

Institut National Agronomique El-Harrach - Alger
En vue de l'obtention du diplôme de Magister en sciences agronomique
Département : Zoologie agricole et forestière
Option : Entomologie Appliquée

Bioécologie de Schistocerca gregaria Forskål, 1775 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae) dans la région de l'Ahaggar

essais de lutte biologique au moyens de champignons entomopathogènes : *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum*

Mlle Kaidi Narimen

Directrice de thèse : M^{me} Doumandji-Mitiche Bahia (Professeur à l'INA d'El-Harrach)
juillet 2007

Devant le jury : Président : M^r Doumandji Salaheddine. (Professeur à l'INA d'El-Harrach)
Examineurs : Mme Guendouz-Benrima Atika (Maître de conférences, Université de Blida) Mr Hammache Miloud (Chargé de cours à l'INA d'El-Harrach) M^{lle} Bouregghda Houda (Chargée de cours à l'INA d'El-Harrach) Invités : M^r Guendez M'barek (Directeur général, INPV, El-Harrach) M^r Lazar Mohamed (Chef de département de lutte antiacridienne, INPV, El-Harrach)

Table des matières

Dédicace . . .	5
Remerciements . . .	6
Avant propos . . .	8
Introduction générale . . .	10
Chapitre 1 : Présentation de la région d'investigation «Le parc national de l'Ahaggar (Tamanrasset)» . . .	13
1.1. Généralités et historique . . .	13
1.2. Situation géographique . . .	14
1.3. Caractéristiques de la région de l'Ahaggar . . .	15
1.3.1. Eléments de climatologie . . .	15
1.3.2. Géologie, topographie et relief . . .	20
1.3.3. Réseau hydrographique . . .	21
1.3.4. Régions naturelles de l'Ahaggar . . .	22
1.3.5. Faune et flore . . .	22
Chapitre 2 : Le péril acridien . . .	25
2.1. Généralités sur le criquet pèlerin . . .	25
2.1.1. Dégâts et importance économique . . .	25
2.1.2. Grégarisation, polymorphisme phasaire et mécanismes de transformation . . .	27
2.1.3. Migrations et répartitions saisonnières . . .	27
2.1.4. Rémissions, résurgences, recrudescences et invasion généralisées . . .	31
2.1.5. Biotopes du criquet pèlerin . . .	33
2.2. Le criquet pèlerin en Algérie . . .	35
2.2.1. Distribution du criquet pèlerin en Algérie . . .	35
2.2.2. Historique du problème acridien (Criquet pèlerin) en Algérie . . .	36
2.3. Lutte antiacridienne . . .	38
2.3.1. La stratégie de lutte antiacridienne (Données FAO) . . .	39
2.3.2. La lutte antiacridienne en Algérie (INPV/FAO) . . .	41
Chapitre 3 : Problématique et méthodologie . . .	46
3.1. Objectifs et problématique . . .	46
3.2. Choix du site d'étude . . .	47
3.3. Itinéraires des sites prospectés . . .	48
3.4. Méthodologie . . .	50
3.4.1. Déroulement de la prospection sur terrain . . .	50
3.4.2. Travaux au laboratoire . . .	56
Chapitre 4 : Résultats obtenus . . .	68
4.1. Notes d'observations relatives aux sites (Oueds) prospectés . . .	68
4.2. Inventaire floristique des oueds prospectés . . .	70
4.3. Quelques éléments bio-écologiques du criquet pèlerin dans le parc national de l'Ahaggar . . .	73
4.3.1. Etude des charges alaires . . .	73

4.3.2. Étude de l'état phasaire des populations capturées . .	75
4.3.3. Régime alimentaire de <i>Schistocerca gregaria</i> au niveau des biotopes prospectés . .	82
4.4. Utilisation de <i>Beauveria bassiana</i> et <i>Metarhizium anisopliae</i> var <i>acridum</i> contre <i>Schistocerca gregaria</i> . .	91
4.4.1. Etude de la virulence des blastospores séchées et fraîchement produites de <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i> vis-à-vis des imagos de <i>S. gregaria</i> . .	91
4.4.2. Etude comparative de l'efficacité de <i>B. bassiana</i> et <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i> vis-à-vis des imagos de <i>S. gregaria</i> . .	93
Chapitre 5 : Discussions des résultats . .	99
5.1. Discussions sur l'étude bioécologique du criquet pèlerin au niveau du parc national de l'Ahaggar en période de rémission (2006) . .	99
5.1.1. Caractéristiques des biotopes prospectés . .	99
5.1.2. Etude de la charge alaire des individus capturés de <i>S. gregaria</i> . .	100
5.1.3. Etude morphométrique des individus capturés de <i>S. gregaria</i> . .	101
5.1.4. Etude du régime alimentaire des individus captures de <i>S. gregaria</i> . .	104
5.2. Discussions sur l'utilisation de <i>Beauveria bassiana</i> et <i>Metarhizium anisopliae</i> var <i>acridum</i> contre <i>Schistocerca gregaria</i> . .	106
5.2.1. Etude de la virulence des blastospores séchées et fraîchement produites de <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i> vis-à-vis des imagos . .	106
5.2.2. Etude comparative de l'efficacité de <i>B. bassiana</i> et <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i> vis-à-vis des imagos de <i>S. gregaria</i> . .	106
Conclusion générale et perspectives . .	110
Références bibliographiques . .	113
Annexes . .	121
Annexe 1. Les régions naturelles du parc national de l'Ahaggar . .	121
Annexe 2. La richesse faunistique du parc national de l'Ahaggar . .	122
Annexe 3. Liste des familles et espèces des plantes spontanées recensées dans le parc national de l'Ahaggar (Sahki et Sahki, 2004) . .	124
Annexe 4. Itinéraires des circuits effectués en période hiverno-printanière de l'année 2006. . .	125
Annexe 5. Itinéraires des circuits effectués en période automno-hivernale (novembre-décembre 2006) . .	126
Annexe 6. Epidermes des espèces végétales récoltées au niveau du parc national de l'Ahaggar . .	127
Annexe 7. Tableaux des caractéristiques des biotopes étudiés utilisés pour l'étude des corrélations. . .	129
Annexe 8. Relevé floristique personnel du parc national de l'Ahaggar . .	132
Annexe 9. Liste des espèces végétales spontanées liées à la présence du criquet pèlerin relative a chaque oued. . .	132
Annexe 10. Mensurations et caractères morphologiques des mâles et des femelles de <i>S. gregaria</i> capturés lors des prospections . .	133
Annexe 11. Photographies des 17 plantes retrouvées dans les fèces du criquet pèlerin . .	135
Annexe 12. Taux de germination (%) des blastospores de <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i> séchés à différentes températures . .	136
Annexe 13. Présentation des groupes d'individus de <i>S. gregaria</i> dans le plan factoriel 1-2 selon l'état phasaire . .	137

Dédicace

A la mémoire de mes très chers grands-pères Kaidi Hocine qui na cessé de m'encourager pour mes études et Guettas Med Said A la mémoire de Mani Tassaâdite et ma tante Nadjia Hammad ; A la mémoire de Mr Beloued qui ma beaucoup aidé pour la détermination des plantes récoltées ; A mes très chers parents, mon frère Nazim et mes sœurs ; A toute ma famille Kaidi, Eddoud et Guettas A mes petites filles adorées Samia et Yasmine que DIEU les protèges Et surtout, aux êtres les plus proches de mon coeur ALI, NESRINE et LILIA. A tout les acridologues ; Et enfin à moi même Je dédie ce modeste travail de recherche NARIMEN

Remerciements

En premier lieu, je remercie DIEU le tout Puissant pour m'avoir accordé le courage, la force et la patience de mener à bien ce modeste travail.

C'est à ma directrice de thèse, **Mme Bahia Doumandji-Mitiche**, Professeur à l'Institut National Agronomique d'El-Harrach, que je dois respect et gratitude pour m'avoir guidé afin de mener à bien cette étude. Ses encouragements et sa disponibilité durant toutes les étapes de ce travail, ses remarques pertinentes et ses suggestions ont sans cesse permis l'amélioration de la qualité de ce document. Que Dieu la protège.

Je tiens à exprimer ma grande reconnaissance ainsi que mes respects à **Mr Salaheddine Doumandji** Professeur à l'Institut National Agronomique d'El-Harrach, pour m'avoir honorée en acceptant de présider le Jury de cette thèse aussi pour ses encouragements et pour ses précieux conseils.

Je voudrais également exprimer mes vifs remerciements aux membres du jury qui ont bien voulu juger ce travail à savoir : **Mme Atika Guendouz-Benrima** maître de conférences à l'université de Blida, **Mr Miloud Hammache** chargé de cours au Département de Zoologie Agricole et Forestière (INA, El-Harrach) ainsi que **Mlle Houda Boureghda** chargée de cours au Département de Botanique (INA, El-Harrach).

Je ne saurais oublier de remercier **Mr Mohamed Lazar**, chef de Département de Lutte Antiacridienne à l'INPV d'El-Harrach pour sa collaboration et son aide si précieuse et pour avoir accepté de juger ce travail. Je lui exprime aussi ma profonde gratitude de m'avoir facilitée les déplacements sur terrain en compagnie des prospecteurs de lutte anti-acridienne. Il a toujours répondu présent à mes soucis dans le cadre de la recherche et m'a permis aussi de travailler au sein du laboratoire d'acridologie.

Il m'est très agréable de remercier également **Mr M'barek Guendez**, Directeur de l'INPV d'El-Harrach, pour m'avoir honoré par sa présence et surtout d'avoir accepté de faire partie du jury d'examination.

Je saisis cette opportunité pour adresser mes plus sincères remerciements et surtout respects à **Mr Chawki Benaya**, prospecteur à l'INPV d'El-Harrach, pour sa collaboration et son aide si précieuse, pour l'intérêt qu'il porte pour cette étude et pour m'avoir fait profiter de ses connaissances. Son amitié, son inquiétude et surtout sa présence demeureront pour moi un très beau souvenir.

Que **Mr Billel ARAMA** guide tergui, trouve ici ma gratitude, mon respect et surtout mes remerciements les plus sincères pour m'avoir appris à déterminer les plantes du Hoggar ainsi que de m'avoir guidée durant mes circuits sur terrain.

Sans oublier **Mr Djeddi**, **Mr Saadaoui**, **Mr Boulaaras** prospecteurs à l'INPV d'El harrach ainsi les guides terguis qui m'ont accompagnée et surtout orientée sur le terrain, qu'ils trouvent ici mon respect et ma profonde gratitude.

Mes respects et remerciements les profonds vont également à **Mr Chaâbnia Ali**, chef de brigade de la gendarmerie de la daïra de Silet (Tamanrasset) pour m'avoir facilitée l'accès sur terrain en m'assurant une protection tout au long de mon travail de prospection.

Je n'oublierai de remercier aussi, **Mr Regani Abdallah**, Chef de la base logistique de lutte antiacridienne de silet, pour son accueil et aide si précieux.

Ma profonde gratitude ainsi que respect vont à la famille **Eddoud** qui ma encouragée, aidée, aimée et surtout supportée tout au long de mes études, je cite **Mr et Mme Eddoud**, ainsi que mes trois sœurs **Maya, Nina et Hana**.

Nombreuses sont les personnes qui m'ont aidée à franchir les obstacles et contraintes rencontrées durant la préparation de ce travail, mais je voudrais adresser mes remerciements plus particulièrement à :

Mme Nesrine Louhibi-Tamaloust, Mlle Lilia Haddar, Mlle Yasmine Bakalem et Mme Souheilet-Messaoudène, mes amies et mes sœurs. Je les remercie pour leur amitié sincère, leur soutien, leur disponibilité et surtout leur gentillesse, que Dieu les protège.

Mr et Mme Benmansour, pour avoir contribué à déterminer les plantes récoltées en mettant a ma disposition la documentation nécessaire.

Toute l'équipe de lutte anti-acridienne de l'INPV d'El-Harrach pour, m'avoir facilitée l'accès au département d'acridologie et de m'avoir aidée à la réalisation de ce travail, je cite **Mlle Khalfa et Mlle Reguieg**. Ainsi que Mrs : **Bensaad, Abdelatif, Chawki, Belazougui, Chaouch, Djebari, Makhloufi**.

M^{mes} : Ould Cherchali Soraya et Harkat Nawel secrétaires du département de zoologie agricole et forestière pour leur disponibilité et surtout gentillesse, sans oublier **M^{mes} Saada et Benzara**.

Mr Saharaoui Lounes ainsi que tous les enseignants de notre département, qui m'ont formée et aidée en particulier : **Mr Chakali, Mr Biche, Mr Guessoum, Mr Mokabli et Mr Ghazali** qui n'ont cessé de me soutenir tout au long de mon cursus universitaire.

Mes amis (es) ont été d'un grand réconfort pour moi ; faute d'espace, je ne pourrais les citer tous, je voudrais qu'ils sachent que je leur suis très reconnaissante.

Avant propos

«Un nuage étincelant se dégageait de la brume, glissait, ondulait, se rapprochait du sol, le touchait, repartait, tourbillonnant, remontait, brillait parfois, comme une cuirasse, hésitait, et peu à peu s'étendait, planait, s'avançait, ombre menaçante aux reflets de cuivre, avec un ronflement chuintant d'ailes minuscules, une vibration profonde, encore murmurante qu'on devinait énorme » Les Chevaux de feu, Jules Roy, 1968. »

En effet, la plus ancienne connaissance relative au criquet remonte à une image rupestre d'une tombe Egyptienne de la 12e dynastie, vers 2400 avant Jésus Christ. Les Hébreux, les Grecs, les Chinois et les Romains comme Titus, Livy et Pliny nous ont légué plusieurs archives dont certaines sont, il faut le dire, fantaisistes, mais d'autres ont une valeur sûre. A preuve, l'étude critique de ces informations avait commencé à apporter et continue d'apporter un éclairage dans plusieurs domaines de la question. L'histoire nous révèle que pendant longtemps, les invasions acridiennes étaient considérées comme le fléau contre lequel toute entreprise semblait illusoire et inopérante. La réponse des peuples, empreinte de fatalisme, était essentiellement limitée à des méthodes traditionnelles, mystiques comme la dissuasion des essaims en vol par la fumée, le bruit, les incantations et prières, et l'éradication des larves par des méthodes mécaniques.

Plusieurs travaux scientifiques ont suivi à travers les âges jusqu'à nos jours et ont abouti à des informations parfois surprenantes concernant le comportement difficilement saisissable du Criquet pèlerin. En effet, en 1945 déjà, l'acridologue russe, **UVAROV** avait recensé au moins **2 000** ouvrages et articles consacrés au sujet et répertoriés dans douze langues. Mais bien avant, en 1921, ce savant a exposé la théorie des phases, expliquant les processus du passage de l'état solitaire à l'état grégaire. Le plus redoutable de ces derniers est le criquet pèlerin, appelé *Schistocerca gregaria* par Forskal, 1775.

Dans une tranche temporelle plus proche de nous, il faut retenir qu'il y'a eu neuf invasions dévastatrices depuis 1860. Les zones d'infestation potentielles ont couvert 29 millions de Km². En Afrique l'une des plus grandes invasions vécues est celle enregistrée entre **1986 et 1989**. De vastes régions d'Afrique ont été affectées et la méthode chimique était la seule option pour lutter contre ce fléau dans la région sahélienne et en Afrique du Nord. Ainsi, selon la FAO, 26 millions d'hectares avaient été traités, 16 millions de litres d'insecticides liquides et 14 000 tonnes de poudre utilisées. Les bailleurs de fonds publics et privés avaient contribué pour 315 millions de dollars US.

Cette partie dramatique et anecdotique de l'histoire du criquet pèlerin nous mène à s'interroger sur l'utilisation de tout ce capital de connaissances scientifiques et historiques accumulées, en se posant deux questions simples et fondamentales : **Que savons nous du criquet ?** et **Comment faire pour le vaincre définitivement ?**

Par ce présent document, finalisant mon travail de recherche durant 3 ans, nous essayerons d'apporter des informations concernant quelques éléments bioécologiques du criquet pèlerin dans un patrimoine naturel caractérisé par sa richesse géologique, faunistique et floristique, le parc national de l'**Ahaggar**. Ce dernier, abritant quelques biotopes naturels favorables pour la reproduction et la grégarisation du criquet pèlerin, car, en effet, plus de trois cent espèces végétales d'origine méditerranéenne, soudano-égyptienne, saharo-sindienne ou tropicale, endémiques ou espèces reliques, pour la plupart très rares ou uniques, en sont recensées. Aussi le climat de ce patrimoine offre toutes les conditions favorables pour le développement de ce fléau. Aussi, ce

modeste travail de recherche, portera sur quelques alternatives concernant la lutte microbiologique contre les criquets en utilisant des champignons entomopathogènes.

Introduction générale

Parmi les acridiens, le criquet pèlerin constitue l'espèce la plus importante d'un point de vue économique par l'étendue de son aire d'invasion et par les dégâts qu'il peut occasionner. Les ravages de cette espèce sont connus depuis l'antiquité. Les invasions constituent un phénomène majeur et spectaculaire. Leur importance économique, depuis des siècles, n'a jamais été mise en doute. C'est une évidence qui s'est imposée à tous tellement l'ampleur des ravages, en pleine période d'invasion, peut être considérable.

Les invasions de criquets pèlerins sont un fléau aussi ancien que l'agriculture elle-même. Les premiers ravages de champs cultivés et de pâturages par des milliards d'insectes roses et jaunes, capables de se déplacer de 200 km et de dévorer l'équivalent de leur poids quotidiennement, ont été consignés par l'Égypte des pharaons, impuissante face à cette catastrophe naturelle. En effet, cet insecte apparaît dès les temps anciens, comme un fléau de l'agriculture méditerranéenne ayant suffisamment marqué l'inconscient populaire pour en faire la huitième plaie d'Égypte. Les infestations par ce ravageur sont de notoriété bibliques (**Exode 10** : «*Elles couvrirent la surface de la terre, et l'on ne pourra plus voir la terre ; elles dévoreront le reste de ce qui est échappé, ce que vous a laissé la grêle, elles dévoreront tous les arbres qui croissent dans vos champs* »), puis coranique (**7 Al-Aarâf**, 133 : «*Et Nous avons alors envoyé sur eux l'inondation, les sauterelles, les poux, les grenouilles et le sang* »). L'histoire des hommes est jalonnée par les invasions périodiques de sauterelles. Une illustration murale dans un palais assyrien à Ninive en Irak, datant du règne de Sennachérib, vers 700 avant J.-C. représentant des serviteurs portant des offrandes de brochettes de criquets à un banquet (Lecoq et al., 2003).

En 873, une invasion de criquets migrants dévasta l'Italie, la Gaule et la Germanie. Les moines des couvents carolingiens ont laissé des témoignages sur la catastrophe (Zafack, 2004).

Le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775), passe très facilement d'une forme solitaire peu nuisible à une forme grégaire très nuisible. Ce passage qui s'effectue à travers des phases intermédiaires appelées transiens, se traduit par des modifications d'ordre éthologique, écologique, physiologique, biologique et morphologique ce qui rend cette espèce capable de menacer l'agriculture et la sécurité alimentaire des vastes zones d'Afrique, du Proche Orient et de l'Asie du Sud-Ouest et cela en infligeant des dégâts se soldant la plupart du temps par des pertes de récoltes considérables. C'est l'un des ravageurs les plus redoutables à l'échelle planétaire, un véritable fléau. Des chroniques médiévales certifient que ses ravages ont continué de façon ininterrompue, sous forme de crises successives. Benhalima (2006) a noté que depuis 1880, les invasions du criquet pèlerin ont sévi pendant près de 50 années. En effet, depuis 1860, neuf périodes d'invasions généralisées se sont succédées : 1860-1967, 1869-1981, 1888-1910, 1912-1919, 1926-1935, 1940-1947, 1949-1962, 1986-1989 et 2003-2005. De plus, au cours des trente dernières années, trois recrudescences majeures ont été observées : 1968, 1987-1988 et 1993-1995 (F.A.O., 2004).

Cependant, l'ensemble de l'aire de l'invasion de *S. gregaria* couvre vingt-neuf millions de kilomètres carrés. Toutefois, plus de la moitié de cette aire n'est concernée que par l'invasion d'essaims errants. Les zones de reproduction intéressent environ 13,6 millions de

km². En raison des variations saisonnières de la distribution des pluies, les reproductions à un moment donné, ne concernent au maximum qu'un quart de la surface globale. Au cours des années de rémission, les populations du criquet pèlerin restent cantonnées dans les parties les plus désertiques de l'aire, soit environ 16 millions de km² (Popov et *al.*, 1991).

Sur l'ensemble de l'Afrique du Nord et du Nord-Ouest, les dégâts occasionnés par une invasion du criquet pèlerin peuvent avoir une extension considérable. L'ensemble des systèmes de production agricole (au sens large) est menacé. On ne peut prédire ni le nombre ni l'étendue des invasions en l'absence de mesures de lutte, mais le risque existe, réel, attesté par des siècles d'expérience (F.A.O., 2004).

Cependant, quatre facteurs donnent à cet acridien une importance particulière, à savoir :

Sa grande mobilité (cette espèce peut parcourir plusieurs centaines de kilomètres par jour) ;

La fréquence élevée de ses invasions (deux à quatre par siècle) ;

Sa voracité (le criquet est réputé pour consommer son propre poids de matière végétale fraîche par jour) ;

Sa polyphagie, en phase grégaire (absence de discrimination alimentaire de sorte que pratiquement toutes les plantes cultivées ou sauvages risquent d'être attaquées).

En effet, il est caractérisé par un régime alimentaire très varié et peut s'attaquer à tous les types de culture et de pâturage. La forte capacité à migrer sur de longues distances est une caractéristique fondamentale du Criquet pèlerin. Ces migrations se font à la faveur des systèmes de vents pouvant occasionnellement engendrer les pluies indispensables à la reproduction ; elles suivent des schémas saisonniers liés aux caractéristiques climatiques des diverses régions de l'aire d'habitat.

Le contrôle de cet insecte ravageur est indispensable pour assurer la sauvegarde du potentiel agricole et le maintien de la sécurité alimentaire des régions concernées. Les opérations de lutte contre les recrudescences et les invasions nécessitent toujours, cependant, des moyens énormes et impliquent d'importantes quantités d'insecticides, des coûts élevés et des risques évidents pour l'environnement. L'approche préventive progressivement mise en place tend à résoudre ces problèmes tout en assurant une meilleure maîtrise des invasions.

Pour faire face à ses invasions, la lutte chimique a largement contribué à éviter le pire par l'utilisation de tout un arsenal d'insecticides. Cependant, cette pratique a alourdi le bilan environnemental par l'intoxication de l'homme ainsi que du bétail, la raréfaction et la destruction de la faune utile et des insectes auxiliaires (Launois-Luong et *al.*, 1988). Dans la quête de nouvelles techniques afin de protéger les cultures et d'éviter toutes les conséquences néfastes de la lutte chimique, l'intérêt des scientifiques se tourne vers la lutte biologique. Cette alternative est prometteuse, ceci pour assurer une protection phytosanitaire performante de par l'ubiquité naturelle des agents microbiologiques tels que les champignons entomopathogènes, dans les écosystèmes, leur grande variété, leur dissémination facile, leur spécificité d'action et aussi leur persistance dans l'environnement (F.A.O., 2004). En terme de respect de l'environnement, ces champignons sont spécifiques des insectes nuisibles et n'ont a priori aucun effet négatif sur la flore et la faune auxiliaire. En effet, l'impact d'une épidémie fongique peut être dramatique et constitue donc un moyen potentiel de lutte biologique. St-Leger et *al.*(1996) notent qu'en 1923, la "lemoultine" à base de *Beauveria tenella* pour lutter contre le hanneton commun, *Melolontha melolontha*

, tentait déjà, vainement, une percée dans le marché phytosanitaire. Actuellement, les applications majeures résident dans la réalisation de myco-insecticides. Les domaines de la détection, de l'isolation, de la caractérisation et de la commercialisation des toxines d'origine fongique qui permettraient le contrôle des populations d'insectes, sont en cours de développement. Aujourd'hui, le biopesticide utilisé contre le criquet pèlerin est le Green muscle dont la composition est à base de *Metarhizium anisopliae* var *acridum*.

Suite à l'invasion du criquet pèlerin qu'a connu l'Algérie entre 2003 et 2005, nous avons jugé utile d'effectuer une étude de quelques éléments bioécologiques concernant les populations présentes au niveau de quelques biotopes naturels. Ces derniers sont situés dans l'extrême sud algérien, à savoir le Parc National de l'Ahaggar (Tamanrasset). C'est dans cette région que nous avons récolté des individus de *Schistocerca gregaria*. Ce site est caractérisé par les différents oueds susceptibles d'abriter des populations isolées du criquet pèlerin, afin de déterminer l'état phasaire des populations durant deux périodes (mars et décembre 2006). Nous avons étudié le spectre alimentaire des populations retrouvées dans les zones d'investigations. Et, nous avons aussi apporté notre contribution par l'étude de l'effet des deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* vis-à-vis des imagos du criquet pèlerin.

Toutefois, en Algérie, un pays occupant une place prépondérante dans l'aire d'habitat des criquets grégariaptés tels que les espèces : *Schistocerca gregaria*, *Locusta migratoria* et *Dociostaurus maroccanus*, plusieurs travaux ont fait l'objet de l'étude morphométrique et le régime alimentaire du criquet pèlerin dans différents biotopes naturels, nous citons ceux de : Ouchen (1995), Doumandji-Mitiche et al. (1996), Kara (1997), Marouf (1997), Khider (1999), Cherief (2000), Kara et al. (2001), Lazar (2005) et Guendouz-Benrima (2005).

Ainsi que l'étude sur l'utilisation des champignons entomopathogènes contre les locustes citons ceux de Halouane (1997), Doumandji-Mitiche et al. (1999), Halouane et al. (2001), Coulybaly Adama (2002), Kaidi (2004), Hemour (2005) et Outtar (2006).

Le présent document est articulé autour de différents chapitres. Dans un premier temps, la région d'investigation qui est le Parc National de l'Ahaggar est présentée. Un second chapitre concerne un aperçu général sur le péril acridien, ainsi que la lutte antiacridienne. Les méthodes d'étude sont ensuite exposées dans un troisième chapitre, tant pour les investigations de terrain que pour les études de laboratoire. Dans un quatrième chapitre sont traités les résultats obtenus au cours de notre travail de recherche. La discussion des résultats obtenus est portée dans le cinquième chapitre suivi d'une conclusion générale.

Chapitre 1 : Présentation de la région d'investigation «Le parc national de l'Ahaggar (Tamanrasset)»

1.1. Généralités et historique

L'Ahaggar qui est le plus grand massif montagneux de l'Algérie renferme un patrimoine culturel qui raconte les nombreuses civilisations qui s'y sont succédées depuis la naissance de l'humanité.

D'une part, l'Ahaggar -et ses contreforts- renferme des sites archéologiques datant de 600 000 à un million d'années, témoignage des premières manifestations humaines, ou pré humaines, et fut durant la préhistoire, une des régions à plus forte densité de populations du globe terrestre, théâtre de l'évolution de l'homme, des brassages, des migrations et d'événements marquant de lointaines civilisations venues d'Orient, de la Méditerranée, d'Asie et d'Afrique (Abdessalam, 2005). Hamdine (2001) note que l'existence des dizaines de milliers de gravures et de peintures rupestres - datant du néolithique-, les grottes, les abris sous roche et les gisements de surface de matériels et d'outillages lithiques le prouvent fortement. Sans oublier la présence de sites protohistoriques et historiques dont témoignent notamment les monuments funéraires, Tumuli ou nécropoles, les inscriptions rupestres, les Ksours ou les cabas, les palmeraies, les lieux de batailles historiques et les grands axes caravaniers et centres d'échanges économiques antiques.

D'autre part, l'Ahaggar est situé au cœur du plus grand désert du monde, le Sahara de la Mer Rouge à l'Océan Atlantique , il renferme, depuis plus de trois milliards d'années, un patrimoine naturel unique et très dense dans toutes ses composantes géologiques, faunistiques, floristiques et paysagères. Les nombreuses variétés de minéraux et de fossiles marins, végétaux, animaux et humains en attestent. Les multiples espèces animales, prédatrices, proies, carnivores, ruminants, rongeurs, oiseaux, mammifères, reptiles, insectes, invertébrés, vertébrés, aquatiques et terrestres, grégaires ou migratoires, en attestent aussi. Plus de trois cent espèces végétales d'origine méditerranéenne, soudano-égyptienne, saharo-sindienne ou tropicale, endémiques ou espèces reliques, pour la plupart très rares ou uniques, en attestent encore (Hamdine, 2001 et Abdessalam, 2005).

Enfin, les paysages multiformes de l'Ahaggar dépassent trois mille mètres d'altitude - mont Tahat, plus haut sommet algérien, Tazrouk, plus haute daïra et commune algérienne. Regs, plateaux de pierres, et ergs, désert de dunes de sable, champs de lave, volcans démantelés, adrars ou tassilis, témoignent de différents aspects de la terre tout au long des périodes climatiques et à travers les âges géologiques. Fascinant voyage qui nous offre des paysages d'une richesse et d'une beauté naturelle fabuleuse. Ainsi, par sa superficie de cinq cent cinquante quatre mille kilomètres carrés (554.000 km²) et ses spécificités naturelles scientifiques, culturelles et touristiques, le Parc National de l'Ahaggar, situé dans une zone de la biosphère classé hautement prioritaire par les organisations internationales (UNESCO, MAB, UICN...), se trouve être le premier dans le monde et bien sûr, de l'Algérie (Sahki et Sahki, 2004 et Abdessalam, 2005).

Actuellement, le parc national de l'Ahaggar est sous la tutelle du Ministère de la culture et son siège se trouve à Tamanrasset. C'est un établissement public à caractère administratif. Le parc national de l'Ahaggar est inscrit sur la liste des Nations Unies des parcs nationaux et des aires protégées et précisément dans la catégorie II «Parc national». Cette liste représente une référence internationale sur les aires protégées, utilisée largement par un millier de membres de la commission des parcs nationaux et des aires protégées de l'U.I.C.N. (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) ainsi que par plusieurs autres utilisateurs concernés par le statut et l'avenir des aires protégées dans le monde (Hamdine, 2001).

1.2. Situation géographique

Le parc national de l'Ahaggar se situe à Tamanrasset, chef lieu de la wilaya de Tamanrasset qui est située à l'extrême sud de l'Algérie (Sahara méridional), à une altitude de 1450 mètres, à 2000 km au sud d'Alger et à 600 km au nord d'Agadès. Ses coordonnées géographiques sont 22°40' de latitude Nord et 5°10' de longitude Est. Elle est limitée au Nord par Ghardaïa, au Nord-Est par Ouargla, au Nord-Ouest par Adrar, à l'Est par Illizi, au Sud-Ouest par Le Mali et enfin au Sud-Est par le Niger (**Fig. 1**) (Hamdine, 2001 et Chaib, 2005).

Appelée aussi capitale administrative de l'Ahaggar, Tamanrasset étend son immensité sur un territoire de 556.200 Km², entourée de pics volcaniques et de massifs montagneux. (Anonyme, 2005). Elle est composée de deux daïraç Ahaggar et Tidikelt, ne comprenant chacune qu'une seule commune, respectivement Tamanrasset et In Salah (Hamdine, 2001 et Seltzer, 1937 cité par Ould El Hadj, 2004).

L'Ahaggar (Hoggar) est la partie la plus méridionale du Sahara algérien. Compris entre 21° - 25° de latitude nord et entre 3° - 6° de longitude Est. C'est le plus grand massif montagneux de l'extrême sud de l'Algérie. Traversé par le tropique du Cancer, à 80 km au nord de Tamanrasset, l'Ahaggar couvre une superficie d'environ 554.000 Km², soit le quart de la surface globale de l'Algérie (Hamdine, 2001 et Sahki et Sahki, 2004). Il s'étire des environs d'In Salah jusqu'à nos frontières avec le Mali et le Niger. Il est limité au nord par le plateau du Tidikelt et la cuvette du Touât, à l'Est par les falaises du Tassili n'ajers, à l'Ouest par la plaine du Tanezrouft, au Sud-Ouest et Sud-Est, par les contreforts de l'Adrar des Ifoghas, de l'Air et du Tibesti (**Fig. 2**) (Hamdine, 2001 et Sahki et Sahki, 2004).

Selon le Décret n° 87-231 du 3 novembre 1987 portant création de l'Office du parc National de l'Ahaggar, le parc national de l'Ahaggar comprend les zones suivantes :

- **Zone 1** : Les massifs de l'Ahaggar central (Atakor, Aghechoum, Adrar, Ahagaghène, Ouan Helledjène, Serkout) ; Les Tassilis Ouan Ahaggar (est et ouest), Tin Cherghor et Tin-Missao ; Les sites situés sur l'axe Tit-Abalessa, Silet, Tin Dahar et les stations rupestres d'In-Ekker - In Amguel.
- **Zone 2** : Les massifs de la Tafedest , Mertoutek et l'Amador ;
- **Zone 3** : L'Adrar et les Tassilis de l'Arak, de l'Ahnet et de l'Immidir, à partir de l'enceinte pré-tassilienne de l'Arak Tin-Khalifa, Tidikelt méridional jusqu'à la vallée l'Oullen-Assejrad et à l'Immidir Aoussadert.
- **Zone 4** : Les bois pétrifiés d'In-Ghar et Foggaret-Zoua et la Akba-In-El-Hadjadj donnant accès au plateau du Tadmaït.

1.3. Caractéristiques de la région de l'Ahaggar

1.3.1. Eléments de climatologie

Le climat de l'Ahaggar est de type désertique caractérisé par des pluies rares et irrégulières et de grands écarts de températures. Le total des précipitations annuelles est extrêmement variable d'une année à l'autre. De longues périodes de sécheresse, dépassant souvent 3 années consécutives, s'observent dans les différentes régions.

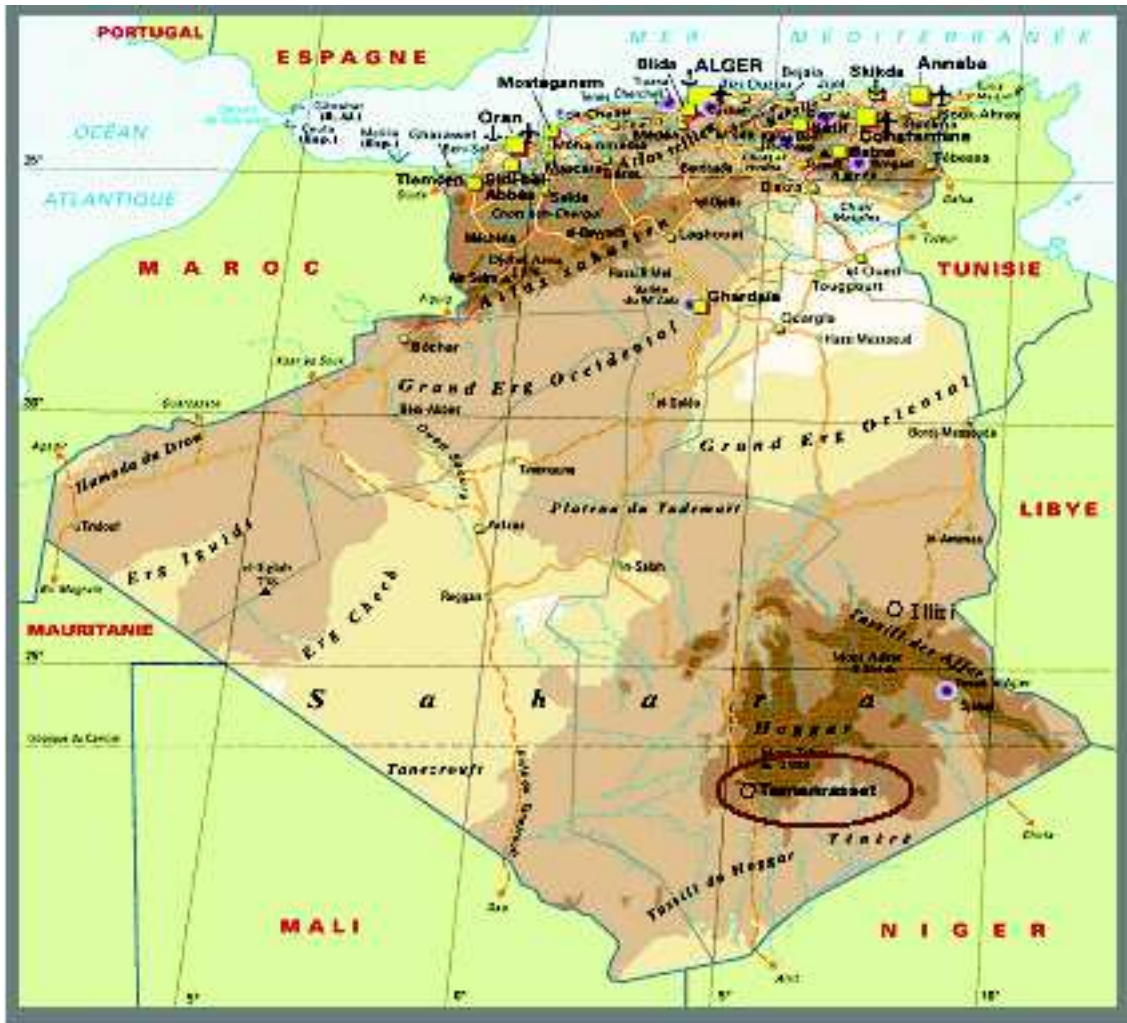


Figure 1. Situation géographique de Tamanrasset

(ENCARTA, 2006)

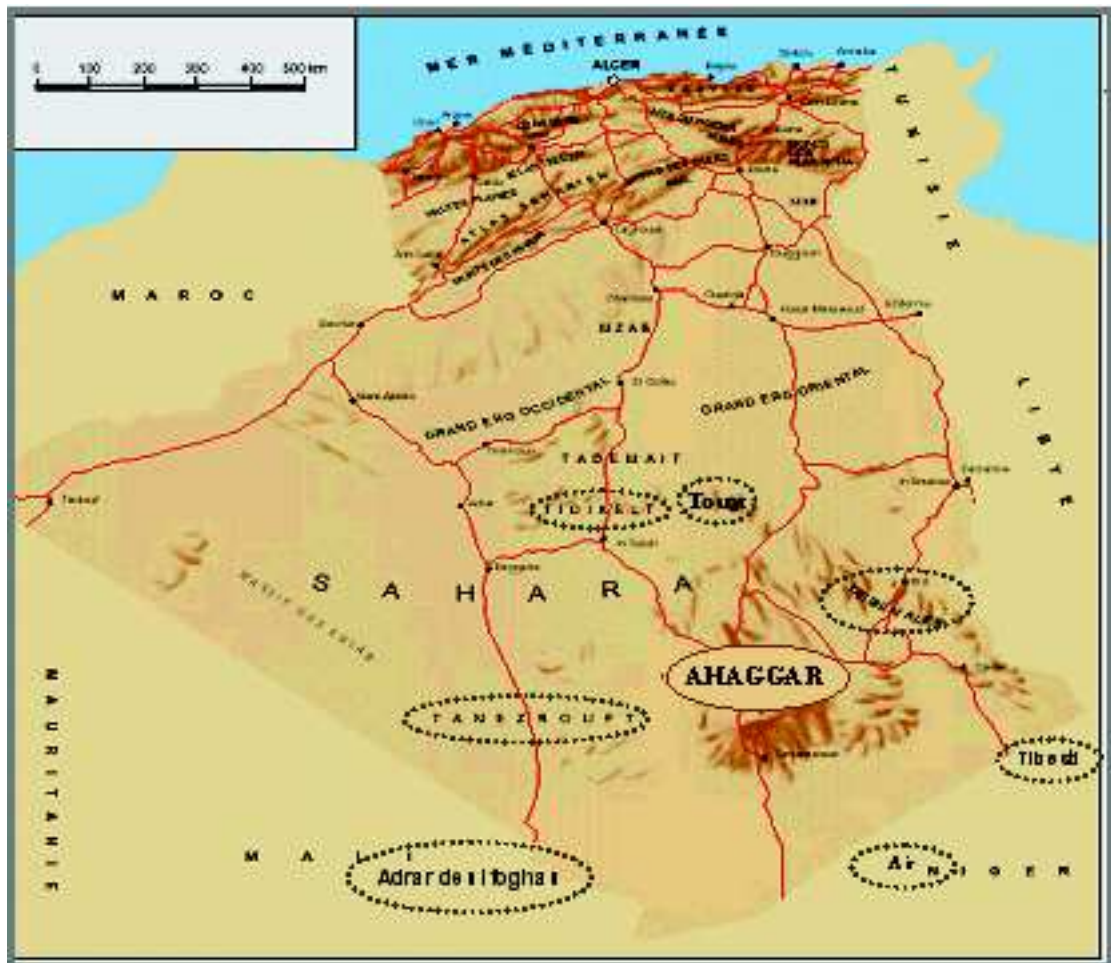


Figure 2. Délimitation et situation géographique du parc national de l'Ahaggar

Échelle: 1/ 16.700.000

(ENCARTA, 2006 modifié)

Le maximum de pluviosité est généralement enregistré pendant les mois chauds, c'est-à-dire en été, dans l'Ahaggar central. De façon générale le climat sera différent selon les deux principales régions géographiques de l'Ahaggar, le Tadmait-Tidikelt au Nord ainsi que l'Ahaggar et ses pourtours tassiliens (Hamdine, 2001 et Wacher et *al.*, 2005).

Concernant les précipitations, nous pouvons dire selon (O.N.M., 2006) que durant toute l'année et pendant quelques jours on relève une moyenne de 4,38 mm pour les dix dernières années. Les pluies sont d'origine atlantique et parfois méditerranéenne. Cette insuffisance est sans effet sur la région qui s'alimente à partir des nappes phréatiques et albiennes situées à fleur de terre.

Quant aux températures, il est à noter que la région de Tamanrasset se caractérise par un climat aride avec des étés très chauds et des hivers assez doux. Les écarts de températures sont très importants.

Le vent joue un rôle considérable en provoquant une érosion intense et de ce fait la formation de dunes; sa vitesse peut atteindre 100 km/h en déclenchant de véritables vents de sables dont la vitesse moyenne ne dépasse guère 4,2 m/s pour l'année 2005 (O.N.M., 2006).

Il est à noter que les phénomènes acridiens sont étroitement liés aux conditions climatiques de la zone d'habitat ou de transit. La température et l'humidité en sont les facteurs climatiques les plus importants (Ould El Hadj, 2004)

Les tableaux 1 et 2 reprennent quelques données pluviométriques ainsi que les températures minimales, maximales et moyennes de la région de Tamanrasset s'étalant sur dix ans, ces données sont relevées par les stations professionnelles du *département météorologique* régional sud de Tamanrasset.

Tableau 1. Relevés des précipitations moyennes mensuelles et annuelles en mm de la région Tamanrasset pendant les 10 dernières années (1995-2005).

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

(O.N.M., 2006)

Le tableau ci-dessus, nous renseigne que la pluviosité est en moyenne faible et très irrégulière. En effet les mois les plus arrosés sont mai-juin et août-septembre et octobre comparés aux autres mois de l'année.

(O.N.M., 2006)

Pour la décennie 1995-2005, les températures enregistrées montrent que la moyenne des maxima ne dépasse pas 28,6°C, avec un minima moyen de 14,9°C.

1.3.1.1. Synthèse climatique

1.3.1.1.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

Gausсен et Bagnouls (1953) cités par Dajoz (1985) notent que le diagramme ombrothermique est une représentation graphique montrant les périodes sèches et humides de la région étudiée. Dreux (1980) ajoute qu'il s'agit de porter en abscisses les mois de l'année et en ordonnées les précipitations et les températures avec une échelle double des premières.

Cependant, Dajoz (1985) note que le botaniste Gausсен considère le climat d'un mois comme sec, si les précipitations P (mm) sont inférieures au double de la température moyenne T (°Celsius). De ce fait, on aura $P < 2T$ (Mutin, 1977).

D'après les données climatiques des tableaux 1 et 2 portant les moyennes des pluviométries et des températures de la région de Tamanrasset durant la dernière décennie, nous avons tracé le diagramme ombrothermique de Gausсен pour cette région (**Fig. 3**).

1.3.1.1.2. Climagramme d'Emberger et étages bioclimatiques

EMBERGER a défini un quotient pluviométrique qui permet de faire la distinction entre les différentes nuances du climat méditerranéen (Mutin, 1977).

Ramade (1984) mentionne que ce quotient est établi initialement pour les régions méditerranéennes. Il permet ainsi de situer la région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond (Dajoz, 1971).

D'après Stewart (1969) le quotient pluviométrique d'Emberger a pour expression :

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

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger.

P : Somme des précipitations annuelles exprimées en mm.

M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud exprimées en °C.

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

3,43 : Coefficient de Stewart établi pour l'Algérie

D'après les données climatiques représentées par les tableaux cités auparavant, nous avons calculé le quotient pluviométrique de la région de Tamanrasset qui est égal à **5,99**.

En reportant cette valeur ainsi que celle de la température du mois le plus froid **m=5,1°C** sur le climagramme d'Emberger, il en ressort que notre région d'étude se situe dans l'étage bioclimatique **saharien à hiver doux (Fig. 4)**.

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

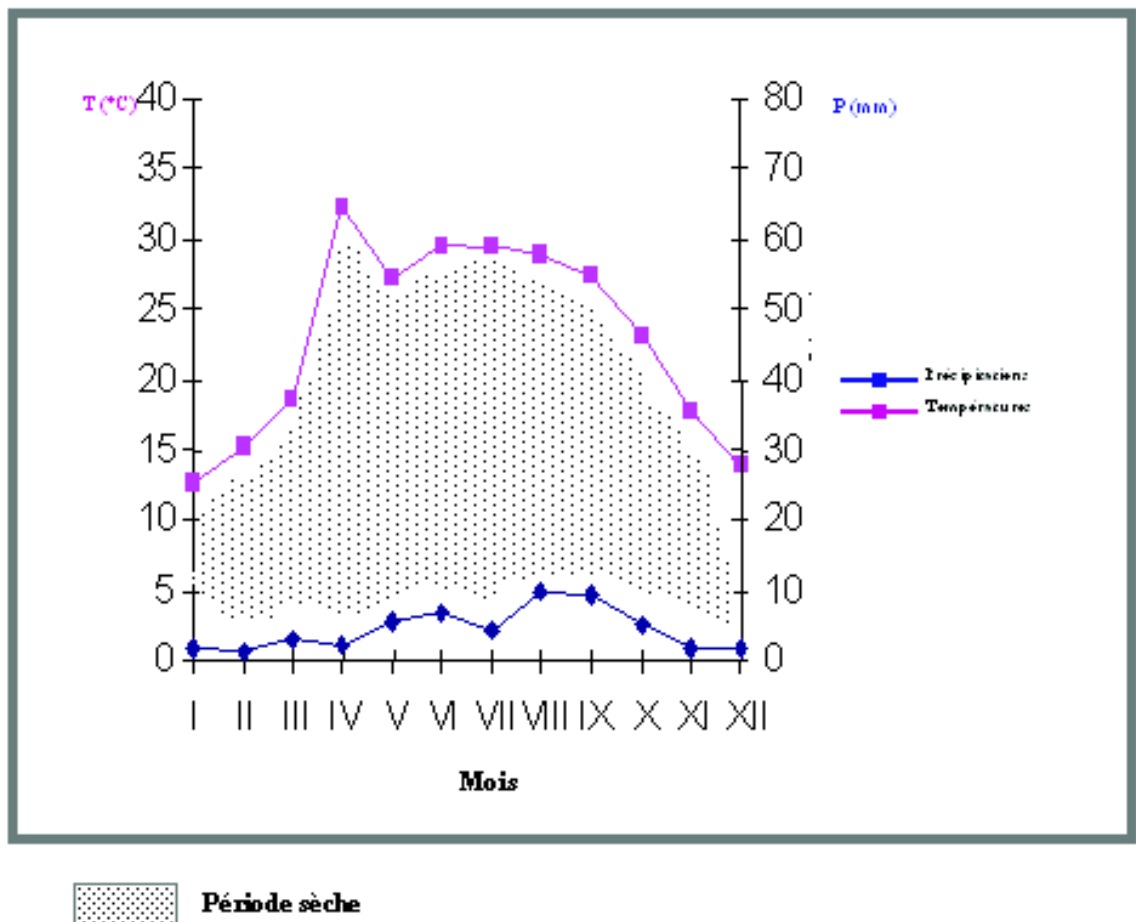


Figure 3. Diagramme ombrothermique de Gaussen pour la région de Tamanrasset (1995 – 2005)

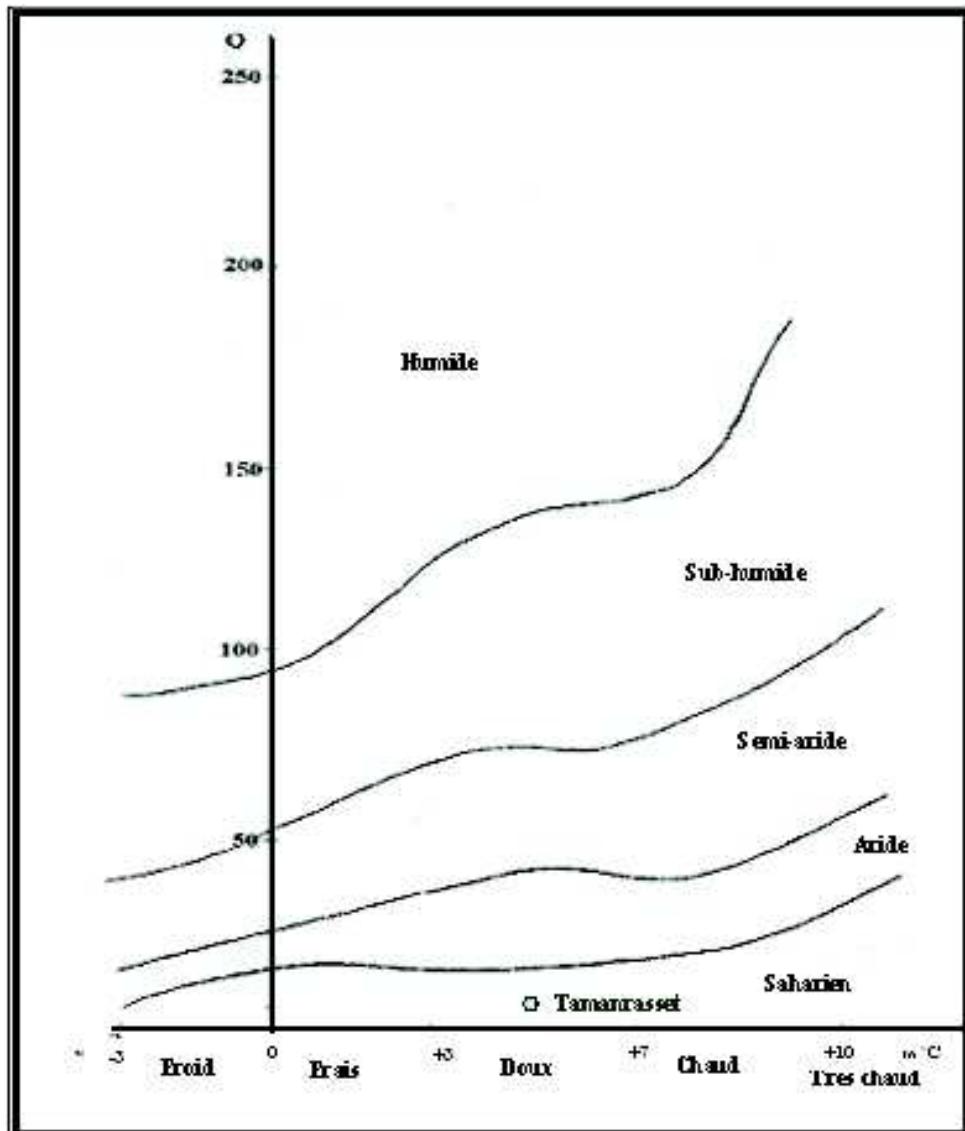


Figure 4. Climagramme d'Emberger de la région de Tamanrasset

1.3.1.1.3. Indice d'Aridité

Selon Larousse (1984) l'aridité est l'état de ce qui est privé d'humidité, climat caractérisé par une insuffisance de précipitations. Pour l'office mondial de la météorologie, l'aridité est le trait d'un climat tel que « les précipitations sont insuffisantes pour maintenir la végétation » (Emberger, 1932 cité par Ould El Hadj, 2004). Selon Dajoz (1983) cet indice est créé pour comprendre la répartition de la végétation.

Cet indice nous permet de faire la distinction entre les régions hyper-arides ($I < 5$), celles qui sont arides ($5 < I < 10$) et celles qui sont semi-arides ($10 < I < 20$). (Martonne, 1942 cité par Ould El Hadj, 2004). Le coefficient de Martonne donne la formule suivante :

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

I est l'indice d'aridité

P est la pluviosité annuelle exprimée en mm

T est la température moyenne annuelle exprimée en °C

Les données climatiques représentées par les tableaux cités auparavant nous permettent de constater que l'indice d'aridité est égal à 1,63 pour la période de (1995-2005).

1.3.2. Géologie, topographie et relief

Le continent africain a subi plusieurs transformations au cours de son histoire, le socle est composé de terrains cristallins : granit, gneiss, micaschistes, quartzites,...etc. Les montagnes précambriennes ont subi une érosion partielle. Les mers primaires ont recouvert la quasi-totalité du Sahara y déposant plus d'un millier de mètres de sédiment.

La mer se retire au cours du Carbonifère et un nouveau relief est né. Ce dernier est érodé pendant la première partie du temps secondaire et même partiellement enfoui sous les dépôts continentaux du crétacé inférieur. La mer revient au milieu du céacé, traverse le Sahara transformant l'Ahaggar en île et se retire définitivement au cours de la première partie du Tertiaire, c'est à partir de ce matériel que les agents atmosphériques ont sculpté les paysages du Sahara actuel (D.P.A.T., 1994).

D'après Hamdine (2001) la nature géologique du parc national de l'Ahaggar est fort complexe et réuni plusieurs millions d'années d'histoire mouvementée. Deux traits essentiels donnent sa particularité, un socle précambrien vieux de plus de 600 millions d'années et une couverture qui s'est déposée à partir du Paléozoïque.

L'Ahaggar est constitué plus précisément de granit et de schistes cristallins du vieux socle, auxquels s'est surimposé un relief volcanique récent, responsable des paysages typiques de l'Atakor vers le sud, l'Ahaggar est prolongé par les massifs cristallins de l'Adrar N'Ifoghas (D.P.A.T., 1994).

Outre les massifs volcaniques du centre et les Tassilis environnants, l'Ahaggar comprend trois grands ensemble de bassins et de sous bassins versants qui sont le bassin versant du Mekergane, le bassin versant du Tanezrouft et le bassin versant du Tchad. Le grand bassin versant du Mekergane comprend, en ce qui concerne le parc national de l'Ahaggar, le bassin versant septentrional de l'Ahnet où l'on trouve Assouf Mellene, le bassin versant occidental du Mouydir (appelé aussi bassin du Botha), et le bassin versant méridional du Tadmifit. Le bassin versant du Tanezrouft comprend le bassin versant sud de l'Ahnet et du Mouydir dans l'Assedjrad, le bassin versant sud-ouest de l'Ahaggar avec les oueds Tamanrasset et Tekouiat et le bassin septentrional de l'Adrar des Ifôras (Chaib, 2005 et Wachter et al., 2005).

Le bassin du Tchad comprend en ce qui concerne l'Algérie le bassin du Tchad actuel où l'on trouve l'oued Tafassasset (44 000 km²) et l'oued Djanet (1380 km²). C'est dans ces bassins versants que l'on trouve les grandes surfaces de parcours où les nomades Imohar conduisent leurs troupeaux d'animaux domestiques.

Selon la D.P.A.T. (1994) et Hamdine (2001) on peut distinguer plusieurs différents systèmes

montagneux dans la région de l'Ahaggar à savoir :

- **L'Atakor** : noyau central du système montagneux de l'Ahaggar, à une altitude de 200 m,

culminant à 3003 m avec le mont Tahat.

- **L'Anahef**, situé à l'Est de l'Atakor, il est formé d'une série de collines orientées Nord-Nord-Ouest à Sud-Sud-Est débouchant au Nord sur la cuvette de Serouamont et au Sud sur le Ténéré.
- **La Tafedest**, au nord avec une altitude maximale de 2400 m apparaissant comme un fragment de planète enfoncé dans la croûte terrestre.
- **Les monts du Moydir** : c'est le prolongement vers l'ouest du Tassili N'Ajjer, Il culmine avec l'Iftissene à 1680m.

1.3.3. Réseau hydrographique

L'eau est le facteur écologique limitant par excellence dans l'Ahaggar. Sa rareté associée aux fortes températures et aux vents chauds et secs continuels se traduit par des conditions de vie difficiles aussi bien pour la faune sauvage que pour l'homme et son bétail. (D.P.A.T., 1994 et Wachter *et al.*, 2005)

L'Ahaggar est de fait situé dans le plus grand des déserts et le plus extrême, le Sahara. Mais contrairement aux autres régions de ce Sahara, l'Ahaggar bénéficie d'un régime de pluies quelque peu favorable faisant que l'eau est une ressource, certes limitée, mais disponible en différents endroits (Hamdine, 2001 et Abdessalam, 2005).

1.3.3.1. Les réserves en eau

Selon Hamdine (2001) les ressources hydriques de la wilaya de Tamanrasset sont contenues dans les formations du Sahara central, avec les grès du Continental intercalaire (nappe Albienne) localisé au nord dans le Tadmaït-Tidikelt (avec 253 hm³) et à l'ouest dans le Tanezrouft, et avec le complexe terminal constitué de dépôts marins et lagunaires du Crétacé supérieur et l'Eocène dans la partie la plus au nord de la wilaya.

Cependant, la nature cristalline et cristalloyenne de l'Ahaggar ne permet pas l'existence de nappes phréatiques, l'eau est alors puisée dans les nappes d'inféoflux alimentées exclusivement par les crues, comme à Tamanrasset, Abalessa et Ideles, et dans les couches d'altération du socle ancien (granite, gneiss, schistes) captées par des forages peu profonds (dans l'Ahaggar central on estime à 5 hm³ les quantités d'eau dans l'inféoflux).

1.3.3.2. Les Oueds

Les oueds, appelés en tamahâq « **Tedjeret, Tarzit** », sont le plus souvent à sec. Il s'agit en fait beaucoup plus de canaux de drainage des eaux de pluies superficielles. Les dimensions en longueur et en largeur des lits d'oueds sont très variables, on observe souvent dans les grands oueds des largeurs dépassant plusieurs centaines de mètres. Les oueds présentent des débits importants quelques heures seulement après la chute des pluies, ce qui se traduit par des crues importantes. Bien qu'elles ne durent que quelques jours, voire quelques heures seulement, ces crues sont dévastatrices et emportent tout sur leur passage (Hamdine, 2001).

L'Ahaggar est drainé par un important réseau hydrographique formant un chevelu dense. Les écoulements superficiels sont marqués par un réseau hydrographique fossile

très dense drainant des bassins et des sous-bassins. Il est pratiquement impossible de dénombrer tous les oueds avec leurs affluents primaires ou secondaires. On ne peut que citer quelques-uns parmi les plus importants, tels les oueds Tamanrasset, Sersouf, Tafessasset, Tin Tarabine, Enki, Igharghar et bien d'autres encore. Les oueds de l'Ahaggar prennent naissance dans les parties élevées du massif de l'Atakor, à l'exception du Tafassasset qui prend naissance dans l'erg Tihodaïne. Ce dernier (Tafassasset), alimenté jadis par de nombreuses sources, était le plus grand fleuve du Sahara central.

Il coulait du nord au sud-est et après un trajet de 15 km se jetait dans la cuvette du lac Tchad. Avec l'Igharghar long de 13 km, qui prenait naissance dans l'Atakor pour terminer sa course dans le chott Melghir (lac salé d'Algérie, au sud du massif de l'Aurès, à la limite du Sahara), ils sont les témoins fossiles de l'impressionnant réseau d'eau du Sahara fertile des temps anciens (D.P.A.T, 1994 et Hamdine, 2001).

Wacher et *al.* (2005) ajoutent que Oued Tamanrasset est le plus important et le plus connu, il prend sa source dans l'Assekrem à 2778 m et se perd au Nord de l'Adrar N'Foghas en un vaste bassin d'épandage. Au Nord les vallées de l'Assedjered, d'Amgid et de l'Amador représentent les aires de stockage des grands Oueds de la région tels que :

Oued taret	Oued Outoul
Oued Tissendjanet	Oued Sersouf
Oued Igharghar	Oued Azrou
Oued Tifernine	Oued Amded
Oued Tirhahar	Oued Tin Amzi
Oued Tin-Atine	Oued Tin Tarabine
Oued Tin Hidane	Oued Amador

1.3.3.3. Les retenues d'eau

En dehors des périodes de crues, l'Ahaggar abrite un complexe de retenues d'eau appelées «Aguelman ou Gueltas». L'eau est retenue dans des «marmites de géants» creusées dans la roche. On peut citer parmi les plus importantes: Issakarassene, Imeleaoulaoune, Affilale, Tamekrest, Timesserouadjene et In Ziza (Hamdine, 2001). Notons que les gueltas les plus importantes, se trouvent dans le massif de l'Atakor, qui reçoit les quantités de pluies les plus importantes de la région. De nombreuses autres retenues permanentes, et d'autres plus ou moins éphémères se retrouvent éparpillées dans toute la région (Hamdine, 2001 et Wacher et *al.*, 2005).

1.3.4. Régions naturelles de l'Ahaggar

Selon les particularités géomorphologiques, on peut distinguer 12 régions naturelles pour l'Ahaggar central à savoir Adjerar, Afedafeda, Amadghor, Aghechoum, Edjieré, Atakor, Ouan Serkout, Tahalgha, Tazoulet-Aghefssa, Tefedest et Torha)(Annexe 1) (Hamdine, 2001).

1.3.5. Faune et flore

1.3.5.1. La richesse faunistique

Hamdine (2001) note que trente six espèces de Mammifères terrestres et volants sauvages ont été recensés dans les régions de l'Ahaggar et du Tassili. Ce décompte correspond

aux espèces rencontrées actuellement et celles ayant disparues au cours des dernières décennies. Ces espèces représentent 8 ordres, 18 familles et 29 genres, cette diversité faunistique reste notable pour la région du Sahara central (**Annexe 2**).

Concernant les espèces aviaires, la région de l'Ahaggar recèle un nombre important de ces dernières qui sont sédentaires, cantonnés dans différents biotopes tels que : lits d'oueds ; falaises, régions désertiques et semi - désertiques. Ils sont présents le plus souvent autour des points d'eau et des gueltas. A cette avifaune sédentaire s'ajoute des milliers d'oiseaux migrateurs qui viennent passer l'hiver dans un climat plus clément. La présence de lits d'oueds et de gueltas permanentes dans l'Ahaggar, attirent et canalisent la majorité de ces migrateurs. Ces précieux points d'eau constituent leur première escale après un long voyage. Certaines espèces y nichent telles que les hirondelles. D'autres par contre et c'est le cas du plus grand nombre, ne font que passer, telles les hérons, les grues, les canards. On peut citer quelques oiseaux rencontrés dans le Hoggar, il s'agit de : traquet à tête blanche (*Oenanthe leucopyga*) oiseau porte-bonheur de l'Ahaggar, le traquet du désert (*Oenanthe deserti*), l'Autruche (*Struthio camelus*) qui est très menacée, l'Aigle ravisseur (*Aquila rapa*) ; ce rapace est très peu connu sur l'ensemble du territoire algérien, la Grue cendrée (*Grus grus*) grand échassier observé dans l'Ahaggar lors des migrations automnales et printanières (**Annexe 2**) (Hamdine, 2001 et Wachter et al., 2005).

Hamdine (2001) note la présence de certains reptiles endémiques au Sahara, c'est le cas des Agamidaetels. La présence notable d'un Gekkonidae en l'occurrence, *Ptyodaclus hasselquisti* a été remarquée dans l'ensemble des milieux parcourus. En ce qui concerne les serpents, la présence de la vipère à corne *Cerastes cerastes* a été largement observée, de même que la couleuvre à collier du Sahara. Parmi les batraciens, seule une représentante de la famille des Ranidae a pu être rencontrée, il s'agit de la Grenouille verte (*Rana radibundia*) et d'un crapaud vert (*Bufo viridis*) (**Annexe 2**).

Quant aux arthropodes, ils sont représentés par la classe des Arachnides à savoir les acariens, les scorpionides et les araneides et celle des insectes par plusieurs ordres à savoir les Odonatoptères, les Mantoptères, les Orthoptères, les Hétéroptères, les Coléoptères, les Hyménoptères et les Diptères (Dupré, 2004). Kara et al. (2001) notent qu'à Tamanrasset, en plus de la sauterelle pèlerine *S. gregaria* et de deux espèces spécifiques *Sphodromerus cruentatus* (Calliptaminae) et *Poekilocerus hyeroglyphus* (Acrididae), ils ont noté aussi la présence de 7 autres caelifères (**Annexe 2**).

1.3.5.2. La richesse floristique

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

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

rencontre des plantes spécifiques à ces zones mais aussi des interpénétrations d'autres végétaux.

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

Une végétation des basses et moyennes altitudes (600 à 1400 m) inféodée aux lit d'oueds,

aux zones d'épandage large ainsi que près des points d'eau. C'est le domaine des acacias, des tamaris et des palmiers du désert.

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

Une végétation de hautes montagnes (2500 à 3000 m), occupant les plateaux basaltiques

rocaillieux, les éboulis et les bas versants des montagnes. Elle se compose notamment de l'armoise blanche, la germandrée tomenteuse, l'éphédra, la clématite, le chou, etc. (Hamdine (2001) ; Sahki et Sahki, 2004 et Wachter et *al.*, 2005).

Chapitre 2 : Le péril acridien

2.1. Généralités sur le criquet pèlerin

2.1.1. Dégâts et importance économique

Les criquets constituent souvent en régions chaudes la biomasse la plus importante de l'entomofaune des cultures, des friches, des jachères ainsi que des pâturages. On trouve couramment 10 à 15 espèces dans chaque type de biotope (Launois-Luong et Lecoq, 1989). Certaines années, l'explosion démographique de quelques unes d'entre elles révèle leur caractère ravageur. Les pertes sont pour l'essentiel dues au prélèvement direct sur tous les organes aériens des plantes cultivées, ce qui réduit la photosynthèse, diminue l'espérance de récolte, quand ce ne sont pas les plants qui sont entièrement détruits. Les dégâts réels sont difficiles à évaluer quantitativement mais il est sûr qu'un agriculteur qui a connu une invasion acridienne s'en souvient toute sa vie.

Certains acridiens se nourrissent de plantes cultivées par l'homme ; ils privent ces derniers d'une partie des récoltes escomptées. À ce titre, ils sont considérés comme ravageurs car ils ont une importance économique mesurable.

De très nombreuses plantes, ligneuses ou herbacées, sont susceptibles d'être attaquées. Les céréales occupent cependant la première place: le mil, le maïs, le sorgho, le riz, sont particulièrement vulnérables. Le coton et l'arachide sont peu endommagés mais des exceptions existent lorsque les acridiens sont affamés ou pour quelques espèces à très large spectre alimentaire. (On a même vu *Schistocerca gregaria* consommer la laine sur le dos des moutons (Launois-Luong et al., 1988).

Les mêmes auteurs notent que les dégâtssurlespâturages sont moins spectaculaires mais suffisants pour déclencher une compétition alimentaire entre les acridiens et le bétail. Lorsque l'équilibre écologique est précaire, les prélèvements effectués par les troupeaux trop nombreux sont à peine compensés par le renouvellement spontané de la strate herbacée. Cependant, la moindre charge supplémentaire peut alors révéler un surpâturage latent et conduire à la dégradation de la végétation et des sols.

Lecoq et al., (2003) mentionnent que les dégâts infligés par les acridiens aux cultures et aux pâturages sont de diverses natures :

- **Prélèvement** alimentaire sur les feuilles, les fleurs, les fruits, les semences, les jeunes écorces, les repousses et les plantules,
- **Blessures** des plantes consécutives aux morsures. Elles ont deux conséquences :
Ouvrir une voie d'infection aux parasites et aux maladies végétales, Créer une lésion (section des vaisseaux appauvrissant la plante en sève) entraînant une destruction des tissus 5 à 10 fois plus importante que la prise de nourriture elle-même.
- **Rupture** des branches sous le poids des ailés posés en grand nombre,
- **Souillure** des surfaces foliaires par les déjections déposées. La photosynthèse en est perturbée.

Sur l'ensemble de l'Afrique du Nord et du Nord-Ouest, les dégâts occasionnés par une invasion du Criquet pèlerin peuvent avoir une extension considérable. L'ensemble des systèmes de production agricole (au sens large) est menacé. On ne peut prédire ni le nombre ni l'étendue des invasions en l'absence de mesures de lutte, Mais le risque existe, réel, attesté par des siècles d'expérience. Lorsqu'une invasion se développe toutes les formations végétales peuvent en subir l'atteinte. Celle-ci concernera aussi bien des cultures annuelles pluviales (après une reproduction estivale en zone sahélienne, après une reproduction printanière en Afrique du Nord). Les cultures pérennes (arboriculture) et les cultures irriguées y sont encore plus sensibles dans la mesure où elles sont exposées tout au long de l'année. Les zones pastorales subissent également des destructions importantes affectant à la fois la production totale de biomasse et son appétibilité pour le bétail.

Toutefois, les dégâts réels sont difficiles à quantifier ; ils dépendent aussi du pouvoir de récupération de l'espèce végétale. Ce dernier est en relation avec l'état physiologique et phénologique de la plante au moment de l'attaque (Lecoq et al., 2003). Quelques chiffres montrent l'ampleur des prélèvements alimentaires :

- Chaque acridien consomme de 30 à 70 % de son poids d'aliments frais chaque jour. En phase grégaire, cette proportion peut atteindre 100 % ;
- Un kilomètre carré d'essaim dense renferme plus de 50 millions d'individus ;
- Chaque ailé pèse 2 grammes en moyenne. Une telle population consomme 100 tonnes de matière végétale fraîche par jour.

La maîtrise de l'effectif du criquet pèlerin dans ses aires d'invasion occupe une place importante dans l'agenda des équipes de lutte phytosanitaire en activité au Sahel. Malgré d'énormes efforts consentis par toutes les parties prenantes à la lutte anti-acridienne en Afrique, cet acridien persiste et sévit. Il tend à drainer vers lui une partie substantielle des attentions et énergies disponibles à la protection des végétaux en général. Cette attitude se justifie par une extension tous azimuts des infestations dans la quasi totalité des aires arides d'Afrique, et par l'importance des dégâts susceptibles d'être causés par ce déprédateur sur la végétation dans un environnement déjà accablé de sécheresse (Zafack, 2004). *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) peut être présent soit en phase solitaire pendant la période de récession au cours de laquelle l'espèce est peu abondante, commet moins de dégâts et d'une faible importance économique, soit en phase grégaire, c'est la période d'invasion.

C'est le plus grégariapte des locustes, car pour cette espèce le passage de la phase solitaire inoffensive à la phase grégaire nuisible et envahissante se fait plus facilement, en passant par une étape intermédiaire appelée étape transiens. Cette acquisition de l'instinct grégaire conduit aux changements physiques et biologiques, à l'extension du milieu écologique, à la formation des bandes de larves et des essaims d'ailés qui volent de jour, alors que les espèces solitaires volent de nuit.

Martini et al. (1998) notent qu'un essaim de 10 km² compte environ 50.000.000 millions d'individus par km et détruit environ 500 à 1000 tonnes de matière verte par jour, ce qui entraîne une perte de récolte irrémédiable sur une ou plusieurs années. En un an un tel essaim de taille et de densité modeste pour le Criquet pèlerin - consomme l'équivalent de la biomasse de 1000 hectares.

Il ajoute que pour la seule année 1988, au cours d'une recrudescence majeure, 14 millions d'hectares ont été traités et le coût global des traitements a été évalué à plus de 100 millions de dollars. En 11 années (1985-1995), la lutte contre le Criquet pèlerin a coûté 250 millions de dollars, soit 23 millions de dollars par an en moyenne, et alors que cette

période n'a comporté que 4 années de recrudescence (1987-1988, 1993-1994) et aucune année véritable de pleine invasion.

Benhalima (2006) mentionne que durant la période de 1986 – 1989, 16 millions d'hectares ont été traités ce qui a coûté presque 700 millions \$ EU. Alors que pour la dernière invasion de 2003 – 2005 le traitement a visé 13 millions d'hectares soit un coût de 300 millions \$ EU.

2.1.2. Grégarisation, polymorphisme phasaire et mécanismes de transformation

Les locustes diffèrent des sautériaux car ils ont la capacité de changer de comportement, de physiologie et de morphologie, en particulier de couleur et de forme, en réponse à des changements de densité. La grégarisation chez les acridiens, consiste essentiellement en l'acquisition par des individus de la phase solitaire de l'instinct grégaire (psychisme grégaire ou grégarisation), dont la manifestation élémentaire superficielle est celle d'une interaction (Rabaud, 1937 cité par Bredo et Pasquier, 1967).

Cependant, il existe deux phases différentes chez les locustes: la phase solitaire et la phase grégaire. Quand les densités acridiennes sont faibles, les individus sont solitaires. Quand les effectifs acridiens augmentent, des groupes denses se forment et les criquets deviennent grégaires. Le principal facteur déclenchant ce passage d'une phase à l'autre est la densité (Duranton et Lecoq, 1990).

En effet, quand la densité est faible, les criquets pèlerins se comportent en tant qu'individus (phase solitaire); quand elle est élevée, ils se comportent en tant que masse unique (phase grégaire). Symmons et Cressman (2001) notent que les seuils précis auxquels ces changements se produisent ne sont pas établis. Trois étapes se succèdent dans la transformation phasaire: concentration, multiplication et grégarisation (**Fig. 5**).

- **La concentration** : sur des superficies réduites offrant des conditions favorables au criquet pèlerin ; elle peut se réaliser, d'une part, à l'échelle synoptique grâce au regroupement d'imagos solitaires par les systèmes de vents et/ou, d'autre part, à la méso-échelle par réduction des surfaces habitables.
- **La multiplication** : permet une augmentation des effectifs, si des conditions écologiques optimales se maintiennent.
- **La grégarisation** : si la densité critique est atteinte et maintenue au moins le temps d'une génération ; en réalité, le passage de la phase solitaire-type à la phase grégaire-type nécessitera le maintien de conditions favorables pendant au moins 4 générations successives.

La transition de la phase solitaire à la phase grégaire, et vice versa, constitue une phase transitoire et on parle alors de criquets transiens. Si la densité acridienne augmente, on parle de transiens congregans et, si elle diminue, de transiens dissocians (Symmons et Cressman, 2001).

2.1.3. Migrations et répartitions saisonnières

Comme les essaims volant de jour et les ailés solitaires volant de nuit se déplacent dans le sens du vent, les changements saisonniers des flux d'air amènent les criquets pèlerins dans des zones déterminées selon les saisons (**Fig. 6**). Par exemple, en début d'été, les criquets

pèlerins se déplacent vers le Sud, de l'Afrique du Nord-Ouest au Sahel d'Afrique de l'Ouest. Pendant l'automne, ils retournent vers le Nord mais les basses températures nocturnes limitent le déplacement des ailés solitaires volant de nuit par rapport aux essaims volant de jour (Duranton et Lecoq, 1990 ; Symmons et Cressman, 2001). Symmons et Cressman (2001) ajoutent que les déplacements dans le sens du vent ont tendance à amener les criquets pèlerins dans une zone donnée pendant la saison durant laquelle la pluie est la plus probable, par exemple dans le Sahel d'Afrique de l'Ouest et au Soudan en été et sur les côtes de la mer Rouge en hiver. Après les pluies, les criquets effectuent leur maturation et se reproduisent. Quand la nouvelle génération d'ailés est capable d'un vol soutenu, le régime saisonnier des vents peut avoir changé et les conditions de reproduction peuvent s'avérer médiocres. Les criquets migrent alors rapidement vers une autre zone, fréquemment sur de très grandes distances.

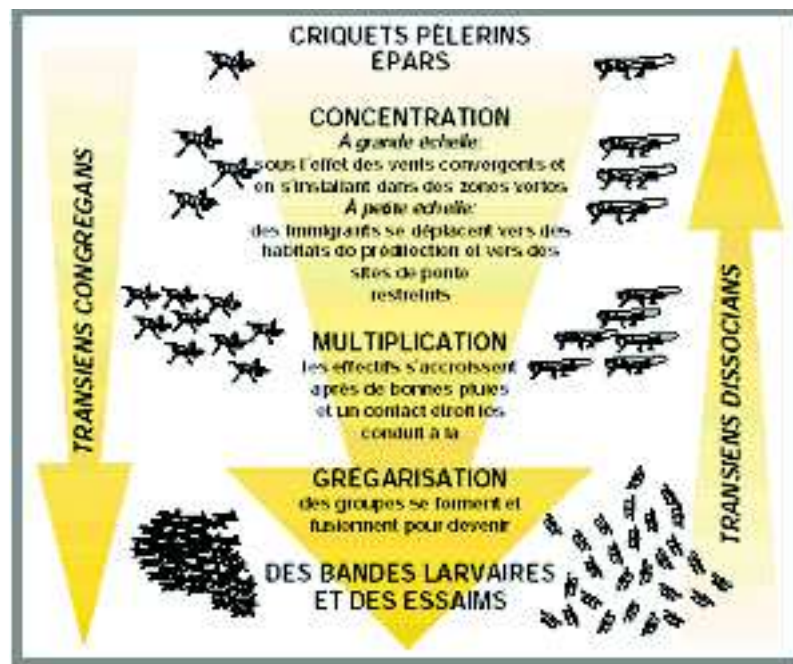


Figure 5. Les étapes de la transformation phasique

(Symmons et Cressman, 2001)



Figure 6. Zones de reproductions du criquet pèlerin en période de rémission

Au sein de la zone de rémission, les criquets pèlerins se déplacent avec les vents. Ceux-ci les amènent dans des zones déterminées au cours de l'été (Sahel et désert indo-pakistanaï) et au cours de l'hiver et du printemps (Afrique du Nord-Ouest, rives de la mer Rouge et Balouchistan).

(Symmons et Cressman, 2001)

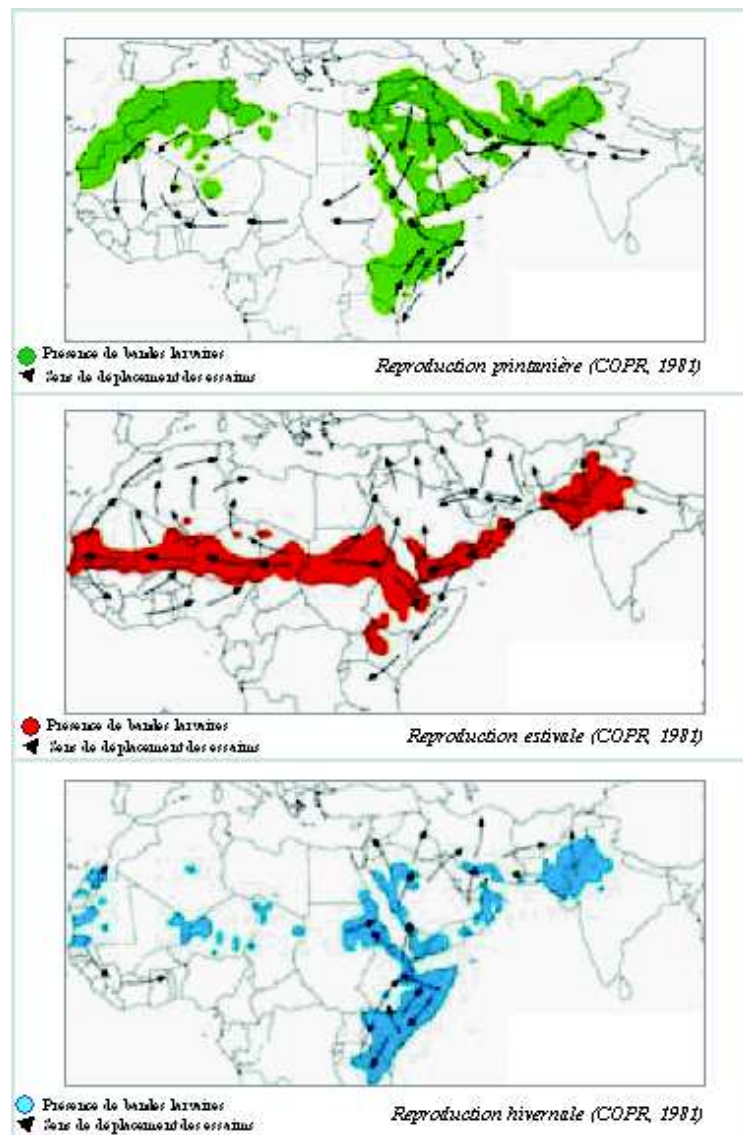


Figure 7. Les principales périodes de reproduction du criquet pèlerin en période d'invasion

COPR : Centre for Overseas Pest Research

(Duranton et Lecoq, 1990)

Duranton et Lecoq (1990) mentionnent qu'en cas d'invasion, trois périodes principales de reproduction peuvent être distinguées (**Fig. 7**). Elles sont classiquement désignées en fonction des principales saisons de l'hémisphère nord :

- Reproduction de printemps

Sur la plus grande partie de la zone la reproduction a lieu à la faveur de pluies associées au passage vers l'est de zones dépressionnaires. Cependant, en Afrique de l'Est et en Somalie, les pluies sont associées à l'avance vers le nord du front intertropical. Les bandes larvaires sont présentes essentiellement de mars à mai. Les essaims se forment entre fin avril et début juillet. À partir de mai, ils migrent et quittent l'aire de reproduction printanière suite au dessèchement de la végétation (Duranton et Lecoq, 1990).

· Reproduction d'été

Dans toutes les zones concernées, la reproduction a lieu entre fin juin et fin septembre grâce aux pluies de mousson liées au front inter-tropical. Les bandes larvaires sont observées essentiellement entre juillet et septembre. Les essaims apparaissent d'août à octobre et délaissent, entre septembre et novembre, la zone de reproduction estivale devenue trop sèche pour se déplacer vers les zones de reproduction d'hiver et de printemps. Pour la zone sahélienne, on peut parler également de reproduction de mousson (Symmons et Cressman, 2001 et Duranton et Lecoq, 1990).

· Reproduction d'hiver

Tous les essaims de la reproduction d'été n'atteignent pas les zones de reproduction printanière. Quelques uns font leur maturation sexuelle et se reproduisent en hiver si des pluies tardives surviennent dans l'aire de reproduction estivale ou s'ils rencontrent des pluies sur leur chemin vers les aires de reproduction de printemps. On trouve des bandes larvaires de cette reproduction d'octobre à février. De nouveaux essaims apparaissent entre fin décembre et début mars.

2.1.4. Rémissions, résurgences, recrudescences et invasion généralisées

Les invasions généralisées du criquet pèlerin se produisent suite à une série d'événements au cours desquels les effectifs acridiens se sont accrus. Cela commence par une période de rémission normalement calme, suivie par des résurgences localisées et des recrudescences à partir desquelles une invasion généralisée peut se développer et finalement se résorber, permettant un retour à une période de rémission.

En effet, selon Symmons et Cressman (2001) et F.A.O. (2004) dix invasions généralisées et dix recrudescences majeures, interrompues par des périodes de rémission et des résurgences localisées, ont eu lieu entre la période de 1860 – 2003. Ces dernières ont duré de quelques mois à plusieurs années.

2.1.4.1 Rémissions

En temps normal, le criquet pèlerin est présent à de faibles densités dans des zones semi-arides ou arides, loin des principales régions agricoles. Il ne provoque alors pas de dégâts significatifs aux cultures et les bandes larvaires et les essaims sont rares ou totalement absents. Ces périodes sont appelées rémissions. Quant à la zone au sein de laquelle ces populations sont confinées et se déplacent, elle est appelée aire de rémission. Elle couvre 16 millions de km² environ et inclut environ 30 pays.

2.1.4.2 Résurgences

La période de transition entre une rémission et une invasion généralisée est caractérisée par des résurgences et des recrudescences. Une résurgence se produit lorsque les effectifs acridiens augmentent pendant plusieurs mois suite à la concentration, la multiplication et la grégarisation. Bien qu'une résurgence soit souvent localisée et limitée à certains habitats, elle peut conduire à la formation de bandes et d'essaims si elle n'est pas maîtrisée (Cressman, 2001).

F.A.O. (2004) ajoute que durant les premières étapes d'une résurgence, la majeure partie de la population est souvent largement dispersée à des densités bien inférieures aux densités grégaires. De petites taches larvaires apparaissent et de petits essaims de faible densité se développent. Les essaims se dispersent souvent et se reforment. A ce stade, il se peut qu'une grande partie de la population ne se trouve pas encore dans des groupes au comportement grégaire.

2.1.4.3 Recrudescences

Les recrudescences sont le résultat de reproductions réussies sur plusieurs générations par une population initialement de petite taille. A chaque génération, la part de la population totale regroupée dans des bandes et des essaims augmente au détriment des individus épars; les effectifs totaux de criquets pèlerins ainsi que la taille et la cohésion des bandes et des essaims augmentent. Plusieurs résurgences se produisant simultanément suivies de deux générations ou plus de reproduction transiens à grégaire peuvent conduire à une recrudescence (Cressman, 2001 et Symmons et Cressman, 2001).

Lecoq (2003) note qu'une telle situation dépend d'une succession de pluies importantes et largement répandues dont les premières au moins tombent dans l'aire de rémission habituellement aride. Au fur et à mesure du développement de la recrudescence, des migrations ont lieu, amenant les ailés d'une zone de reproduction à la zone suivante.

2.1.4.4 Invasions généralisées

Une invasion acridienne est dite généralisée lorsque des pullulations et des grégarisations couvrent l'ensemble d'un pays ou plusieurs domaines écologiques continentaux. On trouve alors en tous lieux des acridiens en grand nombre provoquant des dégâts sévères sur les cultures, les pâturages et la végétation naturelle (Lecoq et al., 2003).

Le déclenchement d'une invasion généralisée ne se réalise pas au cours d'une seule année, à moins d'un enchaînement exceptionnel de circonstances. En général, des pullulations locales se produisent de manière éparsée. Elles sont suivies de grégarisation chez les locustes et les bandes larvaires, puis les essaims d'ailés qui en résultent, échappent en tout ou partie aux opérations de lutte.

Ces formations grégaires infestent alors des régions entières et, sous réserve de conditions écologiques favorables, donnent lieu à une descendance nombreuse avec un taux de multiplication de 5 à 20. La généralisation des pullulations porte donc sur plusieurs années.

La zone dans laquelle les invasions généralisées du criquet pèlerin ont lieu couvre environ 29 millions de km², ce qui est presque le double de la superficie de la zone de rémission, et peut englober 57 pays (Symmons et Cressman, 2001).

Généralement, les invasions généralisées s'affaiblissent suite à une combinaison de facteurs naturels et d'interventions humaines. Une des causes naturelles est la mauvaise répartition des pluies dans une zone où la reproduction est normalement couronnée de succès. Symmons et Cressman (2001) citent l'exemple de l'année 1955 où il n'y a pas eu de petite saison des pluies dans la Corne de l'Afrique, ce qui a entraîné la première interruption de présence des populations grégaires depuis 1950. Une autre cause est la migration vers des zones d'où soit les ailés soit leur descendance ne peuvent pas revenir. Un exemple spectaculaire est la migration transatlantique des essaims en octobre et novembre 1988 (F.A.O., 2004).

Cependant il existe trois raisons essentielles qui font que ce fléau acridien ne peut être enrayeré à son début, Duranton et Lecoq (1990) et F.A.O. (2004) mentionnent :

Les formes grégaires, étant plus résistantes, sont capables d'occuper des aires géographiques considérablement plus vastes,

La grégarisation s'entretient plus facilement d'elle-même qu'elle ne s'arrête. En d'autres termes, le maintien de l'état grégaire suppose des conditions d'environnement plus banales que le passage de la phase solitaire à la phase grégaire,

L'arrêt de l'invasion exige des conditions aussi exceptionnelles que le déclenchement. Ceci explique la durée des périodes d'invasion et de rémission complètes (4 invasions généralisées du criquet pèlerin en 50 ans).

Enfin, il ne faut pas oublier que le terme "invasion généralisée" n'est pas réservé aux locustes. On l'emploie aussi dans les cas de pullulations exceptionnelles de sauteriaux, espèces peu ou pas grégariaptés, car les pullulations peuvent en certaines circonstances concerner des régions très vastes : ce fut le cas par exemple de toute la zone sahélienne d'Afrique de l'Ouest en 1974 et 1975.

2.1.5. Biotopes du criquet pèlerin

Haskell (1982) a noté que les milieux de vie de *Schistocerca gregaria* varient selon que cette espèce soit à l'état grégaire ou à l'état solitaire.

Cependant, un biotope à criquet pèlerin peut dès lors être défini comme une unité territoriale écologiquement homogène susceptible d'offrir des conditions plus ou moins favorables au développement de populations de cet acridien, ce qui implique que les biotopes soient spatialement et temporellement délimités (Duranton et Lecoq, 1990).

Le criquet pèlerin est une espèce xérophile de régions désertiques, géo-phytophile, à régime alimentaire mixte. On le trouve dans les formations steppiques aux sols sableux ou sablo-argileux, à végétation constituée de quelques buissons, d'herbes pérennes ayant moins d'un mètre de hauteur et de plantes annuelles apparaissant après les pluies (Launois-Luong et Lecoq, 1989).

Il est à noter que les substrats géologiques et pédologiques, l'hydrologie, la topographie, sont autant de composantes qui déterminent la structure des paysages et permettent de délimiter les unités territoriales écologiquement homogènes. Pratiquement, les ruptures d'homogénéité de la structure et de la composition floristique du tapis végétal constituent des indications naturelles, faciles à appréhender sur le terrain, permettant de définir les limites spatiales des biotopes à criquet pèlerin.

Du point de vue limites spatiales et temporelles des biotopes du criquet pèlerin, les milieux peuvent se répartir en quatre catégories principales (**Fig. 8**), à savoir:

- **Les milieux hostiles** où il ne peut survivre, en Afrique occidentale, nous citons les milieux arides plus ou moins rocailleux et dépourvus de végétation (regs rocailleux, hamadas, massifs rocheux, etc...), les milieux hyper-halotrophes (sebkhas) et les milieux hyper-hygrotrophes (Oueds stagnants, mares, dépressions inondées). D'une manière générale, Duranton et Lecoq (1990) précisent que le criquet pèlerin en phase solitaire reste inféodé aux zones dont la pluviosité annuelle est inférieure à 200 mm. En phase grégaire, il se reproduit dans les zones où la pluviosité annuelle ne dépasse pas 500 à 600 mm.

- **Les biotopes de survie** où le criquet pèlerin peut subsister en attendant l'apparition de conditions meilleures. Il s'agit en fait essentiellement de biotopes extensifs où les apports hydriques sont limités aux pluies et où le ruissellement est plus ou moins important. À l'exclusion de quelques abords de sebkha (en zone saharienne), ce sont des regs de natures diverses et de physionomies variées (regs argileux, limoneux, graveleux, rocailleux...).



Biotope de survie Tamesna nigéro-malien

(Duranton et Lecoq, 1990)



Biotope de reproduction Tamesna nigérien

(Duranton et Lecoq, 1990)



Biotope de grégarisation (l'Ahir)

Figure 8. Les biotopes naturels du criquet pèlerin

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

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

sahariens comme certains abords de sebkhas, des dépressions ou quelques oueds particuliers petits ou moyens.

- **Les biotopes de grégarisation** qui offrent de bonnes (ou de très bonnes) conditions de reproduction susceptibles d'aboutir directement ou indirectement à des densités pouvant entraîner la transformation phasaire. En Afrique de l'ouest, tous les biotopes de grégarisation sont liés au réseau hydrographique et correspondent à des zones d'épandage d'oueds et à des cuvettes endoréiques où les apports en eau sont plus ou moins importants et les ressources hydriques bien supérieures à la seule pluviosité locale. Selon Germeaux (1997) au Niger, le biotope favorable à la grégarisation du criquet pèlerin est composé de végétation mixte à *Tribulus* sp. Et *Schouwia thebaica*. Le *Tribulus* sp., qui germe très rapidement dès les premières pluies, occupe l'espace le premier dès juillet, ce qui permet, dès août, une première reproduction des criquets. Si les conditions climatiques restent favorables, les *S. thebaica*, apparaissent plus tard et capables de continuer à pousser jusqu'en février, parfois même en mars, créent les conditions favorables à de nouvelles pontes et, donc, à l'apparition de nouvelles générations de criquets pèlerins.

2.2. Le criquet pèlerin en Algérie

2.2.1. Distribution du criquet pèlerin en Algérie

Au cours des rémissions, les populations du criquet pèlerin sont confinées dans la partie centrale, la plus aride de l'aire de distribution, couvrant environ 16 millions de Km² et les aires de reproductions sont quelque peu disjointes (Guendouz-Benrima, 2005).

Popov (1997) note que les différences dans la distribution des populations d'invasion et de rémission sont essentiellement dues aux différences dans leur comportement de vol et à la façon marquée dont les criquets solitaires qui ne sont pas dominés par l'impulsion grégaire, répondent aux conditions d'habitats. Ainsi, l'intense grégarité d'individus en essaims conduit fréquemment les essaims à survoler des habitats convenant à des populations non essaimantes, pendant que ces dernières, volant de nuit, sont ainsi soumises à de plus basses températures et de ce fait, ne parviennent pas à gagner les zones atteintes par les essaims. Il en résulte que l'aire d'invasion est presque double de celle de l'aire de rémission.

En période d'invasion, le criquet pèlerin envahit les zones méditerranéennes où il effectue au moins deux générations. Les reproductions, au nombre de deux, sont essentiellement observées en zone méditerranéenne jusqu'aux régions côtières. Celles qui sont signalées dans le Sahara sont erratiques. Le pic des larves est atteint au mois de mai (Popov 1997 et Guendouz-Benrima, 2005). Ces reproductions font courir des risques considérables à l'agriculture du pays.

En période de rémission, Popov (1997) a divisé la région du sud algérien en deux parties selon le 22^{ème} parallèle Nord, avec une reproduction intervenant le plus souvent en été au Sud de celui-ci et au printemps le plus souvent au Nord. Il s'agit là d'un des lieux de plus haute fréquence de reproduction durant cette période.

En effet, selon les données de la FAO-COPR citées par Guendouz-Benrima en 2005, les individus du criquet pèlerin à l'état solitaire (ou faiblement transiens) se répartissent

essentiellement dans la zone désertique. Deux reproduction sont possibles : une printanière au Sahara central et qui est plus abondante et une deuxième automnale au Sahara méridional. Cependant, les remontées de populations vers la zone septentrionale sont essentiellement dues à la présence d'individus transiens, considérés comme non grégaires par la FAO.

De ce fait, nous pouvons rajouter que l'Algérie est au cœur d'un ensemble de régions étroitement interdépendante des activités dans les pays voisins de l'Afrique occidentale d'où la nécessité d'une stratégie de surveillance et de lutte efficace.

Avant de passer à la partie qui concerne la lutte antiacridienne, il est important de citer un bref historique sur les activités du criquet pèlerin en Algérie.

2.2.2 Historique du problème acridien (Criquet pèlerin) en Algérie

Le problème du criquet pèlerin en Algérie est très ancien. A la fin du 19^{ème} siècle. K. d'Herculais dans ces travaux en parlait souvent. Les informations qui suivent sont établies dans le but de dresser un historique des manifestations du criquet pèlerin et les mesures prises pour les combattre.

L'historique du problème acridien en Algérie est fondé sur les travaux de recherches de Guendouz-Benrima (2005) effectués sur les travaux de K. d'Herculais (1905), Chara (1998), Roy (2001) ainsi que les informations données par Ben Halima, secrétaire général de la CLCPRO (FAO) ainsi que par Mr Moumen, ex-chef de département de la lutte anti-acridienne de l'INPV d'El-Harrach.

Tableau 3. Synthèse des travaux concernant les activités du criquet pèlerin et la lutte anti-acridienne en Algérie (Guendouz-Benrima, 2005).

Date	Evénements
En 125avant J.C	Invasion de Cyrénaïque et la Numidie. Les ravages ont entraîné mortalité des animaux sauvages, du bétail et des populations (K d'Herculais, 1905).
Début de l'ère chrétienne.	Invasion de la Cyrénaïque et de la Libye (K.d'Herculais, 1905)
971, 987, 1220, 1227,1279, après J.C	Invasion dans le Maghreb accompagnées souvent de disette (K d'Herculais, 1905).
1335	Invasion dans le nord de l'Afrique et dans l'île de chypre (K. d'Herculais, 1905).
XVII éme siècle	Invasion dans le nord de l'Afrique (K. d'Herculais 1905)
1663	Présence des sauterelles dans la Tunisie (K. d'Herculais, 1905)
1724 et 1725	Dévastation du Maroc et du sud de l'Algérie (K. d'herculais.1905).
1778, 1780,1798 et 1800	Invasion et dévastation du Maroc (K. d'Herculais, 1905)
1784	Invasion de l'Algérie (K. d'Herculais, 1905).
1813, 1814,1815	invasion du Maroc et d'Alger (K.d'Herculais, 1905).
1845	Arrivée des vols en janvier à Ouargla, 14et 16 mars sur les hauts de la provinces d'Oran, 6maià Biskra (K.d'Herculais, 1905).
1848	Invasion sur la province d'Oran et d'Alger (K.d'Herculais, 1905).
1864	Apparition des vols dans la province d'Alger (K. d'Herculais, 1905).
1866	Criquet pèlerin entre Metlili et Ghardaïa (Algérie) (K.d'Herculais, 1905).
1905	Parution du rapport de K d'Herculais sur les invasions acridiennes en algérie.
1908	Reprise d'une invasion du criquet pèlerin en Algérie.
1910-1914	Période d'invasion.
1915-1918	Activité de criquet pèlerin grégaire
1916	La collectivité internationale se préoccupe des graves problèmes poses par les acridiens dans le monde et prend l'initiative de convoquer une vaste conférence rassemblant tous les pays soumis aux ravages des insectes migrants Du fait de la guerre, cette réunion ne se tiendra qu'en 1921
22septembre1919	Une loi instituant des syndicats obligatoires pour la défense contre les sauterelles en Algérie est adoptée
1920	10juillet1920 : décret d'organisation des syndicats obligatoire pour la défense contre les sauterelles en Algérie. Réunion du comité permanent de l'institut international d'agriculture, basé à Rome. Recommandation pour l'échange d'informations entre les pays concernant les mouvements en masse d'insectes migrants. Les renseignements sont centralisés à l'institut international de Rome. 31Octobre 1920 : service de la défense des d'Algérie au terme de la convention relative à l'organisation de la lutte contre les sauterelles signée à Rome.
1921	Découverte du phénomène phasaire chez le criquet pèlerin par B.P Uvarov
1924	Publication : « le problème acridien et sa solution internationale »par P.Vayssière.
1925-1934	Période de grégarisation du criquet pèlerin
1929	Description du phénomène phasaire par B.P.uvavor
1931	1ère conférence internationale pour la protection contre les calamités naturelles (Rome, en Septembre) les acridologues français se sont manifestés dans le cadre du comité d'étude de la biologie des acridiens (CEBA) sous le patronage du professeur Pasquier (INA d'Alger)
1932	2ème conférence internationale pour la protection contre les Calamités naturelles (paris)(même objectifs que celle tenue en 1931).
1934	3ème conférence – Londres 1934 (mêmes objectifs que celle tenue en 1931)
1936	4ème conférence- Caire 1936 (même objectifs que celle tenue en 1931)
1938	5ème conférence -Bruxelles 1938 (mêmes objectifs que celle tenue en 1931)
1939-1947	Activité du criquet pèlerin grégaire
1943	Fin 1943 autorités françaises représentées par le comité français de l'Institution nationale d'Alger prenant l'initiative de la première Conférence internationale

2.3. Lutte antiacridienne

Les invasions du criquet pèlerin font de cet insecte un fléau aussi ancien que l'agriculture elle-même. Les premiers ravages de champs cultivés et de pâturages par des milliards d'individus de cette espèce, ont été consignés par l'Égypte des pharaons, impuissante face à cette catastrophe naturelle. Cependant, face aux essaims qui couvrent souvent plusieurs milliers d'hectares et qui ravagent l'Afrique de l'Ouest depuis le début de l'été, le moyen le plus efficace de les éradiquer est de les vaporiser de pesticides chimiques. C'est aussi la façon la moins onéreuse (Gough, 2004).

Lecoq (2003) note qu'en cas d'invasion du criquet pèlerin, malgré de nombreux progrès techniques et la perspective de voir peut-être prochainement apparaître des moyens biologiques de lutte, les opérations de lutte chimique à grande échelle demeurent encore le seul moyen fiable pour contrôler ce ravageur. Sans oublier que la toxicité des produits utilisés n'affecte pas exclusivement les criquets, mais aussi les humains, le bétail, ainsi que l'environnement. Aujourd'hui, il existe théoriquement différentes solutions aux infestations acridiennes. Plusieurs instituts de recherche ont étudié des options de « lutte biologique », visant à faciliter la reproduction de prédateurs -oiseaux ou parasites- hostiles au criquet pèlerin, « régulant » ainsi les populations en les diminuant. Des champignons qui agissent comme un parasite mortel pour le criquet ont également été développés (Gough, 2004).

Face à cette menace majeure pour la sécurité alimentaire et la stabilité sociale de nombreuses populations rurales et compte tenu des coûts élevés et des inconvénients de la lutte curative, la mise en place de dispositifs de prévention représente un élément important dans la stratégie de lutte contre la pauvreté de nombreux pays (en particulier au Sahel). Toutefois, les éléments-clés permettant de fonder une lutte préventive contre les recrudescences et les invasions du criquet pèlerin méritent d'être rappelés. Chez cette espèce, l'existence d'aires grégarigènes et la succession de périodes d'invasion et de rémission permettent d'envisager une lutte dans le but de prévenir les départs d'invasion. Une invasion, une fois déclenchée, est en effet très difficile à maîtriser, même avec des opérations intensives de lutte palliative qui, de plus et compte tenu des surfaces concernées, présentent des risques considérables pour l'environnement.

Cette prévention contre le criquet pèlerin comporte alors trois étapes essentielles :

- La surveillance des conditions écologiques dans les aires potentielles de reproduction et de grégarisation (données météorologiques, imagerie satellitaire) ; on admet généralement que toute pluie significative dans les aires grégarigènes est favorable au développement du criquet pèlerin et de la végétation lui fournissant alimentation et abri. Des périodes successives de pluies abondantes largement réparties au niveau des foyers de grégarisation sont favorables au développement d'une "recrudescence" pouvant elle-même conduire, si elle n'est pas contenue, au développement d'une invasion.

- L'organisation de prospections : il s'agit de détecter rapidement toutes les populations importantes présentes dans les zones grégarigènes ou en marge de celles-ci. La connaissance des biotopes acridiens des aires grégarigènes fait que la recherche des habitats favorables ne s'effectue pas au hasard, augmentant par là-même fortement la probabilité de rencontrer les populations dangereuses à éliminer. La plupart de ces aires sont en effet déjà bien connues, caractérisées et inventoriées. Le potentiel de chaque

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

2.3.1. La stratégie de lutte antiacridienne (Données FAO)

L'invasion généralisée du criquet pèlerin qui a duré de 1986 à 1989 et les recrudescences qui l'ont suivie dans les années 1990 démontrent que, dans de nombreux cas, la stratégie de lutte préventive existante ne fonctionnait pas bien pour de nombreuses raisons, à savoir l'inexpérience des équipes de prospection de terrain et des organisateurs de la campagne, une compréhension médiocre de la pulvérisation en ultra bas volume, des ressources insuffisantes ou inappropriées et l'inaccessibilité de certaines zones de reproduction importantes. En outre, des facteurs se sont combinés à une tendance générale à la détérioration des capacités de prospection et de lutte dans les pays de l'aire d'invasion du criquet pèlerin au cours des périodes de rémissions.

Cependant, trois principales questions méritent d'être posées :

2.3.1.1. En quoi consiste une campagne de lutte antiacridienne ?

Il est important de se rendre compte qu'une campagne bien organisée ne peut pas être entièrement planifiée à l'avance et ne peut pas être uniquement conduite à partir d'un quartier général mais doit s'appuyer sur des bases de terrain. En effet, il est pratiquement impossible d'évaluer la façon dont la bataille se déroule. On peut seulement traiter autant de cibles que possible. Il peut être tout à coup difficile de trouver des cibles; cela peut signifier que la campagne a réussi ou que les essaims ont émigré (Symmons et Cressman, 2001). Dobson (2001) note que toutes les campagnes de lutte antiacridienne sont une course contre la montre. Ce qui peut durer rarement plus de trois ou quatre semaines. Les campagnes durent plus longtemps s'il y a deux générations dans la même zone au cours d'une saison, si des reproductions successives ont lieu à des moments différents ou si le développement est ralenti par des températures basses. Le même auteur ajoute que chaque campagne est différente car non seulement l'échelle de l'infestation varie mais chaque pays a des ressources et des problèmes de déploiement des moyens de lutte différents.

2.3.1.2. Quelle stratégie de lutte adopter ?

Dobson (2001) nous renseigne que les recrudescences devraient être évitées grâce à des traitements limités des populations grégarisantes présentes au cours des périodes de rémission ou de résurgence. Il est à noter que pour des raisons diverses, des traitements réalisés pendant les résurgences ou au début des recrudescences n'ont pas toujours permis, dans le passé, d'éviter leur développement en une invasion généralisée. Il est donc nécessaire d'être prêt à organiser des campagnes de lutte antiacridienne de grande ampleur. Cependant, face à une invasion généralisée ou à une recrudescence majeure, l'objectif de la lutte n'est pas simplement de protéger les cultures infestées mais aussi de réduire la taille de la population acridienne totale. Symmons et Cressman (2001) mentionnent que lorsque des essaims sont présents, la protection des cultures n'est pas

réalisable puisqu'ils peuvent se déplacer sur des dizaines de kilomètres au cours d'une journée. Cela ne sera pas non plus possible avec des bandes larvaires car les stocks de pesticide devraient être répartis à travers toute la zone où des reproductions pourraient avoir lieu. La répartition des acridiens, par nature inégale, signifie qu'une grande partie de ces pesticides ne serait pas utilisée alors que, dans certains endroits, les stocks seraient insuffisants. Il sera donc nécessaire d'organiser une campagne de lutte qui réduise la taille des populations acridiennes de même que la menace sur les cultures.

De ce fait, cette campagne de lutte antiacridienne dépendra de l'existence et des capacités d'intervention des unités antiacridiennes, de leur formation et des plans d'action prévisionnels. Il existe cependant, deux période de lutte :

- Lutte antiacridienne pendant une période de rémission

Généralement, c'est le service de protection des végétaux, et plus précisément l'unité antiacridienne, qui s'occupe du traitement des petites populations acridiennes trouvées pendant les rémissions et les résurgences et au début des recrudescences. Il est probable que ces traitements seront principalement réalisés par voie terrestre en réponse immédiate à la découverte d'infestations acridiennes au comportement grégaire, généralement de petites bandes larvaires trouvées pendant une prospection.

- Lutte antiacridienne pendant les recrudescences et les invasions généralisées

Les niveaux d'infestation continuent d'augmenter des premiers stades d'une recrudescence à une invasion généralisée. Au cours d'une recrudescence, il sera toujours très difficile d'anticiper les développements et d'estimer leur échelle probable. Le comportement des acridiens change rapidement durant une recrudescence, les populations devenant progressivement plus importantes, plus denses et plus compactes. Ce changement progressif nécessitera un changement des méthodes de lutte, d'une intervention effectuée uniquement par les équipes terrestres à l'utilisation d'aéronefs avec l'appui des équipes terrestres. Durant une recrudescence, le démarrage de la campagne sera inévitablement moins bien organisé, utilisant toutes les ressources disponibles ou pouvant être obtenues dans un bref délai. Lorsqu'une recrudescence a atteint un stade avancé, avec une prédominance écrasante de bandes larvaires et d'essaims, un traitement aérien sera nécessaire (Dobson, 2001 et Symmons et Cressman, 2001).

2.3.1.3. Quelles mesures prendre à l'avance ?

La migration et la reproduction des acridiens dépendent toutes deux des conditions météorologiques, dont la prévision n'excède pas quelques jours. Le Service d'information sur le Criquet pèlerin de la FAO (DLIS) à Rome est le mieux placé pour prévoir les développements acridiens à moyen terme (4 à 6 semaines). En ce qui concerne les prévisions à long terme, tout ce que le DLIS peut fournir est une alerte générale jusqu'à 6 mois à l'avance. Une alerte de ce type concernera une région dans son ensemble et non un pays en particulier et l'échelle du développement ne pourra qu'être estimée en termes très généraux. Les alertes précoces sont particulièrement peu fiables au début d'une recrudescence.

Une invasion généralisée ou des infestations majeures nécessiteront presque toujours des ressources plus importantes que celles qui sont disponibles dans un pays pendant une période de rémission. Il est peu probable que les pays situés hors de la zone de rémission disposent d'une capacité permanente de lutte antiacridienne. Des plans d'action prévisionnels devraient être mis au point dans le premier cas pour renforcer la capacité

limitée déjà existante et, dans le deuxième cas, pour créer rapidement une capacité effective de lutte (Cressman, 2001).

- Mise au point d'un plan d'action
- Identification de la personne qui décide du moment et des circonstances de mise en oeuvre du plan d'action
- Identification de la personne qui devra suivre la situation acridienne pour conseiller le fonctionnaire autorisé à déclencher la mise en oeuvre du plan
- Identification de la personne responsable de l'exécution du plan
- Définition de son autorité, des ressources humaines et matérielles qu'il/elle aura le pouvoir de réquisitionner et identification de la personne auprès de laquelle les mobiliser

Toutefois, la nature non spécifique et le manque de fiabilité des prévisions à long terme posent un problème majeur. Il est probable que ni les pays ni les bailleurs de fonds ne seront disposés à fournir des ressources pour combattre une menace incertaine. Les bailleurs de fonds auront besoin de prévisions assez précises avant d'être disposés à agir et de telles prévisions ne sont possibles que quelques mois, voire quelques semaines seulement, à l'avance. En outre, des migrations qui ne s'étaient jamais produites dans le passé ont déjà eu lieu et de telles situations se renouvelleront certainement dans le futur.

Dobson (2001) note qu'aux premiers signes d'une recrudescence ou d'une invasion acridienne, il faudra établir un comité pour suivre l'évolution de la situation acridienne et coordonner l'assistance des bailleurs de fonds. Compte tenu du rôle de la FAO comme coordinateur reconnu de la lutte antiacridienne, un comité est souvent créé grâce à une action conjointe entre le représentant de la FAO et les hauts fonctionnaires du Ministère de l'Agriculture. S'il n'y a pas de représentant de la FAO dans le pays concerné, le représentant du Programme des Nations unies pour le développement (PNUD) prendra action au nom de la FAO. Ce comité devra accueillir des représentants des bailleurs de fonds, le représentant de la FAO, le chef du Service de protection des végétaux, le responsable de la campagne, le chargé de l'information acridienne et les autres parties concernées telles que les ministères et les autres organisations nationales ayant voix au chapitre et contribuant activement à la campagne antiacridienne. Cependant, l'aspect le plus difficile de la gestion d'une campagne de lutte antiacridienne est probablement l'achat, la livraison, le transport interne, l'entreposage et la destruction des pesticides. Pourtant, comme ils représentent souvent plus de 50% du coût total d'une campagne, il est important de les gérer d'une façon aussi effective et efficace que possible. Il est probable qu'une campagne de grande envergure nécessitera plus de personnel que celui qui est normalement affecté aux activités antiacridiennes pendant les périodes de rémission. Le personnel pouvant être affecté aux interventions de lutte antiacridienne lors d'une situation d'urgence, devrait être désigné à l'avance. Ces agents devront recevoir une formation, à la fois lors de stages formels et de détachements à court terme pour participer à des activités antiacridiennes. Cette formation devra prendre la forme d'un stage dans l'unité antiacridienne dans les pays où une telle unité existe. L'importance de l'effectif supplémentaire potentiellement utile est limitée et ne dépasse certainement pas deux à quatre agents en détachement par agent antiacridien permanent. Comme dans le cas des aéronefs, la mobilisation de ressources supérieures en nombre à celles qui peuvent être efficacement utilisées est non seulement peu rentable mais également contre-productif.

2.3.2. La lutte antiacridienne en Algérie (INPV/FAO)

S. gregaria est signalée dans sa forme solitaire dans la région de Laghouat, au Hoggar (Tamanrasset) (Chopard, 1943). Sitouh (1976) ajoute que les zones d'épandage d'oueds constituent l'aire d'habitat permanent ou l'aire de distribution normale de l'espèce. Il est signalé à Adrar et In salah par Khider (1999) et Kara et al. (2001).

2.3.2.1. En période de rémission (Phase solitaire)

L'Algérie comme tous les pays de la Commission de Lutte contre le Criquet pèlerin en Région Occidentale (**CLCPRO**), a adopté la stratégie de lutte préventive en période de rémission, qui consiste à surveiller en permanence les aires primaires de reproduction et de grégarisation du Criquet pèlerin et de détruire les foyers primaires évitant ainsi la formation de bandes larvaires et des essaims. Ces aires se trouvent dans les régions sahariennes et fonctionnent de manière saisonnière. Il s'agit des aires de grégarisation du :

Sahara Méridional, région du Front Inter Tropical (FIT), bénéficiant des pluies d'été et où a lieu la reproduction estivale.

Sahara Central, soumise aux dépressions provenant du Nord et de l'Atlantique et où a lieu la reproduction hiverno – printanière.

La lutte préventive doit être assurée par des équipes spécialisées de la protection des végétaux capable de sillonner le Sahara au moyen de véhicules légers tous terrains et des véhicules lourds équipés d'appareils de traitements (Moumen, 2002). Pour cela il est important de mettre à la disposition de ces équipes des bases régionales et de leur fournir les données météorologiques nécessaires aux interventions.

2.3.2.1.1. Mise en place de bases régionales de lutte antiacridienne

Vu l'immensité du territoire national, notamment le Sahara où se trouvent les

zones à criquet pèlerin, la mise en place des bases régionales de lutte antiacridienne doit être réparties de façon à couvrir les sites potentiels recensés à la suite des précédentes campagne de surveillance et de lutte. Le matériel roulant et de traitement ainsi que les produits acridicides y seront stockés pour pouvoir mobiliser rapidement en cas de déclaration d'infestation.

Sur le terrain, les équipes de surveillance et de lutte auront besoin pour se déplacer, des moyens de navigation et des équipements de transmission qui leur permettraient de transmettre les coordonnées géographiques de leur position ainsi que les conditions écologiques qui y sévissent en permanence au poste de commandement central. Ce dernier, à partir de ces informations de terrain, décidera du dispositif le plus efficace à mettre en place (Moumen, 2002).

2.3.2.1.2. Utilisation de réseau météorologique

Selon Moumen (2002) le déploiement des équipes de surveillance et de lutte sur le terrain s'opère en fonction des conditions écologiques qui sévissent dans les zones abritant le criquet pèlerin. Pour cela, les données météorologiques seront fournies par l'Office National de Météorologie, grâce à des stations réparties sur tout le territoire national.

2.3.2.2. En période de résurgence

La lutte utilisée pendant cette période est qualifiée de lutte préventive. L'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) est chargé de cette alternative. Cette dernière consiste à intervenir le plus tôt possible dans la genèse des pullulations quand il y a suffisamment d'effectifs pour constituer une cible, et que les surfaces à traiter sont encore restreintes car l'objectif à ne pas perdre de vue est d'empêcher le criquet d'enclencher un processus de grégarisation. Cette lutte préventive revêt deux aspects : la prospection dans les zones grégarigènes et les traitements des foyers de grégarisation (Rachadi, 1990 et Moumen, 2002).

2.3.2.3. En période d'invasion

En période d'invasion, c'est une nouvelle organisation qui s'installe par la création du Comité Inter Ministériel de Lutte Antiacridienne (CILA) dont la principale mission est de fournir toutes les facilités à même de rendre les opérations de lutte plus efficaces. Le CILA s'appuie sur « Etat Major » technique qui fixe le dispositif d'intervention et évalue les actions menées sur le terrain. Cet Etat Major appelé Poste de Commandement Central (PCC), est relayé sur le terrain par des Postes Commandement Régionaux (PCR), placés sous l'autorité des Walis et conduits par un personnel spécialisé de l'INPV (Moumen, 2002). Durant cette période, la lutte curative reposant sur une utilisation exclusive de produits acridicides s'avère incontournable pour juguler les populations acridiennes d'invasions.

En effet, face au fléau acridien, au cours des grandes invasions, la lutte chimique a largement contribué à éviter le pire par l'utilisation de tout un arsenal d'insecticides. Cependant la consultation des archives de l'INPV a permis à Gendouz-Benrima (2005) d'inventorier les différents pesticides utilisés en lutte antiacridienne en Algérie. Ces données sont représentées dans le tableau 4.

Tableau 4. Les différents pesticides utilisés par l'INPV pendant la période de 1983 – 2000

Bioécologie de *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae) dans la région de l'Ahaggar

Matière active	Nom commercial	Formulation	Teneur en g m.a / l	Dose appliquée Gg ma / ha	Vol appliqué l / ha (dose/ha)
Fenitrothion	Sumithion 500	ULV	500	500	1
Bendiocarbe	Bendiocarbe	ULV		-	-
Bendiocarbe	Bendiocarbe ulv ficam	ULV	200	100-125	1
Cypermethrine+ fenitrothion	Dalla	ULV	-	-	1
Deltamethrine	Decis 25	EC	25	12,5	0,5
Dieldrine 20%	Dieldrine 20%	ULV	-	-	-
Dieldrine 5%	Dieldrine 5%	ULV	-	-	-
Chlorpiryphos Ethyl	Dursban 240	ULV	240	240	1
Chlorpiryphos Ethyl	Dursban 480	EC	480	240	0,5
HCH	Lindane	Appât HCH	-	-	-
Malathion	M 20%	EC	20%	-	-
Malathion	M 50%	EC	50%	1000	2
Malathion	M 95%	ULV	95%	950	1
Formothion	Onthio 33	EC	-	-	0,5
Fenitrothion	Sumithion1000UL	ULV	1000	500	0,5
Fenitrothion	Sumithion 500UL	ULV	500	500	1
Phoxime+Propoxur	Volaton-unden 300	ULV	275+25	275+25	1
Phoxime	Volaton	ULV	-	-	-

(Moumen, 2002 et Guendouz-Benrima, 2005)

L'application des pesticides implique au préalable la délimitation de l'espace où évoluent ces populations acridiennes, pour cela l'utilisation de la prospection antiacridienne s'avère impérative. La prospection antiacridienne consiste à localiser et délimiter les territoires où existent de fortes pullulations de criquets susceptibles de provoquer des dégâts aux cultures et ce afin d'organiser et de mener les opérations de lutte pour préserver les ressources agro – sylvo – pastorales exposées. Pour atteindre cet objectif, différentes méthodes sont utilisées. Les méthodes de prospection utilisées en lutte antiacridienne sont de deux types : aérienne et terrestre.

Il est à noter aussi que pour une meilleure maîtrise de la situation, il est indispensable de privilégier la lutte préventive sous ses différentes formes en accordant une certaine importance aux points suivants :

L'amélioration des capacités de prospection et des prévisions relatives aux résurgences qui se déclarent. Pour cela un personnel bien formé et des équipements adéquats pour la lutte aérienne et terrestre sont nécessaires ainsi que l'amélioration de la télédétection par des stages de perfectionnement orientées vers la maîtrise des logiciels : RAMSES, ENVI et Windisp.

Il est aussi nécessaire que les unités de lutte antiacridienne des différents pays de la CLCPRO bénéficient d'une manière équitable des moyens de la commission afin que le travail entrepris par ces pays soit au même niveau de concrétisation.

Cependant dans la quête de nouvelles techniques pour protéger les cultures (luttés alternatives), l'intérêt des chercheurs scientifiques se tournent vers la lutte biologique,

qui consiste à détruire les insectes nuisibles par l'utilisation rationnelle de leurs ennemis naturels.

Partant du principe qu'il vaut mieux prévenir que guérir, les experts de la FAO se préparent à affronter le prochain round de la bataille millénaire contre les criquets - partout et à tout moment. Les agents de lutte biologique récemment mis au point et l'amélioration de la surveillance et du renseignement seraient décisifs lors du prochain round et pourraient réduire fortement le recours actuel aux pesticides chimiques. La recherche en cours au Centre international de physiologie et d'écologie des insectes (ICIPE) de Nairobi le laisse espérer.

Le phénylacétonitrile (abréviation **PAN**) gouverne normalement l'instinct de grégarisation des mâles adultes, qui l'utilisent aussi pour avertir les autres mâles au moment de la reproduction (Hassanali, s.d. cité par Dupont, 2006). Au cours de trois essais de terrain - dont le dernier a eu lieu au Soudan l'an dernier - l'équipe de Hassanali a démontré que même des doses minuscules de PAN pouvaient interrompre les bandes larvaires et les contraindre à rompre les rangs. Sous l'effet du PAN, les criquets reprennent leur comportement solitaire. En proie à une grande confusion, désorientés, certains d'entre eux perdent l'appétit, tandis que d'autres, devenus cannibales, se mangent entre eux. Les survivants deviennent des proies faciles pour les prédateurs.

Une approche biologique différente, mais aussi très efficace, est utilisée dans Green Muscle, un bio pesticide mis au point par le centre de lutte biologique de l'Institut international pour l'agriculture tropicale de Cotonou (Bénin) et fabriqué en Afrique du Sud (Dobson, 2001). Son principe actif est constitué par les spores du champignon naturel *Metarhizium anisopliae* var *acridum* qui forent à travers les cuticules des criquets et détruisent leurs tissus de l'intérieur. Létal sur les criquets, le champignon est inoffensif sur d'autres formes de vie. Même si Green Muscle® est déjà appliqué avec succès en Australie, son introduction en Afrique et en Asie est ralentie par plusieurs facteurs, notamment la nécessité d'essais supplémentaires à plus large échelle et l'exigence d'autorisations officielles.

Toutefois, dans l'armement moderne en préparation pour la lutte antiacridienne, citons une catégorie de produits à base d'hormones, connue sous le terme de régulateurs de croissance des insectes (ou IGR). Ceux-ci bloquent la capacité des larves de muer correctement. Ils n'ont aucun effet toxique direct sur les vertébrés (Dupont, 2006). Les IGR restent efficaces après plusieurs semaines d'application et sont souvent utilisés dans les traitements dits « en barrière ». Cette méthode prévoit l'application d'étroites bandes du produit, perpendiculaires à la direction des larves en marche. Il suffit de seulement 10 pour cent de la quantité utilisée dans les traitements en pleins champs. Après avoir traversé une ou deux barrières, les larves absorbent suffisamment de produit pour mourir pendant leur mue.

Chapitre 3 : Problématique et méthodologie

3.1. Objectifs et problématique

Après la mise en évidence du phénomène des phases vers 1920 par Uvarov, les années 1930 – 1940 ont vu l'identification des principales aires grégarigènes (dont la localisation géographique a été ensuite précisée). Uvarov (1977) mentionne qu'il existe de multiples facteurs influençant le choix de l'habitat chez les acridiens à savoir la composition floristique du tapis végétal ainsi que son état phénologique, le microclimat, les caractéristiques édaphiques, la disponibilité des plantes nourricières, les réserves hydriques et les sites de ponte.

Le développement des recherches sur le criquet pèlerin depuis le début du siècle permet progressivement de mieux comprendre le phénomène de déclenchement des invasions et de proposer plusieurs stratégies de lutte mais avant tout, une lutte préventive est nécessaire. En effet, l'idée d'utiliser les ennemis naturels pour lutter contre les criquets est très ancienne car, en conditions naturelles, les acridiens sont la proie de quantités de prédateurs, de parasites et de maladies. Bien que l'action des agents biologiques soit discrète et ponctuelle comparée aux effets des facteurs climatiques, il arrive que localement, les acridiens puissent être totalement éliminés par leurs ennemis naturels, entomopathogènes, parasites ou prédateurs. Toutefois, l'utilisation des champignons entomopathogènes est une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante de par l'ubiquité naturelle de ses agents dans les écosystèmes, leur grande variété, leur dissémination facile, leur spécificité d'action et aussi leur persistance dans l'environnement.

Notre présent travail rentre dans le cadre d'une contribution à l'étude de quelques éléments essentiels permettant de fonder une lutte préventive contre les recrudescences et les invasions du criquet pèlerin. C'est-à-dire une meilleure connaissance de ce fléau à l'état solitaire dans le contexte algérien ce qui implique l'étude de son comportement en période de rémission (état phasaire et régime alimentaire). Aussi une étude des effets de deux champignons entomopathogènes sur quelques paramètres physiologiques et biologiques du criquet pèlerin.

Cependant, pour la réalisation de notre étude, nous avons eu recours à deux types d'investigations :

- Des prospections personnelles des différents biotopes naturels écologiquement favorables à la présence et à la reproduction du criquet pèlerin. Ces prospections ont touché les axes situés dans le parc national de l'Ahaggar (wilaya de Tamanrasset).
- Des travaux de laboratoires portant sur l'exploitation des résultats de prospections ainsi que quelques expérimentations sur l'utilisation des champignons entomopathogènes contre le criquet pèlerin.

3.2. Choix du site d'étude

Duranton et *al.* (1982) notent que durant les prospections acridiennes, il n'est pas possible de couvrir toute une région, surtout quand il s'agit du Sahara. Cependant, l'échantillonnage doit se faire au niveau des sites bien précis et surtout représentatifs où les conditions apparaissent plus ou moins homogènes. Dans notre cas, notre choix de la région d'étude a été dicté en fonction du type de distribution des pluies, du relief, des crues des Oueds, de la végétation, du microclimat et surtout des manifestations acridiennes signalées par les équipes de prospection acridiennes de l'I.N.P.V.

En effet, il est à noter que l'aire grégarigène du criquet pèlerin dans la région occidentale de l'Afrique regroupe la Mauritanie, le Mali, le Niger et l'extrême Sud algérien où les foyers grégarigènes occupent les épandages aux pieds des massifs montagneux du Sahara méridional. Aussi, l'Algérie occupe une position centrale dans l'aire grégarigène occidentale. En période d'invasion, les essaims y transitent et s'y reproduisent durant les périodes hiverno-printanières et rejoignent, au début de l'été, la zone de reproduction estivale des pays de Sahel.

En effet, au Sahara central, des essaims ont été repérés en période de recrudescences en 1967-1968 ainsi qu'en 1993-1995 (F.A.O., 1975 et I.N.P.V., 1993-1995 cités par Guendouz-Benrima, 2005). Le même auteur note que Murat (1946) mentionne qu'il avait détecté depuis déjà longtemps dans cette région, des foyers grégarigènes de *S. gregaria*.

Sitouh (1976) durant son analyse de certains biotopes des solitaires au Sahara central, a déduit que les ailés solitaires sont observés à tous les mois de l'année, notamment dans les oueds de l'espace Nord à savoir : Igharghar, Mouydir, Assedjerad, où se concentre l'eau de pluie dont la fréquence est d'au moins une fois par année et que deux reproductions sont possibles et sont conditionnées par les pluies.

La stratégie adaptative du criquet pèlerin repose donc sur son aptitude à coloniser des biotopes temporairement humide dans un macro environnement globalement aride.

En effet, le Hoggar renferme toute une succession de sites de dimensions variables où les conditions hygrométriques, édaphiques et alimentaires sont quasi permanentes en saison de cultures. L'on se rappelle les importants flux d'essaims qui ont envahi toute une région comprise entre les secteurs de In Salah, l'Ahnet, l'Assedjerad et l'extrême Sud algérien jusqu'à la grande vallée de la Saoura durant la période s'étalant de juillet 2004 à fin septembre 2005. Par la suite, le calme est revenu grâce aux traitements effectués sans relâche dans l'ensemble du pays que se soit sur les populations grégaires ou solitaires qui se regroupent sur des endroits très localisés où la régression de la végétation est notée au niveau des différents oueds de la région du Hoggar.

C'est dans ce cadre que la présente étude vise essentiellement le Parc National de l'Ahaggar. Ce site choisi constitue un patrimoine naturel par la richesse biologique de ses habitats. Ceci par la présence de différents biotopes écologiquement favorables à la présence et à la reproduction du criquet pèlerin. Ces sites ont touché les axes situés aux alentours de Tamanrasset, Abalessa, Silet (Afedafeda) et Ain Mguel. Aussi, nous avons prospecté les massifs du hoggar, le Tassili Ahaggar (Igharghar et Tagrera) jusqu'à In Azaoua, ainsi que le Tassili Tin Tarabine et Youf Ahakit. Et en dernier lieu, la région de In Ziza (secteur Afedafeda et Ahnet).

3.3. Itinéraires des sites prospectés

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

Lors de notre première prospection, en période printanière (mars 2006), nous avons suivi l'itinéraire suivant (**Fig. 9, Annexe 4**):

1^{er} circuit :

Abalessa □ Oued. Imelal □od. Ahtes □od. Taklet □od. Tihyitine □od. Imessouhac □
Abalessa

2^{ème} circuit :

Abalessa □ Oued In Adjedjou □od. Taghat □od. Sellet □od. Amazehageni □od.
Afedjedj □Abalessa

3^{ème} circuit:

Abalessa □ Oued Tin Arezrez □ Tin Ajer □od. Aderniba □od. Tekouiet □od. In Afarfar
□od. Tekouiet □od. Abadel □od. Tin haouiar □od. Tin Tebabouin □od. Tilou □od. Ihaghi □
Abalessa

4^{ème} circuit:

Tamanrasset □ Oued. Infeg □od. Igharghar □od. Tin Tarabine □ Tazrouk □ Ideles □
Massifs du Hoggar (Atakor, Illamane, Assekrem) □ Guelta Afilal □ Tamanrasset.

Quant à la deuxième prospection, effectuée au cours de la saison automno-hivernale (décembre 2006), elle a visé les axes suivants (**Fig. 10, Annexe 5**) :

1^{er} circuit :

Silet □ Oued Amded □ Od. Helem □ Od. Tamanrasset □ Od. Tinef □ Od. Adjnet □ Od.
Tissetine Tghatine □ Silet.

2^{ème} circuit:

Silet □ Oued lwayharen □ Od. In Adjedjou □ Od. Oussayane □ Od. Tin Arezrez □ Od.
Abadel □ Od. Tekouiet □ In M'guel □Od. Imessoune □ Silet

3^{ème} circuit:

Tamanrasset □ Od. Tizelayine □ Od. Tahebourte □ Massifs du Hoggar □ Tamanrasset.

4^{ème} circuit:

Tamanrasset □ Oued Amesser □ Od. Amekeni □ Od. Tassoufte □ Od. Tiwalwaline □
Od. Ahtes □ Od. Taklet □ Od. Tihyine Tin Djarine □ Od. Tihyine Timalouline □ Od. Abrihaten
□ Abalessa □ Silet.

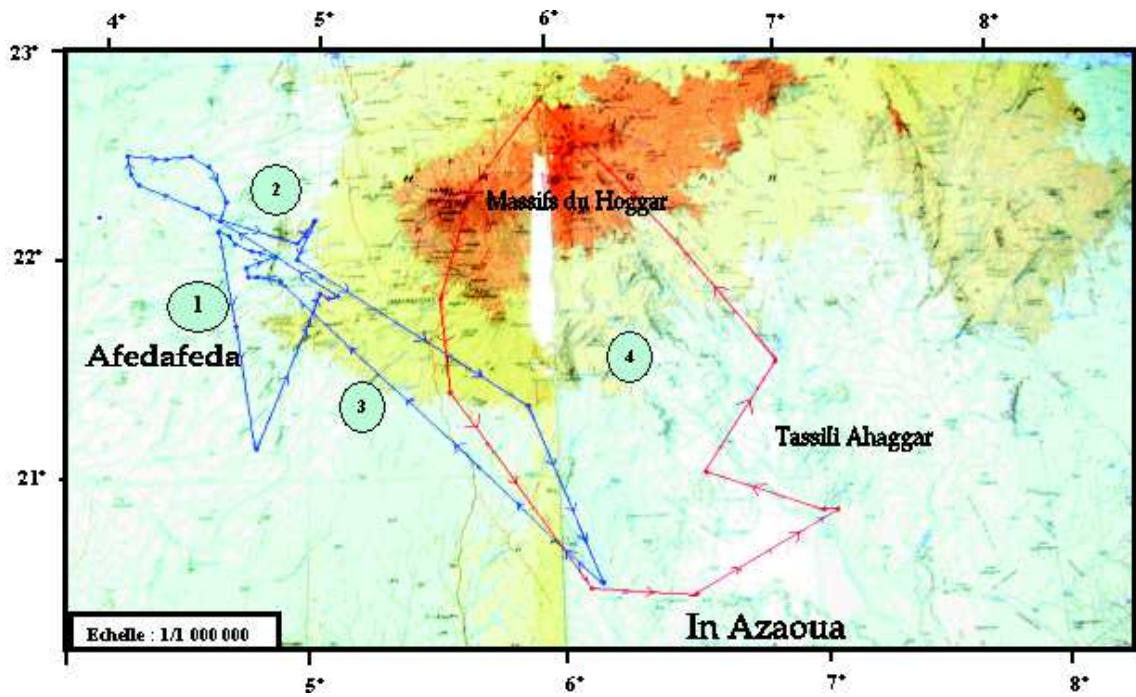


Figure 9. Itinéraire de prospection hiverno-printanière de l'année 2006

Originale

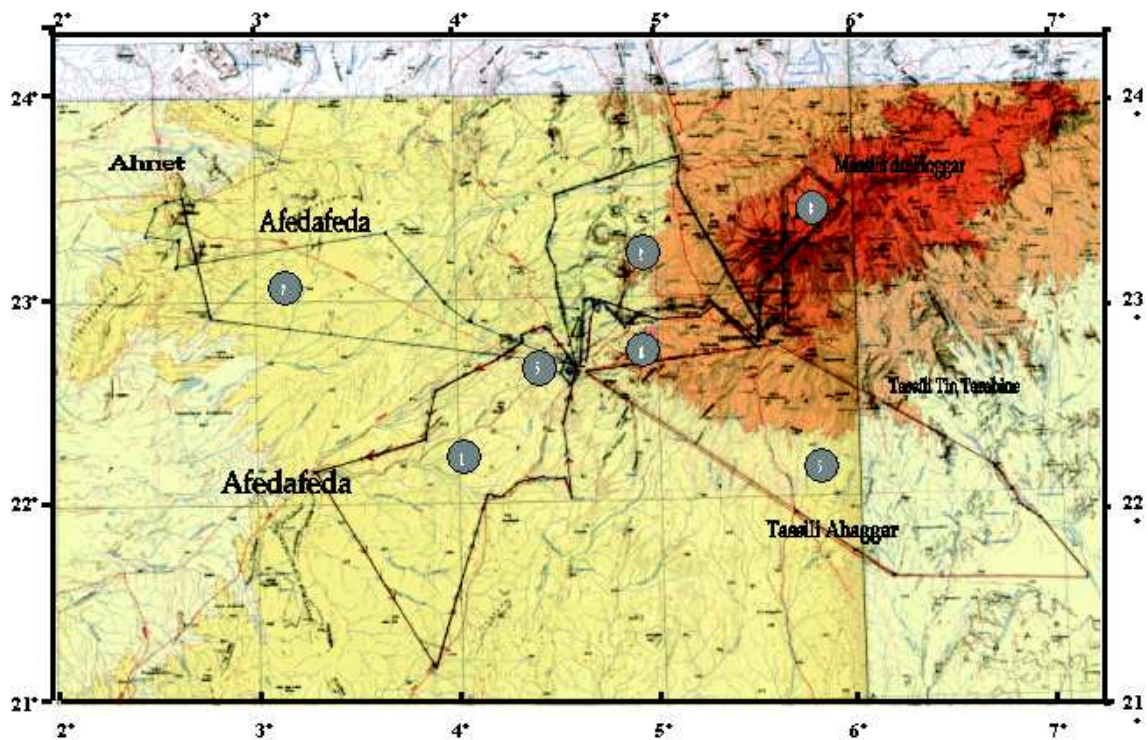


Figure 10. Itinéraire de prospection automno-hivernale de l'année 2006

Originale

5^{ème} circuit :

Silet □ Oued In Zafar □ Od. Tin Ehilene □ Od. Adjelmane □ Od. Tin Daghest □ Od. Tin Tadmagh □ Od. Amenatt □ Silet.

6^{ème} circuit :

Silet □ Oued Infeg □ Tassili Ahaggar (Od. Igharghar) □ Tassili Tin Tarabine (Od. Tin Tarabine) □ Tassili Youf Ahakit (Od. Tin tarabine) □ Tamanrasset □ Silet.

7^{ème} circuit:

Silet □ Oued Ahenbetour □ Od. Tin Daghén □ Od. Aderniba □ Od. Ouan farfar □ Od. Tin Chifaou □ Od. Tin Chekchi □ Od. Ahaddeda □ Od. Ifilalen □ O. In Ziza □ Od. Tadjena □ Od. In Ararfazou □ Od. Takhemelte loula □ Od. Takhemelte □ Silet.

3.4. Méthodologie

Afin d'aboutir à une réponse à notre problématique, il s'est avéré utile de nous doter de ressources d'informations pertinentes et variées. Ces informations recueillies permettent d'évaluer la situation acridienne et les conditions environnementales de terrain. Nous avons aussi recueillis des informations supplémentaires auprès des villageois, des nomades et des voyageurs

Notre travail a donc été fondé sur la recherche bibliographique qui a été traitée dans le chapitre précédent, le travail de terrain et le travail au laboratoire, dont le résultat fera l'objet d'interprétation et de discussions aux chapitres qui suivent.

3.4.1. Déroulement de la prospection sur terrain

Avant d'effectuer nos prospections, il est important de déterminer où et quand effectuer la prospection. Ces dernières devraient être effectuées dans leurs habitats traditionnels c'est-à-dire dans les zones où la présence de criquets est la plus probable, dans les sites où ils ont été signalés par le passé ou dans des zones de pluies récentes. Pour obtenir ces informations, nous avons eu recours au département de lutte antiacridienne de l'I.N.P.V. d'El-Harrach et par la consultation des bulletins d'informations sur le criquet pèlerin fournis par la FAO.

Cependant, lors de notre travail, nous avons effectué nos prospections durant deux saisons pendant lesquelles des infestations acridiennes ont été préalablement identifiées, à savoir la saison hiverno-printanière de l'année et la saison automno-hivernale de la même année.

Concernant le type de prospection effectuée, nous avons opté pour la prospection extensive qui a été effectuée dans les zones connues pour la reproduction ou la présence de criquets, dans les zones de pluies récentes ou supposées telles, et dans les zones où des criquets ont été signalés par la population locale, les nomades et les prospecteurs. Nous avons choisi ce type d'investigation dans le but est d'effectuer le suivi des populations acridiennes et dans des habitats susceptibles d'être favorables à la reproduction, aussi, de déterminer si des populations significatives sont présentes, ainsi que le comportement des populations (état phasaire, régime alimentaire ...etc.

3.4.1.1. Méthodes de prospections

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

- Un GPS (Global Position System), qui est un appareil de navigation permettant de connaître les coordonnées géographiques d'un lieu donné
- Une carte géographique à l'échelle 1/500 000^e et 1/1000 000^e
- Des formulaires FAO de prospection et de lutte contre le Criquet pèlerin
- Un filet fauchoir, des boîtes de Pétri et autres boîtes à échantillons (sol, insectes ... etc.)
- Sachets en plastique et en papier pour la conservation des échantillons

Pour cela, et selon les conditions de travail, deux méthodes de prospection (**Fig. 11**) ont été utilisées et qui sont :

- Le transect pédestre

Cette méthode consiste à prospecter les sites sableux, tels que des plaines et des dunes, et proches de rivières temporaires (oueds) où une végétation annuelle verte est présente, inscrire la date, le nom ainsi que la latitude et la longitude du site avec le GPS. Pour cela on doit parcourir une certaine distance d'environ 100 m en fonction du nombre de pas effectués. Si il y présence de criquets, on détermine la largeur du transect en estimant la distance sur laquelle les ailés sont dérangés lors du passage. Par la suite, on inspecte au moins 10 buissons de végétation d'1 m² afin de détecter les larves. Au cours de ce transect, il est important de vérifier l'humidité du sol.

- Le transect par véhicule

Les transects par véhicule constituent une méthode utile pour déterminer la présence d'ailés sur une vaste zone, telle qu'une plaine sablonneuse, ou à l'intérieur de grandes zones de végétation verte. Il faut conduire face ou perpendiculairement au vent pendant au moins 1 km. Cette méthode consiste à :

- Compter les ailés qui s'envolent en avant du capot du véhicule
- Calculer la distance parcourue en utilisant le compteur journalier ou le GPS
- Faire le comptage seulement quand la température est supérieure à 20°C et la vitesse du vent inférieure à 6 m/s.

Dans notre cas, nous avons alterné les deux procédés cités ci-dessus car notre but essentiel était de capturer des individus du criquet pèlerin, mais aussi d'étudier les caractéristiques de chaque oued prospecté.



Transect pédestre



Transect par véhicule

Figure 11. Méthodes de prospections

Originale

3.4.1.2. Notations des observations

Au cours de notre prospection, nous avons noté des observations pour chaque site (oued) prospecté et à chaque arrêt (point). Ces observations sont ensuite notées sur un carnet de prospection et des formulaires FAO de prospection de lutte contre le criquet pèlerin (**Fig. 12**). En prenant note aussi des informations relatives aux sites prospectés, à l'écologie (précipitations, végétation, humidité du sol) et aux acridiens.

Ces notations sont ensuite réunies sur un tableau récapitulatif avec la situation acridienne relative à chaque oued prospecté.

Toutefois, pour notre travail, les informations à recueillir concernent :

- Les précipitations et humidité du sol

En nous renseignant sur la date des dernières précipitations. Soit en interrogeant la population locale ou observer jusqu'à quelle profondeur le sol est humide. Selon Cressman (2001) une méthode simple consiste à creuser dans le sol jusqu'à ce que la moitié environ de sa chaussure y soit enfouie. Dans notre cas, nous avons creusé en utilisant un bâton, un caillou ou une pelle. Le même auteur note qu'il faut prendre ensuite une poignée de terre et la serrer dans la paume de la main; si cette terre s'amalgame, on considère que le sol est humide (H) (il doit aussi être de couleur plus foncée que le sol sec (S)). Pour cerner les conditions hydriques nous avons évalué à partir d'un double décimètre, l'épaisseur de l'horizon humide. Les profondeurs critiques sont : humide en surface (1), à 5 cm (2), à 10 cm (3), à 30 cm (4) et à plus de 30 cm.

- La texture du sol

Guendouz-Benrima (2005) note que pour mieux estimer le potentiel reproductif d'un biotope, il serait intéressant de déterminer la texture du sol. Cette détermination est en fonction de la présence-absence des principaux éléments à savoir les argiles (A), les limons (L), les sables fins (Sf) ou les sables grossiers (Sg), les graviers (G), aussi si le sol est rocailleux (R).

- La végétation

Pour chaque oued prospecté, nous avons noté des observations sur l'état de la végétation qu'elle soit en reverdissement, en dessèchement ou sèche. Aussi nous avons estimé la densité du couvert végétal en le comparant à un sol nu. Cette densité peut être faible, moyenne ou dense. Dans certains cas, végétation pérenne et annuelle peuvent être présentes sur un même site et leur état peut être différent. Nous avons aussi, identifié les espèces végétales présentes.

- La superficie prospectée

Nous avons estimé approximativement la superficie du site prospecté bien que cela puisse être assez difficile, en calculant et additionnant les superficies du site prospecté et de la zone dans laquelle des conditions similaires sont observées. Si la zone est très vaste, une deuxième prospection devra être effectuée dans une partie différente de cette zone. On peut

Formulaire FAO de prospection (criquet pèlerin)		
1	POINTS D'OBSERVATION	OBSERVATIONS
	Date Localité Latitude (°N) Longitude (°O ou E)	Date, jour, mois, année de la prospection Entre nom local de l'endroit (°= sans précision) Dégré, minutes, secondes, latitude: G 00 Dégré, minutes, secondes Ouest/Est, longitude: G 00
2	ÉCOLOGIE	
	Superficie de prospection (ha) Habitat (haud, plaine, dunes, cañons)	Superficie prospectée estimée: indique des points d'observation et pour une base sur l'attribution de surfaces de végétation verte à ce point Décrire l'environnement de ce point d'observation (sol, plaine, dunes, cañons)
	Date de l'observation Quantité de pluie (mm, faible, modérée, importante, ...)	Date, jour, mois et l'heure est exacte ou connue: si non, estimation (p.ex. 2 jours, 3 jours ou tout 5 à 10 jours) Nombre de millimètres et la quantité constatée connue: aucun, autour de 2 pour faible (3-20mm), M pour modérée (21-50mm) ou 2 pour importante (50+mm), ou 3) inconnue
	Végétation (haud, en groupe, verte, densité élevée) Densité de végétation (faible, moyenne, dense) Humidité du sol (humide, sec)	Note si la végétation est abritée (haud, devant verte ou pente) de la verte immédiatement Estimer la densité absolue de la végétation en 2 pour faible (plus verte) en végétation ou, 3 pour dense (plus verte) en végétation ou 4 ou 5 Estimer 2 pour humide si le sol est mouillé (après 2 semaines 10-15 cm), aucun autre 3 pour sec
3	CRIQUETS	
	Présence ou absence Superficie la forme (ha)	Estimer 2 s'il y a des criquets présents sur le site ou 3 si aucun criquet n'a été vu ou rien présent Indiquer les estimations de la superficie relative des criquets à ce point d'observation
4	LARVES	
	Stade larvaire ou jeune adulte (E1-E5) Apparence (isolés, massifs, groupés) Comportement (isolés, dispersés, groupés) Densité larvaire (faible, moyenne, dense)	Estimer (1, 2, 3, 4, 5) quels stades et jeunes adultes (E) sont présents en 2 pour isolés Estimer 5 pour isolés (coulée verte), 2 pour massifs (coulée verte/haud) 3 pour groupés (coulée verte ou cañons) Estimer 2 pour isolés (haud) ou 3 pour dispersés (plusieurs larves) 4 pour groupés (haud) ou 5 pour massifs (haud) Estimer au moins 10 individus de 1 m ² d'haud ou 10 individus et noter le nombre le plus faible et le plus élevé de larves comptées dans un haud (ha)
5	ŒUFES	
	Stade de la bande (E1-E5) Densité de la bande (faible, moyenne, dense) Dimension de la bande (m ² ou ha) Nombre de bande	Estimer (1, 2, 3, 4, 5) quels stades et jeunes adultes (E) sont présents en 2 pour isolés Indiquer le nombre des larves présentes par 1 m ² de haud ou 10 individus en 2 pour faible, M pour moyenne, 3 pour dense Indiquer la direction de la bande et indiquer la taille minimale et maximale Indiquer le nombre des bandes larvaires présentes au point d'observation
6	ADULTES	
	Maturité (immature, mature) Apparence (isolés, massifs, groupés) Comportement (isolés, dispersés, groupés) Densité des adultes (faible, moyenne, dense)	Estimer 2 pour immature et M pour mature, si les deux se trouvent Estimer 5 pour isolés (coulée verte), 2 pour dispersés (plusieurs adultes), 3 pour groupés (haud) ou 4 pour massifs (haud) Compter le nombre d'adultes sur un transect de 250 à 400 m de long (haud) ou 100 m de long (plaine), en 2 pour faible, M pour moyenne, 3 pour dense Estimer A si les adultes ont un vie en accomplissant en 2 à la fin de la zone de prospection
7	ESSAIS	
	Maturité (immature, mature) Densité de l'essai (faible, moyenne, dense) Dimension de l'essai (m ² ou ha) Nombre d'essais Reproduction (accouplement, ponte) En vol (direction, durée du passage) Retour du vol (haud, moyen, haud)	Estimer 2 pour immature et M pour mature, si les deux se trouvent Noter le nombre d'adultes par haud ou m ² , ou note 2 pour faible, M pour moyenne, 3 pour dense Indiquer les directions et les sites de l'essai en 2 ou ha Indiquer le nombre d'essais au point d'observation Estimer A si les adultes ont un vie en accomplissant Si les essais sont en vol, indiquer la direction (O ou V) et la durée (durée et temps) en sec pour passer au-dessus de vous Indiquer la hauteur estimée de vol (en m) de hauteur ad hoc en 2 pour hauteur de 100 m, M pour moyenne (100 à 500 m), 3 pour hauteur de 500 m

Figure 12. Formulaire FAO de prospection de lutte contre le criquet pèlerin

également estimer la superficie d'une zone en parcourant en voiture deux des côtés de la zone puis en multipliant les distances mesurées mais cela prend du temps.

• **Le type d'habitat**

Ceci concernera la topographie (tels que les oueds, dunes, massifs, gueltas, plaines, interdunes).

• **Criquet**

Cela inclut la présence ou absence, l'apparence, le comportement (isolés ou épars), l'état de développement, la maturité, la densité et la taille des acridiens observés.

Pour déterminer si les femelles observées en un site sont en train, ou non, de développer des ovocytes, il est nécessaire d'en capturer plusieurs et de les disséquer. Ceci pour voir les ovaires et de noter si le développement des ovocytes a commencé ou non. Si l'ovaire est gonflé et contient des ovocytes reconnaissables avec du vitellus jaune, cela signifie que le développement des ovocytes est en cours.

3.4.1.3. Relevés floristiques

Au cours de nos prospections, nous avons récolté toutes les espèces végétales observées dans les sites étudiés. Ces plantes récoltées sont mises dans des sachets en papier afin de les conserver pour la constitution d'un herbier. Elles sont déterminées sur place en nom tamahaq et en arabe par les guides terguis.

Pour les espèces récoltées durant la prospection hiverno-printanière (mars 2006), la détermination en noms latins des plantes récoltées a été effectuée par Monsieur BELOUED A. du laboratoire d'écologie végétale du département de botanique de l'Institut National d'Agronomie d'El-Harrach. Quant aux espèces récoltées au cours de la prospection de décembre 2006, elles ont été identifiées par Mr et Mme SAHKI de l'Institut National des Recherches Forestières de la wilaya de Tamanrasset.

Pour la récolte des plantes, nous avons utilisé des quadrats de 16m² (4m x 4m). Cela, afin d'obtenir une estimation satisfaisante de la densité de la végétation, le dénombrement doit être réalisé n fois sur autant de parcelles-échantillons. Ces plantes ont été conservées dans du papier journal afin de préparer notre herbier.

3.4.1.4. Capture des individus

Cressman (2001) propose quelques méthodes de capture des individus de *S. gregaria* fréquemment utilisées:

Bouger lentement un bâton au-dessus du criquet en l'abaissant doucement jusqu'à ce que,

d'un mouvement brusque, on puisse plaquer le criquet au sol

- Taper sur le criquet avec une touffe de végétaux ou une branche
- Utiliser un filet fauchoir
- Piéger le criquet dans la végétation

Ces méthodes peuvent être plus faciles à mettre en œuvre quand on est face au vent. Dans notre cas, nous avons opté pour la méthode de Shull (1913), cité par Uvarov (1977) qui consiste à récolter aléatoirement les individus dans leur habitat naturel.

En effet, nous avons prospecté toutes les stations et à l'aide d'un filet fauchoir. Celui-ci comprend un manche solide de 0,70 m à un mètre et demi de long portant sur l'une de ses extrémités un cercle métallique de 0,30 m de diamètre, un sac en toile est placé sur ce cercle métallique. Il est d'une profondeur de 0,50 m (**Fig. 13**). Cette méthode a intéressé plusieurs auteurs, nous citons : Dreux (1972), Lecoq (1978) et Legall (1989). Cette technique consiste à récolter un échantillon d'acridiens suffisamment grand pendant un temps déterminé qui varie selon la richesse du milieu.

Les criquets récoltés sont placés dans des boîtes de Pétri (**Fig. 14**), chaque boîte porte nécessairement une étiquette indiquant le lieu, la date et les points et coordonnées géographiques du site et le sexe des individus. Les individus capturés du criquet pèlerin pour l'étude du régime alimentaire sont mis séparément dans les boîtes de Pétri afin de récupérer leur fèces après 24 heures.

3.4.1.5. Détermination des caractéristiques pigmentaires et morphologiques

Il s'agit d'apprécier la couleur générale du corps, ainsi que celle des élytres, des bandes pronotales et de la ligne fémorale. Les caractéristiques prises en considération concernent aussi les stries oculaires et l'épimérite mésothoracique. L'examen des couleurs des individus de *S. gregaria* s'effectuait durant la journée, à l'ombre au dessus d'une feuille de papier blanc, sur des criquets vivants venant d'être capturés. La détermination des caractéristiques nous a permis de qualifier la population capturée soit de solitaricolore, de transicolore ou de grégaricolore (Duranton et Lecoq, 1990).

3.4.2. Travaux au laboratoire

3.4.2.1. Etude des charges alaires

La charge alaire peut fournir des informations sur le comportement d'une espèce animale donnée. Elle donne des renseignements sur les relations de l'espèce avec les prédateurs aériens et terrestres (Seddik, 1994). L'insecte mort ou fraîchement tué est pesé, amputé des élytres et des ailes postérieures qui sont collés avec un ruban adhésif sur une feuille de papier après avoir étalé les ailes. Par la suite, la surface occupée par un élytre et une aile postérieure est reporté sur une feuille de papier millimètre. Le calcul de l'aire se fait par l'ensemble des carrés qu'occupent l'aile et l'élytre. Il est noté :

La surface des deux ailes postérieures et élytre est calculée selon la formule : $2(a_1+a_2)$. La charge alaire s'obtient par le rapport du poids du criquet à la somme des surfaces des ailes de première et de seconde paires par :

$$Ca \text{ (mg/mm}^2\text{)} = P / 2(A_1+A_2)$$

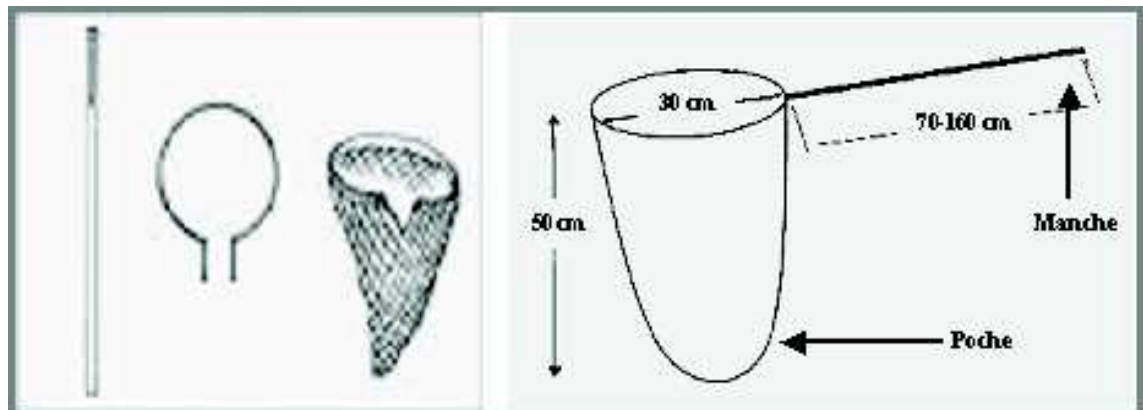


Figure 13. Filet fauchoir

(Benkhellil, 1991)



Figure 14. Mise en boîtes des individus capturés

(Originale)

3.4.2.2. Etude de la morphométrie de *Schistocerca gregaria* (état phasaire)

Duranton et Lecoq (1990), mentionnent que trois mesures seulement peuvent suffire à caractériser l'état phasaire, au niveau morphologique d'une population de criquet pèlerin adulte. Ils s'agit des mesures de la longueur de l'élytre (**E**), de la longueur du fémur postérieur (**F**), et de la largeur maximale de la capsule céphalique (**C**) (**Fig. 15**). Fuzeau-Braesch (1990) ajoute aux trois paramètres à mesurer cités ci-dessus, la mesure du pronotum.

Pour effectuer les différentes mensurations des différentes parties du corps des individus échantillonnés, nous avons utilisé un papier millimétré et par la suite confirmé avec un pied à coulisse électronique.

Toutefois, les valeurs obtenues sont ensuite exprimées sous forme de rapports (E/F et F/C). Ceux-ci nous renseignent sur l'état phasaire des individus en comparant les moyennes de ces rapports avec les ratios établis par Dirsh (1953) (**Tableau 5**). Trois classes morphométriques d'individus en sont dégagées. Ce sont les adultes appartenant soit à la phase solitaire, soit à la phase *transiens*, soit à la phase grégaire.

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

Tableau 5. Indices morphométriques de *Schistocerca gregaria* selon Dirsh (1953) cité par Duranton et Lecoq (1990)

Par la suite, nous avons représenté les rapports calculés pour chaque individu étudié sur l'abaque morphométrique de Rungs (1954) cité par Duranton et Lecoq (1990) (**Fig. 16**). Ces derniers notent que pour chaque sexe, les points situés strictement à l'intérieur du rectangle solitaire correspondront à des individus solitaires types, ceux situés à l'intérieur du rectangle grégaire à des grégaires types. Quant aux individus situés entre les deux, ils correspondront à des *transiens* à divers degrés de la transformation phasaire.

En effet, la représentation conjointe des rapports E/F et F/C sur une telle abaque permet d'obtenir rapidement l'état de "grégariformité" d'une population.

3.4.2.3. Etude de l'homogénéité des populations de *Schistocerca gregaria*

L'existence chez les acridiens migrants de populations morphologiquement intermédiaires entre les phases grégaire et solitaire types a posé le problème de la mesure du degré de différenciation phasaire d'un individu. Afin de remédier à cela Minato et *al.* (1973) propose l'analyse en composante principale (A.C.P.) qui permet d'établir une représentation en nuages dans laquelle apparaissent à la fois chacun des caractères considérés et des individus observés. Ce résultat est obtenu grâce à une méthode particulière de codification et par le calcul des valeurs et des vecteurs propres qui assurent une parfaite symétrie entre les caractères et les individus.

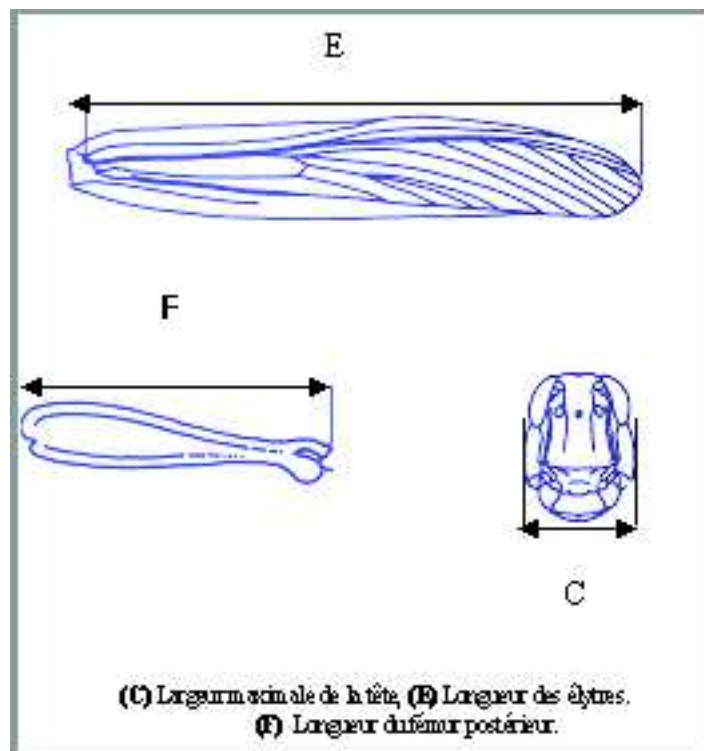


Figure 15. Schéma des mesures morphométriques standard de Dirsh, 1953 (Duranton et Lecoq, 1990)

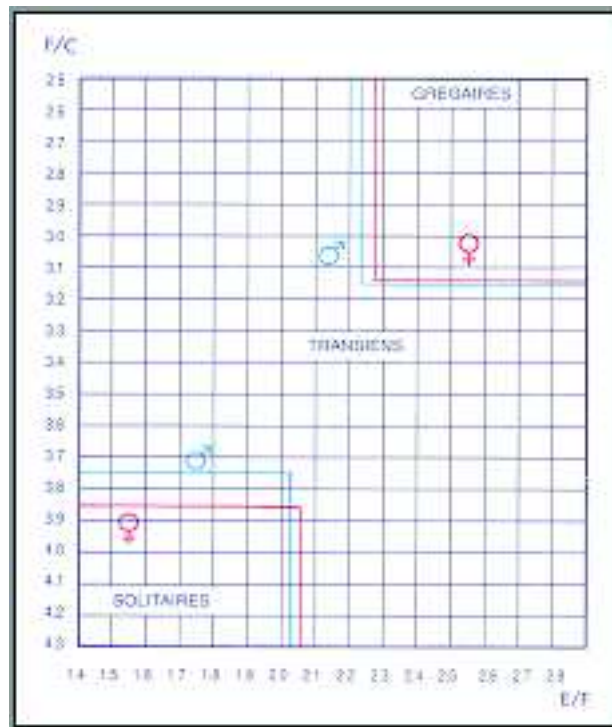


Figure 16. Abaque morphométrique de RUNGS (1954)

(Duranton et Lecoq, 1990)

Lauga (1976 et 1977) cité par De Gregorio et Duverger Nedellec (1984) propose l'utilisation de méthodes d'analyses multivariées dont on doit l'introduction en acridologie à Blakith (1960 et 1971). L'utilisation de la classification ascendante hiérarchisée (analyse par partitionnement univarié) permet aussi de déterminer les groupes d'individus formant des unités homogènes et donc ayant les mêmes caractéristiques biométriques qui définiraient une phase de transformation morphologique donnée ainsi que le sens de la transformation phasaire pour l'ensemble des individus.

Dans notre cas nous avons utilisé l'analyse en composantes principales (ACP).

3.4.2.4. Technique d'étude du régime alimentaire du criquet pèlerin

Les individus sont capturés au filet ou à la main en fonction des conditions climatiques. Ils sont isolés individuellement dans des boîtes de Pétri pendant 24h, temps suffisant pour qu'ils vident leur tube digestif. Pour étudier le régime alimentaire des individus capturés nous avons opté pour la méthode coprologique avec l'analyse des fèces.

3.4.2.4.1. Préparation des lames de référence (Epidermothèque de référence)

Pour réaliser cette méthode, nous nous sommes référés à plusieurs travaux notamment ceux de Prat (1932) cité par Ould El Hadj (2004), Guyot (1966), Leberre et Mainguet (1974), Ben Halima (1984) et Butet (1985).

La préparation des lames de références se fait à partir du végétal récolté des stations d'étude. Ces lames peuvent être obtenues aussi bien à partir des végétaux frais ou secs.

Les épidermes sont délicatement détachés des tissus sous-jacents de la plante à

l'aide d'une lame de bistouri ou d'une pince fine. Ensuite ils sont mis à macérer dans de l'hypochlorure de sodium (Na O Cl) à 12° durant quelques secondes pour la décoloration afin de mieux observer les structures des parois cellulaires. Une fois rincés à l'eau distillée les épidermes sont mis dans des bains d'alcools de 75° , 90° , et 100° pendant 3 mn pour chaque bain. L'étape suivante consiste à conserver les épidermes par un montage entre lame et lamelle en utilisant du liquide de Faure pour la fixation. Ensuite nous avons fait passer les montages par une plaque chauffante afin d'éliminer les bulles d'air (**Fig. 17**). Chaque lame porte le nom de l'espèce végétale, le type d'organe, la date et le lieu de la récolte. Après observation au microscope, chaque épiderme est schématisé et photographié (**Annexe 6**). Ils seront utilisés dans l'identification des fragments des végétaux trouvés dans les fèces des individus du criquet pèlerin.

3.4.2.4.2. Préparation et analyse des fèces

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

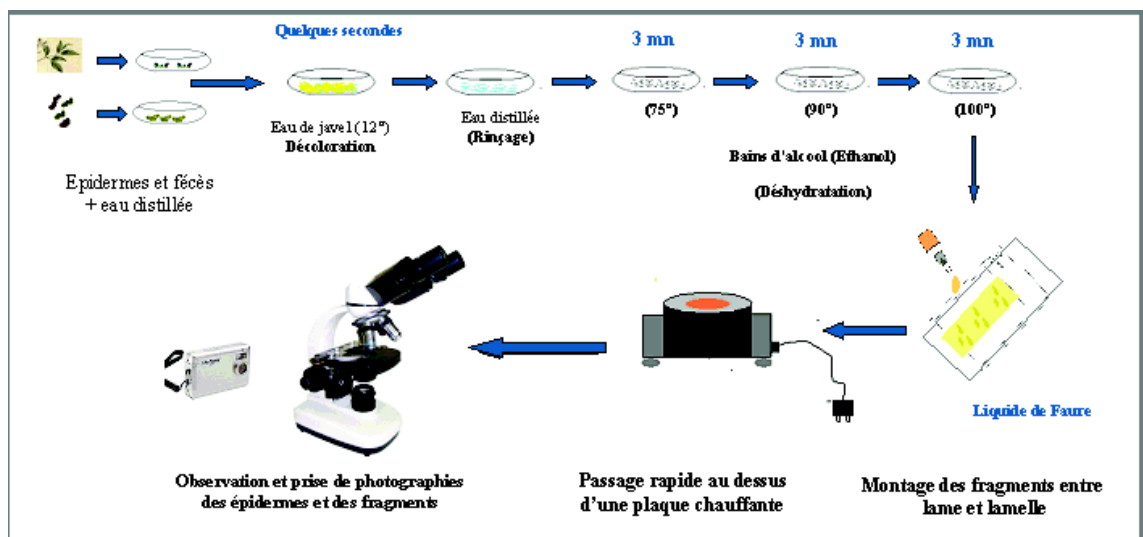


Figure 17. Méthode de conception d'une épidermothèque de référence et d'analyse des fèces

3.4.2.4.3. Exploitation des résultats

La nourriture est un facteur écologique important. Suivant sa qualité et son abondance, elle interviendra en modifiant la fécondité, la vitesse de développement et la mortalité des animaux. En outre, la diversification des régimes alimentaires est à l'origine de nombreuses adaptations morphologiques, physiologique et écologiques (Dajoz, 1971). Pour l'étude du régime alimentaire du criquet pèlerin, plusieurs méthodes d'exploitation des résultats sont préconisées.

3.4.2.4.3.1. Etude qualitative

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

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

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

N : nombre total des individus examinés

3.4.2.5. Utilisation de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* contre *Schistocerca gregaria*

3.4.2.5.1. Matériel fongique

Beauveria bassiana a été isolée à partir d'un apoïde que nous avons trouvé et récolté au niveau du marais de Réghaia le 16 avril 2003. L'isolement et l'identification de cet entomopathogène ont été effectués au département de mycologie de l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El-Harrach (**Fig. 18**).

Quant à la souche de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, elle a été obtenue à partir du département de lutte antiacridienne de l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) d'El Harrach, sous forme d'un biopesticide appelé «GREEN MUSCLE » formulé en concentration huileuse de spores et en poudre sèche de spores (**Fig. 19**). Selon Dupont (2006) ce biopesticide peut être appliqué sous forme de suspension huileuse diluée par du pétrole, de l'huile d'arachide ou alors du gasoil et l'huile du maïs.

3.4.2.5.2. Technique de multiplication (ensemencement) et conservation des champignons

Afin d'utiliser des isolats purs des deux champignons utilisés, nous avons opté pour la **culture monosporique** et qui d'après Rappily (1968) consiste à :

- Stériliser tout matériel en verre dans une étuve à 180°C pendant 30 mn
- Liquéfier le milieu de culture au bain Marie et l'écouler dans les boîtes de Pétri à raison de 0,5 cm d'épaisseur par boîte puis laisser refroidir.
- Après refroidissement, préparer une suspension mycélienne et y déposer 2 à 3 gouttes

par boîte puis les étaler à l'aide d'un râteau (pipette Pasteur modelée au bec bunsen) .

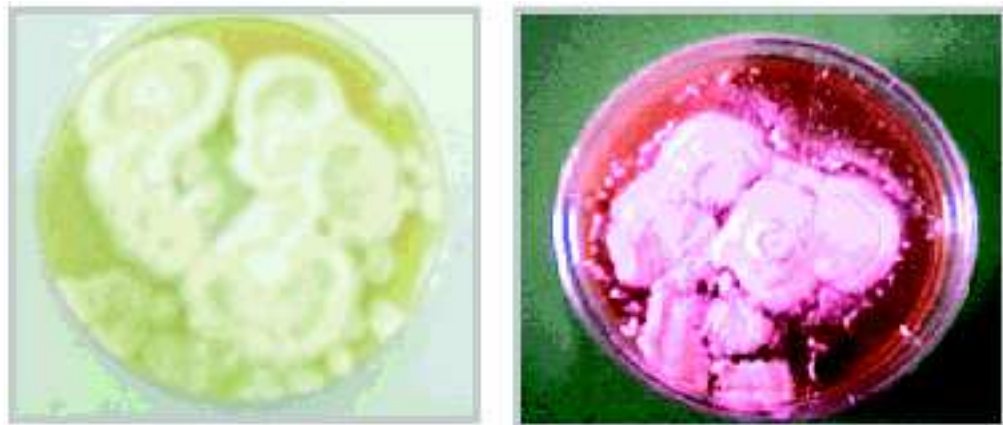
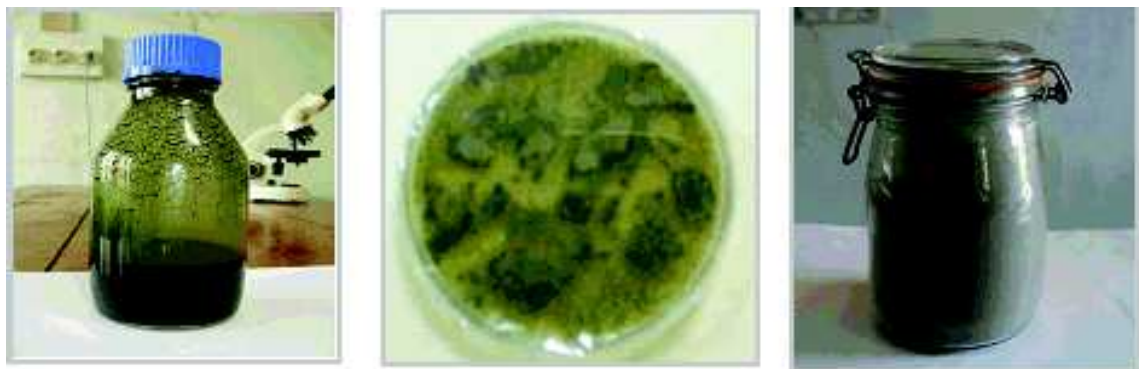


Figure 18. Souche de *Beauveria bassiana*

(Originale)



Concentration huileuse

Poudre sèche de spores

Figure 19. Souche de *Metarhizium anisopliae* var *acridum*

(Originale)

- Fermer hermétiquement les boîtes de Pétri à l'aide d'un film plastique ou du papier Cellophane. Cette opération est effectuée sous une Hotte à proximité d'un bec bunsen.

Placer les boîtes dans une étuve à $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 48 à 72 heures pour la germination.

- Après germination des spores, procéder au repiquage par prélèvement des spores qui ont germé puis les repiquer dans d'autres boîtes qui seront toujours placées à $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, et ce jusqu'à obtention d'une souche pure de *B. bassiana* et de *M. anisopliae*

Le milieu de culture utilisé est le Sabouraud contenant 30 g de glucose massé, 20 g de gélose, 10 g de peptone et 1000 ml d'eau distillée. Le mélange est autoclavé à 104°C pendant 30 minutes.

- Pour conserver les deux cryptogames, nous avons utilisé l'huile de tournesol qui est relativement disponible, pour cela nous avons procédé comme suit :

- Après avoir prélevé à l'aide d'un scalpel les semences de *B. bassiana* et de *M. anisopliae* ayant bien sporulé (âgées de 10 à 21 jours), les introduire dans des flacons en plastique contenant de l'huile de tournesol (20 à 30 ml).

- Fermer hermétiquement les flacons puis bien agiter pour homogénéiser le contenu et les ranger. Faire un test de viabilité des spores après chaque 10 à 15 jours.

Nous avons aussi conservé les deux souches à basses températures dans des tubes à essai. Selon Rappily (1968) ces derniers sont remplis à 1/3 du volume de PDA solidifié en position inclinée. Nous avons prélevé à l'aide d'une anse de platine stérilisée au bec bunsen la semence issue d'une culture ayant bien sporulé, puis étalé sur la surface du milieu de culture. Par la suite, nous avons placé les tubes fermés hermétiquement dans une étuve à 25°C pendant une semaine d'incubation, puis nous les avons retirés pour ensuite les conserver au réfrigérateur à 4°C.

3.4.2.5.3. Préparation et dosage des solutions entomopathogènes

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

Pour le dénombrement des spores, le principe consiste à compter le nombre des spores existant dans les 10 carreaux constituant les deux diagonales de la cellule, par la suite nous calculerons la somme afin de déterminer la concentration de la solution mère en utilisant la relation suivante :

$$\begin{array}{l} 100 \text{ spores} \text{ —————} > 10^6 \text{ spores/ml.} \\ \text{Nombre des spores comptées} \text{ —————} > X \end{array}$$

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

Pour obtenir différentes doses, nous procéderons aux dilutions successives de la solution mère titrée à la concentration la plus élevée. Nous utiliserons alors la formule suivante :

Le volume d'eau à ajouter sera alors :

3.4.2.5.4. Matériel animal

Les individus du criquet pèlerin utilisés lors de notre étude, proviennent d'un élevage permanent maintenu au niveau du département de lutte antiacridienne de l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El-Harrach.

L'élevage en masse des individus a été effectué dans deux cages parallélépipédiques d'une dimension de 120 × 45 × 77 cm, grillagée en métal inoxydable et à mailles fines sur les deux côtés pour l'aération. Ces cages sont munies de deux vitres coulissantes, ceci afin de permettre le nettoyage et le renouvellement de la nourriture ainsi que la vérification des pondoirs. Ces derniers sont d'environ 15 cm de profondeur, remplis de sable stérilisé et humidifié (Fig. 20).

Chaque cage est éclairée d'une manière alternative à l'aide de deux ampoules et servant au chauffage de la salle. Une température moyenne de 30± 4°C et une humidité de l'air de l'ordre de 75± 3%, sont maintenues constantes. Une photopériode de 12 heures de lumière sur 12 heures d'obscurité, est assurée. L'alimentation fraîche est composée de gazon, chou, sorgho, laitue et un complément de son de blé. La nourriture est renouvelée

tous les jours ainsi que le nettoyage des cages. Ces dernières doivent être désinfectées avec de l'alcool et de l'eau de Javel pour éviter toute contamination.

Une fois les pontes effectuées, les oothèques déposées par les femelles dans les pondoirs sont récupérées et placées dans des bacs de plus de 15 cm de profondeur, troués à la base pour permettre l'infiltration de l'eau, contenant du sable humide et stérilisé (**Fig. 21**). Ces bacs sont recouverts d'une toile moustiquaire pour l'aération et portent les indications nécessaires telle que la date de la ponte et le nombre d'œufs. Le contrôle de ces bacs se fait quotidiennement pour la vérification de l'humidité du sable et les éclosions des œufs, afin d'éviter le dessèchement des œufs et la mort des larves néonates, ces dernières sont récupérées et mises dans une autre cage réservée à l'élevage des larves de tous les stades. Ces cages sont munies de perchoirs pour permettre aux différents stades larvaires d'effectuer leurs mues.



Figure 20. Cages d'élevage des criquet



Figure 21. Bacs d'éclosion des œufs

(Originale)

3.4.2.5.5. Traitement des individus

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

3.4.2.5.6. Paramètres étudiés

3.4.2.5.6.1. Virulence des blastospores séchées et fraîchement produites de *M. anisopliae* var *acridum* vis-à-vis des imagos de *S. gregaria*

3.4.2.5.6.1.1. Essais de viabilité et test de germination des blastospores

Les blastospores séchées auparavant et déjàensemencées depuis 26 semaines à différentes températures (5°C, 20 °C, 30°C, 40°C et 50°C) ainsi que celles fraîchement prélevées d'une culture ont été distribuées sur un substrat composé de 10 à 50 g d'extrait de Malt, 20 g de gélose (agar contenant des antibiotiques) et 1000 ml d'eau distillée autoclavée à 115°C pendant 20 mn. Ces blastospores sont ensuite incubées à 25°C pendant 24 heures.

Nous avons ensuite compté le nombre de spores ayant germé, aussi le taux de germination de 100 blastospores a été évalué par observation microscopique au grossissement (10 × 40) et cela durant les 26 semaines d'incubation. Trois répétitions ont été retenues.

3.4.2.5.6.1.2. Essais biologiques

L'efficacité des blastospores séchées et fraîches de *M. anisopliae* a été examinées à travers des essais biologiques vis-à-vis des imagos de *S. gregaria*. En effet, les blastospores ont été suspendues dans de l'eau désionisée avec une concentration finale de $2,14 \cdot 10^7$ spores/ml (DL₅₀ obtenue par Jaronsky (2002)). Les individus ont été pulvérisés par la solution entomopathogène et incubés à une température de $30^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$. Ces essais ont été surveillés quotidiennement pendant 14 jours. Nous avons maintenu l'humidité relative à 30%. Cinq répliques pour les deux formes de blastospores ont été retenues pour cette étude. Le paramètre étudié est la virulence ou l'efficacité du champignon sous ses deux formes sur la mortalité des imagos du criquet pèlerin.

3.4.2.5.6.2. Etude comparative de l'efficacité de *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum* vis-à-vis des imagos de *S. gregaria*

Les doses utilisées au cours de nos essais sont :

B. bassiana : - D (Imagos) = $2,84 \cdot 10^6$ spores / ml (DL₅₀ obtenue par Kaidi (2004))

M. anisopliae : - D (Imagos) = $2,14 \cdot 10^7$ spores/ml (DL₅₀ obtenue par Jaronsky (2002))

3.4.2.5.6.2.1. Vis-à-vis la mortalité

Cette étude consiste à comparer l'efficacité des deux champignons pris en considération sur la mortalité des imagos du criquet pèlerin. Pour chaque dose, 5 répétitions sont retenues à raison de 10 individus par répétition. L'essai a été surveillé quotidiennement pendant 14 jours pour les deux traitements.

Les mortalités sont exprimées en pourcentage par la formule suivante :

$\frac{\text{Nombre de morts}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100$

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

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

Soit :

3.4.2.5.6.2.2. Vis-à-vis de l'hémogramme de *S. gregaria*

Pour cette étude nous avons utilisé 10 individus pour chaque traitement, parmi lesquels 5 témoins sur lesquels on a pulvérisé de l'eau distillée et les 5 autres sont traités par la solution entomopathogène appropriée. Les doses utilisées pour cette étude sont les DI50 citées auparavant dans l'étude précédente. Les individus sont mis dans des cages isolées.

Le frottis sanguin est réalisé 3 jours après le traitement. D'après Guzo et Stoltz (1987) cités par Habes (1989) le frottis sanguin se réalise de la manière suivante (**Fig. 22**) :

- Prélever 3 à 5µl d'hémolymphe fraîche au moyen d'une micropipette graduée suite à une incision entre la patte postérieure et le thorax
- Etaler une couche mince de ce volume, puis faire sécher la lame à l'air

- Après séchage, y déposer 20 gouttes de May- Grünwald dilué ou bleu de Méthylène et laisser reposer pendant 3 minutes, on ajoute quelques gouttes d'eau distillée et laisser pendant 1 minute.
- Enlever l'excès du colorant avec de l'eau distillée par rinçage
- Ajouter 40 gouttes de Giemsa et laisser pendant 10 minutes, puis rincer la lame à l'eau courante.
- Laisser sécher la lame à l'air. Après séchage faire un montage entre lame et lamelle en appliquant une fine couche du liquide de Faure aux extrémités de la lamelle, qui sera collée sur la lame puis laissée sécher.

Le comptage des différents types d'hémocytes se fait sous microscope optique à l'aide d'un compteur manuel.

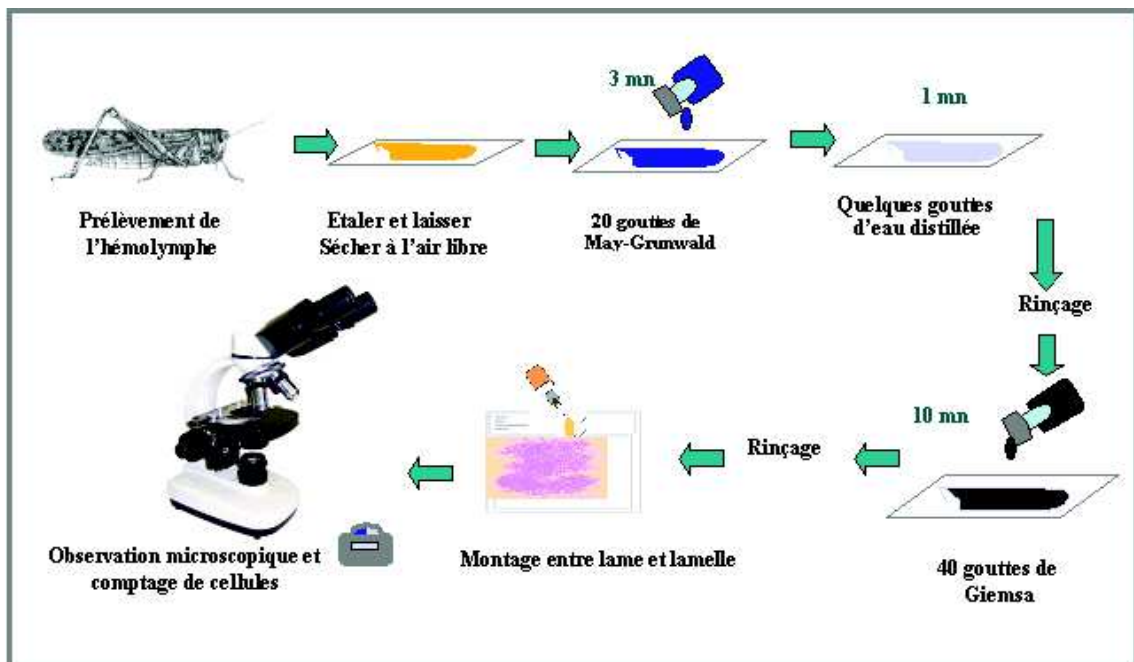


Figure 22. Méthode de réalisation du frottis sanguin d'après Guzo et Stoltz (1987) cités par Habes (1989)

(Originale)

3.4.2.5.6.3. Exploitation des résultats

3.4.2.5.6.3.1. Analyse de la variance

Pour approuver l'efficacité du facteur étudié, nous avons fait appel à l'analyse de la variance à n critères de classification dans le but de tester la significativité statistique des différences entre les facteurs étudiés (STATISTICA, 2003).

3.4.2.5.6.3.2. Test LSD (Lower significatives differences)

Ce test vient compléter l'analyse de la variance en indiquant les niveaux de significativité pour les couples correspondants de moyennes, par la suite ces moyennes seront classées en groupes homogènes ou hétérogènes (STATISTICA, 2003).

Chapitre 4 : Résultats obtenus

En second lieu, notre travail vise à apporter quelques notions de lutte préventive aux niveau des biotopes naturels du criquet pèlerin en utilisant les champignons entomopathogènes tels que *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum*.

4.1. Notes d'observations relatives aux sites (Oueds) prospectés

Des observations sur les caractéristiques de chaque site prospecté ainsi que chaque arrêt c'est-à-dire à chaque point, ont été notées dans des formulaires FAO de prospection de lutte contre le criquet pèlerin. Ces informations concernant l'écologie (précipitations, végétation, humidité du sol) ainsi que les acridiens sont regroupées dans les tableaux 6 et 7.

En effet, les oueds prospectés durant cette saison sont caractérisés par une végétation annuelle présente en abondance caractérisée par un développement optimal avec début de dessèchement (fin de cycle) et parfois dessèchement total par endroits et par l'apparition de jeunes pousses sur les lits d'oueds. La présence d'individus de *Schistocerca gregaria* a été enregistrée au niveau de 3 sites en mars 2006 et au niveau de 10 sites en décembre 2006. Ces derniers sont caractérisés par des sols limoneux à sables fins avec une importante humidité et une végétation abondante et dense, en état de verdissement.

Afin d'identifier la relation existante entre la densité des individus de *S. gregaria* et quelques caractéristiques des sites étudiés à savoir : le sol et la végétation, nous avons eu recours à l'étude des matrices de corrélations (**Annexe 7**) entre les variables suivantes : la texture du sol, l'humidité du sol, l'état de verdissement de la végétation et la densité de la végétation.

	Sup. prosp. (Ha)	Habitat	Texture du sol	Profondeur d'Humidité du sol	Date de la dernière pluie	Végétation		Situation aridienne	
						Etat de verdissement	Densité	Présence	Densité (Ind./ha)
Inelal	40	Oued	LSsg	H (3)	Sept 2005	V	Dense	R.A.S	-
Aknes	50	Oued	ALSF	H (3)	Sept 2005	V	Moyenne	R.A.S	-
Taklet	40	Oued	ALSF	H (4)	Sept 2005	V	Moyenne	R.A.S	-
Tahytine	50	Oued	ASF	H (3)	Sept 2005	V	Dense	R.A.S	-
	10	Oued	ASF	H (3)	Sept 2005	V	Dense	R.A.S	-
Imessouhac	20	Oued	ALSF	H (3)	Sept 2005	VS	Dense	R.A.S	-
In Adjedjou	80	Oued	ALSF	H (3)	Sept 2005	V	Dense	R.A.S	-
Tag'hat	20	Oued	ALSF	H (3)	Sept 2005	V	Dense	R.A.S	-
Selet	30	Oued	ALSF	H(3)	Sept 2005	V	Dense	R.A.S	-
Tamazhageni (Tirahaline)	120	Oued	ALSF	H(4)	Sept 2005	V	Dense	R.A.S	-
Afédjaj (Tifrit)	30	Oued	ALSsg	H(4)	Sept 2005	V	Dense	R.A.S	-
Tin arezrez	40	Oued	ALSsg	H(3)	Sept 2005	V	Moyenne	R.A.S	-
Aderaba	60	Oued	ALSF	H (3)	Sept 2005	V	Moyenne	R.A.S	-
Tikouiet	70	Oued	ALSF	H (3)	Sept 2005	S	Faible	R.A.S	-
In Afarfar	100	Oued	ALSF	H(3)	Août 2005	S	Modérée	R.A.S	-
Tekouiet	250	Oued	ALSF	H(4)	Août 2005	V	Dense	R.A.S	-
Aksel	180	Oued	LSF	S (4)	Août 2005	V	Modérée	Présence	10
Tin Houair	100	Oued	LSF	S(4)	Sept 2005	V	Dense	R.A.S	-
Tin Tebahouin	40	Oued	LSF	H (3)	Sept 2005	V	Modérée	R.A.S	-
Tilok	50	Oued	ALSg	H (3)	Sept 2005	V	Dense	R.A.S	-
Baghi	20	Oued	ALSg	H (4)	Sept 2005	V	Modérée	R.A.S	-
Isfg	40	Oued	LSF	S(3)	Sept 2005	V	Modérée	R.A.S	-
Igharghar	80	Oued	LSF	S(3)	Sept 2005	V	Modérée	R.A.S	-
Tin Tarabine	450	Oued	LSF	H(2)	Sept 2005	VS	Dense	Présence	20
Afilale	-	Guelta	ALSg	H(2)	Sept 2005	V	Dense	R.A.S	-
Atakar, Assekrem	-	Massif	ALSgr	S(3)	Sept 2005	SV	Modérée	Présence	2

Tableau 6. Notations d'observations de la prospection hiverno-printanière (2006)

A : argile, L : limon, Sf : sable fin, Sg : sable grossier, R : rocaille ; H : humide, S : Sec ; V : vert, VS : vert en voie de dessèchement, SV : sec en voie de verdissement

Bioécologie de *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae) dans la région de l'Ahaggar

Lieu	Sép. prop. (Ha)	Habitat	Texture + d'humidité du sol	Profondeur du sol	Date de la dernière pluie	Végétation		Situation acclimatée	
						Etat de verdissant	Densité 4	Présence	Densité (Ind./ha)
Amidid	400	Oued	LSF	H (3)	Octobre 2006	V	Dense	Présence	20
Tin edjar	5	Yolcan	LSF	H (3)	Octobre 2006	SV	Dense	R.A.S.	-
Hekam	20	Oued	LSGg	H (4)	Octobre 2006	VS	Faible	R.A.S.	-
Tamsenast	150	Oued	ALSF	H (3)	Octobre 2006	VS	Dense	R.A.S.	-
Tinef	50	Oued	ALSF	H (3)	Octobre 2006	V	Faible	R.A.S.	-
Ardinet	50	Oued	LSg	H (3)	Octobre 2006	V	Dense	R.A.S.	-
Touatim Tghatim	20	Oued	ALSF	H (3)	Octobre 2006	VS	Dense	R.A.S.	-
Ivrytham	30	Oued	LSF	H (3)	Octobre 2006	V	Dense	Présence	30
In Adrethou	30	Oued	ALSF	H(3)	Octobre 2006	V	Dense	R.A.S.	-
Ouayyas	30	Oued	ALSF	H(4)	Octobre 2006	VS	Dense	R.A.S.	-
Tin Awez	20	Oued	ALSGg	H(4)	Octobre 2006	VS	Dense	R.A.S.	-
Abakel	150	Oued	LSF	H(3)	Octobre 2006	VS	Dense	Présence	30
Takouast	200	Oued	ALSF	H (3)	Octobre 2006	V	Dense	R.A.S.	-
Immesoulac	60	Oued	ALSF	H (3)	Octobre 2006	V	Dense	R.A.S.	-
Tinlaytas	60	Oued	ALSGg	H(3)	Octobre 2006	VS	Modér 44	R.A.S.	-
Tahelourte	10	Oued	ALSGg	H(4)	Octobre 2006	V	Dense	R.A.S.	-
Masrifi rocailleux	-	Masrifi	ALSGg	S (4)	Octobre 2006	SV	Dense	R.A.S.	-
Ammeour	20	Oued	ALSGg	S(4)	Octobre 2006	SV	Dense	R.A.S.	-
Amekent	30	Oued	LSF	H (3)	Octobre 2006	SV	Faible	R.A.S.	-
Tasouthe	30	Oued	ALSF	H (3)	Octobre 2006	SV	Faible	R.A.S.	-
Tsahoulain	60	Oued	ALSF	H (4)	Octobre 2006	V	Dense	R.A.S.	-
Ahite	60	Oued	ALSF	S(3)	Octobre 2006	SV	Dense	R.A.S.	-
Tahlet	30	Oued	ALSF	S(3)	Octobre 2006	SV	Dense	R.A.S.	-
Tahyas Tin Djacin	20	Oued	ASF	H(2)	Octobre 2006	SV	Dense	R.A.S.	-
Tahyne	20	Oued	ASF	H(2)	Octobre 2006	SV	Dense	R.A.S.	-
Timelouine	20	Oued	ASF	S(3)	Octobre 2006	S	Dense	R.A.S.	-
In Zafar	20	Oued	ASF	S(2)	Octobre 2006	S	Dense	R.A.S.	-
Tin Elhène	30	Oued	ASF	H(2)	Octobre 2006	SV	Dense	R.A.S.	-
Ardelmas	10	Oued	LSF	H (3)	Octobre 2006	V	Dense	Présence	50
Tin Tghast	10	Oued	SGg	H (3)	Octobre 2006	V	Dense	R.A.S.	-
Tin Tamaght	10	Oued	ALSGg	H (3)	Octobre 2006	VS	Dense	R.A.S.	-
Amastat	10	Oued	LSF	H (3)	Octobre 2006	V	Dense	Présence	30
Igharghar	100	Oued	LSF	H (3)	Octobre 2006	SV	Modér 44	Présence	5
Tin Tansime	600	Oued	ALSF	H (4)	Octobre 2006	V, SV	Dense	Présence	40
Ahailatour	20	Oued	ALSF	H(3)	Octobre 2006	V	Modér 44	R.A.S.	-
Tin Daghén	30	Oued	LSGg	H(3)	Octobre 2006	V	Modér 44	R.A.S.	-
Ardimha	60	Oued	ALSF	H(2)	Octobre 2006	S	Dense	R.A.S.	-
Ouan Farfar	20	Oued	ALSF	H(2)	Octobre 2006	S	Dense	R.A.S.	-
Tin Chifan	40	Oued	ALSF	S(2)	Octobre 2006	S	Modér 44	R.A.S.	-
Tin Chekch	40	Oued	LSF	S(2)	Octobre 2006	SV	Dense	Présence	8
Ahadada	60	Oued	LSF	S(2)	Octobre 2006	SV	Dense	Présence	8
Iffiden	20	Oued	LSF	S(3)	Octobre 2006	V	Dense	R.A.S.	-
In Zim	60	Oued	ALSGg	H(3)	Octobre 2006	V	Modér 44	R.A.S.	-
-	-	Ouella	ALSF	H(2)	Octobre 2006	V	Modér 44	R.A.S.	-
Tadens	50	Oued	LSGg	H(2)	Octobre 2006	V	Dense	R.A.S.	-
In Assafatou	50	Oued	LSGg	H (2)	Octobre 2006	V	Modér 44	R.A.S.	-
Tahhemelle Louis	20	Oued	LSF	H (2)	Sept 2005	S	Dense	R.A.S.	-
Tahhemelle	20	Oued	LSF	H (2)	Sept 2005	SV	Dense	Présence	10

Tableau 7. Notations d'observations de la prospection automno-hivernale (2006)

Ce qui nous a permis de constater que pour les deux saisons la densité des individus corrèle positivement avec la texture et l'humidité du sol avec un coefficient de corrélation respectivement égal à 0,42 et 0,60 pour la saison hiverno-printanière avec un niveau de probabilité $p < 0,05$ (soit respectivement $p_1 = 0,035$, $p_2 = 0,001$) ainsi que ($r_1 = 0,43$, $p_1 = 0,003$) et ($r_2 = 0,59$, $p_2 = 0,0002$) pour la deuxième saison. En effet, les figures 23 et 24 montrent qu'il existe une corrélation significative et négative entre la texture du sol et la densité. Cette dernière diminue avec l'augmentation de la texture du sol. C'est-à-dire que le criquet pèlerin a une préférence pour les sols légers à texture fine. De même pour l'humidité, cette dernière corrèle significativement avec la présence et la densité des individus. La corrélation entre les individus et la végétation est très faible.

4.2. Inventaire floristique des oueds prospectés

Dans le but de caractériser le comportement alimentaire du criquet pèlerin à l'état solitaire dans les biotopes et d'en cerner les potentialités pour sa reproduction du dans Parc National de l'Ahaggar où nous avons effectué des relevés floristiques de chaque site prospecté. Selon Guendouz-Benrima (2005) le cortège floristique est un excellent intégrateur des contraintes écologiques qui caractérisent un milieu. A chaque biotope correspond une liste des espèces végétales qui composent le tapis végétal. Lors de nos prospections, nous avons recensé 81 espèces végétales (arborées, arbustives et herbacées) appartenant à 28 familles. Nous les avons déterminées en noms latins, tamahaqs, arabes et français. La liste globale des espèces végétales présentes au niveau des sites prospectés durant l'année 2006 est représentée dans l'annexe 8. Aussi la présence et l'absence de chaque espèce végétale relative à chaque saison sont énumérées dans le tableau 8 et celles relatives à chaque site prospecté où nous avons noté la présence du criquet pèlerin dans l'annexe 9.

Espèces végétales	Saison hiverno-printanière	Saison automne-hivernale
Espèces arborées		
<i>Acacia albida</i>	-	+
<i>Acacia raddiana</i>	+	+
<i>Acacia senegal</i>	-	+
<i>Calligonum prostratum</i>	+	+
<i>Balanites aegyptiaca</i>	+	+
<i>Lepidodermis pyrotechnica</i>	+	+
<i>Masera crassifolia</i>	+	+
<i>Phoenix dactylopera</i>	-	+
<i>Salsola persea</i>	+	+
<i>Tamarix articulata</i>	+	+
<i>Tamarix gallica</i>	-	+
Espèces arbustives		
<i>Aerva javanica (persea)</i>	+	+
<i>Anabasis articulata</i>	+	+
<i>Artemisia campestris</i>	+	+
<i>Artemisia palatica</i>	+	+
<i>Atriplex holmsii</i>	-	+
<i>Calligonum comosum</i>	+	+
<i>Chrozophora brocchiana</i>	-	+
<i>Comulaca monacantha</i>	+	+
<i>Crewia papulifolia</i>	-	+
<i>Lavandula pubescens</i>	-	+
<i>Nucularia persea</i>	+	+
<i>Fergularia tomentosa</i>	+	+
<i>Salsola baryosma (foetida)</i>	+	+
<i>Sarcopodium (Artemisia) herba-alba</i>	-	+
<i>Salsola vermicularis</i>	+	+
<i>Eucalyptus leucostachya</i>	+	+
<i>Ziziphus lotus</i>	+	+
Espèces herbacées		
<i>Alceon canariensis</i>	-	+
<i>Aspodelus tenuifolius</i>	-	+
<i>Astragalus gomphiformis</i>	-	+
<i>Astragalus senecalis</i>	+	+
<i>Astragalus vespetalis</i>	+	+
<i>Atractylis aristata</i>	+	+
<i>Boerhaavia repens</i>	-	+
<i>Cassia lanceolata</i>	+	+
<i>Cassia italica (abovata)</i>	+	+
<i>Chenopodium (Biscutaria) pubescens</i>	-	+
<i>Chenopodium subarcticum</i>	+	+
<i>Citrullus colocynthis</i>	-	+
<i>Cleome aegyptiaca (arabica)</i>	+	+
<i>Cotula cinerea</i>	+	+
<i>Crotalaria sahariana</i>	+	+
<i>Diplopentia harrisi</i>	-	+
<i>Echium psammophilum</i>	-	+
<i>Eremobium aegyptiacum</i>	-	+
<i>Eruca sativa</i>	+	+
<i>Euphorbia calyptrata</i>	+	+
<i>Euphorbia granulata</i>	+	+
<i>Fagonia arabica</i>	+	+
<i>Fagonia bruguierii</i>	+	+
<i>Farsitia aegyptiaca</i>	+	+
<i>Farsitia ramosissima</i>	+	+
<i>Heliotropium ramosissimum (undulatum)</i>	+	+
<i>Haloxyliston schmittianum</i>	+	+
<i>Hypochaeris maritima</i>	+	+
<i>Malva rotundifolia</i>	-	+
<i>Marrubium niveum</i>	-	+
<i>Makoolmia aegyptiaca</i>	+	+
<i>Morella canescens</i>	+	+
<i>Moricandia arvensis</i>	-	+
<i>Nasutaria groenlandica</i>	-	+
<i>Fanicum kurdicum</i>	+	+
<i>Panicum arabicum</i>	-	+
<i>Pennisetum monodiana</i>	-	+
<i>Pteris albidula</i>	-	+
<i>Pulicaria crispata</i>	+	+
<i>Pulicaria incisa (undulata)</i>	-	+
<i>Rorippa villosa</i>	+	+
<i>Rumex vesicarius</i>	+	+
<i>Salsola chadani</i>	-	+
<i>Schouwia thebaica (purpurea)</i>	+	+
<i>Sclerocephalus arabicus</i>	-	+
<i>Sisymbrium irio (aegyptiacum)</i>	-	+
<i>Solanum nigrum</i>	-	+
<i>Stipagrostis (Aristida) ciliata</i>	+	+
<i>Stipagrostis (Aristida) plumosa</i>	+	+
<i>Stipagrostis (Aristida) pungens</i>	+	+
<i>Trifolium lewisii</i>	+	+
<i>Trichodesma africanum (mauritanicum)</i>	-	+
<i>Zilla spinosa</i>	+	+

Tableau 8. Liste des espèces végétales récoltées au niveau des sites prospectés

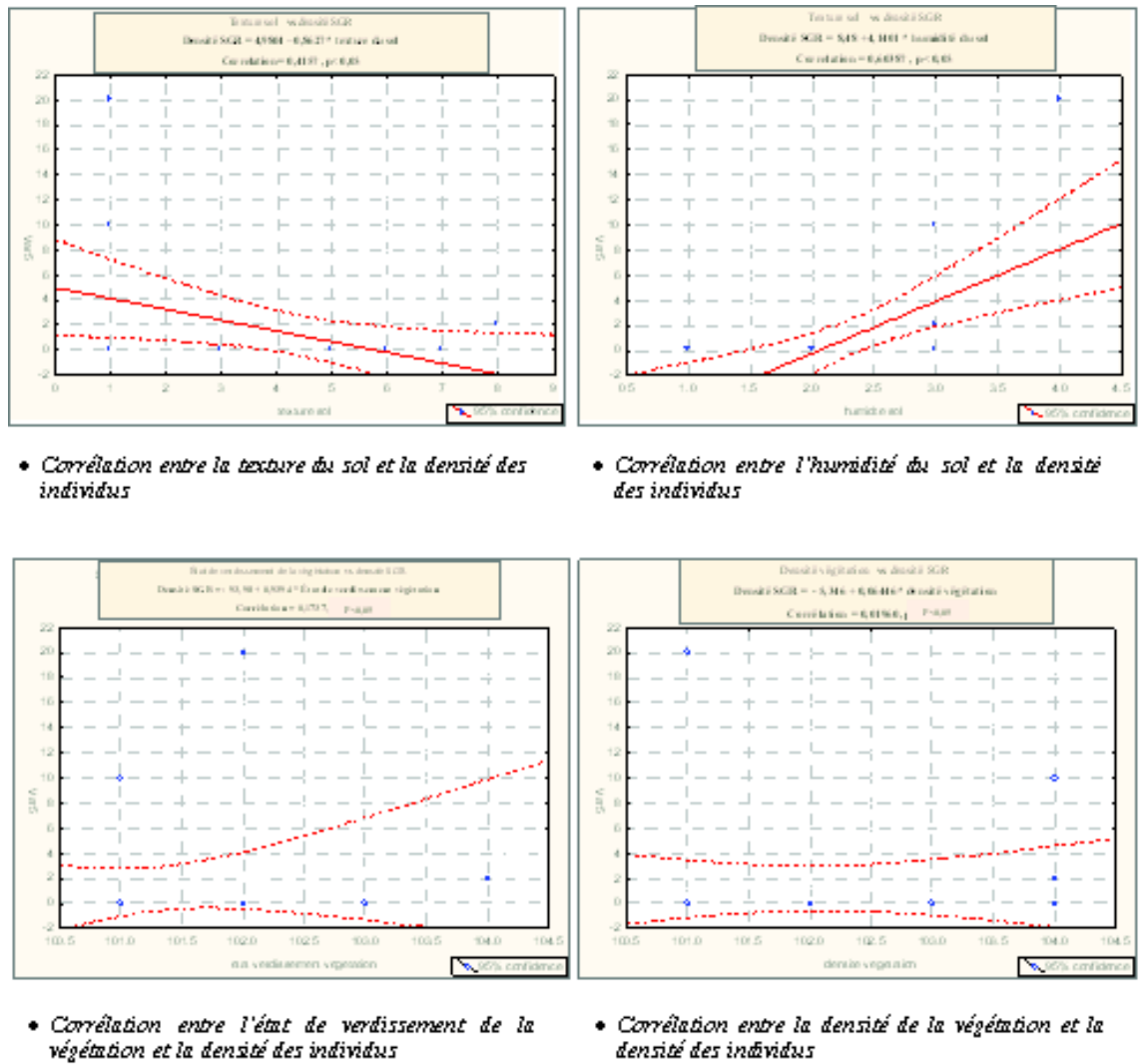


Figure 23. Représentation graphique de la corrélation entre la densité des individus du criquet pèlerin et quelques caractéristiques des sites prospectés (période hiverno-printanière)

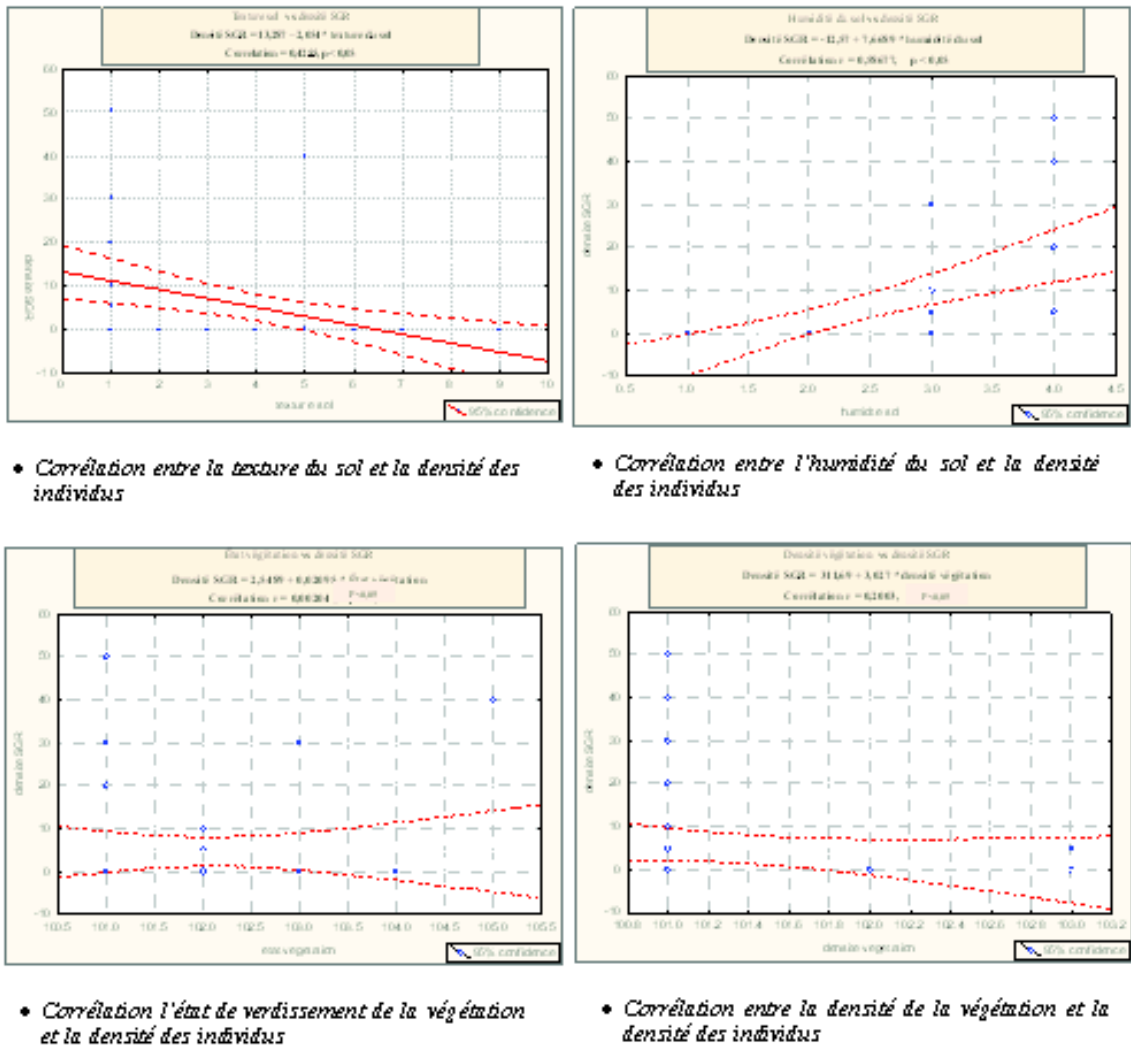


Figure 24. Représentation graphique de la corrélation entre la densité des individus du criquet pèlerin et quelques caractéristiques des sites prospectés (période automno-hivernale)

4.3. Quelques éléments bio-écologiques du criquet pèlerin dans le parc national de l’Ahaggar

Au cours de nos prospections nous avons capturé 138 individus de *S. gregaria* soit 43 individus (21 mâles et 22 femelles) durant la saison hiverno-printanière et 95 individus (55 mâles et 40 femelles) lors de la saison automno-hivernale de l’année 2006.

4.3.1 Etude des charges alaires

Le calcul de la charge alaire est obtenu par le rapport du poids de l'animal à la somme des surfaces des deux élytres et des deux ailes postérieures.

Les résultats portant sur la charge alaire des mâles et des femelles de *S. gregaria* capturés pendant les deux périodes de prospection sont consignés dans les tableaux ci-dessous.

Oued	Individus	Poids (mg)	Surfaces alaires (mm ²)			Charges alaires (mg/mm ²)
			A1	A2	2A1 + A2	
Abadél	Mâles (5)	1695	434,83	878,66	2627	0,02 ± 0,64
	Femelles (6)	2721,06	584,33	1270	3708,66	0,04 ± 0,73
Tin Tarabine	Mâles (16)	1191,08	363,2	737,4	2201,2	0,07 ± 0,55
	Femelles (16)	2849,02	579	1166,5	3491	0,06 ± 0,82

Tableau 9. Charges alaires moyennes des individus (mâles et femelles) de *S. gregaria* capturés en période Hiverno-printanière.

Oued	Individus	Poids (mg)	Surfaces alaires (mm ²)			Charges alaires (mg/mm ²)
			A1	A2	2A1 + A2	
Abadél	Mâles (5)	1965,66	470,6	928,6	2798,4	0,04 ± 0,70
	Femelles (4)	2998,75	549,5	1072,25	3243,5	0,04 ± 0,92
Adjemane	Mâles (12)	1404,22	421,91	745,91	2335,66	0,1 ± 0,60
	Femelles (8)	3393,97	595,62	1234,75	3660,75	0,12 ± 0,92
Amded	Mâles (8)	1183,56	365,12	734,75	2199,75	0,07 ± 0,54
	Femelles (3)	3012,53	587,33	1203,66	3582	0,08 ± 0,83
Amenait	Mâles (17)	1713,52	439,41	874,41	2627,64	0,02 ± 0,65
	Femelles (7)	2670,31	575,71	1297	3745,42	0,06 ± 0,71
Iwayharen	Mâles (5)	1043,64	253,8	377,94	1263,48	0,1 ± 0,83
	Femelles (6)	3104,83	432,66	1013,5	2892,33	0,04 ± 1,07
Tin Tarabine	Mâles (8)	1607,11	442,5	887,25	2659,5	0,09 ± 0,60
	Femelles (12)	2768,15	564,33	1126,83	3382,33	0,18 ± 0,81

Tableau 10. Charges alaires moyenne des individus (mâles et femelles) de *S. gregaria* capturés en période automno-hivernale

A1 : surface de l'élytre, A2 : surface de l'aile postérieure.

Le poids moyen des femelles capturées au niveau des biotopes prospectés varie entre 2721,06 et 2849,02 mg pour la saison hiverno-printanière. Il varie de 2670,31 à 3393,97

mg pour les femelles capturées en saison automno-hivernale. Ces femelles présentent une surface totale de l'envergure des deux élytres et des deux ailes membraneuses variant de 3491 à 3708,66 mm² pour la première saison, et de 2892,33 à 3745,42 mm² pour la deuxième. La charge alaire varie entre 0,73 et 0,82 mg/mm² avec un écart types compris entre 0,04 et 0,06. Cette différence peut s'expliquer par l'état physiologique des femelles car celles qui sont en pleine vitellogenèse sont plus lourdes que celles qui ont des ovaires à l'état juvénile, car ce poids évolue avec le temps et la charge alaire devient plus grande.

En ce qui concerne les mâles capturées en mars 2006, ces derniers présentent un poids moyen compris entre 1191,8 et 1695 mg, une surface totale de l'envergure des deux élytres et des deux ailes membraneuses variant de 2201,2 et 2627 mm² et une charge alaire comprise entre 0,55 et 0,64 mg/mm². Pour ceux capturés entre novembre et décembre 2006, le poids varie entre 1043,64 et 1965,66 mg, ils sont caractérisés par une surface alaire comprise entre 1263,48 et 2798,4 mm². La charge alaire varie entre 0,54 et 0,83 mg/mm². Une telle différence de charge alaire entre les deux sexes semble logique et même normale. Les risques de prédateurs ne sont pas les mêmes pour les mâles que pour les femelles que ce soit au sol ou en l'air. Ce qui nous mène à constater que les mâles peuvent être physiologiquement plus stables que les femelles.

4.3.2. Étude de l'état phasaire des populations capturées

La combinaison des différentes caractéristiques morphologiques et pigmentaires permet de définir l'état phasaire global de la population, lequel détermine le type de population étudiée. Si les rapports morphométriques (E/F) et (F/C) sont pris en considération sur plusieurs années, ils peuvent donner des indications sur la tendance générale de la population évoluant soit vers l'état transiens dégrégans soit vers l'état transiens congrégans. Les individus pris en considération proviennent de la région de Tamanrasset pendant deux périodes de l'année 2006, la saison hiverno-printanière dont 22 femelles et 21 mâles ont été capturés et la saison automno-hivernale dont 55 mâles et 40 femelles échantillonnés. Ces individus ont été récoltés au niveau de 6 oueds différents. Les différentes mensurations ainsi que les moyennes des deux rapports morphométriques obtenues concernant les individus capturés dans les oueds prospectés durant les périodes prises en considération sont portés sur l'**annexe 10** et sur les tableaux 11 et 12.

Oued	Individus	Indices morphométriques	
		E / F	F / C
Abadel	Mâles (5)	2,08 ± 0,12 Transiens	3,77 ± 0,15 Transiens
	Femelles (6)	2,01 ± 0,14 Solitaire	3,84 ± 0,22 Transiens
Tin tarabine	Mâles (16)	2,01 ± 0,11 Solitaire	3,90 ± 0,18 Solitaire
	Femelles (16)	2,16 ± 0,16 Grégaire	3,85 ± 0,17 Transiens

Tableau 11. Indices morphométriques des individus de *S. gregaria* en Mars 2006

En comparant les moyennes des rapports morphométriques pris en considération des individus étudiés avec ceux portés sur la table de Dirsh (1953), nous constatons que nos résultats correspondent à ceux des phases *solitaire*, *transiens* et *grégaire*. En effet, nous notons que les individus mâles de Oued Abadel sont en phase transiens ($2,08 < E/F < 2,13$; $3,62 < F/C < 3,79$). La moyenne du rapport E/F nous renseigne que les individus femelles sont solitaires ($2,02 < E/F < 2,09$) alors que d'après la moyenne du rapport F/C nous observons qu'elles sont en phase transiens ($3,71 < F/C < 3,86$). Pour Oued Tin Tarabine, les deux rapports

nous renseignent que les mâles sont en phase solitaire ($1,99 < E/F < 2,07$; $3,80 < F/C < 3,95$). Quant aux femelles, nous observons qu'elles sont en phase grégaire si en prend en considération le rapport E/F compris entre 2,16 et 2,33. Alors que le rapport F/C nous renseigne que celles-ci sont en phase transiens car il est compris entre 3,71 et 3,86.

L'abaque morphométrique de Rungs (1954), montre que les populations du criquet pèlerin capturées au niveau des deux oueds sont à l'état transiens dégrégaire avec présence de quelques individus typiquement solitaires (3 mâles et 4 femelles) à oued Abadel et (8 mâles et 3 femelles) pour oued Tin Tarabine (Fig. 25).

Oueds	Individus	Indices morphométriques	
		E / F	F / C
Abadel	Mâles (5ç)	0,08 ± 2,19 Grégaire	0,13 ± 3,81 Solitaire
	Femelles (4ç)	0,02 ± 2,11 Solitaire	0,09 ± 3,94 Solitaire
Adjelmane	Mâles (12ç)	0,06 ± 2,22 Grégaire	0,18 ± 3,59 Grégaire
	Femelles (8ç)	0,08 ± 2,14 Transiens	0,08 ± 3,76 Transiens
Amded	Mâles (8ç)	0,08 ± 2,24 Grégaire	0,21 ± 3,66 Transiens
	Femelles (3ç)	0,08 ± 2,12 Solitaire	0,04 ± 3,99 Solitaire
Amenatt	Mâles (17ç)	0,09 ± 2,22 Grégaire	0,11 ± 3,89 Solitaire
	Femelles (7ç)	0,05 ± 2,20 Grégaire	0,05 ± 4,04 Solitaire
Iwayharen	Mâles (5ç)	0,01 ± 2,20 Grégaire	0,05 ± 3,76 Transiens
	Femelles (6ç)	0,04 ± 2,03 Solitaire	0,06 ± 4,01 Solitaire
Tin Tarabine	Mâles (8ç)	0,11 ± 2,00 Solitaire	0,06 ± 3,90 Solitaire
	Femelles (12ç)	0,14 ± 2,19 Grégaire	0,17 ± 3,83 Transiens

Tableau 12. Indices morphométriques des individus de *S. gregaria* en Décembre 2006

En comparant les indices morphométriques énumérés dans le tableau ci-dessous avec ceux de l'échelle de Dirsh (1953), il en ressort que les populations capturées au niveau des six oueds prospectés sont diffuses plus ou moins homogènes et parfois hétérogènes. En effet, le rapport E/F varie entre 2 et 2,24 (solitaire, grégaire) pour les mâles et de 2,11 et 2,20 (solitaire, transiens et grégaire) pour les femelles. Le rapport F/C calculé est compris entre 3,59 et 3,90 (solitaire, transiens et grégaire) chez les mâles. Tandis que chez les femelles, F/C varie entre 3,76 et 4,04 (solitaire et transiens). L'abaque morphométrique de Rungs (1954) confirme l'hétérogénéité des populations (Fig. 26). Toutefois, il existe deux types de populations, à savoir celle regroupant des individus à l'état solitaire et transiens dégradés (Abadel, Amenatt, Iwayharen et Tin Tarabine) ainsi que des populations constituées

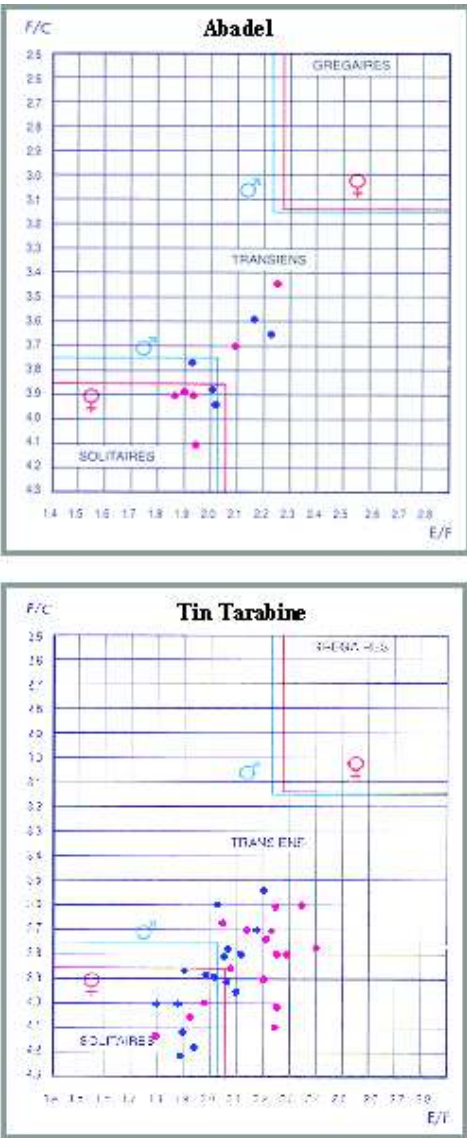


Figure 25. Représentations des rapports E/F et F/C des populations capturées en saison hiverno-printanière (2006)

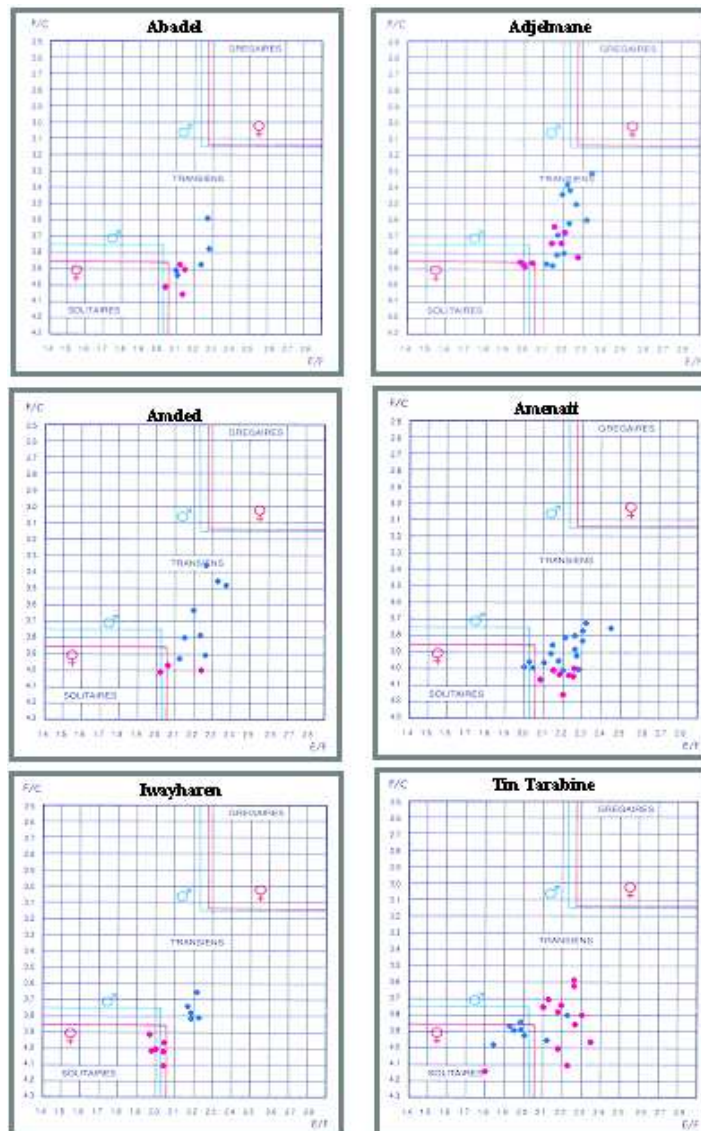


Figure 26. Représentations des rapports E/F et F/C des populations capturées en saison automno-hivernale (2006)

d'individus solitaires, transiens dégrééans et quelques uns transiens types, (Amded et Adjelmane).

4.3.2.1. Etude de l'homogénéité des individus de *S. gregaria* en période automno-hivernale (utilisation de l'Analyse des Composantes Principale ACP)

Pour mieux interpréter nos résultats obtenus, nous avons fait appel à l'analyse en composantes principales (ACP), qui est une méthode statistique multidimensionnelle permettant de synthétiser un ensemble de données et d'identifier les axes principaux qui expliquent le mieux les corrélations entre les variables descriptives. Ce qui nous permet de faire une synthèse graphique de nos résultats.

Pour notre étude, nous avons d'abord fait ressortir les coordonnées des variables actives (sexe, longueur du corps, E, F, CC, E/F et C/C) et supplémentaire (lieu = oued) en se

basant sur l'étude des corrélations. Ce qui nous a induit à la projection de ces variables dans un cercle de corrélation des axes principaux. Ces dernières se représentent par des flèches (vecteurs). Plus elles sont proches d'un axe, plus elles y contribuent. Plus elles sont proches de la circonférence, mieux elles sont expliquées par le plan formé par les deux axes.

La figure 27 représentant le cercle de corrélation qui nous renseigne sur la qualité de l'ACP, nous indique que la projection des variables étudiées sur le plan 1-2 explique 82,59 % d'informations. En effet, le facteur 1 absorbe 63,43 % d'information formant une composante C_1 regroupant les variables contribuant essentiellement à la formation du cercle de corrélation à savoir : F ($r = 0,97 \square 1$) suivie de E et CC avec respectivement ($r = 0,91$ et $r = 0,90$) puis LC avec $r = 0,87$ ainsi que le sexe ($r = 0,81$). Le facteur 2 absorbe 19,11 % d'information et contient une autre composante C_2 représentée par les deux rapports (E/F) et (F/C). Quant au facteur discriminant, c'est-à-dire la variable supplémentaire qui est le lieu, nous pouvons dire qu'il est lié essentiellement à la composante C_1 .

Par la suite, nous avons procédé à la représentation isométrique des groupements qui nous a permis de faire une analyse des proximités des individus. Cette représentation fait ressortir quatre sous composantes $C_{\square 1}$ et $C_{\square\square 1}$ expliqués par l'axe 1 c'est à dire le facteur 1 ayant un rapport avec les mensurations (LC, E, F, CC et sexe) ainsi que $C_{\square 2}$ et $C_{\square\square 2}$ liés aux deux rapports morphométriques.

La composante $C_{\square 1}$ ne regroupe que des individus femelles appartenant aux six oueds prospectés soit : Amenatt (ind. 21), Adjelmane (ind. 39), lwayharen (ind. 50), Abadel (ind. 61), Amded (ind. 73) et Tin Tarabine (ind. 94). Quant à la composante $C_{\square\square 1}$ regroupant les individus mâles appartenant à quatre oueds soit : Abadel (ind. 57), Adjelmane (ind. 26), Amded (ind. 66) et Amenatt (ind.4) (Fig. 28).

La composante C_2 est liée aux rapports morphométriques, elle est constituée de $C_{\square 2}$ composée d'individus mâles et femelles appartenant à quatre oueds soit : Adjelmane ($\text{♂}31$ et $\text{♀}44$), Amded ($\text{♂}66$), Amenatt ($\text{♂}13$) et Tin Tarabine ($\text{♂}76$ et 91♀). La sous-composante $C_{\square\square 2}$ est représentée par des individus capturés au niveau de trois oueds et qui sont Adjelmane ($\text{♂}27$), Amenatt ($\text{♂}12$) et Tin Tarabine ($\text{♀}93$).

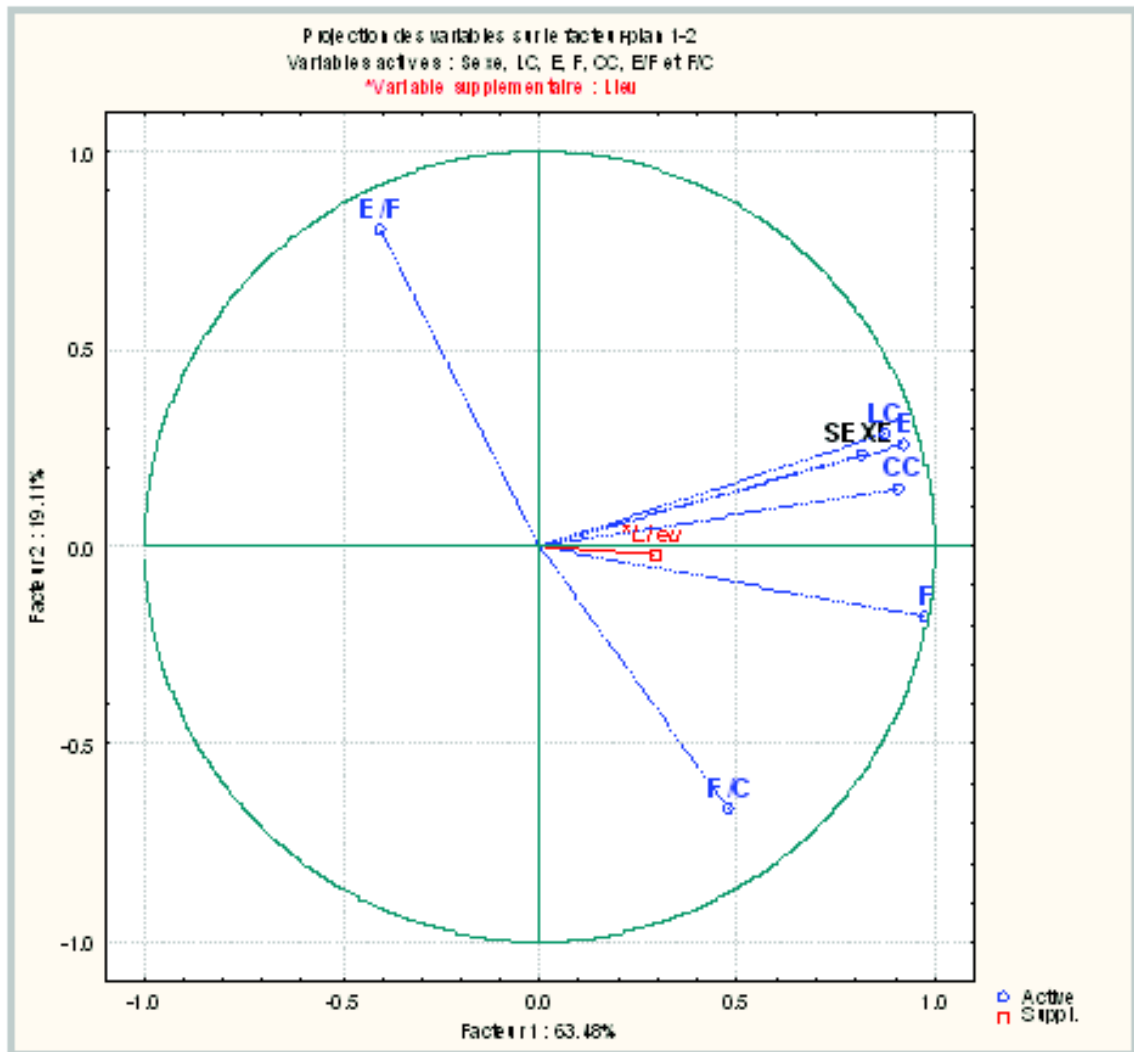
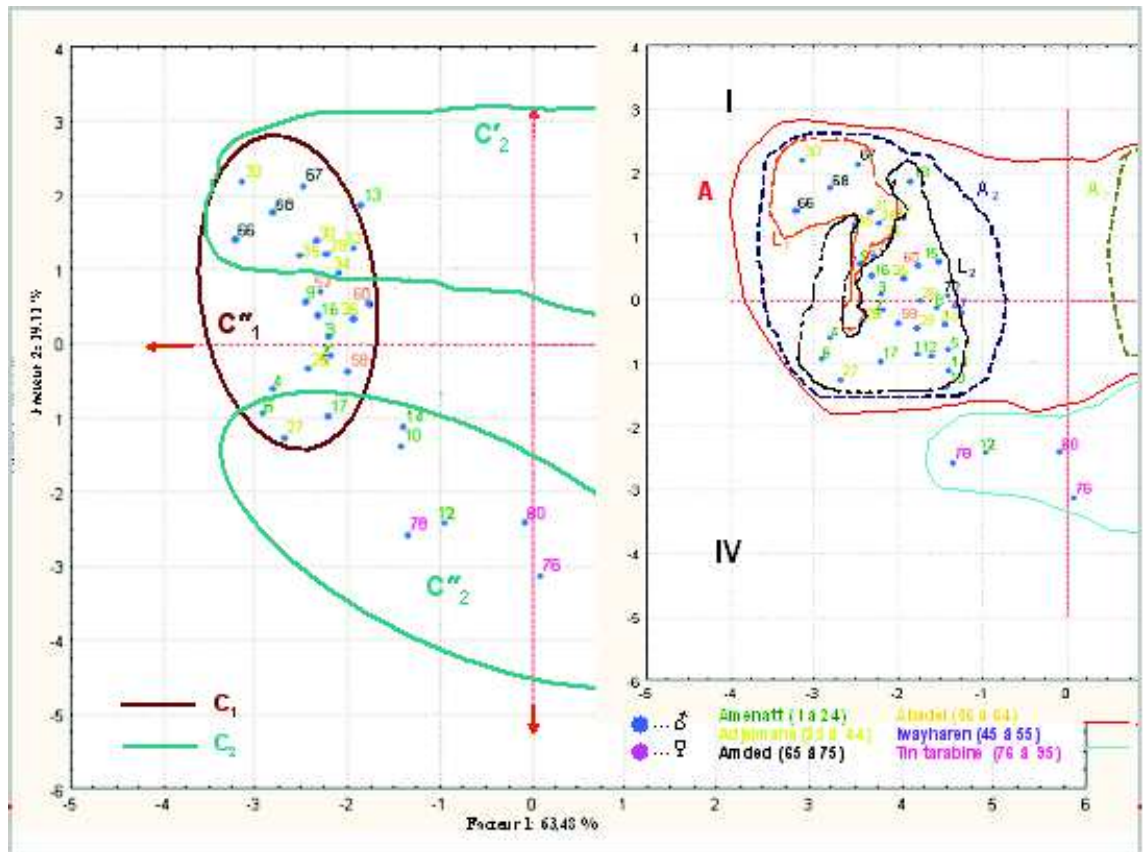


Figure 27. Représentation graphique des variables dans un cercle de corrélation des axes principaux



4.3.3. Régime alimentaire de *Schistocerca gregaria* au niveau des biotopes prospectés

Le comportement alimentaire peut d'après Duranton et al. (1982), être décrit en considérant trois conséquences bien distinctes dans le temps ; la quête alimentaire, le choix de l'aliment et la prise de la nourriture suivie d'ingestion. En effet, la compréhension du comportement trophique de ces acridiens notamment celui des locustes, constitue un élément de base dans la lutte antiacridienne. Ce comportement trophique est en relation très étroite avec les disponibilités alimentaires que présente le biotope de l'acridien, en l'occurrence la composante alimentaire du tapis végétal. Donc l'étude de celui-ci peut nous permettre de déceler la relation que pourrait avoir l'acridien et la plante nourricière.

Notre présent travail vise à apporter des données précises sur le spectre alimentaire des mâles et des femelles de *S. gregaria* en forme solitaire dans quelques biotopes naturels durant deux périodes de l'année 2006 à savoir la saison hiverno-printanière et la saison automno-hivernale. Pour cela nous avons procédé en premier lieu à une étude qualitative par l'analyse microscopique des contenus des fèces en les comparant avec l'épidermothèque de référence réalisée auparavant. Pour cela, nous nous sommes basés sur quelques critères d'identification à savoir :

- La forme et la taille des cellules végétales,
- La forme, la disposition et la densité des stomates,
- Les types de parois,

La présence et l'absence des poils, leur type (uni, bi ou pluricellulaires) ...etc.

Après l'analyse microscopique, nous avons identifié 17 espèces végétales présentes dans les fèces des individus mâles et femelles du criquet pèlerin (Fig. 29, Annexe 11). Ces espèces appartiennent à 10 familles botaniques à savoir les : Amaranthaceae, Asclepiadaceae, Brassicaceae, Capparidaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Poaceae, Salvadoraceae, Rhamnaceae et Zygophyllaceae.

En second lieu, nous avons calculé les fréquences d'occurrence de chaque espèce végétale trouvée dans les fèces des individus capturés.

4.3.3.1. Saison hiverno-printanière

Dans les tableaux 13 et 14 sont regroupées les espèces végétales recensées dans les fèces des individus mâles et des femelles de *S. gregaria* capturés à oued Abadel et oued Tin Tarabine ainsi que leurs fréquence d'occurrence.

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence (%)	
		Mâles	Femelles
Amaranthaceae	<i>Aerva tomentosa</i>	60	33,33
Asclepiadaceae	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	40	33,33
Brassicaceae	<i>Morsetia canescens</i>	100	100
	<i>Schouwia thebaica</i>	100	100
	<i>Zilla spinosa</i>	60	66,66
Capparidaceae	<i>Cleome arabica</i>	20	33,33
	<i>Maerua crassifolia</i>	0	16,66
Fabaceae	<i>Acacia radicata</i>	40	66,66
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i>	20	0
	<i>Stipagrostis ciliata</i>	40	66,66
	<i>Stipagrostis pungens</i>	60	33,33

Tableau 13. Fréquences d'occurrence des espèces végétales dans les fèces des mâles et des femelles de *S. gregaria* à oued Abadel.

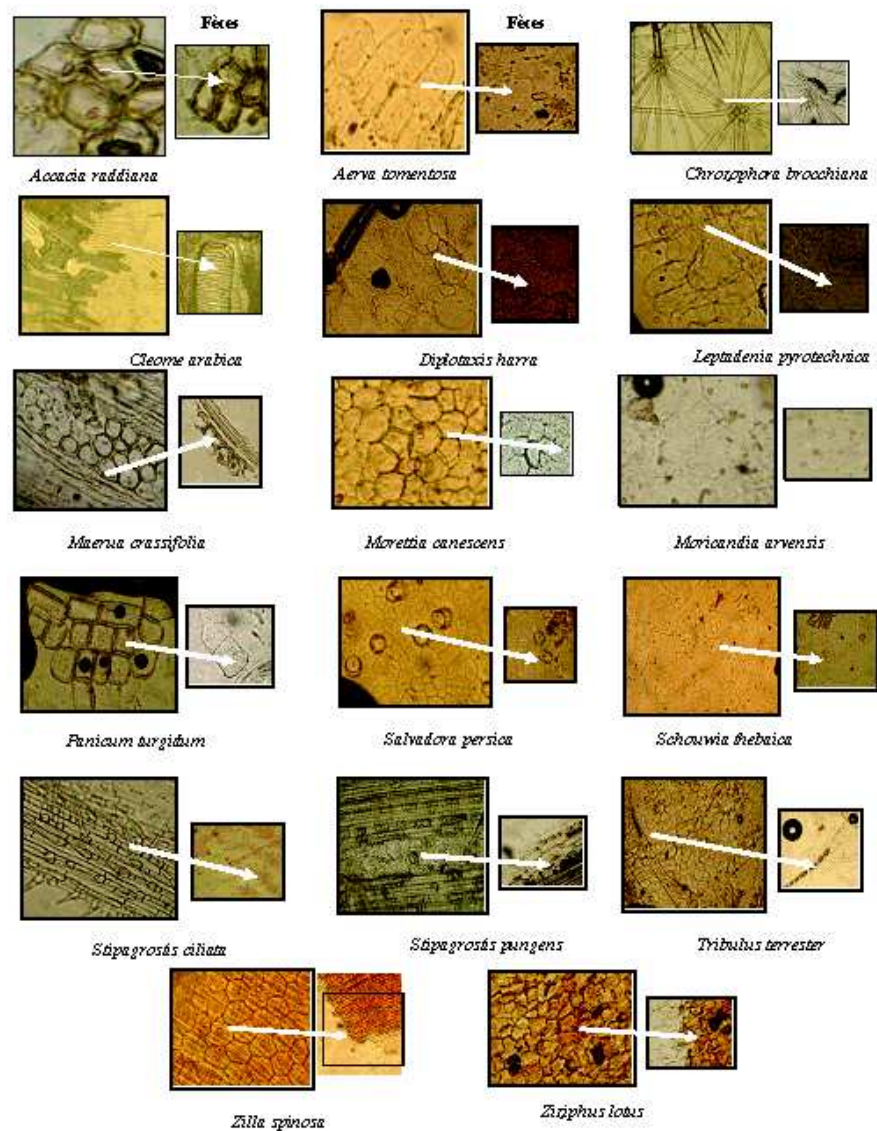


Figure 29. Photographies des épidermes des plantes et des fragments végétaux retrouvés dans les fèces des individus mâles et femelles de *S. gregaria* capturés dans le parc National de l'Ahaggar

(originale)

Les résultats notés sur le tableau ci-dessus montrent qu'à oued Abadel 11 espèces ont été consommées par les individus capturés de *S. gregaria* parmi 21 espèces recensées, soit 52,38 % des plantes présentes sur le terrain. 9 de ces espèces sont communes aux deux sexes, il s'agit de *Aerva tomentosa*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Morettia canescens*, *Schouwia thebaica*, *Zilla spinosa*, *Stipagrostis pungens*, *S. ciliata* et *Acacia raddiana*. L'espèce *Panicum turgidum* n'a été consommée que par les mâles. Quant à *Maerua crassifolia*, celle-ci n'a été consommée que par les femelles (Fig. 30).

Tableau 14. Fréquences d'occurrence des espèces végétales dans les fèces des mâles et des femelles de *S. gregaria* à oued Tin Tarabine.

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence (%)	
		Mâles	Femelles
Amarantaceae	<i>Aerva tomentosa</i>	50	18,75
Asclepiadaceae	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	18,75	50
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	93,75	81,25
	<i>Schouwia thebaica</i>	100	100
	<i>Zilla spinosa</i>	81,25	62,5
Capparidaceae	<i>Cleome arabica</i>	43,75	37,5
	<i>Maerua crassifolia</i>	68,75	50
Fabaceae	<i>Acacia raddiana</i>	56,25	43,75
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i>	12,5	25
	<i>Stipagrostis ciliata</i>	12,5	6,25
	<i>Stipagrostis pungens</i>	50	68,75
Rhamnaceae	<i>Zizyphus lotus</i>	56,25	37,5
Salvadoraceae	<i>Salvadora persica</i>	68,75	56,25

A oued Tin Tarabine, sur 19 espèces végétales, 13 seulement ont été consommées par les individus de *S. gregaria* soit un pourcentage de 68,42 %. Nous remarquons que *Schouwia thebaica* est toujours la mieux appréciée par les individus récoltés avec une fréquence d'occurrence de 100 % pour les deux sexes. Suivi de *Morettia canescens* avec 93,75% pour les mâles et 81,25 % pour les femelles (Fig. 31).

4.3.3.2. Période automno-hivernale

Au cours de la prospection automno-hivernale, nous avons noté la présence du criquet pèlerin au niveau de six oueds Abadel, Adjelmane, Amded, Amenatt, Iwayharen et Tin Tarabine. Les fréquences d'occurrence des espèces végétales retrouvées dans les fèces des individus mâles et femelles capturés sont consignées dans les tableaux 15, 16, 17, 18, 19 et 20.

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence (%)	
		Mâles	Femelles
Amarantaceae	<i>Aerva tomentosa</i>	23,25	0
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	98,50	88,25
	<i>Moricandia arvensis</i>	98,52	100
	<i>Schouwia thebaica</i>	100	100
Euphorbiaceae	<i>Chrozophora brocciana</i>	52,01	0
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i>	53,45	44,87
	<i>Stipagrostis ciliata</i>	22,5	12,23
	<i>Stipagrostis pungens</i>	40,23	28,15

Tableau 15. Fréquences d'occurrence des espèces végétales dans les fèces des mâles et des femelles de *S. gregaria* à oued Abadel.

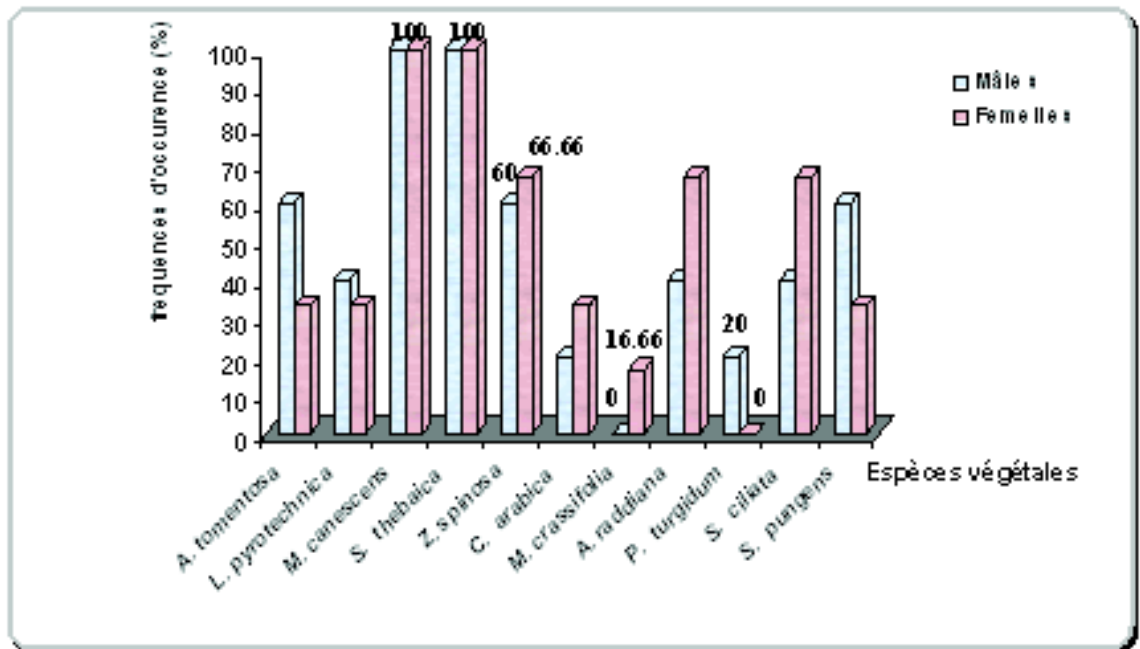


Figure 30. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* capturés à Oued Abadel (mars 2006)

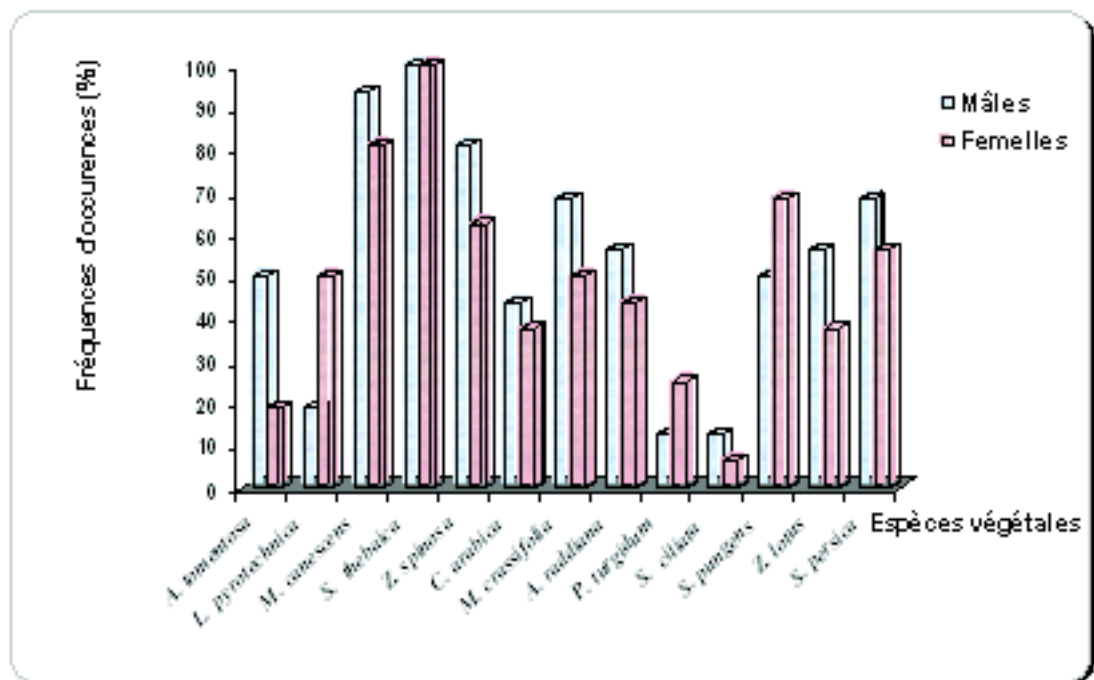


Figure 31. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* capturés à Oued Tin Tarabine (mars 2006)

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence (%)	
		Mâles	Femelles
Amarantaceae	<i>Aerva tomentosa</i>	45	63,25
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	99,54	100
Fabaceae	<i>Acacia raddeana</i>	18,88	33,65
Rhamnaceae	<i>Zizyphus lotus</i>	45,12	40,96

Tableau 16. Fréquences d'occurrence des espèces végétales dans les fécès des mâles et des femelles de *S. gregaria* à oued Adjelmane.

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence (%)	
		Mâles	Femelles
Amarantaceae	<i>Aerva tomentosa</i>	34,45	33,33
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	99,45	96,11
	<i>Schouwia thebaica</i>	100	100
	<i>Zilla spinosa</i>	98	86,12
Fabaceae	<i>Acacia raddeana</i>	12,30	41,22

Tableau 17. Fréquences d'occurrence des espèces végétales dans les fécès des mâles et des femelles de *S. gregaria* à oued Amded.

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence (%)	
		Mâles	Femelles
Amarantaceae	<i>Aerva tomentosa</i>	65,12	55,65
Fabaceae	<i>Acacia raddeana</i>	10,52	35,21
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i>	98,98	88,96
Rhamnaceae	<i>Zizyphus lotus</i>	77,45	87,12

Tableau 18. Fréquences d'occurrence des espèces végétales dans les fécès des mâles et des femelles de *S. gregaria* à oued Amenatt.

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence (%)	
		Mâles	Femelles
Amarantaceae	<i>Aerva tomentosa</i>	23,11	41,09
Brassicaceae	<i>Morettia canescens</i>	89,45	100
	<i>Schouwia thebaica</i>	99,65	100
Euphorbiaceae	<i>Chrosaphora brocchiana</i>	23,45	54,77
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i>	69,23	74,12
	<i>Stipagrostis pungens</i>	12,45	33,33
Zygophyllaceae	<i>Tribulus terrester</i>	100	100

Tableau 19. Fréquences d'occurrence des espèces végétales dans les fécès des mâles et des femelles de *S. gregaria* à oued lwayharen.

Familles botaniques	Espèces végétales	Fréquences d'occurrence (%)	
		Mâles	Femelles
Brassicaceae	<i>Diplotaxis harra</i>	75,12	65,41
	<i>Morettia canescens</i>	100	95,78
	<i>Schouwia thebaica</i>	100	100
	<i>Zilla spinosa</i>	65,79	88,45
Eygophyllaceae	<i>Tribulus terrester</i>	100	100

Tableau 20. Fréquences d'occurrence des espèces végétales dans les fécès des mâles et des femelles de *S. gregaria* à oued Tin Tarabine.

Nous avons constaté à partir des tableaux des fréquences d'occurrence et des figures 32, 33, 34, 35, 36 et 37 que le criquet pèlerin a une préférence pour les espèces végétales appartenant à la famille des Brassicaceae, avec toujours en tête *Schouwia thebaica*, suivi de *Morettia canescens* et *Zilla spinosa*.

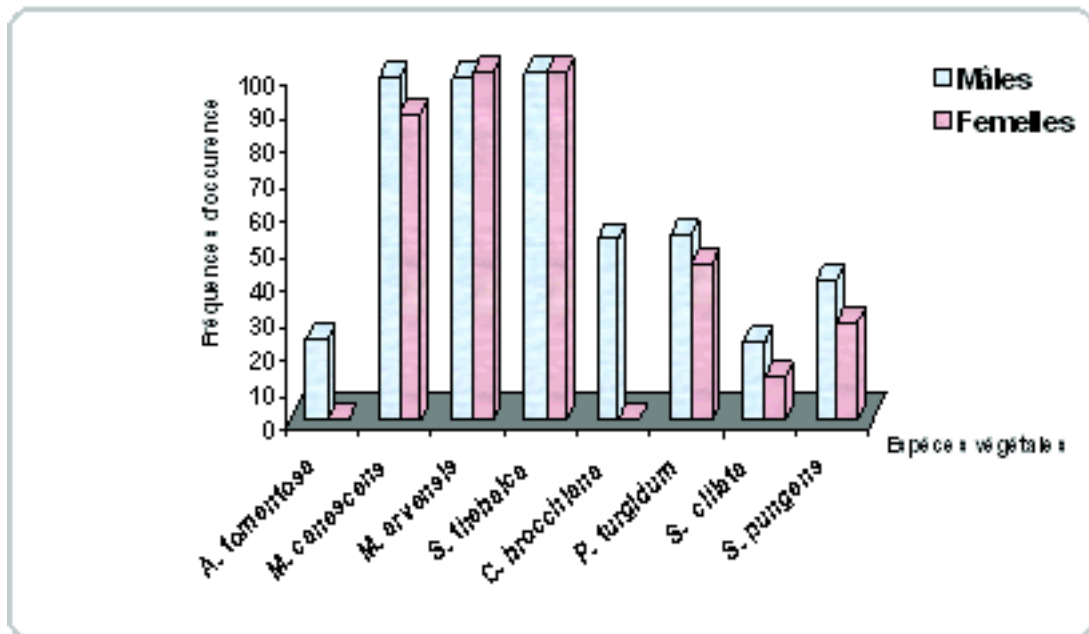


Figure 32. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* capturés à Oued Abadel (décembre 2006)

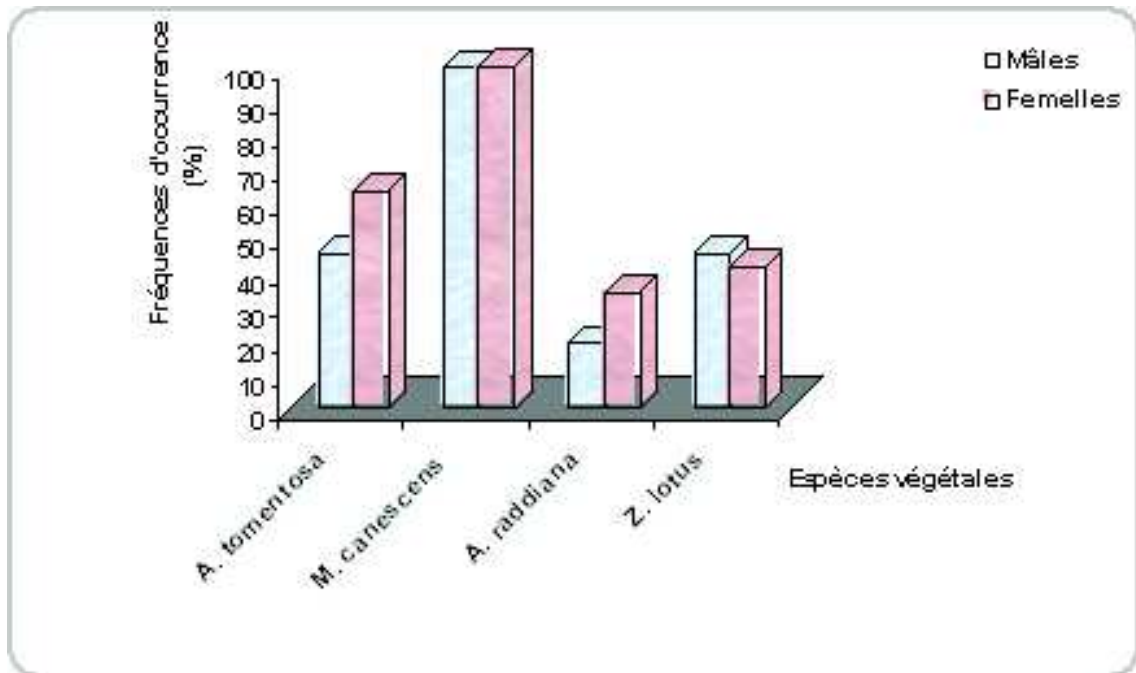


Figure 33. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* capturés à Oued Adjelmane (décembre 2006)

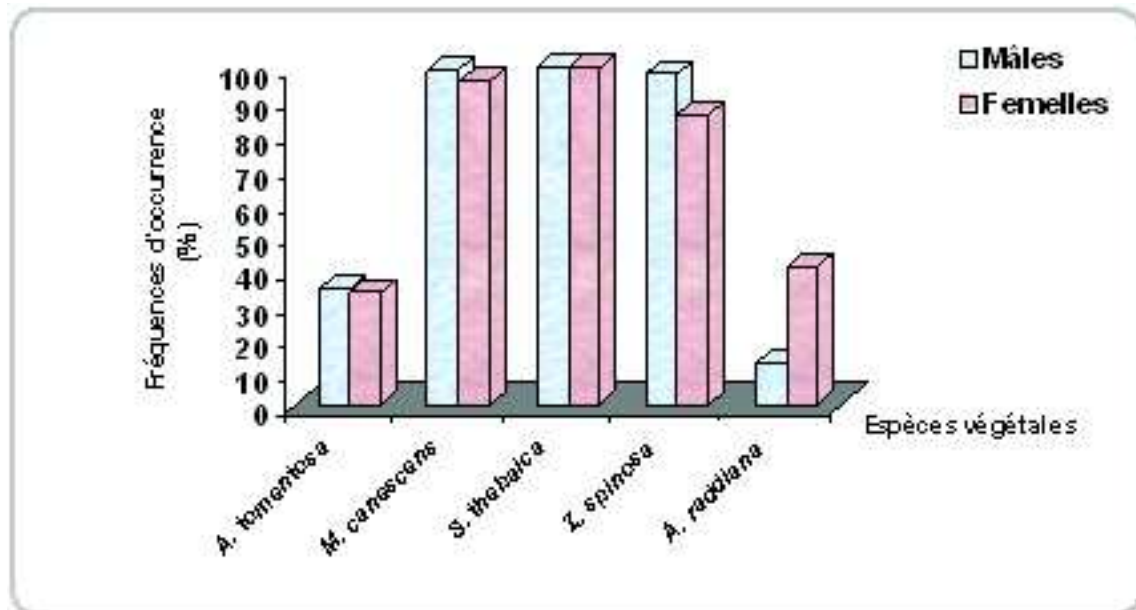


Figure 34. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* capturés à Oued Amded (décembre 2006)

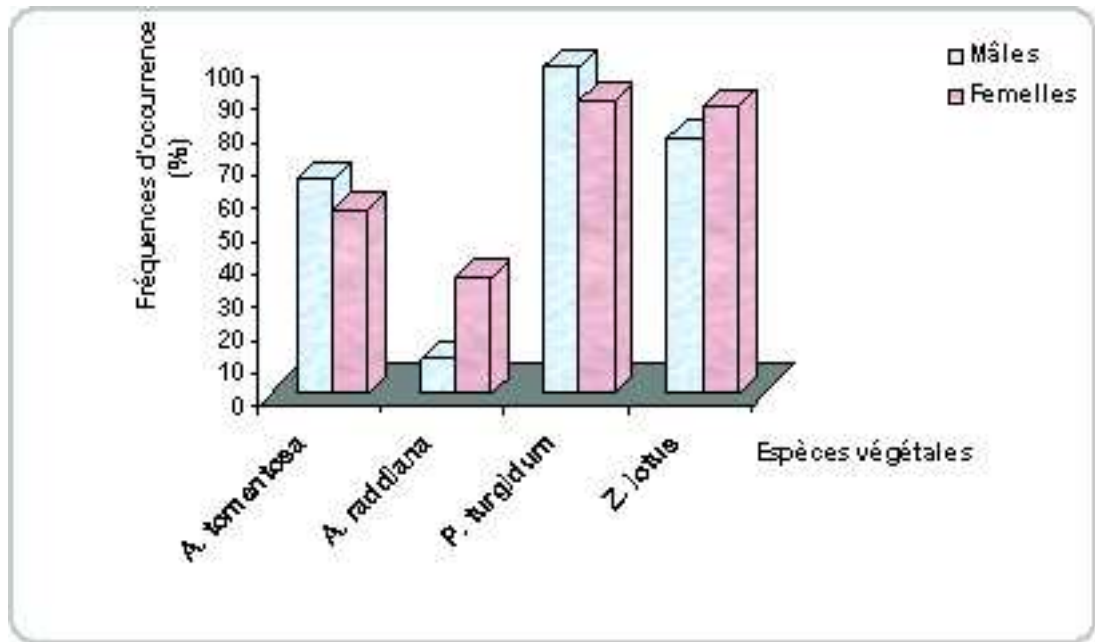


Figure 35. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* capturés à Oued Amenatt (décembre 2006)

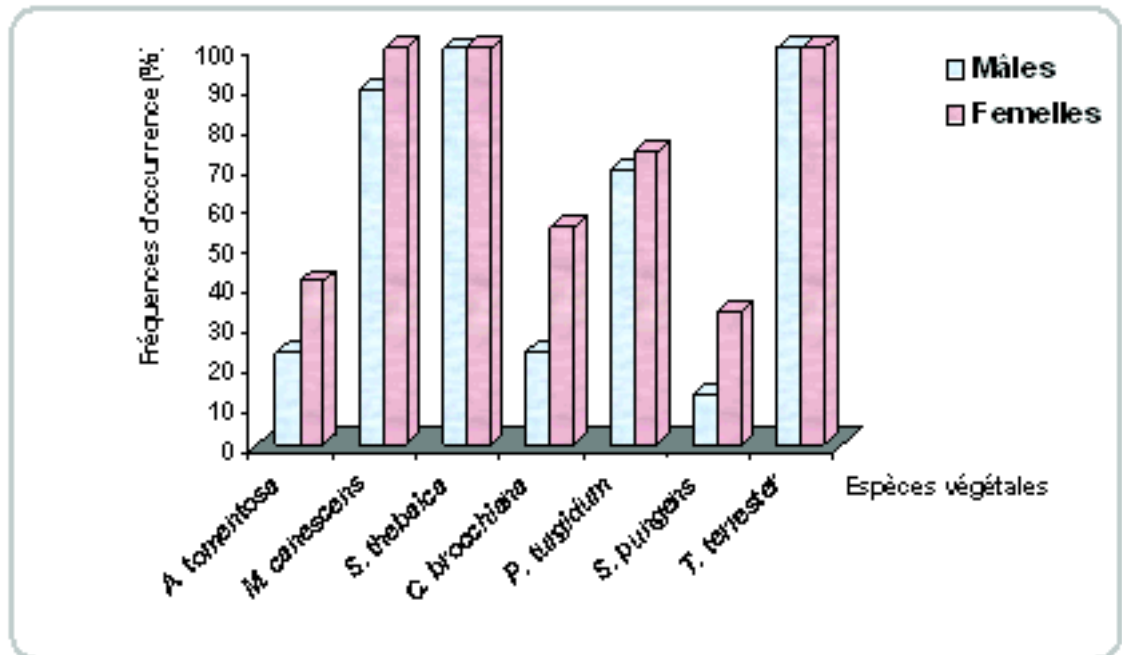


Figure 36. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* capturés à Oued lwayharen (décembre 2006)

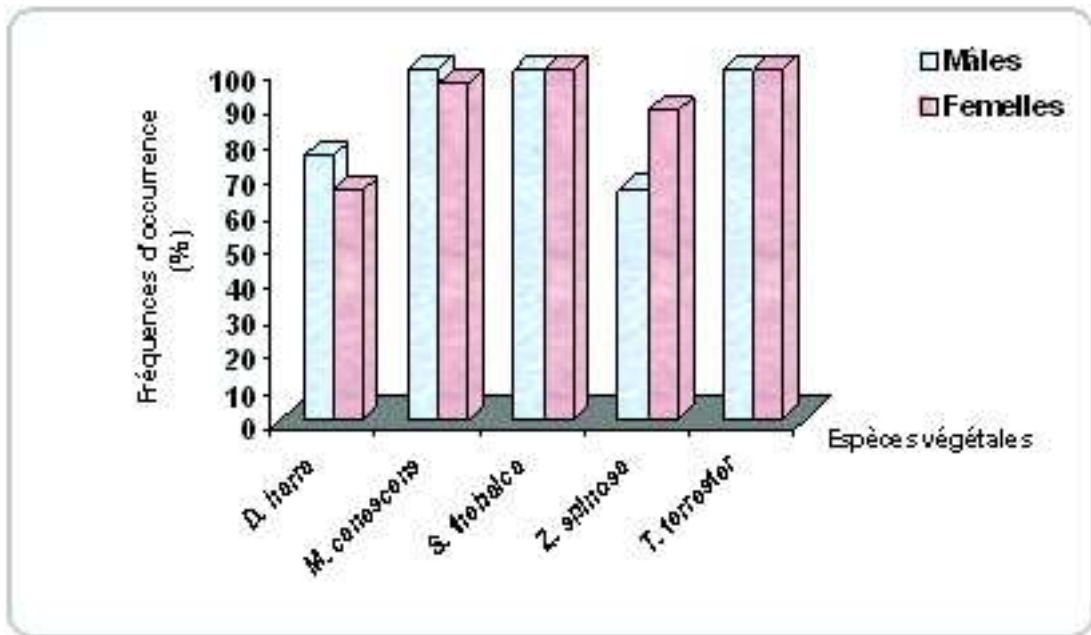


Figure 37. Fréquences d'occurrence des espèces végétales consommées par les individus de *S. gregaria* capturés à Oued Tin Tarabine (décembre 2006)

Nous remarquons aussi la présence d'une espèce Zygophyllaceae, *Tribulus terrester* dans les fèces des mâles et des femelles de *S. gregaria* avec une fréquence d'occurrence de 100%.

4.4. Utilisation de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* contre *Schistocerca gregaria*

4.4.1. Etude de la virulence des blastospores séchées et fraîchement produites de *M. anisopliae* var *acridum* vis-à-vis des imagos de *S. gregaria*

4.4.1.1. Essais de viabilité et test de germination des blastospores

Pendant une incubation de 26 semaines à différentes températures à savoir (5, 20, 30, 40 et 50°C), nous avons calculé les taux de germination des blastospores après 24 h d'incubation à 25°C.

En effet, nous avons remarqué que la viabilité des blastospores était presque identique comparée à celle fraîchement produites. Cependant, après 26 semaines de stockage à 5, 20 et 30°C, le taux de germination était respectivement de 88,1 ; 74,12 et 58,68. Le stockage à 40 et 50°C a eu comme conséquence une perte de 50 % de viabilité des blastospores après huit et de deux semaines respectivement pour les deux températures (**Fig. 38, Annexe 12**).

Pour bien expliquer l'effet de du stockage à différentes températures sur le taux de germination des blastospores de *M. anisopliae* nous avons fait appel à l'analyse de la variance à deux critères de classification. Soit le facteur1 (températures) avec 5 niveaux

Bioécologie de *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775 (Othoptera, Cyrtacanthacridinae) dans la région de l'Ahaggar

$T_1= 5^{\circ}\text{C}$, $T_1= 20^{\circ}\text{C}$, $T_2= 30^{\circ}\text{C}$, $T_3= 40^{\circ}\text{C}$ et $T_5= 50^{\circ}\text{C}$ ainsi que le facteur 2 (temps) avec 26 niveaux c'est-à-dire 26 semaines.

Cette analyse nous révèle qu'il y a une différence très hautement significative pour les deux facteurs étudiés avec un niveau de probabilité $p < 0,05$ ainsi que $F_{obs} > F_{thé}$. Donc un effet hautement significatif de la température et du temps sur le taux de germination des blastospores de *M. anisopliae* (tableau 21).

Tableau 21. Analyse de la variance du taux de germination des blastospores de *M. anisopliae* stockées à différentes températures pendant 26 semaines.

	SCE	DDL	CM	Fobs	Fthéo	P
VAR1 (Temps)	43869,25	25	1754,77	118,56	1,57	0,000
VAR2 (T°C)	190501,84	4	87625,45	5920,5	2,42	0,000
VAR1*VAR2	51400	100	514	34,76	1,32	0,000
VAR résiduelle	3848	260	14,80	-	-	-

Le test LSD (Lower significatives differences) ou les comparaisons planifiées nous permet d'obtenir des groupes homogènes pour le facteur température. Ces groupes ainsi que le classement des moyennes sont portés sur le tableau ci-dessous.

Tableau 22. Test LSD ou comparaison planifiée du taux de germination à différentes températures

F1	Températures	Moyennes	Groupes homogènes
1	5°C	0,83	A
2	20°C	0,76	A
3	30°C	0,71	A
4	40°C	0,28	B
5	50°C	0,079	C

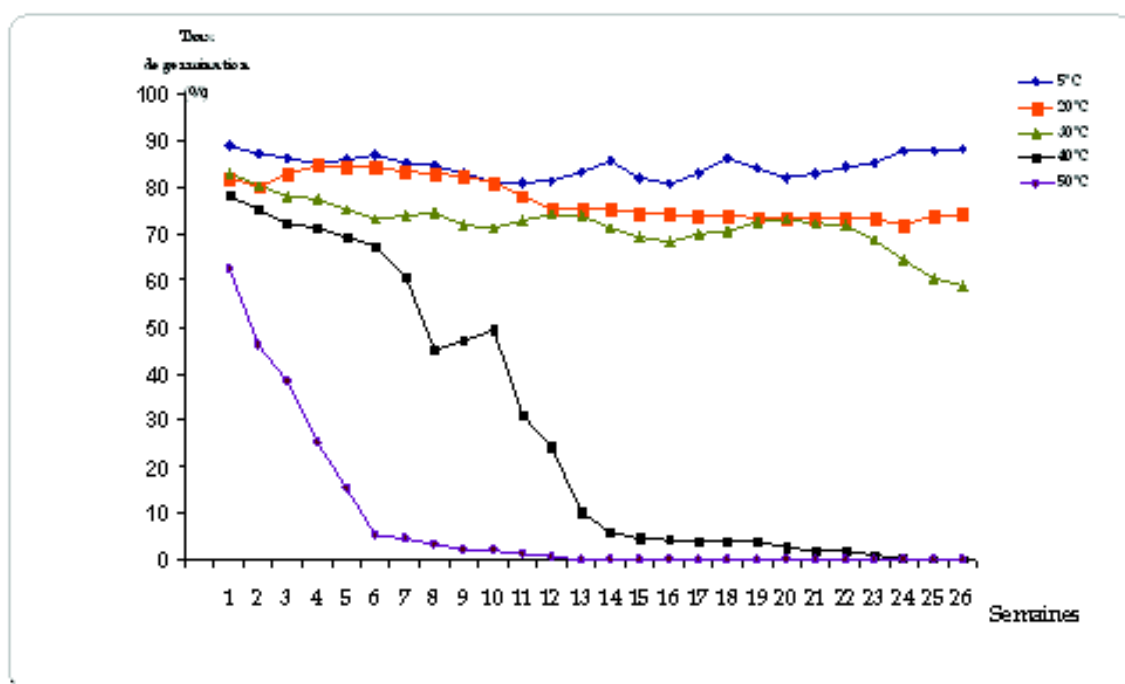


Figure 38. Taux de germination de *M. anisopliae* var *acridum* à 25°C après stockage à différentes températures de stockage pendant 26 semaines

Les résultats du tableau 22 montrent qu'il existe 3 groupes homogènes statistiquement différents. De ce fait nous pouvons déduire que la température qui préserve la viabilité et la germination des blastospores de *M. anisopliae* pendant 26 semaines est 5°C suivie par ordre décroissant de 20°C ; 30°C et 40°C, quant à la température 50°C elle diminue la viabilité des blastospores à 50%.

4.4.1.2. Essais biologiques (étude de la mortalité)

Les essais biologiques de *M. anisopliae* sur les imagos de *S. gregaria* ont montré que le début de mortalité des individus traités a été enregistré pour les deux formes de blastospores au 2^{ème} jour de traitement. En effet, les blastospores séchées ont causé 50% de mortalité entre le 5^{ème} et le 6^{ème} jour et 100% de mortalité après les 14 jours d'observations (au 17^{ème} jour). Les blastospores fraîchement produites ont provoqué 50% de mortalité entre le 7^{ème} et le 8^{ème} jour de traitement et une mortalité totale au 12^{ème} jour d'observation (Fig. 39).

4.4.2. Etude comparative de l'efficacité de *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum* vis-à-vis des imagos de *S. gregaria*

4.4.2.1. Effet sur la mortalité

Les résultats relatifs aux pourcentages de mortalités moyennes des imagos de *S. gregaria* traités séparément par *B. bassiana* et *M. anisopliae* respectivement aux doses $2,84 \cdot 10^6$ et $2,14 \cdot 10^6$ spores /ml, sont mentionnés dans le tableau suivant :

Jours	Mortalité(%)		
	Témoins	<i>B. bassiana</i>	<i>M. anisopliae</i>
1 ^{er} j	0	0	0
2 ^{ème} j	0	0	0
3 ^{ème} j	0	0	5
4 ^{ème} j	7,2	6	8
5 ^{ème} j	8,23	12	24
6 ^{ème} j	13,33	45	58
7 ^{ème} j	18,65	74	80
8 ^{ème} j	20,01	86	85
9 ^{ème} j	21	89,23	96
10 ^{ème} j	21,3	89,23	98,2
11 ^{ème} j	21,3	99,8	100
12 ^{ème} j	26	100	100
13 ^{ème} j	37,25	100	100
14 ^{ème} j	45,63	100	100

Tableau 23. Mortalités des imagos de *S. gregaria* traités au *B. bassiana* et *M. anisopliae*

Les résultats obtenus montrent que les deux champignons engendrent des mortalités pour les imagos de *S. gregaria*, notons que *M. anisopliae* agit 24h avant *B. bassiana* c'est-à-dire après 3 jours de traitement avec 50% de mortalité atteint entre le 5^{ème} et 6^{ème} jour, alors que pour *B. bassiana* la mortalité est enregistrée à partir du 4^{ème} jour et le 50% de mortalité entre le 6^{ème} et le 7^{ème} jour d'observation (**Fig. 40**).

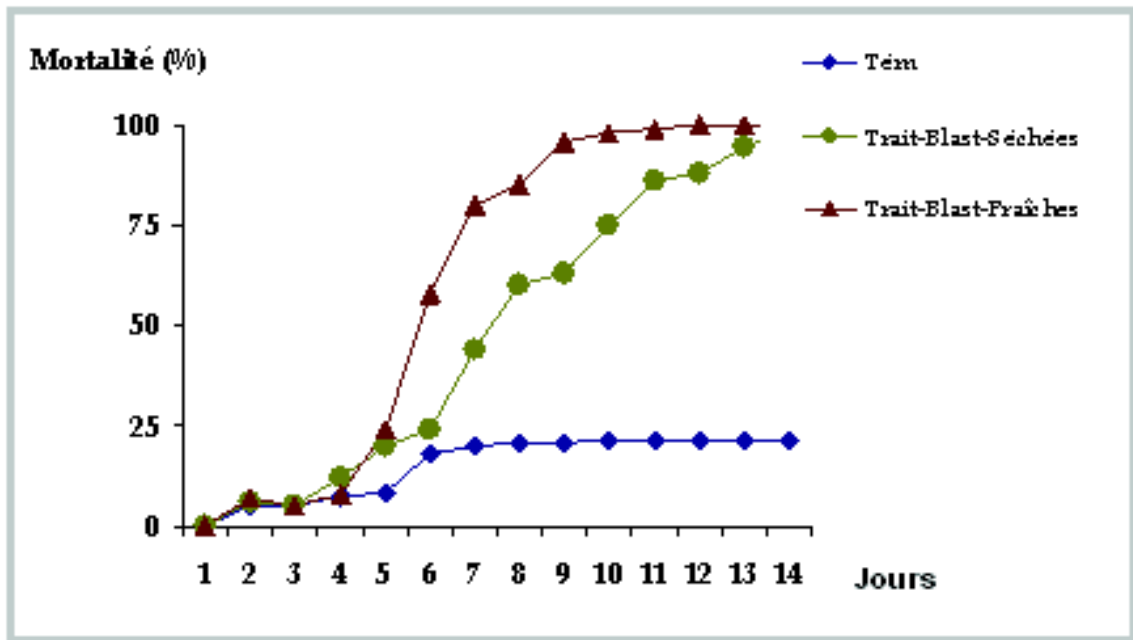


Figure 39. Mortalités des imagos de *S. gregaria* traités par les deux types de blastospores de *M. anisopliae* var *acridum*

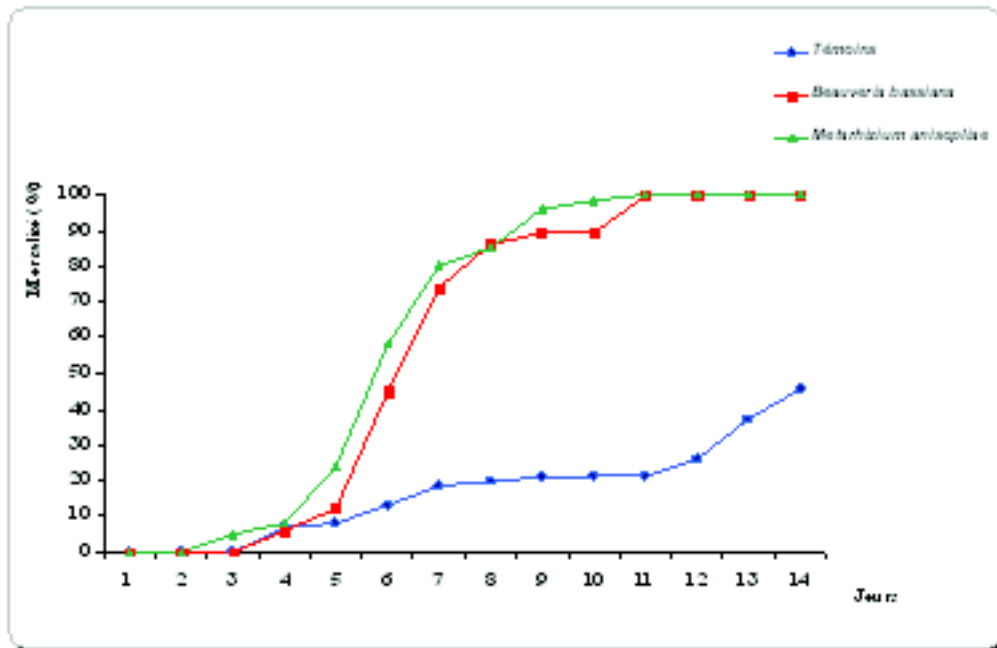


Figure 40. Mortalités des imagos de *S. gregaria* traités par *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*

L'analyse de la variance à deux critères de classification soit le facteur temps et le facteur traitement par les deux champignons révèle une différence hautement significative entre les pourcentages de mortalités enregistrées pour les traités et les témoins à différents niveaux de temps avec un niveau de probabilité inférieur à 0,05 (tableau 24).

Tableau 24. Analyse de la variance des mortalités des imagos de *S. gregaria* traités au *B. bassiana* et *M. anisopliae*.

	SCE	DDL	CM	Fobs	Fthéo	P
VAR1 (Temps)	12,87	13	0,99	24924,06	2,27	0,000
VAR2 (Traitement)	4,96	2	2,48	62285,45	19,48	0,000
VAR1*VAR2	2,6	26	0,1	2630,99	1,78	0,000
VAR résiduelle	0,0034	84	0,000040	-	-	-

Le test de comparaison planifiée a permis de regrouper les deux champignons dans le même groupe A, tandis que le groupe B représente le lot des témoins (Tableau 25).

F1	Traitement	Moyennes	Groupes homogènes
3	<i>M. anisopliae</i>	0,609	A
2	<i>B. bassiana</i>	0,573	A
1	Témoin	0,171	B

4.4.2.2. Effet sur l'hémogramme

Après l'examen du frottis sanguin, nous avons pu déterminer trois catégories de cellules sanguines, mais vue la variabilité de la taille et de la forme de ces cellules ainsi que notre connaissance trop étroite sur leur aspect physiologique et suite à des comparaisons avec les travaux de physiologistes, nous sommes arrivés à déterminer seulement deux d'entre elles à savoir : Les prohémyocytes (cellules de petite taille avec des noyaux plus ou moins volumineux) et les plasmotocytes (cellules caractérisées par un grand noyau rond ou ovoïde et une forme le plus souvent fusiforme).

Nous avons compté le nombre total d'hémocytes trouvées ainsi que le nombre et le taux relatifs à chaque catégorie de cellules identifiées et cela dans 3µl d'hémolymphe prélevée au 3^{ème} jour après traitement à partir des imagos de *S. gregaria* témoins et traités. Les résultats obtenus sont énumérés dans les tableaux 26 et 27 :

	Témoins	<i>B. bassiana</i>	<i>M. anisopliae</i>
R1	358	59	45
R2	341	64	38
R3	269	94	42
R4	294	46	48
M ± ET	315,5 ± 41,15	65,75 ± 20,30	4,27 ± 43,25

Tableau 26. Nombre total d'hémocytes chez les imagos de *S. gregaria* traités au *B. bassiana* et *M. anisopliae*

Nous remarquons que le nombre total moyen d'hémocytes qui est de 315,5 chez les témoins de *S. gregaria* a été réduit chez les traités au *B. bassiana* et *M. anisopliae* atteignant 65,75 et 43,25 hém/3µl respectivement pour les deux traitements (Fig. 41). La même réduction a été observée concernant le taux moyen des prohémyocytes et des plasmotocytes pour les deux traitements (Fig. 42).

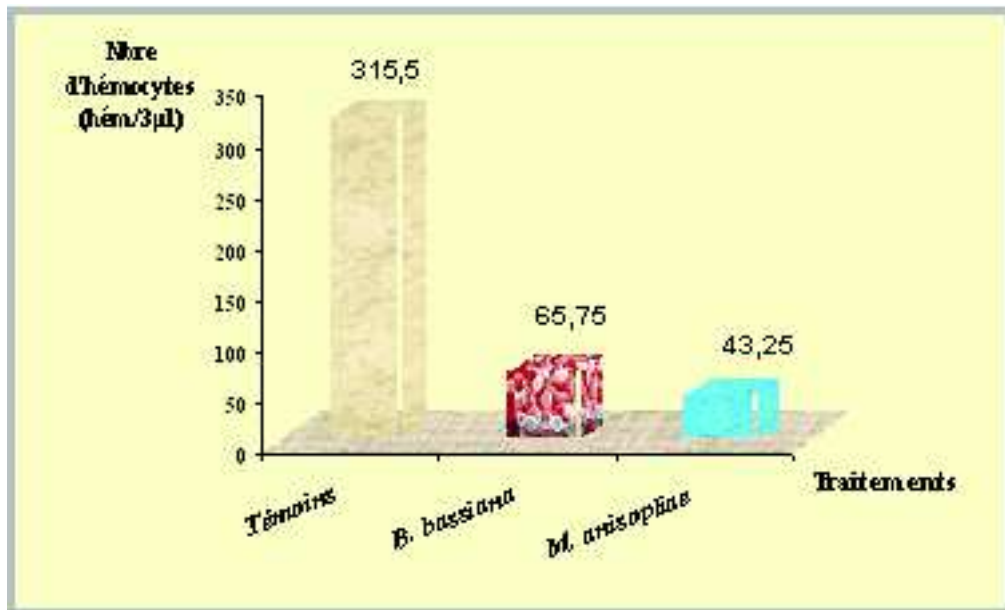


Figure 41. Nombre d'hémocytes dans 3µl d'hémolymphe des imagos de *S. gregaria* témoins et traités au *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*

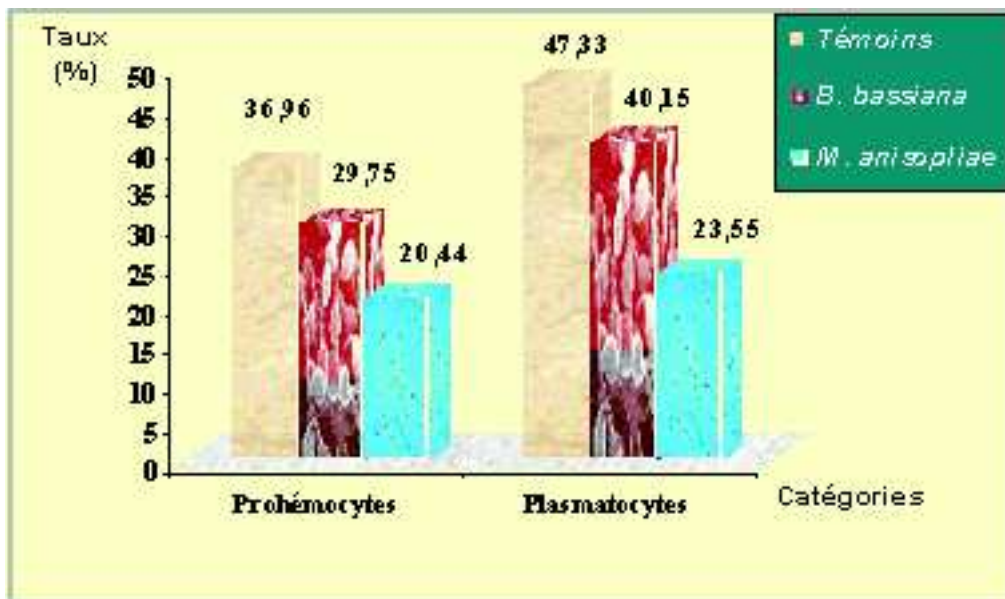


Figure 42. Taux de prohémocytes et de plasmatocytes dans 3µl d'hémolymphe des imagos de *S. gregaria* témoins et traités au *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum*

		Témoins		<i>B. bassiana</i>		<i>M. anisopliae</i>	
		Nbre	Taux	Nbre	Taux	Nbre	Taux
Prohémocytes	Moyenne	113,25	36,96	19,50	29,75	23,15	20,44
	ET	41,76	16,23	5,80	4,16	14,01	6,78
Plasmatoctes	Moyenne	151,25	47,33	23,25	40,15	35,62	23,55
	ET	48,97	10,74	8,73	21,44	12,3	7,23

Tableau 27. Nombre et taux de prohémocytes et de plasmatoctes chez les imagos de *S. gregaria* traités au *B. bassiana* et *M. anisopliae*

L'analyse de la variance à deux critères de classification représentés par les facteurs traitement et champignon, nous a révélé qu'il existe un effet significatif du traitement par les deux champignons entomopathogènes sur le nombre total d'hémocytes ainsi que le taux de prohémocytes et de plasmatoctes ($F_{obs} > F_{théo}$, $p < 0,05$) chez les imagos traités comparativement aux témoins. Quant à la différence entre les deux champignons, nous avons remarqué que *M. anisopliae* provoque une chute plus remarquable que *B. bassiana*.

Chapitre 5 : Discussions des résultats

Suite à l'invasion du criquet pèlerin enregistrée entre 2003 et 2005, nous avons jugé utile d'étudier en premier lieu quelques éléments bioécologiques de cet acridien en période de rémission. En effet, selon les données de l'Institut National de la protection des végétaux et ceux de Guendouz-Benrima (2005) le criquet pèlerin a été signalé dans plusieurs biotopes du Sud algérien dont le Hoggar qui fait l'objet de notre investigation. En second lieu, nous avons apporté notre contribution à l'étude de l'utilisation des champignons entomopathogènes contre le criquet pèlerin comme alternative de lutte biologique.

5.1. Discussions sur l'étude bioécologique du criquet pèlerin au niveau du parc national de l'Ahaggar en période de rémission (2006)

5.1.1. Caractéristiques des biotopes prospectés

Cette étude a concerné 65 sites à savoir des oueds, des gueltas ainsi que des massifs rocailloux. Notons que 23 oueds, trois points de massifs rocailloux et une guelta ont été prospectés durant la saison hiverno-printanière. Tandis que pour la saison automno-hivernale, les prospections ont concerné 46 oueds, 6 points de massifs rocailloux et une guelta.

Les observations ont porté sur le type d'habitat, la texture et l'humidité du sol, l'état de verdissement ainsi que la densité de la végétation et enfin sur la présence et la densité des individus du criquet pèlerin. Ces derniers ont été contactés dans trois sites en période hiverno-printanière et dans dix sites en saison automno-hivernale.

Cependant, les 65 sites prospectés sont caractérisés par plusieurs textures de sols composées de plusieurs éléments (argile, limon, sable fin, sable grossier, cailloux et rocailles) avec une combinaison de ces derniers. Ces sols présentent différents degrés d'humidité variant entre 1 et 4. Les oueds prospectés sont ornés d'une végétation annuelle présente en abondance caractérisée par un développement optimal avec début de dessèchement et parfois dessèchement total par endroit.

Au cours des prospections nous avons récoltés 43 individus en mars et 95 individus en décembre. Cette différence d'effectif est peut être due aux conditions écologiques des milieux. Notons que la première prospection a été réalisée 6 mois après les dernières pluies enregistrées en septembre 2005. Quant à la seconde, elle a été réalisée un mois après les dernières pluies enregistrées à la fin octobre 2006.

Afin de mieux représenter la relation entre la densité des individus de *Schistocerca gregaria* et les caractéristiques des biotopes à savoir : la texture du sol, l'humidité du sol, l'état de verdissement ainsi que la densité de la végétation nous avons procédé à l'étude

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

Cette étude nous a permis constater que durant les deux saisons, la densité de de *S. gregaria* corrèle positivement et significativement avec la texture et l'humidité du sol avec un niveau de probabilité $p < 0,05$ et un coefficient de corrélation r égal respectivement pour les deux facteurs à $-0,42$ et $0,60$. Ceci explique que plus la texture du sol est légère et son humidité est importante, plus la densité des individus augmente. Tandis que pour la végétation le coefficient de corrélation est trop faible.

En effet Pasquier (1950) cité par Ould El hadj (2004) mentionne que les sites humides constituent un facteur important à la densité des solitaires surtout en zones arides où le seul facteur limitant principal reste l'eau. El Bashir (1996) note que la conservation de l'eau dans un environnement aride est plutôt difficile étant donné le déficit élevé de saturation de l'atmosphère lorsque l'humidité relative est très faible. Le criquet pèlerin évitera donc les conditions climatiques extrêmes en recherchant ou choisissant des sites favorables à son développement.

Nos résultats nous permettent d'affirmer ceux obtenus par Abd El Hadi et Hassneim (1968) qui ont révélé que le sol fin avec une importante humidité est préféré par *S. gregaria*. Van Der Werf et *al.* (2005) qui ont étudié la distribution du criquet pèlerin au niveau des côtes de la mer rouge (Soudan), ont signalé que les individus de cet acridien ont été observés dans des sites caractérisés par un sol à sable fin et limoneux-sablonneux fin ainsi qu'une importante humidité. Ces auteurs ont noté aussi que la densité des criquets corrèle positivement avec la texture du sol ($r = 0,54$) et l'humidité du sol ($r = 0,55$).

Guendouz-Benrima (2005) ajoute que les sols sableux sont concentrés au niveau des biotopes des secteurs sahariens central et méridional et que les sols limoneux-sabloneux et sablonneux sont les plus favorables à la ponte du criquet pèlerin à condition que l'humidité soit suffisante pour l'incubation des œufs.

5.1.2. Etude de la charge alaire des individus capturés de *S. gregaria*

C'est à l'ornithologue Monerret (1987) cité par Seddik (1994) que revient l'idée de la charge alaire. Cet auteur cite le faucon *Falco peregrinus* pèlerin pour lequel il attribue une charge alaire de 50 mg/mm^2 . Celle de *Accipiter nisus* est de même ordre soit 50 à 55 mg/mm^2 . Elle est plus basse pour les milans et les buses soit une valeur de 20 à 30 mg/mm^2 .

Chez les insectes, peu d'auteurs signalent la notion de charge alaire. Doumandji et *al.* (1994) cités par Seddik (1994) mentionnent l'exemple d'un orthoptéroïde *Mantis religiosa* où ils observent une différence de taille entre les mâles et les femelles de cette espèce. Les premiers pesant moins que les secondes et ayant des ailes plus grandes. Ainsi, la charge alaire diffère de $0,27 \text{ mg/mm}^2$ chez les mâles contre $0,53 \text{ mg/mm}^2$ pour les femelles.

Pour notre cas, nous avons observé cette différence de charge alaire entre les mâles et les femelles du criquet pèlerin échantillonnés dans le parc national de l'Ahaggar. En effet, en période hiverno-printanière, la moyenne de charge alaire est égale à $0,60 \text{ mg/mm}^2$ chez les mâles contre $0,77 \text{ mg/mm}^2$ chez les femelles. Pour la seconde période, la charge alaire est de $0,65 \text{ mg/mm}^2$ pour les mâles contre $0,87 \text{ mg/mm}^2$ pour les femelles.

Nous constatons que les femelles capturées en mars 2006 présentent des charges alaires plus grandes ($0,77 \text{ mg/mm}^2$) que celles des femelles récoltées en décembre 2006

(0,87 mg/mm²). En effet, en effectuant des dissections des femelles, nous avons observé que les ovaires des femelles capturées en décembre étaient plus volumineux donc en pleine vitellogenèse, que ceux des femelles capturées en mars présentant des ovaires juvéniles

Symmons et Cressman (1994 et 2001) notent qu'à l'époque des accouplements et des pontes, l'activité de vol de *S. gregaria* va en diminuant, les femelles volent beaucoup moins vite, beaucoup moins haut et beaucoup moins longtemps. En effet, Doumandji et al. (1994) cités par Seddik (1994) étudiant le cas d'*Acrotylus patruelis*, montrent que contrairement aux mâles, la charge alaire des femelles dépend de leur état physiologique de reproduction. De ce fait, les ovaires de ces femelles présentent des ovocytes de base mûrs ou même déjà en stockage dans les calices. La charge alaire atteint 0,61 mg/mm² soit presque le double de celle des mâles qui est égale à 0,33 mg/mm².

Nos résultats vont dans le même sens que ceux obtenus par Seddik (1994) qui a effectué une étude de la charge alaire de *S. gregaria* et *Locusta migratoria* dans la station de Bâamor à Adrar. Cet auteur a enregistré une charge alaire de 0,60 mg/mm² chez les mâles contre 0,74 mg/mm² chez les femelles en 1993. En 1994, il a obtenu une charge alaire égale à 0,61 mg/mm² chez les mâles contre 0,84 mg/mm² pour les femelles. Concernant *L. migratoria*, en 1994, le même auteur a enregistré une charge alaire de 0,64 mg/mm² contre 1,02 mg/mm² pour les femelles. De même, Ould El hadj (2004) mentionne une différence de charge alaire chez les individus de *S. gregaria* capturés au niveau de la station expérimentale de l'Institut national de la Recherche Agronomique d'Adrar, soit une valeur de 0,60 mg/mm² (mâles) contre 1,01 mg/mm² (femelles).

Toutefois, l'établissement d'une relation possible entre les Caelifères et leurs prédateurs a été mentionné par Doumandji et al. (1994) pour le cas d'*Acrotylus patruelis*. Pour le cas de *Mantis religiosa*, Gillon et Roy (1968) cités par Seddik (1994) notent que le milan noir *Milvus nigrans* exerce une action prédatrice trois fois plus élevées sur les mâles de *M. religiosa* par rapport aux femelles de la même espèce. Parallèlement à la différence des charges alaires entre les sexes, il s'établit une différence quant aux relations avec leurs prédateurs. Il est évident que les femelles en pleine vitellogenèse seront de plus en plus présentes au sol, elles voleront donc de moins en moins et de ce fait, les chances de rencontres avec leurs prédateurs seront faibles. Selon Doumandji et al. (1994) les femelles d'*Acrotylus patruelis* plaquées au sol risquent d'être attaquées par des prédateurs terrestres comme exemple le Hérisson d'Algérie *Erinaceus algirus* ou *Bubulcus ibis* (Héron garde-bœuf).

Pour *S. gregaria*, les prédateurs terrestres sont représentés par les reptiles tel que le varan *Varanus griseus* ou même des mammifères insectivores tel que le Hérisson du désert *Paraechinus aethiopicus*.

5.1.3. Etude morphométrique des individus capturés de *S. gregaria*

La morphométrie est le moyen le plus direct et le plus aisé pour déterminer le statut phasaire d'un criquet. De notre recherche bibliographique, il ressort que cette étude qui est fondée principalement sur la mensuration de 3 paramètres classiques en acridologie est pratique et suffisante. Ce sont : le fémur (F), l'élytre (E) et la capsule céphalique (C). Ainsi le calcul des rapports E/F et F/C nous permettent de déterminer l'état phasaire des populations capturées. Bouaïchi et Simpson (2003) notent que le rapport F/C est considéré comme le meilleur indicateur diagnostique pour la différenciation entre la forme solitaire et la forme grégaire.

Au cours des deux prospections que nous avons effectuées durant l'année 2006, nous avons prélevé en période hiverno-printanière 43 individus appartenant à deux populations au niveau de deux oueds à savoir : Abadel (5 mâles et 6 femelles) et Tin Tarabine (16 mâles et 16 femelles). Durant la deuxième période, nous avons récolté 95 individus au niveau de six oueds : Abadel (5 mâles et 4 femelles), Adjelmane (12 mâles et 8 femelles), Amded (8 mâles et 3 femelles), Amenatt (17 mâles et 7 femelles), lwayharen (5 mâles et 6 femelles) et Tin Tarabine (8 mâles et 12 femelles).

En comparant les rapports calculés avec ceux portés sur l'échelle de Dirsh (1953) nous constatons que la majorité des individus mâles et femelles de *S. gregaria* capturés en mars 2006, sont transiens. Nous remarquons aussi, que cette échelle fait ressortir quelques individus à l'état solitaire et grégaire. En rapportant nos données sur l'abaque morphométrique de Rungs (1954) cité par Duranton et Lecoq (1990), nous confirmons que les deux populations capturées sont hétérogènes avec une tendance vers l'état transiens dégregans. En effet, nous notons que les individus mâles capturés à Abadel présentent l'état transiens ($2,08 < E/F < 2,13$; $3,62 < F/C < 3,79$) et les femelles présentent l'état solitaire ($2,02 < E/F < 2,09$), alors que d'après la moyenne du rapport F/C nous observons qu'elles sont en phase transiens ($3,71 < F/C < 3,86$). Pour Oued Tin Tarabine, les deux rapports nous renseignent que les mâles sont en phase solitaire ($1,99 < E/F < 2,07$; $3,80 < F/C < 3,95$). Quant aux femelles, nous observons qu'elles sont en phase grégaire si on prend en considération le rapport E/F compris entre 2,16 et 2,33. Alors que le rapport F/C nous renseigne que celles-ci sont en phase transiens car il est compris entre 3,71 et 3,86. L'abaque morphométrique de Rungs (1954), montre clairement qu'il s'agit de populations transiens dégregans avec présence de quelques individus typiquement solitaires pour les deux oueds.

Concernant les individus contactés en décembre 2006, nous constatons que les populations capturées au niveau des six oueds prospectés sont diffuses plus ou moins homogènes et parfois hétérogènes. En effet, le rapport E/F variant entre 2 et 2,24 fait ressortir l'état solitaire et grégaire pour les mâles et variant de 2,11 et 2,20 soit les états solitaire, transiens et grégaire pour les femelles. Le rapport F/C calculé est compris entre 3,59 et 3,90 (solitaire, transiens et grégaire) chez les mâles. Tandis que chez les femelles, F/C varie entre 3,76 et 4,04 (solitaire et transiens). Nous avons confirmé l'hétérogénéité des populations en utilisant l'abaque morphométrique de Rungs (1954). En effet, il existe deux types de populations, à savoir celle regroupant des individus à l'état solitaire, transiens, et transiens dégregans (Abadel, amenatt, lwayharen et Tin Tarabine) ainsi que des populations constituée d'individus solitaires, transiens dégregans et quelques uns transiens types, (Amded et Adjelmane). Nous rappelons que l'échantillonnage des individus a été réalisé au cours de la 1^{ère} année de rémission après l'invasion de 2003-2005.

L'analyse en composantes principales nous a permis de faire une synthèse graphique de nos résultats. En premier lieu, nous avons fait ressortir les coordonnées des variables actives (sexe, longueur du corps, E, F, CC, E/F et F/C) et une variable supplémentaire (lieu = oued) en se basant sur l'étude des corrélations. La projection de ces variables dans le cercle de corrélation des axes principaux nous renseigne que le plan 1-2 explique 82,59 % d'informations. En effet, le facteur 1 absorbe 63,43 % d'informations formant une composante C₁ avec deux sous composantes C₁ et C₁ regroupant les variables relatives aux mensurations (E, F, CC et LC). Le facteur 2 absorbe 19,11 % d'information concernant les deux rapports morphométriques E/F et F/C. ces derniers appartiennent à la composante C₂. En effet, ces deux rapports morphométriques se rapprochent de l'Axe 1 dans un sens opposé, quand E/F diminue, F /C augmente. Le facteur discriminant qui est la

variable supplémentaire c'est à dire le lieu, nous permet de dire qu'il est lié essentiellement à la composante C_1 .

Nous pouvons constater que l'analyse en composantes principales a fait ressortir essentiellement des indications (63,48 % d'informations) sur le dimorphisme sexuel de taille chez le criquet pèlerin. En effet, Minato et *al.* (1973) a recommandé cette analyse (ACP) pour étudier le dimorphisme sexuel de taille chez le criquet pèlerin, il a proposé d'interpréter une population en fonction du comportement en utilisant l'analyse factorielle des correspondances.

D'autre part, nous avons essayé d'établir une relation entre l'analyse en composantes principales et l'étude de l'homogénéité des populations et nous avons obtenu la figure représentées par l'annexe 13. Cette représentation fait ressortir deux groupements A et B où A étant le plus important regroupant les individus transiens appartenant à 6 sites à savoir : Amenatt (♂13 et ♀20), Adjelmane (♂30 et ♀41), lwayharen (♂47), Abadel (♂57 et ♀61), Amded (♂66 et ♀75) et Tin Tarabine (♀92). Le groupement B par contre, regroupe que des individus solitaires appartenant à 5 sites soit : Amenatt (♂12), Adjelmane (♀38), lwayharen (♀50), Amded (♀73) et Tin Tarabine (♂78 et ♀93).

Cependant, le groupement des transiens (A) se divise en deux sous groupements A_1 (femelles) situé entre le quadrant II et III et A_2 (mâles) situé entre le quadrant I et IV. Ce dernier se divise en deux lots, L_1 étant le lot des individus mâles transiens types présents dans trois sites à savoir Adjelmane (32), Abadel (57) et Amded (67) et le lot L_2 étant celui des mâles transiens dégrégans présents dans trois oueds : Amenatt (17), Adjelmane (27) et Abadel (58).

Pour ce qui est des travaux réalisés sur l'étude de la morphométrie de *S. gregaria* à Tamanrasset, nous citons ceux de :

Doumandji-Mitiche et *al.* (1996) qui ont signalé que les populations de *S. gregaria* étudiées dans les régions de Tamanrasset et d'Adrar en 1995 se trouvaient à l'état transiens dissocians (dégrégans). Marouf (1997) a noté que les populations capturées dans cette même région durant l'année 1996 étaient des transiens congrégans.

Dans le même sens, les individus échantillonnés par Kara (1997) durant la période comprise entre 1993 et 1995 dans la région de d'Adrar (station d Bâamor) appartiennent à l'état transiens.

L'étude morphométrique de cette même espèce effectuée par Khider (1999) dans la région de In- Salah en 1995, a révélé que les populations échantillonnées étaient de type transiens congrégans. Ce même auteur a mentionné aussi que les individus de criquet pèlerin capturés dans la région d'Adrar en 1996 dans les stations de Baâmor et d'Aoulef se trouvaient sous la forme transiens dissocians, tandis que ceux capturés dans les stations de Zaouiet Kounta et de Reggane étaient à l'état transiens congrégans du fait que les deux populations renferment des individus typiquement grégaires. Selon le même auteur ce sont des populations allochtones qui proviennent probablement d'autres régions du Sud.

A Adrar, Cherief (2000) a observé que les populations de *S. gregaria* capturées dans la région d'Adrar entre l'année 1996 et l'année 1998 étaient constituées principalement d'individus transiens dissocians.

Guendouz-Benrima (2005) qui a effectué des prospections de 1994 à 1998 dans le sud algérien, a noté que l'échantillonnage des populations acridiennes dans les différents biotopes dans le Sud algérien a montré que les populations homogènes solitaires et

les populations hétérogènes type solitaires-transiens et solitaires-transiens-grégaires, sont réparties entre les différents secteurs du Sahara central et méridional pendant deux périodes de l'année : au printemps et en automne. Le même auteur ajoute que les populations transiens et transiens-grégaires et mêmes les grégaires, sont répartis essentiellement au niveau du secteur sahariens septentrional.

5.1.4. Etude du régime alimentaire des individus captures de *S. gregaria*

Pour évaluer qualitativement le régime alimentaire du criquet pèlerin, nous avons comparé la gamme des espèces végétales dans les sites étudiés occupés par les individus isolés de *S. gregaria* avec celles qui composent leurs fèces. En effet, nous avons inventorié 81 espèces végétales au niveau du parc National de l'Ahaggar, 17 espèces consommées par *S. gregaria* appartenant aux familles suivantes : Amaranthaceae, Asclepiadaceae, Brassicaceae, Capparidaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Poaceae, Salvadoraceae, Rhamnaceae et Zygophyllaceae.

En période printanière les criquets ont consommé 11 espèces à oued Abadel parmi 21 espèces recensées, soit 52,38 % des plantes présentes sur le terrain. A oued Tin Tarabine, sur 19 espèces végétales, 13 seulement ont été consommées soit 68,42 %.

Pour les deux oueds, nous remarquons que *Schouwia thebaica* est toujours la mieux appréciée par les individus récoltés avec une fréquence d'occurrence assez élevée suivi de *Morettia canescens* et *Zilla spinosa*. Ces trois espèces végétales appartiennent à la famille des Brassicaceae.

En période automno-hivernale, les individus de *S. gregaria* ont consommé 45,94 % des plantes recensées dans les six oueds soit : Abadel (38,09 %), Adjelmane (44,44 %), Amded (20 %), Amenatt (40 %), Iwayharen (70 %) et Tin Tarabine (26,31 %).

Nous remarquons que les espèces présentes avec des fréquences élevées sont toujours celles appartenant à la famille des Brassicaceae, avec en tête *S. thebaica*, suivi de *M. canescens* et *Z. spinosa*. Aussi nous notons la présence d'une espèce Zygophyllaceae, *Tribulus terrester* dans les fèces des mâles et des femelles de *S. gregaria* avec une fréquence d'occurrence de 100%. En effet, ces espèces qui sont les plus fréquentes dans les fèces sont consommées autant de fois qu'elles sont repérées sur terrain. Cependant, en plus des Brassicaceae, les Poaceae sont aussi les mieux représentées dans les fèces de *S. gregaria* dont les espèces suivantes : *anicum turgidum*, avec une fréquence assez élevée, *Stipagrostis ciliata* et *Stipagrostis pungens* malgré la rareté des deux dernières espèces sur terrain.

La consommation de ces espèces relève à l'apport hydrique que peuvent apporter ces végétaux à l'insecte en zone aride en période sèche. Pesson (1987) affirme que les espèces phytophages sont douées d'un instinct botanique infallible, souvent basé sur une perception sensorielle très fine et précise ainsi que certains caractères chimiques de la plante hôte.

Parmi les espèces arborées, nous notons la présence de quatre espèces soit : *Acacia raddiana*, *Leptadenia pyrotechnica*, et *Salvadora persica*. Les espèces arbustives sont représentées par *Aerva javanica* et *Ziziphus lotus*.

Stower (1983) qui a étudié le comportement alimentaire du criquet pèlerin dans les cotes soudanaises a noté que ce dernier a une préférence pour *Pennisetum typhoideum* et *Heliotropium* spp. Bernays et Lewis (1986) ajoutent qu'en plus de ces espèces, le criquet

pèlerin est toujours associé à *Taraxacum officinale*. La préférence de *S. gregaria* pour l'espèce *Heliotropium* spp est aussi signalée par plusieurs auteurs tels que Bashir et al. (2000), Woldwahid et al. (2004) et Van Der Werf et al. (2005) travaillant dans les côtes soudanaises.

L'étude du régime alimentaire réalisée par Ghaout (1990) en Mauritanie, sur des populations capturées durant les années 1987 et 1988 a montré que le spectre trophique de ce locuste est composé principalement de quatre espèces végétales parmi lesquelles *Schouwia thebaica* et *Tribulus terrester* qui sont des espèces caractéristiques des biotopes du criquet pèlerin.

Selon une étude réalisée par Marouf (1997), dans la région de Tamanrasset, le criquet pèlerin présente une préférence alimentaire pour *Schouwia thebaica*, *Panicum turgidum*, *Zilla spinosa*, *Pergularia tomentosa* et *Pulicaria crispa*. Khider (1999) a noté lors d'une étude du régime alimentaire au Sud algérien, que le criquet pèlerin a une préférence pour *Hyoscyamus muticus* (*Solanaceae*) et *S. thebaica* (*Brassicaceae*).

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

Cherief (2000) qui a étudié le régime alimentaire de *S. gregaria* à Adrar, a constaté que le comportement alimentaire du criquet pèlerin est de type polyphage avec des tendances vers certaines espèces végétales appartenant à la famille des Poaceae notamment celles cultivées telle que le blé *Triticum durum*.

Nos résultats vont aussi dans le même sens que ceux obtenus par Ouchen (1995) qui a noté que le spectre alimentaire de *S. gregaria* dans la région de Tamanrasset était essentiellement composé de *S. thebaica*, *T. terrester* et *P. turgidum*.

Guendouz-Benrima (2005) a retrouvé *S. thebaica*, *Morettia canescens* et *Tribulus terrester* avec des fréquences assez élevées dans les fèces des individus de *S. gregaria* récoltés au niveau des différents biotopes du criquet pèlerin dans le Sud algérien en l'occurrence le Hoggar. Lazar (2005) a noté que *S. thebaica* a constitué 44 et 45 % du régime alimentaire des mâles et des femelles de *S. gregaria* capturés a oued Amded.

Nous notons aussi l'inappétence de *Calotropis procera*, *Cornulaca monacantha* et *Citrulus colocynthis* qui sont très abondantes sur terrain. Cette inappétence pour *C. procera* a déjà été signalée par plusieurs auteurs, Roonwal (1953) et Ba-Angood (1977) cités par Guendouz-Benrima (2005) ainsi que par Ghaout (1990).

En effet, Saha et Kasinathan (1963) cités par Ghaout (1990) ont mis en évidence la présence d'histamine dans le latex de cette plante. Les amines sont connues pour être des précurseurs d'alcaloïdes (Smith, 1980 cité par Guendouz-Benrima, 2005). Ghaout (1990) note aussi que Rao et Mehrotra (1977) ont extrait de ses feuilles une fraction composée d'alcaloïdes ayant un effet dissuasif pour *S. gregaria*.

Pour le cas de *C. monacantha*, les touaregs ont signalé qu'en période d'invasion les criquets étaient retrouvés morts devant chaque arbuste de cette espèce.

5.2. Discussions sur l'utilisation de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* contre *Schistocerca gregaria*

5.2.1. Etude de la virulence des blastospores séchées et fraîchement produites de *M. anisopliae* var *acridum* vis-à-vis des imagos

Après incubation des blastospores de *M. anisopliae* pendant 26 semaines à différentes températures à savoir (5, 20, 30, 40 et 50°C), nous avons remarqué que la viabilité des blastospores était presque identique comparée à celle fraîchement produites. Cependant, après 26 semaines de stockage à 5, 20 et 30°C, le taux de germination était respectivement de 88,1 ; 74,12 et 58,68. Le stockage à 40 et 50°C a eu comme conséquence une perte de 50 % de viabilité des blastospores après huit et de deux semaines respectivement pour les deux températures.

Les essais biologiques de *M. anisopliae* sur les imagos de *S. gregaria* ont montré que le début de mortalité des individus traités a été enregistré pour les deux formes de blastospores au 2^{ème} jour de traitement. En effet, les blastospores séchées ont causé 50% de mortalité entre le 5^{ème} et le 6^{ème} jour et 100% de mortalité après les 14 jours d'observations (au 17^{ème} jour) alors que les blastospores fraîchement produites ont provoqué 50% de mortalité entre le 7^{ème} et le 8^{ème} jour de traitement et une mortalité totale au 12^{ème} jour d'observation.

Nous pouvons déduire que le séchage des blastospores de *M. anisopliae* peut mener à une germination légèrement plus lente, mais la viabilité reste comparable à celle des blastospores fraîchement produites. Ce qui indique une réduction de l'activité due au séchage et non à l'inactivation des blastospores. Aussi, pour les essais biologiques contre les imagos de *S. gregaria*, nous avons observé que l'efficacité du champignon a été retardée et non réduite.

Cependant, pour l'usage pratique des blastospores de *M. anisopliae*, l'entreposage à long terme et à températures élevées sans perte de viabilité est nécessaire. La durée de conservation des bio-préparations doit être de 12 à 18 mois selon Divan et Ignoffo (1981).

En effet, nos résultats ont prouvé que le stockage à 5 et 20°C est possible durant au moins 6 mois. Ces résultats viennent affirmer ceux obtenus par Stathers et al. (1993). Stephan et al. (1997) ont noté que pour *M. flavoviride* le stockage à 5 et 20°C est possible pendant une année. Cependant, les températures 30, 40 et 50°C ne sont pas plus appropriées à l'entreposage à long terme des blastospores.

Il faut ajouter que les conidiums du genre *Metarhizium* ont un mur de cellules lipophiles. Par conséquent, il sera facile de les suspendre dans des formulations à base d'huile (Prior et al., 1988). En revanche, ces blastospores ont un mur de cellules hydrophiles et généralement ne peuvent pas être suspendues à l'huile. En effet, après séchage, les blastospores peuvent être suspendues dans des formulations à base d'eau et à base d'huile.

5.2.2. Etude comparative de l'efficacité de *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum* vis-à-vis des imagos de *S. gregaria*

5.2.2.1. Effet sur la mortalité

Nous avons comparé l'efficacité de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sur les imagos de *S. gregaria*. Nous avons constaté que les deux champignons engendrent des mortalités pour les imagos, notons que *M. anisopliae* agit 24h avant *B. bassiana* c'est-à-dire après 3 jours de traitement avec 50% de mortalité atteint entre le 5^{ème} et 6^{ème} jour, alors que pour *B. bassiana* la mortalité est enregistrée à partir du 4^{ème} jour et les 50% de mortalité entre le 6^{ème} et le 7^{ème} jour d'observation. La mortalité complète des individus a été atteinte au 11^{ème} jour pour les deux champignons.

Brinkman et al. (1997) ont noté un pourcentage de mortalité de 72,7 % au 10^{ème} jour chez les individus de *L. migratoria* traités par une formulation huileuse de *B. bassiana* à la dose $2,64 \times 10^9$ spores/ml. Delgado et al. (1997) lors d'un essai sur terrain de *B. bassiana* contre *Locusta migratoria*, ont enregistré un pourcentage de mortalité de 56 % au 10^{ème} jour de traitement.

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

Doumandji-Mitiche et al. (1999) ont enregistré des taux de mortalités de 100 % entre le 6^{ème} et le 12^{ème} jour sur les différents stades de *L. migratoria* traités par ce champignon par le mode de contact.

Nos résultats vont dans le même sens que ceux obtenus par Ould Taleb et Amadou (2001) et Zimmermann et al. (2003) qui ont étudié la comparaison de l'effet des deux champignons *B. bassiana* et *M. anisopliae* contre *S. gregaria*.

Sur d'autres insectes, Nankinga et al. (1996) ont testé les deux champignons sur le charançon du bananier en Ouganda et ont obtenu un début de mortalité à partir du 5^{ème} jour pour les deux cryptogames. Ils ont noté que 100 % de mortalité n'a été atteint qu'après 3 semaines d'observation.

Ekesi (2001) étudiant l'effet de *B. bassiana* et de *M. anisopliae* contre les adultes de *Ootheca mutabilis*, signalent que lors du test de consommation de feuilles, la quantité ingérée par les coccinelles traitées a été significativement plus faible 2 jours après le traitement et l'effet s'est prolongé jusqu'au 7^{ème} jour lorsque toutes les coccinelles sont mortes. Les effets antiappétants du pathogène pourraient en partie expliquer la faible vitesse de mortalité des coccinelles et jouer un rôle important lors du contrôle au champ.

Après avoir été traités, les criquets manifestent une diminution des mouvements ainsi qu'une baisse de l'appétit. On observera aussi des tâches rougeâtres sur le thorax et quelques heures après l'insecte est paralysé. Suite à la mort, leur couleur devient rougeâtre surtout au niveau de l'abdomen. Si l'humidité relative est suffisamment élevée, le mycélium perce la cuticule au niveau des membranes inter segmentaires et commence à sporuler. Peu après, on assiste à la sortie du mycélium vers l'extérieur du corps, le cadavre se couvre de duvet blanchâtre pour le cas de *Beauveria bassiana* et de duvet verdâtre pour *Metarhizium anisopliae* var *acridum*.

5.2.2.2. Effet sur l'hémogramme

Après l'examen du frottis sanguin, nous avons pu déterminer deux catégories de cellules sanguines, mais vu la variabilité de la taille et de la forme de ces cellules ainsi que notre connaissance trop étroite sur leur aspect physiologique et suite à des comparaisons avec les travaux de physiologistes, nous sommes arrivés à déterminer seulement deux d'entre elles. Cependant, lors de l'examen microscopique après la réalisation du frottis sanguin avec la coloration May Grunwald–Giemsa, nous avons pu identifier deux types de cellules hématocytaires aussi bien chez les imagos témoins de *S. gregaria* que chez les traités et qui sont :

- Les prohématocytes ou proleucocytes (cellules de petite taille avec des noyaux plus ou moins volumineux)
- Les plasmocytes ou phagocytes (cellules caractérisées par un grand noyau rond ou ovoïde et une forme le plus souvent fusiforme).

En effet, du point de vue qualitatif, chez les insectes, les catégories d'hématocytes varient d'une espèce à une autre. Quatre types d'hématocytes ont été signalés chez *Spodoptera littoralis* par Harpaz et al. (1969) cités par Habes (1989). Cet auteur a déterminé 5 types hématocytaires dans l'hémogramme de *Thaumetopea pityocampa* (des prohématocytes, des plasmocytes, des granulocytes, des coagulocytes et de adipocytes).

Wigglesworth (1972), Arnold (1974) et Raccaud-Schoeller (1980) notent que le sang des orthoptères renferme quatre catégories d'hématocytes rencontrées chez d'autres ordres d'insectes à savoir : les prohématocytes, les plasmocytes, les granulocytes et les coagulocytes.

Lepesme (1938) distingue chez les adultes de *S. gregaria* deux catégories hématocytaires (proleucocytes et phagocytes). Il rajoute que l'examen du frottis sanguin de *L.*

migratoria, *Anacridium aegyptium* et *Pamphagus elephas* a montré une profonde similitude avec le criquet pèlerin.

Halouane (1997) a identifié chez *S. gregaria* deux types de cellules à savoir prohématocytes et plasmocytes.

Suite au traitement par les deux champignons utilisés lors de notre étude et après avoir identifié les deux types de cellules, nous avons détecté d'importantes altérations structurales des cellules totalement absentes chez les individus témoins. Ces cellules atteintes présentent un aspect rétracté, dense et diffus et qui ont tendance à se regrouper pour former des agrégats.

De fortes altérations structurales conséquentes à l'infection de *Lymantria dispar* et *Bombyx mori* par *M. anisopliae* ont été signalées par Vey et al. (1986). Bidochka et al. (1997) ont observé dans l'hémolymphe des locustes, des hématocytes regroupés autour du champignon 24 h après le traitement.

Bouhacein (1999) a noté la présence d'amas de spores de champignon ce qui peut engendrer la mort de l'insecte par septicémie. Halouane et al. (2001) ont identifié les catégories de cellules ainsi que les mêmes altérations cellulaires chez les imagos de *L. migratoria* traités au *B. bassiana* et au *Metarhizium flavoviride*.

Du point de vue quantitatif, nous remarquons que l'infection de l'hémolymphe des imagos de *S. gregaria* traités par les deux entomopathogènes *B. bassiana* et *M. anisopliae* var *acridum* s'est montré très efficace (Fobs > Fthéo, p < 0,05) du moment qu'il a échappé à la barrière phagocytaire du système immunitaire des individus traités. Cette infection s'est

traduite par une réaction cellulaire que nous avons étudiée sur le plan qualitatif et sur le plan quantitatif

Nous notons que le nombre total moyen d'hémocytes qui est de 315,5 chez les témoins de *S. gregaria* a été réduit chez les traités au *B. bassiana* et *M. anisopliae* atteignant 65,75 et 43,25 hém/3 μ l respectivement pour les deux traitements. La même réduction a été observée concernant le taux moyen des prohémocytes et des plasmatoctes pour les deux traitements.

Hoffman (1969) cité par Halouane (1997) signale que le nombre d'hémocytes dans le sang des insectes diffère également d'une espèce à une autre. Il est de 2 millions / mm³ chez *Sarcophaga* et de 19 à 13 millions / mm³ chez *Periplaneta*. Par ailleurs, 300 hémocytes / mm³ sont signalés chez certaines larves d'Odonates, 25.000 h. / mm³ chez les Blattoptères et 47,64 hémocytes / mm³ chez *Gryllus assimilis* (Raccaud-Schoeller, 1980). Au sein d'une même espèce, l'hémogramme peut changer au cours des stades de développement et selon les sexes.

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

Nos résultats vont dans le même sens que ceux de Halouane et al. (2001) qui ont noté une chute similaire du nombre d'hémocytes chez les adultes de *S. gregaria* traités au *B. bassiana*.

Concernant les catégories cellulaires, on constate que le traitement a sévèrement diminué le taux de prohémocytes *S. gregaria* traités au *B. bassiana* et *M. anisopliae* soit respectivement une baisse de 36,96 à 29,75 % et de 36,96 à 20,44 %. Cette situation a déjà été signalée par Bouhacein (1999).

Quant aux plasmatoctes, ces cellules phagocytaires ont significativement diminué de taux soit une chute de 47,33 à 40,15 % pour les imagos traités au *B. bassiana* et de 47,33 à 23,55 % pour ceux traités au *M. anisopliae*. Cette chute numérique peut s'expliquer par leur intervention dans le processus de défense immunitaire ainsi qu'à l'épuisement de ces phagocytes suite à la phagocytose contre les spores et les toxines de l'entomopathogène.

Cette réduction est également notée par Xia et al. (2000) chez *S. gregaria* les individus de traités au *M. anisopliae*.

Nos résultats sont aussi assez comparables avec ceux obtenus par Coulybaly Adama (2002) qui a enregistré la même réduction concernant les deux types d'hémocytes avec une diminution de 382 à 43 chez *Anacridium aegyptium* traité au *B. bassiana*.

Cette étude quantitative de ces cellules nous a permis de constater que les deux champignons entomopathogènes exercent un effet cytopathologique, affectant l'hémogramme des imagos et qui se traduit par l'apparition d'altérations structurales ainsi que la diminution du nombre total d'hémocytes et une réduction du nombre d'hémocytes induisant la réduction de la fonction phagocytaire.

Conclusion générale et perspectives

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

Avant d'aborder des recherches concernant une stratégie de surveillance ainsi qu'un moyen de lutte efficace contre ce fléau, il nous a paru utile d'essayer de comprendre le phénomène engendrant les recrudescences et invasion de cet acridien en effectuant des recherches d'une série de renseignements relatifs en premier lieu à sa bio-écologie au niveau de quelques uns de ses biotopes naturels. En second lieu, à l'utilisation des champignons entomopathogènes dans le but d'une lutte préventive. Ce n'est qu'alors que des buts clairs ont pu être assignés et qu'une méthodologie a été mise en œuvre.

Dans notre travail, nous nous sommes attachés à l'étude de la charge alaire, la morphométrie et le régime alimentaire du criquet pèlerin dans quelques biotopes naturels au niveau du parc national de l'Ahaggar durant 2 saisons différentes à savoir : la saison hiverno-printanière et la saison automno-hivernale de l'année 2006.

Nous avons d'abord orienté nos efforts sur l'étude des caractéristiques des biotopes prospectés ainsi que leur relation avec la présence et la densité du criquet pèlerin. Il semble que les sites où nous avons contacté les populations de *S. gregaria*, présentent quelques potentialités pour ces dernières. Nous avons constaté que la densité des individus est liée à la texture et l'humidité du sol, elle augmente dans des sites caractérisés par un sol à sable fin ou bien sol sablo-limoneux et une humidité importante ceci pour favoriser la ponte des femelles. L'étude de la charge alaire des individus capturés a fait ressortir une différence entre les mâles et les femelles du criquet pèlerin soit 0,60 mg/mm² chez les mâles contre 0,77 mg/mm² chez les femelles durant la période hiverno-printanière. Pour la seconde période de prospection, nous avons enregistré une charge alaire de 0,65 mg/mm² pour les mâles et 0,87 mg/mm² pour les femelles. Cette différence de charge alaire entre les deux sexes peut être expliquée par le fait que les femelles présentent des ovaires en pleine vitellogenèse et induit à l'établissement d'une différence quant à leurs relations avec leurs prédateurs. Il est évident que les mâles présentant une charge alaire moins importante ont d'avantage affaire aux prédateurs aériens alors que les chances de rencontres des femelles avec des prédateurs au sol sont beaucoup plus élevées.

L'étude morphométrique des individus capturés a révélé que les populations hétérogènes types solitaires-transiens degregans-transiens et les populations homogènes de type solitaire sont réparties entre les différents sites prospectés pendant deux période de l'année 2006 (printemps et automne). Il semble que l'effectif des individus solitaire a augmenté durant la deuxième saison de l'année 2006, notons que c'est la première année de rémission après l'invasion de 2003-2005. Nous pouvons déduire que les populations passent de l'état grégaire vers le solitaire.

L'étude du régime alimentaire du criquet pèlerin a montré que cet acridien manifeste un choix net des plantes pour son alimentation. Il n'exploite que 21,25 % des espèces végétales recensées dans les oueds où il a été contacté. Il est à noter aussi que le régime

alimentaire diffère peu en fonction du sexe des individus dans un même biotope. Nous avons remarqué que les plantes les mieux appréciées par le criquet pèlerin appartiennent à 3 familles à savoir les Brassicaceae avec en tête *Schouwia thebaica*, suivi de *Morettia canescens* et *Zilla spinosa*, les Zygophyllaceae avec *Tribulus terrester* et enfin les Poaceae soit *Panicum turgidum*. Nous notons l'inappétence de quelques espèces végétales malgré leur abondance sur terrain telles que *Calotropis procera*, *Citrullus colocynthis* et *Cornulaca monacantha*.

Dans le cadre d'une contribution à l'amélioration de la lutte biologique, nous avons mis en évidence l'utilisation des deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* ou le Green Muscle.

Un premier apport confirme que l'entreposage des blastospores de *M. anisopliae* à long terme et à une température élevée mène à une germination plus lente mais la viabilité reste comparable à celle des blastospores fraîchement produites. Ce qui implique une réduction de l'activité et non une inactivation des blastospores. En effet, les essais biologiques contre les imagos de *S. gregaria* ont montré que l'efficacité du champignon a été retardée et non réduite. Aussi, cet entreposage permet la suspension des blastospores dans des formulations à base d'eau et d'huile.

Un deuxième apport nous a permis de constater que les deux champignons *B. bassiana* et *M. anisopliae* engendrent 100 % de mortalité au bout du 11^{ème} jour de traitement. 50 % de mortalité est atteint entre le 4^{ème} et le 6^{ème} jour d'observation. Nous notons qu'à partir du 3^{ème} jour de traitement, des perturbations cytologiques de l'hémolymphe ont été observées. Elles sont traduites par des altérations structurales marquées et d'une chute importante du nombre d'hémocytes soit une baisse de 315,5 à 65,75 hém/3 μ l d'hémolymphe chez les individus traités au *B. bassiana* et une chute de 315,5 à 43,25 hém/3 μ l d'hémolymphe chez ceux traités au *M. anisopliae*.

Au terme de ce travail de recherche principalement basé sur des prospection sur terrain et des travaux au laboratoire, nous avons déduit que la lutte préventive contre le criquet pèlerin exige un dispositif sans faille exerçant une surveillance soutenue sur l'ensemble des aires critiques. Cependant, pour des raisons diverses, la surveillance du criquet pèlerin reste très insuffisante en toutes circonstances. Certaines régions sont naturellement difficiles d'accès, d'autres sont interdites pour raisons sécuritaire. L'une des réponses possibles pour améliorer la qualité de cette surveillance est d'accroître notre connaissance en temps réel de la dynamique de son environnement. La durabilité de la prévention est véritablement un enjeu majeur. Les réponses ne sont pas seulement scientifiques et techniques, mais aussi financières, institutionnelles et finalement politiques. Il est hautement souhaitable que les débats scientifiques actuels – indispensables - ne retardent pas la mise en œuvre des mesures nécessaires.

Il serait intéressant de suivre l'évolution de l'activité du criquet pèlerin à travers toute l'aire d'invasion, définir la stratégie de lutte, mobiliser les ressources nécessaires aux opérations de lutte, promouvoir les recherches et les actions visant à renforcer le dispositif de prévention, encourager la coordination des campagnes de lutte et renforcer la coopération internationale.

Le développement des méthodes alternatives doit être aussi basé sur l'étude approfondie de la biologie et de l'écologie du criquet pèlerin en phase solitaire, sur le terrain. Les données sont nombreuses en ce qui concerne la phase grégaire; elles sont fort minces

pour la phase solitaire. Dynamique des populations, facteurs de mortalité, déterminisme et modalités des déplacements à grande distance.

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

Références bibliographiques

- ABDELHADI N.H. et HASSNEIM M.S., 1968** – Laboratory experiments on oviposition behaviour of the desert locust (*Schistocerca gregaria*) in relation to soil environment. *Series progr. repo.*, Food and agriculture organisation, Rome, (2): 37 – 42.
- ABDESSALEM C., 2005** - Le parc National de l'Ahaggar. *Edito. Action Littér. Nomade*, Paris, (7) : 1 – 13.
- ARNOLD J.W., 1974** – The haemocytes of insects. Physiology insect. *Academic Press*, New York, (5) : 210 – 214.
- BASHIR M.O, HASSANALI A., RAI M.M. et SAINI R.K., 2000** – Changing oviposition preferences of the desert locust *Schistocerca gregaria*, Suggest a strong species predisposition for gregarization. *Jour. chemic. écol.*, 26, (7) : 1721 – 1733.
- BENABADJI M. et LARROUY G., 1968** – Observations concernant la faune culicidienne du massif du Hoggar. *Bull. soc. nat. Afri. Nord.*, (2) : 12-38.
- BENHALIMA T., 2006** - Problématique du criquet pèlerin et stratégie de lutte préventive. *Conf. Rég. appr. lutt. Integr. criq. pèler.*, Commissar. energ. atom., Alger, 23-24 juillet, (1) : 3-5.
- BENHALIMA T., LOUVEAUX A. et GILLON Y., 1984** – Utilisation des ressources trophiques par *Doclostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) (Orthoptera, Gomphocerinae). Choix des espèces consommées en fonction de leur valeur nutritive. *Acta écol. génér.*, 5, (4) : 383 – 406.
- BENKHELLIL M.L., 1991** - Les techniques de récoltes et piégeages utilisées en entomologie terrestre , Ed .Off.. pub. univ., Alger , 68 p.
- BERNAYS E.A., LEWIS A.C., 1986** – Then effect of wilting on palatability pf plants to *Schistocerca gregaria*, the desert locust. *Oecologia*, Berlin, (70): 132 – 135.
- BIDOSHKA M.J., LEGER R. J. et ROBERTS D.W., 1997** - Mechanisms of Deuteromycete fungal infections in grasshoppers and locust: an overview. *Mem. entom. soc. Canad.*, (171): 213 – 224.
- BOUAICHI A. et SIMPSON J., 2003** – Density-dependant accumulation of phase characteristics in natural population population of the desert locust *Schistocerca gregaria*. *Physiological entomology*, (28) : 25 – 31.
- BOUHACEIN M., 1999** - Effet de deux entomopathogènes (*Hyphomycètes, Deuteromycotina*), *Beauveria bassiana* (Balasmo) Veuillemin et *Metarhizium flavoviride* Gams et *Rozyspal* sur les métabolites hémolymphatiques, l'hémogramme et les protéines circulaires chez *Locusta migratoria* (Linné, 1758). Mém. ing. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 121 p.
- BREDO H. et PASQUIER R., 1967** – *Manuel antiacridien*. Ed. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'Agriculture, 164 p.

- BRINKMAN M.A., FUELLER B.W. et HILL M.B., 1997** – Effect of *Beauveria bassiana* on migratory grasshoppers (Orthoptera, Acrididae) and Non target yellow Mealworms (Coleoptera : Tenebrionidae) in spray tower bioassays. *Jour. agri. entomol.*, 14, (2) : 121 – 127.
- BUTET A., 1985** – Méthode d'étude du régime alimentaire d'un rongeur polyphage (*Apodemus sylvaticus*) (L., 1758) par l'analyse microscopique des fèces. *Mammalia*, 49, (4) : 455 - 483.
- CHAIB S., 2005.** - Tamanrasset, une vaste terre aride, fascinant désert. *El Annabi*, (25) : 14-26
- CHAUVIN ., 1956** – *Physiologie de l'insecte*. Ed. Institut national de la recherche agronomique, Paris, 916 p.
- CHERIEF A., 2000** - *Etude bio-écologique du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) dans la région d'Adrar. Etude de la morphométrie, du régime alimentaire sur terrain et du photo-préférendum alimentaire au laboratoire*. Thèse Magister scien. agro., Inst. nati. agro., El Harrach, 135 p.
- CHOPARD L., 1943** – *Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord*. Ed. Libraire Larose, Paris, 450 p.
- COULYBALY ADAMA M., 2002** – *Effet de Beauveria bassiana (Bals) et Metarhizium flavoviride (G et R) sur l'hémogramme et les protéines de l'hémolymphe d'Anacridium aegyptium (L, 1764) (Orthoptera, Acrididae). Etude de la persistance des spores sur le support végétal*. Mém. ing. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 99 p.
- CRESSMAN K., 2001** – *Directives sur le criquet pèlerin. Prospection*. Ed. Org. nat. uni. agric. alim., Rome, 33 p.
- DAJOZ R., 1971** – *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
- DAJOZ R., 1983** - *Précis d'écologie fondamentale et appliquée*. Ed Gauthiers-Villars, Paris, 503 p.
- DAJOZ R., 1985** – *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 505 p.
- DE GREGORIO R. et DUVERGER NEDELLEC A., 1984** – Utilisation de l'analyse en composante principale en acridologie. Les échelles morphométriques et leur application biologique: *cas du Criquet puant Zonocerus variegatus* (Orthoptères, Pyrgomorphidae). *Acta biol. Mont.*, (4): 291-302.
- DELGADO F.X., BRITTON J.H., LOBO-LIMA M.L., RAZAFINDRATIANA E. and **SWEARINGEN W., 1997** – Small-scale field trials with entomopathogenic fungi against *Locusta migratoria capito* in Madagascar and *Oedalus senegalensis* in Cape Verde. *New Stratég. locus. contr., verlag*, (3) : 171 – 176.
- DESPLAND E. et SIMPSON S.J., 2000** – Small-scale vegetation patterns in the parental environment influence the phase state of hatchlings of the desert locust. *Physio. entom.*, (25): 74 – 81.
- DESPLAND E. et SIMPSON S.J., 2004** – Food choices of solitary and gregarious locusts reflect cryptic and aposematic antipredator strategies. *Anim., behav.*, (69): 471 – 479.
- DIRSH V. M., 1953** – Morphometrical studies on phases of the desert locust (*Schistocerca gregaria*, Forskal). *Anti-locust bull.*, (16): 1-34.
-

- DIVAN L. et IGNOFFO C.M., 1981** – Formulation of insect pathogens. *Academ. press.*, New York : 14 -20.
- DOBSON H..M., 2001** - *La lutte antiacridienne, Directives sur le criquet pèlerin*. Ed. Org. nat. uni. alim. agric., Rome, 83 p.
- DOUMANDJI-MITICHE B., DOUMANDJI S., SEDDIK A. et OUCHEN D., 1996** - Comparaison des indices morphométriques de la sauterelle pèlerine *Schistocerca gregaria* à Adrar et Tamanrasset (Sahara, Algérie). *Med. fac. Landbouww.*, Univ. Gent, 61, (3a) : 777 – 780.
- DOUMANDJI-MITICHE B., HALOUANE F., BENZAAD H., BISSAAD F.Z. et CHERIEF A., 1999** – The efficiency of *Beauveria bassiana* (Bals) against *Locusta migratoria* and *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, Acrididae). *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.*, 64, (3a) : 205 – 209.
- D.P.A.T., 1994** – *La wilaya de Tamanrasset par les chiffres*. Ed. Direction des planifications et de l'aménagement des territoires, Tamanrasset., T.I., 28 p.
- DREUX P., 1980** – *Précis d'écologie*. Ed. Press. univ. France., Paris, 231p.
- DUPONT M.G., 2006** - *Lutte biologique contre le criquet pèlerin : Nouvelles armes face à un ennemi ancestral*. Ed Org. nati. uni. agric. alim., Rome, 13 p.
- DUPRÉ G., 2004** – World bibliography of scorpions: from antiquity to today. *Arach. bull.*, (12) : 23-26.
- DURANTON J.F. et LECOQ M., 1990** – *Criquet pèlerin au Sahel*. Ed. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, 183 p.
- DURANTON J.F., LAUNOIS M. et LAUNOIS-LUONG M.H., 1982** - *Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche*. Ed. CIRAD/PRIFAS, Départ. G.E.R.D.A.T., Paris, T. II, 1496 p.
- EKESI S., 2001** - Pathogeneicity and antifeedant activity of entomopathogens Hyphomycetes to the cowpea leaf beetle, *Ootheca mutabilis*. *Insect. scien. appl.*, 21, (1) : 55 – 60.
- EL BASHIR S., 1996** - Stratégie d'adaptation et de survie du criquet pèlerin dans un milieu de récession et de multiplication. *Sécheresse*, 7, (2) : 115 – 118.
- ENCARTA, 2006** – *Carte géographique de l'Algérie*. Ed. Microsoft Encyclopédie Multimédia, 2 p.
- FAO, 2004** – *La faim dans leur sillage, voyage au cœur de la lutte contre les criquets pèlerin*. Ed. Food agric. alim. org., Rome, 12 p.
- FUZZEAU-BRAESH S., 1991** – *Polymorphisme phasaire des criquets migrants : déterminisme et différences géographiques*. Ed. AUPELF-UREF, Paris, 5 p.
- GERMEAUX M., 1997** – Reproduction et grégarisation du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. Au Niger. *Sécheresse*, Antran, 8, (1) : 65 – 68.
- GHAOUT S., 1990** - *Contribution à l'étude des ressources trophiques de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) solitaire en Mauritanie occidentale et télédétection de ses biotopes par satellite*. Thèse Doctorat. es. Sciences, Univ. Paris Sud, Orsay, 235 p.

- GOUGH D., 2004** – *Le grand festin : l'Afrique de l'ouest envahie par le criquet pèlerin*. Ed. Réseau Intégré Régional d'Information (IRIN), Nairobi, 15 p.
- GUENDOUZ-BENRIMA A., 2005** – *Ecophysiologie et biogéographie du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans le Sud algérien*. Thèse Doctorat Sci. agro. Inst. nati. agro., El-Harrach, 210 p.
- GUYOT M., 1966** – Les stomates des ombéllifères. *Bull. soc. bot.*, France, 115, (5-6) : 244 – 273.
- HABES D., 1989** – *Effet de Bacillus thuringiensis sur l'intestin, les hémocytes et sur le métabolisme général de Thaumetopea pityocampa Schiff. (Lepidoptera, Notodontidae)*. Thèse Magister physio. anim., Inst. sci. nati., Univ. Annaba, 83 p.
- HALOUANE F., 1997** – *Cycle biologique Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) et de Locusta migratoria (Linné, 1768) (Orthoptera, Acrididae). Efficacité de Metarhizium anisopliae (Metch) (Hyphomycètes, Deuteromycotina) et effet sur quelques paramètres physiologiques de Schistocerca gregaria*. Thèse Magister sci. agro., Inst. nat. agro., El Harrach, 235p.
- HALOUANE F., BENZARA A., DOUMANDJI-MITICHE B. et BOUHACEIN M., 2001** – Effet de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* et *Metarhizium flavoviride* (Hyphomycètes, Deuteromycotina) sur l'hémogramme des larves de 5ème stade et des adultes de *Locusta migratoria* (Orthoptera : Acrididae). *Jour. orthop. res.*, 10, (2) : 331 – 334.
- HAMDINE O., 2001** - *Conservation du Guépard (Acinonyx jubatus Schreber, 1776) de la région de l'Ahaggar et du Tassili n'Adjjer en Algérie*- Programme U.I.C.N. pour l'Afrique du Nord, Tamanrasset, 50 p.
- HASKELL M., 1982** - Pest species. *Acrida*, 2 : 300 – 313.
- HEMOUR S., 2005** – *Etude morphométrique de Schistocerca gregaria Forskål, 1775 (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) et effet de deux champignons entomopathogènes Beauveria bassiana et Metarhizium anisopliae var acridum (Deuteromycotina, Hyphomycètes) sur quelques paramètres physiologiques de cet acridien*. Mém. ing. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 103 p.
- INGLIS G. D., JHONSON D. L. & GOETTEL M. S., 1997** – Field laboratory evaluation of two batches of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Veuillemin against grasshoppers. *Canadian Entomolog.*, 29, pp: 171 –186.
- INPV, 2006** – *Formulaire FAO de prospection (criquet pèlerin)*. Ed. Institut National de la Protection des Végétaux, 1p.
- JARONSKI S.T., 2002** - Persistence of the desert locust fungal pathogen *Metarhizium anisopliae* after introduction into natural habitats. *Elsevier*, (43) : 361-406.
- JARONSKI S.T. et GOETTEL M.S., 1997** - Development of *Beauveria bassiana* for control of grasshoppers and locusts. *Mem. ent. Sci. Canad*, (171): 225 – 237.
- KAIDI N., 2004** - *Effet de la température et des milieux de culture sur B. bassiana Bals (Hyphomycètes, Deuteromycotina). Activité biologique de cet entomopathogène vis-à-vis des imagos de Schistocerca gregaria Forskål (1775) (Cyrtacanthacridinae , Acrididae) et de Locusta migratoria Linné (1758) (Oedipodinae, Acrididae)*. Mém. ing. agro, Inst. nati. agro., El-Harrach, 109 p.

- KARA F.Z., 1997** - *Etude de quelques aspects écologiques et régime alimentaire de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) dans la région d'Adrar et en conditions contrôlées*. Thèse Magister, Inst. nati. agro., El Harrach, 182 p.
- KARA F.Z., DOUMANDJI-MITICHE B., DOUMANDJI S., KADI A., AYOUB A., ZERGOUN Y. et SAHRAOUI L., 2001** – *La faune orthoptérologique de quelques oasis algériennes (Béchar, Adrar, Tamanrasset, Djanet et Ghardaïa)*. Ed. Inst. nati. protec. vég., El-Harrach, 394 p.
- KHIDER B., 1999** – *Biométrie, régime alimentaire et répartition des zones de reproduction du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) au Sud algérien*. Thèse Magister scien. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 142 p.
- LAROUSSE , 1984** – *Petit Larousse illustré*. Ed. Librairie Larousse, Paris, 1798 p.
- LAUNOIS-LUONG M.H., 1975** – Méthodes d'étude dans la nature du régime alimentaire du criquet migrateur *Locusta migratoria capito* (Sauss.). *Ann. zool. écol. anim.*, 8, (1) : 25 – 32.
- LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1989** – *Vade-Mecum des criquets du Sahel*. Ed. CIRAD/PRIFAS, Montpellier, (5) : 125 p.
- LAUNOIS-LUONG M.H., LAUNOIS M. et RACHADI T., 1988** - *La lutte chimique contre les criquets du Sahel*. Ed. Dehan, CIRAD/PRIFAS, Montpellier, (3) : 83 p.
- LAZAR M., 2005** – *Zones de reproduction potentielles du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forsk., 1775) dans le Sud algérien : délimitation et suivi de l'évolution de la végétation aux moyens d'images satellitales*. Thèse Magister scien. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 76 p.
- LEBERRE J.R. et MAINGUET A.M., 1974** – Nutrition du criquet migrateur *Locusta migratoria* L. (Orthoptera : Acrididae). Etude quantitative de l'ingestion et de l'absorption intestinale. *Ann. nutr. alim.*, (28) : 437 – 462.
- LECOQ M., 1978** – Biologie et dynamique d'un peuplement acridien soudanien en Afrique de l'Ouest. *Ann. soc. entom. France*, 14, (4) : 603 – 681.
- LECOQ M., 2003** - La menace du Criquet pèlerin pour le développement agricole et la sécurité alimentaire et le rôle de la FAO pour son contrôle. *Conférence présentée lors du 8 ème congrès arabe de protection des plantes*, El Beida :1 - 8 p.
- LECOQ M., WILPS H. et ZELAZNY B., 2003** – *Locust literature*. Ed. ISPI Pest-Directory Locust, GTZ, CIRAD, FAO, Rome.
- LEGALL P., 1989** - Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoïdes (Orthoptera). *Bull. écol.*, 20, (3) : 245 – 261.
- LEPESME P., 1938** – Note préliminaire sur la cytologie du sang des acridiens. *Bull. soc. hist. nat. Afr. Nord*, T. XXIX : 241 – 250
- MAROUF S., 1997** – *Quelques aspects bioécologiques de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775), dans la région de Tamanrasset. Evaluation des valeurs énergétiques sur différents aliments au laboratoire*. Mémoire Ing. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 81 p.

- MARTINI P., LECOQ M., SOUMARÉ L. et CHARA B., 1998** – Proposition de programme de lutte contre le criquet pèlerin dans la partie occidentale de son aire d'habitat. Ed. Food agric. org., Rome, 92 p.
- MINATO G., NICOLA J. et ZUZEL F., 1973** – Utilisation de quelques méthodes d'analyse multivariées dans l'étude morphométrique du criquet *Locusta migratoria* cinerascens Fb. : phase et action du gaz carbonique. *Ann. zool. écol. anim.*, 5, (4) : 507 – 532.
- MOUMEN K., 2002** - Organisation et fonctionnement de la lutte antiacridienne en Algérie. Ed. Institut national de la protection des végétaux, El-Harrach 10 p.
- MUTIN L., 1977** - La Mitidja, Décolonisation et espaces géographiques. Ed. Office Publ. Univ. Alger, 607 p.
- NAKINGA C., OGENGO-LANTIGO M.W. et ALLARD G.B., 1996** – Pathogenicity of indigenous isolates of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to the banana weevil : *Cosmopolites sordidus*. *Afric. jour. plant. prot.*, (6) : 1 – 11.
- ONM, 2006** – Données climatiques de la région de Tamanrasset. Ed. Centre de météorologie, Tamanrasset ; 20 p.
- OUCHEN D., 1995** – Quelques aspects bioécologiques de *Schistocerca gregaria* (Forskål) (Orthoptera, Acrididae) dans la région de Tamanrasset et en conditions contrôlées. Mém. ing. Ago., Inst. nati. agro., El-Harrach, 84 p.
- OULD EL HADJ M.D., 2004** – Le problème acridien au Sahara algérien. Thèse Doctorat scien. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 276 p.
- OULD TALEB M.H. et AMADOU D., 2001** – Field demonstration of use of *Metarhizium anisopliae* for desert locust control using release spray recapture method. Ed. Food agric. org., Rome, 17 p.
- OUTTAR F., 2006** - Effet de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* Bals. et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* Metch. (Hyphomycètes, Deuteromycotina) sur l'état embryonnaire du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae). Mém. ing. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 102p.
- OZENDA P., 1983** – Flore du Sahara. Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 622 p.
- PAILLOT A., 1933** – L'infection chez les insectes. Ed. Pâtissier, Paris, 471 p.
- PESSON P., 1980** – A propos de l'institut botanique des insectes : un aspect de la co-évolution des plantes et des insectes. *Ann. soc. ent.*, France, 16, (3) : 435 – 452.
- POPOV G.B., 1997** - Atlas des aires de reproduction du criquet pèlerin. Ed. Org. nat. uni. agric. alim., Rome, 122 p.
- POPOV G.B., DURANTON JF et GIGAULT J., 1991** – Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) en Afrique du Nord Occidentale. Ed. CIRAD/PRIFAS, (3) : 43 p.
- PRIOR C., JOLLANDS P. et LE PATTOUREL G., 1988** – Infectivity of oil and water formulations of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina : Hyphomycetes) to the cocoa weevil pest *Pantorhyntes plutus* (Coleoptera : Curculionidae). *Jour. invert. pathol.*, (52) : 66 – 72.

- RACCAUD-SCHOLLER J., 1980** – *Les insectes : physiologie et développement*. Ed. Masson, Paris, 296 p.
- RACHADI T., 1990** – Processus et limites des insecticides chimiques en lutte antiacridienne. *Phytoma*, (421): 53 –59.
- RAMADE F., 1984** - *Eléments d'écologie – écologie fondamentale*. Ed. Mc Graw-Hill, Paris, 397 p.
- RAPPILY F., 1968** – *Les techniques de mycologie en pathologie végétale*. Ed. Ann. Epiphyties, 19, 102 p.
- SAHKI A. et SAHKI R., 2004** - *Le Hoggar, promenade botanique*. Ed. Esope, Chamonix (Mont Blanc), 312p.
- SEDDIK A., 1994** – *Développement ovarien et charge alaire du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Orthoptera, Acrididae). et du criquet migrateur *Locusta migratoria cinerascens* (Binnot et Finnot, 1889) (Orthoptera, Acrididae) à Adrar Cycle biologique du criquet pèlerin au laboratoire*. Mém. ing. agro., Int. nati. agro., El-Harrach, 154 p.
- SITOUH M., 1976** – Relations entre les crues et *Schistocerca gregaria* en phase solitaire dans le Sahara central. *Ann. Inst. Nat. Agro.*, El-Harrach, (4): 33 – 83.
- STATHERS T.E., MOORE D. et PRIOR C., 1993** – The effect of different temperatures on the viability of *Metarhizium flavoviride* conidia stored in vegetable and mineral oil. *Jour. invert. pathol.*, (62): 111 – 115.
- STATSOFT, 2003** – *Statistica version 6.1*, Ed Statsoft, Inc., U.S.A., CD-ROM.
- STEPHAN D., WELLING M. et ZIMMERMAN G., 1997** – Locust control with *Metarhizium flavoviride* : new approaches in the development of a bio-preparation based on blastospores. *New strateg. locus. contr.*, (4): 151 – 158.
- STEWART P., 1969** – Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. natu., Afri. Nord*, (59) : 23-36.
- St. Leger R.J., Joshi L., Bidochka M.J. et Roberts D.W., 1996** - Construction of an improved mycoinsecticide over expressing a toxic protease. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, (93): 6349-6354.
- STOWER W.J., 1983** – Oviposition behaviour and egg mortality of the desert locust (*Schistocerca gregaria* Forskal) on the coast of Eritrea. *Jour. appl. écol.*, (6) : 203 – 235.
- SYMMONS P.M. et CRESSMAN K., 1994** – *The desert locust guidelines: Biology and behaviour*. Ed. Food agric org., Rome, 22 p.
- SYMMONS P.M. et CRESSMAN K., 2001** – *Directives sur le criquet pèlerin : Le criquet pèlerin, biologie et comportement*. Ed. Food agric. org., Rome, 32 p.
- UVAROV B.P., 1977** – *Grasshoppers and locusts. A handbook of general acridology*.Ed. Center of overseas pest research center, London, Vol. 2, 613 p.
- VAN DER WERF W., WOLDWAHID G., VAN HUIS A., BUTROUS M. et SYKORA K., 2005** – Plant communities can predict the distribution of solitary locust *Schistocerca gregaria*. *Jour. appl. écol.*, (42): 989 – 997.

- VEY A., QUIOT J. M. et PAIS M., 1986** – Toxémie d'origine fongique chez les invertébrés et ses conséquences cytotoxiques : étude sur l'infection à *Metarhizium anisopliae* (Hyphomycètes, Moniliales) chez les Lépidoptères et les Coléoptères. *Soc. Biol.*, (180) : 105 – 112.
- WACHER T., DE SMET K., BELBECHIR F., BELBECHIR-BAZI A., FELLOUS A., BELGHOUL M. et MARKER L., 2005** – *Inventaire de la faune Sahélo-Saharienne*. Ed. Office Parc nati. Ahaggar, Tamanrasset, 45 p.
- WIGGLESWORTH B., 1972** – *The principles of insects physiology*. Ed. Chapman and Hall, London, New York, 827 p.
- WOLDWAHID G., VAN DER WERF W., HUIS V. et STEIN A., 2004** – Spatial distribution of populations of solitary adult desert locust (*Schistocerca gregaria* Forsk.) on the coastal plain of Sudan. *Agri. forest. entom.*, (6) : 181 – 191.
- XIA Y., DEAN P., JUDGE A.J., GILLESPIE J.P., CLARKSON J.M. et CHARNLEY A.N., 2000** – Acid phosphatases in the haemolymph of the desert locust *Schistocerca gregaria*, infected with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Jour. insect. physio.*, (46) : 1249 – 1257.
- ZAFACK J., 2004** - Le criquet pèlerin : un acridien tout particulier. *Bull. Infor. Phyto.* (42) : 1-3.
- ZIMMERMAN G., ZELAZNY B., KLEESPIES R. et WELLING M., 2003** – *Biological control of african locusts by entomopathogenic microorganisms*. Ed. Federal biological research, Food agric. alim. org., Rome, 26 p.

Annexes

Annexe 1. Les régions naturelles du parc national de l'Ahaggar

1. Adjerar : C'est une région au relief peu élevé elle est située au pied de la falaise tassilienne dans l'Immidir.

2. Afedafeda : C'est la région où l'on trouve la plus forte densité en populations locales sédentaires, le relief est formé essentiellement de vallées avec de nombreux oueds. Cette région représente le bassin versant de Tekouiat, on comprend alors que de nombreux centres de culture de subsistance se soient développés dans cette région, avec parmi les plus importants Abalessa (vallée située à une altitude de 850 m), Iguellen, Tin Amensarh dans la vallée de l'oued Tit, Essali Sekin dans la vallée de l'oued Outoul.

3. Amadghor : Plaine très vaste dont l'altitude dépasse les 1000 m cette plaine est traversée dans le sens sud-nord par l'oued du même nom, c'est aussi la plaine de l'oued Tafessesset qui se jette plus loin vers le sud dans le Ténéré à une altitude descendant en dessous de 600 m.

4. Aghechoum : C'est une région montagneuse située au nord et à l'ouest de l'Atakor elle est constituée de plateaux volcaniques, tel : l'Abardja qui est de nature basaltique, étagés de 900 à 1500 m d'altitude, avec par exemple 1510 m à Hirafok, 1450 m à Ideles, 1410 m à Tit, et 1130 m à In Amguel.

5. Edjieré (ou Eggeré) : C'est une région aplanie vers le nord mais qui renferme des sommets quartzitiques qui dépassent 1800 m d'altitude, il s'agit d'une vaste chaîne qui va jusqu'au Tassili N'Adger.

6. Atakor : C'est une région volcanique, il s'agit du massif montagneux le plus haut de la région, avec des monts atteignant près de 3000 mètres d'altitude, tels le Tahat avec ses 2918 m, llamane et ses 2760 m, et l'Assekrem avec 2728 m; l'Atakor est le cœur de l'Ahaggar central.

7. Ouan Helladjene : Cette région est formée de reliefs granitiques à quartzitiques, l'altitude qui commence à s'abaissait rapidement depuis l'Atakor ne dépasse guère 900 m à ce niveau, une grande vallée, la vallée d'Outoul, sépare cette région de l'Afedafeda et de l'Aghechoum.

8. Serkout : C'est l'une des régions les plus belles et les plus sauvages de l'Ahaggar elle est constituée de massifs granitiques creusés par des vallées riches en flore et en faune.

9. Tahalgha : Il s'agit de massifs volcaniques qui recouvrent les schistes cristallins; c'est une région à volcanisme explosif récent de type acide.

10. Tazoulet - Aghefssa : Région d'altitude élevée (près de 2000 m), toutefois sans reliefs importants (le relief est plus ou moins tabulaire pour une large part), formée de massifs granitiques on y trouve un grand centre de culture, Tazrouk (1900 m d'altitude).

11. Tefedest : Il s'agit d'une apophyse granitique massive dont la dorsale dépasse 2000 m d'altitude, comme à In Ekoulmou (2369 m) cette chaîne est profondément creusée par des vallées.

12. Torha : C'est une région avec des reliefs tabulaires et des crêtes dépassant 1800 m d'altitude ; elle est formée de vallées et de socle.

Annexe 2. La richesse faunistique du parc national de l'Ahaggar

A. Mammifères, oiseaux réptiles et amphibiens de la région de Tamanrasset

Groupes	Noms latins	Noms communs	Noms tamahaq
Mammifères	<p><i>Paraechinus aethiopicus</i> Chiroptera Pipistrellus deserti <i>Canis aureus</i> Fennecus <i>zerda</i> <i>Vulpes rueppellii</i> <i>Hyaena hyaena</i> <i>Lycaon pictus</i> <i>Acinonyx jubatus</i> <i>Panthera pardus</i> <i>Felis sylvestrus</i> <i>libyca</i> <i>Procavia capensis</i> <i>Ammotragus lervia</i> <i>Addax nasomaculatus</i> <i>Oryx dammah</i> <i>Gazella dama</i> <i>Gazella dorcas</i> <i>Gerbillus</i> spp. <i>Meriones</i> spp <i>Psammomys obesus</i> <i>Acomys cahirinus</i> <i>seurati</i> <i>Jaculus jaculus</i> <i>Massoutiera mzabi</i> <i>Lepus capensis</i></p>	<p>Hérisson du désert Chauve souris Pipistrelle du désert Chacal doré Fennec Renard familial Hyène rayée Lycaon Guépard Pantère Daman ganté Daman de rocher Mouflon à manchettes Addax Oryx algazelle Gazelle dama Gazelle dorcas Gerbilles Mérions des sables Souris épineuse égyptienne Petite Gerboise d’Egypte Goundi du Mzab Lièvre du cap</p>	<p>Tiknissit, Teknissit Adeggal-n-teffuk, Adeggal-n-teffuk, Ebeggi Akhorhi Akhorhi Eridel, Aghidel Tahenchit, Taghessit Amayas, Altouf Dama, Taghda Akawka Oudad Tamellalt Izze Ademi Inir, Enir Ahenked Akouti, Akoutei Akounder Akounder Tajejert</p>
Oiseaux	<p><i>Ardea</i> spp. <i>Egretta garzetta</i> <i>Neophron percnopterus</i> <i>Falco tinnunuculus</i> <i>Falco biarmicus</i> <i>Cursorius cursor</i> <i>Pterocles</i> ssp <i>Pterocles coronatus</i> <i>Pterocles lichtensteinii</i> <i>Columba livia</i> <i>Streptopelia turtu</i> <i>Streptopelia senegalensis</i> <i>Bubo ascalaphus</i> <i>Athene noctua</i> <i>Upupa epops</i> <i>Ammomanes</i> spp. <i>Alaemon alaudipes</i> <i>Ptyonoprogne fuligula</i> <i>Hirundo rustica</i> <i>Delichon urbica</i> <i>Sylvia</i> spp. <i>Oenanthe leucopyga</i> <i>Turdoides fulvus</i> <i>Lanius meridionalis</i> <i>Corvus ruficollis</i> <i>Emberiza striolata</i> <i>Bucanetes githaginea</i></p>	<p>Héron Aigrette garzette Vautour percnoptère Faucon crécerelle Falcon Faucon lanier Courvite isabelle Ganga Ganga couronné Ganga de Lichtenstein Pigeon biset Tourterelle des bois Tourterelle maillée Grand-duc du désert Chevêche d’Athéna Huppe fasciée Ammomanes Sirli du désert Hirondelle isabelline Hirondelle rustique Hirondelle de fenêtre Fauvettes Traquet à tête blanche Cratérope fauve Pie-grièche méridionale Corbeau brun Bruant striolé Roselin githagine</p>	<p>Irek Ibilbil Taghaldji, Taghaldjit Aloullem Aloullem, Afokka Seyellel-ibaraden Tbidert Tagdout Tagdout, Tintamat Tidebbirt Tadoureit Tadjered Bouihane Taouik Houdhoud Toudira, Tabegnast Ati-Ati Mestegh Mestegh Mestegh Sidden izlen Moula-moula Tiou-tiou Srendi-boughellama Aghaledj, Arralit Siboubou, Egdedaren Tahrayt</p>
Reptiles	<p><i>Ptyodactylus hasselquistii</i> <i>Agama impalearis</i> <i>Agama mutabilis</i> <i>Agama agama</i> <i>Uromastix</i> ssp <i>Uromastix acanthinurus</i> <i>Uromastix qevri</i> <i>Scincus</i></p>	<p>Gecko Agama de Birbon Agama du désert Agama des colons Fouette queue Fouette queue Fouette queue geyr Poisson de sable Varan</p>	<p>Ptyodactyle 123 Emezerega Emeterter Amterter Amterter</p>

(Leberre cité par Marouf, 1997 et Hamdine, 2001)

B. Arthropodes de la région de Tamanrasset

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

(Benabadji et Larrouy, 1968 ; Kara et al., 2001 et Dupré, 2004)

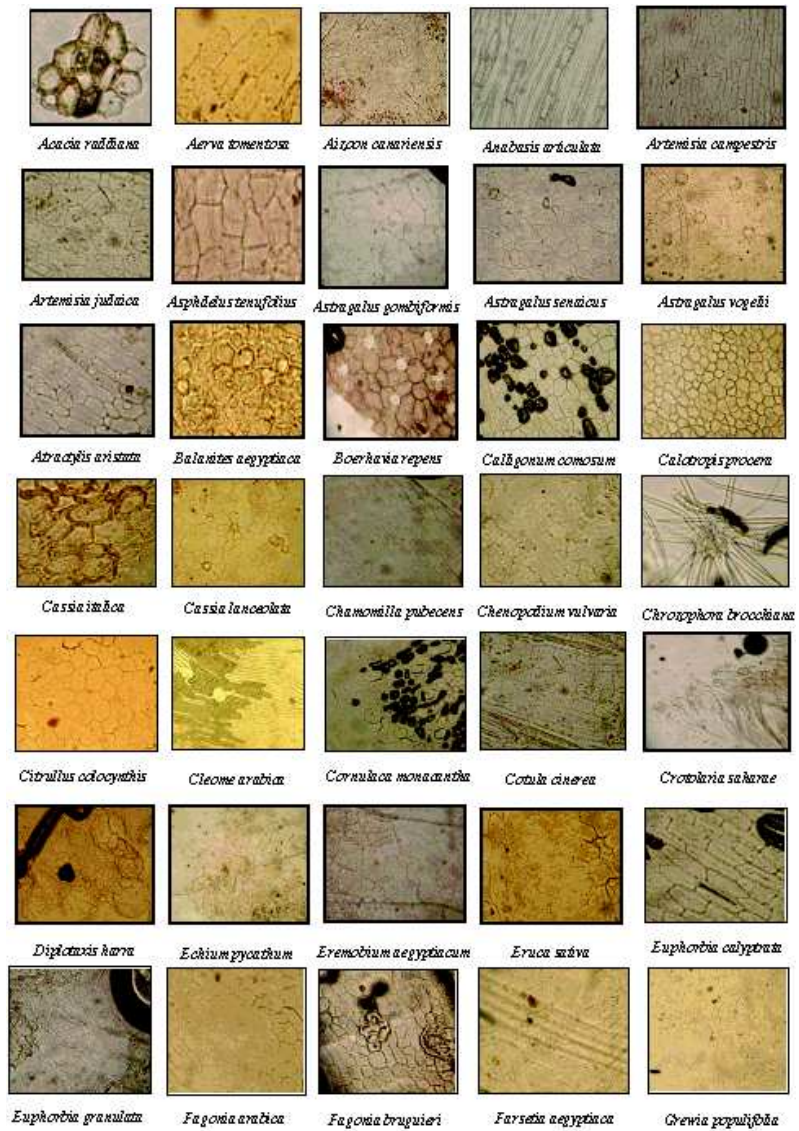
Annexe 3. Liste des familles et espèces des plantes spontanées recensées dans le parc national de l'Ahaggar (Sahki et Sahki, 2004).

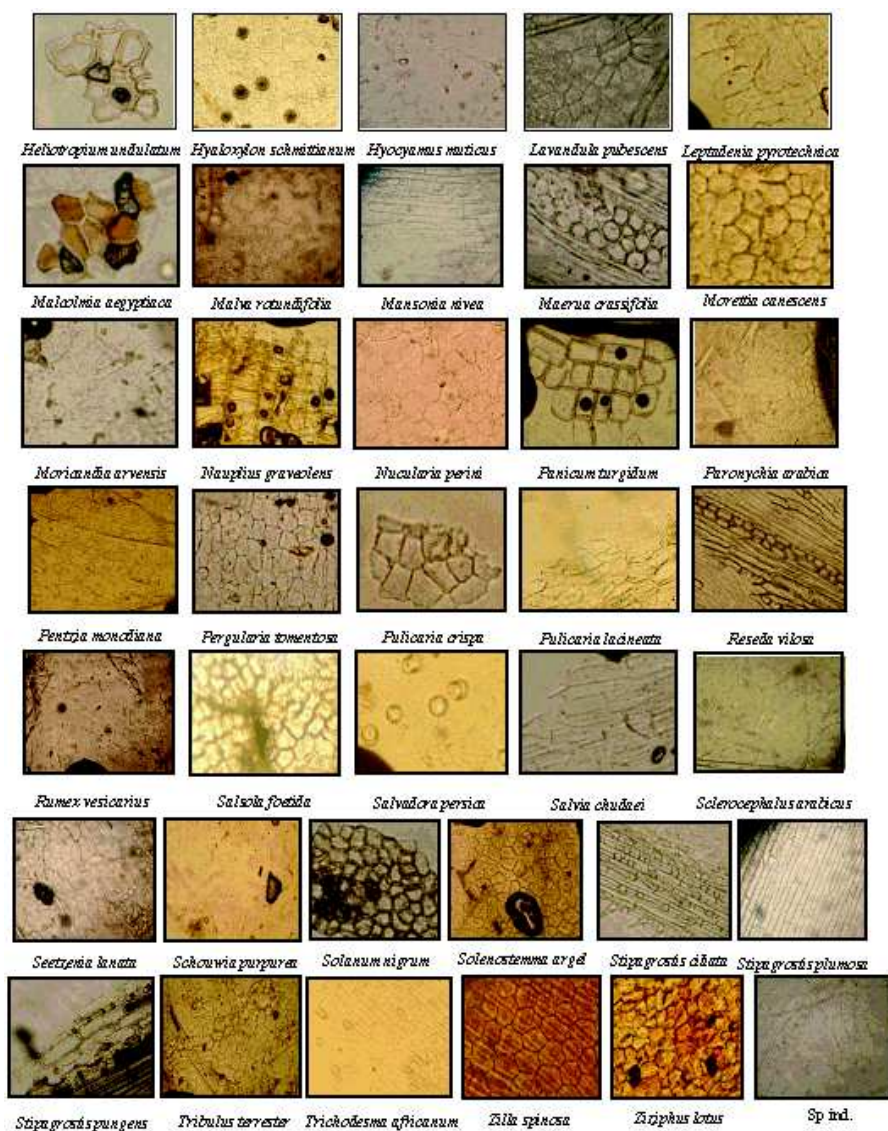
Circuits	Lieu et coordonnées géographiques
1	Abalessa village (22 54 N 04 51 E) – Imedal (22 58 N 00 58 E) – Ahtes (22 54 N 04 45 E; 22 56 N 04 44 E) – Taldet (22 57 N 04 43 E) – Ithiyiline (23 00 N 04 41 E; 23 04 N 04 39 E) – Imessouhat (23 07 N 04 37 E) – Abalessa .
2	Abalessa – In Adjedjou (23 04 N 04 44 E; 23 07 N 04 47 E; 23 08 N 04 35 E; 23 08 N 04 42 E) – Taghat (22 07 N 04 48 E) – Sellet 22 44 N 04 51 E) – Amazehageni Tivalwaline (22 48 N 04 51 E) – Afedjedj (22 49 N 04 55 E) – Abalessa .
3	Abalessa – Tin Arezrez (23 14 N 04 28 E) – Ademuba (23 22 N 04 12 E) – Tekouiet 23 25 N 04 10 E; 23 30 N 04 26 E) – In Afarfar (23 31 N 04 08 E) – Abadel (23 27 N 04 31 E) – Tin haouiar (23 16 N 04 36 E) – Tin Tebabouin (2310 N 04 34 E) - Tilou (23 11 N 04 59 E) – Ihaghi (22 59 N 04 54 E) – Abalessa .
4	Tamanrasset – Infeg (22 18 N 05 52 E) – Igharghar (21 34 N 06 09 E; 21 36 N 06 07 E) – Tin Tarabine (21 43 N 07 05 E; 21 48 N 06 59 E; 21 56 N 06 47 E; 22 00 N 06 45 E) – Tazrouk – Idèles – Massifs du Hoggar (23 15 N 05 42 E, 23 13 N 05 30 E) – Guelta Afilal (23 07 N 05 45 E) – Tamanrasset .

Annexe 5. Itinéraires des circuits effectués en période automno-hivernale (novembre-décembre 2006)

Circuits	Lieu et coordonnées géographiques
1	Silet piste (22 39 N 04 34 E) – Amded (22 51 N 04 29 E; 22 49 N 04 23 E; 22 48 N 04 21 E; 22 52 N 04 27 E; 22 42 N 04 12 E; 22 43 N 04 08 E; 22 33 N 03 55 E; 22 32 N 03 52 E) – Helen (22 18 N 03 51 E) – Tamanrasset (21 09 N 03 54; 22 01 N 04 09) – Tinef (21 59 N 04 13 E; 22 04 N 04 17 E) – Jonction Tinef/Adjmet (22 05 N 04 24 E) – Adjmet (22 06 N 04 29 E) – Tissafine-Teghatine (22 23 N 04 32 E) – Silet .
2	Silet – Iwayharen (23 02 N 04 30 E) – In Adjedjou (23 06 N 04 29 E; 23 07 N 04 47 E) – Oussayane (23 10 N 04 28 E) – Tin Arezrez (23 14 N 04 27 E; 23 17 N 04 38 E) – Abadel (23 22 N 04 29 E; 23 25 N 04 30) – Tekouiet (23 30 N 04 29; 23 30 N 04 30 E; 23 31 N 04 33 E; 23 30 N 04 39 E – 23 32 N 04 37 E – 23 34 N 04 40 E – 23 37 N 04 42 E) – In M'guel (05 09 N 23 42 E) – Imessoumed (23 32 N 05 05 E) – Silet .
3	Tamanrasset (Ville) (22 46 N 05 30 E) – Tizelayine (22 51 N 05 34 E) – Tahbourte (22 50 N 05 37 E) – Massifs du Hoggar (23 31 N 05 47 E; 23 31 N 05 45 E; 23 26 N 05 40 E; 23 25 N 05 58 E; 22 59 N 05 26 E; 23 33 N 06 00 E) – Tamanrasset (Ville) .
4	Tamanrasset – Amesser (22 55 N 05 15 E) – Amekeni (22 53 N 05 12 E) – Tassoufite (22 53 N 05 10 E) – Tiwahvaline (22 53 N 05 00 E) – Ahtes (22 56 N 04 44 E) – Taldet (22 58 N 04 42 E) – Tihyine-Tin-Djarine (22 59 N 04 41 E) – Tihyine-Timalouline (22 59 N 04 39 E) – Abrihaten (22 55 N 04 41 E) – Abalessa – Silet .
5	Silet – In Zafar (22 42 N 04 30 E) – Tin Ehilene (22 41 N 04 30 E) – Adjelmame (22 37 N 04 30 E) – Tin Taghast (22 39 N 04 30 E) – Tin Tadmagh (22 35 N 04 32 E) – Amenait (22 37 N 04 35 E) – Silet .
6	Silet – Infeg (22 18 N 05 52 E) – Igharghar (21 36 N 06 08 E) – Tin Tarabine (21 52 N 06 52 E; 21 53 N 06 51 E; 21 54 N 06 49 E; 21 56 N 06 47 E; 21 56 N 06 47 E; 22 00 N 06 45 E; 22 01 N 06 42 E; 22 07 N 06 39 E) – Tamanrasset → Silet .
7	Silet – Ahenbetour (22 44 N 04 25 E) – Tin Daghen (22 53 N 04 03 E) – Ademiba (22 59 N 03 57 E) – Ouan Farfar (23 04 N 03 51 E) – Tin Chifaou (23 20 N 03 37 E) – Tin Chekchi (23 10 N 02 36 E) – Ahaddeda (23 13 N 02 34 E; 23 16 N 02 36 E) – Ifilalen (23 24 N 02 33 E) – In Tiza (23 27 N 02 33 E; 23 29 N 02 38 E (Gudta); 23 27 N 02 31 E; 23 26 N 02 30 E) – Tadjena (23 18 N 02 26 E) – In Ararfazou (23 18 N 02 26 E) – Talkhemditte loula (22 54 N 02 47 E) – Talkhemditte (22 53 N 02 54 E) – Silet .

Annexe 6. Epidermes des espèces végétales récoltées au niveau du parc national de l'Ahaggar





Annexe 7. Tableaux des caractéristiques des biotopes étudiés utilisés pour l'étude des corrélations.

Texture du sol : classement de 1 (sol le plus léger : LSf) à 9 (sol le plus lourd : ALSfSgR)

Humidité du sol : humide en surface (1), à 5 cm (2), à 10 cm (3), à 30 et cm (4)

Etat de verdissement : V (1), VS (2), S (3) et SV (4).

A/ Saison hiverno-printanière

Bioécologie de *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae) dans la région de l'Ahaggar

Texture sol	Humidité sol	Etat végétation	Densité végétation	Densité
3	2	1	1	0
5	2	1	2	0
5	3	1	2	0
6	2	1	1	0
6	2	1	1	0
5	2	2	1	0
5	2	1	1	0
5	2	1	1	0
5	2	1	1	0
5	3	1	1	0
7	3	1	1	0
7	2	1	2	0
5	2	1	2	0
5	2	3	3	0
5	2	3	2	0
5	3	1	1	0
1	3	1	2	10
1	3	1	1	0
1	2	1	2	0
5	2	1	1	0
5	3	1	2	0
1	2	1	2	0
1	2	1	2	0
1	1	2	1	20
5	1	1	1	0
8	2	4	2	2

A/ Saison automno-hivernale :

Texture sol	Humidité sol	Etat végétation	Densité végétation	Densité
1	2	1	1	20
1	2	4	1	0
3	3	2	3	0
5	2	2	1	0
5	2	1	3	0
2	2	1	1	0
5	2	2	1	0
1	2	1	1	30
5	2	1	1	0
5	3	2	1	0
7	3	2	1	0
1	2	2	1	30
5	2	1	1	0
5	2	1	1	0
9	2	2	2	0
9	3	1	1	0
9	3	4	1	0
7	3	4	1	0
1	2	4	3	0
5	2	4	3	0
5	3	1	1	0
5	2	4	1	0
5	2	4	1	0
6	1	4	1	0
6	1	4	1	0
6	2	3	1	0
6	1	3	1	0
6	1	4	1	0
1	2	1	1	50
4	2	1	1	0
7	2	2	1	0
1	2	1	1	30
1	2	4	2	5
5	3	1	1	40
5	2	1	2	0
3	2	1	2	0
5	1	3	1	0
5	1	3	1	0
5	1	3	2	0
1	1	4	1	5
1	1	4	1	5
1	2	1	1	0
7	2	1	2	0
5	1	1	2	0
3	1	1	1	0
3	1	1	2	0
1	1	1	1	0
1	1	4	1	10

Oued de prospection	Espèces végétales présentes	Situation acridifère
Abadel	<i>Acacia raddiana</i> , <i>Acacia persica</i> Asphodelus tenuifolius, Astragalus gombiformis, Astragalus senaiacus, Astragalus vogelii Calotropis procera, Chamomilla pubescens Chrozophora brocchiana, Citrus colocynthis Cotula cinerea, Eremobium aegyptiacum Farsetha ramosissima, Moretha canescens, Moricandia arvensis Nauphus graveolens, Panicum turgidum Rumex vesicarius, Schouwia thebaica Ziziphus lotus, Z. illa spinosa	♂ 5et 6♀)mars(♂ 5et 4♀ (décembre)
Adjebsane	<i>Acacia raddiana</i> , <i>Acacia seyal</i> , <i>Acacia persica</i> Atriplex halimus, Cassia lanceolata Citrus colocynthis, Moretha canescens Ziziphus lotus, Cornulaca monacantha	♂ 12et 8♀
Améd	<i>Acacia raddiana</i> , <i>Acacia seyal</i> , <i>Acacia persica</i> Asphodelus tenuifolius, Astragalus gombiformis Astragalus senaiacus, Astragalus vogelii Boerhavia repens, Calotropis procera Chamomilla pubescens, Citrus colocynthis Cleome arabica, Farsetha ramosissima Malva rotundifolia, Moretha canescens Moricandia arvensis, Nauphus graveolens Reseda vilosa, Pulicaria crispata, Rumex vesicarius Salsola foetida, Schouwia thebaica, Trichoderma africanum, Zilla spinosa, Salsola chsdari	♂ 8et 3♀
Amenatt	<i>Acacia raddiana</i> , <i>Acacia persica</i> , <i>Astragalus vogelii</i> Balantes aegyptiaca, Cassia lanceolata, Cassia italica, Euphorbia calyptrata, Panicum turgidum Pulicaria crispata, Ziziphus lotus	♂ 17et 7♀
Iwayharen	<i>Acacia persica</i> , <i>Astragalus vogelii</i> , <i>Boerhavia repens</i> Chrozophora brocchiana, Moretha canescens Panicum turgidum, Stipagrostis plumosa, Stipagrostis pungens, Schouwia thebaica, Tribulus terrester	♂ 5et 6♀
Tin Tarabine	<i>Acacia raddiana</i> , <i>Acacia persica</i> , <i>Astragalus gombiformis</i> , <i>Astragalus senaiacus</i> , <i>Astragalus vogelii</i> Calotropis procera, Cassia italica, Citrus colocynthis, Cotula cinerea, Crotolaria saharae	♂ 16et 16♀)mars(♂ 8et 12 ♀ (décembre)

Annexe 10. Mensurations et caractères morphologiques des mâles et des femelles de *S. gregaria* capturés lors des prospections

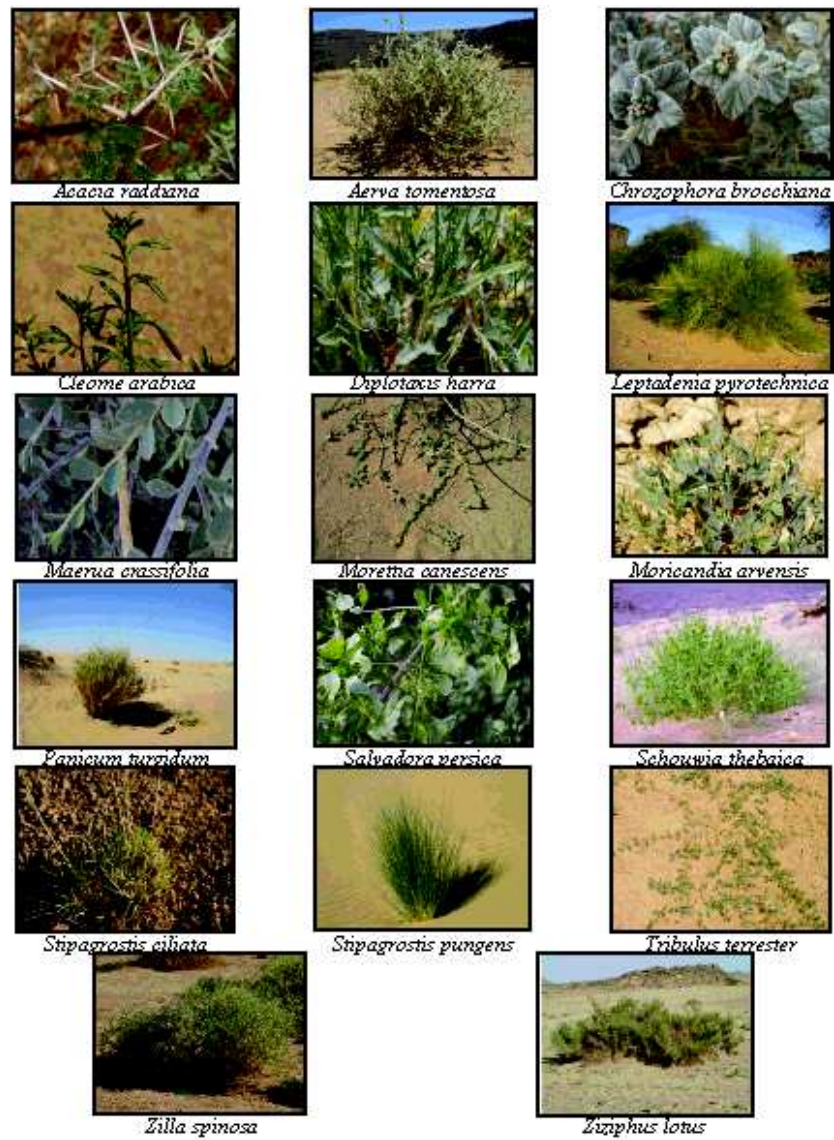
A / Saison hiverno- printanière :

Bioécologie de *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae) dans la région de l'Ahaggar

N°	Lieu	Sexe	LC	E	F	C	E/F	F/C
1	Abadel	Mâle	63,33	56	28	7,22	2	3,878
2	Abadel	Mâle	64,23	53,2	26,22	6,64	2,028	3,948
3	Abadel	Mâle	63,21	52,23	23,33	6,39	2,238	3,651
4	Abadel	Mâle	62,45	51,33	26,32	6,99	1,950	3,765
5	Abadel	Mâle	64,9	51,41	23,48	6,53	2,189	3,59
6	Abadel	Femelle	67,54	55,58	28,22	7,2	1,969	3,919
7	Abadel	Femelle	64,49	50,34	26,02	6,32	1,934	4,117
8	Abadel	Femelle	61,94	55,41	24,62	7,12	2,250	3,457
9	Abadel	Femelle	65,73	50,95	27,13	6,93	1,877	3,914
10	Abadel	Femelle	63,97	53,44	27,91	7,19	1,914	3,881
11	Abadel	Femelle	64,67	55,34	26,29	7,04	2,104	3,734
12	Tin Tarabine	Mâle	67,09	55,56	27,07	7,12	2,052	3,801
13	Tin Tarabine	Mâle	63,43	50,14	26,59	6,62	1,885	4,016
14	Tin Tarabine	Mâle	61,04	51,41	24,58	6,42	2,091	3,828
15	Tin Tarabine	Mâle	63,93	50,49	27,73	6,93	1,820	4,001
16	Tin Tarabine	Mâle	61,97	51,74	25,21	6,59	2,052	3,825
17	Tin Tarabine	Mâle	61,35	47,56	23,46	6,44	2,027	3,642
18	Tin Tarabine	Mâle	70,93	56,93	26,91	6,81	2,115	3,951
19	Tin Tarabine	Mâle	61,08	49,22	23,91	6,01	2,058	3,978
20	Tin Tarabine	Mâle	59,66	50,26	23,01	6,25	2,184	3,681
21	Tin Tarabine	Mâle	62,33	51,38	27,08	6,44	1,897	4,204
22	Tin Tarabine	Mâle	57,12	48,38	25,09	6,51	1,928	3,854
23	Tin Tarabine	Mâle	63,13	51,21	27,13	6,57	1,887	4,129
24	Tin Tarabine	Mâle	62,81	52,03	27,08	6,48	1,921	4,179
25	Tin Tarabine	Mâle	65,08	53,17	26,83	6,93	1,981	3,871
26	Tin Tarabine	Mâle	63,68	54,83	27,03	6,99	2,028	3,866
27	Tin Tarabine	Mâle	63,4	51,23	23,1	6,5	2,217	3,553
28	Tin Tarabine	Femelle	71,56	57,51	27,95	7,6	2,057	3,677
29	Tin Tarabine	Femelle	78,5	66,81	30,74	7,61	2,173	4,039
30	Tin Tarabine	Femelle	73,48	64,24	28,85	7,03	2,226	4,103
31	Tin Tarabine	Femelle	70,73	57,25	29,66	7,31	1,930	4,057
32	Tin Tarabine	Femelle	63,96	50,96	28,22	6,85	1,805	4,119
33	Tin Tarabine	Femelle	69,74	56,44	28,33	7,07	1,992	4,007
34	Tin Tarabine	Femelle	73,6,	61,61	29,59	7,61	2,082	3,888
35	Tin Tarabine	Femelle	75,5	62,11	28,88	7,78	2,150	3,712
36	Tin Tarabine	Femelle	78,14	65,83	29,74	7,59	2,213	3,918
37	Tin Tarabine	Femelle	72,19	60,2	27,42	7,3	2,195	3,756
38	Tin Tarabine	Femelle	73,25	63,24	26,45	6,99	2,390	3,783
39	Tin Tarabine	Femelle	70,39	61,33	26,93	7,01	2,277	3,841
40	Tin Tarabine	Femelle	72,23	63,55	27,54	7,25	2,307	3,798
41	Tin Tarabine	Femelle	76	64,85	27,55	7,63	2,353	3,610
42	Tin Tarabine	Femelle	69,96	61,32	27,02	7,52	2,269	3,593
43	Tin Tarabine	Femelle	71,33	60,23	27,52	7,41	2,188	3,713

B / Saison automno-hivernale :

Nombre individus	Lieu	Sexe	LC	E	F	CC	E/F	F/C
1	Amenatt	mâle	63.75	53.13	23.45	6.03	2.265	3.888888889
2	Amenatt	mâle	61.87	52.32	23.81	6.01	2.197396052	3.961730449
3	Amenatt	mâle	61.77	51.41	22.71	5.97	2.263760458	3.804020101
4	Amenatt	mâle	60.43	49.7	21.76	5.43	2.284007353	4.007366483
5	Amenatt	mâle	63.89	52.93	24.01	6.01	2.204498126	3.995008319
6	Amenatt	mâle	58.55	47.7	21.92	5.68	2.176094891	3.85915493
7	Amenatt	mâle	62.41	51	22.51	5.78	2.265659707	3.894463668
8	Amenatt	mâle	63.79	52.41	23.61	6.19	2.219822109	3.814216478
9	Amenatt	mâle	60.76	51.89	22.43	6	2.313419527	3.738333333
10	Amenatt	mâle	62.05	51.5	24.4	6.18	2.110655738	3.948220065
11	Amenatt	mâle	62.52	50.84	23.55	6.06	2.15881104	3.886138614
12	Amenatt	mâle	62.96	51.6	24.93	5.95	2.069795427	4.189915966
13	Amenatt	mâle	66.67	56.26	22.89	6.12	2.457841852	3.740196078
14	Amenatt	mâle	62.45	52.13	24.4	6.21	2.13647541	3.929146538
15	Amenatt	mâle	64.49	52.78	23	6.09	2.294782609	3.776683087
16	Amenatt	mâle	63.4	51.61	22.54	5.96	2.289707187	3.781879195
17	Amenatt	mâle	60.6	50.57	23.08	5.85	2.191074523	3.945299145
18	Amenatt	femelle	68.84	58.16	27.47	6.8	2.117218784	4.039705882
19	Amenatt	femelle	69.89	58.99	26	6.43	2.268846154	4.043545879
20	Amenatt	femelle	76.69	63.92	28.09	7	2.275542898	4.012857143
21	Amenatt	femelle	78.4	65.32	29.67	7.12	2.201550388	4.167134831
22	Amenatt	femelle	69.92	58.44	26.97	6.71	2.166852058	4.019374069
23	Amenatt	femelle	71.13	59.54	27.07	6.77	2.199482822	3.998522895
24	Amenatt	femelle	72.15	59.89	27.05	6.68	2.214048059	4.049401198
25	Adjelmane	mâle	64.43	51.12	23.48	6.35	2.177172061	3.697637795
26	Adjelmane	mâle	61.11	49.96	22.63	5.97	2.207688909	3.790619765
27	Adjelmane	mâle	59.49	47.53	22.4	5.81	2.121875	3.855421687
28	Adjelmane	mâle	62.14	51.66	22.83	6.56	2.262812089	3.480182927
29	Adjelmane	mâle	62.59	51.27	23.65	6.24	2.167864693	3.790064103
30	Adjelmane	mâle	62.49	49.57	21.16	6.39	2.342627599	3.3114241
31	Adjelmane	mâle	64.38	50.12	22.38	6.59	2.239499553	3.396054628
32	Adjelmane	mâle	62.12	51.3	23.08	6.81	2.22270364	3.389133627
33	Adjelmane	mâle	63.58	52.13	23.99	6.32	2.172988745	3.795886076
34	Adjelmane	mâle	61.39	50.93	23.01	6.67	2.213385485	3.449775112
35	Adjelmane	mâle	63.48	51.26	22.16	6.14	2.313176895	3.609120521
36	Adjelmane	mâle	62.57	50.97	22.93	6.34	2.222852159	3.616719243
37	Adjelmane	femelles	71.23	59.64	26.87	7.37	2.219575735	3.645861601
38	Adjelmane	femelles	72.38	58.72	29.09	7.61	2.01856308	3.82260184
39	Adjelmane	femelles	73.18	59.34	28.54	7.38	2.079187106	3.867208672
40	Adjelmane	femelles	71.09	55.18	26.85	6.98	2.055121043	3.846704871
41	Adjelmane	femelles	74.81	63.52	27.82	7.29	2.283249461	3.816186557
42	Adjelmane	femelles	71.63	57.4	27.06	7.26	2.121212121	3.727272727
43	Adjelmane	femelles	67.12	56.21	25.6	6.87	2.195703125	3.726346434
44	Adjelmane	femelles	75.04	61.51	28.53	7.79	2.155976165	3.662387677
45	Iwayharen	mâle	66.63	55.21	25.15	6.68	2.195228628	3.76497006
46	Iwayharen	mâle	65.25	54.38	24.55	6.45	2.215071283	3.80620155
47	Iwayharen	mâle	64.3	52.78	24.13	6.37	2.18731869	3.788069074
48	Iwayharen	mâle	66.12	55.04	25.05	6.59	2.197205589	3.801213961
49	Iwayharen	mâle	66.29	55.16	24.93	6.81	2.212595267	3.660792952
50	Iwayharen	femelle	74.89	61.31	30.33	7.59	2.021430926	3.996047431
51	Iwayharen	femelle	75.59	64.39	31.21	7.71	2.063120795	4.047989624
52	Iwayharen	femelle	73.56	62.3	30.21	7.61	2.062231049	3.96977661
53	Iwayharen	femelle	74.73	61.36	31.12	7.95	1.971722365	3.914465409
54	Iwayharen	femelle	75.32	64.95	31.13	7.56	2.086411821	4.117724868
55	Iwayharen	femelle	74.28	62.04	31.03	7.75	1.999355462	4.003870968



Annexe 12. Taux de germination (%) des blastospores de *M. anisopliae* var *acridum* séchés à différentes températures

Semaines	5°C	20°C	30°C	40°C	50°C
1	88.73	82.16	83.16	78.26	62.3
2	87.13	80.03	80.36	75.2	46.19
3	86.2	83.11	78.11	72.3	38.27
4	85.1	84.76	77.42	71.08	25.12
5	86.01	84.46	75.06	69.37	15.3
6	86.93	84.16	73.16	67.43	5.23
7	85.17	83.48	73.98	60.91	4.48
8	84.6	83.16	74.62	45.23	3.39
9	83.16	82.36	72.03	47.03	2.13
10	81.06	80.93	71.08	49.32	2.1
11	81.01	78.13	73.01	31.08	1.37
12	81.46	75.31	74.11	24.27	0.81
13	83.24	75.27	73.74	10.17	0
14	85.61	75.03	71.26	5.93	0
15	82.06	74.63	69.13	4.63	0
16	80.81	74.13	68.37	4.17	0
17	83.1	74.01	70.01	3.93	0
18	86.27	73.83	70.63	3.96	0
19	84	73.51	72.65	3.81	0
20	82.06	73.2	73.2	2.46	0
21	83.08	73.26	72.13	2.01	0
22	84.17	73.36	71.82	1.97	0
23	85.16	73.08	68.48	0.93	0
24	87.93	72.01	64.26	0.22	0
25	87.83	73.93	60.32	0	0
26	88.1	74.12	58.68	0	0

Annexe 13. Présentation des groupes d'individus de *S. gregalia* dans le plan factoriel 1-2 selon l'état phasaire

