d'oueds. La texture du sol est limono-argileuse ou alluvionnaire, formée par la sédimentation d'argile et du calcium. Certains sols à regs sont caractérisés par une croûte gypso saline, (Duranton et Le Coq, 1990). Les pentes des femelles de *S. gregaria* ont lieu dans des sols compacts de type sableux ou sablo-limoneux de préférence. La forme et l'aspect de l'oothèque dépendent de la texture du sol. Dans un sol sablonneux l'oothèque est droite et pratiquement verticale cependant dans un sol sableux léger, elle se courbe et se localise dans les couches superficielles si le sol est dur et stratifié (Popov et al, 1990).

b- La région de Tamanrasset :

La texture du sol est variable allant du sablo-limoneux à argileux en passant par le limono-sableux.

2.1.2. Structure chimique des sols :

Un facteur chimique, principalement l'accumulation des sels, peut définir plusieurs types de sols en fonction des unités géologique et géomorphologique précédemment mentionnées. Au niveau des massifs montagneux se rencontrent selon la roche mère deux grandes catégories de sols :

- Des lithosols et des rendzines sur substrat calcaire ou grés.
- Sur substrat tendre marne, marnocalcaire des regs sols et des sols bruns calcaires sur glaciés, à encroûtement calcaro-gypseux, se développent des sols à texture limono-sableuse peu évoluée. Les sebkhas conditionnent la formation des sols halomorphes.

2.2. L'agriculture saharienne

2.2.1. A Adrar :

Actuellement l'agriculture saharienne est partagée en deux secteurs :

❖ **Le secteur oasien** caractérisé par des petites exploitations familiales dans lesquelles, la production agricole est organisée selon un schéma qui répond à des besoins d'autoconsommation. Cette agriculture est fortement dominée par la phoeniciculture et les cultures fruitières et maraîchères (Ozenda, 1991). Par ailleurs, les oasis sont généralement installées dans des zones alluviales drainées par des cours d'eau et dont les parties basses sont périodiquement inondées (Durand, 1983).

❖ **Le secteur à périmètre irrigué ou mis en valeur**

.Depuis une quinzaine d'années, une nouvelle agriculture prend place au Sahara, elle porte sur la céréaliculture dont la récolte est estimée à 20 tonnes pour 50 hectares (Kaddour, 2000).Les cultures maraîchères, céréalières et fourragères occupent 94% des sols utilisés particulièrement dans les zones de Touat, Gourara et la région de Reggane.

2.2.2. A Tamanrasset :

Un seul secteur existe dans cette région formé par l'agriculture oasisienne répartie en 16 zones à oasis (Benabadi, 2000). Il est occupé par des jardins irrigués à l'aide de foggaras (= réseau d'irrigation traditionnelle) s'étendant le long des oueds.

2.3. Hydrologie :

Le Sahara algérien renferme des potentialités hydriques souterraines importantes. Ces ressources sont évaluées à 5 milliard de m³ dont 1 milliard de m³ est mobilisable, mais non renouvelable (Anonyme, 1972 in Kaddour, 2000).

2.3.1. La région d'Adrar :

La première ressource en eau est constituée par la nappe albiennne. C'est une eau fossile accumulée au cours du quaternaire, les réserves sont de l'ordre de 12.000 à 50.000 milliard de m³. Elle est alimentée par des infiltrations émanant du ruissellement des oueds qui descendent des massifs montagneux de Tadmit de l'Atlas Saharien et du piémont (Cornet, 1952). Le débit est estimé à 12m³/seconde pour l'ensemble du bassin antérieur des Hamadas et du grand erg (Anonyme, 1989). Cette nappe se prolonge vers le Sud et le Sud Ouest dans les horizons sablo-gréseux et argilo-gréseux. La nappe du complexe terminal alimente les foggaras, elle-même est alimentée par les oueds.

2.3.2. La région de Tamanrasset :

Le régime hydrologique de la région de Tamanrasset est en étroite relation avec sa pluviométrie qui gouverne le régime des oueds. Les oueds les plus importants et les mieux connus sont l'oued Igharghar et l'oued Tamanrasset qui drainent les eaux de l'Ouest et du Nord. L'oued Tim Tarabrin et les oueds Tim Amzi et Zazir drainent les eaux des versant Sud et Sud Est vers le Tamesna. (Blanguernon, 1955 in Ould El Hadj, 2004).

4. Synthèse bioclimatique des deux régions d'étude :

1. - Les principaux facteurs climatiques :

Le climat est un facteur très important en raison de son influence prépondérante sur la répartition et le développement des espèces animales et végétales. C'est le cas des phénomènes acridiens qui sont étroitement liés aux conditions climatiques de la zone d'habitat ou de la zone de passage. En effet, le criquet pèlerin en phase solitaire ne peut survivre dans un environnement aride qu'en se déplaçant entre des zones temporairement humides ; elles peuvent être situées à plusieurs centaines voire à plusieurs milliers de kilomètres de distances (Dingle, 1978). De ce fait, le mécanisme des invasions ne peut être appréhendé que dans la mesure où les conditions météorologiques sont connues avec précision. Selon Duranton et le coq, (1990), la pluie est ainsi le facteur le plus important, car elle crée directement ou indirectement un milieu favorable pour toutes les étapes de reproduction de *S. gregaria*.

Afin de caractériser le climat de la région d'Adrar et de Tamanrasset, nous nous sommes basés sur les données météorologiques de l'Office National de la météorologie d'Adrar et Tamanrasset s'étendant de 1993 à 2004.

1.1- Précipitations des deux régions d'étude :

1.1.1- Pluviométrie des deux régions d'étude :

La sécheresse dans sa globalité présente un impact direct sur la répartition des acridiens en général et le criquet pèlerin en particulier, Ce dernier, est une espèce xérophile des régions désertiques (Lounois, 1996). Elle constitue un facteur majeur dans l'exploitation du changement d'effectifs des acridiens. Lecoq et al, (1988) démontre que les pluies abondantes et durables sur des vastes étendues augmentent le nombre de générations par rapport à la normale provoquant la multiplication, la concentration et par conséquent la grégarisation. Le principal facteur favorable à la naissance d'une invasion généralisée selon Duranton et al. (1990), est une succession de pluies abondantes sur des surfaces très étendues. Pour chaque mois considéré, nous portons les moyennes annuelles de la période allant de 1992 à 2004.

a₁-La région d'Adrar :

Les pluies enregistrées de 1992 à 2004 sont faibles, le maximum est noté en Septembre avec une valeur de 12,18mm, ce sont des pluies estivales (tableau 1).

a₂ . la région de Tamanrasset :

D'après le tableau (1) et selon les années, les pluies sont variables d'un mois à un autre. Les mois les plus pluvieux sont enregistrés en été et en automne avec un maximum au mois d'Août de 18mm. En hiver et au printemps, les pluies sont rares et très faibles de l'ordre de 0,36mm, notée au mois de Mai. Les périodes de pluies, saisonnières font ressortir deux zones de reproduction à savoir une zone de reproduction d'été au Sud du Sahara où le criquet pèlerin se reproduit à la faveur des pluies de mousson. Et une deuxième zone de reproduction printanière située en la partie Nord du Sahara dont le criquet pèlerin se reproduit grâce aux pluies méditerranéennes de printemps. Les précipitations sont faibles durant tous les mois de la période allant de 1992 à 2004, le maximum est enregistré en Septembre avec une valeur de 12,18mm, Elles constituent les pluies estivales.

Tableau 1 : Précipitations (mm) moyennes mensuelles des régions d'études Adrar et Tamanrasset de 1992 – 2004. :

Régions Mois	Adrar	Tamanrasset
Janvier	1,75	0,75
Février	2,53	0,9
Mars	4,87	3,35
Avril	2,36	0,75
Mai	0,52	0,36
Juin	0,42	5,9
Juillet	0,08	5,25
Août	0,90	18,02
Septembre	12,18	4,1
Octobre	4,7	13,65
Novembre	2,10	1,21
Décembre	0,66	2,75
Total	32,65	59,99

1.2. Températures des régions d'étude :***a₁-la région d'Adrar :***

A partir du tableau (2), nous pouvons définir que les températures moyennes les plus basses concernent les mois de décembre avec 7,78°C, le mois de Janvier avec 4,28°C, Février avec 8,05°C et Mars avec 9,57°C de 1992 à 2004. La moyenne des minimums est

de l'ordre de 17°C. Le maximum des températures est observé à partir du mois de Juin avec 42,88°C, Juillet avec 46°C, Août avec 45,08°C et Septembre avec 40,6°C

a 2-. Les écarts thermiques à Tamanrasset :

Les températures à Tamanrasset sont modérées, les températures minimales sont enregistrées au mois de Décembre, Janvier, Février et Mars respectivement de 7,05°C, 5,25°C, 7,45°C et 10,53° C. La moyenne des minima est de 15,16°C. Les températures maximales sont pratiquement constantes durant cette période. Elles n'excèdent pas 36°C. En effet le maximum de ces températures est enregistré au mois de Juin, Juillet et Août avec respectivement 35,48°C, 35,7°C et 35,13°C (tableau 2).

Tableau 2 : Températures moyennes mensuelles exprimées en C° des deux régions d'étude de 1992 à 2004.

Régions Mois	Région d'Adrar			Région de Tamanrasset		
	T°. moyenne minimale	T°. moyenne maximale	T°. moyenne	T°. Moyenne minimale	T°. Moyenne maximale	T°. moyenne
Janvier	4,23	21,23	12,70	5,28	20,18	12,73
Février	8,05	24,68	16,35	7,45	23,03	15,25
Mars	9,57	29,00	20,53	10,53	25,63	18,08
Avril	15,63	32,80	23,88	15,85	30,23	23,05
Mai	21,30	38,60	29,97	19,23	33,90	26,58
Juin	25,38	42,98	34,20	22,73	35,48	29,80
Juillet	28,68	46,00	37,38	23,30	35,70	29,50
Août	28,65	45,08	36,90	22,63	35,13	28,88
Septembre	24,85	40,60	32,75	20,83	33,45	27,15
Octobre	19,35	35,40	27,38	16,60	29,60	23,13
Novembre	11,05	26,60	18,93	10,42	24,93	17,70
Décembre	07,28	21,98	14,60	7,05	22,50	14,78
moyenne	17,0	33,69	26,14	15,16	29,15	21,33

1.3. Humidité relative :

L'humidité relative de l'air agit directement sur les fonctions génésiques des espèces. En effet Schilor, (1953) in Albrecht, (1965) montre que sur les sites de *S. gregaria*, les pullulations sont précédées d'un fort pourcentage de pontes d'œufs. L'humidité du sol serait le critère déterminant de la réussite de l'incubation. D'après Duranton et al, (1990), l'humidité permet le développement de la végétation qui fournit abris et nourriture aux larves. Un sol humide à moins de 5cm de surface correspond généralement à un niveau de réserve hydrique du sol qui permet au tapis végétal de se maintenir plus ou moins turgescent durant les 5 à 7 semaines que durera le développement embryonnaire. D'après le tableau (3), l'humidité relative de l'air n'atteint pas 50% pour les deux régions.

*a*₁- Adrar :

Le maximum est enregistré au mois de Novembre et Décembre respectivement de 40,23% et 0,90%, le minimum est atteint au mois de Juin avec 13,25%.

*a*₂- Tamanrasset :

Un maximum de 27,8% est noté au mois d'Octobre et 27,2% au mois de Novembre, le minimum est observé au mois d'Avril et Mai avec 14,60% et 14,58% respectivement.

Tableau 3 : Moyenne mensuelle de l'humidité relative (%) à Adrar et Tamanrasset de 1992 à 2004.

Régions Mois	Adrar	Tamanrasset
Janvier	31,13	23,2
Février	36,38	21,73
Mars	23,9	17,54
Avril	23,7	14,60
Mai	18,93	14,58
Juin	14,38	17,55
Juillet	13,25	16,9
Août	15,45	22,3
Septembre	18,40	21,9
Octobre	27,85	27,81
Novembre	40,23	27,2
Décembre	40,90	25,4
Moyenne	25,39	20,89

1.4. La vitesse des vents :

C'est le facteur le plus caractéristique du climat pour les acridiens (Seltzer, 1946). Les locustes, lors de leur déplacement, suivent les courants aériens qui les entraînent vers les régions où ils auront un maximum de chance de retrouver des conditions écologiques favorables (Rog, 2001).

En ce qui concerne l'Algérie, la vitesse des vents varie beaucoup d'un endroit à un autre, ceci est principalement dû à une topographie et un climat très diversifié. Au Sud, la vitesse des vents est plus élevée qu'au Nord plus particulièrement le Sud Ouest avec des vitesses qui dépassent 6m/s. Dans la région d'Adrar, l'automne et l'hiver sont moins ventés que le reste des saisons, cependant le printemps en est le plus venté à Adrar (Hamane, 2003) (tableau ,4)

Selon Duranton et al, (1990), le premier phénomène du polymorphisme phasaire résulte de la concentration d'Imagos solitaires sur des surfaces réduites qui se produit le plus souvent sous l'action des vents convergents dans ces zones. En une nuit la densité de population des solitaires peut être multipliée par un facteur de 800 voir 8000. Ce système de déplacement des ailes avec les vents dominant et ainsi celui qui permet le mieux au criquet pèlerin de localiser et d'exploiter les pluies et la végétation saisonnière éphémère des zones arides et semi aride où il vit à l'état solitaire.

a₁- La région d'Adrar :

La vitesse moyenne des vents est le double de celle de Tamanrasset .Cette vitesse est constante durant toute l'année (tableau 4), avec un maximum enregistré au mois de mai de 7.08 m/s. les mois les moins ventés étant décembre et janvier avec 5,08 et 5,68 respectivement.

a₂-La région de Tamanrasset :

Dans cette région et d'après le tableau (4), les vents sont assez réguliers, leur vitesse est deux fois moins grande qu'à Adrar. L'amplitude des vents varie de 2.1 à 4.18 m/s. Le maximum des vitesses se situe au moi d'avril, mai et juillet. D'après Ould El Hadj, (2002), les vents dominants à Tamanrasset soufflent d'Est-Nord- Est, d'Ouest-Sud-Ouest ou Ouest-Nord-Ouest et Est.

5. Faunes et flores des deux régions d'étude :

Décrire les zones arides du point de vue de leur contenu en diversité biologique, est une tâche ardue compte tenu du vaste territoire qu'occupent ces zones en Algérie et de la complexité spatiale sur laquelle évolue cette entité écologique. (Kaabèche, 1990).

5.1- La flore et végétation :

Le grand erg occidental est occupé par une flore adaptée à ce milieu représentée par un seul type de formation. Ce sont des végétaux (psammophiles) adaptés au sable composée de trois strates importantes : Une strate arbustive nettement différenciée à base de *Calligonum azel*, *Ephedra alata* et *Retama retam* qui se développent sur les accumulations et amas de sable.

Une strate herbacée éphémère constituée de *Therophytes: Citrullus*, , *Cutandia dichotoma*, , *Ifloga spicula*, *Ifloga spicata*, et *Plantago ciliata* (Kaabèche, 1990).

D'après Ben Houhou et al, (2005) au Sahara méridional, les lits d'oueds et les zones d'épandages, présentent les caractéristiques pédologiques les plus favorables pour le maintien des espèces végétales tels que *Acacia raddiana*, ou *Acacia bengiane*, *Panicum*

turgidum, *Zizyphus lotus*, *Olea europea*, *Rhus tripartitum* et *Lavandula antinea*, ,
Pulicaria crispa et *Cupressus dupreziana*

5.2-Faune :

En ce qui concerne la faune, Le Houérou (1990) recense 300 espèces de vertébrés, 110, de mammifères, 100, d'oiseaux, 800, de reptiles, 20 de poissons et 80 d'amphibiens

Tableau 4 : Moyenne mensuelles des vitesses des vents (m/s) à Adrar et Tamanrasset de 1992 à 2004.

Régions Mois	Adrar	Tamanrasset
Janvier	5,68	2,85
Février	6,2	3,48
Mars	6,7	3,7
Avril	6,75	4,18
Mai	7,08	4,13
Juin	6,43	3,66
Juillet	6,5	4,03
Août	6,23	3,48
Septembre	6,53	3,4
Octobre	6,13	2,93
Novembre	6,15	2,1
Décembre	5,08	2,28
Moyenne	6,29	3,35

6 – Le diagramme ombro-thermique des deux régions d'études :

Les diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gaussien permettent de comparer l'évolution des valeurs des températures et des précipitations dans une région donnée. L'intersection de la courbe thermique et de la courbe ombrique des précipitations détermine la durée de la période sèche. Cette dernière est une suite de mois secs. La courbe des températures (T) est supérieure à celle des précipitations (P) et $P = 2T$. Nous avons établi les diagrammes ombrothermiques pour les deux stations d'étude durant la période de 1993 à 2004. Les deux stations sont caractérisées par une saison sèche qui s'étend sur toute l'année (Fig. 2 et 3).

7- Quotient pluviométrique et étage bioclimatique d'Emberger :

Le quotient d'Emberger est spécifique du climat méditerranéen. D'après Stewart (1969), ce quotient Q a pour expression

$$Q = 3.43 P / (M - m)(M - m)$$

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger

P : Somme des précipitations annuelles exprimées en mm

M : Moyennes des températures maximales du mois le plus chaud exprimée en C°

m : Moyenne des minima du mois le plus froid exprimés en C°

3.43 : Coefficient de Stewart établi pour l'Algérie

Le Q2 nous a permis de localiser ces deux régions sur le diagramme d'Emberger. Cet auteur a mis un zonage du bioclimat méditerranéen du plus sec vers le plus humide en combinant les données météorologiques et celle de la végétation

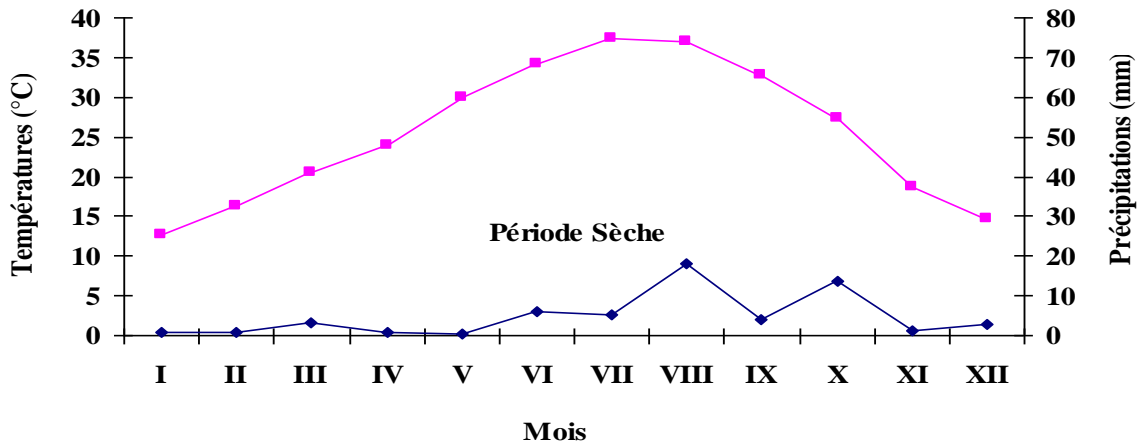


Fig 2 - Diagrammes ombrothermique de la région d'adjar de 1992 à 2004

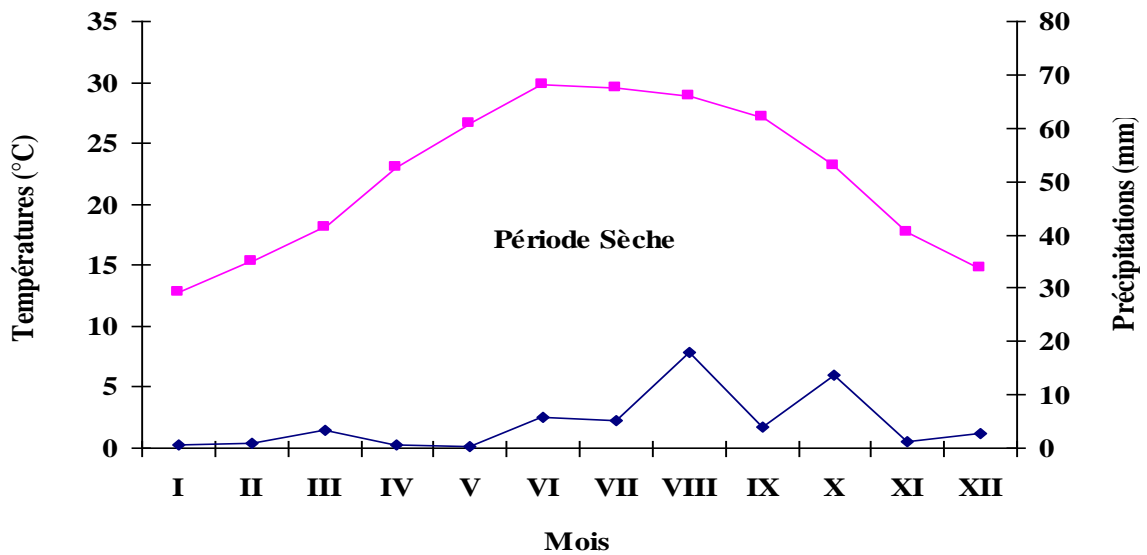


Fig 3 - Diagrammes ombrothermique de la région de Tamanrasset de 1992 à 2004

- T° moy moyen (°C)
- ◆— Pluviométrie . Mm

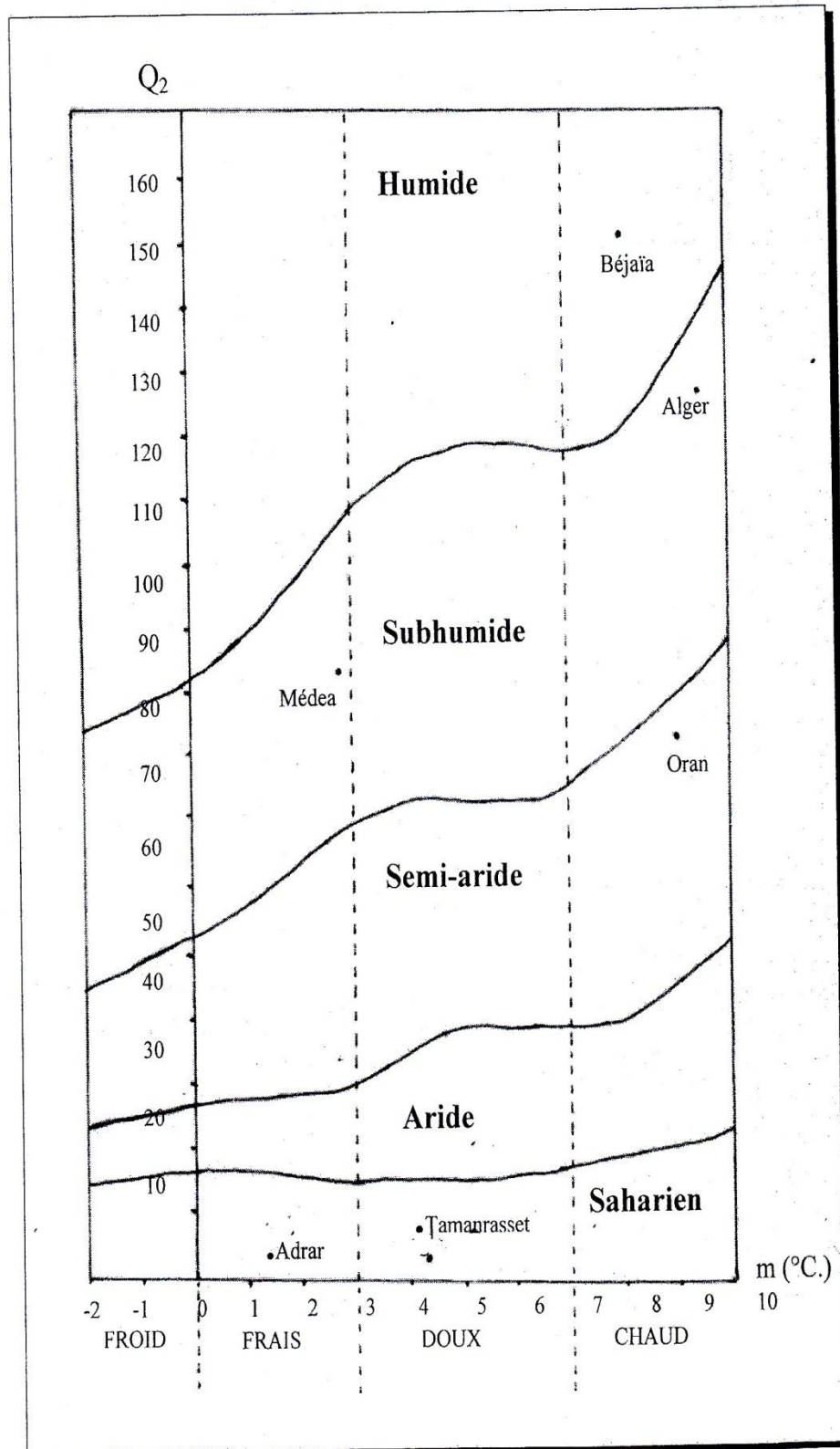


Figure 4 : Climagramme d'Emberger des deux régions d'études

1- La région d'Adrar

D'après cette formule le quotient calculé est de l'ordre de 0,57, ce dernier, classe la région d'Adrar dans l'étage bioclimatique Saharien à hiver frais (Figure 4)

2-La région de Tamanrasset :

La région de Tamanrasset présente un Q_2 de 8,17, son étage bioclimatique est Saharien à hiver doux (Figure, 4)

II. Les grands traits du polymorphisme phasaire et répartition géographique des biotopes solitaires de *Schistocerca gregaria* en Algérie.

1. Généralités sur *Schistocerca gregaria* :

Schistocerca gregaria comme toutes les espèces appartenant au sous-ordre des Caellifera, famille des *Acrididae*, et sous-famille de *Cyrtacanthacridinae* (Louveaux et Benhalima, 1986), est dépendante directement ou indirectement des facteurs écologiques. Dans sa vie quotidienne, sa fonction de relation, de maturation, et de reproduction sont fortement influencées par les composantes dynamiques de son environnement. En effet, dans certaines conditions de pluviosité et de densité de population, le criquet pèlerin change d'apparence et se déplace, se nourrit et se comporte comme un groupe. Les populations grégaires peuvent former des essaims gigantesques capables de se déplacer sur des grandes distances et dans les cultures. Ces invasions touchent 20% de la surface de la terre à travers l'Afrique, le Moyen Orient et l'Asie du Sud-ouest (Woldewahid, 2003).

1.1- Les mécanismes du polymorphisme phasaire :

Trois facteurs interviennent dans le déclenchement de la grégarisation de *S. gregaria* selon (Duranton et Lecoq, 1990).

1.1.1. La multiplication : accroissement des effectifs, si les conditions écologiques optimales se maintiennent.

1.1.2. La concentration : regroupement d'imagos solitaires sous l'effet du système des vents convergents sur des superficies réduites offrant des conditions favorables d'une part ou de la réduction de surface habitable d'autre part.

Selon Lecoq (1991), en fonction du stade de développement, les seuils densitaires de transformation phasaire sont approximativement les suivants :

Petites larves	→	50.000 / hectare ($5m^2$).
Grosses larves	→	5000 / hectare ($0,5 / m^2$).
Imagos	→	250 → 500 /hectare ($0,025 - 0,05 / m^2$).

1.1.3. La grégarisation : Le maintien des conditions écologiques favorables pendant au moins quatre générations successives aboutissent à la grégarisation de *Schistocerca gregaria*.

1.2. Les aires grégarigènes :

Les aires grégarigènes sont généralement des zones, où le regroupement des larves et des individus aboutit à la formation des premières bandes larvaires ; dès lors, les premiers essaims de populations du criquet pèlerin se déplacent régulièrement à travers ces foyers : l'ensemble de ces foyers constituent les aires grégarigènes.

C'est essentiellement dans ces zones qu'ont lieu les premières étapes de la transformation phasaire conduisant à une invasion généralisée. Selon Lecoq (1991), les principales aires

grégarigènes sont réparties en trois régions à travers l'aire d'habitat du criquet pèlerin et qui sont :

- ❖ **La région occidentale** : zones frontalières Algérie-Nigéria-Mali et le centre, le Sud Est et le centre Ouest de la Mauritanie.
- ❖ **La région centrale** : zones côtières de la mer Rouge et du golfe d'Aden.
- ❖ **La région orientale** : zones frontalières indo-pakistanaïses.

1.3-Les aires de rémission.

1.3.1- Dans le monde :

En phase solitaire, *Schistocerca gregaria* occupe une aire vaste mais limitée aux régions les plus désertiques d'un territoire allant de l'Atlantique à l'Inde (Figure 5). Il s'agit des régions où la pluviométrie moyenne annuelle est généralement inférieure à 200 mm (Madou, 1988). Cette aire d'habitat couvre environ 16 millions de kilomètres carrés et s'étend sur toute ou une partie d'une trentaine de pays.



Fig. 5 : Aire d'invasion et de rémission de *Schistocerca gregaria* dans le monde (Anonyme, 2005), Echelle : 1/12 000

1.3.2- En Algérie :

En période de rémission Popov et al, (1991), a divisé les régions du Sud algérien en deux parties, selon la 22^{ème} parallèle : une reproduction hivernale intervenant au sud de cette dernière et l'autre au printemps, le plus souvent au Nord.

Selon Khider, (1999), les biotopes solitaires du criquet pèlerin ont été localisés durant la période de 1994 à 1996 dans le Sud-ouest, le Sud-est, le Sahara central et l'extrême Sud Algérien. Dans le Sud ouest, ces biotopes sont représentés essentiellement par l'oued Hamadas du Guire et sous fana au Nord de Béchar et dans les régions Tabelbala, Taghit au Sud de celle-ci ainsi que dans la wilaya de Tindouf. Dans le Sud Est les populations de

S. gregaria ont été observées au niveau des oueds situés à Azzer au Nord d'Illizi et Tassili Najer à Djanet. Dans le Sahara central, leur présence a été localisée principalement dans les périmètres de mise en valeur de la wilaya d'Adrar qui s'étendent de la région d'Aougout (Timimoun) au Nord, jusqu'à Reggane au Sud ainsi que dans les oueds du plateau de Tadmait et du Tidikelt situé dans la région d'In Salah. A l'extrême Sud Algérien, les habitats solitaires de criquet pèlerin constituent les plus importantes des zones solitaires. Elles se localisent dans les régions de l'Ahmet Moudir, Assedjrat, Afed afeda, au Nord-ouest des monts du Hoggar et au Sud-ouest du Hoggar. Selon Sitouh (1976), les chutes de pluies sont souvent suivies par les écoulements d'oueds qui peuvent parcourir des centaines de kilomètres, formant des oueds qui se déversent dans des zones d'épandage (Maaders). Dans ces endroits, l'humidité du sol persiste jusqu'à 5 à 6 mois après les dernières précipitations. Gendouz-Benrima, (2005) observe, deux reproductions au Sahara Algérien :

- ❖ Une printanière, plus abondante, dans le Sahara central.
- ❖ Une deuxième automnale dans le Sahara méridional.

1.4. Régime alimentaire :

Malgré sa polyphagie, les imagos solitaires du criquet pèlerin présentent moins d'hétérogénéité alimentaire que les grégaires (Simpson, 2001). Ils peuvent vivre typiquement dans leur environnement avec peu d'espèces dans leur milieu (Ghaout, 1991). Ce constat est dû au fait qu'ils sont moins mobiles et que le milieu présente un tapis floral pauvre.

Deux facteurs influenceront la probabilité de rencontre avec une nourriture complémentaire : le premier est la distribution spatio-temporelle des nourritures de composition alimentaire différente dans l'environnement. La deuxième est le comportement de l'animal, notamment sa mobilité et les critères sensoriels de l'insecte qu'il emploie à l'acceptation de la nourriture (Bernays, 1997).

Malgré sa polyphagie à large spectre, le criquet pèlerin manifeste cependant des préférences alimentaires vis-à-vis de certaines plantes, mais aussi un refus total à d'autres (Ould El Hadj, 1999; Ould Ahmadou, 2000).

2. Les stratégies de lutte biologique contre les criquets :

National Academy of Sciences des Etats-Unis a adopté en 1987 la définition de la lutte biologique comme étant toute utilisation d'organismes naturels ou modifiés génétiquement dans une lutte biologique, en vue de réduire les effets d'organismes indésirables, comme les plantes cultivées, les arbres, les animaux, les insectes et les microorganismes néfastes.

Plusieurs luttés biologiques sont utilisées, nous citons essentiellement celles utilisées dans la lutte contre les acridiens nuisibles en général et *Schistocerca gregaria* en particulier. Le projet de lutte biologique contre les Locustes et les sautereaux a débuté en 1989 pour répondre aux préoccupations des régions arides et semi-arides (Regnault-Roger et al, 2002).

2.1. Lutte biologique par utilisation d'entomophages :

Il s'agit d'une lutte par l'utilisation d'organisme antagoniste du ravageur, qui peut être un animal (oiseau, poisson, insecte), dans la plupart des cas, c'est un insecte (Regnault-Roger et al, 2005). Dans les conditions naturelles, les acridiens sont des hôtes pour les parasites ou de prédateurs à chacun de leur état de développement : embryon, larve, ailé (tableau 5).

***a₁*-Lutte microbiologique :**

Les microorganismes pathogènes sont les principaux acteurs dans cette lutte. Les principales souches utilisées sont des bactéries, des champignons et des virus ou des protozoaires. Ils infectent l'hôte en général par ingestion et possèdent une forme de résistance leur permettant de passer et de demeurer dans le milieu (sol, feuillage, litière). L'agent pathogène se multiplie dans l'hôte et cause sa mort par destruction de tissu ou par septicémie, et parfois par l'émission d'une substance toxique (Lin et *al*, 2003).

Parmi ces microorganismes, 800 espèces appartenant à tous les groupes majeurs de champignon ont été reconnues comme pathogènes d'insectes ou d'acridiens. Ces microorganismes se distinguent des autres agents de la lutte microbiologique (virus, bactéries ou protozoaires) par leur mode d'infection transcutanée ne nécessitant pas l'ingestion des propagules infectieuses. A ce titre, ils sont particulièrement bien adaptés pour lutter contre les insectes (Lacey et Goettel, 1995). Parmi les espèces les plus remarquables on peut citer *Entomophora grulli*, pathogène du criquet et des sautereaux. Les hyphomycètes, (Denteromycètes) comprenant des espèces très cosmopolites appartenant aux genres *Beauveria*, *Metarhizium* qui sont inféodés à des hôtes acridiens. Ils apparaissent très fréquents dans les zones humides et dans les zones sèches en cultures irriguées (Ferron et *al*, 1991 ; Inglin et *al*, 2000 et Fargus, 2003).

Tableau 5 : Les principaux ennemis naturels des acridiens

Groupes	Ennemis naturels	Stades Attaqués
Entomovirus	<i>Proxiviridae</i> <i>Entomopoxvirus</i>	Larves
Bactéries	<i>Pseudomonase aeruginosa</i> , <i>ridicida</i>	Adultes, Larves
Champignons	<i>Beauveria bassiana</i> , <i>B. tenella</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>M. flavoviride</i>	Larves , Adultes
Protozoaires	<i>Malamaeba locustae</i> , <i>Nosema marocanus</i>	Larves, Œufs
Nématodes	<i>Agamermis sp</i> , <i>Heterohabditis megridis</i>	Oeufs, adultes
Insectes	<i>Scelio sp</i> , <i>Gesmeriodes lienata</i> , <i>Acridomiya sacharoui</i> , <i>Balaesoxipha lineata</i> , <i>B. Cochaeris</i> , <i>Sacrophila latifrons</i>	Oeufs
		Adultes
Arachnides	<i>Scorpio manus</i> , <i>Androctonus mauricanicus</i> , <i>A. australis</i> , <i>Butlus? occitanus</i>	Adultes
Myriapodes	<i>Riventina faciata</i> , <i>Schodromantis viridis</i> , <i>Tachytes sp</i> , <i>Anthia sp</i> , <i>Bradybaenus sellatus</i> ,	Larves
Oiseaux	Ardeidés, , Falconides, Phasiauridés, Pterochidés, Tytonidés, Strigidés, Alaudidés	Larves, Adultes
Mammifères	L'Homme, Chien, Chat sauvage, Hyéne, Renard roue, Chacal doré, Hérissons	Larves, Adultes

(Grasse, 1949, Gillet, 1978, Duranton et *al*, 1982 a, Greathead , 1992 ; Latchinsky et Launois – Luong , 1992 ; Doumandji et Doumandji –Mitiche , 1994)

b₂. Lutte par extrait de végétaux ou molécules allélochimique :

La lutte à base d'extraits de plantes ou d'huiles essentielles de plantes présente plusieurs propriétés qui devraient leur permettre de s'inscrire dans des stratégies alternatives à l'emploi des pesticides de synthèse et dans tout un programme de lutte intégrée.

Les plantes aromatiques méditerranéennes synthétisent des terpènes et des polyphénols toxiques pour un large éventail d'insectes ; leur potentiel phytosanitaire a été souligné : certaines feuilles de plantes sont en effet riches en phytoecdystéroïdes structuralement analogues aux hormones de mues des insectes (Marion et al, 2002). Actuellement, les huiles essentielles dans le domaine phytosanitaire se sont développées notamment au Nord américain. L'activité biologique s'exerce à plusieurs niveaux et limite le renouvellement des générations. Ainsi, il a été constaté que certaines huiles essentielles des végétaux à effet insecticide inhibent le cycle de reproduction chez les insectes (Weaver et al, 1991). Il existe une variabilité dans l'efficacité des huiles essentielles et de ses constituants allélochimiques qui est fonction non seulement du profil phyto chimique de l'extrait végétal mais aussi de l'espèce entomologique considérée (Regnault-Roger, 2002).

III. Les grands traits des champignons entomopathogènes et les plantes aciridifuges testés.

1. Introduction :

L'intérêt du développement de nouvelles spécialités à base d'organisme vivant est souligné quand on considère leurs avantages écologiques et environnementaux. Les effets non intentionnels des pesticides dus à leur utilisation sans discernement ont été qualifiés d'« effet 4R » (4R : pour résistance, rémanence, résurgence et rupture des chaînes trophiques) (Regnault, 2002). Les biocides présentent plusieurs avantages écologiques qui s'inscrivent en opposition à ces effets 4R.

- Elles développent une sélectivité et une spécialité dans leur impact sur les espèces cibles, ce qui diminue les effets non intentionnels sur les organismes non ciblés.
- Biosynthétisées, elles sont biodégradables par voie enzymatique avec en général des demi vies courtes.
- Leur non persistance dans l'environnement limite les risques de bioaccumulation et de bio amplification au niveau des chaînes trophiques.
- Les espèces biocides appartiennent à plusieurs familles chimiques différentes et leurs cibles biochimiques et moléculaires chez les organismes visés sont variées.

De ce fait, l'utilisation des biocides de façon raisonnée chez les organismes cibles doit, s'inscrire dans un meilleur respect des écosystèmes. Parmi ces espèces biocides nous pouvons citer les microorganismes entomopathogènes et plantes insecticides (Regnault, 2002).

Parmi les microorganismes entomopathogènes ayant un potentiel d'agent de lutte biologique contre les insectes nuisibles, plus de 500 espèces de champignons sont susceptible d'infecter les insectes (Starmer et al, 1993).

Les espèces les plus nuisibles aux criquets font partie des sous-divisions des *Mastigomycotina* (*Entomophthorales*), *Axomycotina* (*Clavicipitales*) et *Dentromycotina*. Cette dernière regroupe deux genres spécifiques aux criquets et qui sont *Metarhizium* et *Beauveria* (Greathed et al, 1994).

2. les champignons entomopathogènes testés *M.flavoviride* et *M. anisopliae* :

Les espèces *Metarhizium anisopliae* et *Metarhizium flavoviride* ont montré leur efficacité dans les programmes internationaux en lutte microbiologique. Leur activité pathogène est efficace à 32°- 35°C et à 13% d'humidité relative, dans des conditions considérées jusqu'à présent rigoureusement incompatibles (Fargane et al, 1997).

Metarhizium anisopliae était le premier pathogène utilisé délibérément pour le contrôle d'insecte ravageur par le Russe Metchnikoff, (1980) in Regnault, (2002). Il a été identifié et isolé sur la paille de céréale sous le nom d'*Anisoplie austriaca* où il l'a nommé *Entomophthora anisoplie*. En (1879), Sorokin assigna ce champignon à la muscardine verte, au genre *Metarhizium*, depuis il est connu sous le nom de *Metarhizium anisopliae* (Metch), (Zimmerman, 1993).

(A) *Metarhizium anisoplie*



(B) *M. flavoviride*

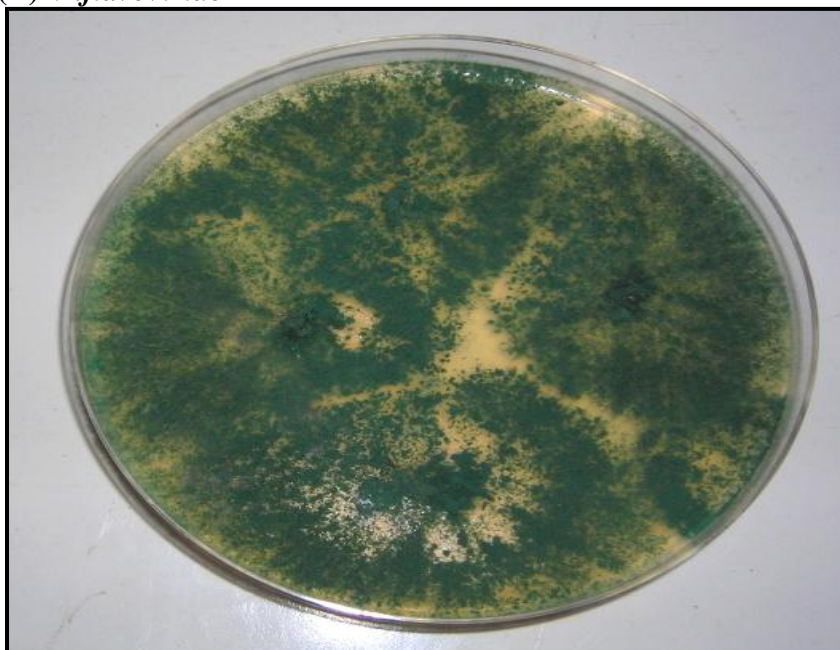


Figure 6 : Aspect de la fructification du mycélium de *Manisoplie* et *M. flavoviride*

2.1-Position systématique :

D'après Ainsworth et al, (1973) in Kleespiss et al, (2000), les deux acidogènes *Metarhizium anisoplie* et *Metarhizium flavoviride* se classe selon la nomenclature suivante :

Règne : Fungi.

Division : Eumycota.

Sous division : Deuteromycotina.

Classe : Hyphomycètes.

Ordre : Moniliale.

Famille : Moniliaceae.

Genre: *Metarhizium*

Espèce 1: *Metarhizium anisoplie*.

Espèce 2: *Metarhizium flavoviride*.

2.2- Identification:

D'après Greathed et al (1994), la couleur des spores est une première indication sur l'identité du champignon. Ainsi le genre *Metarhizium* produit des spores vertes. Généralement, la forme des spores et des conidiophores permet l'identification du genre *Metarhizium*. Les conidiophores sont courts avec ou sans ramification irrégulière. Les conidiophores sont disposés régulièrement et entourés d'une masse de spores.

2.3. Morphologie :

Morphologiquement la différence entre les deux espèces *Metarhizium anisoplie* et *M. flavoviride* réside au niveau de la forme des spores. Celles de *M. anisoplie* sont allongées avec des côtes parallèles, et celles de *M. flavoviride* sont ovales avec une coloration vert-olive, elles mesurent 6µm de longueur pour 2 à 3 µm de diamètre (Greaded et al, 1994, Barnett et Hunter, 1987). Le mycélium de *M. anisoplie* présente un aspect opaque de coloration verte foncé cependant celui de *M. flavoviride*, sa fructification est clairsemée et de coloration verte vif (Figure 6).

2.4. Mode d'action :

Le mécanisme d'infection d'un champignon entomopathogène par contact passe par plusieurs étapes (Figure 7).

2.4.1. Phase d'adhésion :

Les spores des champignons entomopathogène transportées mécaniquement se fixent sur la cuticule de l'insecte en produisant une couche de mucus adhésif (Bidochka et Leger, 1997).

2.4.2. Phase de germination :

Metarhizium produit un seul type de spores asexuées, appelées les conidiospores par le bier des conidiophores du mycélium. Les conidies germent au bout de 16 à 20 heures dans des conditions favorables de développement (Lomer et al, 2001).

La réalisation de cette étape dépend de plusieurs facteurs tels que : l'interaction pathogène- hôte, les conditions abiotique telles que l'hygrométrie, la température, la lumière (Fargus et Goettel, 1996 in Luong-Skorman et al, 1999).

2.4.3. Phase de pénétration :

La pénétration est assurée par la formation d'un appressorium, c'est un hyphe de pénétration qui dégrade la cuticule. L'appressorium se fixe sur la cuticule, dégrade cette dernière grâce aux enzymes produites (protéase et kitinase). Les protéases dégradent en

premier lieu la matrice de protéine qui entoure les fibrilles, puis intervient l'action des kitinases et des nagases qui dégradent la chitine, les protéines sont aussi dégradées par les amino peptidases et les dipeptidyle-peptidases, en acide aminé et peptides qui peuvent être utilisés comme une source de nutriment pour les champignons. (Leger, Cooper et Charnley, 1993 in Bidouchka et al, 1997). A l'intérieur de l'insecte, le champignon se propage et se multiplie et produit des blastopores dans l'hémocoèle qui secrètent des toxines entraînant la mort de l'insecte (Lomer et al, 2001).

2.5- Symptomatologie de l'infection :

Ce genre de champignon infecte une large gamme d'insectes et provoque la maladie de la muscardine verte qui débute sur l'insecte par le durcissement du corps (Amouriq, 1973). Au début de l'infection un dépôt noirâtre de mélanine le long du site de perforation se développe (Paillot, 1933). C'est une substance produite par les champignons afin d'inhiber les kitinases et les protéases microbiennes (Ferron et al, 1991). Les criquets atteints perdent leur appétit et deviennent de moins en moins actifs. Leur couleur devient parfois rougeâtre après la mort. 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 de spores (Greathed et al, 1994). Au bout d'un certain temps, le champignon fructifie et le cadavre devient vert. L'insecte par la suite, transformé en matière pulvérulente gris vert, se dissémine peu à peu dans le sol (Amouriq, 1973, Zimmerman, 1993)

3. les plantes acridifuges testées :

Les premiers insecticides utilisés par l'homme étaient des plantes. Aujourd'hui on connaît plus de 2000 espèces de plantes qui possèdent une activité insecticide parmi elles *Melia azedarach* et le *Faux poivrier* (Dobson, 2001).

3.1. Présentation des plantes testées *M.azedarach* et *Schinus molle* :

3.1.1- Présentation du faux poivrier :

L'arbre à poivre californien, est aussi appelé « faux poivrier », il a été cultivé en Californie pendant au moins deux siècles. Le faux poivrier fait partie des plantes à fruits décoratifs qui sont appréciés en raison des baies roses colorées destinées au commerce sous le nom d'épices.

Des recherches sur les bienfaits de cette plante sont toujours d'actualité avec pour conséquence de nouvelles découvertes, dont les applications sont nombreuses aussi bien en médecine, pharmacie et agroalimentaires etc.

Le faux poivrier présente une grande importance dans le domaine agricole grâce à ses propriétés antimicrobiennes et insecticides. (Martinez et al, 1996).

3.1.2- Nomenclature

« *Schinus* » l'arbre à mastic, péruvien, molle pour l'arbre de poivre, (Elkiltawi et *negallo*, 1980). L'existence de cette plante, dans la langue parlée de différentes cultures, atteste de sa présence et de sa connaissance par un grand nombre de personnes.

Nom latin : *Schinus molle*

Nom arabe : Fulful kadib

Nom français : faux poivrier, mollé des jardins, arbre de raisin de Pérou, café de Chine, poivre brésilien, poivre rose, poivre de Californie

Nom anglais : Brasillian peppertree, Peruvian mastic, Californian peppertree

Appellation populaire en Algérie: chedjrate el fefel, (Baba Aissa, 2000).

Trois espèces d'arbres séparées sont employées l'une à la place de l'autre, toutes ont le même nom vernaculaire « faux poivrier » en Amérique du Nord et du Sud, ce sont « *Schinus molle* », « *Schinus terebenthifolius* », et « *Schinus aroeira* » (Cretti, 1981).

(A) Les Fruits



(B) Branches et feuilles



Figure 7: Les graines et feuilles de Schinus molle (Faux poivrier (originale))

3.1.3-Origine et répartition biogéographiques :

C'est un arbre originaire des régions tropicales et subtropicales d'Amérique centrale et du sud, il est également répandu dans la région semi-tropicale, tropicale, des Etats Unis de l'Amérique et de l'Afrique centrale. Aujourd'hui on le rencontre fréquemment tout autour du bassin méditerranéen (Afrique du Nord et Midi de France) (Duke, 1992).

3.1.4- Description botanique :

Le faux poivrier est un arbre ornemental de grandeur moyenne, dépassant 10 m et parfois 15 m de hauteur avec un tronc mou de 25 a 35 cm de diamètres, cime arrondie, rameaux effilés qui pendent avec grâce, de type pleureur, (More et Wite, 2005) (Figure 7).

Les feuilles sont persistantes, alternes, de 10 a 30 cm de long, pennées portant jusqu'à 25 folioles lancéolées de 2 à 6 ,5 cm de long. Elles dégagent une odeur de poivre, (Somon ,1987).

Les minuscules fleurs jaunes sont réunies en grappes pendantes, les calices sont courts à 5 lobes bordés d'une marge claire, 5 pétales étalées, 10 étamines inégales fixées sur une couronne glanduleuse, jaune pâle, 1 ovaire, 1 loculaire à 3 stigmates (Baba Aissa, 2000).

Les graines apparaissent au mois de Juin et jusqu'à Septembre et donnent de petits fruits (drupe) rougeâtres à saveur piquante. Ces baies sont classiques en mélange avec le poivre blanc, noir et vert. Toutes les parties de la plante ont une odeur poivrée très prononcée et contiennent une qualité importante en huiles essentielles à caractère épicé et aromatique (Cretti, 1981 ; Marongiu et Al, 2004)

3.1.5- Systématique :

Le faux poivrier « *Schinus molle* » est ainsi classé

Règne : *Plantae*

Sous règne : *Tracheobionta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Sous classe : *Rosidae*

Ordre : *Sapindales*

Famille : *Anacardiacees*

Genre : *Schinus*

Espèce : *Schinus molle* L. (El Keltawi et al, 1980)

3.1.6- Propriétés médicinales et utilisation du faux poivrier :

En Amérique centrale, le faux poivrier est considéré comme étant astringent, stimulant antibactérien, diurétique, digestif, tonique et antiviral. Au Pérou, la sève est utilisée comme un laxatif doux et un diurétique (Bello et al, 1998).

En Algérie, le faux poivrier se limite à une utilisation ornementale de l'arbre, classé parmi les plus beaux arbres d'ornement, avec parfois quelques qualités pratiques. (Baba Aissa, 2000).

3.1.7- Les huiles essentielles du faux poivrier :

De nombreuses études ont révélé diverses propriétés et activités des huiles essentielles du faux poivrier. Mis à part ses propriétés médicinales, les extraits des feuilles et des fruits du faux poivrier présentent des propriétés insecticides (Bello et al, 1998).

a1. Utilisation mondiale des huiles essentielles du faux poivrier

Le tableau 6 suivant montre les différentes utilisations des huiles essentielles du faux poivrier dans le monde :

3.1.8. Composition chimique du faux poivrier :

L'analyse phytochimique du faux poivrier révèle que la plante contient des tanins, des alcaloïdes, flavonoïdes stéroïdes, saponines, stérols, terpènes et une quantité importante en huiles essentielles.

Les huiles essentielles stockées dans les feuilles, l'écorce et les fruits sont une source riche en produits chimiques, plus de 50 constituants identifiés, y compris tri terpènes, Sesquiterpènes biologiquement actifs. (Camano, 1996) (Tableau ,7)

Tableau 6 : les différentes utilisations des huiles essentielles du faux poivrier dans le monde

Pays	Utilisation
Argentine	Anti-inflammatoire, contre les diarrhées, contre les infections respiratoires et urinaires, etc.
Brésil	Antidépresseur, antispasmodique, bronchite, contre : blennorragie, toux, fièvres, grippe, hémorragies inflammatoires, maladies ophtalmiques, contre rhumatismes, infection urinaire, etc.
Colombie	Contre les diarrhées, rhumatisme, etc.
La Calédonie	Comme épice, thé, digestif, etc.
Mexique	Contre l'asthme, la blennorragie, bronchite, conjonctivite, toux, trouble digestif, grippe, rhumatisme, ulcère, pour calmer les douleurs de dent, contre la tuberculose, tumeur, hypertension; etc.
Afrique du sud	Antidépresseur, anti-inflammatoire, contre le froid, toux, hypertension, rhumatisme,
Pérou	Antiseptique, cicatrisant, diurétique, contre rhumatisme, tumeur, etc.
Turquie	Diurétique, blennorragie, etc.
Paraguay	Contre la blennorragie, diurétique, etc.
Le reste du monde	Contre la bronchite, diurétique, ulcère, hypertension, maladies veineuse, etc.

(Camano, 1996)

3.1.9- Toxicité des huiles essentielles du faux poivrier :

Autrefois, les recherches menées sur les huiles essentielles du faux poivrier n'ont indiqué aucune toxicité vis-à-vis de l'homme et des animaux.

Actuellement l'utilisation chronique d'extrait du faux poivrier est déconseillée, car elle peut mener à la décroissance des bactéries commensales dans l'appareil digestif due à son fort pouvoir bactéricide. De même, comme toutes les huiles essentielles, l'utilisation à forte dose des huiles essentielles est dangereuse pour l'organisme, (Coppin, 1995).

Tableau 7 : composition chimique du faux poivrier

Composition chimique	Partie de la plante	Dose minimale (ppm)	Dose maximale (ppm)
Glucose	Fruit		19000
Protéines	Fruit	7500	85000
Quercetine	Feuille		
Graisse végétale	Fruit	77000	124000
Huile essentielle	Fleur		210000
Huile essentielle	Feuille	200	10000
Huile essentielle	Fruit	33500	52000

(Duke ,1992)

3.2.- Données bibliographiques sur *Melia azedarach* :

3.2.1. Description botanique :

C'est une plante appartenant à la famille des *Meliaceae*, appelée aussi «le lilas de Perse ». Plante ornementale (Volkovsky, 1937) ; elle atteint de 9 à 10m de hauteur et se développe dans tous les types de sols.

❖ Les feuilles :

Elles sont caduques, alternées de 30 à 60cm de long. Les folioles sont ovales. Les feuilles froissées exhalent une forte odeur avec un goût amer (Camus, 1923)

❖ Les fleurs :

Inflorescence en panicules axillaires lâches de 10 à 20 cm de longueur, les fleurs de couleur rose à 5 pétales étroits parfumés s'épanouissent en Mai-Juin. Les étamines sont de 10 à 12 filets monadelphes (Camus, 1923).

❖ Les fruits:

Sont sphériques drupacées en glomérules peu charnus de 1 à 1.5 cm de diamètre vert puis jaunâtre, quand ils se dessèchent, ils deviennent bruns violacés, toxiques avec une forte odeur, (Camus, 1923)(Figure 8) .

3.2.2. Classification botanique :

Selon Guinard (1994), *Melia azedarach* fait partie :

Embranchement	: Spermaphyte
Sous embranchement	: Angiospermes
Classe	: Magnoliopsida
Sous classe	: Rosidae
Ordre	: Sapindales
Famille	: <i>Méliaceae</i>
Espèce	: <i>Melia azedarach L.</i>

(A) Les graines



(B) Les feuilles et branches



Figure 08 : Les branches et fruits de M. azedarach (margousier (originale))

3.2-3. Origine et répartition dans le monde :

Le lilas de Perse est très répandu dans les régions méditerranéennes, très souvent planté en Asie comme arbre de temple, en Chine, en Inde et en Afrique du Nord et utilisé comme arbre de reboisement (Volkovsky, 1937).

3.2.4. Condition de culture :

Le Lilas de Perse demande de préférence un sol riche et humide, il peut aussi s'accommoder d'un sol pauvre et sec. (Kerharo, 1974).

3.2.5. Vertus médicinales :

C'est une plante connue pour ses vertus médicinales, en effet :

- ❖ Les rameaux feuillés terminaux de Méliá sont utilisés pour l'hygiène dentaire en Afrique et en Asie (Volkovsky, 1937)
- ❖ L'écorce, les feuilles et les fruits sont utilisés depuis l'antiquité pour leurs propriétés fébrifuges et antiseptiques (Volkovsky, 1937)
- ❖ Actuellement, on extrait un principe actif (Nimbidine) utilisé dans l'industrie vétérinaire et pharmaceutique pour usage dermatologique, endocrinologique ainsi que dans l'alimentation du bétail (De Jessin, 1988).
- ❖ Plusieurs principes actifs ont été isolés, à partir des graines et des feuilles, doués de propriétés anti-parasites et non toxiques pour l'homme (Butterworth et Morgan, 1971)
- ❖ Plusieurs recherches, menées dans plusieurs pays, ont montré que 125 espèces, dont les acridiens font partie, sont réfractaires au Melia (Michel, 1997).

3.2.6. La composition chimique de la plante :

Les composants les plus importants et qui sont aujourd'hui les mieux connus sont : l'azadirachtine, Méliantriol, Salannine, Nimbine aussi Nimbidine (Duranton et al. 1982)

a. Azadirachtine :

L'azadirachtine est structurellement similaire des hormones des insectes appelées « ecdysones » qui contrôlent la métamorphose. Les amandes de Melia contiennent de 2 à 4 mg d'azadirachtine par gramme d'amande (Vigneron, 1978).

L'azadirachtine est prouvée être l'élément principal de l'arbre pour repousser les insectes ; il présente 90% des effets répulsifs contre les insectes déprédateurs, il ne tue pas immédiatement les insectes, mais dérègle leur croissance et leur développement et les repousse.

Les dernières recherches ont montré que l'azadirachtine est classé parmi les plus grands dérégulateurs de croissance et inhibiteurs de prise de nourriture sur plusieurs espèces d'insectes.

b Méliantriol :

Antiappétant, capable d'inhiber la prise de nourriture des insectes pour de très faibles concentrations (Vigneron, 1978).

c. Salannine :

Le troisième triterpénoïde isolé du Melia est le Salannine, capable d'inhiber la prise de nourriture lui aussi, mais sans influence sur la mue des insectes (Vigneron, 1978).

d .Nimbine et Nimbidine :

Les deux composés présentent une activité antivirale ; en effet ils affectent le virus x de la patate, le virus vaccina et le virus « *fowl pox* ». Tous ces composés sont plus abondants et plus accessibles dans les amandes, ils sont obtenus par plusieurs méthodes d'extraction.

CHAPITRE II. METHODOLOGIE

CHAPITRE II. METHODOLOGIE

I. Evolution spatio- temporelle du statut phasaire et du régime alimentaire des populations solitaires de *Schistocerca gregaria* à Adrar et Tamanrasset

La présence de *Schistocerca gregaria*, comme pour tous les Acridiens, dépend directement ou indirectement de divers facteurs écologiques. Dans leur vie quotidienne, leur fonction de relation de maturation et de reproduction est fortement influencée par les composants dynamiques de leur environnement.

Lorsque les conditions deviennent défavorables par manque de précipitations, les individus du criquet pèlerin se rassemblent sur les îlots de verdure qui persistent encore dans les endroits temporairement humides. Le contact entre les individus engendre une compétition à la recherche de l'alimentation. L'individu autochtone de cette espèce trouve dans ces milieux des sites favorables à leur reproduction et pullulation.

C'est dans ce contexte que nous avons entrepris cette étude visant l'évolution du statut phasaire des individus isolés de *S. gregaria* durant la période de 1993 à 2004, afin de répondre à une problématique posée à savoir : l'impact de l'anthropisation des régions sahariennes sur la pullulation et la grégarisation des individus solitaires de *S.gregaria* .Une analyse biométrique et trophique a été effectuée sur des populations de *Schistocerca gregaria* issues des deux régions différentes, la région d'Adrar et la région Tamanrasset représentatives respectivement du Sahara central et le Sahara méridional .

Une synthèse des travaux personnels et autre travaux réalisés par l'équipe d'acridologues de l'école Nationale Agronomique d'El Harrach département d'acridologie de 1993 à 2004, département de prospection et de lutte antiacridienne à l'Institut National de la protection des végétaux d'El Harrach, département d'agronomie de la Faculté Agrovétérinaire de Blida.

1- Présentation des sites d'étude :

Les populations échantillonnées ont été récoltées dans deux stations différentes : Baamor à Adrar et oued Amded à Tamanrasset.

La station de Baamor est une coopérative agricole située à 45 kilomètres au Sud ouest de la ville d'Adrar, La deuxième station étudiée est Oued Amded (22°46'N, 04°16'E) située à 200 kilomètres au Sud Ouest de la ville de Tamanrasset (Fig.09). Cet habitat naturel reçoit le double des précipitations par rapport à celles de Baamor. Les deux sites sont également contrastés pour les températures moyennes annuelles. L'amplitude thermique annuelle est plus grande sur la station de Baamar. Cette dernière est non seulement plus chaude mais également plus ventilée que le site d'Oued Amded Il en résulte une demande évaporative plus importante à Baamar qu'à Oued Amded (ONM, 2004)

Le sol de la station de Baamor est de type minéral brut, peu évolué et perméable. La plupart des sols de la station, en particulier les Ergs, présentent une texture sableuse ou sablo-limoneuse ou encore limoneuse. Ce sont généralement des sols halomorphes. Dans cette région du Sahara central le maraîchage et la céréaliculture sous pivot couvrent 45% des surfaces agricoles (INRA, 1989). La végétation spontanée ou les plantes adventices se composent de plusieurs familles, parmi lesquelles *Poaceae*, *Fabaceae* et *Asteraceae* prédominent (Quezel, 1963).

La texture du sol de Oued Amded varie de sableuse à sablo-limoneuse. La végétation est caractéristique des zones d'écoulement et d'épandage des eaux de pluie. Elle est dominée par

Balanites aegyptiaca (L.), *Chrozophora brocchiana* (Vis.), *Cornulaca monacantha* (Del.), *Fagonia bruguieri* (DC), *Cassia italica* (Miller) F.W. Andrews, *Pergularia tomentosa* (L.), *Maerua crassifolia* (Forsk.) , *Cymbopogon schoenanthus* (L.), *Aerva javanica* (Burn.f.), *Leptadenia pyrotechnica* (Forsk) et *Fagonia arabica* (L.). (Gendouz –Benrima, et al. 2002).

2. Technique d'échantillonnage et estimation des densités de populations :

Les prélèvements des individus sont effectués sur une aire de 500m² environ où les conditions floristiques sont aussi homogènes que possible. Les individus sont capturés au filet fauchoir ou à la main en fonction des conditions climatiques. Les densités de population ont été évaluées par la méthode de comptage à vue généralement utilisée pour les acridiens ravageurs (Gillon, 1973, Launois, 1974). Sur chaque station prospectée des carrés de 5 mètres de côté (25m²) ont été parcourus, le nombre moyen d'individus de chaque stade est estimé par un comptage sur dix carrés différents. En cas de très faible densité de population, on augmente le nombre de carrés à échantillonner. Nous avons noté l'état phénologique du criquet pèlerin (stade larvaire et stade imaginal).

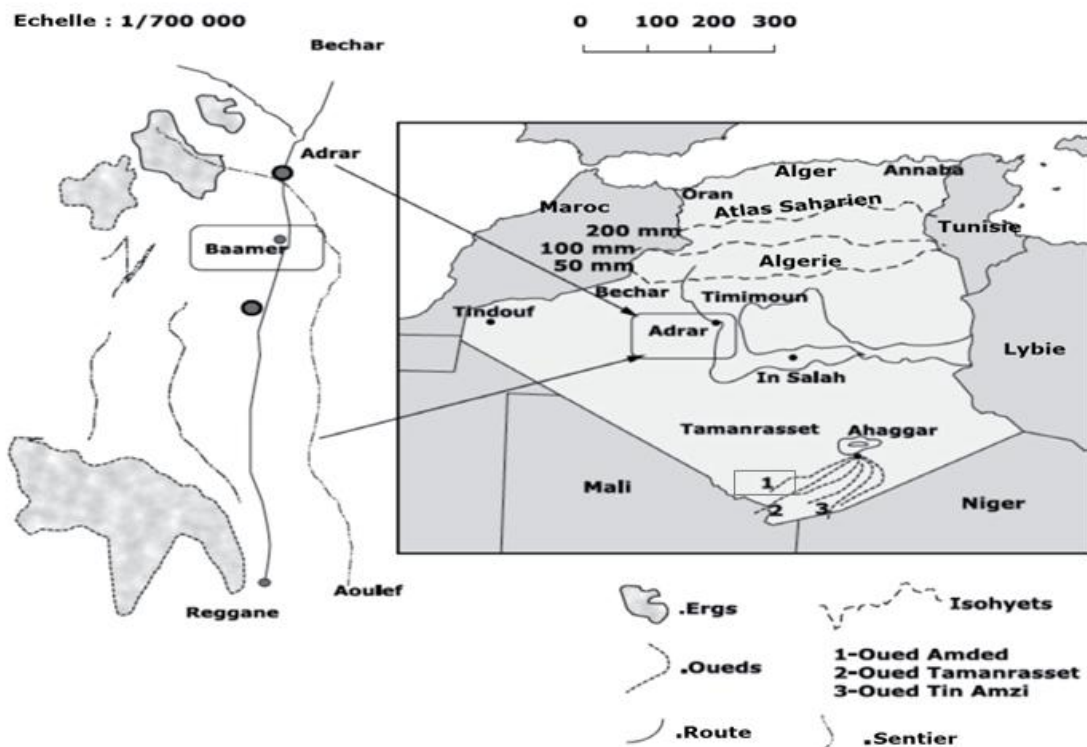


Figure 09 : Situation géographique des deux stations d'études (Carte établie par Dubost, 1991)
Les cadres indiquent la position des deux stations

3- Technique de prélèvement des plantes et estimation du recouvrement végétal :

Une aire d'échantillonnage de 500m² a été délimitée. Dans cette aire, un dénombrement et un prélèvement de plantes présentes dans chaque carré de 0,25m² pris 10 fois aléatoirement ont été effectués à Baamor de 1993 à 2004.

I.I. Présentation des différents matériels biologiques utilisés aux laboratoires

1- *Schistocerca gregaria*

1.1. Elevage intensif du criquet pèlerin :

Les individus du criquet pèlerin sont élevés dans des cages parallépipédique 120x45x56 de volume (Figure, 10). Les larves, obtenues après éclosion, sont placées dans des petites cages.

(A) Cage d'élevage des adultes de *Schistocerca gregaria*



(B) Cage d'élevage des larves de *Schistocerca gregaria*



Figure 10 : Elevage intensif des populations de *S gregaria* aux laboratoires

Ces dernières sont munies de portes coulissantes en plastique transparentes, dans lesquelles sont placés des pondoirs contenant du sable humide. Les conditions optimales nécessaires au développement et à la reproduction des criquets sont principalement : à une photopériode de 12 heures grâce à une source de lumière (une lampe) qui alimente les cages.

- ❖ Une humidité relative comprise entre 50 à 70% grâce à du coton imbibé d'eau introduit dans des boîtes de Pétri.
- ❖ Une température variant entre 25°C et 33° C par l'utilisation d'un chauffage électrique.

Ces criquets sont nourris quotidiennement par des apports en gazon ou laitue, accompagnée toujours de son de blé pour sa richesse protéique.

L'entretien de cet élevage est assuré par un certain nombre d'interventions quotidiennes, à savoir le renouvellement de la nourriture, le nettoyage de la cage, l'élimination des déchets et des criquets morts. Il est à noter que nos élevages sont menés sur les imagos de *S. gregaria* dans le département d'acridologie de l'Institut National de la protection des végétaux.

2- Les souris :

Les souris sont réparties dans des cages de dimensions 56cm x 22cm x 20cm. L'alimentation des souris est quotidienne, elle est à base de graines de maïs concassées et roulées en tubules. L'apport d'eau est réalisé à l'aide de biberon en verre avec une tête métallique. Une moyenne de 60 individus mâles de souris est utilisée pour la totalité des analyses. Le nettoyage des cages consiste au changement de la sciure des cages quotidiennement. Les cages sont placées dans un endroit aéré à température ambiante et un éclairage de 10 heures par jour (Figure 11).



Figure 11 : Elevage de populations de souris

3- Matériel fongique :

3.1- présentation des souches fongiques étudiées :

Deux espèces du genre *Metarhizium* ont été utilisées : *anisopliae* et *flavoviride*.

Deux isolats de *M. anisopliae* selon leur provenance ont été étudiés :

- ❖ Une première souche (M.A.1) provenait du département de Biologie de l'université de Boumerdes. C'est une espèce isolée d'un criquet pèlerin capturé dans la région d'Adrar. (Isolat Algérien).
- ❖ La deuxième souche (M.A.2) obtenue au département de la lutte antiacridien de l'Institut National de la protection des végétaux (I.N.P.V) par centrifugation de la suspension huileuse en spores de « Green muscle » avec la précipitation de la masse en spores de *M. anisopliae*.

La deuxième espèce représentée par *M. flavoviride*, une souche provenant de laboratoire de l'université Darmstadt en Allemagne. Cette souche a été isolée à partir de *Locusta migratoria* à Madagascar. Une fois conservé et repiqué, l'entomopathogène est réensemencé à nouveau sur milieu nutritif.

4- Le matériel végétal

Les parties végétales utilisées dans le cadre de notre travail pour les deux plantes étudiées sont les grains et les feuilles pour le cas du Margousier *Melia azedarach* et uniquement les feuilles pour le cas du faux poivrier *Schinus molle*. Les différents organes des deux plantes ont été récoltés dans l'enceinte de l'université Saad Dahleb au mois d'Octobre.

III. Evaluation du statut phasaire des populations mâles et femelles de *S. gregaria* à Adrar et à Tamanrasset :

1. Technique d'échantillonnage des individus de *S. gregaria* :

L'évolution du polymorphisme phasaire est estimée à partir des mensurations morphométriques relevées sur les individus échantillonnés durant la période d'étude. Les mensurations ont porté sur la longueur de l'élytre (E), la longueur du fémur postérieur (F) et la largeur de la capsule céphalique (C), ainsi que les rapports E/F et F/C, Dirsh (1953), Duranton et Lecoq (1990) et Breuer et al, (2003). Les mensurations ont été effectuées sur un total de 784 imagos soit 392 individus pour chacune des deux stations, répartis en 196 mâles et 196 femelles. L'analyse de ces paramètres a été réalisée sur sept années réparties en saison sèche et saison humide, afin de comparer l'évolution saisonnière des populations.

IV. Technique d'Evaluation du régime alimentaire des populations mâles du criquet pèlerin à Adrar

1- Montage et quantification des épidermes végétaux :

Une épidermothèque de référence a été établie pour chaque plante inventoriée et identifiée selon la technique de Butet, (1985) présente dans la figure (12).

2- Montage et quantification des fèces

Un montage des fèces a été effectué selon la technique utilisée dans le montage des épidermes de références. Une comparaison entre les épidermes des végétaux et ceux des fèces a été effectuée pour l'identification des différentes plantes consommées par les populations de criquet pèlerin (Figure 12).

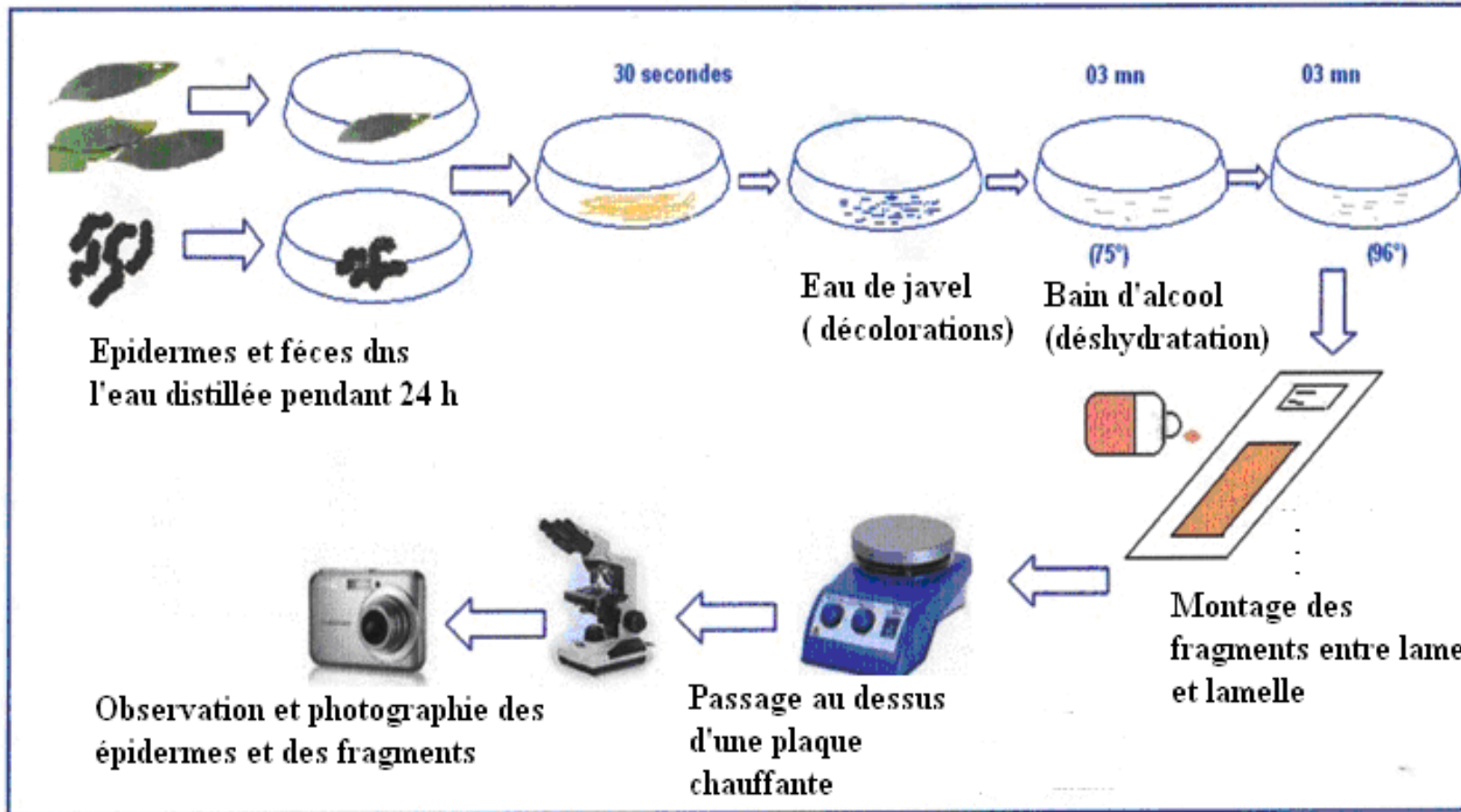


Figure 12 : Traitement et analyses des épidermes de références et des fèces

V. Techniques d'isolement et de multiplications des mycètes étudiés.

1- Culture et production de *M. anisoplie* et *M. flavoviride*.

a- Isolement des souches fongiques :

L'isolement de nos deux souches a été effectué sur un criquet pèlerin infecté par les champignons. Les individus contaminés par ces champignons sont placés sur du coton dans une boîte de Pétri. Au bout de quelques jours, nous prélevons un fragment du corps de l'insecte et nous le plaçons sur le milieu de culture (PDA) dans une étuve à 25° C en condition aussi stérile que possible. Au bout de quelque temps à l'aide d'un explantât, nous transférons quelques spores sur le milieu (PDA) pour sa fructification. Dans notre cas, la prolifération et la multiplication du champignon a toujours été réalisée sur le milieu PDA (Potatos Dexton Agar). Ce type de milieu présente une particularité qui est la présence de l'amidon dans lequel ce genre de champignon se développe bien et rapidement.

b- Multiplication des mycètes étudiés :

La multiplication consiste à l'obtention de souche pure pour nos deux entomopathogènes. La multiplication débute par la stérilisation des milieux de culture à l'aide d'un autoclave, suivie par un écoulement des milieux de culture dans des boîtes de Pétri stériles à moitié remplies de milieu nutritif. Les boîtesensemencées sont mises sous une hotte pendant 14 à 48 heures pour que le milieu de culture se solidifie d'une part et jusqu'à ce que le couvercle de la boîte de Pétri ne contienne plus de gouttelettes d'eau d'autre part. Les deux entomopathogènes sontensemencés dans des boîtes de Pétri isolement à l'aide d'un explantât stérile. Les boîtes sont fermées hermétiquement par du parafilm. Chaque champignon étudié a été incubé à une température spécifique. Pour le cas de *M. anisoplie* sa température d'incubation est de 25°. Pour *M. flavoviride* son incubation a été réalisée à 30°C, pendant une durée d'une semaine à 10 jours. Touts ces opérations sont effectuées dans un milieu stérile devant un bec benzène sous une hotte pour éviter toute sorte de contamination.

VI. Traitements préliminaires effectués sur les différents végétaux récoltés :

Deux kilogrammes de feuilles de chaque plante sont mises dans des conditions de séchage à l'abri de la lumière et de l'humidité, à une température variant entre 25° et 30° C, en couche mince pendant trois semaines. Les feuilles et les graines séchées sont broyées à l'aide d'un mortier et d'un pilon. Une poudre plus ou moins fine est obtenue. 1 250 grammes de grains et 900 grammes de feuilles broyées de margoussier et 1 230g de feuilles de faux poivrier ont été pesées. Ce qui constitue le matériel végétal prêt à être soumis à l'extraction des huiles végétales.

1- Extraction des huiles essentielle de *Melia azedarach* et de *Schinus molle* :

La méthode utilisée dans l'extraction des huiles essentielles de margoussier et du faux poivrier est l'extraction par le Soxhlet.

a- Principe de Soxhlet :

Le corps de l'extracteur Soxhlet contenant une cartouche remplie de solide est fixé sur un réservoir de solvant (ballon) et est surmonté d'un réfrigérant. Le solvant est vaporisé puis condensé et reste en contact avec le solide. La solution est sous titrée périodiquement par l'amorçage d'un siphon. La solution du ballon s'enrichit petit à petit en soluté et le solide est toujours mis en contact avec le solvant distillé (Lucchesi, 2005). (Figure 13).

b- Mode opératoire :

Nous avons utilisé la méthode proposée par Wolff (1968). Une cartouche en papier filtre est remplie de 40 grammes de matière végétale, puis introduite dans le cylindre en verre de l'extracteur le Soxhlet (200ml) munie d'un adaptateur et d'un réfrigérant à bulle. Ce montage est placé sur un ballon de 500 ml contenant 350 ml de cyclohexane et maintenu à la température d'ébullition. Par chauffage la vapeur

du solvant monte dans le tube de l'extracteur se condense au niveau du réfrigérant à eau et tombe dans le cylindre de verre contenant la cartouche poreuse. Le solvant baigne le solide qui se trouve dans la cartouche et se charge en composé le plus soluble. Lorsque le niveau du solvant liquide atteint le sommet du siphon, la cartouche se vide et le solvant redescend dans le ballon. Le composé le plus soluble dans le solvant est donc progressivement concentré dans le ballon. Après dix siphonages en moyenne, la matière végétale est épuisée et l'expérience est interrompue. La substance extraite est filtrée et débarrassée du solvant par passage au rota vapeur et l'huile est enfin récupérée.

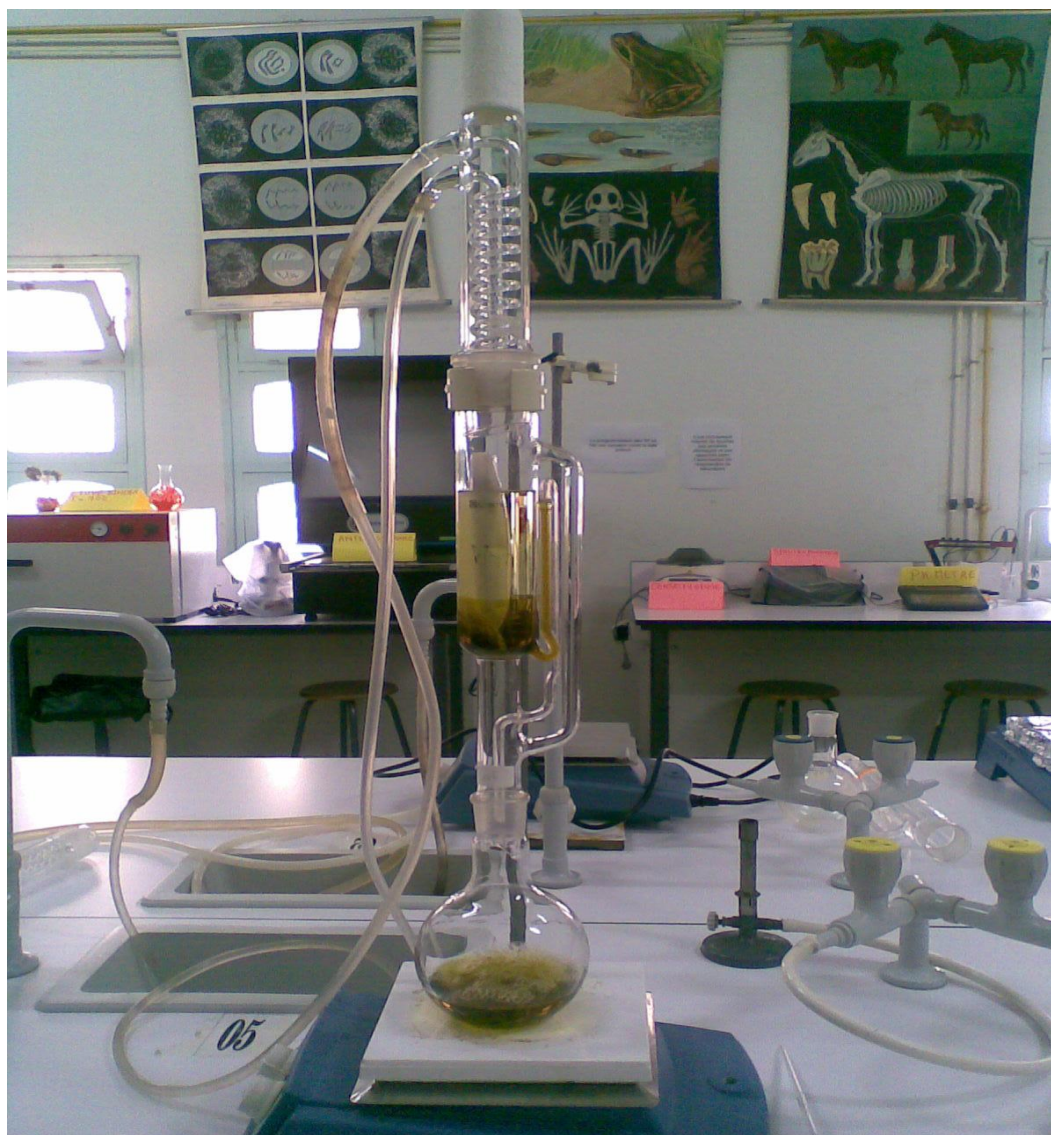


Figure 13 : Photos du Soxhlet utilisé dans l'extraction des huiles essentielles

VII- Impact des milieux de culture, la température et l'humidité sur quelques caractères biologiques de *M. anisoplaie* et *M. flavoviride* :

1- Choix des milieux de culture :

Pour toutes les espèces fongiques, le milieu dépend des exigences nutritionnelles du champignon (Neeagrads, 1979 in Halouane, 1997). Notre choix s'est porté sur trois milieux de culture qui sont Potatos, Dexton, Agar (PDA), gélose à base d'oxytetracycline (O.G.A) gélose Sabourau, et Gélose Desoxylactose Saccharose (DCLS). La composition des milieux de culture (Annexe I).

2- Choix des températures :

Trois températures, selon la bibliographie des deux champignons, ont été sélectionnées à savoir 35° C, 30° C et 25° C.

3- Choix des différentes humidités testées :

Deux méthodes ont été utilisées pour la mesure de l'humidité où la pression d'eau exercée sur les deux espèces fongiques testées.

a- *Metarhizium anisoplaie* :

La mise en évidence de l'activité de l'eau sur l'entomopathogène est effectuée selon la méthode de Muginie et Jung (1985) in Halouane (2007). Différentes quantités de glycérol ont été prises à savoir 60,6g, 55,36, 44,9, 35,21g, 20,29 et 60,04 g à chaque quantité en ajoute 3,9g de PDA dans 10ml d'eau distillée.

D'après cet auteur les quantités de glycérol ajoutées donnent des activités d'eau de 0,75, 0,80, 0,85, 0,90, 0,95, 0,99.

Six flacons ont été préparés dans chacun des flacons, nous avons préparé les solutions suivantes :

- Flacon 1 : (3,9g PDA+100ml de H₂O) + 60,6g de glycérol.
- Flacon 2 : (3,9g PDA+100ml de H₂O) + 55,36g de glycérol.
- Flacon 3 : (3,9g PDA+100ml de H₂O) + 46,9g de glycérol.
- Flacon 4 : (3,9g PDA+100ml de H₂O) + 35,28g de glycérol.
- Flacon 5 : (3,9g PDA+100ml de H₂O) + 20,29g de glycérol.
- Flacon 6 : (3,9g PDA+100ml de H₂O) + 6,04g de glycerol.

Les six flacons préparés sont agités et autoclavés pendant 20 minutes à 120°C. Après refroidissement des flacons, 1 ml de solution du milieu de chacun des deux champignons âgés de 15 jours sont ensemencés séparément dans des boîtes de Pétri contenant les solutions des six flacons préparés. La concentration de chaque boîte est évaluée après 15 jours d'incubation à 30°C à l'aide de la cellule de Mallassez.

b- *Metarhizium flavoviride* :

Des boîtes de Pétri contenant de la gélose nutritive (GN) et gélose desoxy lactose saccharose (DCLS) portant les disques mycéliens de *Metarhizium flavoviride*. Après ensemencement ces boîtes de Pétri sont placées dans des dessiccateurs contenant des solutions d'acide sulfurique et de l'eau distillée à différents volumes (Johnston et Boute, 1983 in SDKI, 1996). Les dessiccateurs sont fermés hermétiquement par couche de graisse végétale pour empêcher l'entrée de l'air qui pourrait modifier l'humidité relative qui règne dans le dessiccateur. Nous laissons incubé pendant 14 jours à température ambiante.

Dans cette étude, nous avons choisi trois taux d'humidité qui se rapprochent du seuil du développement du champignon. Ces taux sont 85%, 70% et 65%, avec trois répétitions pour chaque taux choisi. Les volumes des deux solutions d'eau et acide sulfurique choisie sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Pourcentage d'humidité en fonction de la teneur en acide sulfurique et eau.

Humidité %	Acide sulfurique (ml)	Eau distillée (ml)
85%	25	85
70%	30	70
65%	35	65

4. Influence de ces paramètres physicochimiques sur la biotechnologie des deux champignons testés :

Trois paramètres biologiques ont été étudiés sur les deux *Metarhizium* à savoir :

- ❖ la croissance mycélienne
- ❖ la croissance pondérale
- ❖ la sporulation.

4.1-Mesure de la croissance mycélium du champignon :

La croissance du mycélium est évaluée par la mesure du diamètre de la colonie en fonction du temps à l'aide d'un papier millimétré. Un explantât calibré à 18 mm de diamètre correspondant à la souche est ensemencé au centre des boîtes de Pétri contenant les milieux retenus.

Tous les trois jours pendant 15 jours, le diamètre de l'explantât est mesurée jusqu'à ce que le mycélium envahisse la totalité des boîtes de Pétri). La mesure du diamètre de la colonie permet de détecter la croissance qui est donnée par la formule suivante (Rapilly, 1968)

$$L = (D - d) / 2.$$

L : croissance linéaire en mm.

D : diamètre de la colonie en mm.

d : diamètre initiale de l'explantât.

4.2- Mesure de la croissance pondérale :

La croissance pondérale est évaluée par pesage des boîtes de Pétri à vide sans culture au préalable, après ensemencement des deux entomopathogènes séparément. Les boîtes de Pétri sont pesées chaque trois jours pendant 15 jours.

4.3 - La sporulation :

La sporulation est évaluée pour chaque milieu et aux différentes températures, le procédé de cette méthode consiste à gratter le contenu des boîtes de Pétri âgé de 15 jours à l'aide d'une spatule stérile dans des erlenmeyers contenant 25 ml d'eau distillée stérile. Ces derniers sont agités pendant 10 minutes pour une meilleure libération des spores. Après filtration de la suspension avec un papier filtre, on procède à l'évaluation des différentes concentrations de cette suspension à l'aide d'une cellule de Mallassez sous microscope optique (grossissement x 40).

Pour cela on utilise la relation suivante :

Le nombre de spores comptées

$$\text{Spores / } \mu\text{l} = \frac{\text{Le nombre de spores comptées}}{\text{Surface (mm}^2\text{) X profondeur (mm) X dilution}}$$

Les caractéristiques de la cellule de Malassez

Profondeur : 2 mm²

Surface : 5 mm².

5-Effet de l'ultra violet proche ou near ultra violet sur les paramètres biologiques :

Cette technique a été étudiée uniquement sur *M. flavoviride*. L'essai a été réparti en 2 lots : un lot témoin et un lot traité par (Near ultra-violet). Le lot témoin est constitué de boîtes contenant la souche sans exposition à l' N.U.V. Le lot traité est composé de boîte contenant la souche ayant subi une exposition à l'N.U.V à une de durée de 4 heures, 24 heures et 4 jours.

VIII .Evaluation des caractéristiques physicochimiques et organoleptiques des deux huiles essentielles extraites :

1- Etude analytique :

Chaque huile essentielle est caractérisée par des constantes physico-chimique qui servent d'indice de qualité et permettent de donner une idée sur la composition des huiles essentielles .Une étude qualitative et comparative est entreprise, afin d'évaluer sa conformité aux normes internationales établies par les organismes de normalisation tel que : « l'association française de normalisation » (AFNOR) ou « organisateur standard international » (ISO).

1.1- Analyse des constantes physico-chimiques

Les normes d'AFNOR définissent deux types d'indice :

- ❖ Indice physique
- ❖ Indice chimique

a-Indice physique :

a₁- La densité relative (D₂₀) :(AFNOR NFT 75-111) :

La Densité relative à 20°C d'une huile essentielle est le rapport entre la masse d'un certain volume d'huile essentielle à 20°C et la masse d'un volume égale d'eau distillée à 20°C .Sa formule est :

20

$$D_{20} = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0}$$

20

M₁ = masse en gramme d'eau distillée

M₂ =masse en gramme d'huile essentielle

a₁-Indice de réfraction à 20°C (AFNOR NET 75-112)

Cet indice est déterminé par la lecture à l'aide d'un réfractomètre par l'utilisation de la lumière diffusée du jour, elle est donnée par l'expression.

$$n_{\Delta}^t = n_{\Delta}^{t'} + 0,0004 \times (t+t')$$

Ou :

n_Δ : valeur de lecture obtenue à température t' à laquelle la détermination a été effectuée.

t' : température à laquelle l'analyse a été effectuée.

t : température de référence.

L'indice de réfraction est le rapport entre le sinus d'angle d'indice, et celui du rayon lumineux de longueur d'onde déterminée.

❖ Mode opératoire

Le produit est placé à l'aide d'une pipette dans la cellule de mesure du réfractomètre (Figure 14) jusqu'au trait de signal. La cellule est fermée à l'aide d'un couvercle. La stabilisation du réfractomètre est obtenue à la température de 20°C en appuyant sur le bouton mesure pendant 15 secondes.



Figure 14 : Le Réfractomètre (photo originale)

a₃- Pouvoir rotatoire :

Le pouvoir rotatoire est une propriété que présentent certaines substances à dévier la lumière polarisée. L'angle de rotation optique d'un liquide est l'angle de rotation exprimé en °C du plan de polarisation à la longueur d'onde λ de la raie Δ du sodium. (Avec $\lambda = 589,3$ nm) mesurée à 20°C sous une épaisseur de 1 décimètre.

❖ Mode opératoire :

L'échantillon à analyser est amené à une température spécifique (20°C), et introduit dans le tube en s'assurant qu'il ne reste aucune bulle d'air interposée. Ce dernier est placé dans le polarimètre. La lecture de l'angle de rotation dextrogyre (+) et lévogyre (-) de l'échantillon est réalisée sur l'échelle de l'appareil.

❖ Le pouvoir rotatoire est calculé selon la formule suivante :

$$a_{\Delta} = \frac{25}{L} \times X \quad (A/L)$$

Avec :

A : rotation en degrés(°)

L : longueur de la cellule en décimètre (L=0,1).

b-.Indices chimiques :

b₁-Indice d'acidité

L'indice d'acidité est le nombre qui exprime en milligramme la quantité d'hydroxyde de potassium nécessaire à la neutralisation des acides libres présents dans un gramme de substance.

❖ Mode opératoire :

10g d'échantillon à analyser sont dissouts dans 50ml de mélanges égaux d'alcool et d'éther, après neutralisation du solvant par l'hydroxyde de potassium 0,1M, en présence de 0,5ml de solution de phénolphaléine. Après la dissolution, un titrage est réalisé à l'hydroxyde de potassium 0,1M jusqu'au virement de la couleur en rose.

L'indice d'acidité (IA) est exprimé selon la formule suivante :

$$IA = 5,61 \times n/m.$$

n : volume de KOH, 0,1M consommé

m : la masse de substance à examiner

(Pharmacopée Européenne, 2001)

Nous avons adapté les mesures en fonction des quantités d'huiles essentielles disponibles. Pour nos huiles essentielles 1,008g de feuilles ont été prises pour un volume de KOH consommé de 0,024ml.

b₂- Indice de saponification (Is):

L'indice de saponification est le nombre qui exprime en milligrammes la quantité d'hydroxyde de potassium nécessaire à la neutralisation des acides libres et la saponification des esters présents dans un gramme de substance.

❖ Mode opératoire :

Afin d'évaluer l'indice de saponification de nos deux huiles essentielles nous avons suivi le mode opératoire suivant.

Dans une fiole de 250ml de verre borosilicaté et munie d'un réfrigérant à reflux, une quantité d'échantillon testé (mg) est introduite avec 25 ml d'hydroxyde de potassium alcoolique à 0,5M avec quelques billes de verre. La fiole contenant les solutions est placée au dessus d'un réfrigérant à reflux pendant 30 minutes. 1ml de solution de phénolphaléine est ajouté par la suite suivie par un titrage à l'acide chlorhydrique à 0,5M (N1 ml d'acide chlorhydrique 0,5M). Un essai à blanc est effectué afin d'évaluer et de comparer les résultats obtenus avec les deux huiles testées dans les mêmes conditions

L'indice de saponification (Is) est exprimé selon la formule suivante :

$$Is = 28,05(N2 - N1) / m$$

D'où

m : masse de la substance en mg

(Pharmacopée européenne ,2001)

b₃-Indice d'estérification (IE) :

L'indice d'ester est le nombre qui exprime en milligrammes la quantité d'hydroxyde de potassium nécessaire à la neutralisation des acides libérés par hydrolyse des esters contenus dans 1g d'huile essentielle.

Il est calculé à partir de l'indice de saponification (IS) et l'indice d'acide (IA)

$$IE = IS - IA$$

(Pharmacopée européenne ,2001)

b₄- Miscibilité à l'éthanol :

Une huile est dite soluble dans 1n de volume ou plus d'alcool, si la solution limpide dans n volume demeure limpide comparée à l'huile essentielle non diluée, après addition progressive de nouvelle quantité d'alcool de même titre jusqu'à concurrence de 20 volumes d'alcool (avec une température de 20°C)

(Pharmacopée européenne ,2001)

IX. Action de *M. anisoplaie* et *M. flavoviride* sur les paramètres biologiques de *Schistocerca gregaria* :

Le traitement est effectué aussitôt que les concentrations sont évaluées. Pour notre cas trois concentrations sont retenues $7,80 \times 10^7$ spores /ml et $3,58 \times 10^6$ spores /ml et $6,75 \times 10^4$ spores /ml. Nous avons choisi la technique de traitement par ingestion. Ce mode est préconisé par divers auteurs et constitue une voie préférentielle et habituelle pour chaque entomopathogène en lutte biologique. Pour chaque concentration de chaque souche, nous avons utilisé un nombre total de 20 individus répartis en 8 témoins et 12 individus traités placés dans deux bacs différents, un bac pour les témoins et un bac pour les traités.

1- Analyse spectrophotométrique des protéines hémolympatiques des adultes de *Schistocerca gregaria* traité par les deux entomopathogènes :

Les dosages des concentrations des protéines totales hémolympatiques ont été réalisés suivant la méthode de Bradford pour *M. flavoviride* et selon la méthode de Biuret pour *M. anisoplaie*

a- Méthode de Bradford (1976)

❖ Principe de la méthode : C'est une méthode basée sur la réalisation d'une courbe d'étalonnage de la solution mère de nature protéique connue à savoir : Albumine de sérum de bœufs (B.S.A.). Six échantillons sont réalisés à concentration variant de 0,01 à 0,08 mg/ml. Des dilutions sont réalisées, par la suite on ajoute dans chaque tube à essai 5ml de réactif de Bradford. On agite pendant une heure et à l'aide d'un spectrophotomètre réglé à 595 nm on mesure les absorbances (DO).

b- La méthode de Biuret

❖ C'est une méthode basée sur la réduction du cuivre Cu^{+2} en Cu^+ réagit avec le tryptophane (Trp, W), la tyrosine (Tyr, Y) et la Cystéine (Sys, C).

Elle est spécifiquement utilisée dans la quantification des protéines. Les acides aminés en contact avec la solution cuivrée, donner à la solution protéique une couleur bleue. Le pic d'absorption pour un test du Biuret est à 550nm.

2- Analyse spectrophotométrique des protéines hémolympatiques des individus de *S. gregaria* infectés par *M. flavoviride* traités aux ultra-violets proches :

Les concentrations de l'hémolymphe des individus traités ont été établies par la méthode de Lowry, 1950 in Bouhacein, 1999).

2.1 Préparation des solutions :

Selon les compositions suivantes :

4 solutions sont préparées :

- ❖ Solution A : 2% $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ dans 0,8 N de NaOH ce qui donne 2g de $\text{Na}_2 \text{CO}_3$. 4g de NaOH sont dissouts dans 1 litre d'eau distillée. Nous obtenons une solution de NaOH à 0.1N. 100ml de cette dernière solution sont préparés dans lequel on dissout les 2g de Na_2CO_3 .
- ❖ Solution B : Naktartrate 0,5%, 0,5g de ce produit sont pris que l'on dissout dans 100ml d'eau distillée dans une fiole.
- ❖ Solution C : CuSO_4 à 5% correspond à 5g de ce produit que l'on dissout dans 100ml d'eau distillée dans une fiole.
- ❖ Solution D : c'est un mélange qui se compose de :
 - 100ml de la solution A
 - 1 ml de la solution B

- 1ml de la solution C.

Il est préférable de mélanger les 1ml des solutions B et C, ensuite on ajoute la solution A, le mélange est homogénéisé par agitation.

a- Préparation de la solution protéique

A l'aide d'une épingle entomologique stérilisée au bec benzène et refroidie dans de l'alcool, on pique l'insecte. Au contact des tubes appendorf l'hémolymphe monte par capillarité. On prélève 10ul d'hémolymphe que l'on dilue dans 0,5ml d'eau distillée.

b - Solution à analyser :

0,5ml de la solution protéique est prélevée à laquelle on lui ajoute 5ml de la solution D. Ce mélange reste au repos pendant 10 à 15 minutes puis on ajoute 0,5ml de folin après 30 à 60 minutes à température ambiante. La lecture des absorbances est réalisée à la spectrophotométrie. L'addition du réactif de folin est à la longueur d'onde d'environ 660 nm.

c- Etablissement de la courbe de référence :

L'établissement de cette courbe nécessite une protéine standard. Dans notre cas nous avons choisi l'albumine sérum de bœuf (B.S.A). 0,01g de BSA sont prélevés suivie par des dilutions à moitié dans 1ml d'eau distillée selon le protocole suivant :

0,01g de BSA sont dissouts dans 1ml d'eau distillée, 0,5ml de cette solution sont prélevés à laquelle on ajoute 0,5ml d'eau distillée dans un tube de 1,5ml. Cette dilution réduit la concentration à moitié. Plusieurs dilutions sont réalisées jusqu'à l'obtention de faibles concentrations de l'ordre de 4g/ml. Cinq dilutions à moitié sont réalisées pour l'établissement de notre courbe.

d- Analyse au spectrophotomètre :

Le spectrophotomètre est réglé à la longueur d'onde voulue, et calibré avec la solution étalon choisie à savoir l'eau distillée dans notre cas. La cuve du spectrophotomètre est remplie au 2/3, cette cuve possède des faces sombres et des faces claires. La cuve est placée dans l'appareil de telle sorte que les faces claires soient dans le sens de la trajectoire du faisceau lumineux. La cuve doit être tenue uniquement au niveau de ces faces sombres.

.3- Dosage des glucides hémolympatique :

Des glucides dans l'hémolymphe de *S. gregaria* témoin et traité sont dosés selon la technique de Meokraash, (1954) modifiée par Duchatsanet Frokim (1959) in Habbes (1981).

a- Solution hémolympatique à analyser :

1µl d'hémolymphe sont prélevés dans lequel on ajoute 4ml de réactif d'Anthrone. Après agitation, les tubes à essais sont portés dans un bain Marié à 80°C pendant 15minutes. Après refroidissement à l'eau glacée pendant 5 minutes, les absorbances sont mesurés dans un spectrophotomètre de 6 Bekman à 620 nm avec comme standard le glucose.

**X- Evaluation de l'effet de *M.flavoviride* traité à l'ultra violet proche
Sur les paramètres biologiques du criquet pèlerin.**

1. Effet sur l'hémogramme :

1.1-Dispositif expérimental :

Un échantillon de 16 individus adultes mâles et femelles est réparti en 4 lots (Figure 15)

Chaque lot contient 4 individus ayant subi le traitement suivant :

- ❖ Premier lot (N°1) : individus pulvérisés par une solution de *M. flavoviride* exposée aux N.U.V. durant 4 heures.
- ❖ Deuxième lot (N°2) : individus pulvérisés par une solution de *M. flavoviride* exposée aux N.U.V. durant 24 heures.
- ❖ Troisième lot (N°3) : individus traités par une solution de *M. flavoviride* exposée aux N.U.V. durant 4 jours.
- ❖ Quatrième lot (N°4) : individus témoins pulvérisés par une solution de *M. flavoviride* exposée aux N.U.V.

1.2- Réalisation du frottis sanguin :

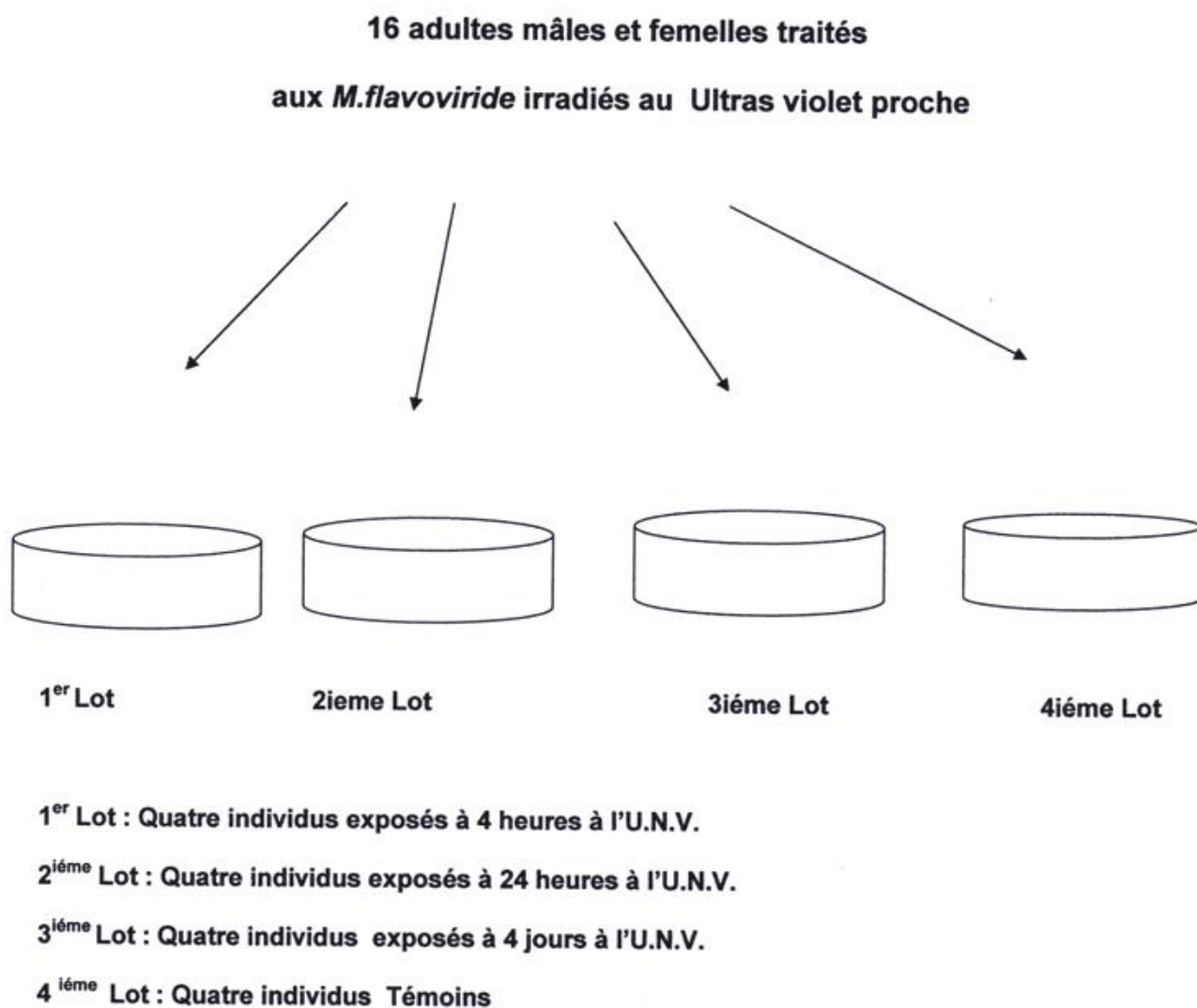
3 à 5µl d'hémolymphe sont prélevés sur les adultes à l'aide d'une micropipette entre la patte postérieure et le Thorax (Mahmat et al, 1997 in Coulibaly 2002). Le volume prélevé est étalé en couche mince sur une lame, séchée à l'air libre. 200 gouttes d'éosine sont déposées pendant 3 minutes, avec quelques gouttes d'eau distillée sur la lame, un rinçage est effectué pour l'élimination de l'excès de colorant et de l'eau. Nous terminons l'opération avec 40 gouttes de Giemsa sur la lame pendant 10 minutes et un rinçage avec de l'eau de robinet. Après séchage de la lame à l'air nous réalisons le montage entre lame et lamelle selon la méthode de Guzo et Stoltz, (1987) in Habbes (1989)

2. Effet sur le développement Ovarien des femelles de *Schistocerca gregaria*

L'évolution de l'impact de l'entomopathogène irradié sur le développement ovarien a été estimée au niveau de l'état et le nombre d'ovarioles produits chez les femelles adultes témoins et traitées par la solution de champignon irradié.

2.1. Principe de la dissection :

Après la mise à mort par le chloroforme, la tête des individus est coupée, le corps est ensuite amputé des pattes et des ailes. Une ouverture abdominale est pratiquée sur le plan dorsal, après avoir écarté les deux bords tégumentaires. Les oviductes et le ligament suspenseur sont coupés. Le tube digestif est détaché avec précaution du réseau dense de trachées et trachéale. Les deux ovaires sont déposés dans des coupelles en verre contenant de l'eau physiologique pour éviter le dessèchement des organes (Figure 16). Les deux ovaires sont séparés et le diamètre des ovarioles est mesuré à l'aide d'un papier millimètre dans les deux ovaires avec leur dénombrement.



*Figure 15 : Répartition des lots d'individus traités au *M. flavoviride* à différent temps d'irradiation aux ultraviolet proche*

XI. Effet de *M. anisoplie* et *M. flavoviride* sur l'histologie de la cuticule et les différentes parties du tube digestif du criquet pèlerin :

1- Prélèvements des échantillons :

Suivant la ligne médiodorsale, la cuticule est incisée et dégagée, en prenant soin de ne pas abîmer les organes en place, et à l'aide d'une pince fine et de petits ciseaux on prélève les organes ciblés à savoir le tube digestif.

2- Traitement des échantillons :

Les organes ciblés sont placés séparément dans des cassettes en plastique et plongée dans du formol à 10%, portant les informations de reconnaissance, à savoir l'organe disséqué, le stade de l'insecte, la date de dissection et l'espèce du champignon. Ces échantillons suivent les différentes étapes de l'histotechnie (Figure 17)

XII Action des huiles de graines et extraits des feuilles de *Melia azedarach* et *Schinus molle* sur quelques paramètres biologiques de *S. gregaria* :

1- Evaluation des DL50 des individus traités aux grains et aux extraits de feuilles de *Melia azedarach* et faux poivrier :

a- Dispositif expérimental :

Une population de 20 individus de criquet pèlerin a été répartie en deux lots avec deux répétitions pour chaque lot suivant le protocole ci-dessus :

- ❖ Premier lot traité à la dose S₁ composée d'huile essentielle de *Melia azedarach* à une dose de 1000 ppm, avec deux répétitions.
- ❖ Deuxième lot traité à la dose S₂ composée d'huile essentielle (HE) de *Schinus molle* à une dose de 1000ppm, avec 2 répétitions.

b- Traitement :

Le traitement est réalisé par pulvérisation sur l'aliment choisi à savoir le chou ou la laitue après un jeûne de 24 heures.

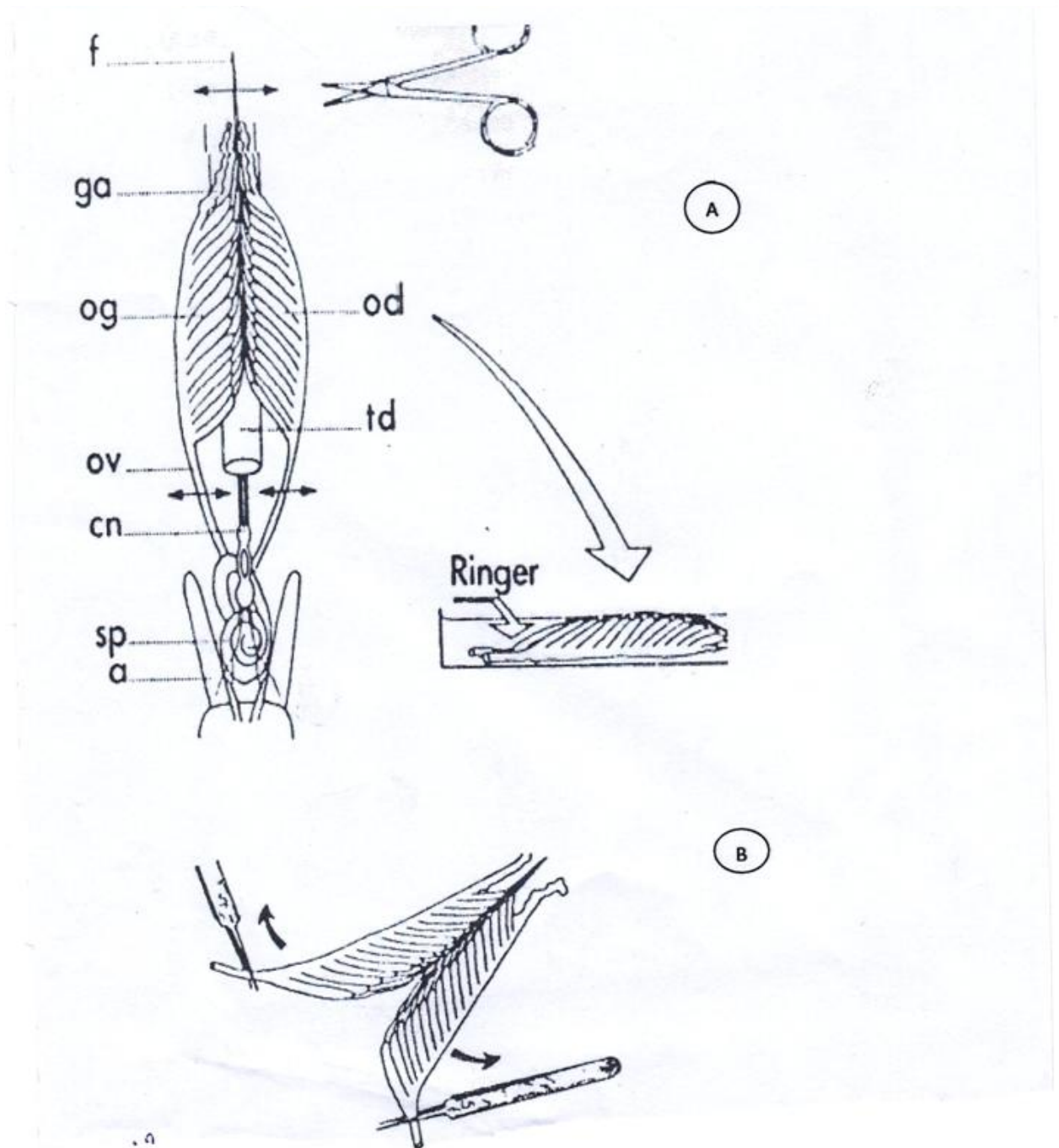
c- Détermination du taux de mortalité :

On procède à un comptage journalier cumulé des individus morts du début jusqu'à la fin de l'expérience.

XIII .Formulation de bio pesticide à base des différents matériels biologiques étudiés :

1- Dispositif expérimental :

D'après Greathed et Prior (1990), les champignons entomopathogènes se révèlent plus efficaces contre les criquets, lorsqu'ils sont formulés dans des formulations huileuses. Plusieurs formulations ont été préparées à base d'un microorganisme *Metarhizium anisopliae* et les deux huiles essentielles étudiées à savoir : *Melia azedarach* et *Schinus molle*.



f : filament suspenseur , **og**: ovariole gauche , **od** : ovariole droite , **ov** : oviducte latéral, **cn** : canal de la spermathèque, , **ga**: glandes accessoires, **sp** : spermathèque, , **a** : vagin,

Figure 16 : Structure de l'appareil génital femelle de *S. gregaria* (A) et principe de dissection (B)(Albrecht, 1967)

2- Essai de formulation de bio pesticide à base de *M. anisopliae*, *Melia azedarach* et faux poivrier :

Trois concentrations différentes ont été choisies pour chacune des deux huiles utilisées, les concentrations sont établies dans le tableau suivant :

3- Evaluation de la dose létale à 50% d'individu (DL50) de *Schistocerca gregaria* :

a- Protocole expérimental :

65 individus adultes de criquets pèlerin ont été répartis en deux lots avec deux répétitions (R1, R2) selon le tableau suivant :

Tableau 9 : Répartition des lots d'individus adultes de *Schistocerca gregaria* en fonction des différentes formulations

Lots	Témoins	Les formulations											
		S1		S2		S1a		S2a		S1b		S2b	
		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Individus	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

S1 : Huiles essentielles de *Melia azedarach* , S2 , huiles essentielles de *Schinus molle* , S1a, 250 ppm d'huile de *M.azedarach* et 10^5 spores/ml de *M.anisopliae* , S2a , 400 pm de l'huile de *Schinus molle* et 10^5 spores/ml de *M.anisopliae* ; S1b , 400ppm de *M.azedarach* et 10^5 spores/ml de *M.anisopliae* ; S2b , 400ppm de *Schinus molle* et 10^5 spores/ml de *M.anisopliae* . R1 et R1 ; répétitions

XIV. Evaluation de la toxicité des deux types de biopesticides formulé sur quelque paramètre biologique de souris :

1. Elevage de mise en forme des souris :

Les souris qui ont servi de cobayes dans le cadre de notre travail appartiennent à l'espèce *Mus musculus domesticus domesticus*. L'élevage de mise en forme s'est effectué au niveau de la station expérimentale de la faculté agrovétérinaire et biologique de Blida, dans une salle d'élevage de mammifères. Les souris mâles maintenues dans des conditions de température ambiante et de photopériode de 12 heures d'éclairément par 24 heures. Les souris sont élevées dans des cages tapissées de sciure de planche et surmontée d'une grille en fer portant des biberons qui alimentent les souris. Ces dernières se nourrissent essentiellement de graine de maïs. Le nettoyage des cages, le renouvellement de la litière ainsi que la nourriture sont réalisés quotidiennement.

2. Traitement par les différentes formulations :

2.1. Numérotation et marquage des souris selon les traitements :

Après l'élevage de mise en forme, les souris sont soumises aux conditions de traitement, 6 traitements ont été administrés aux souris, dans chaque traitement 5 souris sont numérotées de 1 à 5 puis marquées à la couleur correspondant au traitement (Figure 18)

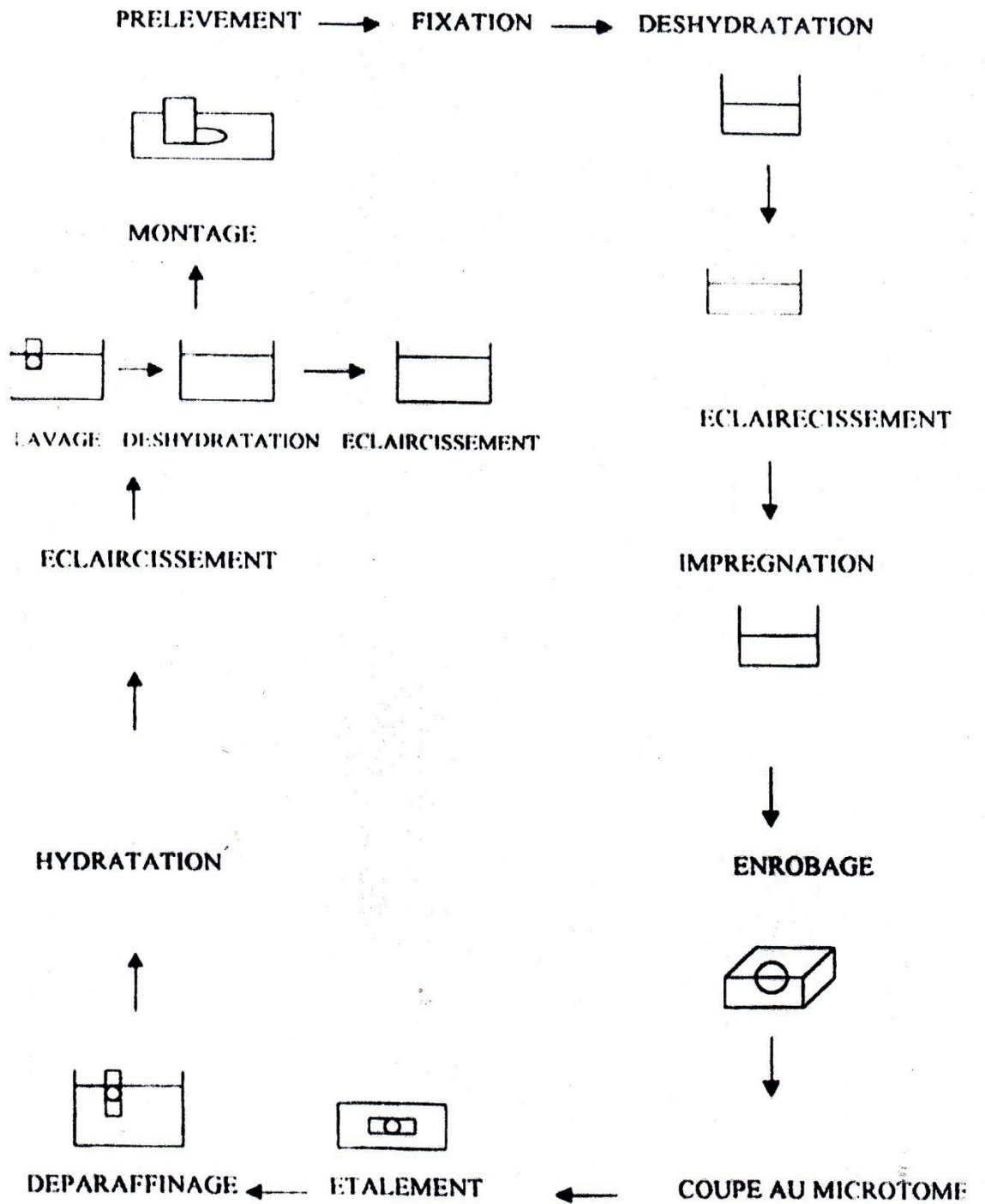


Figure 17 : Les principales étapes suivies dans la réalisation des coupes histologiques.

Tableau 10: Les différentes concentrations utilisées dans la formulation des bios pesticides :

2.2. Le gavage :

Les oreilles des souris sont maintenues entre le pouce et l'index, la queue est tirée vers le bas pour permettre au corps de la souris de bien se poser sur la pomme de main, avec les autres doigts, on immobilise la souris. A l'aide d'une seringue dont l'aiguille est tronquée disposant d'un bout en boule troué sur le côté, on administre la formulation par voie orale. Le gavage est réalisé quotidiennement pendant 15 jours jusqu'à la fin du traitement (Figure ,19)



Figure 18 : Marquage des populations des souris traitées aux M. anisopliae

2.3 La pesée des individus :

Les individus sont pesés tous les deux jours dès le début du traitement, juste après l'opération de gavage journalier. Des observations sont effectuées sur l'état des individus (œdème). De même un pesage quotidien est effectué (Figure 20).

3. Détermination du taux de mortalité des souris traitées :

Des mortalités sont enregistrées durant la période de traitement. Le taux de mortalité est donné par la formule d'Abbott (Voir méthode statistique).

4. Les analyses sanguines :

4.1 Les prélèvements sanguins :

En milieu stérile autour d'un bec benzène on prépare un bain-marie à une température de 25° C en présence d'alcool. On pratique une incision au niveau de la queue des cobayes pour un prélèvement sanguin (Figure 21).

4.2 Analyse biochimique du sang prélevé :

4.2.1 Evaluation du taux d'hématocrites :

Dans des tubes spéciaux contenant quelques gouttes d'héparine, on prélève du sang à l'aide d'une pipette Pasteur. Le taux d'hématocrites est déterminé grâce à une centrifugeuse à hématocrite sur laquelle on lit le résultat (Figure 22).

4.2.2 Evaluation des globules blanc par comptage :

Sur une lame de Mallassez, on place la goutte de sang associée à une eau physiologique grâce à la pipette Potain. Le comptage se réalise au microscope optique puis le nombre obtenu est multiplié par 200 afin d'avoir le nombre total des globules blancs par mm³.



Figure 19 : Technique de gavage des populations de souris



Figure 20 : Pesage des populations de souris



Figure 21 : Sang recueilli dans des tubes capillaires après son prélèvement



Figure 22 : Centrifugeuse à hématocrite

XV. Les principales méthodes statistiques utilisées :

1 Les analyses de corrélation-régression

Les relations entre les caractères morphométriques opérés sur les populations mâles et femelles des deux régions et des saisons d'étude ont été réalisées par l'examen de corrélation, afin de voir si les variables quantitatives varient en même temps. Pour cela nous avons évalué la significativité du coefficient de Pearson.

.2- Analyse de variance (Systat.....12.SPSS 2009) :

Des analyses de variance (ANOVA) multifonctionnelles (Région, date décomposée en saison et année ainsi que leurs interactions) ont permis de comparer les variables Elytre, Fémur postérieur, Capsule céphalique ainsi que leurs E/F et F/C à différents seuils de signification $P > 0.05$ N.S * $P < 0.05$ ** $p < 0.001$

De même pour les traitements effectués au laboratoire sur criquet et souris. Ceci afin de voir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions.

.3- analyse multi variée (Past.....137, Hammer et al, 2001) :

La corrélation entre traité (morphologie, et saison, régime alimentaire) a été réalisée par des analyses en composantes principales chez les mâles d'Adrar d'une part et l'identification des différents groupes homogènes par cla- Evaluation de la dose létale à 50% d'individu (DL50) de *Schistocerca*

CHAPITRE III. RESULTATS

CHAPITRE III. RESULTATS

I- Etude des variations spatio-temporelles des populations mâles et femelles de *S.gregaria* à Baamor (Adrar) et Oued Amded (Tamanrasset) de 1993 à 2004 :

1.- Evaluation des variations densitaires des populations du criquet pèlerin :

Le tableau (11) décrit les densités des populations de *S. gregaria* en fonction du sexe, la station et les saisons. Il apparaît clairement une différence entre les densités du criquet dans les deux stations. Les densités sont plus importantes à Baamor, mais sans pour autant dépasser le seuil de 500 individus/ hectare.

D'autre part, les individus mâles ont une densité supérieure à celle des femelles au printemps de 1994. Cependant en été les femelles prédominent en nombre (Juin 93, Juin 98). Les densités de population les plus grandes sont enregistrés durant les saisons printanière ,allant de 150 à 500 individus à l'hectare, sauf pour le mois d'Avril 2004 où un maximum de 10.000 individus / hectare a été atteint. A Oued Amded, les densités de population sont très faibles et homogènes, la densité la plus élevée est enregistrée au mois de Juin 1993 avec 400 individus / hectare.

Tableau 11 : Densités moyennes par hectare des populations mâles et femelles à Adrar et Tamanrasset de 1993 à 2004

Périodes	Station			
	Baamer (Adrar)		Oued Amded (Tamanrasset)	
	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
Juin 1993	350	400	400	400
Avril 1994	500	500	150	200
Janvier 1995	200	200	20	50
Février 1996	150	200	150	100
Janvier 1997	100	100	150	250
Juin 1998	250	500	250	400
Avril 2004	10000	10000	5000	5000

2- Evolution spatio-temporelle des rapports morphométrique des populations mâles et femelles du criquet pèlerin :

Les rapports morphométriques E/F et F/C des populations sont des indicateurs des changements phasaires. Selon l'échelle de Dirsh (1953), le statut des populations change. Ils oscillent entre la phase solitaire et le transiens. dissocians exception faite pour les populations de Juin 1998 pour les deux stations et Avril 2004 à Adrar qui sont des grégaires (tableau 12).

Tableau 12 : Moyennes et écartypes des rapports morphométriques E/F et F/C chez les mâles et les femelles capturés à Adrar et Tamanrasset durant la période de 1993 à 2004

Période		Régions							
		Baamer				Oued Amded			
		Mâle		Femelle		Mâle		Femelle	
		E/F	F/C	E/F	F/C	E/F	F/C	E/F	F/C
Juin 1993	Moyenne	2,09	3,78	2,09	3,79	2,12	3,66	2,18	3,86
	Ecart type	0,08	0,21	0,14	0,33	0,10	0,30	1,10	0,61
Avril 1994	Moyenne	2,09	3,68	2,10	3,74	1,99	3,96	2,13	3,73
	Ecart type	0,11	0,32	0,16	0,32	0,26	0,24	0,19	0,23
Janvier 1995	Moyenne	2,13	3,68	2,12	3,87	1,99	3,90	2,10	3,81
	Ecart type	0,08	0,18	0,12	0,36	0,06	0,19	2,04	0,10
Février 1996	Moyenne	2,13	3,64	2,13	3,59	2,14	3,70	2,12	3,82
	Ecart type	0,15	0,35	0,14	0,34	0,18	0,24	0,15	0,32
Janvier 1997	Moyenne	2,09	3,74	2,10	3,74	2,15	3,79	2,14	3,76
	Ecart type	0,14	0,34	0,06	0,23	0,09	0,26	0,10	0,32
Juin 1998	Moyenne	1,99	3,90	2,13	3,79	2,15	3,62	2,21	3,74
	Ecart type	0,11	0,34	0,17	0,25	0,10	0,22	0,11	0,24
Avril 2004	Moyenne	2,18	3,37	2,18	3,05	2,03	3,82	2,13	3,88
	Ecart type	0,06	0,10	0,06	0,16	0,16	0,23	0,17	0,21

3- Comparaison spatiotemporelles des indices morphométriques E/F et F/C à Adrar et à Tamanrasset :

Les observations réalisées à Adrar et à Tamanrasset durant notre période d'étude, permettent d'appréhender les variations saisonnières des caractères morphométrique des populations de *S.gregaria*. Dans un premier temps, nous avons calculé pour toutes les générations les coefficients de corrélation entre les différents indices morphométrique mesurés. Le coefficient de spermen's est positive, et est observé entre l'élytre, le e femur. $= 0.87^{**}, P < 0.01$) et la capsule céphalique (..... $= 0.84^{**}, P < 0.01$).

L'Analyse de variance révèle un effet saisonnier sur la variable longueur du fémur et la largeur de la capsule, lorsque nous prenons la densité comme covariable (Tableau 13). En revanche les facteurs saisons et régions n'ont pas d'effet significatif sur la longueur des élytres, indépendamment de la densité de la population. En général, l'effet de la densité de la

population du criquet sur les caractères semble prédominant (tableau 14). De même une analyse de la variance en séparant les mâles et les femelles a été réalisée. Il semble que ni le lieu ni la saison n'ont d'influence sur les caractères étudiés chez les femelles (fig .23). Cependant pour les mâles de la région d'Adrar les saisons présentent des différences significatives au niveau des caractères morphométriques des populations de criquet pèlerin ce ci est démontré au niveau de l'analyse en composante principale.

Tableau13: Somme des carrés établis par ANOVA sur les paramètres morphométriques des populations de *S.gregaria* dans les deux stations d'études Durant les différentes saisons avec ou sans densité

Variables	Paramètres				
	Elytres (E)	Femurs (F)	Capsule (C)	E/F	F/C
ANOVA Sans densité					
Regions (R)	1.51ns	83.17*	0.18 ns	0.18ns	0.30*
Saisons (S)	0.04ns	225.51***	0.13 ns	6.4*	1.77***
RXS	1295.58***	0.1ns	2.66**	1.62***	1.62***
ANOVA Avec densité de population					
Regions (R)	72.8ns	0.7ns	0.9ns	0.0ns	0.4*
Saisons (S)	83.6ns	36.6*	0.9*	0.8***	0.2ns
RXS	766.7***	46.5**	0.1ns	2.8***	0.5**
Densité Covariable	1015.2***	1129.4***	21.0***	2.7***	42.6***

P<0.05, ** P<0.01 and *** P<0.001, ns: not significant

Tableau14: Somme des carrés établis par ANOVA sur les paramètres morphométriques des populations mâles de *S.gregaria* dans les deux stations d'études durant les différentes saisons avec ou sans densité.

Variables	Paramètres				
	Elytres (E)	Femurs (F)	Capsule (C)	E/F	F/C
Sans densité					
Regions (R)	70.1***	83.5***	0.2ns	0.2*	0.8***
Saisons (S)	29.34**	126.51***	0.3ns	0.5***	1.4***
Années (A)	30.8**	63.7***	1.5***	0.3***	10.3***
RXS	636.8***	7.2ns	0.6ns	0.5***	0.5*
RXA	135.1***	52.0***	3.7***	0.6***	14.9***
SXA	30.1***	63.5***	1.5***	0.3***	1.7***
Avec densité de population comme covariable					
Regions (R)	26.0ns	12.4*	3.2***	0.0ns	0.2***
Saisons (S)	5.2ns	37.7***	20.2***	0.1*	0.0ns
Années (A)	13.2ns	39.4***	0.7**	0.2***	0.6***
RXS	564.3***	2.2ns	0.3ns	1.1***	0.3*
RXA	81.9***	59.8***	2.4***	0.4***	2.0***
SXA	31.7**	89.3***	3.1***	0.4***	3.2***
Densité Covariable	142.7***	388.8***	17.5***	1.7***	21.1***

* P<0.05, ** P<0.01 and *** P<0.001, ns: non significatif.

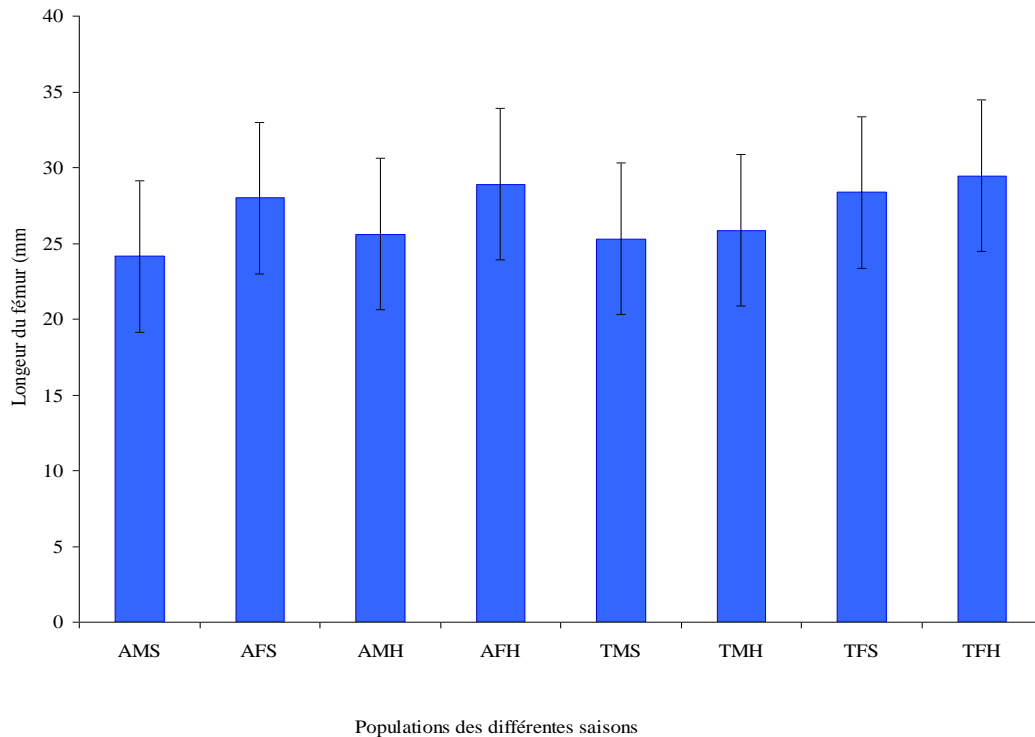


Figure 23 : Variation de la longueur moyenne des fémurs des mâles et des femelles en fonction des saisons et des régions d'études de 1993 à 2004

MS : Population mâle à Adrar en saison sèche ; AFS : Population femelle d'Adrar en saison sèche ; AMH : Population mâle d'Adrar en saison humide ; AFH : Population femelle d'Adrar en saison humide ; TMS : population mâle à Tamanrasset en saison sèche ; TMH : Population mâle de Tamanrasset en saison humide ; TFS : Population femelle de Tamanrasset en saison sèche ; TFH : Population femelle de Tamanrasset en saison humide

La longueur du fémur des mâles a été significativement affectée par la région, la saison et l'année (Tableau 13). Les mâles de la région d'Adrar au cours de la saison sèche présentent des fémurs plus courts que ceux de la saison humide à Adrar ainsi que par rapport aux populations de la région de Tamanrasset provenant des deux saisons. La capsule céphalique est également apparue influencée par le facteur saison et le facteur année. La largeur de la capsule céphalique des mâles de la région d'Adrar est plus petite en saison sèche qu'en saison humide, de même pour les deux saisons de Tamanrasset.

La classification hiérarchique montre la présence de trois groupes, G1 et G2 sont statistiquement homogènes. Le premier groupe rassemble les populations mâles de Tamanrasset des deux saisons ainsi que les populations mâles d'Adrar des saisons humides. Les populations femelles d'Adrar et de Tamanrasset des deux saisons se retrouvent dans le second groupe. Quand aux populations mâles de la région d'Adrar de la saison sèche forme le troisième G3 (Figure 24). Les différences observées dans la longueur du fémur et la capsule céphalique entre les saisons sèche et humides ont souligné un dimorphisme saisonnier. La longueur des élytres dépend d'un dimorphisme saisonnier. La longueur des élytres dépend fortement de la densité des populations (Tableau 13). L'interaction entre la saison, l'année et la région a été significative (Tableau 12 et 13)

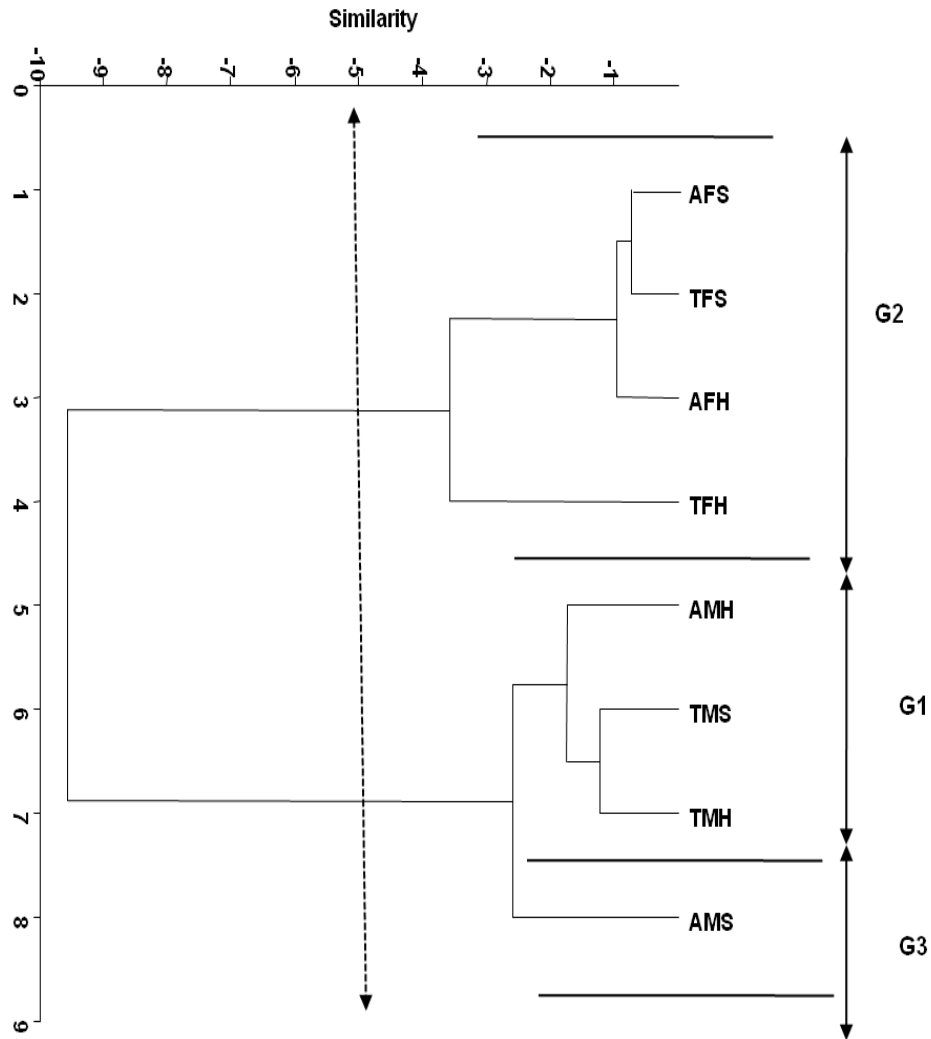


Figure 24: Classification hiérarchique des populations mâles et Femelles de *Schistocerca gregaria* selon les saisons et les régions.

AMS: Mâles d Adrar périodes sèches ; TMH: Mâles de Tamanrasset périodes humides ; TMS: Mâles de Tamanrasset périodes sèches ; AMH : Mâles d'Adrar périodes humides TFH : Femelles de Tamanrasset périodes humides ; A FS: Femelles d'Adrar périodes sèches ; A FH: Femelles d'Adrar périodes humides ; TFS : Femelles de Tamanrasset périodes sèches. G1, G2et G3 : Groupes

L'analyse en composantes principales chez les mâles montre que les moyennes des indices représentent 94% de l'inertie totale sur l'axe 1. La variable Elytre participe à la formation des deux premiers axes, avec un taux de 50% d'inertie, elle est suivie par le variable fémur et capsule céphalique avec un taux de 35% et 12% respectivement.

L'élytre et le fémur sont corrélés de manière parfaite avec l'axe 1. Ils constituent les meilleures variables indicatrices de différences morphologiques saisonniers de taille. La dernière composante (axe2) qui mesure le contraste de forme ne restitue que 5% de l'inertie totale du nuage de points. Les populations de saison sèche et de saison humide se projettent sur les deux plans de l'axe 2.

L'analyse en composantes principales de chaque individu (Fig.25) rend compte de manière satisfaisante de l'intensité et du sens de la transformation morphologique saisonnière. En effet un gradient de taille allant de droit à gauche est observé ou les populations de période humide s'étalent sur la partie positive de l'axe et les individus de saison sèche occupent la partie

négative de l'axe, traduisant la différence morphométrique existante entre les deux populations. Les individus de saison humide présentent des élytres et des fémurs de grande taille par rapport à ceux de la saison sèche. Cependant une population des mâles du mois d'Avril 2004 est fortement corrélée à l'axe 2. Cette population est de forme différente par rapport aux autres avec des individus grégaires (Figure 26)

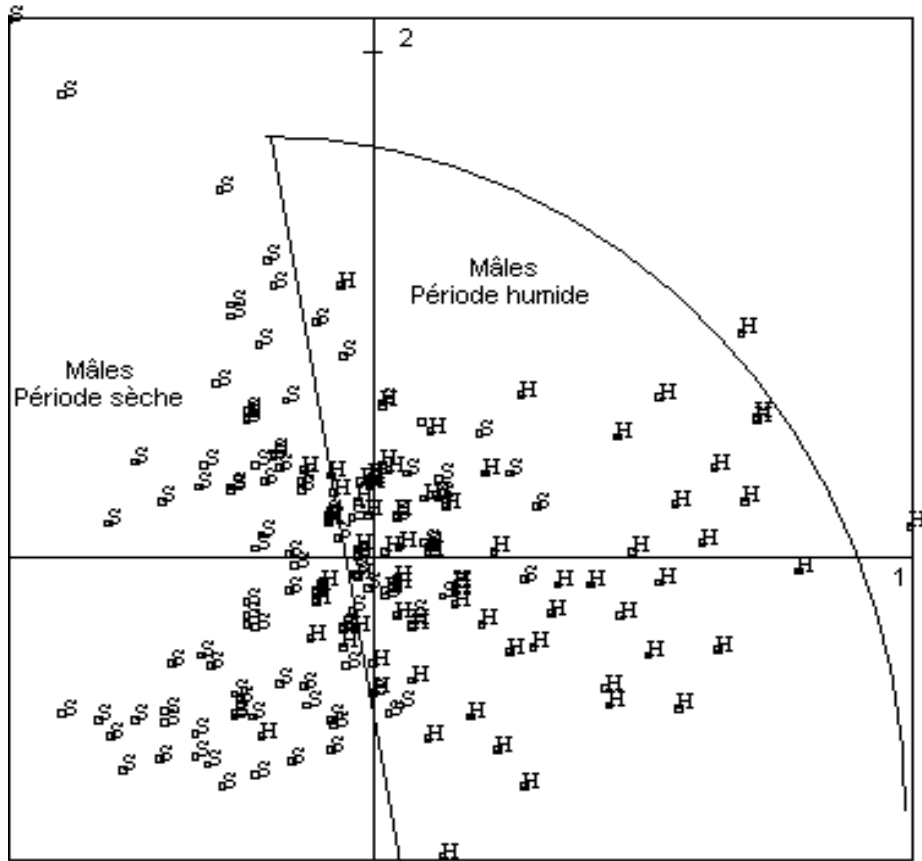


Figure 25 : Distribution des populations mâles des saisons sèches et des saisons humides sur les deux plans de l'ACP (1et2)

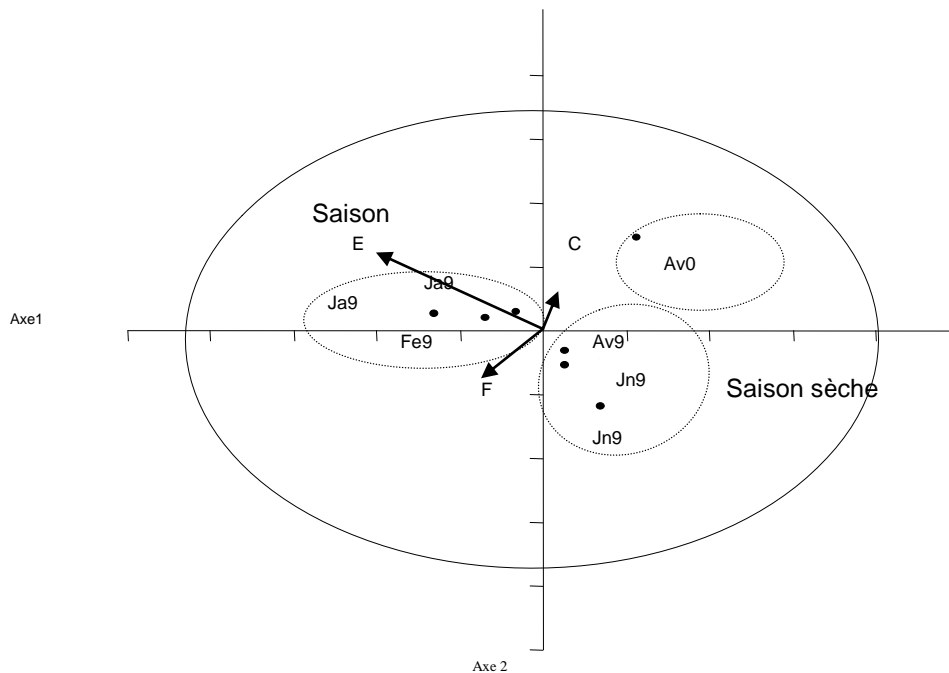


Figure26 : Cercle de corrélation

Av04 :Avril2004 ; Jn98:Juin1998 ; Av94 :Avril1994 ; Jn93:Juin1993 ; Ja95 : Janvier 1995 ; Fe96 : Février1996;Ja97 : Janvier 1997

II. Etude du régime alimentaire des populations mâles *S. gregaria* à Bammor de 1993 à 2004

1- Identification et variation temporelle du régime alimentaire des populations mâles à Baamor de 1993 à 2004

L'étude du régime alimentaire des populations mâles du criquet pèlerin suite à l'analyse de leurs fèces révèle un totale de 18 espèces végétales consommées par rapport à 25 espèces présentes sur terrain soit un taux de 72 % . Ces espèces appartiennent à 11 familles botaniques représentées essentiellement par la famille des poacées qui domine avec un nombre de 8 espèces cultivées et spontanées à savoir *Hordeum vulgare* ,*Triticum vulgare*, *Penisetum americanum* , *Cynodeum dactylum* , *Sorgho rubens* , *Bromus rubens* , *Lolium multiflorum* et *Arundo plini* .Suivie par quatre espèces appartenant à la famille des Asteraceae et qui sont *Sonchus oleraceus* , *centauria microscarpa* , *cardum cellus eriocephalus* et *senecio mosaricus*. Concernant les Chenopodiaceae les espèces recensées dans les fèces sont : *Chenopodium album* *Bassia maricata* , *Beta vulgaris* et *Salsola vermiculata*. Deux espèces appartenant à la famille des Polygonaceae identifiées et qui sont *Polygonum aviculare* et *polygonum album*. Deux brassicaceae représentées par *Morettia canescens* et *Schouwia purpura* et deux solanaceae à savoir *Salsola vermiculata* ,*Lycopersicum esculentum*. Cependant une espèce à été retrouvée appartenant aux familles botaniques suivantes : Les Compositae et les Alliaceae (tableau 15).

Tableau 15 : Principales plantes spontanées et cultivées présentes à Bammor et celles consommées par les populations mâles de 1993 à 2004

Familles Botaniques	Espèces végétales	Plantes présentes	Plantes consommées
Poaceae	<i>Hordum vulgare</i>	+	+
	<i>Triticum vulgare</i>	+	+
	<i>Pennisetum americanum</i>	+	+
	<i>Cynodum dactylum</i>	+	+
	<i>Sorghum rubens</i>	-	+
	<i>Lolium multiflorum</i>	+	+
	<i>Bromus rubens</i>	+	+
	<i>Arundo plinii</i>	+	+
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	+	+
	<i>Centaurea microcarpa</i>	-	+
	<i>Carduncellus eriocephalus</i>	+	-
	<i>Senecio mosaicus</i>	+	-
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i>	+	+
	<i>Bassia muricata</i>	+	-
	<i>Beta vulgaris</i>	-	+
	<i>Salsola vermiculata</i>	+	-
Polygonaceae	<i>Polygonum avicular</i>	+	+
	<i>Polygonum album</i>	+	+
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	+	-
	<i>Schowia purpura</i>	+	-
Compositae	<i>Lactuca sativa</i>	+	+
Alliaceae	<i>Allium cepa</i>	+	+
Ombellifera	<i>Furgingia latifolia</i>	+	-
Asecaceae	<i>Phoenix dactylifera</i>	+	+
Solanaceae	<i>Salsola vermiculata</i>	+	+
	<i>Lycopersicum esculentum</i>	+	-
Cucurbitaceae	<i>Cucumis melon</i>	+	-
	<i>Citrullus vulgaris</i>	+	-
Total		28	18

1.1- Corrélations entre les taux de consommations des plantes recensées en fonction des saisons sèches et saisons humides à Baamor de 1993 à 2004

Afin d'évaluer le préférendum alimentaire sur terrain des individus mâles nous avons soumis le spectre alimentaire durant ces périodes à une analyse de corrélation des taux de consommation des plantes des saisons sèches et celles de saisons humides. D'après le tableau (16), il ressort que peu de valeurs ont un risque associé inférieur à 0,01. Les taux de consommations des différentes plantes consommées sont totalement différents entre les saisons sèche et les saison humides durant notre période d'étude. Exceptions faites entre les polygonacées et les poacées qui sont corrélées ($p=0,028$) et entre les polygonacées et les asteracées ($p=0,007$)

Tableau 16: Corrélation des taux de consommations des plantes consommées

Taux de consommations	Tc poa	TC chenop	TC allia	TC aste	TC poly
Tc poac	0	0,69	0,67	0,16	0,028
TC cheno	-0,18	0	1,40E-07	0,58	0,704
TC allia	-0,20	1,00	0	0,56	0,721
Tc ast	-0,60	-0,26	-0,27	0	0,01
TC poly	-0,81	-0,18	-0,17	0,89	0

Poac : *Poaceae*, cheno : *Chenopodiaceae*, allia : *Alliaceae*, ast : *Asteraceae*, poly : *Polygonaceae*,

1.2-Evolution temporelle des surfaces consommées par les populations mâles de *S. gregaria* en fonction du taux de recouvrement des espèces végétales recensées à Baamor

D'après le tableau (17) et la figure (27), nous remarquons une dominance des espèces graminéennes tant dans le recouvrement global que dans les taux de consommations. Les recouvrements globaux et les taux de consommations oscillent respectivement entre 80% et 100%. Concernant les Asteracées, Chenopodiacées, les Polygonacées et les Alliées, leurs taux de recouvrement n'excède pas 40% et un taux de consommation variant entre 0 et 20%. Concernant l'évolution temporelle de chacune des différentes familles nous constatons que d'après les graphes, les graminées ont des taux de consommations proportionnelles aux taux de recouvrement et uniforme durant la période d'échantillonnage sauf pour le mois d'avril 1998 où le taux de consommation est de 7,97% (Figure, 28).

Tableau 17 : Evolution temporelle des taux de recouvrements et des taux de consommations des différentes familles botaniques recensées chez les populations mâles de *S. gregaria* à Baamor de 1993 à 2004

Années	Tr poa	Tc poa	Tr ast	Tc ast	Tr chen	Tc chen	Tr pol	Tc pol	Tr alia	Tc alia
juin-1993	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
avr-1994	100	91,57	0	0	0	0	0	0	45	8,48
janv-1995	90	100	0	0	0	0	0	0	0	0
fevr-1996	92,95	97	1,94	2,75	1,23	0,45	0	0	0	0
janv-1997	91,63	95,9	4,36	4,1	0	0	0	0	0	0
avr-1998	6,03	27,02	1,82	17,3	0	0	1,09	1,81	0	0
avr-2004	93,3	83,53	0	0	26,7	8,42	0	0	11,3	0,43

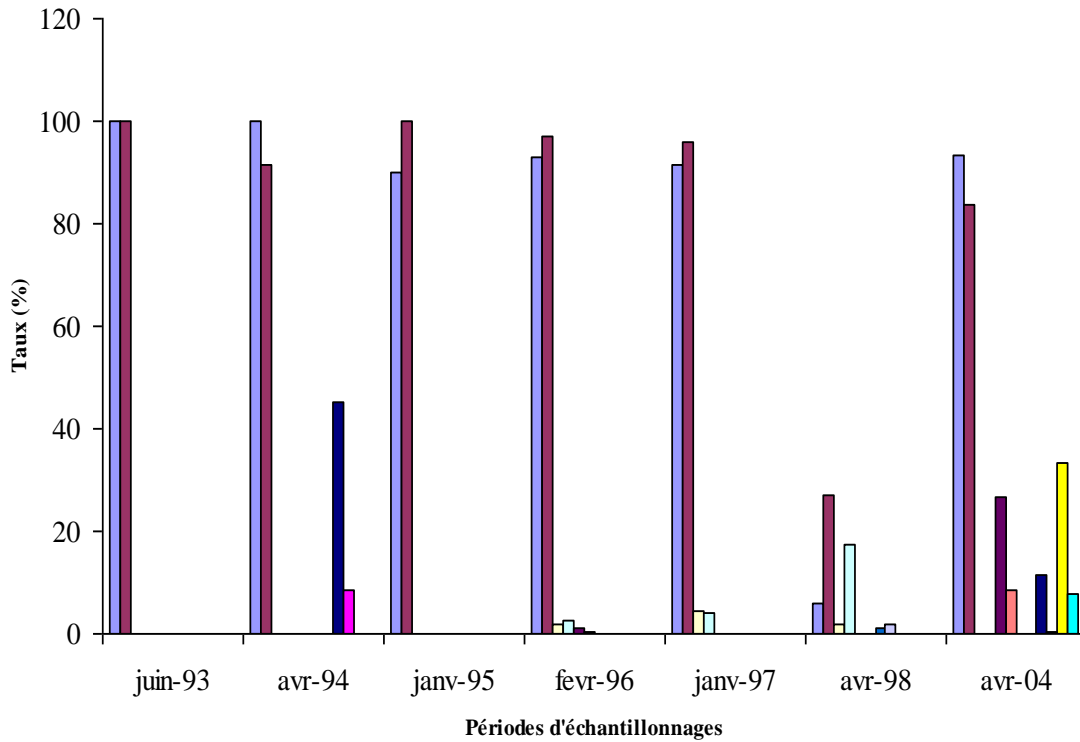


Figure 27: Evolution des taux de consommations et de recouvrements des différentes familles botaniques recensées à Baamor chez les populations mâles de criquet pèlerin de 1993 à 2004

■ tr poac ■ Tc poac ■ Tr ast ■ Tc ast ■ Tr chen ■ Tc chen ■ Tr pol ■ Tc pol ■ Tr allia ■ Tc allia ■ tr are ■ tc ar

1.3- Identification des différentes Poacés recensées sur terrain et dans les fécés des individus mâles de criquet pèlerin ainsi que leurs taux de recouvrement et consommations de 1993 à 2004

Le tableau (18) et la figure (29) montrent les principales espèces graminéennes consommées par rapport à leurs taux de recouvrement sur terrain durant notre période d'échantillonnage, qui diffèrent d'une année à une autre. Ces espèces sont représentées essentiellement par les graminées cultivées à savoir : *Hordum vulgare*, *Triticum vulgare*, *Triticum durum*, *Arundo plinii* avec un total de surface consommées de 119,66 mm², 280,75 mm², 178,01 mm² et 1282,11 mm² respectivement. Suivie par les graminées spontanées représentées par *Pennisetum americanum*, *Cynodum dactylum*, *Sorghum rubens*, *Bromus rubens* et *Iolium multiflorum*.

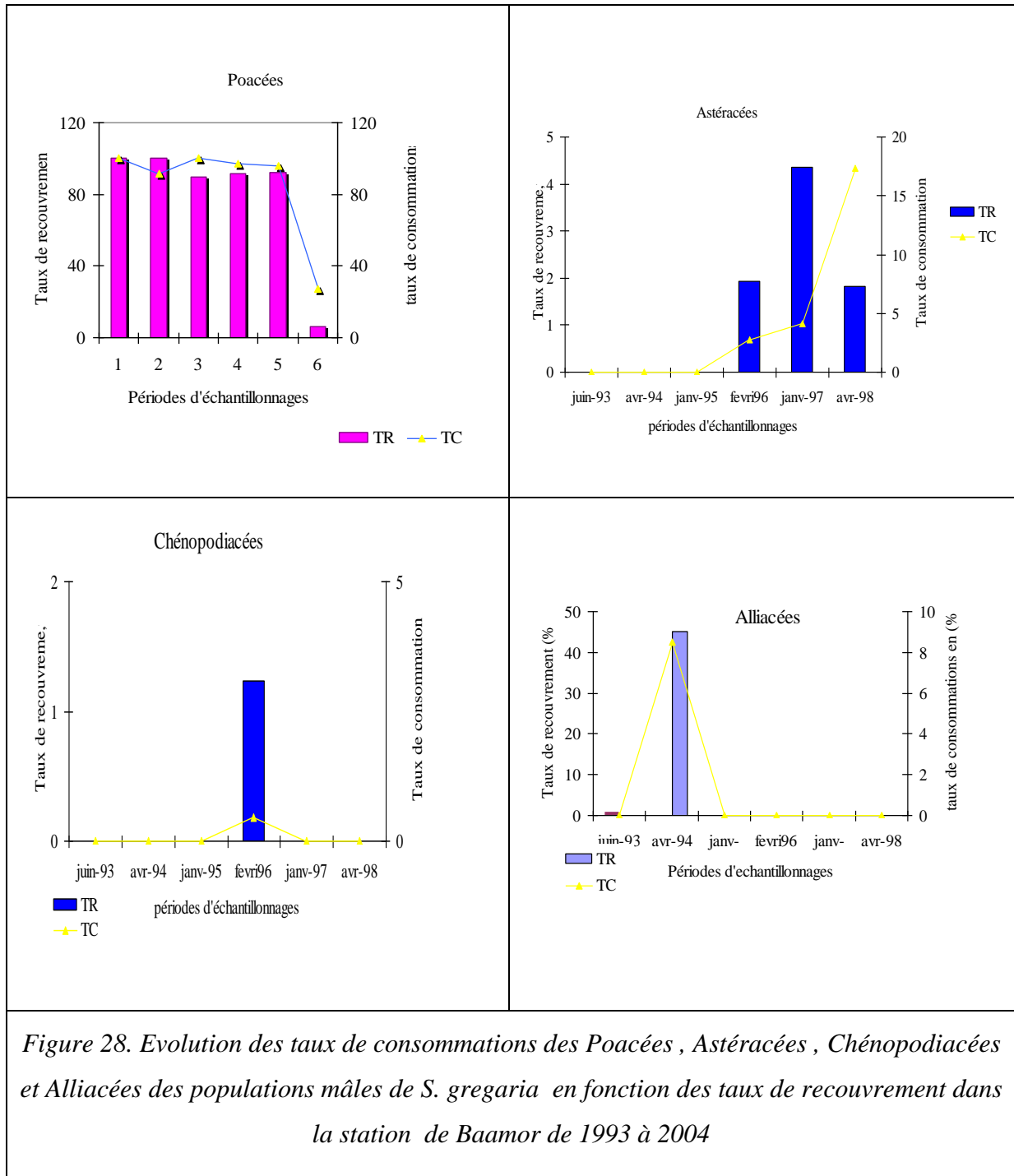
Tableau 18 : Les principales plantes graminéennes présentes et celles consommées par les populations mâles de *S.gregaria* à Baamor de 1993 à 2004

Périodes	H.Vul		P.amer		C.dacty		T.vul		T.dur		S.rub		B.rub		L.multi		A.pli	
	Tr	Sc	Tr	Sc	Tr	Sc	Tr	Sc	Tr	Sc	Tr	Sc	Tr	Sc	Tr	Sc	Tr	Sc
Juin 93	80	16,8	20	10,1	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Avri 94	80	91,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jan. 95	-	-	20	27,3	-	-	70	67,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev .96	-	-	-	-	1.69	17,26	91.26		-	-	18.81	18,81	-	-	-	-	-	-
Janv .97	-	-	-	-	-	-	-	-	90.5	165,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Jun .98	-	-	-	-	0.53	8,23	-	-	5.6	115,25	6.03	29,27	0.56	7,17	1.28	10,76	-	-
Avri .04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	93.3	178,01
Total		119,66		37,4		25,49		67,18		280,75		48,08		7,17		10,76		178,01

Tr : taux de recouvrement (%) ; SC : Surface consommées (mm²)

Vu):*Hordeum vulgare* ;(P, a):*Penniseteum mericanum*); (C, d):*Cynodum dactylum* ; (T, d):*Triticum durum*(S, r) :*Sorghum rubens*; (S,r):

Bromus rubens ; (L, m) :*Lolium multiflorum* ; (A, p) :*Arundo plinii* ; (P,d) : *Phonix dactylifera*



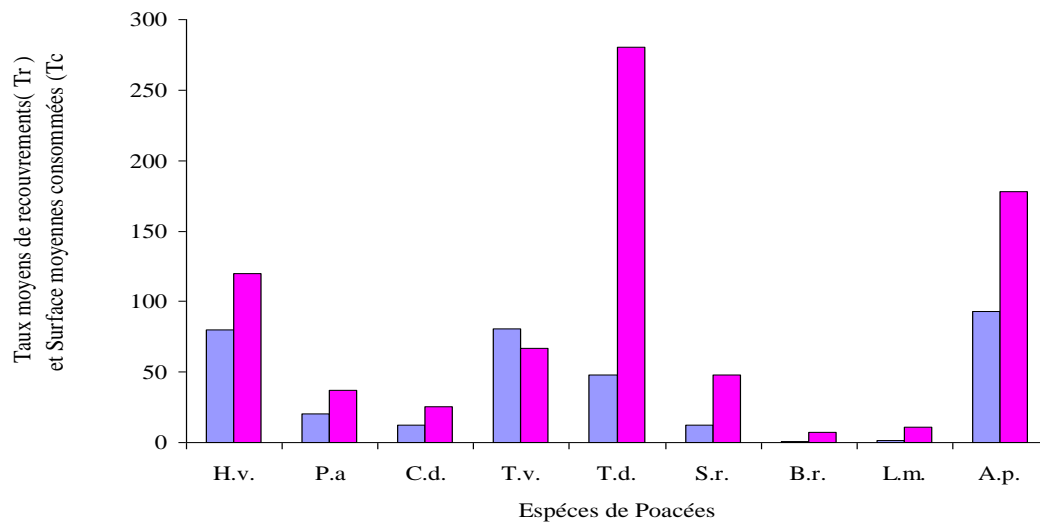


Figure 29 : Evaluation des surfaces consommées des Poacées par les populations mâles de *S. gregaria* par rapport à leur taux de recouvrements à Baamor de 1993 à 2004

■ Tr ■ SC

(Vu):*Hordeum vulgare*; (P, a):*Pennisetum mericanum*); (C, d):*Cynodum dactylum* ;(T, d):*Triticum durum*(S, r) :*Sorghum rubens*; (S,r): *Bromus rubens* ; (L, m) :*Lolium multiflorum* ; (A, p) :*Arundo plinii* .

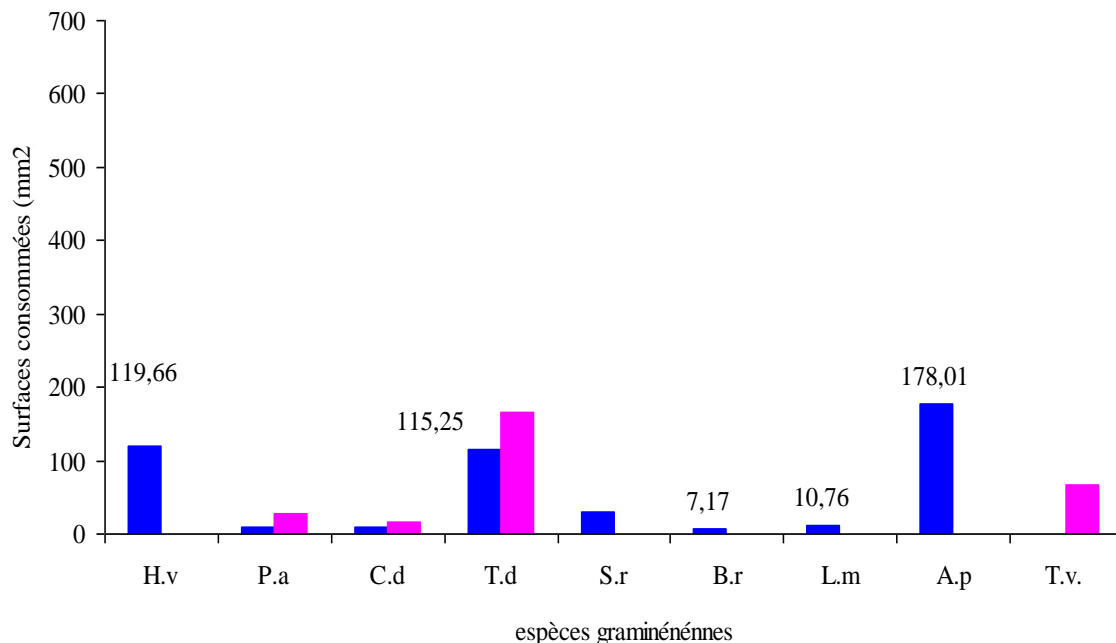
1.4 Fluctuations saisonnières des principales plantes graminéennes consommées par les populations mâles à Baamor durant les deux saisons d'études. :

1.4.1- Identification des principales plantes graminéennes consommées en période sèche et humide

Le Tableau (19) et la figure (29) montrent que les plantes consommées par les populations du criquet pèlerin en saison sèche sont différentes de celles consommées en saison humide, dans leur nombre, leurs variétés ainsi que leurs taux de consommations. En effet le plus grand nombre de plantes consommées est noté durant la période sèche avec 8 plantes graminéennes consommées contre quatre plantes en saison humide. De même en période sèche nous notons une diversité d'espèces graminéennes cultivées et spontanées, avec un pourcentage de 50 % par rapport au total des plantes inventoriées durant les périodes d'échantillonnages. Les graminées cultivées présentent un total de surface consommées supérieure à 100 mm² et les graminées spontanées leurs surfaces ingérées sont très faible ne dépassant pas 30 mm² .En saison humide quatre plantes graminéennes sont consommées dont deux de type cultivé avec des valeurs comprises entre 80 et 200 mm² contre deux plantes spontanées dont les surfaces consommées ne dépassent pas 30 mm².

Tableau 19 : Identification des principales poacées consommées par les populations de criquet pèlerin en saisons sèches et saisons humides à Baamor de 1993 à 2004

Plantes consommées	Surfaces consommées (mm ²) saison sèche (SS)	Surfaces consommées (mm ²) saison humide (SH)
<i>Hordeum vulgare</i> (Vu)	119,66	0
<i>Penniseteum mericanum</i> (P, a)	10,1	27,3
<i>Cynodum dactylum</i> (C, d)	8,23	17,26
<i>Triticum durum</i> (T, d)	115,25	165,5
<i>Sorghum rubens</i> (S, r)	29,27	0
<i>Bromus rubens</i> (S,r)	7,17	0
<i>Lolium multiflorum</i> (L, m)	10,76	0
<i>Arundo plinii</i> (A, p)	178,01	0
<i>Triticum vulgare</i> (Cv)	0	67,18

Figure 30 : Comparaison des surfaces consommées des différentes poacées en saison sèche et saison humide par les populations mâles de *S. gregaria* à Baamor de 1993 à 2004

■ S.s ■ Sh

S.s :Saison Sèche ; S.h : Saison humide

D'après le tableau (19), une analyse en Composantes Principales a été effectuée avec PAST vers 1.95 (Hammer *et al.* 2001), qui révèle que 84 % de la variance sont exprimés uniquement sur l'axe 1 contre 15 % sur l'axe 2 (figure 31). Sur l'axe 1, les surfaces consommées présentent un pourcentage d'inertie négatif de SC=-0,73% pour les deux saisons sèche et humide, le taux de recouvrement présente une inertie négative de -0,68%. L'axe 1 est représenté par les plantes consommées *Bromus rubens* de période sèche avec des

contributions plus fortes de 54,71%. A l'opposé, les contributions les plus faibles sont celles de *H.vulgare* en saison humide avec des contribution de -69,70% .L'axe 2 est représenté par la graminée *Arundo plinii* de saison sèche avec des contribution de 62,56%. La plus faible contribution est assuré par *Cynodum dactylum* en saison sèche avec 63,30%.

La classification hiérarchique (Figure 32) a permis d'identifier trois groupes de plantes consommées en saisons sèche et saison humide à Baamor par les populations mâles de criquet pèlerin, dont le groupe G1, est statistiquement homogène. Ce dernier rassemble les poacées cultivées représentée par les plantes *T. durum* de de saison humide , *H. vulgare* et *T. vulgare* issuent de saisons sèches et humides et *Arundo plinii* récoltée en saison sèche .Le groupe G2 statiquement variable englobant les graminées spontanées et cultivées à savoir *C. dactylum* et *T. durum*, les deux espèces proviennent de saison sèche, à des taux de recouvrement faibles par rapport au premier groupe. Le groupe G3 renferme des graminées spontanées représenter par *C. dactylum* , *L.multiflorum*, *Bromus rubens*, *Sorghum rubens* et *Penniseteum mericanum* provenant de saisons sèches et saisons humides (Figure 32) .

Cette analyse des surfaces consommées de plantes graminéennes en fonction des saisons révèle des différences importantes dans le régime des individus mâles soulignant ainsi une différence marquée dans le régime des mâles. En effet en période humide le régime des mâles est uniquement composé de graminées cultivées, Cependant en saison sèche le régime alimentaire et plus large est composé de graminées cultivées et spontanées.

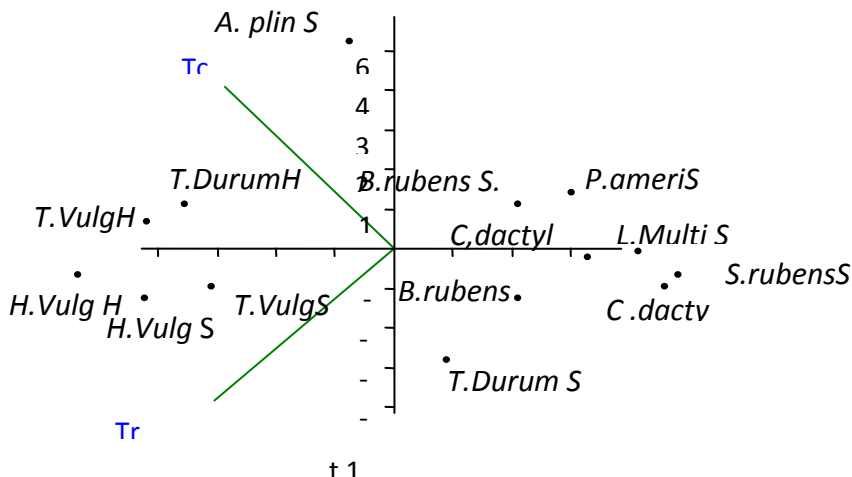


Figure 31 : Analyse en composantes principales des différentes Poacées consommées par les populations mâles de *S. gregaria* à Baamor

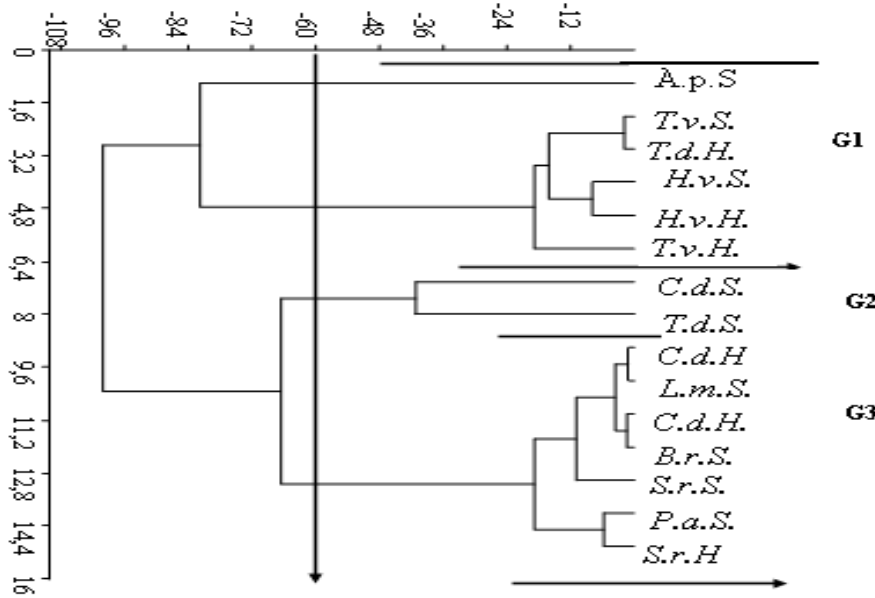


Figure 32 : Classification Hiérarchique des principales graminées consommées par les populations mâles en saisons sèches et saisons humides

2- Impact des densités de population et des indices morphométriques des individus mâles de criquet pèlerin à Baamor de 1993 à 2004 en fonction du spectre alimentaire.

A partir du tableau (20) , une analyse de corrélation a été effectuée sur les paramètres trophiques des populations mâles de criquet pèlerin représentés par les surfaces consommées (SC) et les paramètres biométriques à savoir : La longueur de l'élytre (E), du Fémur (F) , la largeur de la capsule céphaliques (C) et le rapport E/F et F/C ainsi que le facteur densité de population . De cette analyse découle, que la longueur de l'élytre (E), du Fémur (F) et des rapports F/C des populations mâles de criquet pèlerin sont corrélées négativement avec les surfaces consommées des graminées en saison sèches et saisons humides, mais positivement avec la largeur de la capsule céphaliques (C) et le rapport F/C) Sans tenir compte des densités de populations. Les corrélations entre les densités de populations des individus et les paramètres cités plus haut sont différentes. Les surfaces consommées sont influencées positivement par les capsules céphaliques et les rapports F/C ainsi que les densités de populations. La longueur des élytres et des fémurs ainsi que les rapports E/F sont négativement corrélés avec les surfaces consommées (Tableau 21).

Tableau 20 : Fluctuations temporelles des paramètres trophiques (mm) ,biométriques (cm), ainsi que les densités (individus /Ha) de populations mâles de criquet pèlerin à Baamor

SAISON	SC (mm ²)	E (cm)	F (cm)	C (cm)	F/C	E/F	DENSITE (Indi./ha)
S .S	26,9	51,57	24,7	6,54	3,79	2,09	350
S.S	91,67	51,62	24,72	6,71	3,69	2,09	500
S.H	94,48	54,96	25,78	6,73	3,83	2,13	200
S.H	289,01	53,75	25,18	7,07	3,59	2,14	150
S.H	190,65	53,99	25,78	6,9	3,74	2,1	100
S.S	170,68	50,6	25,52	6,71	3,82	1,97	250
S.S	1781,44	51,11	21,83	7,71	2,83	2,34	10000

S.S : Saison sèche ; SH : Saison humide

Tableau 21 : Corrélations de Pearson entre les surfaces graminéennes consommées et les indices et rapports morphométriques des populations mâles de criquet pèlerin, Sans et avec densités de populations

	<i>Surfaces graminéennes consommées</i>			
	<i>Sans densité de populations</i>		<i>Avec densité de populations</i>	
	r Pearson	Prob.	r Pearson	Prob.
Elytre (E)	-0,32737	0,47353	-0,32737	0,47353
Fémur (F)	-0,91954	0,0033757	-0,91954	0,0033757
Capsule (C)	0,94972	0,0010596	0,94972	0,0010596
F/C	-0,98349	0,00006	-0,9834	0,00006
E/F	0,86302	0,012372	0,86302	0,012372
Densité	-	-	0,98699	0,00004

SC : Surface consommées ; E : Elytre ; F : Fémur ; C ; Capsule céphalique ;

Tableau 22 : Analyse de la variance des surfaces consommées et des paramètres biométriques et densitaires des populations mâles de criquet pèlerin à Baamor en fonction des saisons

Facteurs	Saisons					
Variables	Somme des carrés	d.d.l.	Carrés moyens	F-ratio	P	
S.C	E	13,759	1	13,759	38,443	0,003**
	F	7,33	1	7,33	37,280	0,004**
	C	0,058	1	0,058	7,226	0,05
	F/C	0,0035	1	0,0035	0,054	0,935
	E/F	0,005	1	0,005	1,370	0,370
	Densité	6,85	1	6,85	243,15	0,000***

L'analyse de la variance des facteurs trophiques, biométriques et densitaires des populations mâles à Baamor (tableau 22), montre que la variable élytre E, Fémur (F) et densité de populations présentent des différences significatives ($P < 0.0001$). Cependant le paramètre capsule céphalique ainsi que les rapports morphométriques ne présentent pas de différence. Ceci révèle que la taille des élytres et des fémurs ainsi que le régime alimentaire des populations mâles sont différents entre les saisons sèches et les saisons humides à Baamor .

III-Impact de quelques facteurs abiotiques sur quelques paramètres biologiques de *M.flavoviride* et *M.anisoplaie*

1 *Metarhizium flavoviride*

1.1 Evaluation de la croissance diamétrale (cm) de *M. flavoviride* cultivé sur gélose nutritive et DCLS soumis à différentes températures et humidités

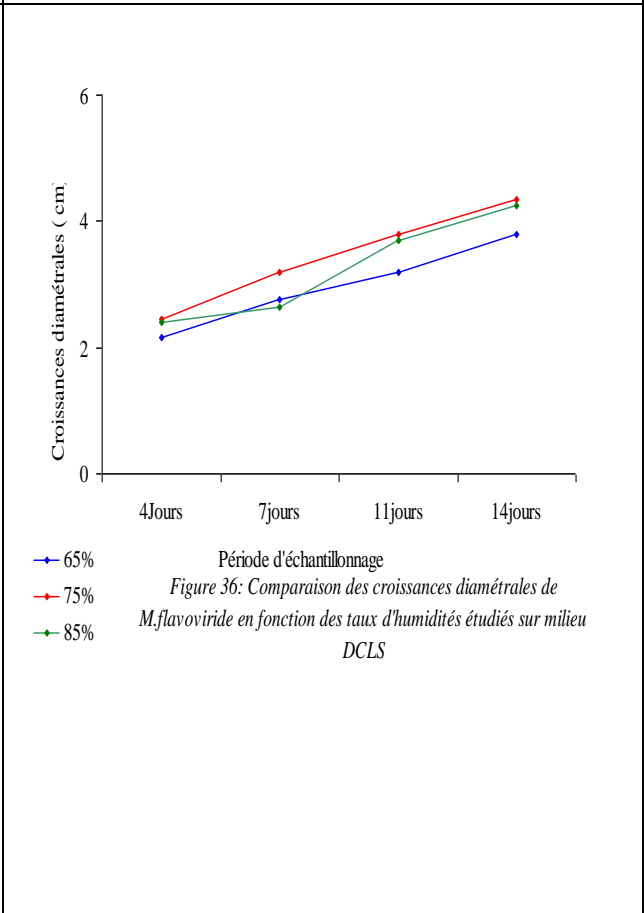
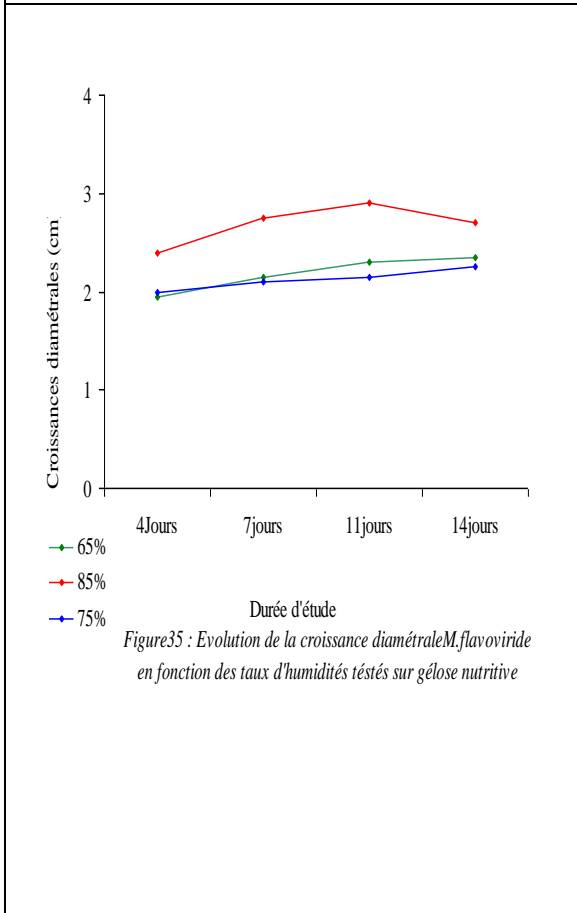
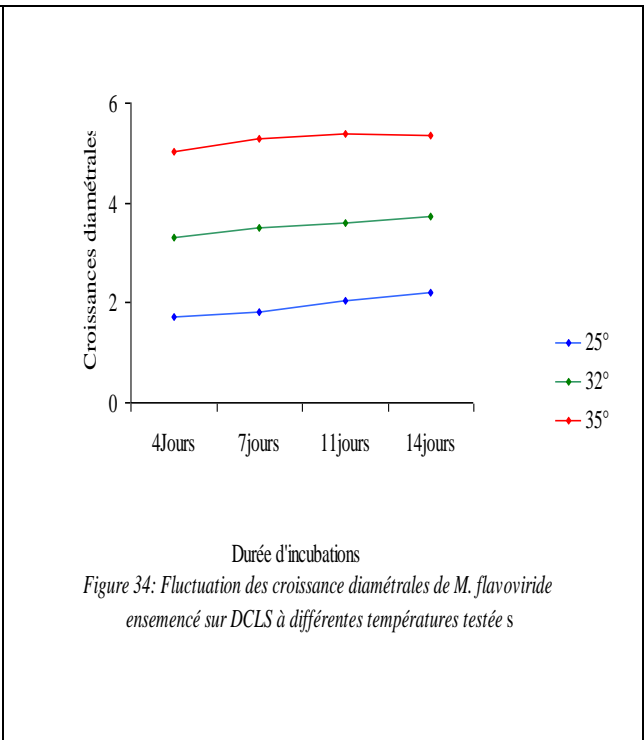
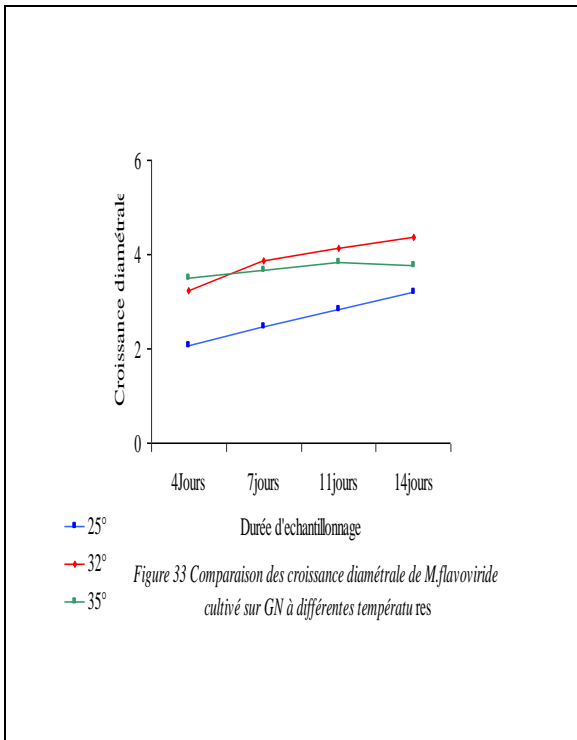
1.1.1- Effets des températures

La meilleure croissance diamétrale est obtenue à la température de 35°C sur Gélose Desoxy lactose Saccharose (DCLS), avec une croissance supérieure à cinq centimètres durant toute d'étude. Les plus faibles croissances sont obtenues sur DCLS à 25°C au quatrième et septième jour avec des valeurs respectives de 1,73 cm et 1,83 cm (tableau 23 et figure 33,34).

La croissance diamétrale de *M.flavoviride* dans les deux milieux Gélose nutritive (GN) et DCLS est positive avec une différence significative pour le facteur milieu et durée d'incubation ($P < 0.01$ et 0.05) (Tableau 24).

Tableau 23 : Evolution de la croissance diamétrale de *M. flavoviride* dans les deux milieux à différentes températures testées

Temp s (Jours)	Les milieu x	Températures											
		25°				32°				35°			
		R1	R2	R3	M	R1	R2	R3	M	R1	R2	R3	M
4	G,N	2,1 0	2,1 0	2,0 0	2,0 6	2,1 0	4,0 0	3,6 0	3,2 3	2,3 0	5,5 0	2,7 0	3,5 0
	DCLS	1,7 0	1,8 0	1,7 0	1,7 3	2,9 0	4,5 0	2,5 0	3,3 0	4,2 0	6,5 0	4,4 0	5,0 3
7	G,N	2,4 0	2,5 0	2,5 0	2,4 6	2,9 0	4,3 0	4,4 0	3,8 6	2,5 0	5,6 0	2,9 0	3,6 6
	DCLS	1,8 0	1,8 0	1,9 0	1,8 3	3,2 0	4,7 0	2,6 0	3,5 0	4,3 0	7,0 0	4,6 0	5,3 0
11	G,N	2,7 0	3,0 0	2,8 0	2,8 3	3,2 0	4,5 0	4,7 0	4,1 3	2,7 0	5,8 0	3,0 0	3,8 3
	DCLS	2,0 0	2,1 0	2,0 0	2,0 3	3,3 0	4,7 0	2,8 0	3,6 0	4,4 0	7,2 0	4,6 0	5,4 0
	G,N	3,1 0	3,4 0	3,4 0	3,2 0	3,6 0	4,6 0	4,9 0	4,3 6	2,5 0	5,8 0	3,0 0	3,7 6
	DCLS	2,2 0	2,3 0	2,1 0	2,2 0	3,4 0	4,8 0	3,0 0	3,7 3	4,4 0	7,1 0	4,6 0	5,3 6



1.1.2- Effet de l'humidité

Un accroissement significatif est observé durant la période d'échantillonnage sur les deux milieux testés (tableau 23), Dont le plus important est obtenu sur milieu DCLS à 75% d'humidité avec un accroissement de 4.25 centimètres (tableau 24 et figure 35, 36).

Tableau 24 : Estimation de la croissance diamétrale en fonction des différentes humidités ciblées sur G.N et DCLS

Temps (jours)	Milieu	Humidité								
		65%			75%			85%		
		R1	R1	M	R1	R1	M	R1	R1	M
4	GN	2,0	1,9	1,95	2,0	2,0	2,0	2,2	2,6	2,4
	DCLS	2,2	2,1	2,15	2,5	2,4	2,45	2,3	2,5	2,4
7	GN	2,2	2,1	2,15	2,1	2,1	2,1	2,5	3,0	2,75
	DCLS	2,7	2,8	2,75	3,3	3,1	3,2	2,3	3,2	2,65
11	GN	2,3	2,3	2,3	2,2	2,1	2,15	2,6	3,4	2,9
	DCLS	3,1	3,3	3,2	4,0	3,6	3,8	4,0	2,8	3,7
14	GN	2,4	2,3	2,35	2,3	2,2	2,25	2,6	4,0	2,7
	DCLS	3,8	3,8	3,8	4,5	4,2	4,35	4,5	4,0	4,25

1.1.3- Comparaison des croissances mycéliennes soumit à différentes températures et humidités

Tableau 25 : Analyse de la variance des croissances diamétrales de *M. flavoviride* en fonction des températures et Humidités testées

	Facteurs	Somme des carrés	d.d.l.	Carrés moyens	F-ratio	P
Température						
25°	Milieu	1,125	1	1,125	11,059	0,021*
	Durée covariable)	1,241	1	1,241	12,209	0,017*
32°C	Milieu	0,263	1	0,263	7,109	0,045*
	Durée (covariant)	0,629	1	0,629	17,006	0,009**
35°C	Milieu	4,225	1	4,225	519,339	0,000***
	Durée (covariant)	0,1,2	1	0,102	12,563	0,024*
Humidité						
65%	Milieu	0,310	1	0,310	14,45	0,013*
	Durée covariable)	0,283	1	0,283	13,167	0,0015**
75%	Milieu	0,878	1	0,878	22,631	0,005**
	Durée covariable)	0,313	1	0,313	8,068	0,036**
85%	Milieu	0,158	1	0,158	3,416	0,124
	Durée covariable)	0,373	1	0,373	8,048	0,036*

1.2- Variation pondérale de l'hyphomycete *M. flavoviride* en fonction des températures et de l'humidité

1.2.1- Effets des températures

Tableau 26 : Fluctuation du poids de *M. falvoviride* en fonction des milieux de culture et des températures testés

Milieux Température	R	Poids (P1)	Temps (jours)							
			4		7		11		14	
			P2	P'	P2	P'	P2	P'	P2	P'
G,N 25°C	R1	29,31	28,11	1,8	26,58	2,71	25,4	3,91	23,46	5,85
	R2	33,04	31,41	1,63	29,17	3,87	28,49	4,55	26,49	6,55
	R3	27,91	26,37	1,54	24,85	3,06	23,56	4,35	21,57	6,34
	M	30,08	28,63	1,45	26,86	3,22	25,82	4,26	23,84	6,24
DCLS 25°C	R1	22,29	21,24	1,05	19,45	2,84	18,27	4,02	16,50	5,79
	R2	24,98	23,43	1,55	22,07	2,91	20,72	4,26	19,03	5,95
	R3	24,29	22,71	1,58	21,26	3,03	19,97	4,32	18,19	6,10
	M	23,85	22,46	1,39	20,92	2,93	19,57	4,20	17,2	5,95
G,N 32°C	R1	32,96	30,26	2,70	28,06	4,90	24,85	8,11	22,98	9,98
	R2	29,17	26,75	2,42	24,71	4,46	21,47	7,70	19,79	9,38
	R3	27,66	24,86	2,80	22,48	5,80	19,22	8,44	17,46	10,2
	M	29,93	27,29	2,64	25,08	4,85	21,85	8,08	20,07	9,86
DCLS 32°C	R1	29,93	27,12	2,81	24,64	5,29	21,46	8,47	19,63	10,3
	R2	31,63	29,39	2,24	27,36	4,27	24,6	7,03	22,98	8,65
	R3	33,35	31,24	2,11	28,95	4,40	26,09	7,26	24,30	9,05
	M	31,63	29,25	2,38	26,98	4,65	24,05	7,58	22,30	9,33

M. flavoviride cultivé sur les deux milieux de culture présente un meilleure poids aux quatorzième jours pour les trois températures testées, avec un gain corporel oscillant entre 5.95g et 9.33 g (Tableau 26 , Figure 37, 38).

L'analyse de la variance montre que le facteur milieu à la température de 32°C, ($p < 0.05$), présente une différence significative. Cependant à travers le temps la différence est non significative pour les deux milieux. L'hyphomycètes présente une faible augmentation de poids (Tableau, 27).

Tableau 27 : Analyse de la variance de la croissance pondérale de *M. flavoviride* en fonction des températures et des humidités testés

	Facteurs	Somme des carrés	d.d.l.	Carrés moyens	F-ratio	P
TEMPERATURES						
25°	Milieux	1,540	1	1,540	0,019	0,897
	Durée (covariable)	174,146	1	174,146	2,117	0,205
320C	Milieux	0,278	1	0,278	6,712	0,049*
	Durée (covariable)					
HUMIDITE						
65%	Milieux	0,101	1	0,101	1,937	0,223
	Durée (covariable)	8,365	1	8,365	160,06	0,000***
75%	Milieux	2,344	1	2,344	7,019	0,04*
	Durée(covariable)	8,576	1	8,576	25,682	0,004**
85%	Milieux	0,095	1	0,095	11,451	0,020*
	Durée covariable)	0,991	1	0,991	119,939	0,000***

1.2.2- Effet de l'humidité

Vis-à-vis de humidités, Les deux entomopathogènes présentent un gain de poids significatif pour les deux milieux, gélose nutritive et DCLS (tableau 27). Au quatorzième d'incubations (tableau 28). Le poids le plus élevé est observé Sur GN à la l'humidité de 75 % avec 4 ,71 gramme de gain de poids (figure 39) et sur DCLS un poids de 3,85 est noté à l'humidité de 65% (figure 40).

Tableau 28 : Variation pondérale de *M. flavoviride* en fonction de l'humidité

Milieux Humidités	R	Poids P1	Temps (jours)							
			4		7		11		14	
			P2	P'	P2	P'	P2	P'	P2	P'
GN 65%	R1	27,59	26,83	0,750	25,98	1,610	25,34	2,250	24,34	3,25
	R2	26,85	26,13	0,720	25,08	1,770	24,47	2,380	23,42	3,43
	M	27,22	26,48	0,740	25,53	1,690	24,90	2,320	23,88	3,34
DCLS 65%	R1	26,63	26,03	0,600	24,97	1,660	24,27	2,360	22,85	3,78
	R2	27,53	26,62	0,910	25,54	1,990	24,79	2,740	23,61	3,92
	M	27,08	26,32	0,760	25,25	1,830	24,53	2,550	23,31	3,85
GN 75%	R1	31,20	30,44	0,760	28,96	2,240	27,74	3,460	25,68	5,52
	R2	26,69	26,11	0,580	25,04	1,650	24,17	2,520	22,79	3,90
	M	28,94	28,27	0,67	27,00	1,94	25,95	2,99	24,23	4,71
DCLS 75%	R1	30,68	30,13	0,550	29,60	1,080	29,07	1,610	28,38	2,30
	R2	31,40	30,56	0,840	30,06	1,340	29,55	1,850	29,02	2,38
	M	31,04	30,34	0,70	29,83	1,21	29,31	1,73	28,70	2,34
GN 85%	R1	30,45	30,21	0,240	29,78	0,670	29,49	0,960	29,14	1,31
	R2	27,50	27,22	0,280	26,78	0,720	26,40	1,100	26,02	1,48
	M	28,97	28,71	0,260	28,28	0,69	27,94	1,03	27,58	1,39
DCLS 85%	R1	33,04	32,78	0,260	32,53	0,510	32,22	0,820	31,88	1,16
	R2	28,78	28,53	0,250	28,53	0,430	28,13	0,650	27,88	0,90
	M	30,91	30,65	0,260	30,44	0,47	30,17	0,74	29,88	1,03

1.3 Evaluation de la concentration en spore en fonction des températures et des humidités testées

1.3. 1- Evaluation des concentrations en fonction des températures

Tableau 29 : Variation des concentrations en spores en fonction des températures fixées

Milieux	R	Températures					
		25°C		32°C		35°C	
		[C] sp/ml	Log ₁₀	[C] sp/ml	Log ₁₀	[C] sp/ml	Log ₁₀
DCLS	R1	6,75 10 ⁷	7,829	6,10 10 ⁷	7,785	8,90 10 ⁷	7,949
	R2	4,47 10 ⁷	7,650	1,10 10 ⁸	8,041	7,97 10 ⁷	7,901
	R3	2,88 10 ⁷	7,459	4,20 10 ⁷	7,623	2,88 10 ⁷	7,459
	M	4,70 10 ⁷	7,672	7,10 10 ⁷	7,851	6,60 10 ⁷	7,819
G, N	R1	4,05 10 ⁷	7,607	6,14 10 ⁷	7,788	3,24 10 ⁷	7,510
	R2	3,63 10 ⁷	7,559	6,40 10 ⁷	7,806	3,84 10 ⁷	7,584
	R3	4,56 10 ⁷	7,658	4,18 10 ⁷	7,621	2,75 10 ⁷	7,439
	M	4,08 10 ⁷	7,610	5,57 10 ⁷	7,745	3,28 10 ⁷	7,515

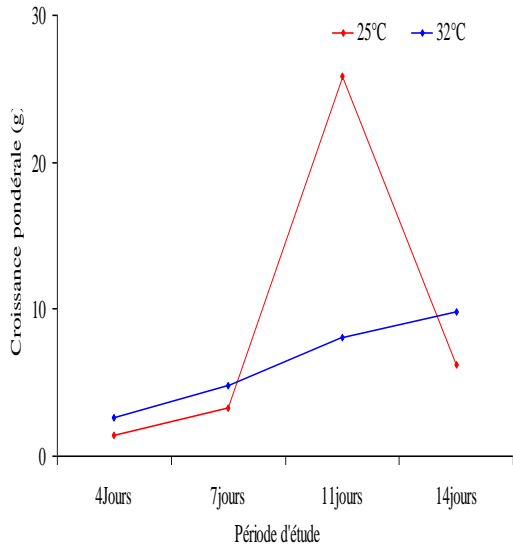


Figure 37: Comparaison des croissances pondérales de *M. flaviviride* en fonction des températures fixées sur gélose nutritive

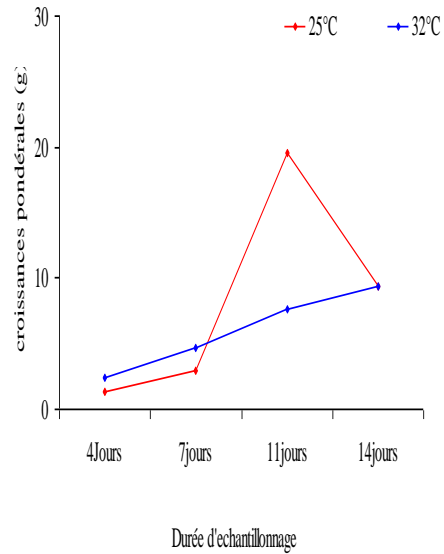


Figure 38: Evolution du poids de *M. flaviviride* sur DCLS en fonction des températures ciblées

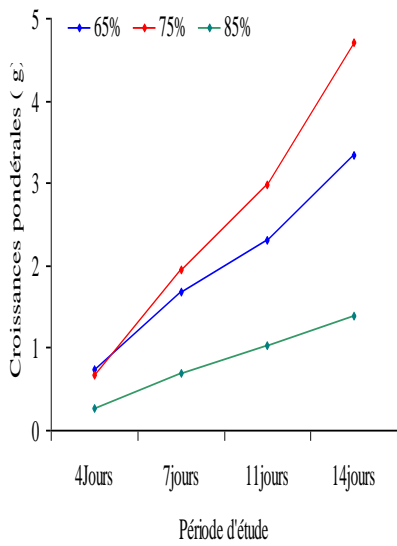


Figure 39: Evolution pondérale de *M. flaviviride* sur GN en fonction des taux d'humidités testés

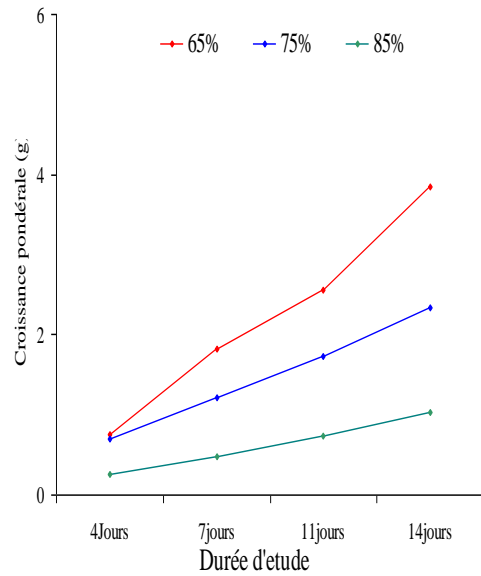


Figure 40 Evolution du poids de *M. flaviviride* en fonction des taux d'humidité testés sur DCLS

Tableau 30: Etablissement des indices de similarité des concentrations en spores en fonction des Températures pour les deux entomopathogènes

Variables	Indice de similarité		
	25°C	32°C	35°C
25°C	0	0,2242	0,17503
32°C	0,2242	0	0,23222
35°C	0,17503	0,23222	0

L'entomopathogène fructifié de la même manière dans les deux milieux et aux même températures avec une légère différence pour le milieu DCLS à la température de 35 et 32°C (tableau 29 et figure 41).

L'indice de similarité et des distance euclidienne montre une différence non significative dans la concentration des spores pour les différentes températures testées et aux différents milieux (teste de tukey $p = 0,1432$) (tableau 30).

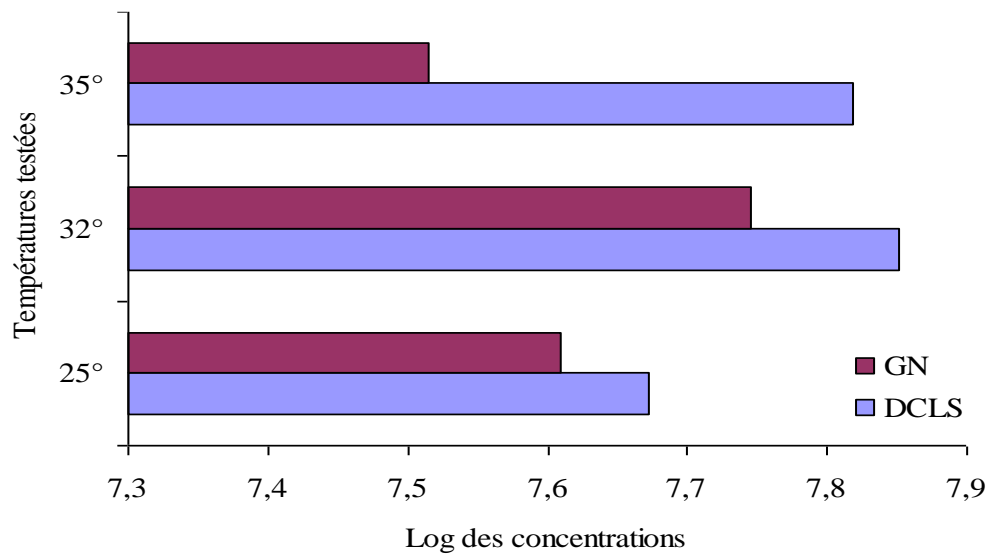


Figure41 : Evaluation des concentrations en spores de M. flavoviride en fonction des températures testées sur GN et DCLS

1.3.2- Impacte des différentes humidités testées sur la sporulation de *M. flavoviride*

Tableau 31 : Estimation des concentrations en spores en fonction des différentes humidités testées sur GN et DCLS

Milieux	R	Humidités					
		65%		75%		85%	
		[C] sp/ml	Log ₁₀	[C] sp/ml	Log ₁₀	[C] sp/ml	Log ₁₀
DCLS	R1	1,8 10 ⁶	6,255	1,05 10 ⁶	7,021	6,67 10 ⁶	6,824
	R1	1,2 10 ⁶	6,079	1,03 10 ⁷	7,012	1,25 10 ⁷	7,096
	M	1,5 10 ⁶	6,176	0,58 10 ⁶	7,017	3,39 10 ⁶	6,981
GN	R			CONTAMINATION			

M. flavoviride ayant été contaminé sur gélose nutritive, la concentration en spores a été évaluée uniquement sur milieu DCLS, dont la meilleure sporulation est notée à l'humidité de 85% avec 3,3910⁶ spore/ml (tableau 31).

1.4 -Impact des ultraviolets proches sur la croissance mycélienne, la croissance pondérale et la sporulation de *M. flavoviride*

1.4.1- Evaluation de La croissance linéaire de *M. flavoviride*

La croissance diamétrale fluctue modérément pour les trois temps d'expositions testés (tableau 32). Exception faite pour la durée d'exposition de quatre heures (T1) et quatre jours (T3) ou les croissances diamétrales sont plus ou moins importantes durant les quinze jours d'étude (figure 42). Le test de Newman et Keuls montre que la durée d'exposition de *M. flavoviride* aux ultraviolets proches, n'est pas significative, cependant pour le facteur durée d'échantillonnage, la différence est hautement significative ($p < 0.0001$) (tableau 33). En fonction du temps d'exposition deux groupes homogènes sont formés à savoir : T0 et T1 constituant le groupe B et T2 et T3 constituant le groupe C (tableau 34). Cependant en considérant le facteur période d'échantillonnage, trois groupes sont remarqués à savoir : la durée de 15 jours qui représente le groupe A ayant obtenu la plus grande croissance linéaire de 10,60 cm en moyenne, suivie par la durée de 12 et 9 jours qui représente le groupe B avec des valeurs respectives de 7,78 et 6,15 cm en moyenne et enfin le groupe C réuni les durées 6 jours et 3 jours avec des croissances linéaires de 2,75 et 1,25 cm (tableau 35)

Tableau 32 : Evolution des croissances mycélienne en fonction de la durée d'exposition aux ultras violet proche

Durée d'expositions	Répétitions	Croissance mycélienne (mm)				
		3 ^{ième} jours	6 ^{ième} jours	9 ^{ième} jours	12 ^{ième} jours	15 ^{ième} jours
T0	R1	2,65	4,65	5,65	7,65	9,15
	R2	2,15	3,65	6,65	7,65	8,65
	R3	0,35	2,4	7,65	6,65	9,69
	Moyenne + Ecart type	1,72±1,21	3,57±1,13	6,65±	7,32±1,58	9,2±0,52
T1	R1	3,65	3,15	7,15	9,15	10,15
	R2	3,65	4,65	4,65	5,15	13,65
	R3	1,65	6,15	6,15	9,65	10,65
	Moyenne+ Ecart type	2,98±1,15	4,65±1,5	6,0±1,26	8,0±2,47	11,48±1,89
T2	R1	1,65	3,15	9,15	10,15	14,15
	R2	0,35	0,65	2,65	5,65	5,65
	R3	0,75	3,65	5,15	7,15	11,65
	Moyenne +Ecart type	0,917±0,67	2,48±1,61	5,65±3,28	7,65±2,29	10,48±4,37
T3	R1	0,15	1,15	9,15	11,75	15,15
	R2	0,15	1,15	4,65	5,65	7,15
	R3	0,2	0,65	5,15	6,15	11,5
	Moyenne					
	Ecart type	0,167±0,03	0,98±0,29	6,32±2,47	7,85±3,39	11,27±4,01

T0 : Témoins non exposé à l'N.U.V. ; **T1** : Champignon exposé à l'N.U.V à une durée de 4 heures ; **T2** : Champignon exposé à l'N.U.V à une durée de 24 heures ; **T3** : Champignon exposé à l'N.U.V à une durée de 4 jours ; **R** : Répétitions

a.. Analyse de la variance de la croissance mycélienne en fonction, des durées d'exposition au NUV

Tableau 33 : Analyse de la variance de l'effet des NUV sur la croissance diamétrale de *M. flavoviride*

Variable	SCE	DDL	Carrées des moyennes	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.Totale	913,06	59	15,48				
Var. facteur 1	111,70	13,90	16,82	0,0491	8,65		
Var. Facteur 2	684,74	4	171,14	36,16	0,000***		
Var. Inter 1,2	27,24	12	2,27	10,48	0,0632		
Var. résiduelle	189,37	40	4,73			2,18	38%

Facteur 1 : Durée d'exposition de *M.flavoviride* aux UNV.

Facteur 2 : Durée de traitement

Facteur 1 : Temps d'expositions

Tableau 34 : Classements des moyennes en fonction du temps d'expositions

Durée d'expositions	Libellés	Moyennes	Groupes Homogènes
4	T0	5,69	B
3	T1	6,62	B
2	T2	5,43	C
1	T3	5,31	C

Facteur 2 : Duré d'étude en jours

Tableau35: Classement des moyennes en fonction de la durée de traitement

Durée d'expositions	Libellés	Moyennes	Groupes Homogènes
5	15j	10,60	A
4	12j	7,78	B
3	9j	6,15	B
2	6j	2,75	C
1	3j	1,25	C

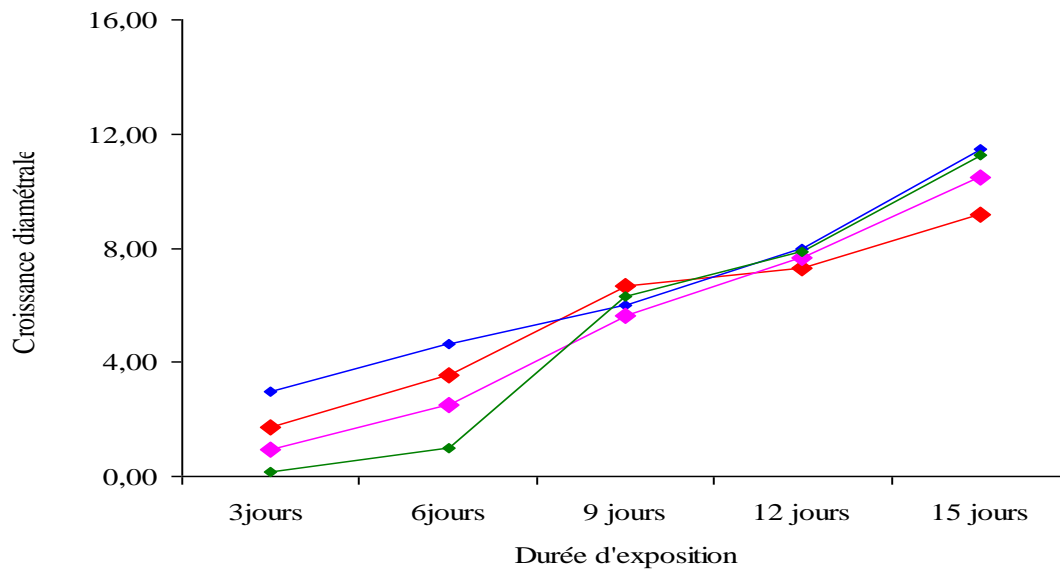


Figure 42 Variation des croissance diamétrales de M . flavoviride en fonction des durées d'exposition en NUV

◆ T0 ◆ T1 ◆ T2 ◆ T3

T0 : Témoins non exposé à l’N.U.V. ; **T1** : Champignon exposé à l’N.U.V à une durée de 4 heures ; **T2** : Champignon exposé à l’N.U.V à une durée de 24 heures ; **T3** : Champignon exposé à l’N.U.V à une durée de 4 jours ; **R** : Répétitions

1.4.2 Estimation de La croissance pondérale de *M. flavoviride* exposée à l'ultra violet proche (N.U.V.)

Tableau 36 : Evolution du poids de *M.flavoviride* traité aux N.U.V.

Temps d'expositions	Répétitions	poids (g)
T0	R1	6,51
	R2	1,96
	R3	3,64
	Moyenne + Ecart type	4,04±2,30
T1	R1	2,14
	R2	1,7
	R3	2,53
	Moyenne + Ecart type	2,12 ± 0,42
T2	R1	2,29
	R2	0,57
	R3	1,13
	Moyenne + Ecart type	1,33 ± 0,88
T3	R1	1,85
	R2	3,93
	R3	2,29
	Moyenne + Ecart type	2,69 ± 1,10

Les gains de poids ne sont pas considérables entre pour les différents temps d'expositions. Concernant les lots témoins, ils présentent des gains de poids plus importants par rapport au témoins (tableau 36 et figure 43). Le gain de poids est estimé à de 4,04 contre 2,12 g ,1,33g et 2,69 g respectivement pour les différents temps d'expositions T1, T2 et T3. Les facteurs durés de traitement ainsi que les durées d'expositions ne présentent pas de différence significatif $p > 0.1$ (tableau 37).

Tableau 37 : Analyse de la variance de l'effet des NUV sur la croissance pondérale de *M. flavoviride*

Variable	SCE	DDL	Carrées des moyennes	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.Totale	26.33	11	2,39	10,60			
Var. facteur	11.68	3	3,89	2,13	0,1749		
Var. résiduelle	14.66	8	1,83			1,35	53,3%

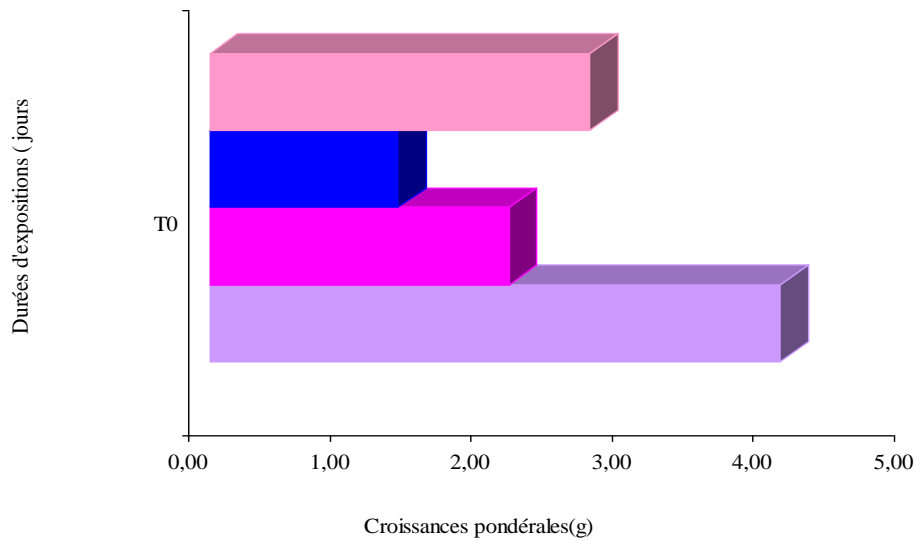


Figure 43 : Variation pondérale de *M. flavoviride* en fonction des durées d'expositions au N.U.V

■ T0 ■ T1 ■ T2 ■ T3

T0 : Témoins non exposé à l’N.U.V. ; **T1** : Champignon exposé à l’N.U.V à une durée de 4 heures ; **T2** : Champignon exposé à l’N.U.V à une durée de 24 heures ; **T3** : Champignon exposé à l’N.U.V à une durée de 4 jours ; **R** : Répétitions

14.3 Evaluation des concentrations en spores du Mycélium de *M. flavoviride* soumis à différents temps d'exposition aux N.U.V.

Tableau 38 : Concentrations des spores de *M. flavoviride* en fonction de la durée d'exposition aux N.U.V.

Répétitions	Témoins	champignon traité au U.N.V		
	T0	4 Heures	24Heures	4 jours
R1	73710 ⁶	2 523 10 ⁶	30 630 10 ⁶	33 024 10 ⁶
R2	203 10 ⁶	41 862 10 ⁶	1 994 10 ⁶	2 044 10 ⁶
R3	246 10 ⁶	25 000 10 ⁶	14 230 10 ⁶	14 022 10 ⁶
moyenne	224,5 10 ⁶	23 128 10 ⁶	16 312 10 ⁶	16 363 10 ⁶
écart type	21,5 10 ⁶	16114,519 10 ⁶	1431810 ⁶	12755,4297 10 ⁶
Groupes homogènes	B	B	B	A

La production des spores a été très importante, La meilleure sporulation est obtenue pour le temps d'exposition de 4 jours (tableau 38, figure 44) avec une différence hautement significative pour les facteurs temps d'expositions et période d'échantillonnage ($p > 0.0001$) (tableau 39),

Tableau39 : Significations des NUV sur la sporulation *M.flavoviride*

Variable	SCE	DDL	Carrées des moyennes	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.Totale	2534459600.00	11	230405424.00		0,096		
Var. facteur	824942210.00	3	274980740.00	1,29	0.000***		
Var. résiduelle	1709517440.00	8	213689680.00			14618.13	106,00%

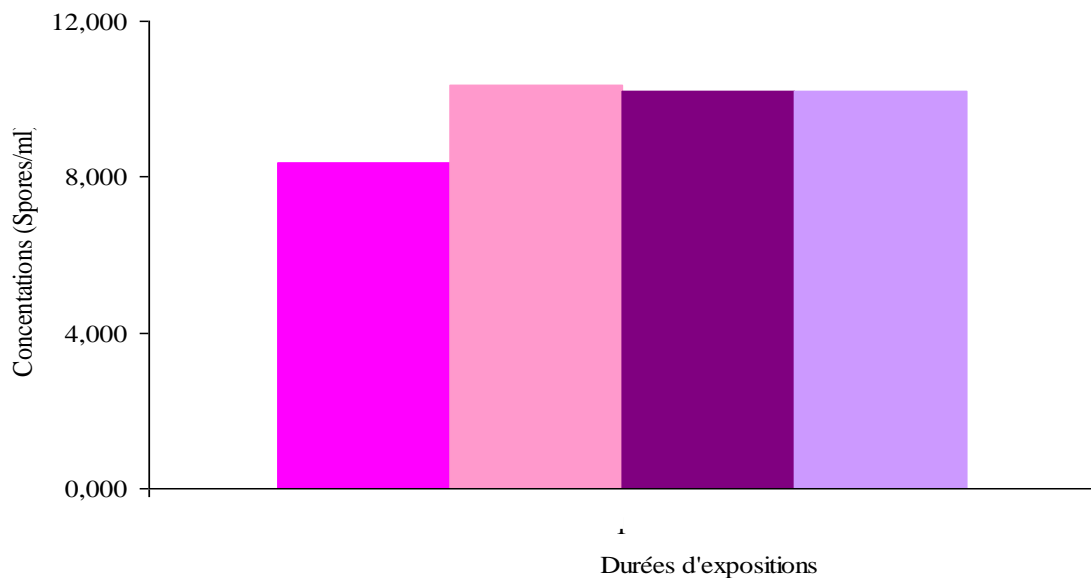


Figure 44: Evaluation des concentration en spores de *M.flavoviride* en fonction des durées d'expositions en NUV

■ Témoins ■ T1 ■ T2 ■ T3

T0 : Témoins non exposé à l'N.U.V. ; **T1** : Champignon exposé à l'N.U.V à une durée de 4 heures ; **T2** : Champignon exposé à l'N.U.V à une durée de 24 heures ; **T3** : Champignon exposé à l'N.U.V à une durée de 4 jours ; **R** : Répétitions

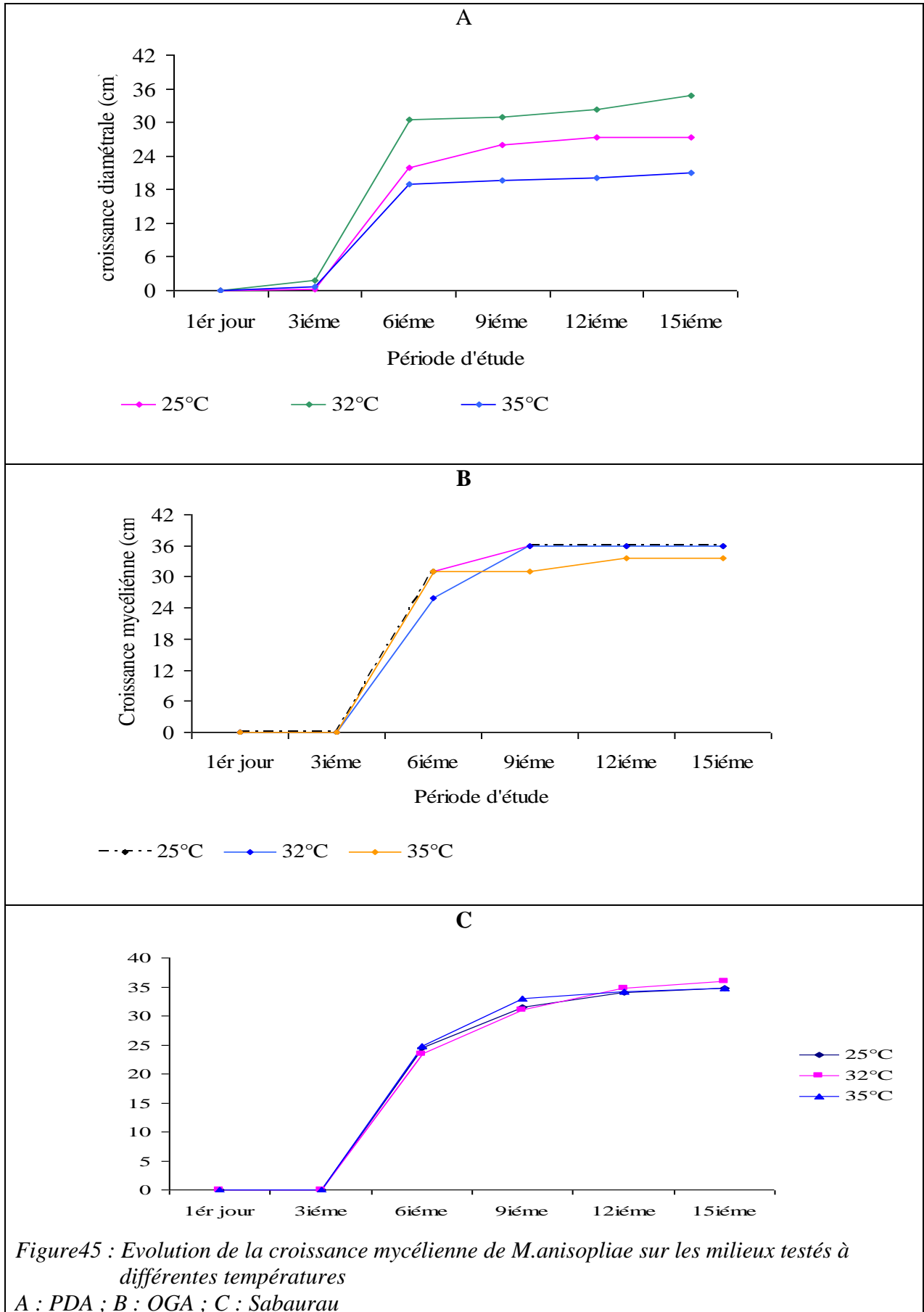
2. *Metarhizium anisopliae*

2.1 Evaluation de la croissance diamétrale en centimètre de *M. anisopliae* cultivé sur PDA, OGA et Sabouraud soumis à différentes températures et milieux de Cultures

D'après le Tableau (40), le maximum de croissance est obtenu à 25 ° C et à 32°C sur gélose à base d'oxytetracycline (OGA) avec un gain de taille de 36 cm ,et à 35° C sur Sabourau avec une croissance de 34,75 cm (Figure 45) L'examen détaillé du tableau (42) , montre que *M.anisoliae* présente une croissance diamétrale hautement significative pour le facteur temps ou durée d'incubation pour les trois températures testées (p= 0.000***, F =193,334) cependant pour les milieux de culture choisis la différence est non significative. Quelque soit le milieu, le développement du champignon est pratiquement homogène.

Tableau 40 : Variation de la croissance diamétrale de *M. anisopliae* en fonction des températures

Températures	Milieux	Périodes d'échantillonnages					
		1ér jour	3ième	6ième	9ième	12ième	15ième
25°C	PDA	0,00	0,25	22	26	27,25	27,25
	OGA	0	0	31	36	36	36
	Sabourau	0	0	24,5	31,5	34	34,75
32°C	PDA	0	1,75	30,5	31	32,25	34,75
	OGA	0	0	26	36	36	36
	Sabourau	0	0	23,5	31	34,75	36
35°C	PDA	0	0,75	18,9	19,75	20	21
	OGA	0	0	31	31	33,5	33,5
	Sabourau	0	0	24,75	33	34,25	34,75



2.2 Effet de la température sur la croissance pondérale du *M. anisopliae* cultivé sur PDA, OGA et Sabourau

Tableau 41 : Evaluation du poids de *M.anisopliae* sur PDA , OGA, Sabourau à différentes températures

Températures	Milieux	Périodes d'échantillonnages					
		1 ^{er} jours	3 ^{ième}	6 ^{ième}	9 ^{ième}	12 ^{ième}	15 ^{ième}
25°C	PDA	0	1,05	2,97	5,44	7,26	8,14
	OGA	0	0	4,12	8,5	8,51	9,82
	Sabouraud	0	0	2,99	5,59	7,32	7,92
32°C	PDA	0	0,93	2,37	4,09	5,17	5,79
	OGA	0	0	2,08	2,61	5,86	7,13
	Sabouraud	0	0	2,74	4,73	6,06	7,02
35°C	PDA	0	2,39	5,98	9,71	13,61	15,74
	OGA	0	0	6,18	5,18	15,30	18,27
	Sabouraud	0	0	7,10	12,30	15,74	17,47

Comme pour la croissance diamétrale , nous remarqu'ons un gain de poids plus ou moins important sur OGA à 35°C qui est de 18,27 gramme (tableau 41 et figure 46)

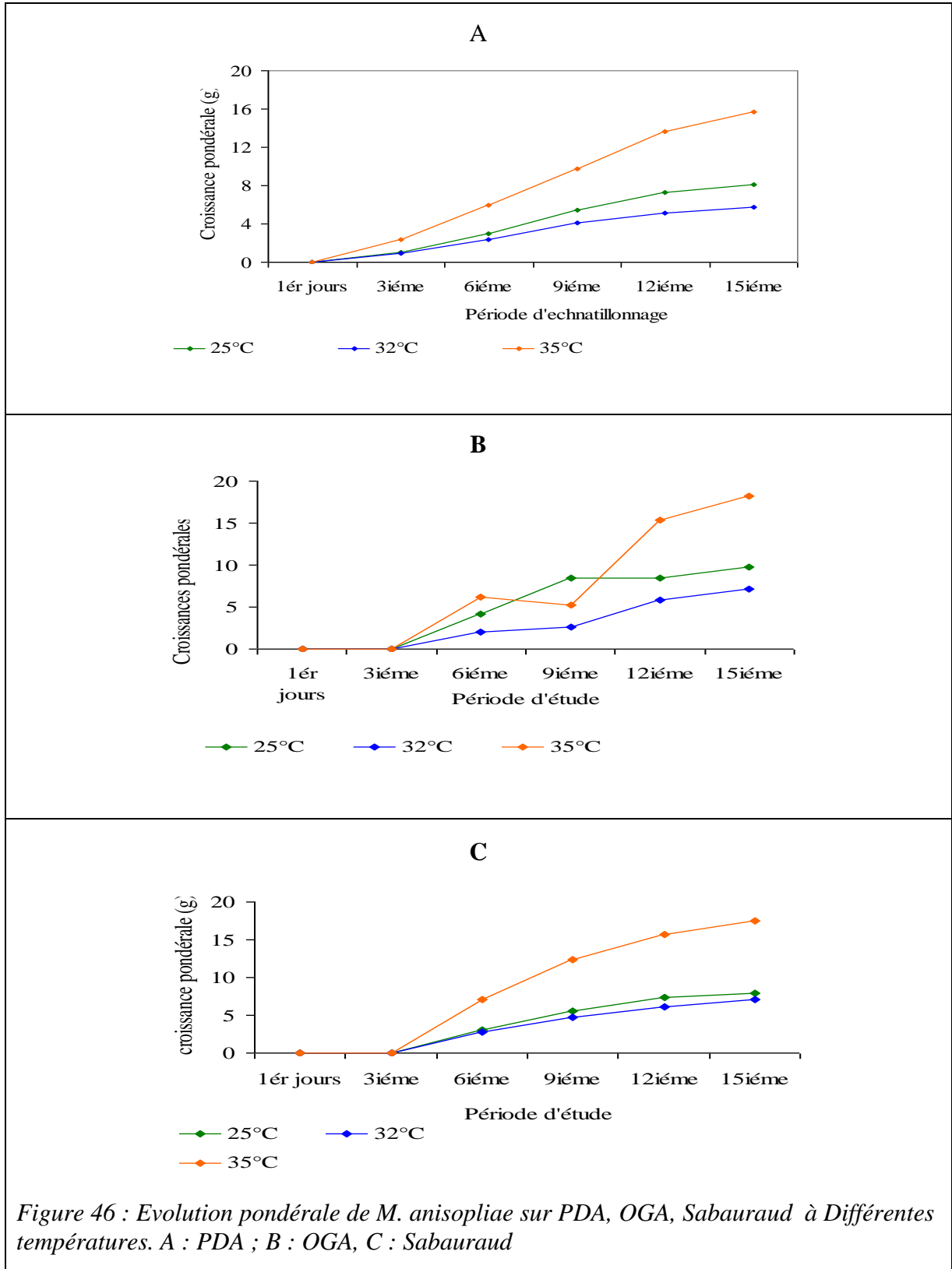
2.3 – Analyse de la variance de la croissance diamétrale et pondérale de *M. anisopliae*

Tableau 42 : Analyse de la variance de la croissance diamétrale et croissance pondérale en fonction des températures et milieux testés

L'examen détaillé du tableau (42), montre que *M.anisopliae* présente une croissance diamétrale hautement significative pour le facteur temps ou durée d'incubation pour les trois

	Facteurs	Somme des carrés	d.d.l.	Carrés moyens	F-ratio	P
TEMPERATURES						
25°C	Milieux	4,945	2	2,472	2,375	0,129
	Durée covariable)	201,265	1	201,265	193,334	0,000***
32°C	Milieux	0,751	2	0,376	0,910	0,397
	Durée covariable)	111,741	1	111,741	294,047	0,000***
35°C	Milieux	4,945	2	2,472	2,375	0,129
	Durée covariable)	201,265	1	201,265	193,334	0,000***
POIDS						
25°C	Milieux	4,945	2	2,472	2,375	0,129
	Durée covariable)	201,265	1	201,264	193,334	0,000***
32°C	Milieux	0,751	2	0,376	0,989	0,397
	Durée covariable)	111,741	1	111,741	294,047	0,000***
35°C	Milieux	5,115	2	2,557	0,817	0,462
	Durée covariable)	739,767	1	739,765	236,247	0,000***

températures testées ($p= 0.000***$, $F =193,334$) cependant pour les milieux de culture choisis la différence est non significative. Quelque soit le milieu, le développement du champignon est pratiquement homogène avec une variation hautement significative pour le facteur durée d'incubation pour les trois températures testées (tableau 42).



2.4 Effet de la température sur la sporulation de *M. anisopliae* cultivé sur PDA, OGA et Sabourau

Tableau 43 : Dénombrement des spores produites sur les trois milieux testés aux différentes températures étudiées

Température/ Milieux	25°C		32°C		35°C	
	[C] sp/ml	Log 10 ⁵	[C] sp/ml	Log 10 ⁵	[C] sp/ml	Log 10 ⁵
PDA	0,82 10 ⁵	6,45	7,82 10 ⁵	7,89	4,71 10 ⁵	7,67
OGA	2,87 10 ⁵	7,46	4,9 10 ⁵	6,69	7,24 10 ⁵	7,86
Sabouraud	4,77 10 ⁵	7,68	3,74 10 ⁵	7,57	2,34 10 ⁵	7,37

Le nombre de spores produites est fonction des températures et des milieux. En effet la meilleure sporulation est obtenue à 25°C sur Sabourau de L'ordre de 4,77 10⁵ spores /ml. A 32°C, la concentration est élevée sur PDA et égale à 7,82 10⁵ . Sur OGA a 35 °C, elle est de 7,24 10⁵ spores /ml (tableau 43 et Figure 47)

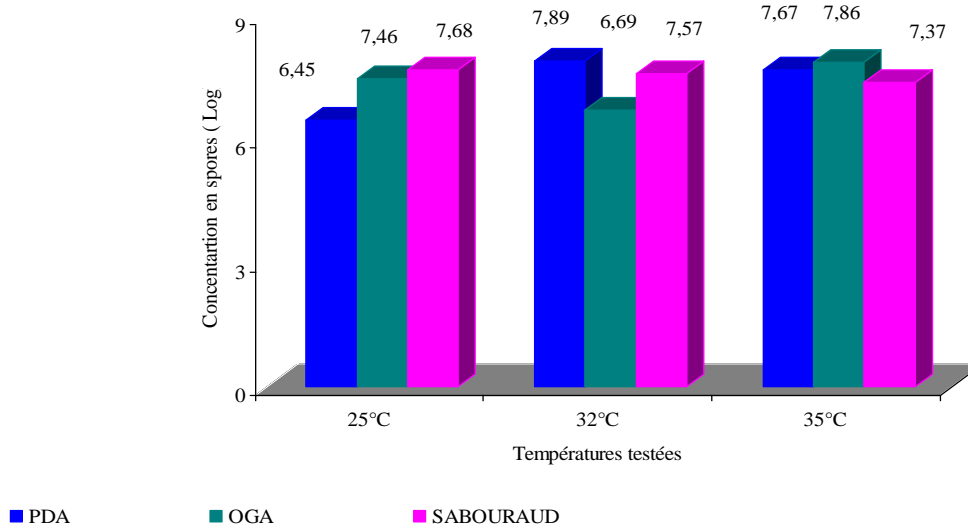


Figure 47 : Evaluation des concentrations des spores de M.anisopliae en fonction des températures et des milieux

IV- Caractérisations des deux huiles essentielles (HE) et des extraits foliaires de *Schinus molle* et *Melia azedarach*

1. Les propriétés organoleptiques et indices physico-chimiques des Huiles essentielles

1.1- Les propriétés organoleptiques

1.1.1- *Schinus molle* (Faux poivrier)

Tableau 44 : Résultats des propriétés organoleptiques des huiles essentielles de *Schinus molle*

Huiles essentielles (HE)	Propriétés organoleptiques		
	Aspect	Couleur	Odeur
HE de Faux poivrier	Liquide	Jaunâtre	Caractéristique, épicée, proche de celle du poivre

Les huiles essentielles du faux poivrier présentent un aspect liquide, une couleur jaunâtre et une odeur caractéristique du poivre (tableau 44).

1.1.2- *Melia azedarach* (Margousier)

Tableau 45 : Résultats des propriétés organoleptiques de l'huile essentielle de *Melia azedarach*

Les huiles essentielles (HE)	Propriétés organoleptiques		
	Aspect	Couleur	Odeur
HE de <i>Melia azedarach</i>	Liquide mobile	Jaunâtre	Très forte, pénétrante acidulée caractéristique de la plante

Les huiles essentielles de *Melia azedarach* sont de couleur jaunâtre assez fluide, à odeur forte pénétrante (tableau 45)

1.2- Indices physico-chimiques des Huiles essentielles (HE) du Faux poivrier et *Melia azedarach*

1.2.1- *Schinus molle* (Faux poivrier)

Tableau 46 : les indices physico-chimiques des HE du Faux poivrier

caractères	Densité relative	Indice de réfraction	Indice d'acide	Indice de saponification	Indice d'ester
Résultats obtenues	0,89	1,4952	4,3	45,045	46,91

Tableau 47: Résultats physico-chimiques obtenue par Dekchitet et *al*,(1980) sur les huiles essentielles de *Schinus molle*

caractères	Densité relative	Indice de réfraction	Indice d'acidité	Indice de saponification	Indice d'esterification
Résultats	0,9004	1,504	4,0	47,201	46,91

Les résultats des caractéristiques physico-chimiques obtenues (tableau 46) sont similaires à ceux obtenus par Dekchitet et *al*, (1980) (tableau 47),.

12.2 -*Melia azedarach* (*Margousier*)

Tableau 48 : Caractéristiques physico-chimiques d'huiles essentielles (HE) de *Melia azedarach* :

caractères	Densité relative	Indice de réfraction	Indice d'acidité	Indice de saponification	Indice d'estérification
Résultats obtenues	0,93	1,4765	4,3	173,8	16,88
AFNOR	0,920-0,940 à 20°C	1,4750-1,4810 à 20°C	< 20,0	170-210	–

Les résultats obtenus aux tableau (48) sont conformement aux normes AFNOR., (2000)

2. Rendement des huiles essentielles extraites

Pour 600 g de poudre de feuilles de *Schinus molle* et de *Melia azedarach*, un rendement de 0,03 %et 0,042 % est obtenu respectivement.

V- Action de *M.flavoviride* et *M. anisopliae* sur quelques paramètres biologiques de *Schistocerca gregaria*

1. Evaluation du taux de mortalité des imagos de *S.gregraria* traités aux *M.flavoviride* et *M. anisopliae*

La mortalité des imagos évolue avec les doses et la durée de traitement pour les deux entomopathogènes étudiés. Au bout de 8 aux différentes doses testées, une mortalité de 100% est obtenue. Les plus importants taux sont obtenu à la dose D3 avec 29,16%et 25 % respectivement pour *M.flavoviride* et *M. anisopliae* (tableau, 49)

Tableau 49 : Variation du taux de mortalité des populations de criquet pèlerin traitées au *M.anisopliae* et *M.flavoviride* aux différentes doses

<i>M. flavoviride</i>									
Temps /Dose	1 ^{er} Jour	2ième Jour	3ième Jour	4ième Jour	5ième Jour	6ième Jour	7ième Jour	8ième jour	9ième jour
D1	R1	0	0	25	50	66,66	83,33	100	100
	R2	0	0	16,66	41,66	58,33	75	100	100
	M±E	0	0	20,83± 4,17	45,83± 4,17	62,495± 4,16	79,165± 4,16	100± 0	100± 0
D2	R1	0	16,6	41,66	58,33	75	91,66	100	100
	R2	0	0,25	0,50	66,66	0,75	83,33	100	100
	M±E	0	20,8± 4,2	45,83± 4,17	62,495± 4,16	75±0	87,495± 4,16	100± 0	100± 0
D3	R1	0	25	50	58,33	75	91,66	100	100
	R2	0	33,33	50	66,66	83,33	91,66	100	100
	M±E	0	29,165± 4,16	50± 0	62,495± 4,16	79,165± 4,16	91,66±0	100± 0	100± 0
<i>M anisopliae</i>									
D1	R1	0	0	0	8,33	33,33	58,33	83,33	100
	R2	0	0	0	16,66	33,33	50	0,75	100
	M±E	0	0	0	12,495± 4,16	33,33± 0	54,165± 4,16	79,165± 4,16	100±± 0
D2	R1	0	0	0	25	50	75	100	100
	R2	0	0	33,33	0,50	58,33	75	91,66	100
	M±E	0	0	33,33± 8,33	50± 12,5	58,33± 4,16	75± 0	91,66± 4,17	100±± 0
D3	R1	0	16,67	41,67	66,66	91,66	100	100	100
	R2	0	33,33	41,67	58,33	83,33	91,66	100	100
	M±E	0	25± 8,33	41,67±0	62,495± 4,16	87,495± 4,16	95,83± 4,17	100± 0	100± 0
Témoin	R1	0	0	0	0	0	0	0	0
	R2	0	0	0	0	0	0	0	0
	M±E	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0

D1 : $6,75 \times 10^4$ spores /ml, **D2** : $3,58 \times 10^6$ spores /ml, **D3** : $7,80 \times 10^7$ spores /ml

1.1 Comparaison de l'efficacité de *M.anisopliae* et *M. flavoviride* sur les adultes du Criquet pèlerin

Tableau 50 : Modèle G.L.M. appliqué aux différentes souches, doses et durée de traitement utilisé

Facteur	Carré moyen	DDL	Somme des carrés	F ratio	P
Souche (S)	128,509	1	128,591	0,076	0,78
Dose (D)	1408,118	2	704,059	0,422	0,658
Période (P)	71108,036	8	888,505	20,420	0,000**
(SXD)	6044,586	2	3022,293	1,810	0,175
(SXP)	820,627	8	102,578	0,236	0,981
(DXP)	1109,270	16	138,079	0,287	0,994

Souches : *M.flavoviride* , *M.anisopliae* ; Doses : **D1** : $6,75 \times 10^4$ spores /ml, **D2** : $3,58 \times 10^6$ spores /ml, **D3** : $7,80 \times 10^7$ spores /ml ; Période (P) : (1jours au 9 jours)

Nous avons appliqué le modèle général linéaire (G.L.M.), aux individus testés de manière à étudier l'influence des souches, des doses ainsi que les durées de traitements sur les taux de mortalités. Ce modèle permet d'observer l'effet des différents facteurs sur le taux de mortalité des individus du criquet pèlerin ainsi que leurs interactions. En comparant la somme des carrés des taux de mortalités en fonction des différents facteurs, nous remarquons qu'il n'existe pas de différence significative dans la mortalité des individus traités aux deux entomopathogènes et aux différentes doses, cependant la différence est hautement significative pour le facteur durée de traitement. et les interactions entre souches et doses de traitement (tableau 47 et figure 48, A, B, C , D) . *S. gregraria* réagis positivement et de la même manière pour les deux entomopathogènes testés. La mortalité commence au bout du deuxième ou troisième jours selon les doses appliqués et atteint son maximum au bout de sept à huit jours (figure 49et 50).

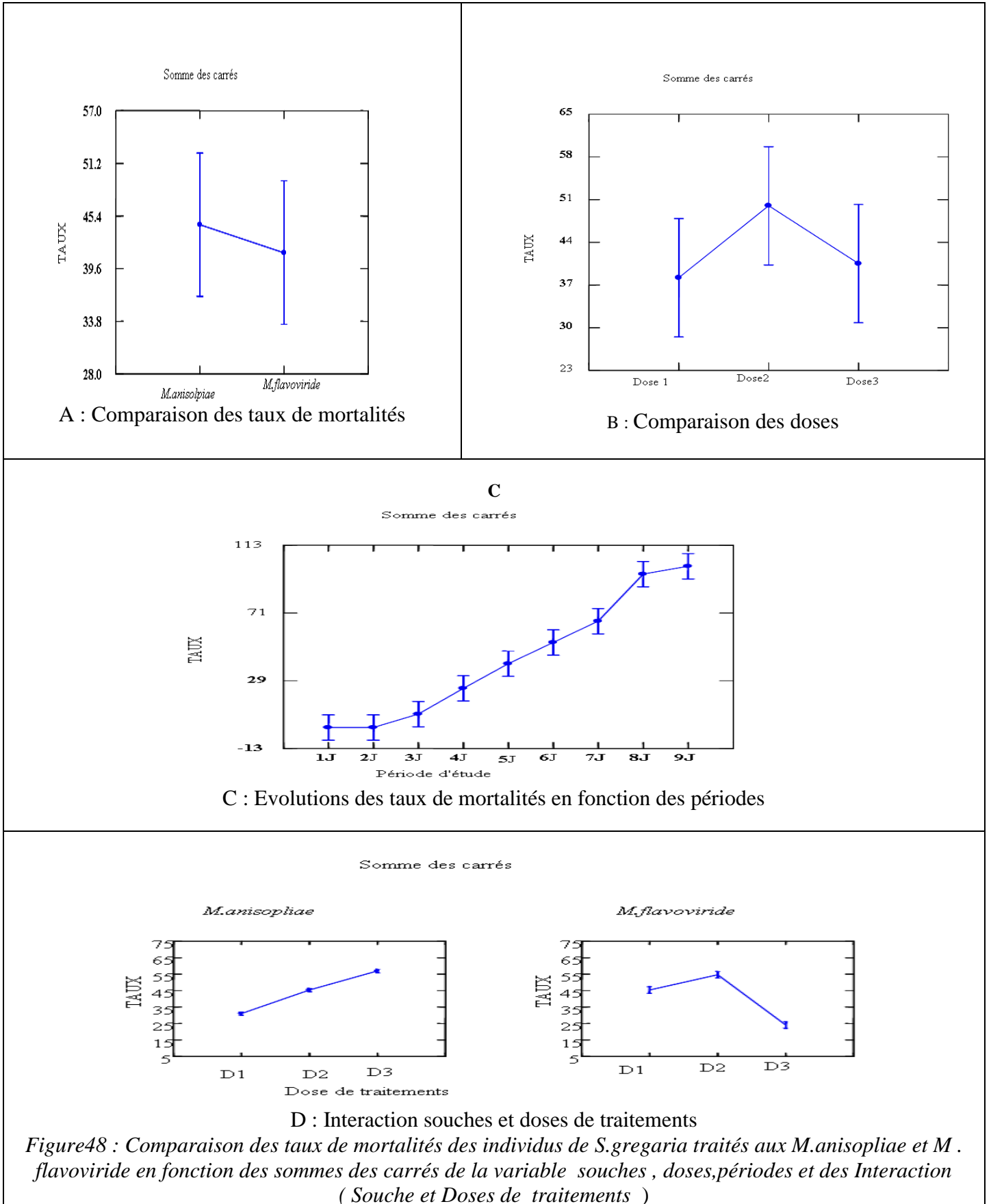


Figure48 : Comparaison des taux de mortalités des individus de *S.gregaria* traités aux *M.anisopliae* et *M. flavoviride* en fonction des sommes des carrés de la variable souches , doses,périodes et des Interaction (Souche et Doses de traitements)

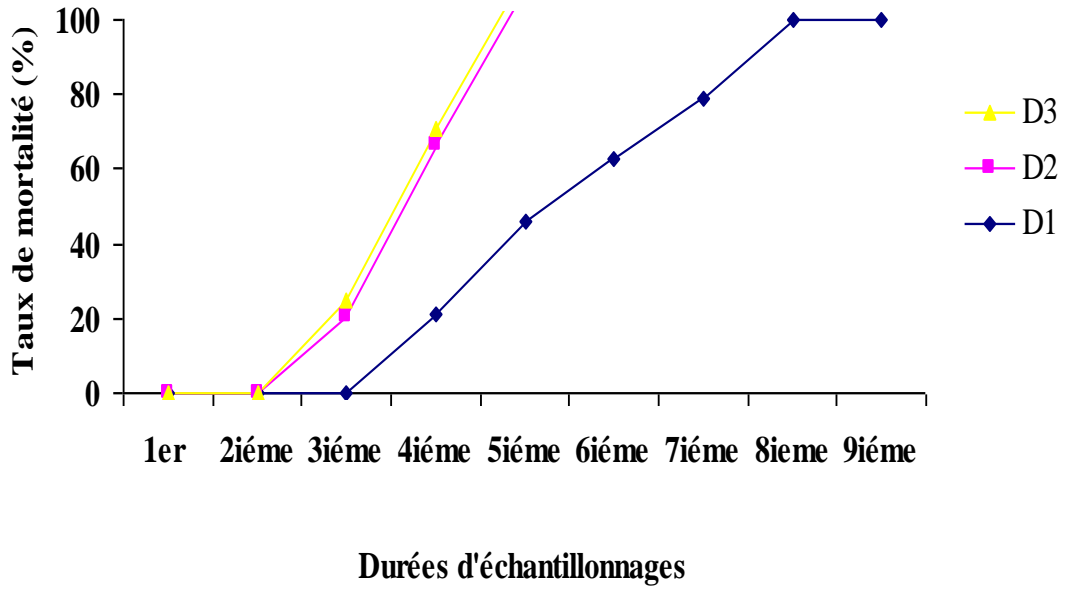


Figure 49 : Taux de mortalités chez les imagos de *S. gregaria* traités aux *M. anisopliae* à différentes doses

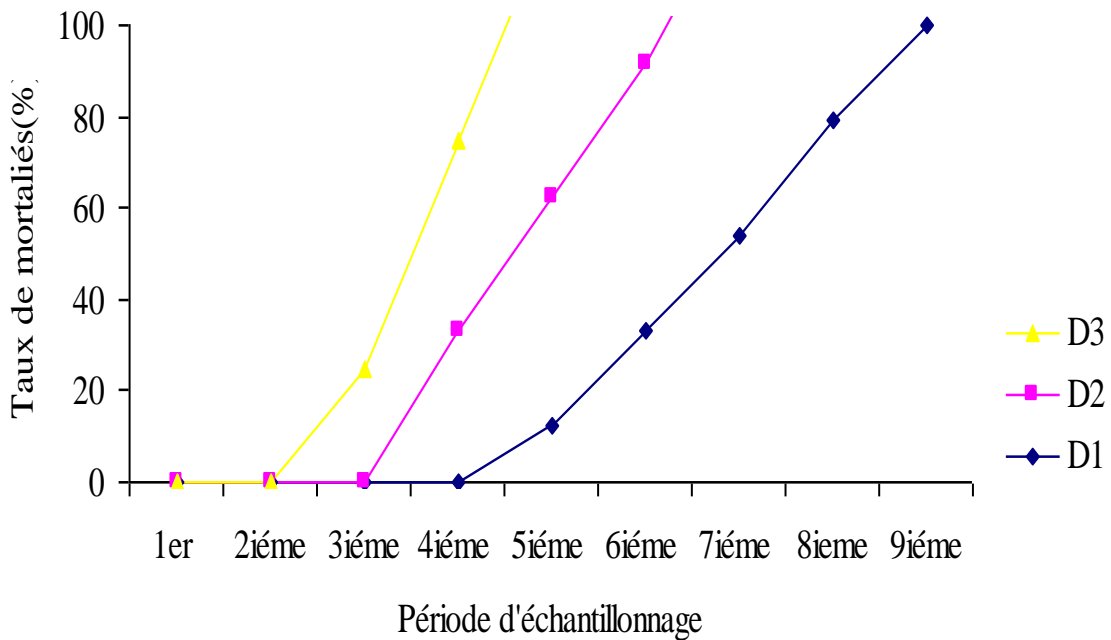


Figure 50 : Evaluation du taux de mortalité des adultes de criquet pèlerin traités aux *M. flavoviride* à plusieurs doses

1.2 Evaluations des DL 50 et TL50 des deux acridopathogènes sur les individus adultes de *S. gregaria*

1.2.1. Evaluations des DL 50

Tableau 51: Estimation des doses en logarithmes décimaux et les taux de mortalités en probits chez les adultes du criquet pèlerin traités au *M. flavoviride* et *M. anisopliae* au septième jour de traitement

Doses		% de mortalité			
		<i>M.flavoviride</i>		<i>M.anisopliae</i>	
Doses	Log doses	MC%	Probits	MC%	Probits
D1	4.83	79	5,81	54,16	5,10
D2	6.41	87	6,13	75	5,67
D3	7.89	91,66	6,24	95,83	6,75

La figure (51 A et B), définissant la droite de régression des probits des taux de mortalité en fonction des logarithmes décimaux des doses, montre une corrélation positive (P<1) pour les différentes doses étudiées pour les deux acridopathogènes. Ceci traduit qu'il existe une proportionnalité entre les doses et les taux de mortalités. D'après les formules obtenues à partir des droites de régressions, la dose létale pouvant tuée 50 % de la population du criquet pèlerin (DL 50) est donnée par les équations obtenue aux niveaux des deux droites de régressions respectivement pour les deux entomopathogènes à savoir :

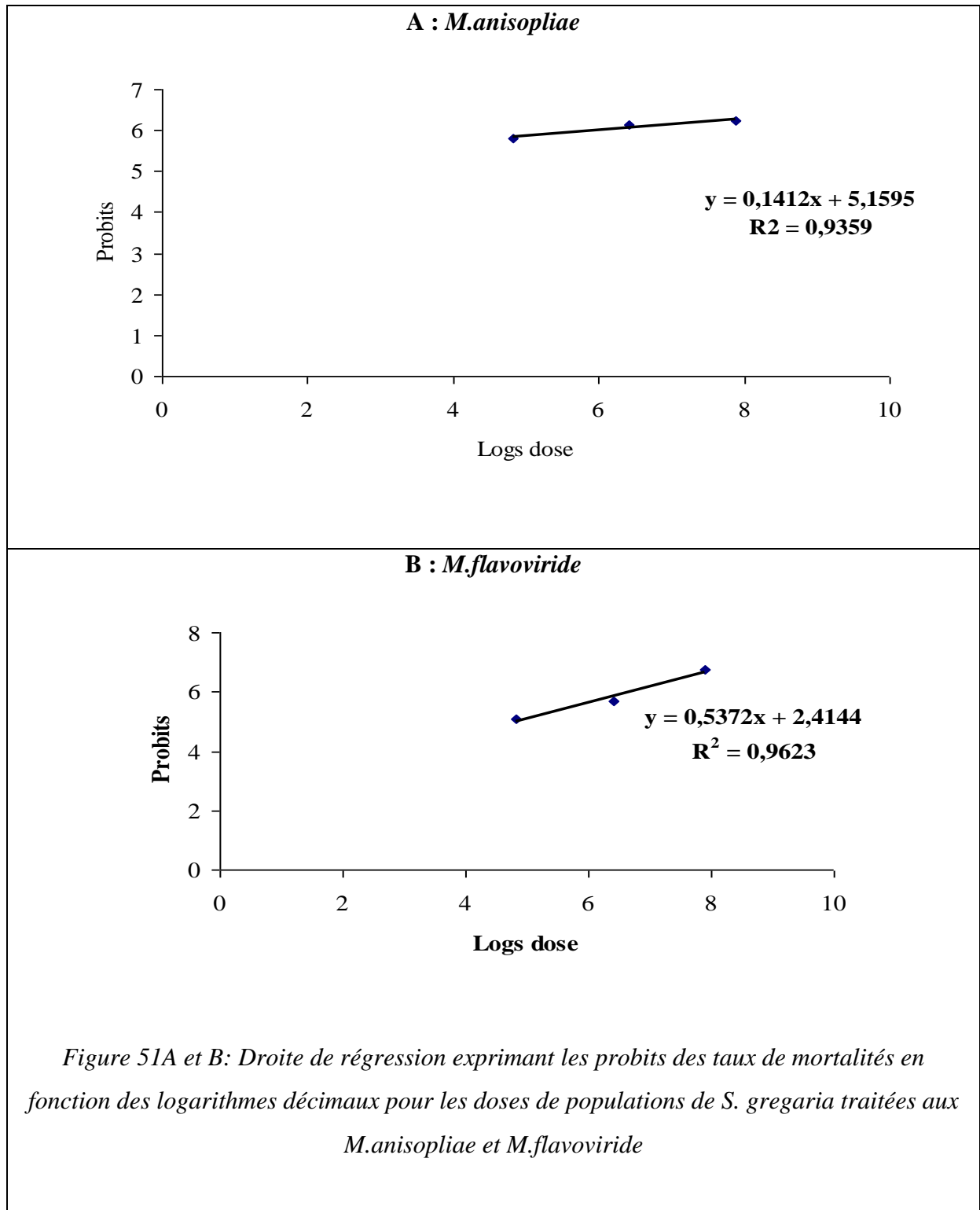
- *M.anisopliae* : DL50 = 1,59 10⁴ spores /ml
- *M .flavoviride* :DL50 = 6,68 10⁴ spores/ml

1.2.2- Evaluations des TL50

Tableau 52: Evaluation des doses de traitement en probits et les temps létaux en logarithme décimale chez les adultes de *S. gregaria* traités au *M.anispliae* et *M.flavoviride*

		<i>M.flavoviride</i>						<i>M.anisopliae</i>					
		D1		D2		D3		D1		D2		D3	
Tep	Log temps	MC %	Probit s	MC %	Probit s	MC %	Probit s	MC %	Probit s	MC %	Probit s	MC %	Probit s
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,48	0,00	0,00	20,80	4,19	29,16	4,45	0,00	0,00	0,00	0,00	25	4,33
4	0,60	20,83	4,19	45,83	4,90	50	5,00	12,49	3,82	25	4,33	42,67	4,82
5	0,70	45,83	4,90	62,49	5,31	62,43	5,31	33,33	4,56	62,49	5,31	62,49	5,31
6	0,78	62,49	5,31	75	5,67	79,16	5,81	54,16	5,10	87,49	6,13	87,49	6,13
7	0,84	79,16	5,81	87,49	6,13	91,66	6,34	79,16	5,81	95,83	6,75	95,83	6,75
8	0,90	100	8,09	100	8,09	100	8,09	100	8,09	100	8,09	100	8,09
9	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

D1 : 6,75x10⁴ spores /ml, **D2** : 3,58x 10⁶ spores /ml, **D3** : 7,80x10⁷ spores /ml



La mortalité corrigée pour les deux entomopathogènes au troisième jour est la plus importante à la dose D3. Elle est respectivement de 29,16% et 25% pour *M.anisopliae* et *M.flavoviride*. Au huitième jour, La mortalité atteint un maximum de 100% au bout de de huit jours (tableau 49). D'après les équations des droites de régressions exprimant les Probits des taux de mortalités en fonction des logarithmes décimaux des temps (figure 52 a et b), les doses ayant provoquées 50 % de mortalités dans un temps recourt pour les deux *metarhizium* sont :

- *M.flavoviride* : TL50 de la dose D1 est de 5jours et 14 heures ; TL50 pour la dose D2 est de 4 jours et 4 heures ; TL50 de la dose D3 est de 5jours et 9 heures .
- *M.anisopliae* : TL50 de la dose D1 est de 8jours et 5 heures ; TL50 pour la dose D2 est de 8 jours et 21 heures ; TL50 de la dose D3 est de 9jours

2. Analyse spectrophométriques des protéines hémolympatiques des adultes de *Schistocerca gregaria* traités par *M.flavoviride*

2.1 Effet sur les proteines hémolympatiques de *S. gregaria*

Tableau 53 : Evaluation de l'adsorbance de la protéine standard Albumine de sérum de bœuf (B.S.A.) en fonction des concentrations

Lots	1	2	3	4	5	6
Concentration de B.S.A (mg/ml)	0	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08
Eau distillée (ml)	0,1	0,09	0,08	0,06	0,04	0,02
Réactif de Bradford (ml)	5	5	5	5	5	5
Absorbance à 595nm	0,01	0,03	0,08	0,14	0,18	0,28

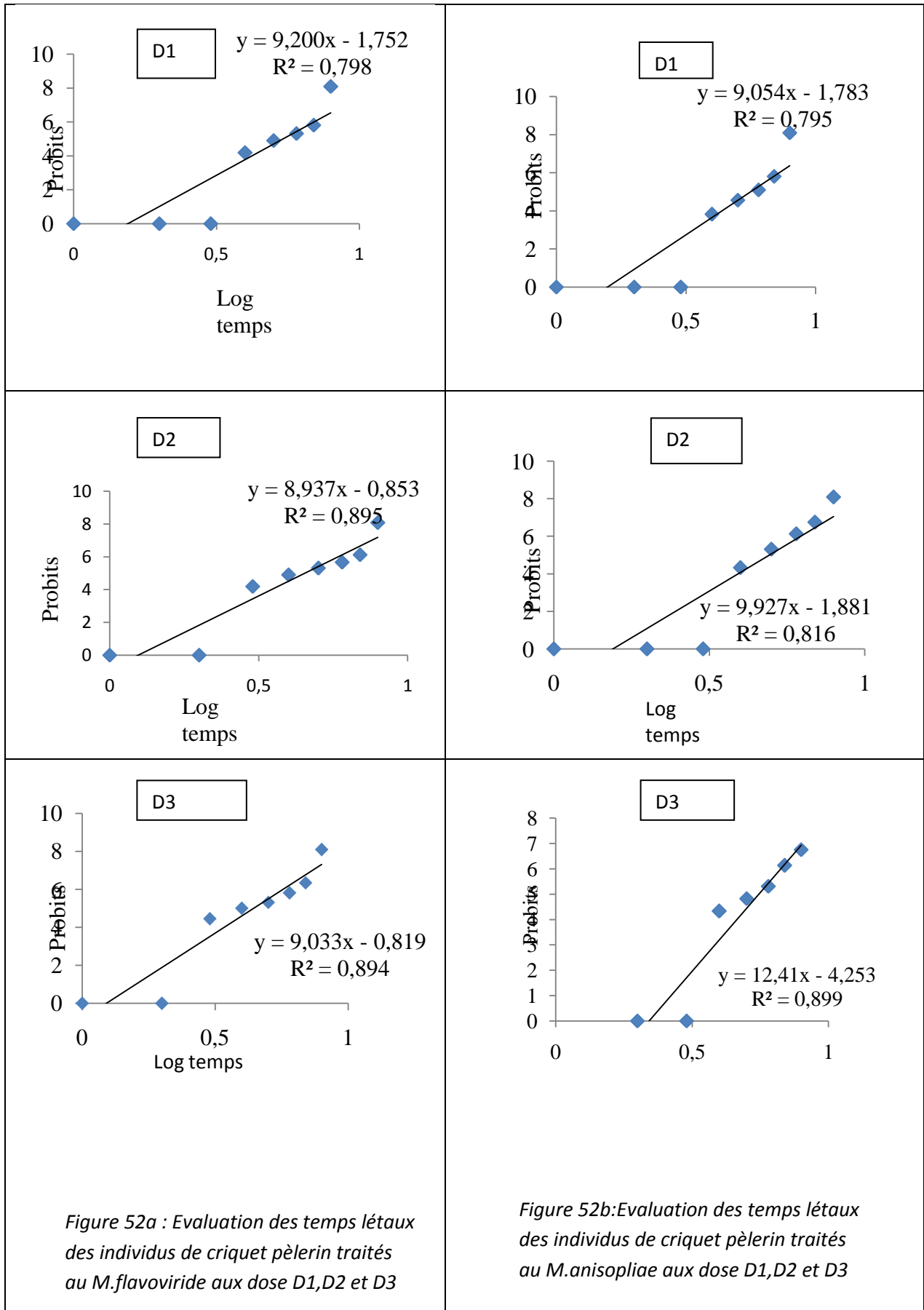


Figure 52a : Evaluation des temps létaux des individus de criquet pèlerin traités au *M.flavoviride* aux dose D1,D2 et D3

Figure 52b:Evaluation des temps létaux des individus de criquet pèlerin traités au *M.anisopliae* aux dose D1,D2 et D3

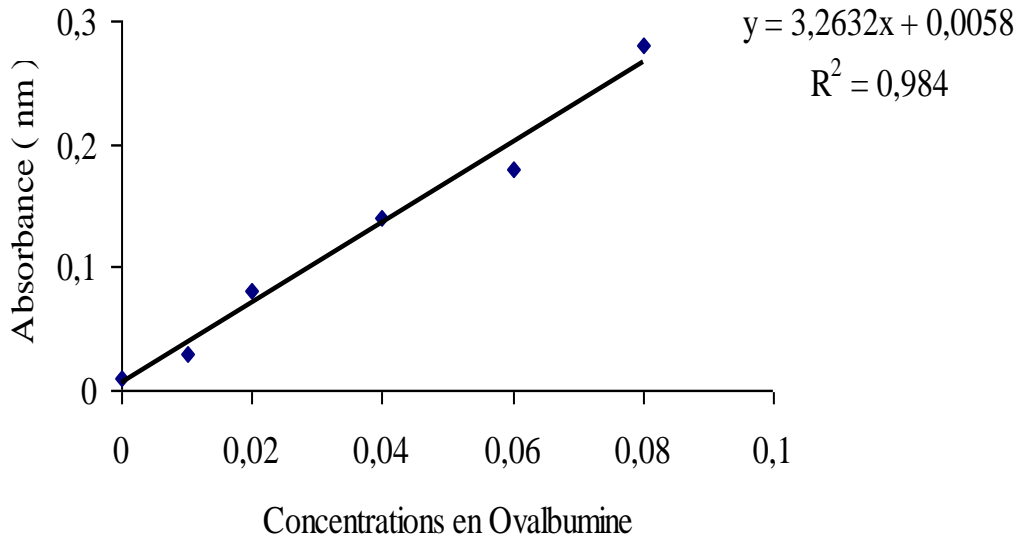


Figure 53 : Courbe de référence expriment l'absorbance à 595 nm en fonction de la concentration de l'ovalbumine

Tableau 54: Evaluation des concentrations en protéine hémolympatiques chez les individus témoins et traités de *S. gregaria*

	Imagos témoins			Imagos traités		
	Lot 1	Lot2	Lot 3	Lot 1	Lot2	Lot 3
Absorbance à 595 nm	1.672	1.50	1.570	0.75	0.98	0.675
Concentration (ml/mg)	0.5106	0.4579	0.4787	0.2280	0.2985	0.2051

L'équation obtenue à partir de la courbe d'étalonnage de la protéine de référence ovalbumine (tableau 53 et figure (53)), nous a permis de calculer les concentrations à partir des différentes absorbances obtenue (tableau 54). D'après ce dernier, nous observons qu'il y a une diminution de 50% de la teneur en protéines chez les lots traités par rapport aux témoins.

2.2 Action sur les glucides totaux hémolympatiques de *S. gregaria*

Tableau 55 : Evaluations des absorbances des glucides totaux hémolympatiques chez les témoins et les traités aux deux entomopathogènes chez le criquet pèlerin

Lots	1	2	3	4	5	6
Concentration en glucose (g/l)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Phénol à 5% (ml)	5	5	5	5	5	5
Acide sulfurique concentré	8	8	8	8	8	8
Absorbance à 488nm	0,36	0,52	0,56	0,60	0,72	0,96

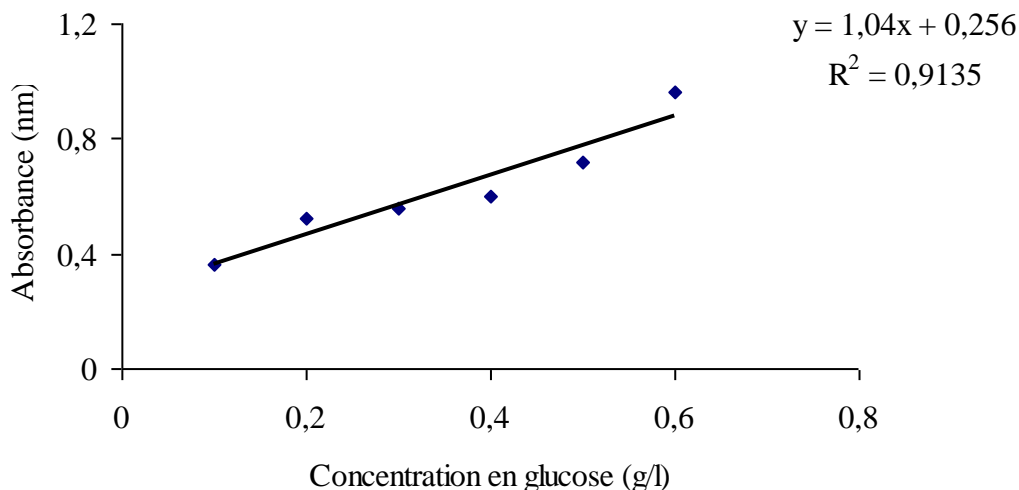


Figure 54: Courbe d'étalonnage ex primant l'absorbance à 488 nm en fonction des concentrations en glucose

Tableau 56 : Variation des concentrations des glucides totaux en fonction des différentes absorbances évaluées pour les lots témoins et lots traités

	Imagos témoins			Imagos traités		
	Lot 1	Lot2	Lot 3	Lot 1	Lot2	Lot 3
Absorbance à 595 nm	0,110	0,101	0,094	0,160	0,135	0,153
Concentration (ml/mg)	0,1403	0,149	0,1557	0,092	0,1163	0,0990

Comme pour les protéines, les glucides obtenus à partir des adsorbances données par l'équation de la solution de référence (tableau 55 et figure 54), présentent des teneurs légèrement plus élevées chez les témoins que chez les traités pour les différents lots testés. Cette diminution oscille entre 60 à 70 % (tableau 56).

2.3 Evaluation de l'effet de *M.flavoviride* sur les lipides totaux hémolympatiques de *S. gregaria*

Tableau 57: Teneur des lipides totaux hémolympatiques obtenues chez les individus témoins et les individus traités au *M. flavoviride*

	Imagos témoins			Imagos traités		
	Lot1	Lot2	Lot 3	Lot1	Lot2	Lot 3
Concentrations en lipides totaux (mg/ml)	0,112	0,101	0,099	0,068	0,059	0,076

Le troisième métabolite biochimique montre les mêmes tendances que les deux précédentes. La diminution des lipides chez les traités varie de 50 à 60% par rapport aux lots témoins (tableau 57).

3. Impact de *M. anisopliae* sur les protéines hémolymphatiques de *S. gregaria*

3.1 Dosage des protéines hémolymphatiques

Tableau 58 : Concentration des protéines hémolymphatiques des adultes de criquet pèlerin traités par *M. anisopliae*

Sexes / jours	Lot Témoin		Lot traité	
	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
3ième	33.05	34.05	78	71.80
4	31.76	31.68	62.04	63.90
5	33.00	32.87	30.57	21.19
6	30.95	30.20	19.24	-
7	30.51	31.62	-	-

Le dosage des différentes concentrations des protéines hémolymphatiques (mg/100ml) suivant la méthode direct de biuret est reporté ci-dessus.

Une augmentation progressive des taux de protéines de 40% a partir du troisième jour par rapport aux témoins, atteint au quatrième jour un pourcentage de 50 % puis diminue de 60 % au sixième jour (tableau 58).

VI. Effet de *M. flavoviride* traités à l'ultra violet proche sur quelques paramètres physiologiques:

1. Analyses hémolymphatiques

1.1 Protéines sanguines

Tableau 59: Evaluation des adsorbances en fonction des concentrations de la solution standard

Lots	1	2	3	4	5
Concentration de B.S.A (mg/ml)	1,22	2,441	4,882	6,765	10,531
Absorbance à 595nm	0,006	0,008	0,007	0,009	0,10

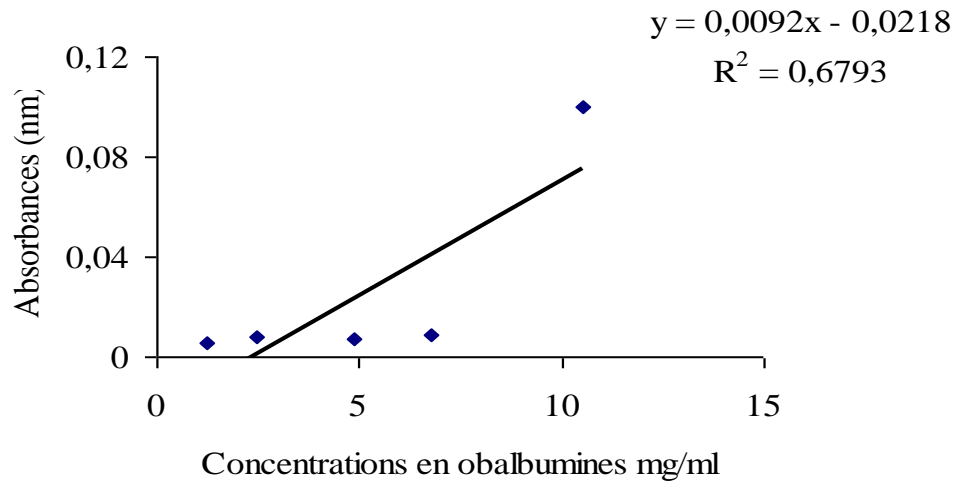


Figure55: Courbe de référence de la protéine B.S.A

Les concentrations des protéines hémolympatiques des populations de criquets pèlerin obtenues à partir de l'équation de la courbe de référence réalisée pour les différentes absorbances obtenues pour les différentes concentrations utilisées dans la protéine standard Ovalbumine (tableau 59 , figure 55), indiquent une diminution dans les taux de protéines durant les trois dates de prélèvement entre les témoins et les traités . Ces variations sont estimées au troisième jour à 60% , au sixième jour entre 40 % et 50% et au huitième jour entre 20 % et 30%, tableau (60) et figure (56) . L'analyse statistique montre une diminution hautement significative des taux de protéines dans l'hémolymphe des traités ((p= 0.000) par rapport aux témoins (tableau, 61). Les doses de traitements sont classées en trois groupes homogènes. La meilleure concentration est notée chez les témoins non traité avec une teneur de 25,01 mg/ml représentant le groupe A. La plus faible concentration est marquée chez les individus traités aux *Metarhizium* irradié à 24 heures de temps d'exposition avec une concentration en protéine de 12,64 mg/ml et représente le groupe C (tableau, 62). Concernant les périodes de prélèvements, deux groupes se sont distingués selon les teneurs en protéines obtenues à savoir : Aux sixième et huitième jours de traitements, les individus présentent des taux les plus élevés formant ainsi le groupe A, suivie par le troisième jours donnant le groupe B (tableau ,63) .

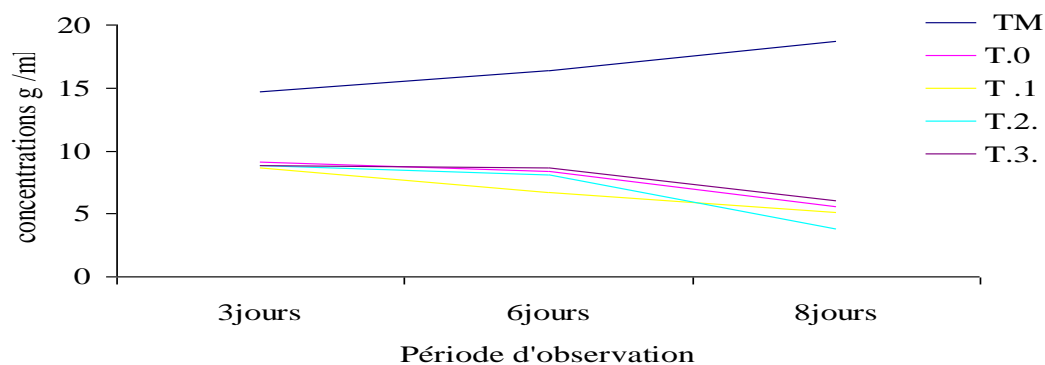


Figure 56: Evaluation des teneurs en protéines dans l'hémolymphe des individus de criquets pèlerin témoins et traités par *M.flavoviride* exposé aux N.U.V en fonction du temps et du traitements

Tableau 60: Comparaison des concentrations des protéines hémolympatiques en mg/ml chez les imagos de *S. gregaria* après trois jours, six jours et huit jours d'irradiation

Traitements/répétitions	TM	T.0	T 1	T.2	T.3
Concentrations des protéines après trois jours de traitement					
R1	14,15	10,12	9,66	9,14	9,22
R2	15,01	9,14	9,84	10,11	9,16
R3	16,12	9,22	8,14	8,13	8,14
R4	13,50	8,43	8,22	8,14	8,16
R5	14,17	8,41	8,66	9,16	7,11
R6	14,28	9,66	8,16	9,22	9,71
M	14,70	9,16	8,66	8,83	8,84
Concentrations des protéines après six jours de traitement					
R1	16,14	9,91	9,01	8,92	7,66
R2	16,99	9,01	8,91	9,14	8,14
R3	17,66	9,03	8,01	7,22	11,92
R4	15,15	7,11	8,03	7,36	8,12
R5	16,21	7,34	8,12	8,15	7,06
R6	16,01	7,92	8,00	8,03	8,91
M	16,33	8,33	6,68	8,13	8,63
Concentrations des protéines après huit jours de traitement					
R1	18,11	6,66	6,02	4,14	3,14
R2	18,40	6,16	4,14	6,36	4,68
R3	19,11	6,14	3,92	7,00	14,94
R4	17,36	4,67	4,92	3,48	4,67
R5	18,69	5,11	5,60	6,11	3,92
R6	18,14	5,00	5,92	6,09	5,14
M	18,66	5,62	5,08	3,86	6,08

Tableau 61 : Analyse de la variance de l'effet de *M.flavoviride* irradié à l'ultra violet proche sur les adultes de *S. gregaria* (n=90)

Facteurs	SCE	DDL	CM	F. Obs	Proba	E.T.	C.V.
Var. Totale	2986,43	89	33,56				
Varia.fact 1	742,35	4	185,59	72,14	0,000		
Varia.Fact 2	85,61	2	42,81	16,64	0,000		
Var.Inter 1,2	1965,54	8	245,69	95,51	0,000		
Var.residuelle	192,93	75	2,57			1,60	15,90

Facteur 1 : Traitement**Tableau 62**: Classement des moyennes des concentrations des proteines hémolymphatique en fonction du traitement

Modalités	Moyennes	Regroupement
TM	25,01	A
TR0	14,55	B
TR1	12,64	C
TR2	14,08	B
TR3	12,97	C

Facteur 2 : Dates de prélèvement (Jours)**Tableau 63** : Classement des moyennes Classement des moyennes des concentrations des proteines hémolymphatique en fonction des dates de prélèvement

Dates	Moyenns	Regroupement
3j	9,10	A
6j	11,42	A
8j	9,10	B

1.2. Dosage quantitatif des glucides totaux de *S.gregaria* témoins et traités avec *M.flavoviride* exposé aux N.U.V.**Tableau 64**: Evaluation des absorbance en fonction des concentrations de tréhalose en mg/ml

Concentration en tréhalose en mg/ml	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08
Absorbances en nm	0,05	0,1	0,26	0,39	0,52

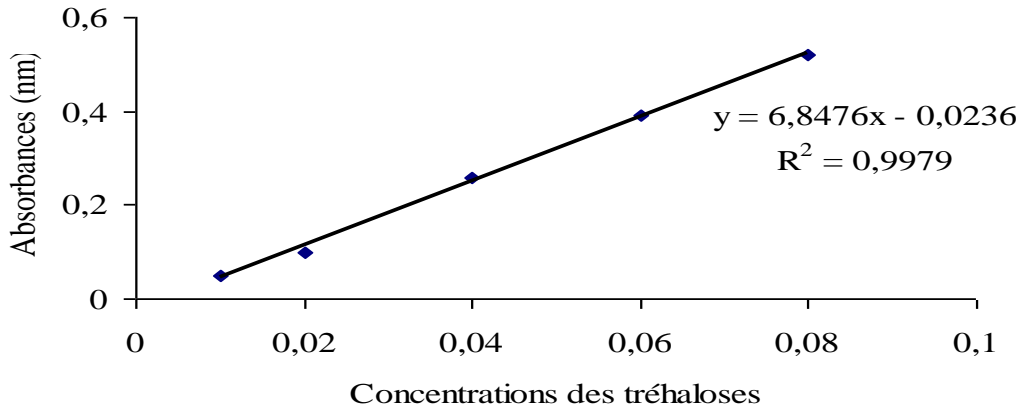


Figure 57 : Courbe de référence à partir du tréhalose

A partir des absorbances du sucre de référence (tableau 64) et de l'équation obtenue dans la courbe de référence du tréhalose (figure 57) , une chute brutale de 70% de la glycémie est enregistrée par rapport aux témoins aux bout de trois jour puis ralentie pour atteindre un taux de chute de 30% par rapport aux témoins (tableau 65 et figure 58) .Une variation significative est observée($p= 0.000$) (Tableau 66)dans les réserves glucidiques hémolympatiques chez les individus traités et témoins. L'analyse de la variance pour le facteur traitement montre l'existence de deux groupes homogènes : Le groupe A formé par les populations témoins non traités au *M. flavoviride*, et le groupe B formé par tous les lots témoins traités par l'entomopathogène irradié ou non irradié (tableau 67) . Selon le facteur date de prélèvement, la glycémie prélevée chez les individus aux troisièmes et sixièmes jours forme un seul groupe homogène A et au huitième jour les prélèvements forment le groupe B (tableau 68).

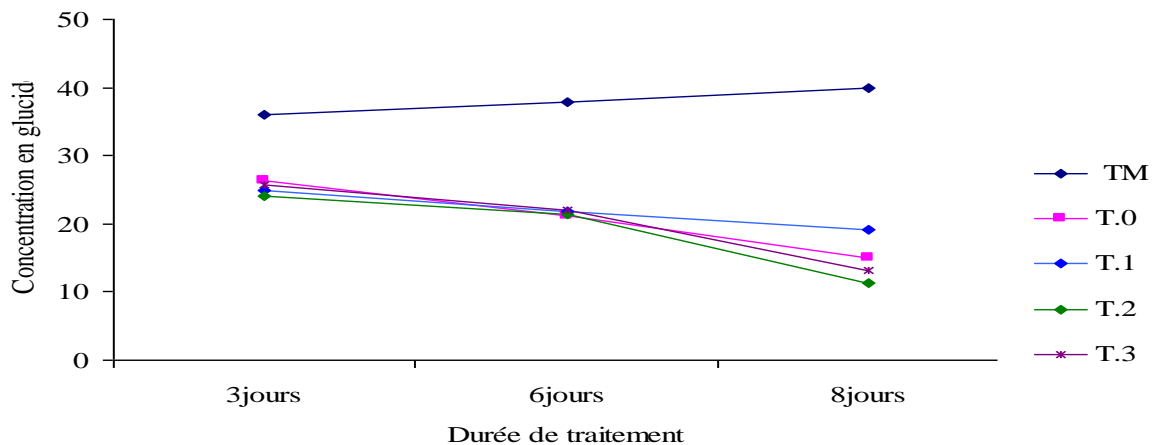


Figure 58 : Evolution des concentrations des glucides hémolympatiques chez les individus traités et témoins du criquet pélerin par *M. flavoviride* irradié en fonction du temps de traitement

TM : Témoins non traités au *M. flavoviride* , **T0** : Individus traité au *M. flavoviride* non irradié **T1** : Individus traité au *M. flavoviride* après 4 heures d'expositions **T2** : Individus traité au *M. flavoviride* après 24 heures d'expositions, **T3** : Individus traité au *M. flavoviride*

Tableau 65 : Fluctuation des concentrations des glucides hémolympatiques ($\mu\text{g/ml}$) des adultes de *S.gregaria* traités aux *M.flavoviride* irradiés aux ultras violets proches

Traitements/répétitions	TM	T0	T1	T2,	T3,
Concentrations des glucides après trois jours de traitement					
R1	35,32	24,48	24,36	23,26	26,14
R2	38,14	26,14	28,14	25,56	25,66
R3	36,76	27,23	26,16	23,11	20,66
R4	35,42	25,56	23,22	24,22	28,58
R5	33,16	28,18	21,14	26,14	25,14
R6	37,42	26,42	26,36	22,56	27,91
M	36,04	26,34	24,90	24,14	25,68
Concentrations des glucides après six jours de traitement					
R1	37,14	20,17	21,91	21,91	23,92
R2	38,90	19,15	23,06	21,06	17,06
R3	39,11	20,46	23,02	20,84	22,15
R4	37,22	20,91	21,14	21,14	26,91
R5	36,21	25,06	17,26	23,45	20,15
R6	38,14	20,95	24,91	20,15	21,48
M	37,79	21,12	21,88	21,43	21,95
Concentrations des glucides après huit jours de traitement					
R1	38,49	16,06	17,14	13,14	20,11
R2	40,14	10,13	13,12	14,15	10,03
R3	40,92	10,03	11,16	16,11	23,14
R4	39,11	13,81	15,16	19,19	17,14
R5	37,14	10,13	10,14	13,91	11,11
R6	40,02	15,06	19,11	11,28	13,14
M	40,02	15,06	19,11	11,28	13,14

Tableau 66 : Analyse de la variance de l'effet de *M. flavoviride* irradié sur les glucides hémolymphatiques des Imagos de *S. gregaria* (n=90)

Facteurs	SCE	DDL	CM	F. Obs	Proba	E.T.	C.V.
Var. Totale	2806,77	89	31,54	31,54			
Varia.fact 1	1932,13	4	483,03	483,03	62,87	0.000***	
Varia.Fact 2	118,77	2	59,39	59,39	7,73	0.0010**	
Var.Inter 1.2.	179,65	8	22,46	22,46	2,92	0.0069**	
Var.residuelle							

Facteur 1 : Traitement**Tableau 67** : Classement des moyennes des traitements subit par les individus de *S.gregaria*

Modalités	Moyenns	Regroupement
TM	25,01	A
TR0	14,55	B
TR1	14,08	B
TR2	12,97	B
TR3	12,64	B

Facteur 2 : Dates de prélèvement (Jours)**Tableau 68** : Classement des moyennes des dates de prélèvements chez les individus de *S.gregaria*

Dates	Moyennes	Regroupement
3j	17,07	A
6j	16,16	A
8j	14,31	B

1.3. Effet de *M. flavoviride* traités aux ultras violet proche sur l'hémogramme :

1.3.1. Variation des principales hémocytes chez les adultes *S.gregaria* traités au *M.flavoviride* irradié aux Ultras violet proches

Tableau 69 : Nombre total d'hémocytes chez *S. gregaria*

Traitements/ répétitions	Témoins	Traité par T0	Traité par T1	Traité par T2	Traité par T3
R1	385	119	120	95	87
R2	425	160	125	110	61
R3	518	120	102	85	89
R4	213	115	95	108	90
M	385	128	110	98	81

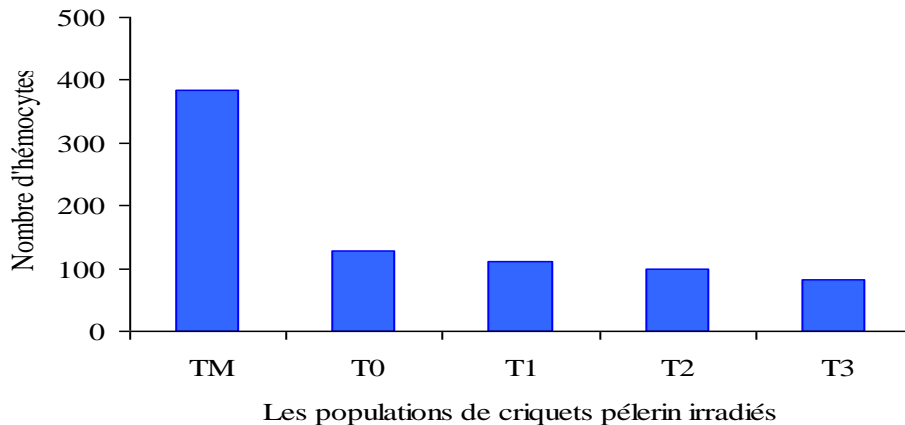


Figure59 : Comparaison du nombre d'hémocytes chez les témoins et les traitées par *M. flavoviride* aux différents temps d'irradiation

TM : Témoins non traités au *M. flavoviride* , **T0** : Individus traités au *M. flavoviride* non irradié **T1** : Individus traités au *M. flavoviride* après 4 heures d'exposition, **T2** : Individus traité au *M. flavoviride* après 24 heures d'exposition, **T3** : Individus traités au *M. flavoviride* après 4 jours d'exposition

Tableau 70 : Analyse de la variance de l'effet de *M. flavoviride* irradié sur les hémocytes des Imagos de *S. gregaria* (n=90)

Facteurs	SCE	DDL	CM	F. Obs	Proba	E.T.	C.V.
Var. Totale	581904.94	59	9862.80				
Varia.fact 1	206836.88	2	103418.44	54.92	0.0000***		
Varia.Fact 2	68096.06	4	17024.02	9.04	0.0000***		
Var.Inter 1.2.	22227.75	8	27778.47	14.75	0.0000***		
Var.residuelle						43.40	40.4%

La virulence de l'acridopathogène apparaît plus sur les traités (T0,T1, T2,T3) que sur les témoins(TM) (Figure 59 et tableau 69). Le nombre total d'hémocytes est passé de 385 chez témoins à 81 chez les traités. Le traitement ainsi que sa durée ont un effet hautement significatif sur l'hémogramme du criquet pèlerin ($p=0.0000$) (Tableau 70).Le facteur traitement, classe les hémocytes en deux groupes homogènes : Le nombre total des hémocytes chez les traités forme le groupe A et celui des témoins représente le groupe B (Tableau 68) . En considérant le facteur durée d'exposition, les individus témoins sont classés dans le groupe A à fort nombre d'hémocytes contrairement aux différents traités qui sont classés dans les groupes homogènes B (tableau 69) .

1.3.2 Estimation du nombre total des prohémyocytes et des plasmocytes chez les adultes de *S.gregaria* traités au *M.flavoviride* irradié aux Ultraviolets proches.

Les plasmocytes et le prohémyocytes ont connus à leurs tours une réduction dans leur nombre. Dans le cas des prohémyocytes nous avons enregistré chez les témoins un total de 151 cellules sanguines contre respectivement 45, 25, 33, et 22 cellules chez les traités au *M. flavoviride* aux différents temps d'exposition(tableau 70 figure 60) .Le nombre des plasmocytes est passé 234 chez les témoins à 82,85,68,et 60 chez les traités irradiés respectivement, pour les temps d'expositions T0, T1, T2, T3.

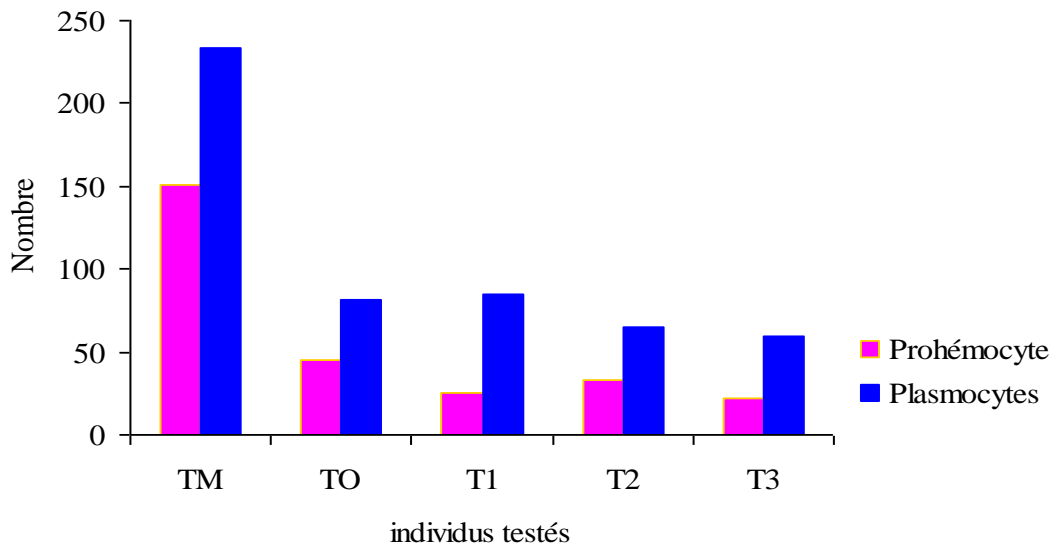


Figure 60: Evaluation du nombre de prohémyocytes et des plasmocytes chez les individus traités au *M. flavoviride* à différents temps irradiations

Tableau 71 : Evaluation du nombre et des taux des prohémyocytes et des plasmocytes chez les individus témoins et traités du criquet pèlerin au *M.flavoviride* irradié

Traitement / Répétitions	Témoins TM		Traité par T0		Traité par T1		Traité par T2		Traité par T3	
	Les Prohémyocytes									
	Nbr	Taux	Nbr	Taux	Nbr	Taux	Nbr	Taux	Nbr	Taux
R1	120	31	32	27	43	36	31	33	26	30
R2	193	45	70	45	32	31	46	42	13	21
R3	199	38	57	47	16	16	21	25	22	25
R4	93	44	24	21	9	9	36	35	27	30
Moyenne	151		45		25		33		22	
Les Plasmocytes										
R1	265	69	87	73	77	64	64	67	61	70
R2	232	55	90	55	93	69	64	58	48	79
R3	319	62	63	53	86	84	64	75	67	75
R4	120	56	91	79	86	91	67	65	63	70
Moyenne	234		82		85		65		60	

2.Effet de *M. flavoviride* traité à l’ultra violet proche sur le développement ovarien des femelles de *Schistocerca gregaria*

D’après les données dans le tableau (72) et figure (61), nous remarquons que ce type de traitement n’a pas affecté l’appareil génital des femelles des individus traités par rapport aux témoins dans le nombre des ovocytes .Cependant l’effet de cet entomopathogène est marqué au niveau de la taille des ovocytes ainsi que dans le nombre des traces de pontes et des corps de résorption . Une diminution progressive de la taille des ovocytes dans l’ovaire gauche et celui de droite est notée chez les traités par rapport aux témoins (figure 62). En effet la taille moyenne chez les témoins est de 2,94mm à gauche et 3,03 mm à droit par rapport aux traités(T0) qui de 2,36 mm à 2 ,54mm respectivement à gauche et à droite. Pour la durée d’exposition de quatre jours ces dimensions sont notées de 2 ,01mm et 1,98 mm à gauche et à droite respectivement.

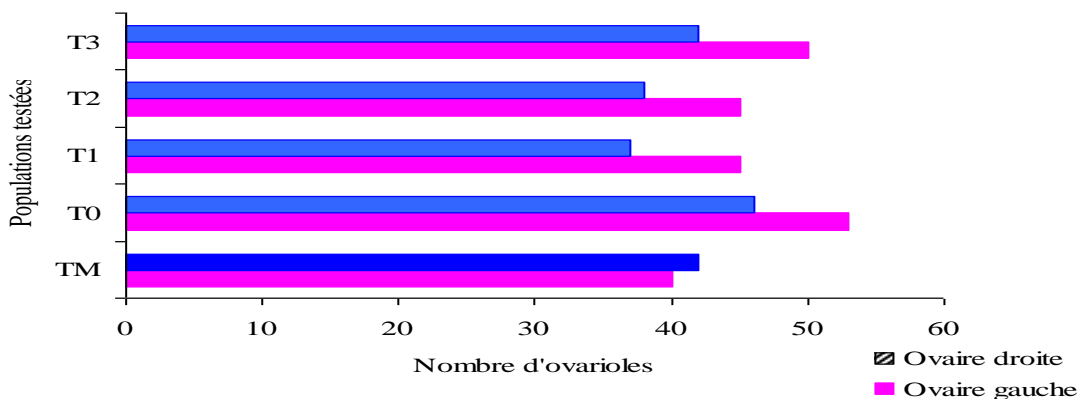


Figure 61 : Estimation du nombre moyens d’ovocytes chez les populations témoins et traités de criquet pèlerin

TM : Témoins non traités au *M. flavoviride* , **T0** : Individus traité au *M. flavoviride* non irradié **T1** : Individus traité au *M. flavoviride* après 4 heures d’expositions **T2** : Individus traité au *M. flavoviride* après 24 heures d’expositions, **T3** :Individus traité au *M. flavoviride*

Tableau 72: Estimation du nombre d'ovarioles, corps de resorption et trace de ponte chez les femelles de criquet pèlerin traités et témoins au *M. flavoviride* témoin et irradié

Individus	Ovaire gauche				Ovaire droite			
	Nbre d'ovarioles	Tm (mm)	T. ponte	C. de Résorption	Nbre d'ovarioles	Tm (mm)	T. ponte	C. de Résorption
Témoins non traités (TM)	40	2.94	+	** Coloration rouge – orange	42	3.30	+	* Coloration orange
Traité par M.f non exposé (T0)	53	2.36	-	* Coloration Orange claire	46	2.54		**orange claire
Traité par M.f exposé à 4h(T1)	45	2.53	-	** Coloration rouge foncé	37	2.45		** Corps de résorption volumineux x Coloration orange avec des points rouges
Traité par M.f exposé à 24h (T2)	45	1.53	-	** Coloration foncé	38	1.72		* Coloration rouge foncé
Traité par M.f exposé à 4j (T3)	50	2.01		** Coloration claire	42	1.98		* Coloration rouge foncé

Tm : Moyenne de la taille des ovocytes ;T.ponte :Trace de ponte ;C.de résorption : Corps de résorption ; ** : Nombre plus important ; * : Nombre faible ; + : présence ; - : Absence

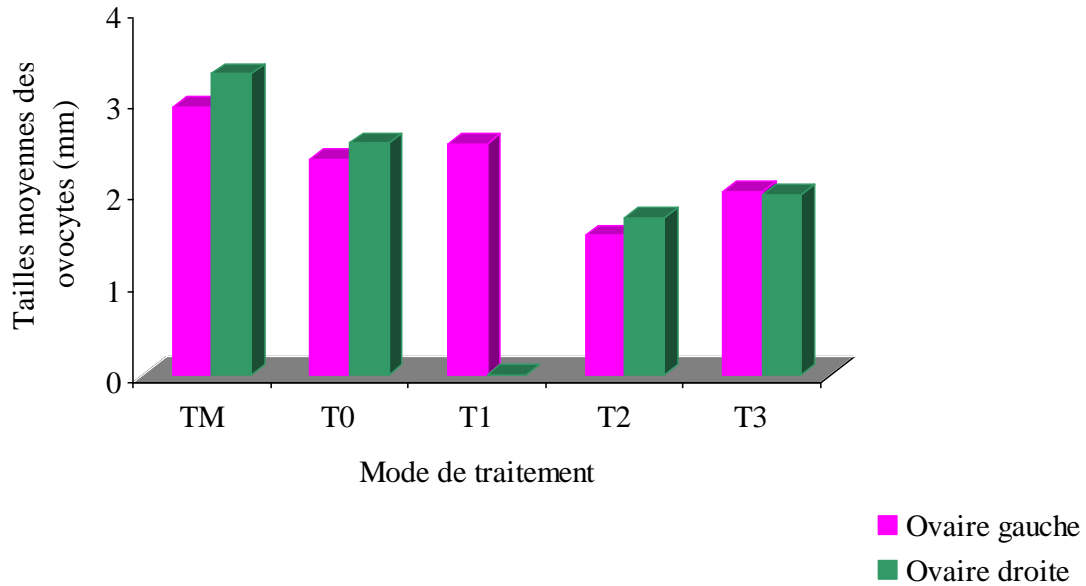


Figure 62: Estimation de la taille moyennes des ovocytes chez les femelles traitées et témoins de *S. gregaria*

VII. Coupes histologiques des différentes parties du tube digestif chez les témoins et les traités par *M. anisopliae*

1-Chez les populations de criquets témoins

a₁-Le Stomodeum

le Stomodeum est formé d'un épithélium bien développé unistratifié cubique avec des noyaux arrondis. Il présente de nombreuses petites villosités uniformes avec une large lumière (fig.63). Nous n'avons pas pu observer la cuticule

a₂- Le Mesenteron:

Le Mesenteron commence au niveau de six caeca gastriques. Entre l'intestin moyen et l'intestin postérieur s'insèrent de nombreux tubes de Malpighi. Le Mesenteron du criquet pèlerin présente un épithélium pseudostratifié palissadique avec une bordure en brosse et des cellules de régénérations situées à la base de l'épithélium. Les muscles sont très réduits, et formés d'une couche fine et circulaire interne et de quelques fibres longitudinales externes (fig.64).

a₃- le Proctodeum:

L'épithélium de cet organe présente de nombreuses villosités. Il est unistratifié et présente des cellules cubiques avec des noyaux particulièrement volumineux. La musculature est assez réduite comprenant des muscles striés externes et quelques îlots de muscles longitudinaux internes (fig.65).

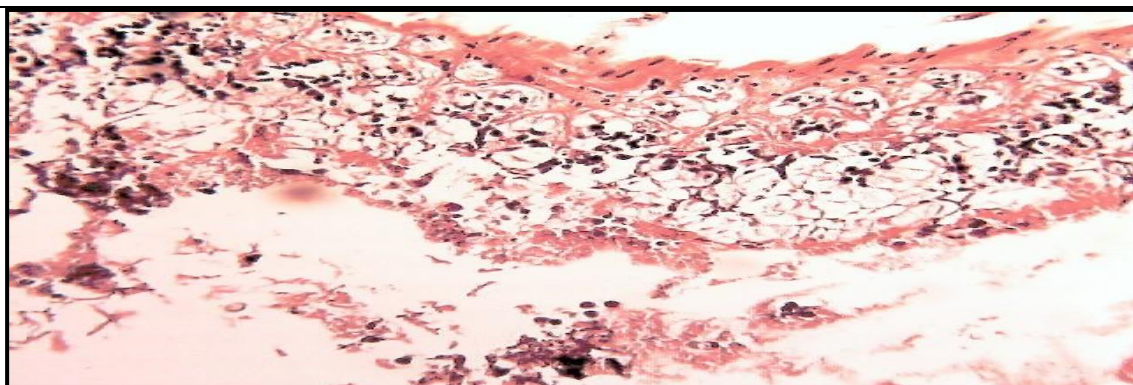


Figure 63: Coupe au niveau de Stomodeum d'un adulte femelle témoin GRx10.

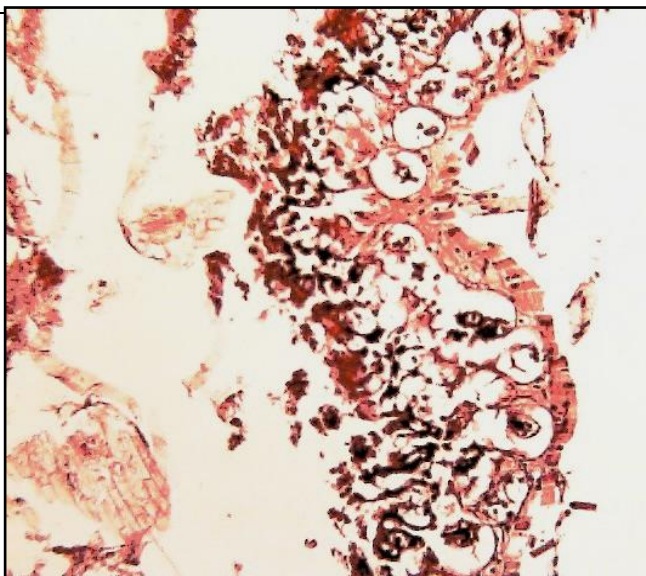


Figure64 coupe au niveau du Mesenteron d'une larve L5 témoin GR10.

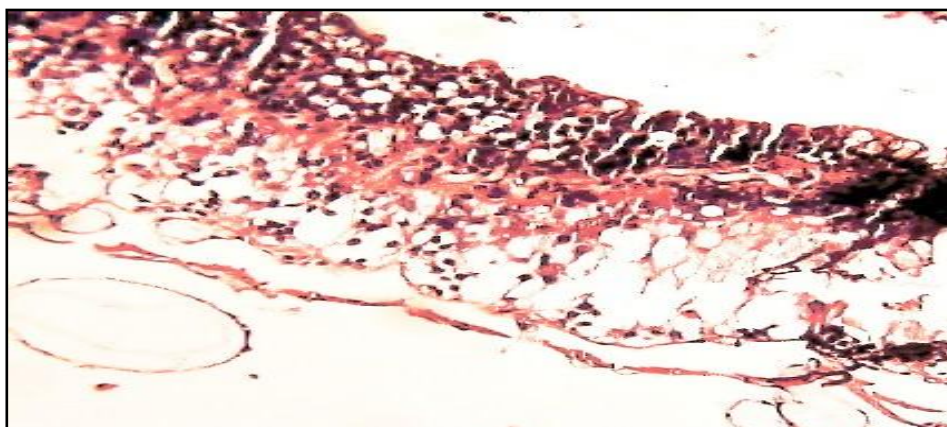
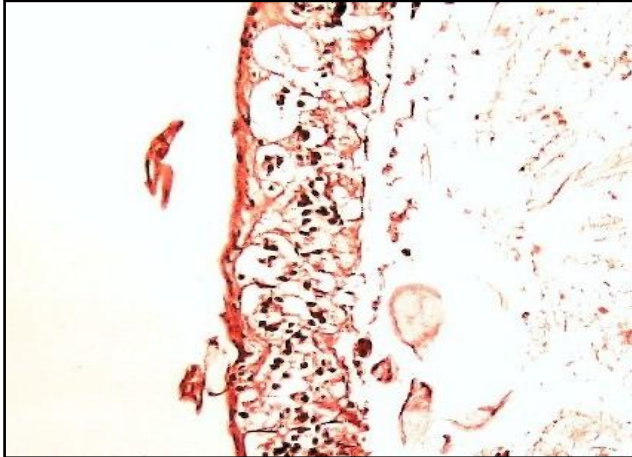
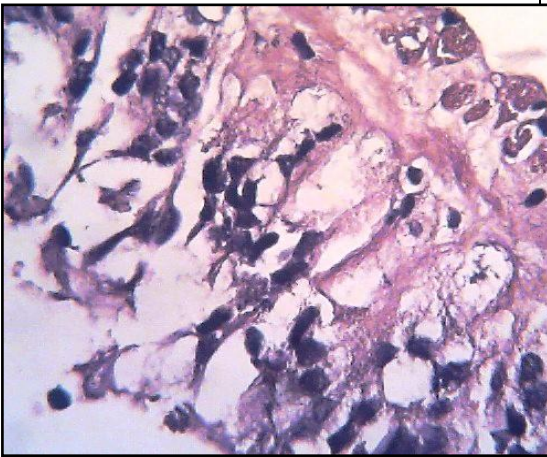
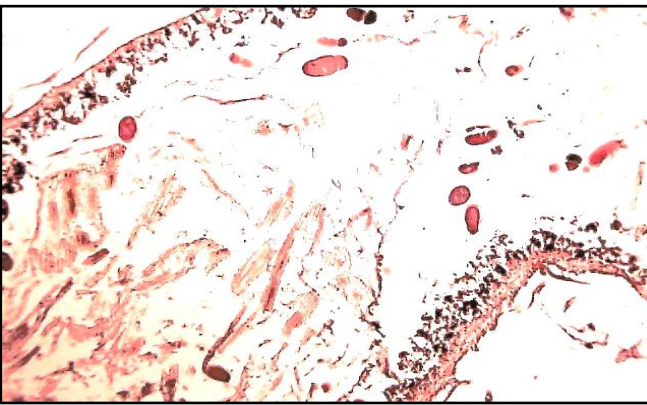
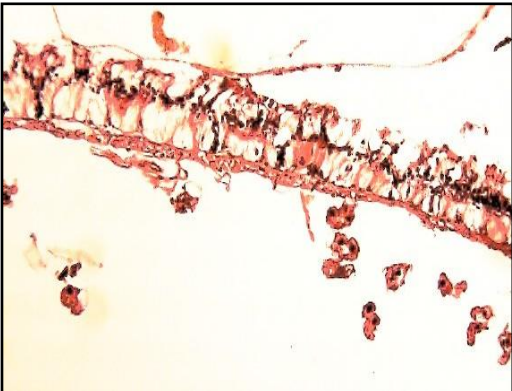
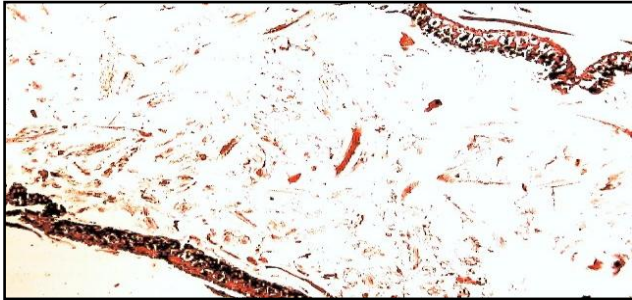
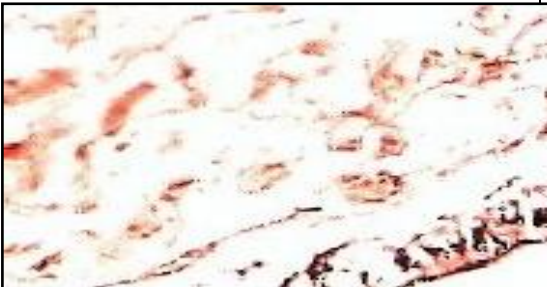


Figure65 : Coupe au niveau du Proctodeum d'un adulte femelle témoin GR4.

Individus traités par <i>M.Flavoviride</i>	Individus traités par <i>M.anisopliae</i>
 <p data-bbox="199 801 833 907"><i>fig.66 Coupe au niveau de Stomodeum d'un adulte femelle traité au 4^{eme} jour après traitement GRx10.</i></p>	 <p data-bbox="879 801 1433 907"><i>fig.69 : Coupe au niveau de Stomodeum d'un adulte male traité au 2^{eme} jour après traitement GR x40.</i></p>
 <p data-bbox="193 1391 842 1496"><i>Fig.67: Coupe au niveau de Mesenteron d'une larve L5 mal traité au 2^{eme} jour après traitement GRx4.</i></p>	 <p data-bbox="884 1368 1398 1473"><i>fig.70 : Coupe au niveau de Mesenteron d'un adulte male traité au 2^{eme} jour après traitement GR x10.</i></p>
 <p data-bbox="199 1845 833 1951"><i>fig.68 : Coupe au niveau de Proctodeum d'un adulte male traité au 4^{eme} jour après traitement GR x4.</i></p>	 <p data-bbox="879 1868 1433 1973"><i>Fig71 ; Coupe au niveau de Proctodeum d'une larve L5 femelle traité au 4^{eme} jour après traitement GR x10.</i></p>

2-Chez les populations de criquet traités

a. Tube digestif des individus traités par *M. flavoviride* :

a₁- Le Stomodeum

Chez les individus traités par le champignon entomopathogène *M. flavoviride*, nous remarquons que toutes les couches épithéliales sont restées intactes durant les trois jours qui ont suivis le traitement. Quelques altérations apparaissent au 4^{ème} jour par la lyse de la cuticule dans certains endroits seulement (fig.66).

a₂-Le Mesenteron :

Contrairement aux autres parties du tube digestif, l'aspect histologique du mesenteron des individus traités apparaît sous une forme différente par rapport à celui des individus témoins. A partir du 4^{ème} jour après le traitement, les individus présentent une membrane péri trophique complètement détruite ou discontinue. Un décollement entre les cellules épithéliales et les muscles circulaires internes est noté. Une cohésion des cellules épithéliales entre elles est observée (fig.67).

a.3 le Proctodeum :

Il n'y a pas d'altérations claires sur cette partie du tube digestif pour toutes les coupes qui ont été faites, pendant les 5 jours qui ont suivi le traitement. L'épithélium et la cuticule sont restés intacts comparativement aux individus témoins (fig.68).

b. Analyses structurales de l'appareil digestif des individus traités par *M. anisopliae* :

b₁- Le Stomodeum :

L'observation au microscope optique des coupes réalisées révèle que, les cellules épithéliales et la cuticule du Stomodeum chez les larves L5 et les adultes du criquet pèlerin n'ont subi aucune altération durant les 5 jours qui ont suivi le traitement par le champignon *M. anisopliae*. (fig.69)

b₂-Le Mesenteron :

L'observation des coupes au niveau du mesenteron montre des altérations très importantes par rapport aux autres parties du tube digestif. Ceci résulte de l'activité importante de cet entomopathogène sur cette partie, entraînant la destruction des cellules épithéliales dans certains endroits et une lyse presque complète de la membrane péri trophique (fig.70).

b₃ Le Proctodeum :

Chez les individus traités par *M. anisopliae*, le proctodeum présente une structure comparable au proctodeum des témoins. Aucune destruction, sans aucun désordre durant les cinq premiers jours après le traitement n'ont été notés (fig.71).

VIII. Action de l'huile essentielle et de l'extrait foliaires de *Melia azedarach* sur le taux de mortalité de *S. gregaria*

.1 Evaluation des taux de mortalités

Tableau 73 : Taux de mortalité des adultes de *S. gregaria* traités par les extraits foliaires et les huiles essentielles de *Melia azedarach*

Jours	Huile essentielle <i>M.azedarach</i>	Extrait foliaire <i>M.azedarach</i>	Témoins
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	20	0	0
5	20	20	0
6	80	80	0
7	100	100	0

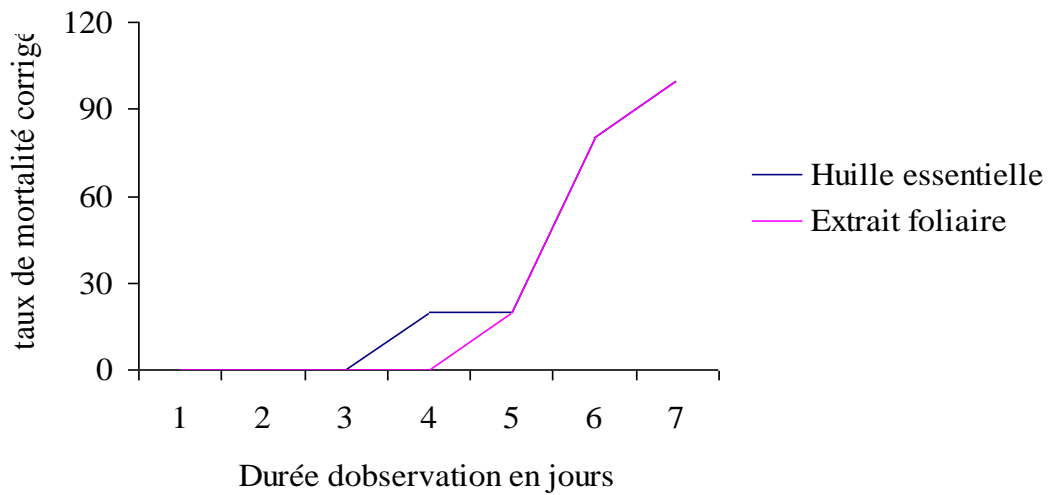


Figure 72 Mortalité chez les populations adultes de *S. gregaria* traitées aux huiles essentielles et aux extraits de plantes de *M. azedarach*

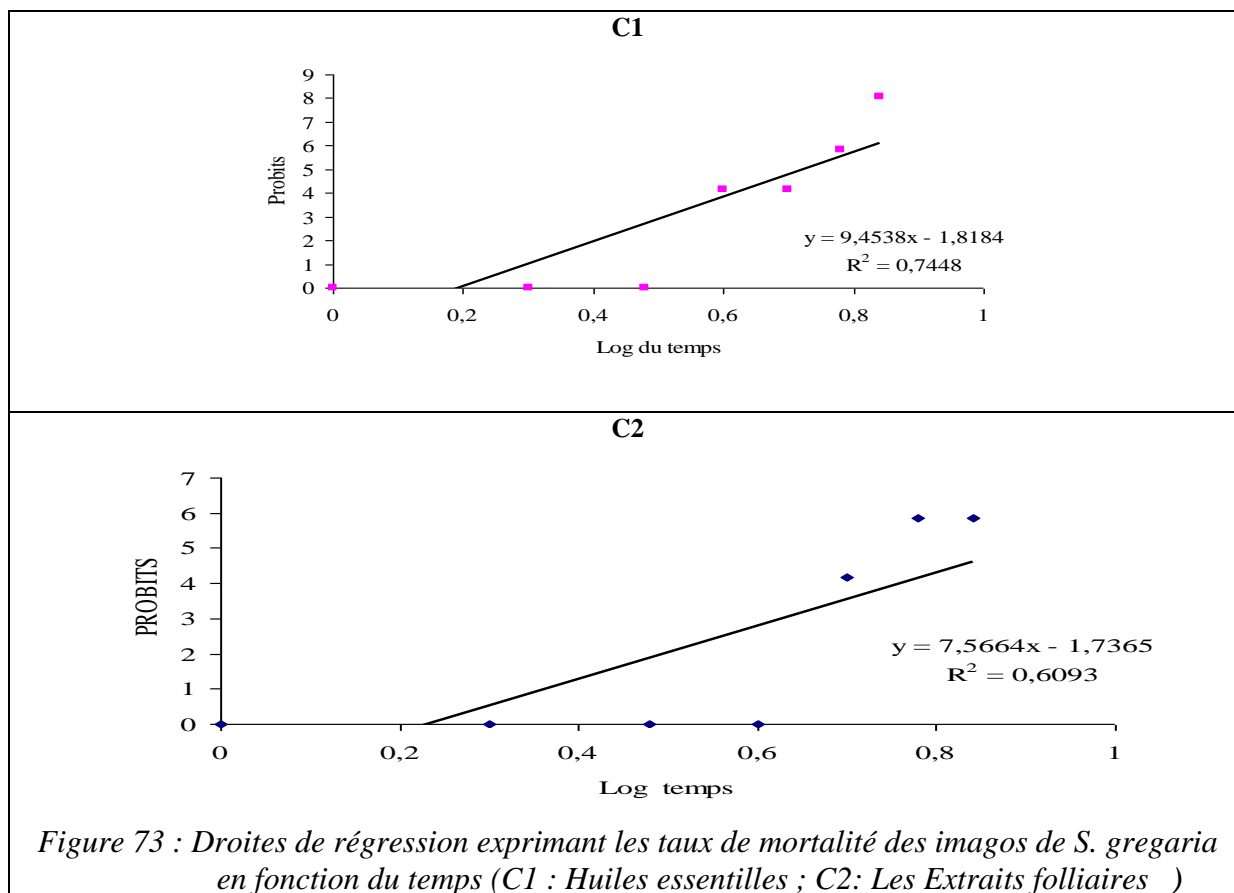
Le taux de mortalité chez les individus de criquet pèlerin traités aux huiles essentielles de *M. azedarach* est enregistré plus tôt que pour les individus traités aux extraits de feuilles. Leur mortalité débute au quatrième jour. A partir de ce jour les deux courbes présentent les mêmes tendances et se confondent (tableau 73, figure 72).

.2 Estimations des temps létaux (TL50)

Les temps létaux calculés à partir du tableau (74) qui provoquent 50 % de mortalités pour les deux substances utilisées, sont données par les droites de régressions (figure 73 C1 et C2). Ces taux sont estimés à : pour les huiles essentielles de *M. azedarach* la TL50 est de 7 jours et 6 heures et pour les extraits foliaires de *M. azedarach*, la TL50 est de 6 jours et 18 heures. Ces derniers présentent le temps létaux le plus court que celui des huiles.

Tableau 7 4 : Estimation des TL 50 des populations adultes de *S. gregaria* traitées aux huiles essentielles et aux extraits foliaires de *M. Azedarach*

		Huile essentielles (C1)		Extraits Foliaires (C2)	
Teps	Log temps	MC%	Probits	MC %	Probits
1	0.00	0	-	-	
2	0.30	0	-	0	
3	0.48	0	-	0	
4	0.60	20	4.16	0	
5	0.70	20	4.16	20	4.16
6	0.78	80	5.84	80	5.84
7	0.84	100	8.09	100	5.84



3 Effet des huiles et des extraits foliaires de *M.azedarach* sur les protéines hémolymphtiques des Imagos de *S.gregaria* .

Tableau 75 : Concentration ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$) des protéines hémolymphtiques des adultes de *S.gregaria* témoins et traités par les huiles essentielles (HE) et les extraits foliaires de *Melia azedarach*

Individus	Concentrations des protéines des Individus traités aux huiles essentielles						Concentrations des protéines des Individus traités aux extraits foliaires					
	3ième jour		5ième jour		7ième jour		3ième jour		5ième jour		7ième jour	
	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1
1	33,63	32,03	37,81	28,65	40,99	28,34	33,63	31,22	37,81	30,02	40,99	26,45
2	25,89	33,66	28,73	30,94	36,97	26,31	25,89	26,11	28,73	27,69	36,97	26,32
3	30,91	28,73	33,39	26,05	42,40	23,54	30,91	30,35	33,39	28,41	42,40	23,33
4	28,43	26,11	32,47	24,84	37,46	21,80	28,43	26,31	32,47	24,97	37,46	23,00
5	32,05	24,46	36,41	21,36	30,99	19,11	32,05	31,51	36,41	30,74	30,99	23,90
Moyenne	30,18	29,00	33,72	26,37	37,76	24,21	30,23	29,10	33,66	28,37	37,73	25,02

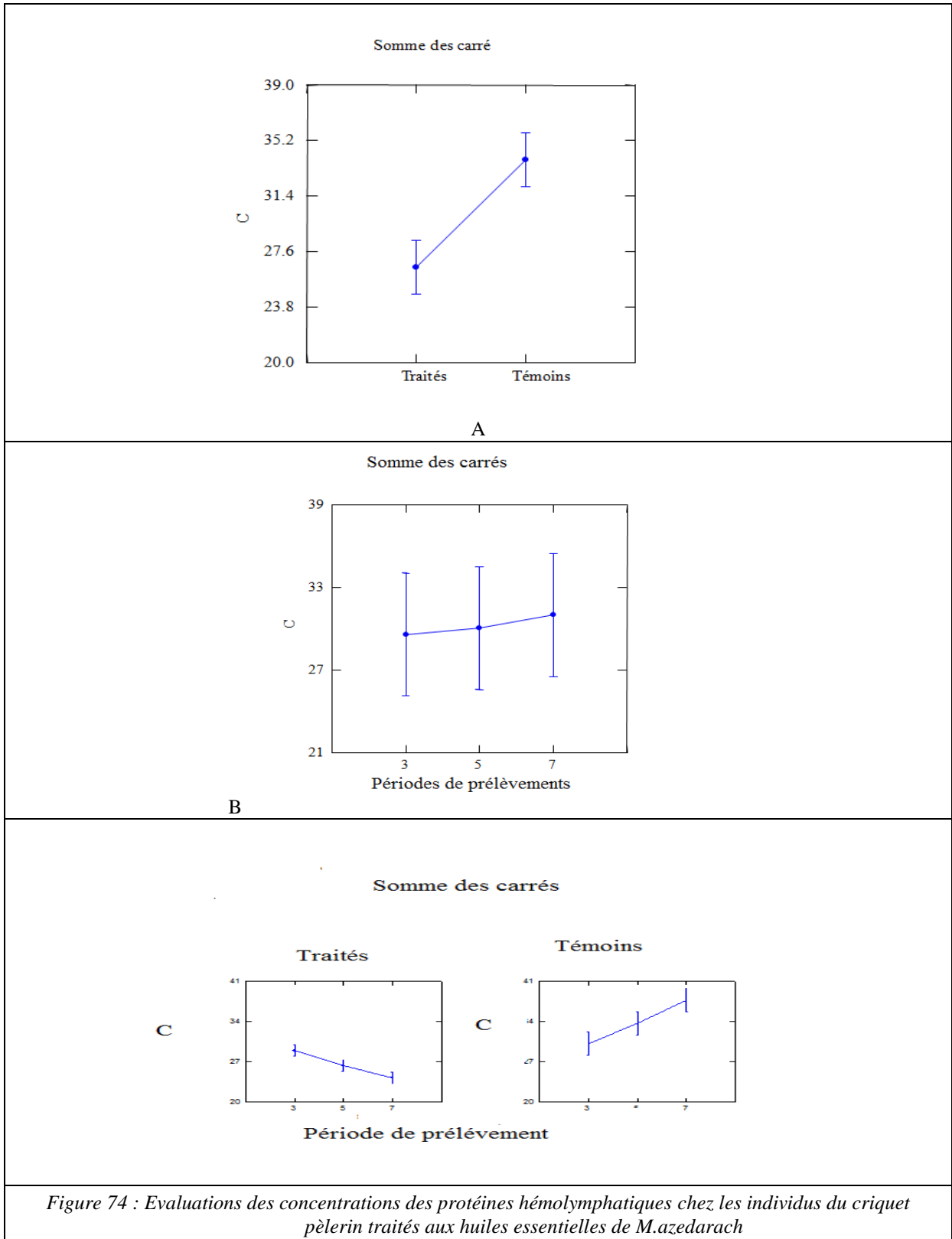
Les traitements des adultes de criquet pèlerin par ingestion et pulvérisation montrent que les protéines hémolymphatiques ont diminué entre le troisième et septième jour après le traitement. Pour les individus traités aux huiles essentielles de *M.azedarach*, leur chute de protéines est passée de 29,00 à 24,21 µg/µl. Et pour les individus traités aux extraits foliaires de cette substance, les protéines ont diminué de 29,10 µg/µl à 25,02 µg/µl. Cependant pour les individus témoins leurs protéines sanguines sont augmentées, elles sont passées de 30,23 µg/µl à 37,73 µg/µl (tableau 75)

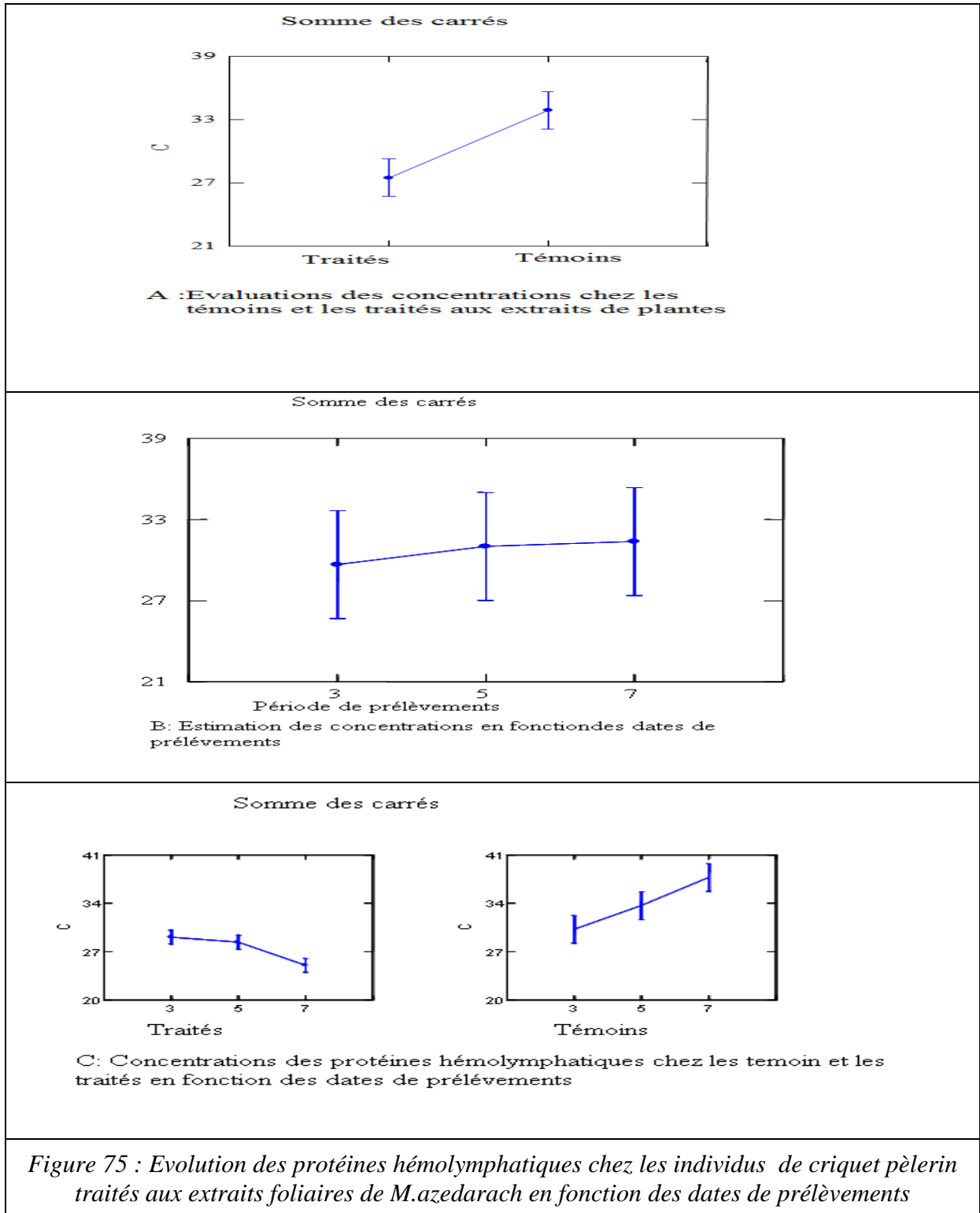
Tableau 76 : Analyse de la variance des concentrations des protéines hémolymphatiques chez les individus témoins et traités aux deux substances végétales

L'analyse de la variance des concentrations des protéines chez les individus traités aux huiles essentielles de *M.azedarach* présente une différence significative entre les témoins et les

	Facteurs	Somme des carrés	d.d.l.	Carrés moyens	F-ratio	P
Les huiles essentielles (I)						
A	Lots d'individus	81.25	1	81.25	8.07	0.047*
B	Date de prélèvement	2.04	2	1.012	0.025	0.97
AXB	(Lots 'individus) X (Date de prélèvement)	38.25	2	19.27	-	-
Extraits foliaires (II)						
A	Lots d'individus	60.99	1	60.99	6.47	0.064
B	Date de prélèvement	3.25	2	1.62	0.051	0.95
	AXB	34.41	2	17.20	-	-
(I)X(II)	Lots d'individus	1.41	1	1.41	0.26	0.631
	Date de prélèvement	20.05	2	10.02	12.89	0.034

traités ($p=0.047$; $p<0.05$), ainsi que l'interaction entre les huiles essentielles (I) et extraits foliaires(II) ($p= 0.034$; $p<0.05$). Cependant pour les individus traités aux extraits foliaires de cette plante, la différence entre les témoins et les traités est non significative (tableau 76). Les individus traités aux huiles essentielles de *M.azedarach*, présentent une somme des carrés des concentrations hémolymphatiques plus faible chez les témoins que les traités, .En fonction des dates de prélèvements les concentrations ne présentent pas de différences. L'interaction entre les individus et journées de prélèvement, montre que la teneur des protéines diminue à travers le temps chez les traités contrairement aux témoins, leurs concentrations augmentent (figure 74, A, B, C) . Les diagrammes illustrés dans la figure (75, A, B, C) concernant les teneurs des protéines sanguines des individus traités aux extraits foliaires présentent les mêmes allures.





IX- Action des biopesticides formulés à base d'huiles de graines et extraits des feuilles de *Melia azzedarach* et *Schinus molle* sur quelques paramètres biologiques de *S.gregaria* :

1 Effet des bios pesticides formulés à base l'huile essentielle de *Melia azedarach* sur le taux de mortalité des imagos de *S.gregaria*

Tableau 77: Evaluation du taux de mortalité des imagos de *S. gregaria* traités par les huiles essentielle à différentes formulations

Temps /Dose	1er Jour	2ième Jour	3ième Jour	4ième Jour	5ième Jour	6ième Jour	7ième Jour
S1	R1	0	0	10	60	80	100
	R2	0	0	0	60	80	100
	M±E	0±0	0±0	50±7,07	60±0	80±0	100±0
S1a	R1	0	10	10	80	90	100
	R2	0	0	20	70	90	100
	M±E	0±0	0±0	25±7,07	50±7,07	80±0	100±0
S1b	R1	0	0	20	80	100	100
	R2	0	0	20	80	90	100
	M±E	0±0	25±0	50±0	80±0	95±7,07	100±0

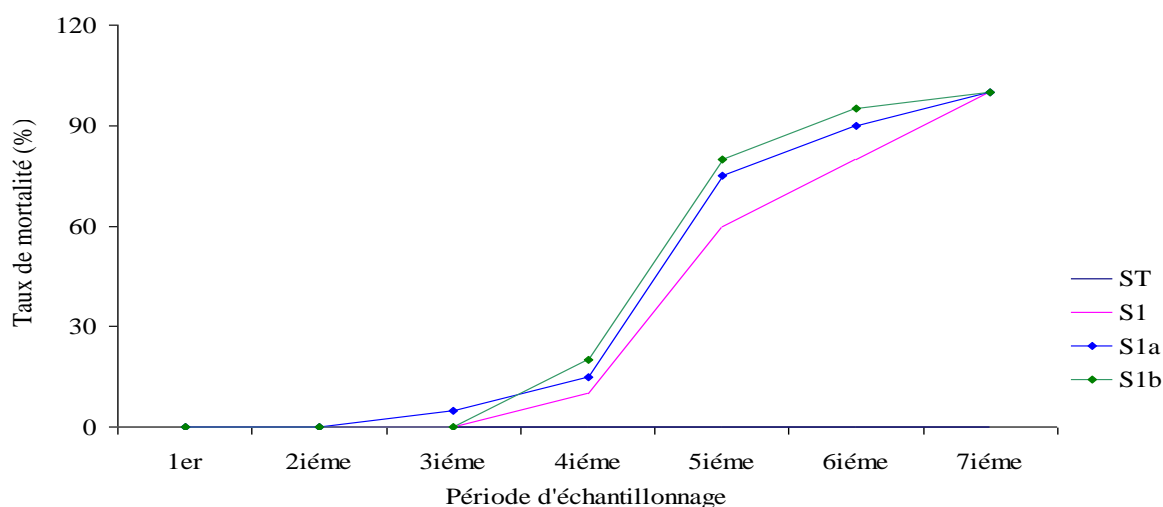


Figure 76 : Evaluation des taux de mortalités des adultes de *S.gregaria* traités aux différentes formulations

D'après le tableau (77) et la figure (76), par rapport aux témoins, les individus traités aux différentes doses présentent un taux de mortalité plus important, avec un pourcentage plus ou moins marqué pour le biopesticide S1b

2- Evaluation des TL 50

Tableau 78 : Evaluation des taux de mortalité en probit et les temps létaux en logarithme décimale chez les adultes de *S. gregaria* traités aux différentes formulations

		Type de formulation					
		S1		S1a		S1b	
Temps	Log temps	MC%	Probits	MC %	Probits	MC %	Probits
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	0,30	0	0	0	0	0	0
3	0,48	0	0	5	3,36	0	0
4	0,60	5	3,36	15	3,96	20	4,16
5	0,70	60	5,25	75	5,67	80	5,84
6	0,78	80	5,84	90	6,28	95	6,64
7	0,84	100	8,09	100	8,09	100	8,09

D'après les équations obtenues dans les différentes droites de régressions pour les formulations testées, les temps létaux les plus courts ayant présentées 50% de mortalité sont (S1=2jours 22heures ; S1a=2jours 6heures, S2a=2 jours et 8 heures) (tableau 78, figure 77 A, B, C)

3. Action des différentes formulations utilisées sur l'hémolymph des imagos de *S.gregaria* :

Tableau 79 : Evaluation de la densité optique (nm)de l'hémolymph des individus de criquet pèlerin traités aux différentes formulations (n=20 adultes)

Les doses	ABS
S1	0,695
S1a	0,91
S1b	0,747
S2	0,770
S2a	0,655
S2b	0,557
Témoin	0,133

T : individus témoins traité par une solution Témoins de l'acétone ; S1 : Individus traités à la solution de 1000ppm d'huile essentielle *Melia azedarach* pure ; "S1a : individus traités par une formulation de 250ppm d(HE) de *Melia azedarach* et 10^5 spore /ml de *M .anisopliae* ; S2b : individus traités par une formulation de400ppm d(HE) de *Melia azedarach* et 10^5 spore /ml de *M .anisopliae*

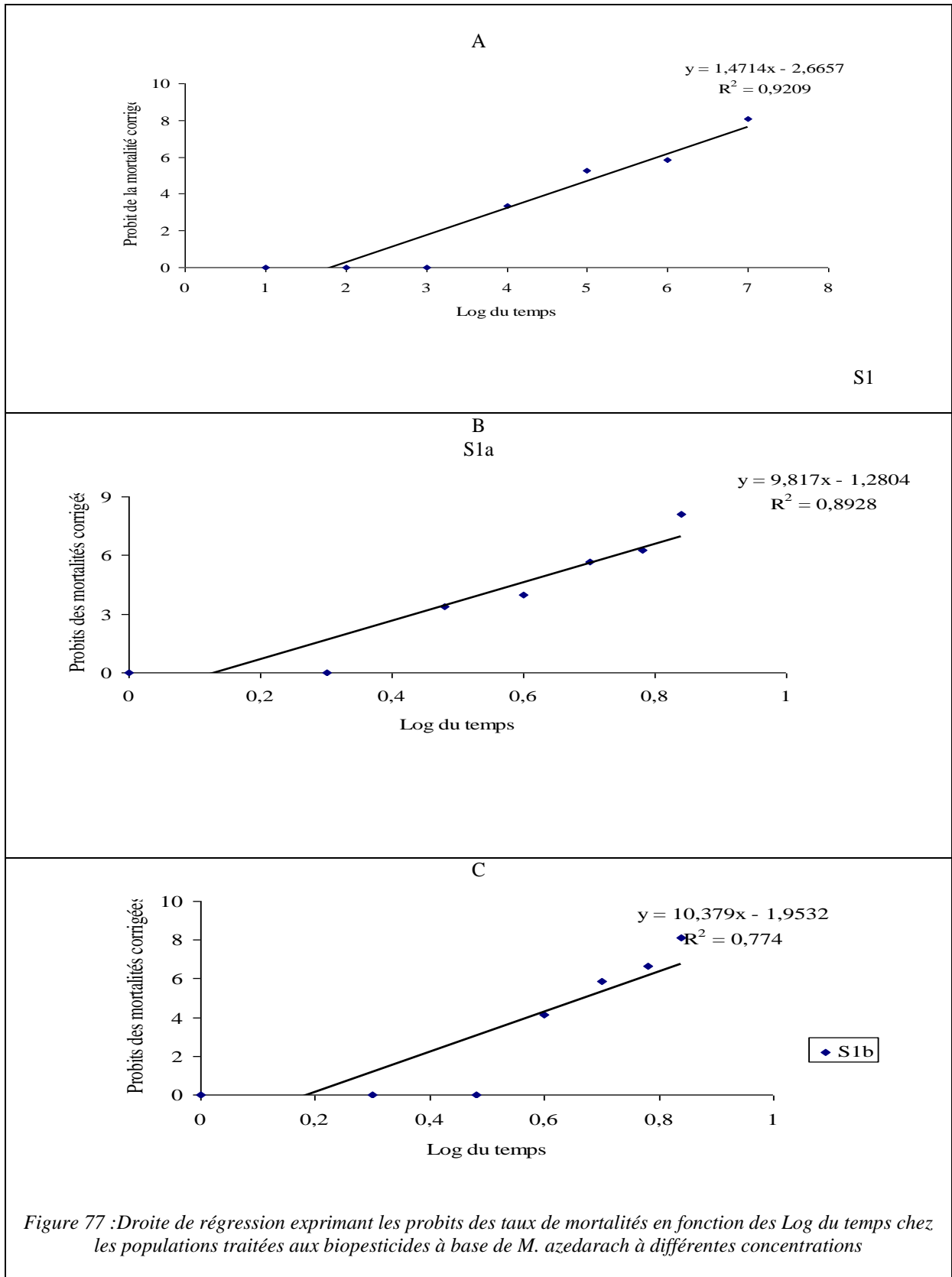


Figure 77 : Droite de régression exprimant les probits des taux de mortalités en fonction des Log du temps chez les populations traitées aux biopesticides à base de *M. azedarach* à différentes concentrations

Les points définissant les adsorbances des différentes analyses hémolympatiques des individus testés aux formulations S1, S1a et S1b à base *M.azedarach* ainsi que les formulations S2, S2a et S2b à base de *Schinus molle* gravitent autour des droites de régression par rapport aux témoins, traduisant une différence dans la composition biochimique de l'hémolymphe chez les traités par rapport aux témoins (tableau 79), (figure 78, 79). Ceci est approuvé par le coefficient de corrélation compris entre 0 et 1 ($0 \leq R \leq 1$)

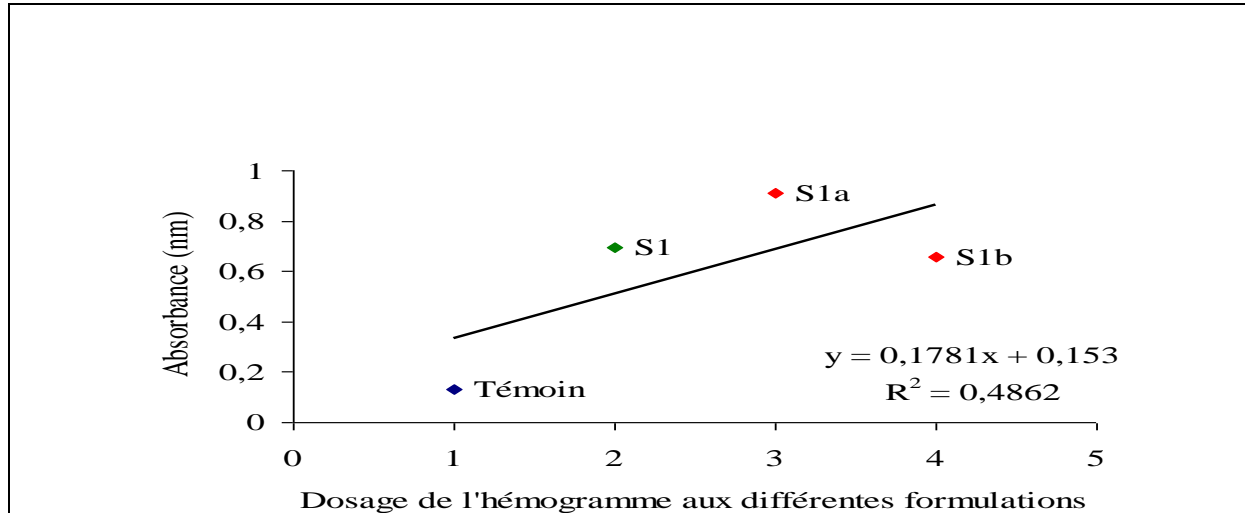


Figure 78 : Droite de régression exprimant les absorbances en fonction des différentes formulations de *M. azedarach*

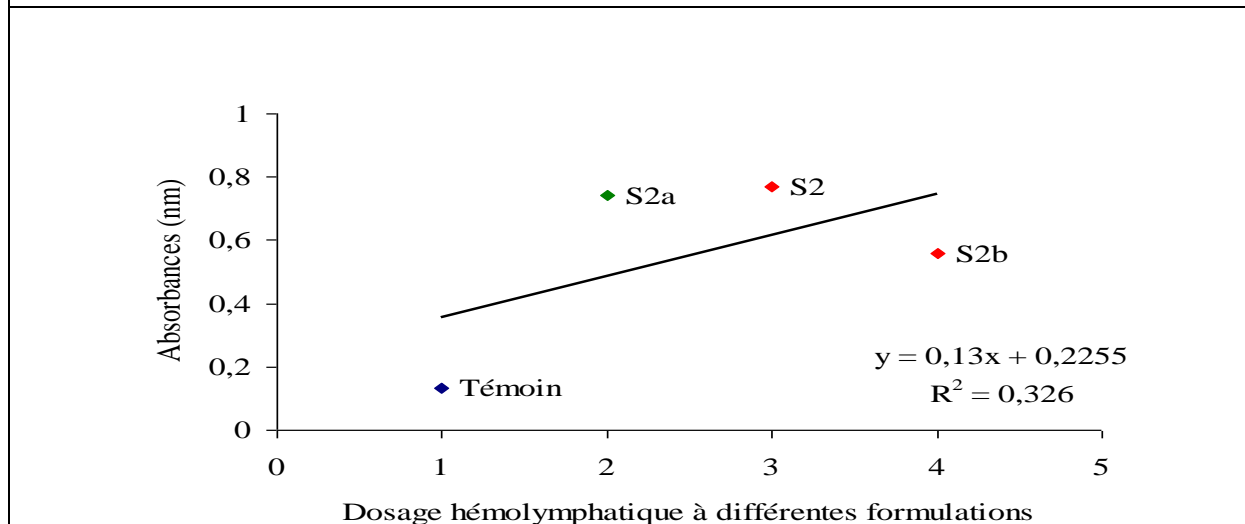


Figure 79: Droite de régression exprimant les absorbances en fonction des différentes formulations de *C. moelle*

X- Evaluation de la toxicité des deux types de biopesticides formulés sur quelques paramètres biologiques de souris :

1-Mortalité cumulée des souris

Tableau 80 : Mortalité cumulée des souris en fonction des différentes doses des deux biopesticides utilisés.

Formulations	Jours									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S1	0	0	0	2	2	-	-	-	-	-
S1a	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
S1b	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0
S2	0	2	0	0	0	2	-	-	-	-
S2a	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
S2b	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Témoin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

L'expérience a duré dix (10) jours ; aucune mortalité n'a été observée chez les souris témoins. Néanmoins, la mortalité a été totale chez les cobayes traités à la dose S₁ à base d'huile essentielle de *Melia azedarach* seule au bout de quatre (04) jours, ainsi que pour les cobayes traités par HE seule de *schinus molle* (S2) au bout de 06 jours . A la dose S_{1b} et la S_{2b} dont les formulations sont constituées de *Metarizium anisopliae* à 10⁵ spores/ml et d'huile essentielle de *M.azedarach* et *schinus molle* à 400ppm, seuls 2 morts ont été observés traduisant un taux de mortalité de 50% .Une mortalité est de 25%.est enregistrée chez les lots traités à la dose S_{1a} et S_{2a} dont les formulations sont composées du même Entomopathogène à concentration constante de 10⁵ spores/ml et de 250ppm respectivement de *M.azedarach* et *Schinus molle*. Cela s'explique par la faible dose d'huile essentielle utilisée dans ces formulations (tableau 80 et figure 80) .

Le taux de mortalité corrigé des souris d'après la formule d'Abbot (1925) est représenté dans le tableau suivant :

Tableau 81 : Taux de mortalité corrigé des populations de souris

Formulations	Taux de mortalité corrigé %
S1	100
S1a	50
S1b	75
S2	100
S2a	50

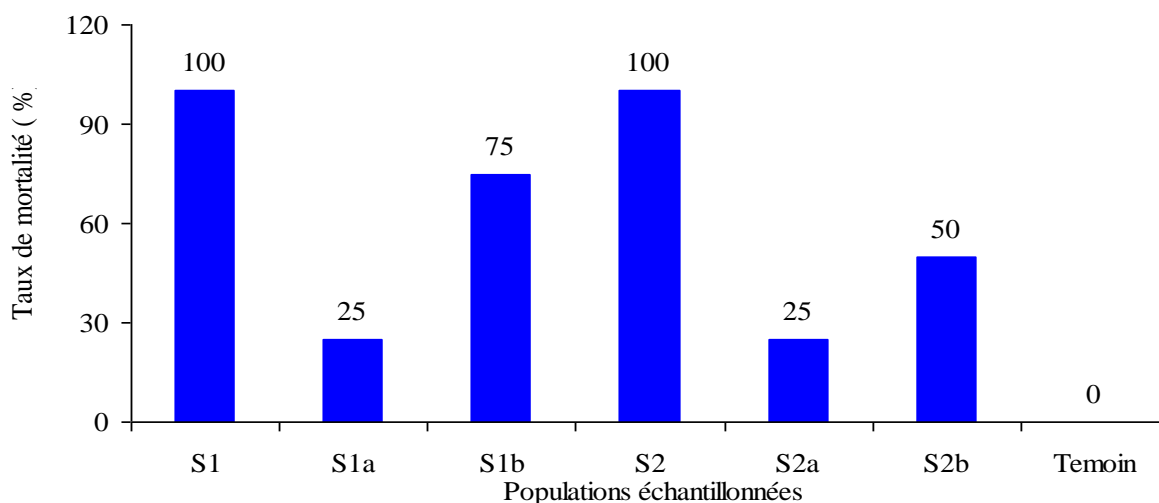
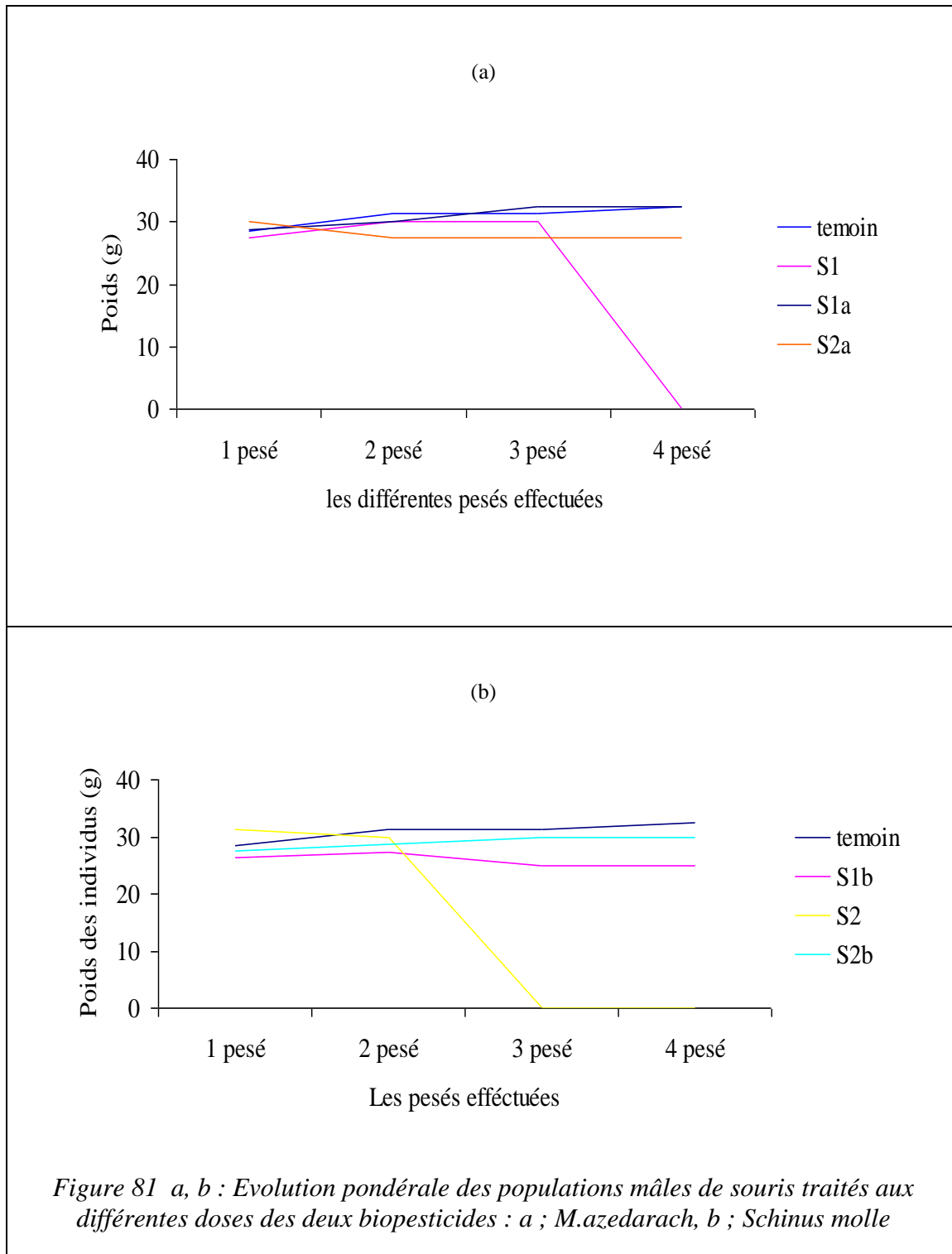


Figure80: Estimation du taux de mortalités de populations de souris testés a différentes doses de deux biopesticides

2- Evaluation pondérale des souris

Tableau 82 : Moyennes pondérales des pesées de souris selon la dose du traitement

Huiles	Formulations	1 ^{ier} pesé	2eme pesé	3eme pesé	4eme pesé
<i>M. azedarach</i>	S1	27,5	30	29,98	0
	S1a	28,75	30	32,5	32,5
	S2a	30	27,5	27,5	27,5
<i>S. molle</i>	Témoin	28,5	31,25	31,25	32,5
	S2	31,25	30	0	0
	S1b	26,25	27,25	25	25
	S2b	27,5	28,75	30	30



Les graphes ci-dessus synthétisent l'évolution de poids moyens selon les doses utilisées dans les biopesticides à base d'huile essentielle de *M.azedarach*. Du début jusqu'à la quatrième pesée, on constate un pallier reflétant une stabilité dans le poids des individus. Pour les individus traités à la formulation S₁ une chute de poids brusque est notée au bout de troisième jour avec la mortalité totale de individus. De même le bioacridicide à base de *Schinus molle*, le graphe montre une allure des courbes similaire à celles obtenue dans le biopesticide précédent (tableau 82 et figure 81 a et b)

3 -Taux d'hématocrites et transaminases chez les souris traitées

Tableau 83 : Taux d'hématocrites et de transaminases chez les souris après traitement

Les doses utilisées	Hématocrite%	Transaminases	
		SGOT/ASAT (UI/L)	SGPT/ALAT (UI/L)
S1	30	176	49
S1a	41	159	47
S1b	43	127	39
S2	36	217	48
S2a	37	123	35
S2b	43	118	29
Témoins	43	138	37

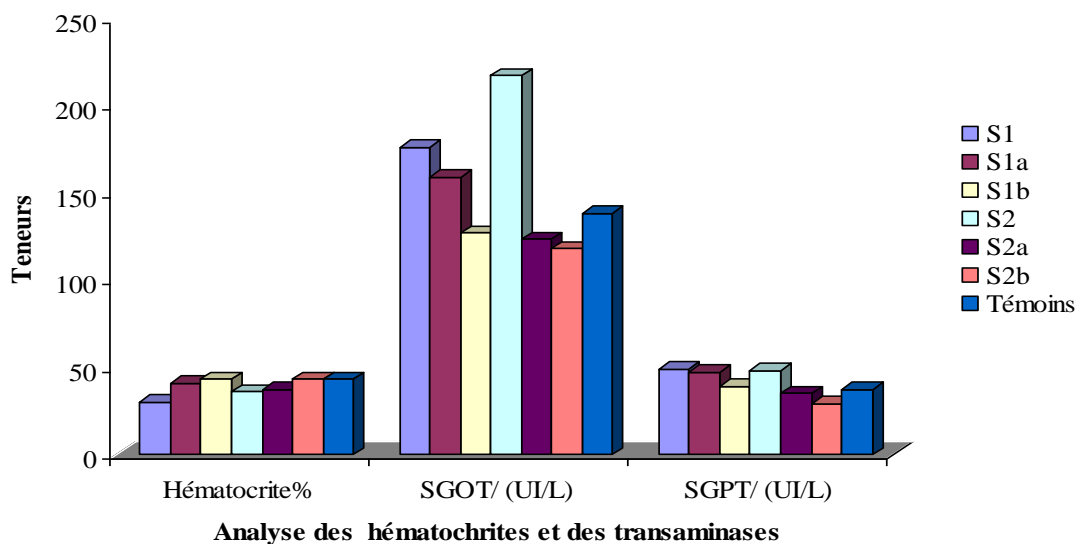


Figure 82 : Comparaisons des taux d'hématocrites en (%) et les teneurs des transaminases (UI/L) chez les populations de souris traitées aux deux biopesticides à différentes formulations

ALA T:(S.G.P.T.ou Sérum Glutamopyravate Transférase). (Unité internationale par litre)
ASAT :(S.G.O.T ou Sérum Glutamooxaloacétate Transférase). (Unité internationale par litre)

D'après le tableau (83) et figure(82), on constate une diminution du taux d'hématocrites chez les souris ayant été traitées aux doses S1, S1a, S2 et S2a dont les taux sont respectivement de 30, 41, 36, et 37 par rapport aux témoins qui est de 43%. Cependant, pour la S1b et la S2b le taux d'hématocrite est identique par rapport au témoin.

Les transaminases des populations de souris présentent une augmentations dans leur teneurs pour les mêmes formulations que ceux trouvés dans les analyses hématocrites: à savoir : S1, S1a, S2 et S2a avec des tenures de 176 UI/L 159UL/L 217 UI/L par rapport aux témoins qui est évaluée à 138 UI/L . Cependant pour le reste des formulations à savoir S2 ,S1b et S2b les

transaminases au niveau du foie des souris sont faibles par rapport aux témoins dont les valeurs sont respectivement de 127UI/L , 123UI/L et 118UI/L.

♣ On trouve essentiellement les ALAT dans le foie, les reins mais également en quantité plus faible dans les muscles striées et dans les globules rouges.

4-Evaluation pondérale du foie et des reins des souris après dissection

Tableau 84. Poids du foie et des reins des souris après dissection

Organes	S1	S1a	S1b	S2	S2a	S2b	Témoins
Foie	1,48	1,48	1,59	1,43	1,48	1,51	1,66
Reins	0,22	0,16	0,14	0,20	0,20	0,19	0,13

Une légère diminution du poids du foie des souris traitées aux différentes doses (S1, S1a, S1b, S2, S2a, S2b) par rapport aux témoins est notée. Quant aux reins, une augmentation du poids est observée. Ceci est peut être du à une série de lyse au niveau du foie qui confirme probablement les résultats des transaminases (tableau 84 , figure 83)

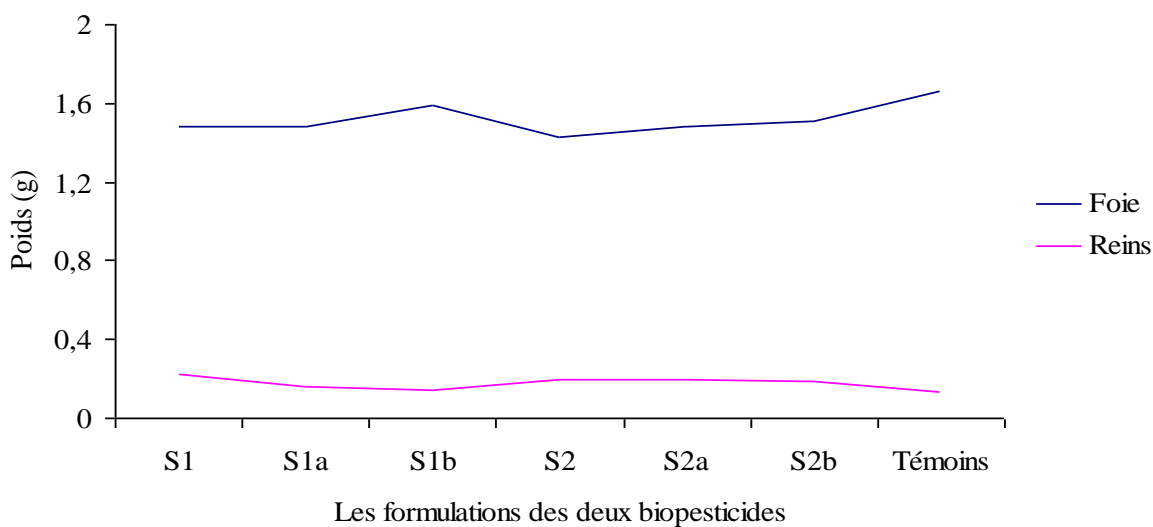


Figure 83 : Evolution pondérale des foies et des reins de souris traitées aux différentes doses des deux biopesticides formulés

CHAPITRE IV. DISCUSSION

I- Etude des variations spatial-temporelles des populations mâles et femelles de *S.gregaria* à Baamor (Adrar) et Oued Amded (Tamanrasset) de 1993 à 2004 :

1- Evaluation des variations densitaires des populations du criquet pèlerin

Les résultats obtenus attestent une variabilité spatio-temporelle des densités de population. Ils montrent qu'à Baamer, la présence des périmètres irrigués a entraîné une augmentation du nombre de populations par rapport à celles observées à Oued Amded. Les densités les plus grandes ont été observées à Baamor durant les périodes printanières avec des maximums de 500 individus/ha. Ould El Hadj, en (2002), a observé plusieurs concentrations et pullulations au niveau des périmètres de mise en valeur à Adrar, malgré l'accalmie dans tout le Sahel et une sécheresse très prononcée au Sahara. Ces transformations de l'environnement entraînent de profonds bouleversements dans les peuplements acridiens. Leur potentiel biotique adapté à des conditions rares ou aléatoires, provoque des explosions démographiques lorsque les conditions de nourriture, se retrouvent en permanence sur des grands étendus du fait des interventions humaines : déboisement des forêts humides, qui offre à *Zonocerus variegatus* « le criquet puant » une considérable extension de son milieu de vie original : chablis et lisière (Degregorio et lauga 1981). (Couturier et al, 1984 et Farrow ,1979) montrent aussi l'influence de la transformation du milieu par l'homme à savoir l'extension des pâturages, dans la prolifération de *Locusta migratoria* en Australie. De même plusieurs auteurs considèrent le surpâturage comme un facteur favorisant les pullulations (Skaf, 1972, Holms et al, 1979, Shivomi et al, 1982).

A Tamanrasset, la densité de populations est généralement faible. Toutefois, un maximum a été atteint durant l'été 1993, avec une densité de populations de 200 individus / ha. Le déficit dans le nombre est lié aux facteurs environnementaux principalement la pluie et le tapis végétal. Les précipitations ne dépassent pas 2mm. La température et l'humidité relative sont respectivement inférieures à 20°C et 18%. Les végétations sont essentiellement spontanées (ONM, 2004).

Les variables bioécologiques jouent probablement un rôle important dans la propagation et le maintien des populations in situ (Johnston et Cheke , 1996). Des observations similaires ont également été mises en évidence par Gendouz-Benrima et al (2006). Ces derniers ont remarqué que pendant les périodes de rémission, les populations de criquet accomplissent leur reproduction au printemps dans le Sahara central et en été dans le Sahara méridional.

2- Evolution spatio-temporelle des rapports morphométrique des populations mâles et femelles du criquet pèlerin :

L'analyse des rapports morphométriques des individus échantillonnés, dans les deux stations d'étude, montre que les populations acridiennes mâles et femelles sont hétérogènes. Les populations solitaires et transiens prédominent., quelques populations grégaires ont été trouvées à Baamer et Oued Amded en Avril 2004. Les populations seraient les reliquats de l'invasion qui a sévi en Algérie au même titre que les pays d'Afrique occidentale. Sur la base des structures d'informations acridiennes et des prévisions contenues dans le bulletin sur le criquet pèlerin d'Avril à Juin 2004, du Centre d'intervention antiacridien (FAO), plusieurs dépressions et fronts se sont formés en Avril au large de la côte atlantique du Maroc et se sont déplacés vers l'Est traversant l'Afrique du Nord-ouest et la Méditerranée. C'est la

conséquence, des précipitations exceptionnelles sur l'ensemble des pays du Sahel durant la saison des pluies, principalement la première quinzaine d'Avril. 27mm de pluie enregistrés à Adrar au mois d'Avril (ONM, 2004), ont conduit très rapidement à des pullulations dans la zone Sud-Saharienne de la Mauritanie au Soudan. Des bandes larvaires se sont formées en Mauritanie, au Mali, au Niger, au Soudan. Des essaims ont migré vers le Sud du Maroc et de l'Algérie, ainsi que vers l'Arabie au cours de l'automne 2003. Au printemps 2004, les populations acridiennes ont continué à se multiplier et à migrer vers l'Algérie, la Tunisie et la Libye (Lecoq, 2004, 2005 ; Moumen, 2005). Les populations grégaires de Juin 1998 à Oued Amded, sont probablement des populations fortement transiens ou des fragments de populations répartis sous des conditions climatiques et trophiques particulières. Les pluies estivales marquant la saison d'été à Tamanrasset favorisent le développement du tapis végétal et provoquent les pullulations, concentrations et grégarisations des individus (Gendouz-Benrerima et al.2006, Uvarov 1966). Selon Sitouh (1976), la pullulation des individus autochtones dépend des crues des oueds et des maaders. Leur présence dans cette région dépend directement des conditions climatiques des milieux.

Ces rapports morphométriques sont en étroite relation avec les densités de populations (Uvarov, 1966 ; Simpson and Miller, 2007). Les populations mâles et femelles à Baamer et Oued Amded dont les densités sont supérieures à 500 individus / ha sont des grégaires.

Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés antérieurement par Launois-Luong et Lecoq (1990) et par Gendouz-Berima et al (2007).

Le criquet pèlerin est l'espèce la plus sensible aux variations de densité de populations et présente un seuil de grégarisation très bas. Ce qui pourrait expliquer les fréquentes invasions du criquet pèlerin (Lecoq, 1997 ; Lorenz, 2009).

3- Comparaisons spatiotemporelles des indices morphométriques E/F et F/C à Adrar et Tamanrasset.

L'adaptation du criquet pèlerin dans les milieux anthropisés à Adrar a été confirmée par nos résultats qui mettent en évidence l'influence des conditions environnementales sur les paramètres morphométriques de *S.gegaria*. En effet l'analyse en composante principale des populations mâles du criquet pèlerin révèle, l'existence d'un dimorphisme saisonnier caractérisé par un changement de taille. La longueur du fémur postérieur et la largeur de la capsule céphalique sont les paramètres les plus indicateurs de différence morphométrique de la taille.

Cependant le contraste de forme qui les sépare passe inaperçu. Les populations de saison sèche et celles de saison humide se projettent sur les deux plans de l'axe, traduisant la différence morphométrique existant entre les deux populations.

La deuxième composante principale mesurant le contraste de forme ne restitue que 8% de l'inertie totale de nuage. A forme identique, les populations de saison sèche présentent des fémurs et des capsules céphaliques plus petits que ceux de saison humide. Cependant une population composée de mâles du mois d'Avril est fortement corrélée à l'axe2. Ces populations sont de formes différentes par rapport à celles des deux saisons, les individus sont purement grégaires.

En projetant un individu quelconque dans ce plan, il est possible d'apprécier avec une précision satisfaisante son degré de voisinage avec les populations choisies comme référence.

Contrairement aux mâles de Tamanrasset, ces indices mesurés ne permettent pas la distinction de ce dimorphisme.

Ces résultats sont en concordance avec d'autres études, Degregorio et lauga (1981), confirment l'existence d'un polymorphisme saisonnier chez les imagos du criquet puant *Zonocerus variegatus*. L'interprétation de ce dimorphisme chez les mâles par rapport aux femelles est due essentiellement aux phénomènes de protandrie (Pickford, 1962), et aux conditions naturelles notamment le stade phénologique des plantes hôtes. Les populations se développant sur blé au stade tallage entraînent l'émergence précoce des mâles au détriment des femelles.

A partir de ces résultats plusieurs hypothèses peuvent être posées à savoir que ce dimorphisme saisonnier chez les populations mâles *S.gregaria* à Baamor est fonction de l'état phasaire des individus échantillonnés. Ce changement phasaire qui coïncide avec l'apparition des jeunes pousses de blé et des cultures maraîchères entraîne des modifications dans leurs morphologies appréciées au niveau des paramètres biométriques.

A cet effet, une deuxième étude a été entreprise. Elle porte sur l'identification de régime alimentaire et son incidence sur la biométrie des individus.

II. Etude du régime alimentaire des populations mâles *S. gregaria* à Bammor de 1993 à 2004

1- Identification et variations temporelles du régime alimentaire des populations mâles à Baamor de 1993 à 2004.

Le spectre alimentaire chez les populations mâles présente une grande diversité, avec une prédominance de la famille des poacées représentée essentiellement par des graminées cultivées et quelques graminées spontanées. Ce régime alimentaire confirme sa polyphagie à tendance graminivore. Les insectes en générale et les locustes en particulier prélèvent les plantes nécessaires à leurs besoins physiologiques instinctivement. Ils augmentent ou diminuent leurs prises de nourriture pour maintenir leurs poids constant en fonction de leurs réserves (Decerio et al, 1982) (Raubenheimer et Simpson, 1993 ; Simpson et Raubenheimer, 2000). Parfois certains insectes phytophages peuvent se contenter dans leurs régimes d'une seule espèce ou famille botanique. Elle peut présenter 60 % du régime polyphage préférentiel, tant que cette quantité consommée peut maintenir l'espèce en vit et assurer son développement et sa reproduction (Le gal, 1989). Abdel Rahman, (1999) in Woldewahid, (2003), observe, que le criquet pèlerin au niveau de la côte soudanaise de la mer rouge préfère s'alimenter sur *Heliotropium sp*, plutôt que sur le millet. Leurs pullulations sont liées à l'abondance du tapis végétal riche en cette espèce. Ceci montre qu'au Soudan cette espèce graminée, peut être un indicateur important des habitats du pèlerin. De même, il constate que l'*Heliotropium* et le millet sont les deux plantes les mieux appréciées par la sauterelle pèlerine (Woldewahid, 2003).

L'absence de corrélation entre les différentes espèces végétales consommées en saison sèche et saison humide par les populations mâles, durant les différentes périodes d'échantillonnages, est due à leurs régimes et comportements alimentaires qui subissent des changements cycliques en fonction des composantes du tapis végétal, et à ses adaptations morphologiques, physiologiques et écologiques, (Duranton et al , 1982) ; (Simpson et al , 2001) . Ghaout et al, (1991) et Bernays, (1991), mettent en évidence aussi sa mobilité : les individus solitaires sont moins mobiles que les individus grégaires.

2-Evolution temporelle des surfaces consommées par les populations mâles de *S. gregaria* en fonction du taux de recouvrement des espèces végétales recensés à Baamor

Malgré sa polyphagie (Simpson et al,2001), les imagos solitaires vivent avec peu d'espèces dans leur milieu . La dominance du régime graminéen dans le spectre trophique du criquet pèlerin est due essentiellement à la structure du tapis végétale composant la région de Bamoor, dont les plus grandes superficies sont cultivée en céréales (Kara, 199) ; (Cherief ,1998) (Ould el hadji, 2004). Cette composition floristique influence le comportement alimentaire des populations mâles en limitant leur choix (Gendouz –Benrima ,2005). La graminée, de part sa composition biochimique à savoir sa teneur en eau, son taux de protéines et les hydrates de carbones, conditionne la prise de nourriture (Raubenheimer et Simpson, 1993 ; Simpson et Raubenheimer, 2000).

(Pearson, 1989 et Wallace, 1990) démontrent également que les critères sensoriels interviennent dans l'orientation de l'insecte, jusqu'à la préhension, l'acceptation et enfin l'ingestion. Les espèces acridiennes graminivores présentent peu de chimiorécepteurs sur les pièces péri buccales que les forbivores. Cependant le nombre de sensille sur les antennes est plus important chez les graminivores (Chapman et Thomas ,1978).

3- Fluctuations saisonnières des principales plantes graminéennes consommées par les populations mâles à Baamor durant les deux saisons d'études.

La présence d'un grand nombre de graminées consommées en saison sèche par rapport à la saison humide est due au fait que les périodes de pluies correspondent à la quiescence et aux éclosions des œufs et les saisons sèches coïncident avec les mues imaginaires des populations de *Schistocerca gregaria* (Gillon 1983) ;(Gendouz –Benrima ,2005). La station de Baamor en saison humide présente un tapis végétal composé essentiellement de graminées cultivées en post levées.

III- Impact des densités de populations et des rapports morphométriques des individus mâles de criquet pèlerin à Baamor de 1993 à 2004 en fonction du spectre alimentaire

Les populations mâles de *S. gregaria* de part leur potentiel biotique adapté à la survie aux conditions rares ou aléatoires d'une part ,et l'arrivée des conditions naturelles favorables à leur multiplication d'autre part entraînent des explosions démographiques cyclique .La densité de population induite par ces changements entraine des modifications observées sur plusieurs paramètres à savoir : la coloration, la morphométrie, l'anatomie, la masse ovigère , le choix alimentaire , la physiologie , la reproduction , la neurophysiologie, la physiologie endocrinienne, la biologie moléculaire, l'immuno-réactions, la longévité et la production de phéromone (Pener, 1991 ; Pener et Yerushalmi, 1998 ; Simpson et al, 1999, Tanaka, 2001et Tanaka et Maeno , 2006 ; Ferenz et Seidelmann, 2003 ; Kang et al , 2004; Hassanali et al ,2005 ; De Loof et al, 2006 ; Simpson et Epée, 2007) .

IV- Impact de quelques facteurs abiotiques sur quelques paramètres biologiques de *M. anisoplaie* et *M. flavoviride*

A travers les analyses statistiques effectuées sur les différents paramètres étudiés des deux entomopathogènes ciblés (*M. anisoplaie* et *M. flavoviride*), ces derniers ne présentent pas de différences significatives dans leurs caractéristiques biologiques à savoir : la croissance

mycélienne, la croissance pondérale et la sporulation, par rapport aux facteurs abiotiques étudiés représentés essentiellement par la température, la pluviométrie et les ultraviolets proches. *M.anisopliae* et *M.flavoviride* semblent être des souches faciles à multiplier. Elles ne présentent pas d'exigences vis à vis des milieux de cultures. D'après nos résultats ces deux entomopathogènes se développent et sporulent dans les différents milieux testés. Cependant pour *M.anisopliae* enregistre une faible préférence pour le milieu PDA et Sabourau et pour *M.flavoviride* une préférence pour le milieu DCLS. Nos résultats sont comparables à ceux trouvés par divers auteurs tels que Halouane, (1997) qui étudie l'efficacité de *M.anisopliae* sur quelques paramètres physiologiques de *Shistocerca gregaria* et *Locusta migratoria* et par Amouriq en (1973) qui étudie la relation insecte champignon. Les mycètes étudiés partagent les mêmes propriétés que ceux de *Beauveria bassiana* qui présente un très bon développement sur des milieux de cultures de composition diversifiée grâce à son complexe enzymatique (protéase, amylase, hydrolase.....) (Halouane, 2007).

L'apparition des premières colonies de *M.anisopliae* sur milieu PDA commence le premier jour, cependant sur OGA et sabourau, elles débutent le troisième jour. L'achèvement de la croissance mycélienne est plus rapide sur milieu OGA que sur milieu PDA et Sabouraud, qui se termine après quinze jours. La croissance diamétrale du mycélium de *M.flavoviride* est maximale et rapide sur milieu DCLS. Ce sont des milieux riches en hydrates de carbone et d'azote. En effet Stéphane et Zimmerman (1997) mentionnent un meilleur développement de *M.flavoviride* sur un milieu ayant uniquement de l'azote.

Le suivi de la croissance mycélienne pendant 15 jours montre que le comportement des deux champignons est influencé par la température. Dans le climat tropical de l'Est de l'Asie, la croissance mycélienne des hyphomycètes est optimale entre 25°C et 30°C comme l'ont rapportés Fargues et al (1997). Welling et al (1994), ont souligné que les souches de *M.anisopliae* et *M.flavoviride* ont pu croître à des températures atteignant 40°C.

Selon Fargues (1997) et Vey et al (1996) les espèces de certains genres de champignons entomopathogènes : *Beauveria sp* et *Metarhizium sp* présentent un large éventail thermique. Elles peuvent germer et croître à des hautes et basses températures (Limite inférieure 4°C et limite supérieure 45°C). Halouane (2007) et Bissad (1998) ont enregistré un maximum de développement de *B.bassiana* entre 15°C et 30°C avec un pic à 25°C. La température affecte la sporulation de *M.anisopliae* et *M.flavoviride*. Durant les 15 jours d'incubation, la meilleure sporulation enregistrée pour les différentes températures est de l'ordre 10⁵ spores /ml pour les deux acridopathogènes. Les mêmes concentrations ont été obtenues par Halouane (1997) sur *Shistocerca gregaria* et *Locusta migratoria* traités au *M.anisopliae* à 35°C. Stéphane et Zimmerman (1997) ont enregistré une sporulation de *M.flavoviride* de l'ordre de 10⁸ spores /ml. Haddadj (1998) a signalé une meilleure sporulation de *M.flavoviride* de 10⁵ spores /ml à 25°C. Sur *B.bassiana*, Halouane a enregistré une sporulation de 10⁶ spores /ml à 25°C.

L'humidité du milieu exprimée en activité d'eau (aw) est aussi un facteur limitant la fructification des microorganismes en générale. Le maximum de croissance mycélienne, de croissance pondérale et de la sporulation est obtenu à une activité d'eau au dessous de 0.99 et le minimum est observé à une activité de l'eau de 0.75.

Hallsworth et Magan (1999) montrent que *B.bassiana*, *M.anisopliae* et *Paecilomyces fumosoroseus* présentent une gamme semblable d'activité d'eau (0.90,0.99), avec un optimum de croissance pour *M.anisopliae* de 0.99 et *Paecilomyces fumosoroseus* et *B.bassiana* de 0.98.

V- Analyse spectrophométrique des métabolites biochimiques hémolymphatiques des adultes de *Schistocerca gregaria* traités par les deux entomopathogènes

1- Evaluation du taux de mortalité des individus de *S.gregaria* Traités aux *M.flavoviride* et *M. anisopliae*

L'action des deux entomopathogènes a été rapide sur les individus aux différentes doses appliquées, la mortalité débute aux trois ou quatre jours et atteint son maximum au bout du septième jour. Plusieurs études ont présenté des résultats similaires tels que ceux de Milner et al. (2003) après applications de *M.anisopliae* à 10^4 et 10^5 spores /ml sur *vittatum Phaulacridium*. Une mortalité de 100 % est obtenue au bout de sept jours. (Blanford & Thomas 1999; Elliot et al. (2002), constatent que *M.anisopliae* a été très virulent à la dose de 10^3 spores /ml avec un taux de mortalité de 75% sur *Schistocerca gregaria* après huit jours de traitement suivie par des sporulations sur des cadavres.

2- Evaluations des DL 50 et TL50 des deux acridopathogènes sur les individus adultes de *S. gregaria*

La DL50 estimée pour les deux entomopathogènes sont proches de celle trouvée par Halouane en (1997) sur *Schistocerca gregaria* qui est évaluée à $2,81 \cdot 10^5$ spores /ml. Fargues et al (1997) évalue la DL50 au bout du sixième jour à $0,7 \cdot 10^4$ spores /ml chez les adultes de *Spodoptera littoralis* traités par le champignon *Nomuraea rileyi*.

Pour notre cas, le traitement des populations de *S.gregaria* par les deux acridopathogènes, présentent des DL50 de l'ordre de 10^4 spores /ml.

Une variation significative dans le temps est aussi observée pour le taux de mortalité des individus de l'espèce étudiée. En effet pour les deux entomopathogènes utilisés dans le traitement aux différentes doses, les TL50 sont de 4 à 5 jours et quelques heures en moyennes. Les champignons pathogènes utilisent généralement des stratégies différentes pour tuer leurs cibles, tels que les dommages mécaniques par l'invasion des tissus, l'épuisement des ressources en éléments nutritifs et la libération des toxines (Huaz et al, 2007).

3-Analyses spectrophométriques des protéines et des glucides hémolymphatiques des adultes de *Schistocerca gregaria* traités par les deux entomopathogènes.

L'infection du criquet pèlerin par *M. anisopliae* entraîne une baisse des protéines, deux jours après l'inoculation du champignon (Gillespie et al, 2000). Les agents pathogènes sont en mesure de produire des enzymes qui permettent de briser et d'assimiler les matières d'accueil tout en surmontant les mécanismes de résistance de l'hôte. Chez ces entomopathogènes l'enzyme produite est la dextrinase et cytochalasine (Huxham.,1989; Vey et Quiot, 1989; Vilcinskas et al, 1997).

Comme pour les protéines, les glucides hémolymphatiques ont été dégradés par l'entomopathogène. Ces glucides sont essentiellement le Tréhalose (O- α -D-glucopyranosyl [1 \rightarrow 1] α -Dglucopyranoside) et le glucose. C'est un sucre sanguin principal de la plupart des insectes et une source d'énergie importante pour les insectes (Wyatt, 1967; Thompson, 2003). Ce disaccharide est aussi le principal sucre utilisé pendant le vol (Becher et al. 1996). Le Tréhalose est synthétisé à partir du glucose alimentaire principalement par les tissus adipeux et passe rapidement dans l'hémolymphe pour son stockage dans les corps gras. Au besoin, le tréhalose est hydrolysé en glucose qui est finalement utilisé dans la glycolyse des tissus des cellules par une enzyme la tréhalase ou (glucohydrolase $\alpha\alpha$ -tréhalose, CE 3.2.1.28). La concentration de tréhalose joue un rôle important dans le choix alimentaire et le

comportement alimentaire. Il est donc vital dans la régulation de la croissance des insectes et leur développement (Thompson & Dahlgren, 1999).

Ainsi, ce disaccharide, constitue une cible évidente pour l'invasion des champignons pathogènes. Xia et al. (2002) ont constaté que l'entomopathogène *Metarhizium anisopliae*, secrète l'enzyme (Tréhalase – enzyme hydrolisant) qui hydrolyse le tréhalose dans l'hémolymphe de *Manduca sexta*. Cet enzyme joue un rôle important au cours de la pathogénicité des champignons. Une fois que le champignon pénètre dans l'hémolymphe de la sauterelle, il secrète l'enzyme tréhalase qui détruit le tréhalose du sang de l'insecte.

(Thompson, 2003) note que le tréhalose est présent en concentration élevée (≈ 10 mg / mL) dans l'hémolymphe de criquets en bonne santé. Après mycose de *Manduca sexta* par *M. anisopliae* pendant 4 jours, la concentration du tréhalose a considérablement diminué au même temps, l'activité enzymatique d'hydrolyse du tréhalose a augmenté dans les hémolymphe des criquets infectés. L'augmentation de l'activité enzymatique du tréhalose coïncidant avec la diminution du tréhalose peut suggérer le rôle important de l'enzyme. L'hydrolyse du tréhalose à concurrencer l'utilisation des nutriments entre l'insecte et l'agent pathogène. La baisse de tréhalose dans l'hémolymphe est due à l'activité de la tréhalase. Il existe deux stratégies pour *M. anisopliae* d'envahir leur hôte: l'un est «la stratégie de croissance »et l'autre est " la stratégie toxiques »(Kershaw et al., 1999).

L'effet de la mycose sur les lipides sanguins sur la population de criquet pèlerin pourrait être due soit à un effet direct du champignon ou indirectement, à un état semi-faim provoquée par la consommation alimentaire réduite chez les insectes infectés (Seyoum et al., 2002 et Seyoum et al., 1994). Pendant le vol les criquets utilisent les glucides en tant que combustible pour le vol et par la suite, ils font usage de leur stocke en lipides hémolymphe (Goldsworthy et Mordue, 1973). (Seyoum et al., 2002) observe chez les individus de *Schistocerca gregaria* infestés, une baisse de la capacité de vol à partir du troisième jour après l'inoculation du champignon et au bout de six jours il a observé leurs morts. La mycose provoquée par les champignons entraîne une réduction significative dans les lipides hémolymphe plus que trois jours de famine.

VI -Effet de *M.flavoviride* traités aux ultra-violets proches sur la biochimie hémolymphe et sur la fertilité des individus de *S. gregaria*

1- Dosage des protéines hémolymphe

L'effet de *M. flavoviride* irradié aux ultraviolet proches sur les métabolites biochimiques hémolymphe nous a permis de constater que les traitements affectent la protéinémie, la glycémie et les lipides des populations du criquet pèlerin à différentes doses, cependant la durée d'exposition à l'ultraviolet proche est non significative. En effet (Daoust & Pereira, 1986) observent que dans les zones tropicales, en dépit de l'exposition aux UV et la température élevée, l'étude de terrain a montré que les cadavres du criquet pèlerin sporulent et restent infectieux pour les sauterelles durant toute la période d'étude.

2-Effet de *M. flavoviride* traités aux ultraviolet proche sur l'hémogramme

Le nombre total d'hémocytes varie d'une espèce à une autre et en fonction de l'état physiologique de l'insecte. La chute du nombre des plasmatocytes pour les quatre traitements aux ultraviolet proches utilisés peut s'expliquer par leurs interventions dans le processus de défense de l'organisme de l'hôte. L'introduction d'un pathogène, entraîne une réduction du système de défense chez ce dernier provoquant une modification de l'hémogramme en entier. On cite l'exemple de la phagocytose chez *Gallerie mellonella* suite au traitement par beauverine et terricobin (Raccaud –Scholler, 1980). Concernant la chute du nombre total

d'hémocytes nos résultats sont similaires à ceux de plusieurs auteurs :Charin (1930) a observé une réduction du nombre total d'hémocytes chez *Periplaneta* à la suite d'un traitement à la diète, Halouane ,(1978)note une chute dans le nombre total d'hémocytes chez les populations de *S. gregaria* traitées par *M.anisopliae* de 213 au premier jour jusqu'à 125 au troisième jour de traitement . L'Entomopathogène perturbe la cytologie du sang de cet acridien tant sur le plan qualitatif que quantitatif. La réduction dans le nombre total s'explique par la virulence de ce champignon et l'effet des N.U.V sur ce champignon. L'hémolymphe constitue un milieu favorable et contient des substances indispensables à la croissance de cet hyphomycetes. Les plasmocytes participent dans le système de défense de *S. gregaria*, la réduction de leur nombre affaiblit le système immunitaire de l'insecte et par conséquent c'est la mort qui suit.

Un déclin dans le nombre total des hémocytes et une réduction marquée dans la proportion de plasmocytes et coagulocytes chez des larves du cinquième stade larvaire du criquet pèlerin infesté par *M. anisopliae* sont signalés par Xia, et al, (1999) . Chez les insectes, le système immunitaire est constitué d'une batterie de défense cellulaire humorale qui peut interagir dans la destruction des pathogènes (Gillespie et al. 1997).

La première ligne de défense dans l'hémolymphe est souvent la phagocytose. Ceci est réalisé principalement par les plasmocytes (Anderson et Cook, 1979; Zacharie et Hoffmann, 1984).La phagocytose est connue pour stimuler la production d'enzymes lysosomales dont la phosphatase acide (ACP). ACP a été trouvée dans les hémocytes des insectes qui est libérée dans le plasma (Lai-Fook, 1973; Rowley et Ratcliffe, 1979). D'après Cheng (1983). Le rôle de cet enzyme est mal connu. Les mycoses du criquet pèlerin dues à *M. anisopliae* ont entraîné des changements dans les propriétés de l'hémolymphe (Xia et al, 1999), qui ont lieu dans deux étapes:

- Au cours de la première phase, les 2 premiers jours après l'inoculation, une augmentation du nombre total des hémocytes spécialement les coagulocytes est noté . Ceci explique l'existence d'un signal qui est soit une substance émise par le tégument lors de la pénétration des champignons ou un métabolite soluble fongique qui active le système immunitaire.
- La deuxième étape du processus d'infection a lieu lorsque le champignon a pénétré dans l' hémocèle après 3-4 jours de son inoculation. A ce temps, tous les paramètres biochimiques mesurés sont à des niveaux sensiblement inférieurs à ceux du premier stade d'infection des mycoses. Ceci est dû probablement au système immunitaire qui a été surmonté par le champignon (Gillespie et al. 2000).

2- Action de *M. flavoviride* traité aux ultraviolets proches sur le développement ovarien des femelles de *Schistocerca gregaria* .

Les résultats obtenus montrent que *M. flavoviride* irradié n'affecte pas le potentiel reproducteur des femelles adultes. Il n'y a pas de différence significative dans la production d'ovarioles chez les témoins et les traités. Cependant nous notons une diminution dans la taille des ovocytes chez les traités par rapport aux témoins, avec une augmentation des corps de résorption et une diminution de traces de ponte. Blanford ,(2001) énonce que l'effet de l'infection sur la maturation et la reproduction dépend de l'âge des adultes au moment de l'inoculation, des conditions du milieu ,la dose de champignons, et la durée du traitement .En effet après 25 jours de traitement ce même auteur note que chez les populations femelles de *S. gregaria* traitées au *M.anisopliae* ont donné un nombre d'oothèques de 21, 36, 40 avec un nombre d'œufs de 933, 1669 et 1770.Cependant le traitement des individus nouvellement clos, entraîne un changement au niveau de la couleur des mâles .Il émet l'hypothèse que la

synthèse de l'hormone juvénile est affectée. La Maturation sexuelle est contrôlée par cette hormone, ce qui fait défaut au niveau des adultes nouvellement émergés. L'hormone juvénile est produite au bout de 3 à 4 jours après l'émergence des adultes et atteint un pic entre 10 et 12 jours (Injeyan et Tobe, 1981).

VII- Effet de *M.anisopliae* et *M. flavoviride* sur l'histologie des différentes parties du tube digestif du criquet pèlerin

Comparativement aux individus témoins de même âge, l'examen des différentes parties du tube digestif des adultes et des Larves du cinquième stade larvaire de *S. gregaria* a mis en évidence très peu d'altérations structurales au niveau de stomodeum et du proctodeum. Cependant ces différences sont notables au niveau de mesenteron, chez les individus traités par les deux champignons entomopathogènes utilisés.

Du point de vue microscopique, des lésions histologiques ont été observées suite au traitement par les deux champignons utilisés *M. flavoviride* et *M. anisopliae*. Nos résultats sont assez comparables avec d'autres travaux réalisés par plusieurs auteurs sur l'histologie chez différents ordres d'insectes lors des traitements biologiques. Bissad (2002) a montré que *Beauveria bassiana* a un effet sur le tube digestif au niveau de l'intestin antérieur et de l'intestin postérieur du criquet pèlerin *S. gregaria*. Papillon et Cassier (1977) ont enregistré de forts troubles physiologiques via la destruction de l'épithélium intestinal chez les imagos de *S. gregaria* infestés par le protozoaire *Melamebae locustae*.

Chez les acridiens traités par *Bacillus thuringiensis*, les différentes parties du tube digestif n'ont subi aucune altération puisque le PH du tube digestif des acridiens est acide, ce qui ne favorise pas la libération de toxines chez ces groupes d'insectes. Habbes (1989) note une désorganisation et une destruction de l'épithélium intestinal, un détachement des cellules épithéliales les unes des autres et une augmentation du nombre des cellules caliciformes de l'intestin moyen des larves de *Thaumetopea pityocampa* traitées par *B. thuringiensis*.

VIII- Action des huiles essentielles et des extraits foliaires de *Melia azedarach* sur les paramètres biologiques de *S. gregaria*

1 - Evaluation des taux de mortalités

L'huile essentielle et les extraits foliaires de *Melia azedarach*, en plus de leur effet anti – appétant, ils ont causés une mortalité de 100%. L'effet toxique des extraits de différents végétaux est signalé par plusieurs auteurs. Amar et al (1995) ont montré que les extraits des feuilles de *Cestrum parqui* est d'une toxicité totale aigue avec une mortalité de 100% enregistrée au bout de 4 jours. Doumbia (1994) dans ces études sur l'effet du *Melia azedarach* sur les larves du criquet pèlerin révèlent qu'au bout de 5 jours, une mortalité de 60% est obtenue par la suite du blocage de la mue. Selon Diops et Wilps (1997), des extraits végétaux d'*Azadirachta indica* et de *M. azedarach* appliqués directement sur les larves et les adultes de *S. gregaria* provoquent des taux de mortalité allant jusqu'à 100% au bout de 14 jours. Ould El Hadj (2006), observe une mortalité chez les adultes de *S. gregaria* au bout de 14 jours. Dhoub, (1994) note une mortalité de 45% sur les feuilles de faux poivrier. La toxicité de l'huile essentielle et des extraits foliaires de *M. azedarach* observée sur les imagos du criquet pèlerin confirme les constatations de Volkosky, (1937), qui rapporte que toutes les parties de cette plante sont toxiques : Fruit, Feuilles, Ecorces et mêmes les racines.

Les huiles végétales sont des insecticides de contact qui agissent par leurs propriétés physiques et chimiques, des adjuvants pour des molécules liposolubles, et dans certains cas des

synergistes (Gauvrits et Cabanes , 2002 in Regnault Roger, 2005) .L'huile forme un film imperméable sur la cuticule et prive l'insecte d'air , provoquant son asphyxie' Regnault – Roger et Caupin , 1994 in Regnault Roger ,2005).

2- Effet des substances biochimiques extraites de *M.azedarach* sur les protéines hémolymphatiques des Imagos de *S.gregaria*

Selon Rao et Subrahmanyam et (1986), l'azadirachtine provoque chez les femelles de *S. gregaria*, une diminution quantitative et qualitative des protéines hémolymphatiques au bout de 12 jours après le traitement. Les mêmes effets ont été soulignés par Jabbar et *al*, (1991) in Regnault Roger, (2005) sur *héliothis armigera*, Schimidt et *al*, (1998)in Regnault Roger, (2005) sur *spodoptera littoralis* et *Agritis ipsilon* , Six jours après le traitement aux extrait de *Melia* . Selon Subrahmanyam et *al* (1989) l'administration d'une dose physiologique d'azadiractine A, par ingestion sur les femelles de *S. gregaria* inhibe la conversion des protéines neurosécrétoires dans le corpus cardiacum.

IX- Action des différentes formulations sémiobiochimiques utilisées sur l'hémolymph des imagos de *S.gregaria* :

Les concentrations obtenues pour les différentes formulations témoignent que les deux biopesticides testés base de *M .anisopliae* à différentes doses ont eu des effets néfastes sur les composantes biochimiques de l'hémolymphes des individus testés. Ces effets sont similaires à ceux obtenus par les différentes matières actives biologiques utilisées à savoir les deux champignons entomopathogènes et les deux les plantes insecticides testées.

1- Effet des bios pesticides formulés à base l'huile essentielle de *Mélia azedarach* sur le taux de mortalité des imagos de *S.gregaria*

La mortalité est de 100% au bout de sept jours pour les deux biopesticides à base de *M.anisopliae* et les huiles essentielles de *M.azedarach* et *Schinus molle* aux différentes doses. L'action combinée de deux biocides, Le champignon entomopathogène *M .anisopliae* et les huiles essentielles des deux plantes utilisées donne des taux de mortalité plus élevés en un laps de temps plus court.

X- Evaluation de la toxicité des deux types de biopesticides formulés sur quelque paramètre biologique de souris :

1- Mortalité cumulée

Les formulations à base de *M .anisopliae* associées aux différentes plantes testées n'ont présentées aucune mortalité au sein des populations de souris testées. Ceci prouve que les deux biopesticides sont peu toxiques pour ces populations. Exception faite pour les formulations à base des huiles essentielles pures de *M.azedarach* et *Schinus molle* ou nous avons observées des mortalités. Nos résultats coïncident avec ceux observés par Halouane (2007) sur des populations de souris traitées par *B.Bassiana*

2- Evolution pondérale des souris

Une diminution des poids de souris traités aux formulations pure à base de *M. azedarach* et *schinus molle* a été noté . Plusieurs travaux ont montré l'efficacité des plantes comme insecticides citons ceux de Vigner (1978), dont la toxicité de *M. azedarach* sur les insectes

en générale et sur criquet en particulier du à la présence d'un tri terpène, substance efficace à très faible dose (0.04ppm). D'après Hurtel, (2007), C'est la substance azdirachtine qui est le composé le plus actif contre les insectes, il agit à la fois sur la croissance et le développement de l'insecte (croissance larvaire et mue) et comme facteur anti nutritif . Bello et *al* (1998) montre les effets insecticides des fruits du faux poivrier.

CONCLUSIONS-PERSPECTIVES

Les résultats obtenus dans le cadre de ce travail font ressortir que les populations de *S.gregaria* prélevées à Adrar et Tamanrasset, présentent une variation spatio temporelle dans leur densité de population, leur statut phasaire, ainsi que leurs indices biométriques. Ces différences, sont confirmées par l'analyse en composante principale (ACP). Celle-ci a permis de dégager quatre groupes présentant différentes corrélations avec les saisons sèches et les saisons humides. Parmi ces quatre groupes, deux sont importants et intéressants. Il s'agit du groupe des mâles d'Adrar de saison sèche (G4), et le groupe des individus d'Adrar de saison humide (G2). Une différence morphométrique saisonnière de taille a été démontrée. Cette variabilité est due probablement aux bouleversements écologiques provoqués par l'évolution de l'agriculture Saharienne suite à l'apparition des périmètres irrigués et le développement du tapis végétal, dont le rôle est déterminant dans la variation morphologique saisonnière.

Il ressort que l'extension et l'intensification de l'agriculture Saharienne au Sahara central, a permis au criquet pèlerin de trouver des foyers permanents, permettant sa croissance et sa prolifération avec des modifications phasaires non négligeables chez les mâles. La maîtrise de ces pullulations dépend des programmes qui consistent à contrôler sélectivement le criquet en surnombre. Cette action présente dans l'immédiat ou ultérieurement un risque évident pour les activités agricoles au Sahara.

Une dominance des espèces graminéennes dans le régime alimentaire des populations de *S.gregaria* dont le taux moyen de recouvrement oscille entre 80% et 100%, pour un taux de consommation de 67.07%. Les espèces graminéennes consommées par les populations mâles de *S.gregaria* sont représentées essentiellement par les graminées cultivées à savoir : *Hordum vulgare*, *Triticum vulgare*, *Triticum durum* ainsi que *Arundo plinii* avec un total de surface consommées de 119,66 mm², 280,75 mm², 178,01 mm² et 1282,11 mm², Suivi par les graminées spontanées représentées par *Pennisetum americanum*, *Cynodum dactylum*, *Sorghum rubens*, *Bromus rubens* et *lium multiflorum*. En fonction des saisons, les plantes consommées en saisons sèches sont plus nombreuses et plus diversifiées que celle consommées en saisons humides. Neuf plantes graminéennes sont consommées en saison sèche contre trois plantes en saison humides, avec un pourcentage de consommation en saison sèche variant entre 25% et 80%. Cependant les graminées spontanées ont des taux de consommation très faibles, ils sont compris entre 0,5% et 8%. Concernant la période humide le régime des mâles est uniquement composé de graminées cultivées.

L'étude de l'impact de certains facteurs abiotiques sur quelques paramètres biologiques de *M. anisoplaie* et *M. flavoviride* a montré que les deux entomopathogènes se développent sous des fourchettes de température et d'humidité assez larges. Pour *M. flavoviride*, la meilleure croissance diamétrale est obtenue à la température de 35°C et une humidité de 75% sur DCLS avec une croissance supérieure à cinq centimètres durant toute la durée de l'observation. Les plus faibles croissances sont obtenues sur DCLS à 25°C aux quatrième et septième jours, avec des valeurs respectives de 1,73 cm et 1,83 cm. Le meilleur poids est obtenu au quatorzième jour pour les trois températures testées, avec un gain corporel oscillant entre 5,95 et 9,33. La meilleure concentration en spore est obtenue sur milieu DCLS à la température de 35°C et 32°C.

L'exposition de l'entomopathogène *M.flavoviride* aux ultras violet proche à différentes durées d'expositions montre une différence non significative dans la croissance mycélienne. Cependant pour le facteur durée de traitement la différence est hautement significative ($p < 0.0001$). En effet la croissance diamétrale fluctue modérément pour les trois temps d'expositions testés, Exception faite pour le temps T1 et T3 où les croissances diamétrale sont les plus importantes durant les quinze jours d'échantillonnages. Les accroissements pondéraux de l'hyphomycete ne sont pas considérables à travers le temps et pour les différentes durées d'exposition. Les lots témoins présentent les gains de poids les plus importants par rapport aux traités. La production des spores a été très importante avec une différence hautement significative pour les facteurs temps et durée d'exposition, la meilleure sporulation est obtenue pour le temps

d'exposition aux ultras violets proches de 4 jours *M. anisopliae*, présente une croissance diamétrale hautement significative pour le facteur temps ou durée d'incubation pour les trois températures testées ($p=0.000^{***}$, $F=193.334$).Cependant pour le milieu de culture choisis la différence est non significative. Quelque soit le milieu de culture choisi le développement du champignon est pratiquement le même. le maximum de croissance est obtenu à 25 ° C et à 32°C sur OGA avec un gain de taille de 36 cm, et à 35° C sur sabouraud avec une croissance de 34,75 cm. L'accroissement pondéral est hautement significatif pour le facteur durée d'incubation pour les trois températures testées, avec un gain de poids plus ou moins important sur OGA à 35°C de 18,27 gramme.

La mortalité des imagos évolue avec les doses et la durée de traitement par les deux entomopathogènes étudiés. La mortalité totale est obtenue au bout de 8 jours pour les différentes doses testées à savoir : **D1** : 6,75x10⁴ spores /ml, **D2** : 3,58x 10⁶ spores /ml, **D3** : 7,80x10⁷ spores /ml.

De même au bout de trois jours les taux de mortalité les plus importants sont obtenus à la dose D3 avec 29.16% et 25 % respectivement pour *M.flavoviride* et *M. anisopliae*. Il n'y a pas de différence significative dans la mortalité des individus traités aux deux entomopathogènes et aux différentes doses. Cependant la différence est hautement significative pour le facteur durée de traitement. Les DL50 sont respectivement pour *M.anisopliae* de 1,59 10⁴ spores /ml et pour *M .flavoviride* de 6.68 10⁴ spores/ml. La mortalité pour les deux entomopathogènes au troisième jour est la plus importante à la dose D3, elle est respectivement de 29.16% et 25% pour *M .anisopliae* et *M. flavoviride* .Les temps létaux sont :

Pour *M.flavoviride* : TL50 de la dose D1 est de 5 jours et 14 heures ; TL50 pour la dose D2 est de 4 jours et 4 heures ; TL50 de la dose D3 est de 6 jours et 09 heures

➤ *M.anisopliae* : TL50 de la dose D1 est de 8 jours et 5 heures ; TL50 pour la dose D2 est de 8 jours et 21 heures ; TL50 de la dose D3 est de 8 jours .

L'Analyse spectrophotométrique des protéines hémolymphatiques des glucides et des lipides des adultes de *Schistocerca gregaria* traités par les deux entomopathogènes révèle que les composantes biochimiques testées présentent chez les témoins des teneurs légèrement plus élevées que chez les traités pour les différents lots testés. Cette diminution oscille entre 60 à 70 %.

L'hémogramme a mis en évidence deux types d'hémocytes chez les populations adultes de criquet pèlerin traité aux *M. flavoviride* irradié à savoir les pro-hémocytes et des plasmocytes , Le traitement ainsi que sa durée ont un effet hautement significatif sur l'hémogramme du criquet pèlerin ($p=0.0000$). La virulence de l'acridopathogène apparaît plus pour les traités que le témoin . Le nombre total d'hémocytes est passé de 385 chez les témoins à 120 pour les traités .

L'effet de *M. flavoviride* traité aux ultra violet proche sur le développement ovarien des femelles de *Schistocerca gregaria*, n'a pas affecté l'appareil génital des femelles des individus traités par rapport aux témoins dans le nombre des ovocytes .Cependant l'effet de cet entomopathogène est observé au niveau de la taille des ovocytes ainsi que dans le nombre des traces de pontes et des corps de résorption. En effet une diminution progressive de la taille des ovocytes dans l'ovaire gauche et celui de droite est notée chez les traités par rapport aux témoins . En effet la taille chez les témoins est de 2,94mm à gauche et 3,03 mm à droite aux moyennes qui est passée pour chez les traités de 2.36 mm à 2 .54mm respectivement à gauche et à droite pour 4 heures d'exposition aux N.U.V pour atteindre une dimension de 2 ,01mm et 1,98 mm à gauche et à droite pour les individus traités aux champignons exposés au U .N.V pendant 4 jours soit une diminution de 68% et 65% à gauche et à droite.

Concernant les coupes histologiques réalisées au niveau des différentes parties des tubes digestifs des individus de *S. gregaria* traités aux deux entomopathogènes , nous pouvons déduire que :

- Il n'y pas de différences anatomiques ou histologiques entre le tube digestif des individus L5 et celle des adultes du criquet pèlerin témoins sauf du point de vue taille ou les adultes ont un tube digestif plus grand que les larves au stade L5.
- Les deux champignons entomopathogènes testés *M. flavoviride* et *M. anisopliae* ont presque la même période d'incubation que l'on estime à trois jours avant l'observation du début des altérations des tissus épithéliales du tube digestif de l'insecte.
- Les deux champignons entomopathogènes n'ont pas un effet clair et remarquable ni au niveau de stomodeum ni au niveau du proctodeum durant les premiers cinq jours qui suivent le traitement.
- La partie la plus altérée du tube digestif des individus traités par les deux entomopathogènes est l'intestin moyen ou le mésenteron qui présente des destructions notables des cellules épithéliales au niveau de leurs agencement et sa cohésion et au niveau de la membrane péritrophique qui a été lysée complètement à partir du 4^{ème} jour après traitement.

Le taux de mortalité chez les individus de criquet pèlerin traités aux huiles essentielles de *M. azedarach* débute plus tôt que pour les individus traités aux extraits de feuilles, cette mortalité débute au quatrième jour. Les temps létaux ayant provoqués 50 % de mortalités pour les deux substances utilisées sont pour les huiles essentielles de *M.azedarach* la TL50 est de 7jours et 06 heures et pour les extraits foliaires de *M.azedarach* la TL50 est de 9jours et 06 heures. Ces derniers présentent le temps létaux le plus court par rapport aux huiles. Les protéines hémolympatiques ont diminué entre le 3^{ème} et 7^{ème} jours après le traitement. Pour les individus traités aux huiles essentielles de *M.azedarach* la chute de ces protéines est passée de 29,004µg/µl. Et pour les individus traités aux extraits foliaires de cette substance, les protéines ont diminués de 29,10 004 µg/µl à 24,21µg/µl . Cependant les individus témoins les protéines sanguines augmentent , Elles sont passées de 30,23µg/µl à 37,73µg/µl

Concernant la toxicité des deux biopesticides formulés sur les populations de souris , la mortalité a été totale chez les cobayes traités à la dose S₁ à base d'huile essentielle de *Melia azedarach* seule au bout de quatre (04) jours ainsi que pour les cobayes traités par HE seule de *schinus molle* (S2) au bout de 06 jours . Seuls 2 morts sont observés traduisant un taux de mortalité de 75% et 50% dans le lot traité à la dose S_{1b} et la S_{2b} dont les formulations sont constituées de *Metarizium anisopliae* à 10⁵ spores/ml et d'huile essentielle de *M.azedarach* et *schinus molle* à 400ppm. La mortalité est de 25% chez le lot traité à la dose S_{1a} et S_{2a} dont les formulations sont composées du même Entomopathogène à concentration constante de 10⁵ spores/ml et de 250ppm respectivement de *M.azedarach* et *schinus molle*. Cela s'explique par la faible dose d'huile essentielle utilisée dans ces formulations.

Comme perspectives pour le cas de dimorphisme détecté chez les populations mâles de *S. gregaria*, il serait intéressant de poursuivre ces études sur le plan génétique , afin de confirmer l'impact de l'environnement ou vit le criquet pèlerin sur le changement biométrique saisonnier

Concernant les biopesticides formulées à base de champignon entomopathogène et des huiles végétales à effet insecticide, il serait intéressant d'approfondir les recherches tant sur le plan efficacité vis-à-vis du ravageur que sur le plan toxicologique vis-à-vis de la faune et les auxiliaires.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- 1- **Albrecht, F.O., 1965-** Influence du groupement, de l'état hygrométrique et de la photopériode sur la résistance au jeûne de *Locusta migratoria migratorioides* R.et et F. (Orthoptère acridien). *Bull. Biol. Fr. Belg.* 99, 287–339.
- 2- **Allal–Benfekih L. 2006 -** *Recherches quantitatives sur le criquet migrateur Locusta migratoria (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques.* Thèse. Doct. Sciences agronomiques, INA, Alger, 140 p
- 3-**Amar M., Barbouche N., et Ben Hamouda M.H., 1995 –** *Action des extraits de composés des feuilles de Cestrum parqui et de Olea europea sur la longévité et la croissance du criquet pèlerin, Schistocerca gregaria* . Fac. Med. Landhouw . Univ. Gent. 60 /3a: 831-835 .
- 4-**Amouriq L., 1973 -***Éléments sur la relation entre les insectes et les champignons* .Ed.3 Herman, Paris ,135p .
- 5- **Anderson, R.S., Cook, M.L., 1979-** Induction of lysozyme-like activity in the hemolymph and hemocytes of an insect, *Spodoptera eridania*. *J. Invertebr. Pathol.*, 33, 197–203.
- 6- **Anonyme, 2005 –** *Carte de répartition du criquet pèlerin dans le monde.* Ed. I.N.P.V., El Harrach, 1p.
- 7- **Association Française de Normalisation (A.F.N.O.R). 2000 -***Les huiles essentielles monographiques relatives, T .II, Volume2.*Tour Europe.
- 8- **Baba Aissa.F., 2000 -** *Encyclopédie des plantes utilisées (flore d'Algérie et du Maghreb)* librairie moderne, Rouïba .Alger, 104p.
- 9- **Barnet, H.L., ET Hunter R.B., 1987 -** *Illustrated genera of imperfect fungi.* Ed Macmillan T4 New York, 540p
- 10-**Bécher A., Schloder P., Steele J.E. and Wegener G., 1996** The regulation of trehalose metabolism in insect. *Experientia*, 52, pp 433-439.
- 11- **Bello, R., Beltran B., Morino L., Calatud S., Primot-Yurera E. et Esplugues J., 1998** - In vitro pharmacological evaluation of the Dichloromethanal extracts from *Schinus molle* L. *Phytotheres*. Valencia Spaine : 12, 523-525.
- 12- **Benabadji N., Bouazza M., 2000 –** Contribution à une etude bioclimatique de la steppe à *Artemisia herba alba* Asso dans l'oranie (Algérie occidentale). *Sécheresse* 11(2): 117–123
- 13-**Benhouhou S., Boucheneb N.,Sahli F. et Adamou I.Y. 2005 –** Le cyprès du Tassili : Caractérisation floristique et écologique . *Sécheresse* 16: 61–66.
- 14-**Bernays E.A., 1971 -** Vermiform larva of *Schistocerca gregaria* (Forsk.)—form and activity (*Insecta, Orthoptera*). *Z. Morphol. Tiere* 70 , 183.
- 15-**Bidochka M.J. et Leger R.J.ST., 1997 -** Mecanisms of *deuteromycetes fungal infection in grasshoppers and locusts* .171, pp215-222.
- 16- **Bissad F.Z., 1998 –** *Etude de l'activité biologique de Beauveria bassiana sur Schistocerca gregaria (Orthoptera , Acrididea) . Efficacité et effet sur la respiration et le rythme cardiaque de cet acridien.* Mém .Ing .agro. . Inst.Nat.Agro.ElHarach, 94 p.
- 17-**Bissad F.Z., 2002 -***Etude comparative de l'effet du fipronil et d'un entomopathogène Beauveria Bassiana sur le criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forsk., 1775) (Orthoptera ,Acrididea)* . Thèse Magister, Sci.Agr. Inst.Nat.Agro.ElHarach, 112p
- 18-**Blanford S. & M. B., Thomas P., 1999 -** Host thermal biology: the key to understanding insect-pathogen interactions and microbial pest control, *Agricultural and Forest Entomology* 1: 195–202.
- 19-**Blanford S. & Thomas M.B., 2000 -** Thermal behaviour of two acridid species: effects of habitat and season on body temperature and the potential impact on biocontrol with pathogens. *Environmental Entomology*, 29, 1060 – 1069.

- 20-Blanford S., and Thomas M. B., 2001-** Adult Survival, Maturation, and Reproduction of the Desert Locust *Schistocerca gregaria* Infected with the Fungus *Metarhizium anisopliae* var *acridum* *Journal of Invertebrate Pathology* 78: 1–8
- 21-Bouhacein M., 1999 -** Effet de deux entomopathogènes (*Hyphomycetes, Deuteromycotina*) *beauverai bassiana* (B) Veuillemin et *M.flavoviride* (G.R.) sur les métabolites hémolymphatiques, l'hémogramme et les protéines cuticulaires chez *Locusta migratoria* (L). Mém. Ing. Agro.Inst.Natio.Agro.El – Harrach .121 p.
- 22- Breuer M., Hoste B.,et De Loof A., 2003 -** The endocrine control of phase transition: some new aspects. *Phys. Ento.* 28, 3–10.
- 23-Butet A., 1985 -** Méthode d'étude de régime alimentaire du rongeur polyphage (*Apodemus sylvaticus* L. 1758) par analyse des féces. - *Mammalia*, **494** (4) : 455-483.
- 24-Butteworth J. H and Morgan E. D.** 1971 -Investigated of the locust feeding inhibition of the seed of neem *azadirachta indica*. *J.Insect.Physiol.* (17) pp903-924.
- 25- Camano R., 1996 -** Method of treating Bacteria infections ,*United States patent* volume (5), 284-512pp.
- 26- Camus M. 1923 -** *Les arbres, arbustes et arbrisseaux d'ornement*. Ed.Paul Lechavalier. Paris. 207p
- 27- Chapman R.R. , and J. G. Thomas. 1978 -** The numbers and distribution of sensilla on the mouthparts of *Acridoidea*. *Acrida* 7:115–148.
- 28- Charin N., 1930 -** Ueber diet in vitro kulturen der insektengewebe. *Trav. Inst. Rech. Sci. Univ. Voronezh* 4:103-123.
- 29-Cheng T.C., 1983-** Role of lysosomes in molluscan inflammation.*American Zoologist* 23, 129–144.
- 30-Cherief A.** Etude bioécologique du croquet pèlerine *Schistocerca gregaria* Forskal , 1775 (*Orthoptera , Acrididae*) dans la région d'Adrar .Etude de la morphométrie , du régime alimentaire sur terrain et du photo-préférendum alimentaire au laboratoire . Thèse Magister, INA, El Harrach, Algérie 1999: 131p.
- 31- Coppen J.J, W., 1995 -***Commerce des huiles essentielles, Statistiques Nationales du Brésil* Edition : Tec&Doc .Paris.
- 32- Cornet G., 1952 -** Essai sur l'hydrogéologie du grand erg occidental et des régions limitrophes. *Trav.Inst.Rech. Sahar. Paris.* T.8. pp71-122.
- 33-Coulibaly A.M., 2002 -** Effet de *Beauveria Bassiana* (B) et *Metarhizium flavoviride* (Get R) sur l'hémogramme et les protéines de l'hémolymphes d'*Anacridium aegyptium* (L, 1764) (*Orthoptera, Acrididea*). Etude de la persistance des spores sur le support végétal. Mém. Ing. Agro. Inst. Natio. Agro.El – Harrach 140 p.
- 34-Couturier G., et Donskoff M. , 1984-**Influence de la pénétration humaine sur les peuplements entomologiques en forêt de tai (Côte d'ivoire). II. Les peuplements acridiens. *Annales Université Abidjan, Série E. Ecologie* **17**: 153–182.
- 35-Cretti L., 1981 -***Les plantes aromatiques et médicinales, comment les reconnaître et les utiliser* édition Atlas, Paris .1284p.
- 36-Daoust R. A. Pereira R. M., 1986 -** Stability of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to beetle attracting-tubers and cowpea foliage in Brazil. *Environnemental Entomology* 15: 1237–1243.
- 37-DeGregorio R. & Lauga J., 1981-** Analyse biométrique du polymorphisme saisonnier chez les imagos de *Zonocerus variegatus* (L.) (*Orthoptera: Pyrgomorphidae*). *Acrida* 10: 15–23.
- 38-De Jessin J.P., 1988 –** *Azadirachta indica* . *Revue Bois et foret des tropiques*,217, 33-47 pp.
- 39-De Loof A.,Claeys I., Simonet G., Verleyen P., Vandersmissen T., Sas F., et Huybrechts J., 2006-** Molecular markers of phase transition in Locust . *Insect . Sci.* 13: 3-12 p
- 40-Dingle H., 1978 –** Evolution de migration d'insecte et diapause . *Annu. Rev. Entomol.* 33:183 – 210

- 41-Diops B. and Wilps H., 1997** - *Fields trials neem oil and Melia Volkensii on Schistocerca gregaria, new strategies in locust control* .Ed.Birkhaussen, Berlin. 258p
- 42-Dirsh V.M., 1953-** Studies on phases of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forskål). *Anti-Locust Bulletin* **16**:1–34.
- 43-Dhouib S., 1994** – *Action de quelques substrats alimentaires sur la croissance, le développement et la structure de la cuticule chez le criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae)* . Mém. Ing. Agro. Inst. Nat. Format. Sup. Agro. Sahar. Ouargla. 50 p.
- 44-Dobson H.M., 2001** - *Directive sur le criquet pèlerin : lutte antiacridienne* .Ed.Food.Alimentation Organisation (F.A.O), Rome, 84p.
- 45-Doré M., Barbier M., Lecoq M., & Ould Babah, M., 2008** - Prévention des invasions de criquet pèlerin analyse socio-technique d'un dispositif de gestion du risque. *Cahiers Agricultures* **17**: 457–464.
- 46-Doumandji S., et Doumandji-Mitiche B., 1994-** *Criquets et sauterelles (Acridologie)*. Ed. Off. Pub.Univ., Alger, 99 pp.
- 47-Doumbia L., 1994** -Les effets de *Melia azedarach* sur les larves du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775).*Sahel, Prot.Vég.Info.* (60). Pp 2-10
- 48-Dubief J., - 1950** - Evaporation et coefficient climatiques au Sahara. *Trav. Inst.Rech. SC.*, Paris T.6. : 344p
- 49-Dubief J. ,1959-** Le climat du Sahara. Tome I : Les températures. *Mémoires de l'Institut de Recherche Saharienne (Alger)*; **I(HS)**: 1–308.
- 50-Dubief J., 1963-** Le climat du Sahara. Tome II: Les précipitations. *Mémoires de l'Institut de Recherche Saharienne (Alger)*; **II (HS)**: 1–275.
- 51-Dubost D., 1991** - *Écologie aménagement et développement agricole des oasis algériennes*. Thèse Doctorat Univ .géo.et amen. Univ.François Rabelais, Tours ,290p
- 52-Dubost D., 2002** - *Écologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes* : éditions du CRSTRA¹. Centre de recherches scientifiques et techniques des régions arides, Front de l'Oued. Biskra Algérie. 423 p
- 53-Duke S., 1992** -Hand book of phytochemical constituent's gras herbs and others economics plants. Bocaroton, FL.CRC.Press.E.
- 54-Durand J.H., 1983-** Les sols irrigables .Paris , presses Universitaires de Frances , 322p .
- 55-Durand J.H. , 1988** – *Arrêter le désert* . Ed Presses Univ. France, Paris 416p.
- 56-Duranton, J.-F. & Launois, M., 1980.** - Rapport de mission exploratoire : éléments conceptuels, méthodologiques et logistiques pour la mise en oeuvre d'un programme opérationnel de recherches bio-écologiques sur le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) dans l'Adrar des Iforas, le Tamesna et l'Air. [doc. multigr.]. - FAO / prifas - gerdat: Rome / Montpellier (France). Rapport (**141**). 79 p.
- 57-Duranton J.-F. et Lecoq M., 1990-** Le criquet pèlerin au Sahel. Coll.: *Acridologie opérationnelle*, 6, 183 pp.
- 58-Duranton J.-F., Launois M., Launois-Luong M.H. et Lecoq M., 1982-** Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche (2 vols). Groupement d'Étude et des Recherches pour le Développement de l'Agronomie Tropicale (G.E.R.D.A.T.), Paris 1496 pp.
- 59-El Bachir S. ,1996** - Stratégie d'adaptation et de survie du criquet pèlerin dans un milieu de récession et de multiplication. *Sécheresse* **7**: 115–118.
- 60-El kiltawi N., et Megalla S.E., 1980** -*Antimicrobial activity of somme Egyptian aromatic plants* .Edition Herbalpol .vol: 26(04).
- 61-Elliot S.L., Blanford S., Thomas M.B., 2002-** Host-pathogen interactions in a varying environment: temperature, behavioural fever and fitness. *Proceedings of the Royal Society of London Series B—Biological Sciences* **269**, 1599–1607.
- 62-FAO ., 2004-** *Bulletin sur le criquet pèlerin*. Rome, 219: 1–5.

- 63- Fargues, J., 2003** - New challenges for fungal bioinsecticides. *IOBC/WPRS Bull.* 26: 9–20 p.
- 64- Fargues J., Ouedraogo A., Goettel M.S., et Lomer C.J., 1997** -Effects of temperature, humidity and inoculation method on susceptibility of *Schistocerca gregaria* to *Metarhizium flavoviride*. *Biocontrol Sci Technol* 7:345–356
- 65- Fargues J., Goettel M.S., Smits N., Ouedraogo A. & Rougier M. 1997** -Affect of temperature on vegetative growth of *Beauveria bassiana* isolates from different origins. *Mycologia*, 89, 383–392.
- 66-Farrow R.A., 1979** - Causes of recent changes in distribution and abundance of migratory locust (*Locusta migratoria* L.) in Australia in relation to plagues.*CSIRO Division of Entomology Report* 9: 1–32.
- 67- Ferenz H.J., Diehl I., 2003** - Stimulation of juvenile-hormone biosynthesis in vitro by locust allatotropin. *Z. Naturforsch., C, J. Biosci.* 38, 856–858.
- 68- Fernandes E.K.K., Keyser C.A., Chong J.P., Rangel D.E.N., Miller M.P. and Roberts D.W. ,2010** - Characterization of *Metarhizium* species and varieties based on molecular analysis, heat tolerance and cold activity. *Journal of Applied Microbiology* 108:115–128
- 69-Ferenz H.-J., Seidelmann K., 2003** - Pheromones in relation to aggregation and reproduction in desert locusts. *Physiological Entomology*, 28 : 11–18.
- 70-Ferron P., Fargues J. et Riba G., 1991-** Les champignons agents de lutte microbiologiques contre les ravageurs. *Doss-Cell.Envir*, 5 :66-76
- 71-Gendouz-Benrima A. 2005-** Ecophysiologie et biogéographie du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (*Orthoptera, Acrididae*) dans le Sud algérien. Thèse. Doct. Sciences agronomiques, INA, Alger, 212p
- 72-Gendouz-Benrima A., Duranton J.F. & Doumandji-Mitiche B. 2006.** La distribution des populations d'invasion et de rémission du criquet pèlerin en Algérie. 111–112. *VIème Conférence internationale francophone d'entomologie sur l'entomologie et développement durable, Rabat, Maroc.* Cirad/ Prifas, Paris.
- 73-Gendouz-Benrima A., Chara B., Duranton J.F. & Doumandji-Mitiche B. 2002.** Caractérisation par la végétation des biotopes de multiplication et de grégariation de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (*Orthoptera: Acrididae*) dans le sud Algérien. *Le Botaniste* 25: 13–26.
- 74-Gendouz-Benrima A., Duranton J.F., Benhammouda M.E.H. & Doumandji Mitiche B. 2007** - Distribution des populations de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål,1775) *Insecta Orthoptera* en période de rémission. *Sécheresse* 18: 246–253.
- 75-Ghaout S., 1991** - Contribution à l'étude des ressources trophiques de *Schistocerca gregaria* (Forskål) (*Orthoptera, Acrididae*) solitaire en Mauritanie occidentale et télédétection de ses biotopes par satellite. -Thèse de Doctorat en Sci. de l'Université Paris XI, Orsay Fr.. Edit. par FAO, Séries techniques, Station de Recherche acridienne, N°AGP/DL/TS/28, 241p.
- 76-Gillespie J.P., Kanost M.R., et Trenczek T., 1997** - Biological mediators of insect immunity. *Annual Review Entomology* 42, 611–642
- 77-Gillespie J.P., Bailey A.M., Cobb B., Vilcinskis A., 2000-** Fungi as elicitors of insect immune responses. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 44, 49–68. Gillespie. J.P.,
- 78- Gillet C., 1978** - Entomologie. Presse d'assemblée plénière, nouvelle York
- 79 -Gillon Y., 1983** - *Etude écologique quantitative d'un peuplement acridien en milieu herbacé tropical.* Thèse de doctorat en science, Université de Paris, France, 203p
- 80-Grasse P.P., 1949-** *Traité de zoologie. Anatomie, systématique, biologie.* ED. Masson, Paris, 1117 p.
- 81- Greathed DY et Prior C., 1990** – *The regulation of pathogene for biological control with special reference to locust control. In proceeding of the workshop on health an environmental impact of alternative control agents for desert locust control.* Ed. L Somme and S.B.Ie NORAGRICc occasional papers series C. developement and environement N°5 : 67-89p.

- 82- Goldsworthy G. J., Mordue W., 1973** - The effects of corpora cardiaca on tethered flight in the locust. *J. Comp.Physiol.* 82: 339–346.
- 83- Greathed P., Kooyman C., Launois-Luong M. H. et Popov G.B., 1994-** Les ennemis naturels des criquets du Sahel. *Coll. Acrid. Operat.* no 5, Ed. Cirad /Prifas, Montpellier, 147 pp.
- 84- Guinard J.L.1994:** *Botanique.* Ed Masson. TI-297 p.
- 85- Habbes D. 1989** - Effet de *Bacillus thuringiensis* sur l'intestin, les hemocytes et sur le métabolisme général de *Thaumetopea pityocampa* Schiff (*Mepidoptera* , *Notodontidae*). Thèse Magister, Sci.Agr. Univ. Annaba ,83p
- 86- Haddaj F.2001-** *Evaluation de l'activité biologique de l'entomopathogène Beauveria bassiana* (Hyphomycetes , Deuteromycotina) , efficacité sur la cuticule des L5 de *Schistocerca gregaria* (Forskal ,1775)(Acrididae , Cyrtacanthacridinae). Thèse Magister, Sci. Agr.Inst. Nat. Agro. ElHarach. 96p
- 87-Hallswolth et Magan, K.E. 1999** - Water and temperature relations of growth of three entomogenous fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces farinosus*, *J. Invertebr. Pathol*, 261-266.
- 88- Halouane F., 1997** - Cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forskal , 1775) et de *Locusta migratoria* (Linné ;1778) (*Orthoptera* ,*Acrididea*) Efficacité de *Metarhizium anisopliae* (Metch) (*Hyphomycetes* ,*Deuteromycotina*) et effet sur quelques paramètres physiologiques de *Schistocerca gregaria* . These Magister, Sci.Agr. Inst.Nat.Agro.ElHarach, 235p
- 89-Halouane F., 2007-**Recherche sur l'acridopathogène *Beauveria bassiana* Hyphomycète, *Deuteromycotina*) : biologie, production et application sur *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) et *Locusta migratoria* (Linné ; 1758) (*Orthoptera*, *Acrididae*). Thèse doctorat ; Inst.Nati. Agro; El-Harrach, 285p.
- 90-Hamdine O., 2001-** Conservation du guépard (*Actinonyx jubatus* (Schreber , 1776) de la région de l'Ahaggar et du tassili N'Adjer en Algérie – Programme U.I.C.N. pour l'Afrique du Nord , Tamanrasset , 50p .
- 91- Hammer O., Harper, D.A.T. & Ryan P.D. 2001-** Past:Paleontological statistics software package for education and data analysis palaeont election 4: 9.
- 92- Hassanali A., Njagi P.G.N., Bashir M.O., 2005-** Chemical ecology of locusts and related acridids. *Annu. Rev. Entomol.* 50, 223–245.
- 93-Hassani M., 2000** – Developpement and proving of biocontrol methods based on *Bacillus thuringiensis* and entomopathogenic fungi against the cotton pests *spodoptera littoralis* , *Helicoverpa armigera* (*Lepidoptera* , *Noctuidae*) and *Aphis gossypii* (*Homoptera* , *Aphididae*) . Thesis Doctor Agri. Sci. Justus Leibig University, Giessen , 130p.
- 94- Hemour S., 2005** – *Etude morphométrique et effet de deux champignons entomopathogènes Beauveria bassiana* Bals. et *Metarhizium anisopliae* (*Deuteromycotina* , *Hyphomycètes*) sur quelques paramètres physiologiques de *Schistocerca gregaria* (Forskal,1775) (*Cyrtacanthacridinae* , *Acrididae*) . Mém.Ing. agro. . Inst.Nat.Agro.ElHarach , 94 p
- 95- Holmes N.D., Smith D.S. & Johnston A. 1979** - Effects of grazing by cattle on the abundance of 320 African Entomology Vol. 18, No. 2, 2010 grasshoppers on fescue grassland. *Journal of Range Management* 32: 310–311
- 96-Hua z., Zhon G., -KANG WA N G. , YOU-P I N G., YAN -L I N G.,Zhen-L. , G U O - XIONG P.and YU-XIAN X., 2007-** Trehalose and trehalose-hydrolyzing enzyme in the haemolymph of *Locusta migratoria* infected with *Metarhizium anisopliae* strain CQMa102. *Insect Science.* 14 : 277-282 .
- 97- Hurtel J.M., 2007-** *Phytothérapie plantes médicinales, huiles essentielles* ; Ed. magazine de phytomanie , 3p
- 98-Huxham I.M.,Lackie A.M.,et McCorkindale N.J., 1989-**Inhibitory effects of cyclodepsipeptides, dextruxins, from the fungus *Metarhizium anisopliae*, on cellular immunity in insects. *J. Insect Physiol.* 35: 97–105.

- 99 -Huybrechts J., 2006** - Molecular markers of phase transition in locusts. *Insect Sci.* 13, 3–12.
- 100- Injeyan H. S., and Tobe S. S., 1981-** Phase polymorphism in *Schistocerca gregaria*: Assessment of juvenile hormone synthesis in relation to vitellogenesis. *J. Insect Physiol.* 27, 203–210.
- 101 -Inglis G. Douglas, Duke Grant M., Goettel Mark S., Kabaluk J. Todd , 2008-** Genetic diversity of *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* in southwestern British Columbia, *Journal of Invertebrate Pathology* 98 : 101–113
- 102 -INRA., 1989** - *Rapport sur les données climatiques et édaphiques de la région d'Adrar, Algérie*, Edition. 1–12. Institut National de la Recherche Agronomique, Algérie.
- 103- Johnson C.G., 1963** - *La migration aérienne des insectes.*, E.O. Wilson [eds.], Les insectes. W.H. Freeman, San Francisco. Meade. pp. 188-194 ;
- 104-Johnson H. &, Cheke R.A., 1996** - Réussites et échecs règle simple de prévision des infestations du criquet pèlerin au Sahel. *Sécheresse* 7: 115–154.
- 105- Kaabeche M., 1990** - *Les groupements végétaux de la Région de Bou-Saada. Essai de Synthèse sur la végétation steppique du Maghreb.* Thèse de Doct. es Sce. Univ. Paris-Sud. Fac. Sces, Orsay.
- 106 - Kaddour D. Daoud Y.Gaouar A., Beldjoudi Z., 2000** – La salinisation secondaire des sols au Sahara. Conséquence sur la durabilité de l'Agriculture dans les nouveaux périmètres de mise en Valeur. *Sécheresse* 14 (4) : 241- 246
- 107- Kang L., Chen X., Zhou Y., Liu B., Zheng W., Wang, Li, R., J., Yu, J., 2004** - The analysis of large-scale gene expression correlated to the phase changes of the migratory locust. *PNAS* 101, 17611–17615
- 108- Kanost M.R. & Trenczek T., 1997** -Biological mediators of insect immunity. *Annu. Rev. Entomol.*, 42, 611–643
- 109- Kara F.Z., 1997-** *Etude de quelques aspects écologiques et régime alimentaire de Schistocerca gregaria (Forskal, 1775) (Orthoptera:Acrididae) dans la région d'Adrar et en conditions contrôlées.* Thèse Magister, Institut National Agronomique, El Harrach, Algérie. 180p
- 110- Kerharo J., 1974-** *La Pharmacopée Sénégalaise Traditionnelle.* Vigot, Paris.
- 111- Khider B. , 1999** – *Biométrie , régime alimentaire et répartition des zones de reproduction du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskal , 1775) (Orthoptera , Cyrtacanthacridinae) au sud algérien* Thèse Magister, Institut National Agronomique, El Harrach, Algérie. : 142p
- 112- Kleespies R.G., Zimmermann G., 1992** - Production of blastospores by three strains of *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sorokin in submerged culture. *Biocontrol Sci Technol* 2:127–135
- 113- Kershaw M.J., Moorhouse E.R., Bateman R., Reynolds S.E. and Charnley A.K., 1999-** The Role of destruxins in the pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* for three species of insect. *Journal of Invertebrate Pathology*, 74: 213-223.
- 114- Lacey L.A. & Goettel M.S., 1995** - Current developments in microbial control of insects and pests and prospects for the early 21st century. *Entomophaga* 40, 3-27.
- 115 - Lai-Fook J., 1973** -The structure of the haemocytes of *Calpodex ethlius* (Lepidoptera). *Journal of Morphology* 139, 79–88
- 116- Latchinsky A. et Launois-luong M.H, 1992-** *Le criquet Marocain Dociostaurus maroccanus (Thunberg, 1815) dans la partie orientale de son aire de distribution.* Ed. CIRAD-GERDAT-PRIFAS, Montpellier, Saint-Pétersbourg, 270 pp.
- 117- Launois M.H. 1974-** Méthode pratique d'analyse des populations acridienne sur le terrain. *PNUD (FS) MML/8/ projet MAG.70/52.* 1–7. FAO, Rome.
- 118- Launois M., 1996** - Veille acridienne et affrontement hommes –criquets au sahel. *Sécheresse*, Vol. 7, (2) : 83-85
- 119- Launois-Luong M.H. & Lecoq M., 1990.** Le criquet pèlerin au Sahel. *Collections Les Acridiens.* Cirad/ Prifas, Paris.

- 120- Le gall P., 1989** - Le choix des plantes nourricières et spécialisation trophiques chez les Acrididea (*Orthoptera*) *Bull.Ecol.T.20* .3pp 245-261
- 121- Le Houérou H. N., 1990** – Définition et limites bioclimatiques du Sahara. *Sécheresse* 4: 246–259.
- 122 -Lecoq, M., Mestre, J., 1988.** La surveillance des sauteriaux du Sahel.Collection Acridologie Opérationnelle no 2. Ministère des Affaires Étrangères des Pays-Bas et CIRAD/PRIFAS, France.150p
- 123- Lecoq M., 1991** - Le Criquet pèlerin : enseignements de la dernière invasion et perspectives offertes par la bio-modélisation. - *In* : Essaid,A. (Ed. Sc.). - La lutte anti-acridienne. Colloque international sur les perspectives de la recherche biologique et chimique dans le cadre de la lutte anti-acridienne, Rabat (Maroc), 27 novembre - 2 décembre 1989. Coll. : Universités francophones. Actualité scientifique, John Libbey Eurotext : Paris : 71-98.
- 124 -Lecoq M., 1997** - *Les insectes et les hormones*. Ed. Albin Michel. Paris.414p.
- 125 -Lecoq M., 2004**-Vers une solution durable au problème du criquet pèlerin. *Sécheresse* 5: 217–224.
- 126- Lecoq M., 2005**- Desert locust management: from ecology to anthropology. *Journal of Orthoptera Research* 14: 179–186.
- 128 -Liu Z.X., 2000**- Count-measurers and problems on the technical extensive for the control of locusts and grasshoppers with *Metarhizium flavovirid*. *Pratacultural Science* 20, 27–29.
- 127- Liu B.H., Yu F.Y., Wu T.S., Li S.Y., Su M.C., Wang M.C., Shih S.M., 2003.** Evaluation of genotoxic risk and oxidative DNA damage in mammalian cells exposed to mycotoxins, patulin and citrinin.*Toxicol. Appl. Pharmacol.* 191 (3), 255–263
- 129- Lomer,C.J., Bateman R.P., Johnson D.L., Langewald J. and Thomas M. , 2001**-
Biological control of locusts and grasshoppers. *Annu. Rev. Ent.* 46: 667–702.
- 130 -Lorenz M.W., 2009**- Migration and trans-Atlantic flight of locusts *Quaternary International* 196: 4–12.
- 131- Louveaux A.et Ben halima T .,1986** - « Catalogue des orthoptères Acrididae d'Afrique du Nord –Ouest », *Bull.Soc.Ent.France* ,913-4,pp.73-87
- 132- Lucchesi M., 2005** -*Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles*, université de RETON faculté des sciences et technologie thèse de Doctorat ,132.p
- 133- Magor J.I., Lecoq M., Hunter D.M. 2008**- Preventive control and desert locust plagues. *Crop Protection* 27: 1527–1533.
- 134- Marion Poll F. Dinan I., Lafont R., 2002** – *Place des phytoecdystéroïdes dans la lutte contre les insectes phytophages*. Ed. Lavoisier, Paris : 97-114
- 135 -Marougiu A.P.S, Porcedda R., Casuand P., Pierucci, 2004** -Chemical composition of the oil *Supercritical fragrance journal* 19 P: 554
- 136- Martinez M.J, Betancourt J., Alonso Gonzalez N., Jauregui A., 1996** :Screening of somme cuban medicinal plants of antimicrobiol activity .*J Entopharmacol*, p177-4
- 137- Michel L., 1997** - *Les insectes et les hormones*. Ed. Albin Michel. Paris.414p .
- 138 -Milner R.J., Samson P., Morton R., 2003** - Persistence of conidia of *Metarhizium anisopliae* in sugarcane fields: Effect of isolate and formulation on persistence over 3.5 years.*Biocontrol Science and Technology* 13 (5): 507-516.
- 139- More D, Wit J., 2005** -*Encyclopédie des arbres plus de 1800 espèces et variétés du monde* Edition Flammaraison. Paris .P :687.
- 140- Moumen K., 2005**- *L'invasion acridienne 2003/2004 en Algérie: Gestion et Moyen y faire face*. 6ème Journée de protection des végétaux. Institut National de la Recherche Agronomique, Algéria.3p

- 141- Moussa A., 2003** – Effet de l'huile de neem (*Azadirachta indica*) sur quelques paramètres biologiques et physiologiques de *Locusta migratoria* (R et F, 1850) (*Orthoptera*, *Acrididae*). Thèse Magister, Sci.Agr. Inst.Nat.Agro.ElHarach, 123p.
- 142- Nam J. S., Lee D.H.; Lee K. H., Park H.-M. b., 1998** -Cloning and phylogenetic analysis of chitin synthase genes from the insect pathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*. *FEMS Microbiology Letters*. 159 77-84
- 143- ONM., 2004** - *Résumés annuels du temps en Algérie de 1992–2004*, Algérie. Office National de Météorologie, Alegria.
- 144- Ould Ahmadou, Bouichia M.I. et Idrissi et Hassani I.M., 2001** - Mise en évidence du pouvoir répulsive et toxique de *Ghinus lotoides* (Azioacées) sur les larves de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk. , 1775) (*Orthoptera*, *Acrididea*). *Zool. baetica*. 12. pp109- 177
- 145- Ould Elhadj M.D., 1999** - Etude du régime alimentaire de quatre espèces d'Acrididae dans les conditions naturelles de la ferme de jouifa dans la région de bénis Abbés (Sahara septentrional) *Ann. Inst. Nati. Agro.*, El Harrach, Vol. 20 (1-2) : 69 -75
- 146- Ould Elhadj M.D., 2000** - Développement de la céréaliculture dans le Sahara algérien face aux périls acridiens. Premier symposium international sur la filière, 7au 9 février 2000, Off.alg.interprof.céréa .Alger : 251-254
- 147- Ould Elhadj M.D., 2002-** Les nouvelles formes de mise en valeur dans le Sahara algérien et le problème acridien. *Sécheresse* **13**: 37–42.
- 148- Ould Elhadj M.D., 2004-** Le problème acridien au Sahara. Thèse. Doct. Sciences agronomiques, INA, Alger, 279p
- 149- Ozenda, P., 1991** - *Flore et végétation du Sahara*. (3e édition, augmentée). - CNRS : Paris, 662 p.
- 150 -Paillot A., 1933** - *L'Infection chez les insectes : Immunité et symbiose*, Ed. Patissier, Paris, 475p.
- 151- Pearson K. G., Hedwig B. and Wolf H., 1989** - Are the hindwing chordotonal organs elements of the locust flight pattern generator, *J. exp. Biol.* **114**, 235-255.
- 152 - Pener M.P., 1991-** Locust phase polymorphism and its endocrine relations. *Adv. Insect Physiol.* **23**, 1–79.
- 153 -Pickford R. 1962.** Development, survival and reproduction of *Melanoplus bilituratus* (Wlk) (*Orthoptera*, *Acrididae*) reared on various food plants. *Canadian Entomologist* **94**: 859–869.
- 154 -Popov G.B., Duranton J. F. & Gigault J., 1991** - Etude écologiques des biotopes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk. , 1775) en Afrique du nord-occidentale. Mise en oeuvre et description des unités territoriales écologiquement homogènes. Collections Les Acridiens.Cirad/Prifas, Paris.
- 155- Popov G.B., Launois –Luong M.H. et Van der Well J.J., 1990** : *Les oothèques des criquets du Sahel*. Ed. prifas, « Coll.Les acrid.oper.», (7) : 153p
- 156- Quezel, P.1963** - *La végétation au Sahara*. Edition Massons et Cie, Paris.
- 157- Raccaud Schoeller P., 1980** - *Les insectes physiologie et développement*, Ed. Masson. Paris, 296 p.
- 158- Raho P. J. and Subrahmanyam, B., 1986** - Azadiractine induce changes in developpement food utilisation and hemolymph constituts of *Schistocerca gregaria* (Forsk.) *J.Appl. Ent.*, **102**, pp217-224
- 159- Rapily F., 1968** - Les techniques de mycologie en pathologie végétale. *Ann. Epiphyties* (19) .102p.
- 151- Raubenheimer, D., Simpson, S. J., 1993** -The geometry of compensatory feeding in the locust. *Anim. Behav.* **45**, 953–964.
- 152- Regnault Roger C., Fabres G., et Philogène B.JR., 2005** -*L'enjeu phytosanitaire pour l'agriculture et l'environnement*. Ed. Lavoisier : 1013 p

- 153- Regnault Roger C., Philogène B.JR., Vincent C., 2002-** *Biopesticides d'origine végétale*. Lavoisier Tec & Doc. Paris
- 154- Regnault-Roger C. Fabres G. Philogène B.JR.,2005** – *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement* , Ed . Lavoisier 1013p.
- 155- Rowley A.F., Ratcliffe N.A., 1979-** An ultrastructural and cytochemical study of the interaction between latex particles and the haemocytes of the wax moth. *Galleria mellonella*, in vitro. *Cell and Tissue Research* 199, 127–138.
- 156- Roy J., 2001** - *Histoire d'un siècle de lutte anti-acridienne en Afrique. Contributions de la France*. -Coll. : Les Acteurs de la Science, L'Harmattan : Paris, 278 p., 31 Pl.
- 157 -Rungs C.H. 1954** - Une nouvelle représentation graphique de la grégariosité des populations du Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* Forsk. Communication verbale. *Comptes Rendus des Séances mensuelles de la Société des Sciences Naturelles et Physiques du Maroc (Rabat)* **6**: 130–132.
- 158- Seltzer P., 1946-** Le Climat de L'Algérie. Inst. Météorol. Phys. Globe. Alger, 219 pp + 1 Carte.
- 159- Shivomi M.,Matsumto Y. & Matsumoto T. 1982** -Primary consumption by grasshoppers in a native grazing pasture. *National Bulletin of GrasslandResearch Institute* **23**: 24–40.
- 160- Simpson S.J., McCaffery A.R., 1999-** A behavioural analysis of phase change in the desert locust. *Biological Reviews* 74, 461–480.
- 161 -Simpson S. J., and Raubenheimer, D. (2000)-** The hungry locust. *Adv. StudyBehav.* 29, 1–44.
- 162- Simpson S.J.&Miller G.A. 2007** - Maternal effects on phase characteristics in the desert locust, *Schistocerca gregaria*: a review of current understanding. *Journal of Insect Physiology* **53**: 869–876.
- 163 -Simpson S.J., Despland E., Hagele, B.F., Dodgson, T., 2001** - Gregarious behavior in desert locusts is evoked by touching their back legs. *PNAS* 98, 3895 –3897.
- 164 -Simpson S.J., Raubenheimer D.,Behmer S.T.,Whitworth A.,and Wright G.A., 2002** - A comparison of nutritional regulation in solitary and gregarious phase nymphs of the desert locust *Schistocerca gregaria*. *The Journal of Experimental Biology* 205, 121–129
- 165 -Sitouh M., 1976** - Relation entre les crues de *Schistocerca gregaria* en phase solitaire dans le Sahara Central de 1967–1972. *Annales de l'Institut National Agronomique (Algeria)* **VI**: 33–83.
- 166- Seyoum E., Moore D., Charnley A.K., 1994** - Reduction in flight activity and food consumption by the desert locust, *Schistocerca gregaria* Forsk_al Orth., Cyrtacanthacrinae, after infection with *Metarhizium flavoviride*. *J. Appl. Entomol.* 118 : 310–315.
- 167- Seyoum E., Bateman R. P., and Charnley A. K. , 2002** -The effect of *Metarhizium anisopliae* var *acridum* on haemolymph energy reserves and flight capability in the desert locust, *Schistocerca gregaria* , *J. Appl. Ent.* 126: 119–124 (2002).
- 168- Skaf R.M.,1972** - Le criquet marocain *Dociaustaurus maroccanus* (Thunberg) au Proche-Orient et sa grégariation sous l'influence de l'homme. Thèse docteur ingénieur, Université de Paris VI.
- 169- Somon E., 1987** -*Arbres arbustes et arbrisseaux en Algérie*. Office des publications universitaires. Alger .P :54
- 170- Stephan, D. & Zimmerman, G., 1997** - *Mass production of Metarhizium flavoviride in submerged culture using waste products*. *New Strategies in Locust Control*, ed. by S. Krall, R. Peveling and D. Ba Diallo , pp. 227
- 171- Stewart P. 1969** – Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afri. NOrd* , 59: 23-36
- 172- Subrahmanyam B., Mullert T., et Rembol D.H ., 1989** - Inhibition of turnover of neurosecretion by azadirachta in *locusta migratoria* . *J. Insect. Physiol.*35.pp453-500

- 173 -Systat, 2007 .**
- 174 -Systat 12 for Windows. Chicago, U.S.A.**
- 175 -Tanaka S., 2001-** Corazonin and locust phase polyphenism. *Applied Entomology and Zoology* 41, 179–193.
- 176- Tanaka S., Maeno K., 2006-** Phase-related body-color polyphenism in hatchlings of the desert locust, *Schistocerca gregaria*: re-examination of the maternal and crowding effects. *Journal of Insect Physiology* 52, 1054–1061
- 177 -Thompson S.N., 2003 -** Trehalose-The insect‘Bood’sugar. *Advance in Insect Physiology*, 31: 205-285.
- 178- Thompson S.N., and Dahlman D.L. 1999 -** Blood sugar formation due to abnormally elevated gluconeogenesis: aberrant regulation in a parasitized insect, *Manduca sexta* Linnaeus. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1454, 133-142
- 179 -- Uvarov B., 1966 -** Grasshoppers and Locusts, vol.1. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- 180- Vey, A., Quiot, J.M., 1989-** Effet cytotoxique in vivo chez l’insecte hôte des dextruxines, toxines cyclodepsipeptidiques produites par le champignon entomopathog_ene *Metarhizium anisopliae*. *Can. J. Microbiol.* 35 : 1000–1008.
- 181- Vey A., Cavalier F., Courtiade B., 1996 -** Au secours de la protection des plantes contre les insectes : des substances produites par des champignons. *Phytoma*. n°489. pp.16-20.
- 182- Vignerot J.P. ,1978-** Substances antiappetantes d’origine naturelle *Ann. Zool. Ecol.Anim.* Vol.10 (4) .pp 663- 694
- 183-Vilcinskis A., Wedde M., 1997-** Inhibition of *Beauveria bassiana* proteases and fungal development by inducible protease inhibitors in the haemolymph of *Galleria mellonella* larvae. *Biocontrol Science and Technology*. 7 : 591–601.
- 184-Volkonsky M., 1937-** Sur l’action acridifuge des extraits de feuilles de *Melia azedarach*, Arch. Inst.Pasteur d’Algérie.T.5 (3) .pp 427- 432.
- 185-Welling, M., Nachtigall, G. & Zimmermann, G. 1994 -** *Metarhizium* spp. isolates from Madagascar: morphology and effect of high temperature on growth and infectivity to the migratory locust, *Locusta migratoria*. *Entomophaga* 39: 351-361.
- 186-Wigglesworth U.B., 1972 -** *The principals of insectes physiology* .Ed.Ca,bridge , London , 827p
- 187- Woldewahid G., 2003-** Habitats and spatial pattern of solitarious desert locusts (*Schistocerca gregaria* Forsk.) on the coastal plain of Sudan, PhD Thesis Wageningen University. 162p.
- 188 -Wolff J.P. 1968 -***Manuel d’analyse des corps gras*. Ed. Azoulay .
- 189- Wyatt G.R., 1967 -** The biochemistry of sugars and polysaccharides in insects. *Advance in Insect Physiology*, 4, 287-360.
- 190-Xia, Y., Dean P., Judge A.J., Gillespie, J.P., Clarkson et J.M., Charnley A.K., 2000-** Acid phosphatases in the haemolymph of the desert locust, *Schistocerca gregaria*, infected with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Insect Physiology* ,46: 1249–1257.
- 191- Xia Y., Kilb J., Wex H.,Liz L., Yansky A., Breuil V., Stein L. Palmer J.T., Dempster D.W., 1999-** Localization of rat cathepsin K in osteoclasts and resorption pits: inhibition of bone resorption and cathepsin K-activity by peptidyl vinyl sulfones. *Biol. Chem.* , 380(6) : 679- 687
- 192- Zachary D., Hoffmann D., 1984 -** Lysozyme is stored in the granules of certain haemocyte types in *Locusta*. *Journal of Insect Physiology* ,30: 405–411
- 193-Zimmerman G., 1993 -** The entolopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and its potential as a biocontrol agent. *Pestic.Sci*, 37: pp375-379

ANNEXES

ANNEXE I : Verreries et accessoires :

- Ampoules a decampter
- Ballons (500ml)
- Béchers
- Bec bunsen
- Couteau
- Pipettes
- Pipette Potain
- micropipettes
- Tubes à essaie
- Tubes capillaires
- Spatule
- Injection
- Entonnoirs
- Pipettes Pasteur
- Boites de Pétrie
- Papier filtre
- Lames
- Cellule de Mallassez
- - Coton
- Ciseau
- Sonde gastrique pour gavage
- Gants
- Eprouvette
- Erlen Meyer
- Lamelles
- Flacons
- Boite à dissection

ANNEXE II : Réactifs et produits utilisés :

- L'azur
- L'éther
- Liquide fixateur
- Eau distillée
- Acétone
- Cyclohexane
- Ether (diéthyl éther)
- Eau physiologique
- Eau de javel
- Formole
-
- **Réactif de Bradford :**
 - 100mg de Bleu de coomassie
 - 50 ml d'éthanol
 - 100 ml d'Acide phosphorique à 85 %
 - Réactif d'Anthrone

المصنوعة **ملخص**: تقييم النظام المظهري في المساحات الجغرافية المنعزلة للجراد الصحراوي بالجزائر و تجربة مكافحة المبيدات الحيوية من جهاز عضوي مصغر

إن التطور الذي عرفته الزراعة الصحراوية في العشرية الأخيرة في الصحراء الوسطى، من خلال تطوير المناطق المروية في مجال إنتاج الخضروات، أدى إلى ظهور هجمات متكررة وتفشي كبير للجراد الصحراوي نظرا لنموه السريع. يهدف هذا العمل إلى تقييم التباين المرفومتري (المظهري) للجراد الصحراوي في بيئتين مختلفتين، بيئة طبيعية موجودة في الصحراء الجنوبية وبيئة مهيأة مخبريا تقع في الصحراء الوسطى. وقد كشفت نتائج التحاليل البيومترية على عينات الجراد الذكور والإناث والتي أجريت منذ سنة 1993 حتى 2004، في المقام الأول على (الوريد المرفقي (هاء)، عظم الفخذ (و) وكبسولة الرأس(ج))، وأظهر ذلك وجود اختلافات بين البيئتين، وتم تسجيل كثافة الجراد بنسبة منخفضة ولا تتجاوز 500 جراد في الهكتار الواحد، إلا في شهر أبريل 2004 حيث وصلت إلى 10000 جراد / هكتار بأدرار ولقد أظهرت التحاليل المرفومتريّة، تآرجح بين الانفرادي وعبارة، إلا بالنسبة لجراد يونيو 1998 وأبريل 2004 في تمنراست وأدرار، على التوالي، والتي هي قطيعة. إن التحليل المميز للقياسات المرفومتريّة للجراد الذكر بأدرار كشف وجود ازدواجية موسمية بحجم مضاعف إلى جانب وجود تباين في الأشكال حيث أن جراد المواسم الجافة لديها الوريد المرفق وعظام الفخذ أصغر من جراد المواسم الرطبة. وكذلك النظام الغذائي للجراد الذكر هو نباتي بشكل رئيسي خلال مواسم الجفاف ومواسم الأمطار. نتائج مكافحة البيولوجية باستخدام الفطريات الممرضة للحشرات تعتبر مثيرة جدا للاهتمام، والفطريان اللذان تم اختبارهما هما *M.anisopliae* و *M.flavoviride* فهما بإمكانهما أن ينموا في أماكن مختلفة وفي درجات حرارة متنوعة تصل إلى 25 حتى 35 درجة مئوية ورطوبة من 60٪ إلى 85٪. إن تأثير هذان الفطريان على *Schistocerca gregaria* فعال جدا حيث تم الحصول على وفيات فعالة جدا 100٪ بعد 7 أيام وقد تم إثبات ذلك عن طريق الكشوف المخبرية التي أجريت وفي الواقع تم الكشف عن انخفاض في الهيموليمف البيوكيميائية عن طريق التحليل الطيفي للاندلملف. مكونات هذان الفطريات في المبيدات الحيوية أعطت نتائج فعالة وبالنظر إلى النتائج DL 50 تعتبر بالسامة تجاه *Schistocerca.gregaria*. وأظهر اختبارات سمومها على الفئران والتي أظهرت بان المبيدات الحيوية المكونة من الزيوت النباتية *Melai azedarach et Schinus molle* أنها ليس لها أي خطر على هذه النوعية وقد تم التحقق من ذلك عن طريق الاختبارات و الكشف عن الكبد والدم لها.

الكلمات الرئيسية: *Schistocerca gregaria* ، ازدواجية الشكل الموسمية، خصائص الشكل، فلاحا بالصحراء، *Metarhizium anisopliae* ، *M. flavoviride* ، *Melia azedarach et schinus molle* ، تحاليل بيولوجية، صياغة، مبيدات حيوية ، فئران، سمومه.

RESUME

Evaluation du statut phasaire dans les biotopes solitaires du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* en Algérie et essai de lutte par un bio pesticide a base d'un microorganisme entomopathogène

Le développement de l'agriculture saharienne, ces dernières décennies, par l'aménagement de périmètres irrigués au Sahara central, dans la zone de production maraîchère, a entraîné des attaques fréquentes et des pullulations non négligeables du criquet pèlerin. Le présent travail a pour objectif, l'évaluation des variations morphométriques du criquet pèlerin dans deux milieux différents ; un milieu naturel situé au Sahara méridional (Tamanrasset) et un milieu cultivé situé au Sahara central (Adrar). Les résultats de l'analyse biométrique sur des populations mâles et femelles, effectuée de 1993 à 2004, principalement sur l'élytre (E), le fémur (F) et la capsule céphalique (C), ont dévoilé l'existence de différences entre les deux stations. Les densités de populations sont faibles et ne dépassent pas 500 individus /hectare, sauf pour le mois d'Avril 2004 où un maximum de 10000 individus /ha a été atteint à Adrar. Les rapports morphométriques E/F et F/C des populations, oscillent entre la phase solitaire et transiens dissociés, exception faite pour les populations de juin 1998 et d'avril 2004 qui sont grégaires à Tamanrasset et à Adrar, respectivement. L'analyse discriminante des mesures morphométriques des populations mâles d'Adrar révèle l'existence d'un dimorphisme saisonnier de taille doublé d'un contraste de formes. Les populations de saison sèche présentent des élytres et des fémurs plus petits que ceux des populations de saisons humides. Le régime alimentaire des populations mâles est essentiellement graminéen durant les saisons sèches et les saisons humides. Les résultats relatifs à la lutte biologique par l'utilisation des champignons entomopathogènes s'avère très intéressante, les deux champignons testés à savoir *M.anisopliae* et *M. flavoviride* peuvent pousser sur des milieux différents et des températures très variables allant de 25 ° à 35 ° C et à des humidités de 60% à 85% . Leurs effets sur *Schistocerca gregaria* est très efficace une mortalité de 100% est obtenu au bout de 7 jours. Cette efficacité est prouvée par les analyses biologiques effectuées. De même une diminution dans les substances hémolympatiques a été décelée par des analyses spectrophotométriques de l'hémolymphe. La formulation de *M. anisopliae* en biopesticide associée à des huiles végétales *Melia azedarach et schinus molle* a donné des résultats satisfaisants. Le biopesticide formulé est sans danger sur les

populations de souris traités , aucune mortalité n'a été enregistrée ,ceci a été vérifié par les bilans hépatiques et les bilans sanguins des ces populations.

Mots clés : *Schistocerca gregaria*, dimorphisme saisonnier, traits morphométriques, Agriculture saharienne, *Metarhizium anisopliae* , *M. flavoviride* , *Melia azedarach* et *schinus molle* , analyses biologiques , formulation , biopesticides , Souris , Toxicité

ABSTRACT

Seasonal dimorphism of the desert locust in the Saharan agriculture areas

The development of Saharan agriculture in recent decades by the increase of irrigated areas of vegetable production in central Sahara has led to frequent attacks and significant outbreaks of locusts. This insect, which is not a deserticola type, has succeeded in developing a series of behavioral characters, morphological and physiological to adapt to this environment which has become one of its areas of dispersal and reproduction. This work has for objective evaluation of morphometric variation of locusts in two different natural habitats located in the southern Sahara, and cultivated an environment located in central Sahara. The results of biometric analysis on male and female populations, conducted from 1993 to 2004, primarily on the elytra (E), femur (F) and head capsule (C), revealed the existence of differences between two stations. Population densities are low and do not exceed 500 individuals per hectare, except for the month of April 2004 where a maximum of 10000 individuals/ha was reached in Adrar. Morphometric ratios E/F and F/C of the studied populations oscillate between the solitary phase and transiens-dissocians, except for populations in June 2004 in Tamanrasset and April 98 in Adrar and which were gregarious. The principal component analysis carried out from 1993 to 2004, on the elytra, the femur and the head capsule, highlights the existence of three population groups, two of which are statistically homogeneous. The male population of Adrar in dry season is a third different group. Indeed, the discriminant analysis based on morphometric traits of male populations of Adrar reveals the existence of two major groups related to the seasonal contrast. This result shows the influence of seasons and weather conditions on morphometric changes. A seasonal dimorphism in size coupled with a contrast of forms has been highlighted in male populations of Adrar. The dry season populations have smaller elytra and femur than those of wet season's populations. The diet of the male populations is primarily gramineous during the dry seasons and the wet seasons. The results relating to the biological fight by the use of the mushrooms entomopathogènes prove very interesting. The two mushrooms tested with knowing *M.anisopliae* and *M.flavoviride* can lead on mediums different and at very variable temperatures going from 25° with 35°C and to water contents from 60% to 85%. Their effect on *Schistocerca gregaria* is very efficient because a mortality of 100% was obtained at the end of 7 days. This effectiveness is proven by the biological analyses carried out. Indeed a reduction in the biochemical parameters hemolymphatic at summer detected by spectrophotometric analyses of the hemolymph. The formulation as of these both acridopathogénés in biopesticides gave satisfactory results by a characterized DL 50 of poison with respect to the populations of *S. gregaria*. The tests of toxicity on the populations of mouse showed that the biopesticides at base vegetable oils tested Melai azedarach and schinus moll are, after examinations of the hepatic and blood assessments, without danger to this species.

Keys words : *Schistocerca gregaria*. Seasonal dimorphism. morphometric traits. Saharan agriculture.