

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRACIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة سعد دحلب البليدة
UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA

Faculté des Sciences de la nature et de la vie
Département de Biotechnologie

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences
Spécialité : Protection des plantes et environnement

Thème

*Ecobiologie du criquet pèlerin Schistocerca gregaria
(Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans le Sahara
Algerien.*

Présenté par : Mr MAHDJOUBI DJillali

Devant le jury :

Président : M. BENMOUSSA M. Professeur (Université de Blida)
Directeur de thèse : M^{me} BENRIMA A. Professeur (Université de Blida)
Co-directeur de thèse : M. DANIEL P. M.C.H.D.R. (Université de Limoges)
Examineurs : M^{me} DOUMANDJI-MITICHE B. Professeur (E.N.S.A.)
: M^{me} BENFEKIH L. Professeur (Université de Blida)
: M. KEMASSI A. M.C.A. (Université de Ghardaïa)

Année universitaire:2017-2018

Remerciements

Il m'est très agréable d'exprimer ma profonde gratitude et mes plus vifs remerciements respectueux à toutes les personnes qui m'ont témoignée de près ou de loin leur aide morale, matérielle et technique tout au long de la réalisation de ce travail :

Mme GUENDOUZ-BENRIMA A., Professeur et Doyenne de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université de Blida, Mr. DANIEL P., Maître de conférences H.D.R. à l'Université de Limoges pour leur encadrement, leurs conseils, leurs encouragements, leur sollicitude, leur gentillesse et leur modestie. Permettez-moi Mr de vous exprimer ma profonde gratitude, ma vive reconnaissance et mon profond respect.

Mr. BENMOUSSA M. Professeur au département de biotechnologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université de Blida, de m'avoir fait honneur de présider mon jury.

M^{me} DOUMANDJI-MITICHE B., Professeur au département de Zoologie agricole et forestière à l'E.N.S.A. d'EL-HARRACH pour avoir accepté de juger ce travail, merci pour votre gentillesse et votre modestie.

M^{me} BENFEKIH L. Professeur au département de biotechnologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université de Blida, pour avoir accepté d'examiner mon travail et pour sa sympathie et sa gentillesse.

Mr. KEMASSI A., Maître de conférences à l'Université de Ghardaïa pour avoir accepté d'examiner mon travail pour sa serviabilité et sa gentillesse.

Mes plus vifs remerciements et un grand respect vont également à tous les gens qui m'ont soutenu pour la réalisation de ce travail.

MAHDJOUBI Djillali

Liste des abréviations

F.A.O. : Food and Agriculture Organisation.

I.N.P.V. : Institut National de la Protection des Végétaux.

H.P.L.C. : Chromatographie en phase liquide à haute performance

D.L.A.A. : Département de lutte anti-acridienne

Liste des figures

	Page
Figure 1 : Tableau de vie du criquet pèlerin (<i>Schistocerca gregaria gregaria</i>).	9
Figure 2 : Zones de récession et d'invasion du criquet pèlerin.	10
Figure 3 : Zonation écoclimatique de l'Afrique nord-occidentale.	11
Figure 4 : Comparaison entre la consommation des espèces végétales par le Criquet pèlerin imago et leurs abondances sur terrain.	15
Figure 5 : Carte des vents dominants en Europe et en Afrique	16
Figure 6 : Une séquence de reproduction par les criquets pèlerins	17
Figure 7 : Zones infestées par différents types de population acridienne et zones traitées au cours de la séquence de recrudescence.	18
Figure 8 : Stratégies de lutte antiacridienne.	22
Figure 9 : Le développement et la croissance de nouvelles technologies sélectionnées dans les pays touchés par les sauterelles de 1985 à 2007.	23
Figure 10 . Position des 4 régions étudiées au Sahara algérien.	27
Figure 11 . Les précipitations annuelles des quatre stations	31
Figure 12 : Schémas des mesures morphométriques .	38
Figure 13 . Variation temporelle des densité de <i>Schistocerca gregaria</i> dans les quatre régions d'étude.	45
Figure 14 A : Projection par DCA d'échantillons floristiques étudiés au Sahara algérien.	46
Figure 14B : Graphique de densité construit avec les coordonnées de DCA en tant que x et y et densités acridiennes en tant que z. Les isoclines définissent l'espace avec des densités de criquets identiques.	47
Figure 15 : Vue synthétique du cycle acridien et des migrations entre les trois régions du Sahara algérien.	54
Figure 16 : Localisation des 466 relevés dans les quatre régions du Sahara	56

Liste des figures

Figure 17: Vue synthétique des 16 assemblages obtenus à partir du cluster global construit avec les listes de plantes enregistrées dans les 466 relevés,	59
Figure 18: Classification hiérarchique des 88 espèces de plantes selon la méthode du tableau synthétique 4 et de Ward.	60
Figure 19: Distance arbre (rho de Spearman) entre les caractéristiques environnementales et l'abondance du Criquet pèlerin (à partir des 16 groupes tableau synthétique 11). Les astérisques établissent des corrélations significatives ($p < 0,065$).	63
Figure 20 : Localisation des sites d'étude de l'Algérie et de la bibliographie. Les limites dans les zones biogéographiques (lettres majuscules)	64
Figure 21 : Le premier plan d'ordination à partir d'une analyse PCA construit sur la base du tableau synthétique 11.	65
Figure 22: Classification hiérarchique entre les localités africaines hébergeant le criquet pèlerin	67
Figure 23 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif des individus témoins de <i>Schistocerca gregaria</i>	79
Figure 24 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif des individus de <i>Schistocerca gregaria</i> traités par <i>Aerva javanica</i>	79
Figure 25 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif des individus de <i>Schistocerca gregaria</i> traités par <i>Cassia italica</i>	80
Figure 26 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif des individus de <i>Schistocerca gregaria</i> traités par <i>Citrullus colocynthis</i>	80
Figure 27 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif des individus de <i>Schistocerca gregaria</i> traités par <i>Fagonia arabica</i>	80
Figure 28 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif des individus de <i>Schistocerca gregaria</i> traités par <i>Lawsonia inermis</i>	81
Figure 29 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif des individus de <i>Schistocerca gregaria</i> traités par <i>Morettia canescens</i>	81
Figure 30: Profil chromatographique de l'extrait de <i>Citrullus colocynthis</i> .	86
Figure 31: Profil chromatographique de l'extrait de <i>Cassia italica</i>	86
Figure 32 : Profil chromatographique de l'extrait de <i>Fagonia arabica</i>	88
Figure 33 : Profil chromatographique de l'extrait d' <i>Aerva javanica</i> .	88

Liste des figures

Figure 34: Variations de l'Acacio-Panicion selon les conditions 93
pédoclimatiques dans les quatre régions d'étude.

Figure 35: Component Analysis des différents assemblages dans les quatre 94
zones d'étude du Sahara

Liste des tableaux

	Page
Tableau 1: Criquet pèlerin, <i>Schistocerca agregaria</i> , invasions et récessions de 1920 à 2005	7
Tableau 2: Les différents pesticides utilisés par les équipes de l'INPV de 1983 à 2000.	19
Tableau 3: Données générales des stations d'études.	28
Tableau synthétique 4: Tableau synoptique des groupes d'assemblages étudiés.	34 35 36
Tableau synthétique 5: Récapitulatif des différents éléments de groupes phytosociologiques du Sahara Algérien.	41 42
Tableau 6: Effet des paramètres environnementaux sur les densités adultes (GLM) (N = 466)	45
Tableau 7: Liste des taxons botaniques en fonction de leurs contributions aux différences.	48
Tableau 8: General linear model pour la région d'Adrar (N = 93)	49
Tableau 9: General linear model pour la région BBK (N = 192)	50
Tableau 10: General linear model pour la région de Djanet (N = 70)	50
Tableau synthétique 11. Caractéristiques des différents assemblages au Sahara algérien pour des données en pourcentages et en densités de <i>S. gregaria</i>	57
Tableau 12: Les facteurs significativement liés à l'abondance du Criquet pèlerin dans chacun des quatre groupes d'assemblages.	62
Tableau synthétique 13: Caractéristiques des localités africaines hébergeant <i>Schistocerca gregaria</i> .	64

Liste des annexes

	Page
Annexe1. Composition des assemblages de plantes dans la région d'Adrar, en fréquence. Les espèces soulignées correspondent aux plantes préférées par <i>Schistocerca gregaria</i> .	123
Annexe 2. Composition des assemblages de plantes dans BBMk, en fréquence. Les espèces soulignées correspondent aux plantes préférées par <i>Schistocerca gregaria</i> . Vingt-huit espèces à basses fréquences ont été supprimées.	124
Annexe 3. Composition des assemblages de plantes à Djanet, en fréquence. Les espèces soulignées correspondent aux plantes préférées par <i>Schistocerca gregaria</i> .	125
Annexe 4: Caractéristique des quatre stations d'étude	126
Annexe 5. Biotope non attractif (S méridional).	127
Annexe 6. Biotope de survie (S. centrale).	127
Annexe 7. Biotope non attractif (S méridional).	128
Annexe 8. Biotope de grégarisation (S. méridional).	128
Annexe 9. L'aire d'habitat du criquet pèlerin en période de rémission et les sites échantillonnés.	129
Annexe 10. Pourcentage des Alliances et groupement phytogéographiques dans la composition phytosociologique dans les stations de littérature.	130
Annexe 11. ADRAR Phyto Cluster analysis par ward Method.	132
Annexe 12. BBK Phyto Cluster analysis par ward Method.	132

Sommaire

Sommaire

	Page
Remerciements	I
Liste des abréviations	II
Liste des figures	III
Liste des tableaux	VI
Liste des annexes	VII
Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	6
1. Historique du fléau acridien.....	6
2. Description des deux sous espèces de l'espèce <i>Schistocerca gregaria</i>	7
3. Diversité génétiques des populations de <i>Schistocerca gregaria</i>	8
4. Biologie du criquet pèlerin	8
5. Répartition géographique	9
6. Ecologie du criquet pèlerin	10
6.1. Importance de la végétation dans l'écologie de <i>Schistocerca gregaria</i>	11
7. Eléments d'Ethologie du criquet pèlerin	12
7.1. Etudes du comportement.....	12
7.2. Régime alimentaire de <i>Schistocerca gregaria</i>	13
7.3. Théorie de migration des populations du criquet pèlerin.....	14
8. La lutte antiacridienne	17
8.1. La lutte antiacridienne en Algérie.....	18
8.2. Résurgences du Criquet pèlerin.....	20
8.3. Stratégies de lutte antiacridienne.....	21
8.4. Progrès de la technologie dans les alertes précoces et des prédictions de situations du criquet pèlerin	22
8.4.1. Progrès en lutte biologique.....	24
8.4.2. Généralités sur les métabolites secondaires.....	24
8.4.2.1. Classification des métabolites secondaires	25
8.4.2.2. Application dans la lutte antiacridienne.....	25
Chapitre II : Méthodologie	27
1. Description synthétique des quatre régions d'étude.....	27

Sommaire

1.1. Analyse des paramètres physiques et climatiques des stations d'étude	29
2. Prospections sur terrain.....	32
2.2. Relevés floristique.....	32
2.2. Relevés pédologiques.....	37
2.3. Les prospections acridiennes.....	37
3. Méthodes statistiques.....	38
3.1. Analyse satatistique des données pour une synthèse globale.....	38
3.2. Analyse statistique des données de la végétation	39

Chapitre III : Impact des variations des exigences de paramètres environnementaux sur le comportement et la migration du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien.....

44

1. Approche globale de l'abondance de <i>S. gregaria</i>	44
2. Les variations dans chaque région.....	49
3. Vue synthétique du cycle acridien et des migrations du Sahara algérien.....	50

Chapitre IV : Les communautés végétales et l'abondance du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien, compare aux autres pays africains

56

1. Clustering des relevés et des espèces végétales.....	58
2. Variation de l'abondance des criquets pèlerins	61
3. Comparaison avec d'autres études de terrain en Afrique	64
4. Discussion	68
5. Le système phytosociologique au Sahara	68
6. Habitats du Criquet pèlerin dans le Sahara algérien	69
7. L'échelle africaine.....	71

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*.....

74

1. Récupération et fixation des tubes digestifs	74
2. Déshydratation des tubes digestifs.....	75
3. Imprégnation et inclusion des tubes digestifs	75
4. Confection et coulage des coupes.....	75
5. Déparaffinage, hydratation, coloration des coupes.....	76
6. Coloration des coupes.....	76
7. Déshydratation et montage des coupes	77

Sommaire

8. Observation	77
9. Résultats : Observation des coupes histologiques	77
9.1. Chez les individus témoins	77
9.1.1. Stomodeum	78
9.1.2. Mesenteron.....	78
9.2. Chez les individus traités.....	78
9.2.1. Stomodeum et proctodeum	78
9.2.2. Mésentéron.....	78
10. Discussion	81
11. Analyse phytochimique.....	84
11.1. Analyse des extraits végétaux par HPLC	85
11.2. Interprétation du chromatogramme	87
Chapitre VI : Discussions	90
1. Interaction des facteurs environnementaux dans les biotopes acridiens.....	90
2. L'analyse de la végétation : les groupements phytosociologiques	93
3. Analyse phytosociologique dans la région d'ADRAR	98
4. Analyse phytosociologique de la région BBMK	99
5. Habitas du criquet pèlerin.....	100
6. Analyse qualitative des composés des extraits aqueux des plantes non préférées	103
Conclusion	106
Références bibliographiques	112
Annexes	123

Introduction générale

Introduction générale

Parmi les locustes grégariaptés en Afrique, le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* est l'espèce la plus redoutable d'un point de vue économique, en raison de l'étendue de son aire d'invasion et les dommages qu'elle peut causer (Popov et al 1984; Duranton et Lecoq, 1990). Les invasions de cette espèce ont été connues depuis l'antiquité et les chroniques médiévales certifient que ses ravages ont continué sans interruption des crises successives. Ces dernières peuvent toucher une cinquantaine de pays d'Afrique et d'Asie, ce qui représente environ 20% de la masse terrestre de la Terre. Les populations acridiennes peuvent se multiplier rapidement pendant les périodes où les conditions écologiques et météorologiques sont optimales, formant des bandes larvaires et des essaims de plus en plus grandes et denses, provoquant des dommages considérables. (Van Huis et al., 2006, Cressman, 2008).

Une invasion acridienne est un phénomène spectaculaire majeur et l'ampleur de la dévastation peut être catastrophique. Depuis 1860, huit périodes de plaies successives ont été enregistrées au Sahara: 1860-1867, 1869-1881, 1888 à 1910, 1912-1919, 1926-1935, 1940-1947, 1949-1962 et 1967-1971 (Waloff, 1976; CORP, 1981). Au cours des quarante dernières années, les nouvelles invasions étaient à un niveau un peu plus bas en raison des contrôles et des prospections plus efficaces: 1972-1977, 1978-1984, 1993-1995 et 2003-2005 (Ceccato et al, 2007; Magor et al., 2008).

Selon Uvarov (1977), on distingue trois types de populations: solitaire (très faible densité), grégaire (très haute densité) et transiens (densité intermédiaire). Ces populations diffèrent par leur comportement, leur coloration, leur morphométrie, leur physiologie et leur écologie. En décrivant les habitats abritant ce criquet, il est essentiel de développer des stratégies pour son contrôle. Il convient de noter que ses exigences écologiques les plus importantes sont observées chez des populations d'individus solitaires.

Le criquet pèlerin peut se rencontrer en phase solitaire, mais en raison de conditions climatiques favorables, il se multiplie rapidement et atteint progressivement la phase grégaire (Uvarov, 1966). Les facteurs impliqués dans la transformation phasaire, comprennent non seulement les conditions climatiques

(Uvarov, 1966), mais aussi l'effet de la structure de la végétation (Baba et Sword, 2004; Despland *et al.*, 2000).

Beaucoup de travaux sur la phase solitaire ont été menés dans différents pays africains, y compris la Mauritanie (Culmsee 2001, 2002; Babah et Sword 2004), le Maroc (Bouaichi *et al.*, 1996), la Libye (Guichard 1955), les pays du Sahel (Tappan *et al.*, 1991), le Soudan (Van Der Werf *et al.*, 2005, Van Huis *et al.*, 2008, Woldewahid *et al.*, 2004, Omer 2006). En Algérie, plusieurs études ont été entreprises et nous pouvons citer, entre autres: Ould El Hadj (2004), Guendouz-Benrima (2002), Guendouz-Benrima *et al.*, (2007, 2010), DOUMANDJI-MITICHE et DOUMANDJI (1994) DOUMANDJI-MITICHE *et al.*, (1996), KAIDI *et al.*, (2017).

Durant les périodes de rémission, les populations solitaires du Criquet pèlerin sont trouvées à de faibles densités (Uvarov, 1977). L'espèce peut s'installer dans les régions désertiques pendant des périodes variables de l'année selon les intensités des pluies. L'irrégularité temporelle d'habitats favorables permet sa dispersion sur de grandes distances (C.O.P.R., 1981 ; Magor ,1995). En été, les populations migrent et atteignent le sud du Sahel principalement le Niger et le Mali et peuvent se retrouver dans le Sahara central algérien où ils se maintiennent pendant l'hiver. Au printemps, il y a une migration de retour vers le sud du Sahara et du Sahel. Ce schéma est évidemment imprécis et peut varier en fonction de l'année.

Notre objectif est de mieux comprendre la nature des biotopes acridiens par l'étude des principales zones de présence du Criquet pèlerin au Sahara après la période d'invasion 2003-2004, et de caractériser localement leurs exigences écologiques. D'une manière générale, la question abordée est de savoir si un biotope donné représente une zone de reproduction, une zone à des sources trophiques seulement, ou même un biotope de survie (transitoire entre deux régions différentes). L'étude de ces habitats implique une collecte et une évaluation des informations portant sur l'état des populations du criquet pèlerin: reproduction locale et état phasaire des adultes.

Dans un second temps, les stations associées doivent être caractérisées par la description fine des communautés végétales telles que définies par Barry et Celles (1972, 1973, 1976, 1981), et par des paramètres physiques du sol (granulométrie et humidité). Ces habitats doivent être identifiés également au niveau de la région, ce qui nous a motivé à explorer quatre zones différentes au Sahara algérien, différentes

par leur climat, altitude, et latitude. Deux de ces régions (Adrar, Djanet, Tamanrasset et Bordj-Baji-Mokhtar) ont été choisies car elles ont été considérées comme des biotopes de reproduction du criquet pèlerin au cours des 20 dernières années par le DLAA algérien (Département de Lutte antiacridienne). Le quatrième (Djanet) a abrité le criquet pèlerin, mais il ne semble pas se reproduire régulièrement chaque année. (Sitouh 1976; Guendouz-Benrima et *al.*, 2005).

Les invasions se produisent souvent dans des zones relativement petites et isolées de moins de 10 000 km². Si des pluies exceptionnellement bonnes s'ensuivent, les populations peuvent devenir de plus en plus grandes et envahir une région. Les recrudescences ne provoquent pas toutes des invasions, que ce soit en raison d'une lutte efficace, d'une rareté des pluies, d'une migration vers des zones défavorables ou d'une combinaison de ces facteurs. Une alerte rapide efficace repose sur une surveillance régulière dans le cadre de laquelle des données géoréférencées doivent être rapidement collectées et transmises aux décideurs chargés de la mise en œuvre des opérations de contrôle. (Van Huis, 2007).

La plupart des opérations antiacridiennes réalisées au cours des quarante dernières années ont été effectuées à l'aide d'insecticides chimiques conventionnels (organo-chlorés, organo-phosphorés, carbamates et pyréthrinoïdes), Cependant le coût du contrôle des invasions est énorme, les pays touchés ont estimé un chiffre de 400 millions de dollars pour mettre fin à l'invasion acridienne en 2004-2005 (Cressman, 2008).

Le développement de nouvelles alternatives aux moyens de lutte chimique peut être adopté par une utilisation des molécules bioactives et la valorisation des plantes toxiques. Beaucoup de travaux ont été entrepris dans ce contexte certaines de ces expériences ont montré des résultats fort intéressants ((Kemassi, 2008 et 2012), Kemassi et *al.*, 2010, 2011a, 2011b, 2013, 2014), Outtar 2009, 2015, Kaidi et *al.*, 2017).

C'est dans le cadre d'une approche de lutte antiacridienne multisectorialisée que nous avons opté pour une contribution à l'étude de l'effet des extraits aqueux de : *Cassia italica*, *Fagonia indica*, *Aerva javanica*, *Citrulus colocynthis* sur le des larves L5 du criquet pèlerin dont le paramètre étudié est l'examen histologique des coupes au niveau du mésotéron de *Shistocerca gregaria*.

Chapitre I

Synthèse

bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique**1. Historique du fléau acridien**

Après avoir observé des locustes, Uvarov (1921, 1937) a proposé la théorie des phases pour expliquer l'origine des invasions acridiennes, dont le nombre avait été réduit suite le recours aux différents moyens de lutte et l'existence de facteurs favorisant la transformation des grégaires en une forme solitaire. L'observation de la transformation et le changement du comportement, la physiologie, la couleur et la forme étaient des réactions relatives à la densité de populations colonisant des zones d'invasion géographiquement restreintes. Enfin, il a proposé que les recrudescences commencent lorsque les essaims s'échappent des zones de rémission et se reproduisent avec succès dans la zone grégarigène. Par conséquent, la naissance d'une stratégie de contrôle des foyers grégarigènes permettait d'éviter les dégâts du fléau acridien. (Van huis et *al.*, 2006).

En Algérie une élaboration d'un programme de prévention des invasions du criquet pèlerin s'est révélée plus problématique, suite à la mise au point du phénomène de transformation phasaire par Uvarov (1923). L'identification des zones grégarigènes s'est établie et des analyses cartographiques ont révélé que les essaims migraient entre des zones de reproduction estivale, hivernale et printanière, géographiquement distinctes. Volkhonsky (1942) rajoute qu'il a été constaté dans cette chronique l'absence de zones permanente de grégarisation du criquet pèlerin et que les migrations et l'évolution de la population se produisaient plus fréquemment dans les trois subdivisions principales qui sont l'est, le centre, et l'ouest (Waloff, 1976).

Les données historiques relatives à l'activité du criquet pèlerin montrent que les invasions étaient présentes 4 années sur 5, de 1860 jusqu'au la fin de l'invasion du 1949-1963, et que les récessions prédominaient par la suite, en l'absence d'une régularité dans les intervalles séparant l'apparition des recrudescences qui fluctuaient de manière irrégulière dans toutes les régions (tableau1) (Waloff, 1976).

Tableau 1: Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria*, invasions et récessions de 1920 à 2005 (Van huis et al. 2006).

Recessions	Outbreaks and upsurges during recessions			Plagues		
	Western region	Central region	Eastern region	Spread	Peak years	Decline
1920–1925	1922–1923 1925	1925	1922–1923 1925	1926–1927	1928–1931	1932–1934
1934–1939	1935	1934–1935 1936–1938	1935			
1948–1949	1939–1940	1938–1939 1948	1948	1940–1941 1949–1950	1942–1945 1951–1959	1946–1948 1960–1963
1964–1966			1964			
1971–1977	1967 1974	1966–1967 1972–1973 1977	1973–1974 invaded 1978	1968 1978	none none	1968–1969 1978–1979
1980–1987	1980 1985–1986	1985–1987	1983 1986	1987–1988	none	1988–1989
1989–2002	1993–1994 1994–1997	1992–1994 1994–1996 1996–1998	invaded 1993 1997			
2003–2004	2003–2004	2003–2004 invaded 2004		2004	none	2004–2005

Les éléments en gras indiquent que la FAO a continué d'utiliser le terme «recrudescence» pour ces périodes.

2. Description des deux sous espèces de l'espèce *Schistocerca gregaria*

L'espèce *Schistocerca gregaria*, comprend deux sous-espèces décrites et géographiquement séparées : *Schistocerca gregaria gregaria* s'étendant dans la moitié Nord de l'Afrique jusqu'en Asie et *Schistocerca gregaria flaviventris* en Afrique australe, au Nord-Ouest de l'Afrique du Sud, en Namibie et au Sud de l'Angola. Ces deux sous-espèces sont interfertiles, mais ont été décrites comme des populations isolées. *S. g. flaviventris* et *S. g. gregaria* sont morphologiquement très similaires ce qui a justifié le déclassement de leur statut d'espèces à celui de sous-espèces. *S. g. flaviventris* diffère de l'espèce nominale par des cerques mâles plus larges et une taille des femelles plus élevée. Ces caractères morphologiques décrits sur un petit nombre de spécimens illustrent probablement une variation continue au sein de chaque sous-espèce plutôt que des différences discrètes. Ainsi, la taxonomie du Criquet pèlerin repose premièrement sur la séparation géographique, et les facteurs qui la façonnent restent à ce jour largement incompris. Ces deux sous-espèces ont particulièrement été étudiées du fait de leur différence de comportement et de

nuisibilité en agriculture. Contrairement à *S. g. gregaria*, *S. g. flaviventris* n'est qu'un ravageur de très faible importance. En effet, les populations de *S. g. flaviventris* pullulent rarement, avec seulement deux évènements de pullulation, en 1934-1935 et en 1948-1949, localisés dans les dunes du désert du Kalahari, le long de la frontière entre la Namibie et l'Afrique du Sud. (Chapuis et al, 2007).

De plus, *S. g. flaviventris* semble ne présenter qu'un faible polymorphisme de phase. En effet, en conditions environnementales contrôlées, et notamment de groupement, il a été montré que les deux sous-espèces présentent une différence de couleur. Les mâles groupés de *S. g. flaviventris* ne développent pas de coloration rose ou jaune. Il existe aussi une différence dans les ratios morphométriques. Le groupement continu d'adultes de *S. g. flaviventris* solitaires change peu leur morphométrie, même après 6 générations et manifeste un comportement d'agrégation moins fort que chez *S. g. gregaria* (Chapuis et al, 2007).

3. Diversité génétique des populations de *Schistocerca gregaria*

L'hypothèse fixée bien avant les nouvelles publications sur ces criquets solitaires mentionnait l'existence de cette espèce que sous la forme de petites populations liées aux conditions arides de la zone saharienne. Par contre les résultats de l'équipe du Cirad remettent radicalement en cause cette hypothèse. Contrairement à la probabilité initiale, les populations du criquet solitaire présentent, presque toutes, une forte diversité génétique sans aucune structuration génétique. En fait, la taille des populations pendant les périodes de rémission est très importante. (DURANTON et LECOQ, 2012)

4. Biologie du criquet pèlerin

Le cycle biologique du criquet pèlerin comprend trois états successifs; l'état embryonnaire, l'état larvaire, et l'état imaginal. D'après (DURANTON et LECOQ, 1990), le nombre annuel de générations chez le Criquet pèlerin varie entre 2 et 3 (voire 4) selon les conditions écologiques.

L'eau doit également être disponible en quantité suffisante dans le sol pour, permettre aux femelles de pondre et d'assurer à la fois le développement des œufs

et la croissance de la végétation. Cette humidité doit être comprise entre 5 et 15cm de profondeur sinon la ponte n'aura pas lieu.

Selon POPOV et al. (1990,1991), l'embryogenèse est en fonction des conditions d'incubation ; chez les solitaires elle est de 12 jours dans de bonnes conditions et de 65 jours en mauvaises conditions. Chez les grégaires, elle dure 10 jours en bonnes conditions et 80 jours en mauvaises conditions. (Figure1).

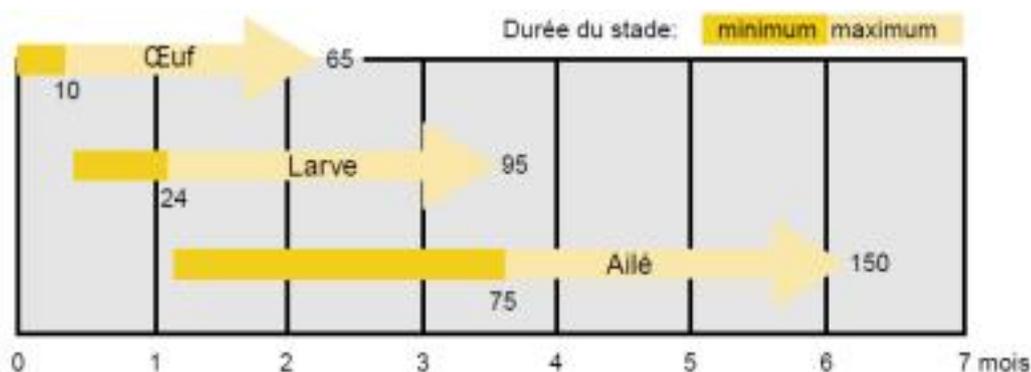


Figure 1 : Table de vie du criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria gregaria*) (en nombre de jours). (Symmons et Cressman, 2001)

5. Répartition géographique

Piou (2016), note que « L'ensemble de l'aire d'invasion du Criquet pèlerin couvre environ 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 (Figure2). 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 ».

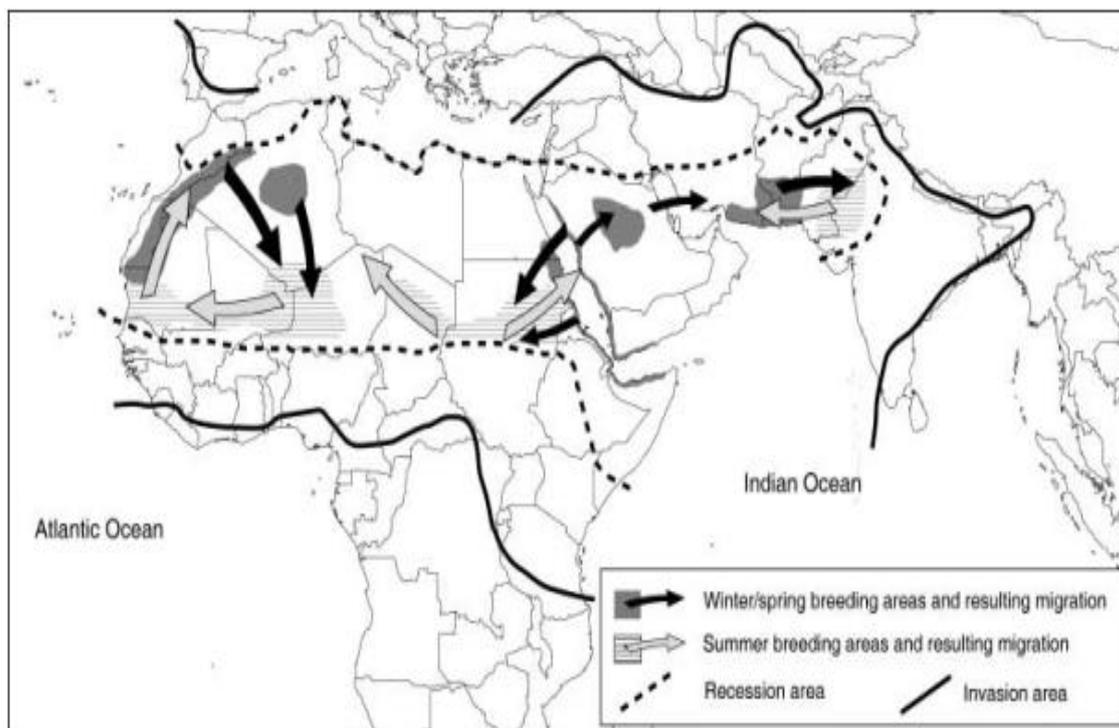


Figure 2: Zones de récession et d'invasion du criquet pèlerin avec des circuits de migration de récession. (Van huis et *al.* 2006)

6. Ecologie du criquet pèlerin

Le déclenchement du phénomène de grégarisation est régi par la fréquence et la régularité des pluies saisonnières, les populations subissent un polymorphisme phasaire progressif sauf si elles sont contrôlées par la sécheresse, la migration vers des habitats hostiles ou un dispositif de lutte efficace. Le regroupement des individus du criquet pèlerin est maîtrisable qu'au début d'une phase de recrudescence. Les retombées de la lutte antiacridienne dans une zone de recrudescence sont considérables sur le plan cout et impact écologique. L'affaiblissement d'une population grégaire peut avoir lieu en présence de pluies régulières, dans le cas d'une irrégularité des pluies les individus se regroupent en densités élevées et une recrudescence pourra commencer, ce qui implique un élargissement du territoire géographique accompagné par une densation très élevée. C'est dans ce contexte que la stratégie de lutte préventive est inscrite afin de réduire les dommages aux cultures et au pâturage. (Van huis et *al.* 2006).

Les caractéristiques des facteurs pédoclimatiques jouent un rôle déterminant dans les dimensions, la densité, et les fluctuations de la population de différentes

espèces d'insectes. Dans le cas des acridiens, la température et l'humidité du sol sont étroitement liées à la ponte et donc à l'augmentation de la densité de la population acridienne. Les conditions météorologiques à l'échelle régionale, en particulier la répartition des précipitations, sont également un facteur déterminant de la densité de population du criquet pèlerin. Il est essentiel de comprendre l'influence des facteurs environnementaux sur l'augmentation de la taille d'une population acridienne tels que la végétation, le climat et le sol, non seulement pour prévoir les foyers, mais également pour mener des enquêtes efficaces sur terrain. (Van huis et al. 2006)

6.1. Importance de la végétation dans l'écologie de *Schistocerca gregaria*

Duranton et al. (2012), soulignent que le tapis végétal est un bon intégrateur des conditions mésologiques car le statut d'un biotope et son potentiel écologique est en grande partie en relation avec la composition floristique, la structure de la végétation, et sa phénologie. Un biotope acridien peut être caractérisé par la présence d'un individu d'association ou par la présence itérative de plusieurs individus d'association, que l'on désigne sous l'appellation de syn-association. (Figure3).

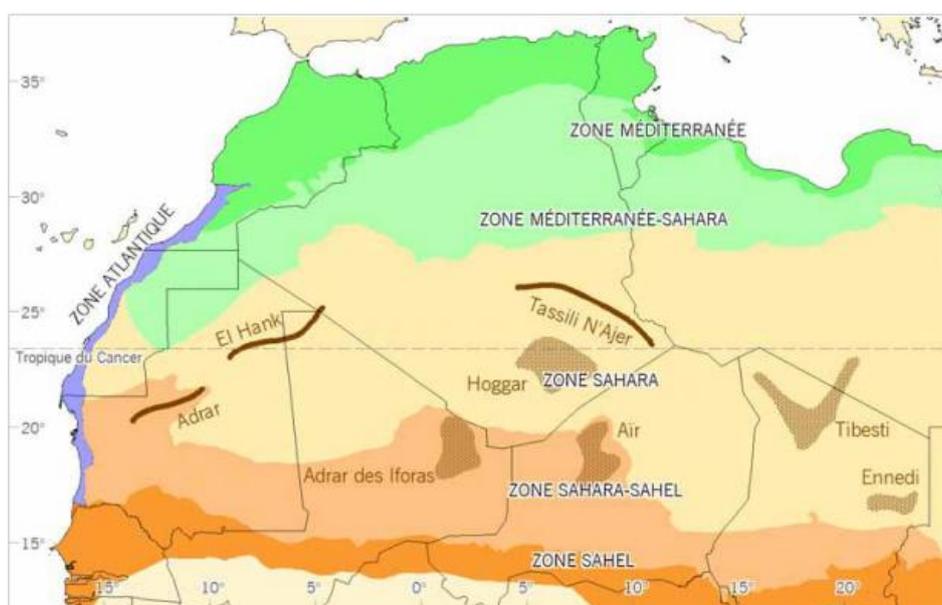


Figure 3: Zonation écoclimatique de l'Afrique nord-occidentale. (Duranton et al., 2012).

De leur part Lecoq (2012), signale que la végétation joue un rôle primordial pour le Criquet pèlerin par : La nourriture plus ou moins favorable à la reproduction et à la croissance selon les espèces végétales (le criquet pèlerin est polyphage : plus de 400 espèces végétales consommées), la fourniture d'un abri contre les prédateurs, abri à l'ombre où il peut réguler sa température interne, perchoir pour la mue des larves. Ce tapis végétal peut ainsi favoriser la grégarisation, par la concentration des populations du criquet et l'augmentation de leur densité au dessus du seuil de grégarisation, ce qui justifie l'importance de sa structure, de sa phénologie, ou de sa composition floristique: existence de plantes attractives. D'où l'impact du tapis végétal sur la grégarisation du Criquet pèlerin (végétation en touffes, dessèchement progressif, plantes attractives).

En raison du rôle fondamental que joue le tapis végétal pour le criquet, il peut également être fort utile pour le prospecteur et lui donner des indications clés :

- la composition floristique et structurale constituent des indicateurs de la nature de l'habitat et de sa qualité intrinsèque pour le Criquet pèlerin; il est possible ainsi de distinguer des habitats favorisant la survie, la reproduction ou la grégarisation
- la phénologie constitue un indicateur de la qualité instantanée du milieu pour l'insecte et de sa capacité à assurer le développement correct des larves jusqu'à la mue imaginale, le développement des œufs déjà pondus, ou encore à demeurer attractif pour les femelles susceptibles de pondre.

7. Eléments d'Ethologie du criquet pèlerin

7.1. Etudes du comportement

Le criquet pèlerin, est considéré comme un organisme modèle de l'ordre des orthoptères, apparu bien avant les ordres de lépidoptères et de diptères à l'échelle de l'évolution, les criquets sont caractérisés par un cycle biologique et une plasticité comportementale dépendante de la densité de population, impliquant la perception de facteurs sémiocchimiques pertinents pour le comportement (Xingcong et *al.* 2018).

Après avoir examiné la réponse géotactique des larves du criquet pèlerin orientés vers le sommet des arbres au coucher du soleil, Xingcong et *al.* (2018) ont montré que toutes les larves ont répondu de manière synchrone contrairement aux individus de la cage testés expérimentalement qui sont restées immobiles dans la

zone supérieure en escaladant le mur. Les criquets sont restés dans la zone supérieure si leur cage ne s'est pas retournée. Ce résultat indique que les larves grégaires présentent une réponse géotactique négative la nuit.

Par ailleurs, l'étude et l'analyse des interactions entre les plantes perchoirs et le criquet pèlerin (en mesurant la distance entre la plante centrale avec le plus grand groupe de criquets) par le test de régression linéaire ont révélé que si ces deux variables sont positivement corrélées, il y a interférence entre les installations voisines. (Koutaro Ould Maeno et *al.* 2018).

7.2. Régime alimentaire de *Schistocerca gregaria*

Duranton et *al.* (2001). Le régime alimentaire du criquet pèlerin est strictement phytophage en plus de sa phytophilie, c'est-à-dire qu'il vit dans la végétation qui lui sert d'abri et de perchoir et qu'il s'en nourrit. Cet insecte manifeste certaines préférences alimentaires bien déterminées, dont les causes restent à préciser ou à démontrer. Les *Brassicaceae*, les *Tribulaceae* se classent parmi ces espèces préférées, par contre les *Cucurbitaceae* sont délaissées dont certains représentants comme *Citrullus colocynthis*. Ils rajoutent aussi que dans un biotope désertique le couvert végétal est rarement dense d'où l'existence de certaines plantes susceptibles d'offrir abri et protection, surtout pour les jeunes larves par les différents caractères physiologiques de ses espèces végétales. Les préférences marquées à l'état solitaire sont quasiment absentes en phase grégaire, le Criquet pèlerin peut s'alimenter de nombreuses espèces et il recherche les arbres et les arbustes pour les utiliser comme perchoir et éventuellement comme nourriture.

Plusieurs chercheurs, ont surtout associé la présence de *S. gregaria* à la présence de *Schouwia thebaica* et *Tribulus terrester*, Ghaout (1990) a signalé que dans les biotopes acridiens de la Mauritanie, quatre espèces seulement, sur 14 inventoriées, existent dans le régime des larves, à savoir : *Schouwia thebaica*, *Tribulus terrester*, *Boerhaavia repens* et *Fagonia olivieri*. Contrairement aux imagos, qui montrent un plus large spectre trophique, bien qu'ils partagent des préférences envers les mêmes espèces que celles citées chez les larves.

Selon Guendouz-Benrima (2005), Parmi les familles botaniques les plus fréquentes dans le régime alimentaire de *Schistocerca gregaria* dont les espèces

végétales les plus appréciées sont présentes on trouve, les *Brassicaceae*, les *Boraginaceae*, les *Poaceae*, les *Zygophyllaceae*, les *Solanaceae* et les *Nyctaginaceae*. Par contre, les familles botaniques complètement délaissées sont représentées par les *Capparidaceae*, les *Convolvulaceae*, les *F-Mimosaceae* et les *Cucurbitaceae*. Les *Cucurbitaceae* qui sont riches en cucurbitacines, triterpènes tétracycliques jouant un rôle de défense contre les herbivores (Figure 4).

7.3. Théorie de migration des populations du criquet pèlerin

Le criquet pèlerin apparaît comme une espèce parfaitement adaptée à son environnement saharien. Si des accidents démographiques locaux surviennent, ils sont, du fait de la forte mobilité de l'espèce, rapidement compensés par les apports des populations extérieures. (Scherer, 1997)

La présence d'individus isolés de *S. g. gregaria* au Mozambique peut ainsi pousser à émettre l'hypothèse qu'une migration est possible. Cependant, cette capacité de déplacement n'implique pas forcément la survie et la reproduction des individus migrants et donc une migration efficace et significative. (Christophe 2012).

De même, une végétation verte et abondante attire les criquets pèlerins solitaires, comme les essaims qui restent sur place après la mue imaginale. Lorsque la migration a lieu, elle peut se produire au cours de plusieurs nuits successives. Par conséquent, leurs déplacements ne consistent pas en mouvements bien définis et ont tendance à mieux refléter, durant ces nuits-là, la direction moyenne des vents que les déplacements des essaims. Il est possible que les ailés solitaires ne migrent pas et que, dans certaines circonstances au moins, une partie de la population se maintienne sur place (Symmons et Cressman, 2001)

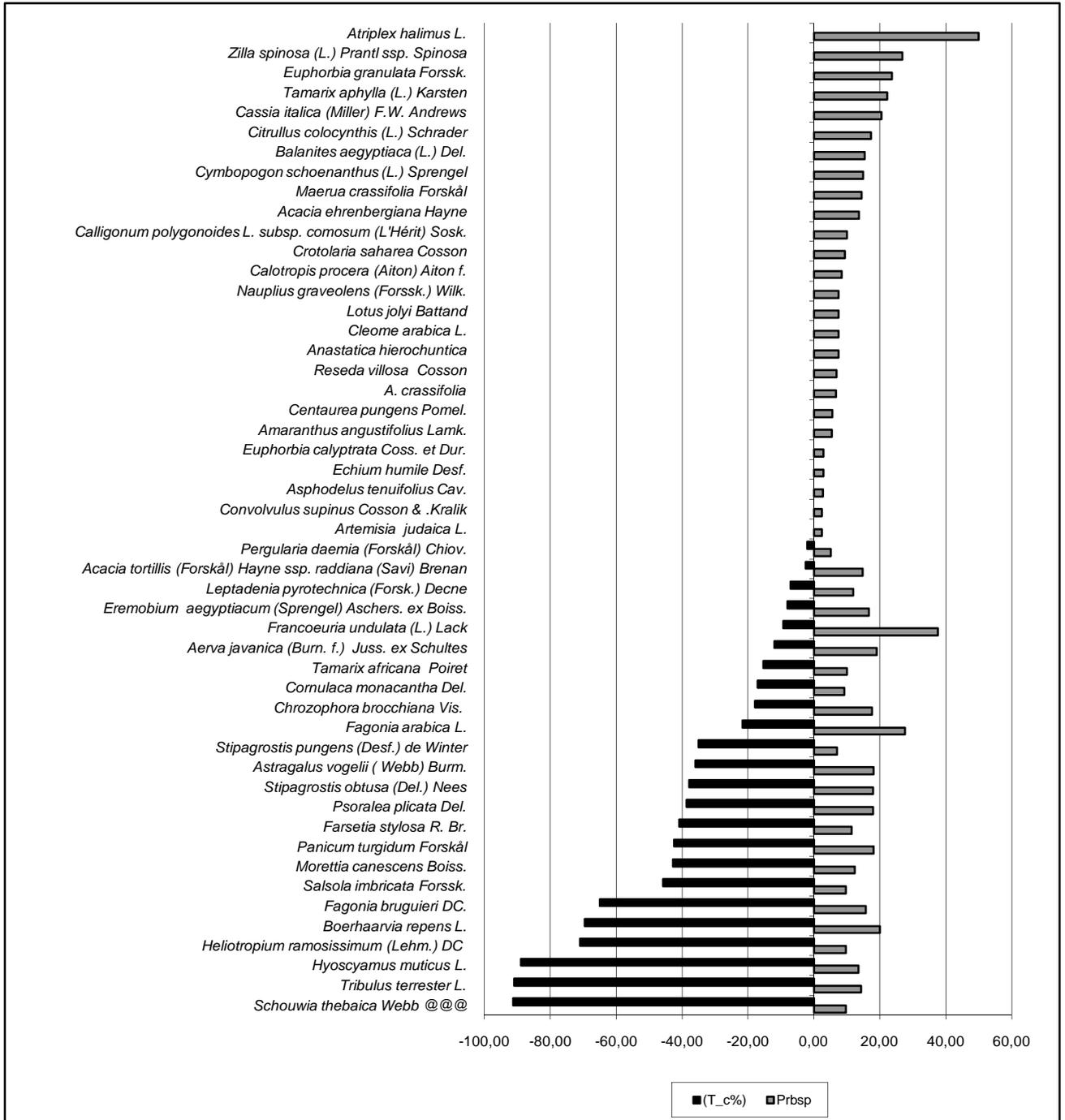


Figure 4: Comparaison entre la consommation des espèces végétales par le Criquet pèlerin imago et leurs abondances sur terrain. (Guendouz-Benrima, 2005).

En période d'invasion le criquet pèlerin peut parcourir de grande distance, il a été observé plusieurs fois en dehors de son habitat : *S. g. gregaria* en Europe méditerranéenne, au Mozambique, plusieurs fois en Amérique centrale, comme par exemple en 1988 dans les Caraïbes, et dans les îles Ascension ou du Cap Vert. Ces mouvements d'insectes peuvent être expliqués en partie par la direction des vents, comme la direction Nord/Sud en Afrique de l'Est menant au Mozambique ou la direction Sud-Ouest/Nord-Ouest menant à l'Océan Atlantique (Figure 5).

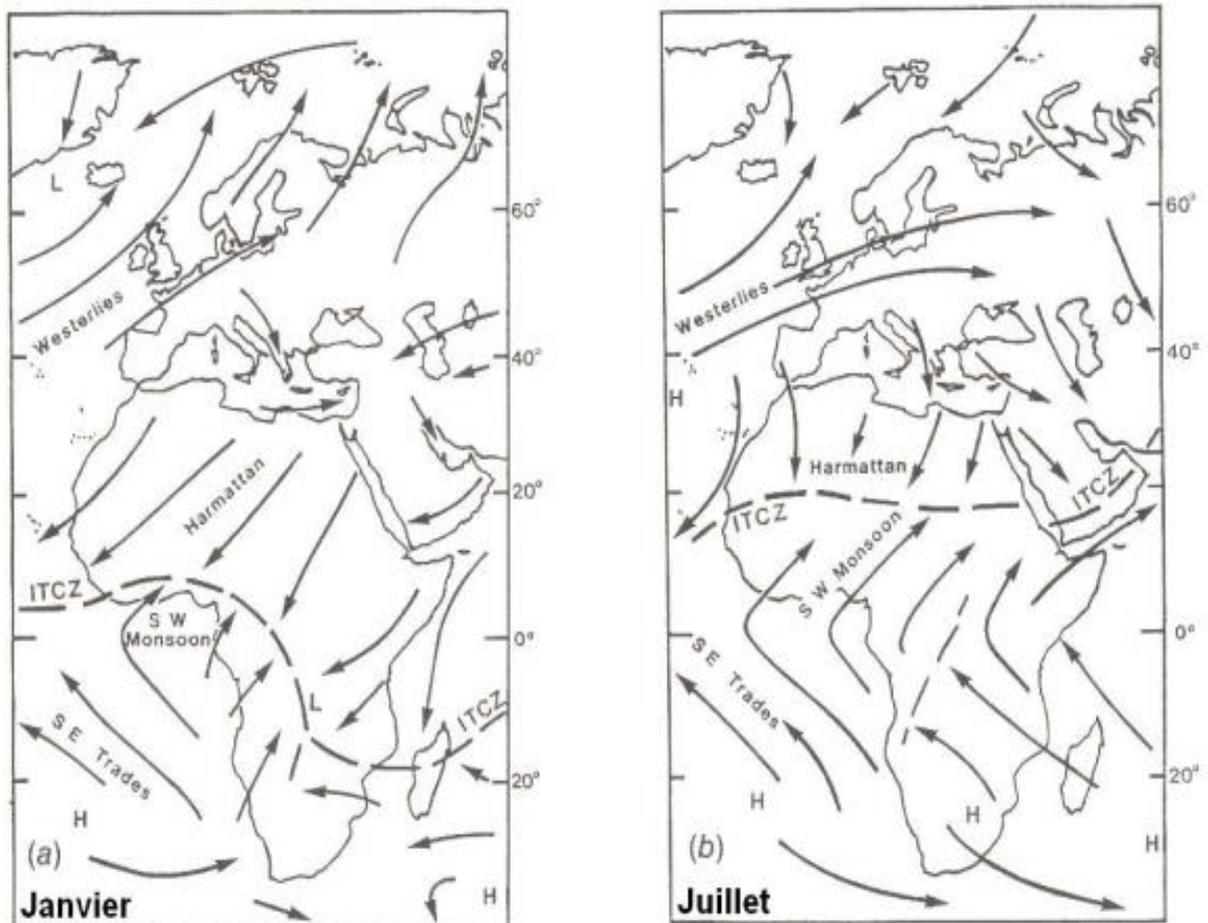


Figure 5: Carte des vents dominants en Europe et en Afrique en janvier (a) et en juillet (b). Les lignes pointillées représentent les zones de convergence (Pedgley 1995, cité par Van huis et al. 2006).

L'aire de distribution des populations solitaires du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* (Forskål) (Orthoptera: Acrididae), couvre les parties centrale, aride et semi-aride de la zone d'invasion de l'espèce en Afrique, au Moyen-Orient et en Asie du Sud-Ouest. Leur trajectoire de migration annuelle se dessine sous l'effet du

vent pour se reproduire de manière séquentielle là où les pluies d'hiver, de printemps et d'été tombent (Figure 6). Pendant de nombreuses années, les pluies saisonnières rares et irrégulières ont favorisé le déclenchement du phénomène phasaire dans des zones d'invasions isolées. Contrairement aux pluies saisonnières qui sont plus ou moins généralisées, fréquentes, abondantes et durables, elles favorisent de nombreuses situations de recrudescences qui se produisent simultanément. (Van huis et al. 2006)

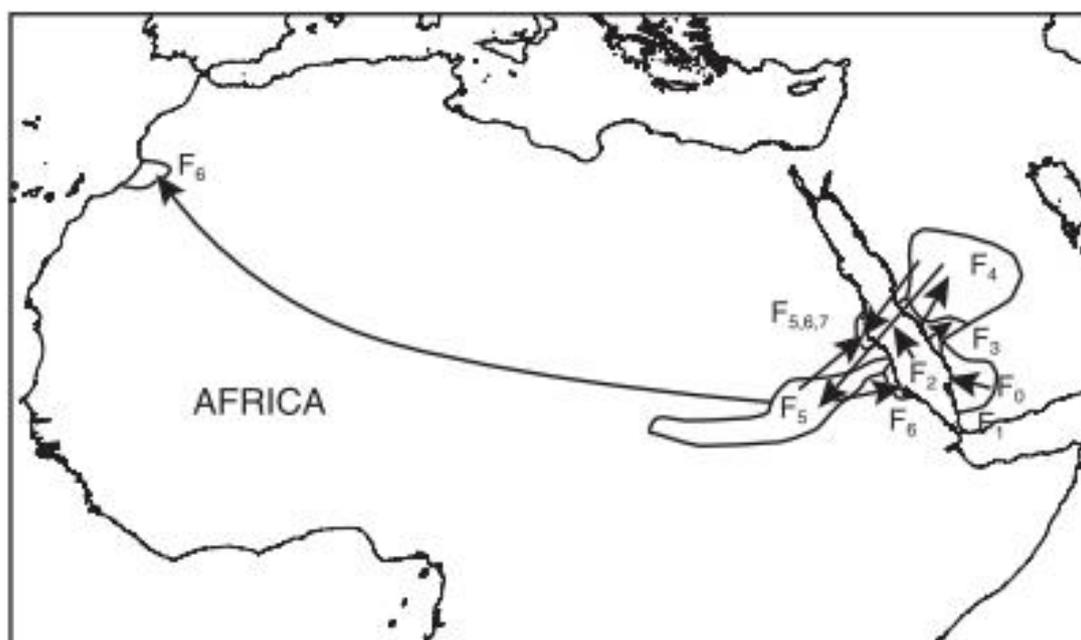


Figure 6: Une séquence de reproduction par les criquets pèlerins. (Bennett, 1976 cité par Van huis et al. 2006). La première génération, F 0, élevée au début de 1967 et la génération F 6, à la fin de 1968. Il n'y a aucune preuve de reproduction chez les adultes F 7. Les flèches indiquent la direction du déplacement entre les générations. Les zones de reproduction ne sont pas dessinées à l'échelle

8. La lutte antiacridienne

Au cours des grandes situations d'invasion la lutte chimique a largement été considérée comme l'unique moyen pour éviter le pire par l'utilisation de tout un arsenal d'insecticides (Figure 7). Cependant, elle a alourdi le bilan environnemental par l'intoxication des différents maillons, la disparition et la destruction de la faune utile et les insectes auxiliaires (Launois-Luong et Lecoq, 1989).

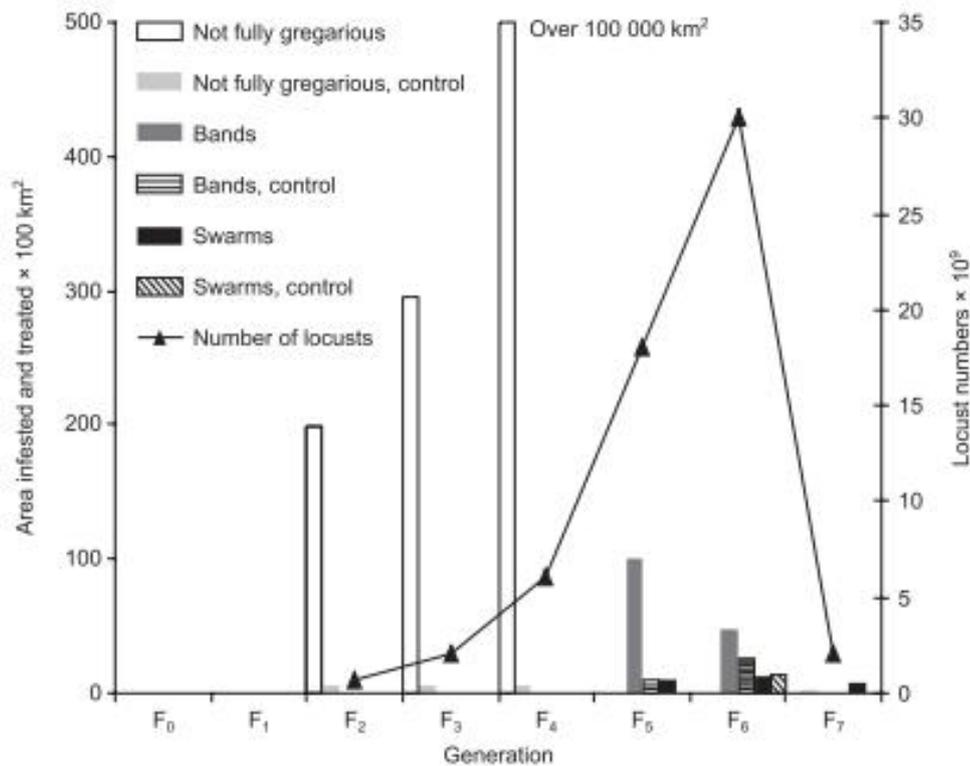


Figure 7: Zones infestées par différents types de population acridienne et zones traitées au cours de la séquence de recrudescence. (Van huis et al. 2006).

8.1. La lutte antiacridienne en Algérie

D'après Guendouz Benrima (2005), le dépouillement des archives de l'INPV a permis d'inventorier les différents pesticides qui sont utilisés en lutte anti-acridienne (tableau 2).

Tableau 2: Les différents pesticides utilisés par les équipes de l'INPV lors de la lutte anti-acridienne de 1983 à 2000. (Guendouz Benrima 2005).

Mat active	Formulation	Nom commercial	Teneur en g ma/l(ou kg ou en volume	Dose applic g ma/ha	Volapplic l/ha (dose sc/ha)
Fenitrothion	ULV	Sumithion 500	500	500	1
Bendiocarbe	ULV	Bendiocarbe			
Bendiocarbe	ULV	Bendiocarbeulv ficam	200	100-125	1
Cypermethrine+ fenitrothion	ULV	Dalla			1
Deltamthrine	EC	Decis 25	25	12,5	0,5
Dieldrine 20%	ULV	Dieldrine 20%			
Dieldrine 5%	ULV	Dieldrine 5%			
Chlorpiryphos Ethyl	ULV	Dursban 240	240	240	1
Chlorpiryphos Ethyl	EC	Dursban 480	480	240	0,5
HCH	Appat HCH	Lindane			
Malathion	EC	M 20%	20%		
Malathion	EC	M 50%	50%	1000	2
Malathion	ULV	M 95%	95%	950	1
Formothion	EC	Onthio33			0,5
Fenitrothion	ULV	Sumithion 1000UL	1000	500	0,5
Fenitrothion	ULV	Sumithion 500UL	500	500	1
Phoxime+propoxur	ULV	Volaton-unden 300	275+25	275+25	1
Phoxime	ULV	Volaton			

Abdou Mamadou (2005), note que l'étude de l'effet de chlorpyrifos éthyle et de fénitrothion aux doses recommandées par la FAO dans un agrosystème désertique en lutte contre le Criquet pèlerin sur deux espèces du genre *Pimelia* (Coleoptera, Tenebrionidae) révèle que 80 à 90% de la dose de pesticide appliquée n'atteint pas la cible, ils se volatilisent. Ce qui confirme ceux le rôle réducteur de fénitrothion appliqué aux doses utilisées contre le Criquet pèlerin sur la capture de *Pimelia senegalensis*. Des applications topiques au laboratoire de chlorpyrifos éthyle sur *P. senegalensis* montrent que cette espèce est sensible à ce pesticide.

Abdou Mamadou (2005), souligne aussi le caractère non spécifique des pesticides anti-acridiens puisque leur danger potentiel sur les insectes prédateurs (*Pimelia*) a été démontré. Dans les opérations classiques de lutte anti-acridienne très souvent les applications sont répétées plusieurs fois dans les mêmes parcelles, ce qui pourrait allonger le délai de reconstitution des populations d'insectes non visées. Il est donc intéressant d'étudier les comportements de ces pesticides sur d'autres insectes d'utilité écologique tels que les abeilles sauvages qui jouent un rôle très important dans la pollinisation des espèces végétales. Ces pesticides organophosphorés (fénitrothion et chlorpyrifos éthyle) sont des inhibiteurs de cholinestérases, l'étude de leurs effets sur l'environnement, pourrait servir dans le choix et l'utilisation judicieuse de ces produits dans les opérations de lutte anti-acridienne.

8.2. Résurgences du Criquet pèlerin

Les invasions généralisées et des recrudescences majeures, interrompues par des périodes de rémission et des résurgences localisées, ont eu lieu depuis 1860. Ces dernières ont duré de quelques mois à plusieurs années. (Symmons et Cressman, 2001).

Les biotopes du Criquet pèlerin couvrent tout le territoire entre la Mauritanie et l'Inde. Ses populations sont sujettes à la quantité d'eau de pluies et l'état de la végétation, les effectifs du Criquet pèlerin peuvent rapidement augmenter si ces deux facteurs sont optimales, et peuvent en un mois ou deux, commencé à se concentrer et à grégariser, ce qui peut conduire, en l'absence de suivi, à la formation de petits groupes ou bandes larvaires ou à des essaims d'ailés. On est

dans une situation de RÉSURGENCE qui se produit dans une surface d'environ 5 000 km². Le passage au phénomène de RECRUESCENCE est conditionné par la succession de plusieurs situations de résurgence non contrôlées accompagnées de pluies largement répandues dans les zones adjacentes. Cependant le deuxième passage INVASION peut se développer dans le cas où la recrudescence n'est pas contrôlée en présence de conditions écologiques favorables à la reproduction, ce qui permet aux populations acridiennes d'augmenter leurs nombre et taille, formant des bandes ou des essaims. Outre ces phénomènes ne se produisent pas dans quelques jours au contraire il leur faut plusieurs mois pour se développer. (FAO, 2009)

8.3. Stratégies de lutte antiacridienne

Depuis le développement de la lutte préventive dans les années 60, les fréquences d'invasions ont considérablement baissées et les recrudescences sont souvent maîtrisées. Ce qui s'explique par la stratégie fructueuse des pays touchés par le fléau acridien, qui s'est basée sur l'internationalisation de l'encadrement anti-acridien et la responsabilisation nationale croissante des pays du front (Figure 8). (Van huis et *al.*, 2006).

Au Maroc, le contrôle des populations grégaires du criquet pèlerin a été planifié par les organisateurs sur la base d'une stratégie dynamique de lutte adaptée à chaque situation acridienne. Ce qui implique l'amélioration des moyens humains et matériels. Une superficie de 4 791 493 ha a été traitée, qui s'est répartie entre l'automne-hiver 1987-88 avec 7,57%, entre le printemps-été 1988 avec 50,90% et entre l'automne-hiver 1988-89 avec 41,53%. Chaque hectare traité revient en moyen à 10 dollars USA. (ARIFI, 1991).

L'Algérie de son côté a amélioré sa stratégie de contrôle et a développé les moyens dans le cadre de la lutte antiacridienne, par la mise en œuvre d'une stratégie nationale régit par le DLAA, ainsi que sa politique d'amélioration, d'accompagnement et d'encadrement du personnel de l'INPV. (Guendouz-Benrima, 2005).

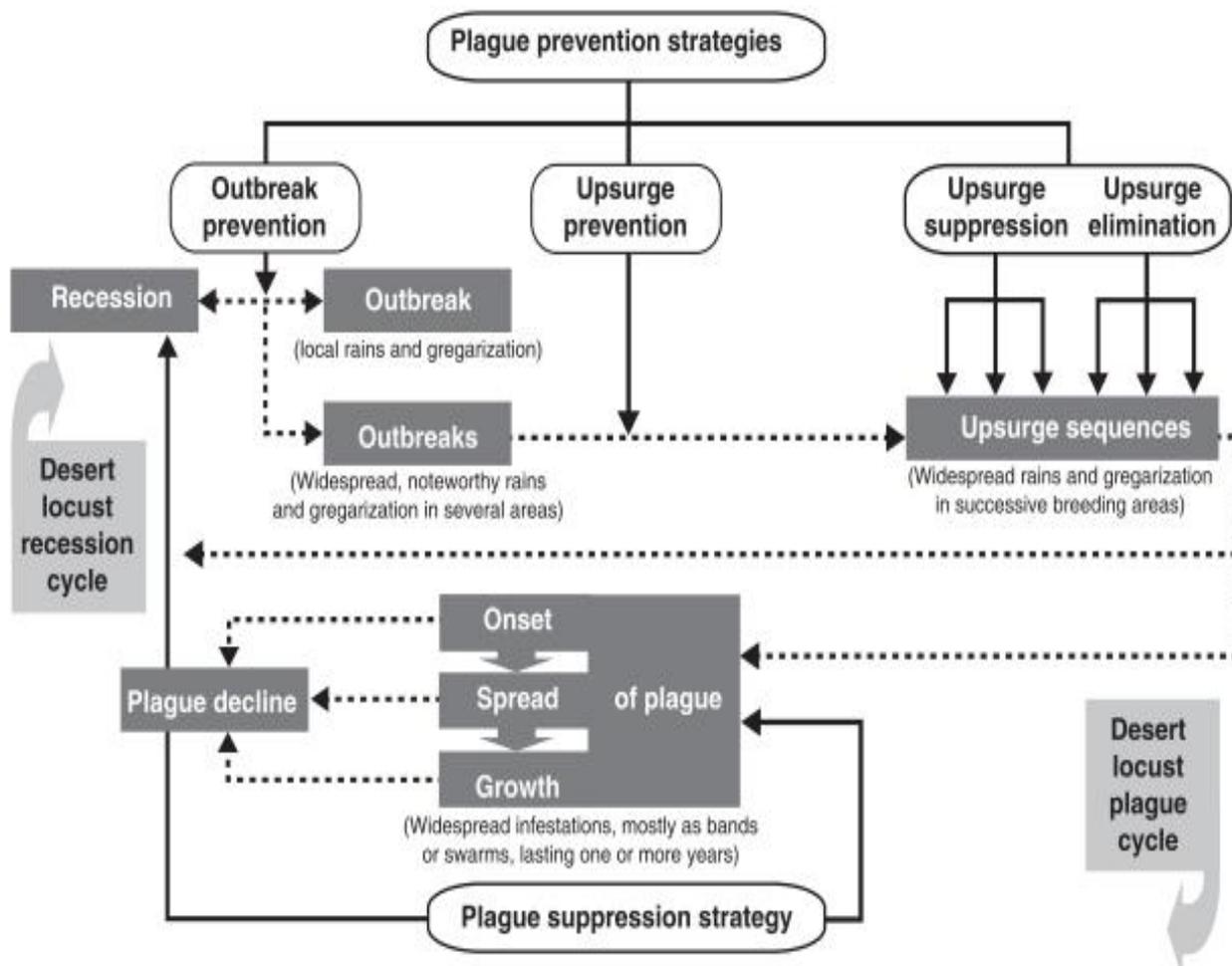


Figure 8: Stratégies de lutte antiacridienne. (Van huis et al., 2006).

8.4. Progrès de la technologie dans les alertes précoces et des prédictions de situations du criquet pèlerin

La stratégie des surveillances antiacridienne moderne consiste à l'utilisation de nouvelles technologies avec des applications potentielles pour l'alerte précoce antiacridienne. Beaucoup de progrès ont été soulignés dans le développement des technologies les plus prometteuses pour les pays touchés. L'intégration et le maintien de ces moyens technologiques dans les programmes antiacridiens nationaux représentent un défi plus grand que leur identification et leur développement initiaux. Ces technologies ont été intégrées dans des programmes nationaux et internationaux et pour être utilisés quotidiennement. Toutes ces technologies ont contribué à améliorer l'alerte précoce et la réaction des pays touchés et de la FAO (figure 9). (Cressman, 2008.)

Les décideurs et les analystes utilisent ces technologies pour enregistrer, transmettre et gérer les données de relevé et de contrôle, pour surveiller les conditions écologiques et pour prévoir la reproduction et la migration des acridiens. L'utilisation régulière et rationnelle de ces technologies a permis d'améliorer les systèmes d'alerte précoce et de prévention des invasions acridiennes.

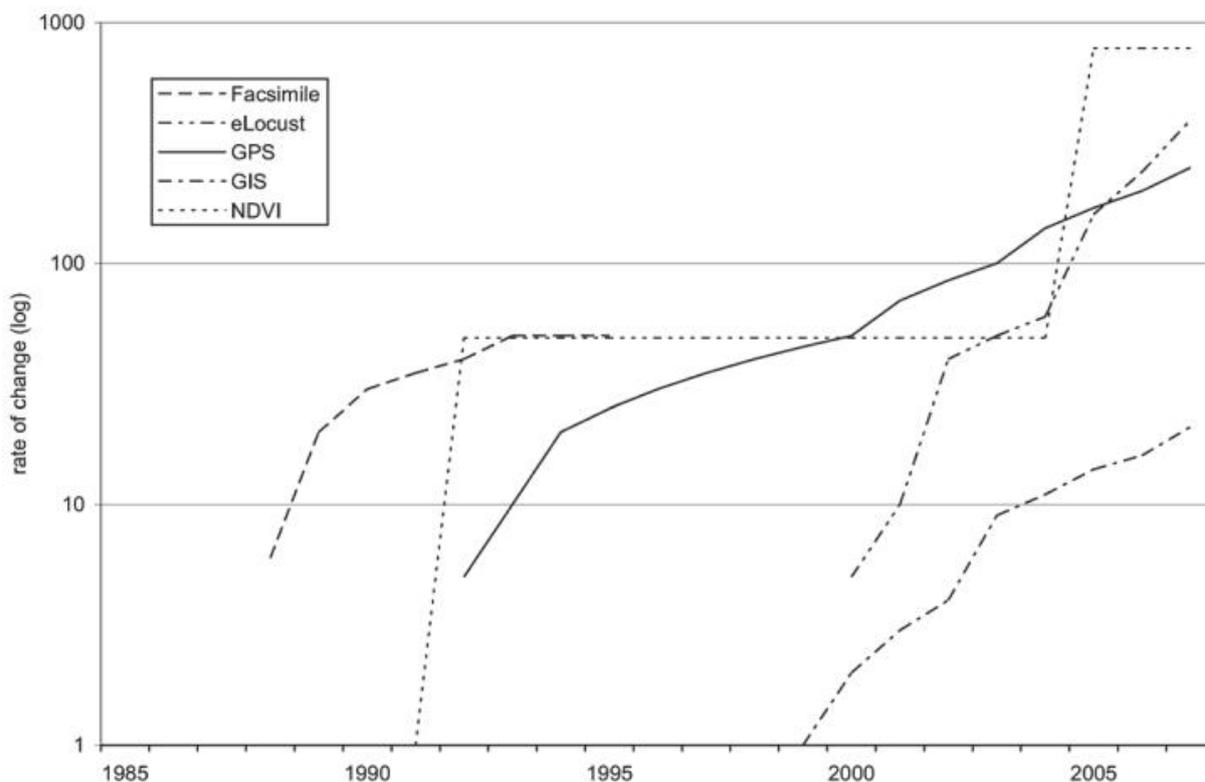


Figure 9: Le développement et la croissance de nouvelles technologies sélectionnées dans les pays touchés par les sauterelles de 1985 à 2007: (a) télécopieurs, (b) appareils eLocust et eLocust2, (c) appareils GPS portables, (d) systèmes SIG, et (e) résolution des Images NDVI. (Cressman, 2008).

Cressman (2008), signale que les progrès technologiques continuent de progresser dans un certain nombre de domaines liés à l'alerte précoce anti-acridienne tels que les télécommunications, la gestion des données, la télédétection, l'informatique et la météorologie. Les études se concentrent sur l'amélioration du rendement dans le cadre de l'alerte rapide antiacridienne. Néanmoins, la technologie doit être utilisée à bon escient et les avantages escomptés doivent être réalistes. Ce qui peut contribuer à améliorer l'alerte précoce en tant que moyen de réduire les invasions de sauterelles.

8.4.1. Progrès en lutte biologique

Mohamed Reda et *al.* (2017) ont pu isoler et identifier avec succès deux espèces de *Bacillus cereus* des larves de *Schistocerca gregaria* infectées en Égypte pourraient être très efficaces si elles étaient formulées en tant que biopesticides et si elles faisaient partie du système de gestion intégrée des criquets pèlerins visant à réduire les quantités de pesticides de synthèse chimiques habituellement utilisés pour cet objectif. Ils rajoutent que des recherches supplémentaires doivent être menées pour confirmer le niveau de souches et pour caractériser le type de toxine excrétée pour chaque isolat et l'impliquer dans la septicémie chez les larves du criquet pèlerin.

Selon KEMASSI (2014), l'étude du pouvoir insecticide des huiles essentielles foliaires des plantes acridifuges récoltées dans le Sahara septentrional Est algérien, a permis de mettre en exergue le pouvoir biocide des huiles essentielles de ces plantes sur les larves du cinquième stade et sur les imagos de *S. gregaria*. Les résultats ont montré un fort pouvoir insecticide vis-à-vis du Criquet pèlerin, mais avec des rapidités d'action variables. Les huiles essentielles de *Cleome arabica* sont apparues plus toxiques que les huiles essentielles de *Capparis spinosa*. Les larves L 5 sont plus sensibles à l'effet des huiles essentielles que les imagos. Les individus mâles sont relativement plus vulnérables à ces essences végétaux que les femelles.

8.4.2. Généralités sur les métabolites secondaires

L'adaptation des plantes à leurs environnements est régit par un groupe de molécules appelées métabolites secondaires, qui interviennent ainsi dans la régulation des symbioses et d'autres interaction plantes-animaux. (Paris et Moyses, 1971).

8.4.2.1. Classification des métabolites secondaires

A l'heure actuelle, les métabolites secondaires dépassent les 200000 substances identifiées appartenant principalement à trois groupes à savoir ; les alcaloïdes ou les composées azotés, les terpénoïdes et les composés phénoliques. MACHEIX (2005) et BRUNETON (2009).

Beaucoup de travaux de recherche ont été entrepris dans le cadre de l'utilisation des substances secondaires des plantes contre les insectes nuisibles et le criquet pèlerin en particulier dont les plus récents sont ceux de OULD EL HADJ et *al.* (2003, 2005, 2006), IDRISSI et HERMAS (2008), ABBASSI et *al.* (2003a, 2003b, 2004, 2005), DOUMANDJI-MITICHE et DOUMANDJI (2008), et KAIDI et *al.* (2017)

8.4.2.2. Application dans la lutte antiacridienne

Les extraits provenant de deux méliacées, *Azadirachta indica* (margousier ou neem) et *Melia volkensii*, connus depuis longtemps pour leurs effets répulsifs et antiappétants contre les insectes, présentent également des propriétés antiacridiennes intéressantes. Des extraits de fruits, de feuillages ou d'écorce protègent efficacement les cultures des attaques d'acridiens. Ils sont appliqués directement sur des larves et sur des imagos de criquets pèlerins (REMBOLD, 1997). Ces produits sont biodégradables et ne sont pas nocifs pour l'homme et l'environnement. Par ailleurs, les plantes-source sont communes, peu exigeantes sur la qualité des sols, et offrent un intérêt économique évident pour les pays d'Afrique qui peuvent tirer avantage en exploitant cette ressource naturelle. Il reste cependant à résoudre des problèmes importants concernant la production de masse de ces extraits (masse végétale nécessaire pour traiter un hectare infesté), le coût de récolte et d'extraction élevé ainsi que les homologations (LUONG-SKORMAND *et al.*, 1999).

Chapitre II

Méthodologie

Chapitre II : Méthodologie

1. Description synthétique des quatre régions d'étude

Les différentes enquêtes ont été menées dans quatre régions du centre et du sud du Sahara algérien (Figure 10, tableau 3). Sauf dans la région de Tamanrasset, ces régions sont considérées comme hébergeant régulier du Criquet pèlerin pour sa reproduction et plus rarement pour sa grégarisation.

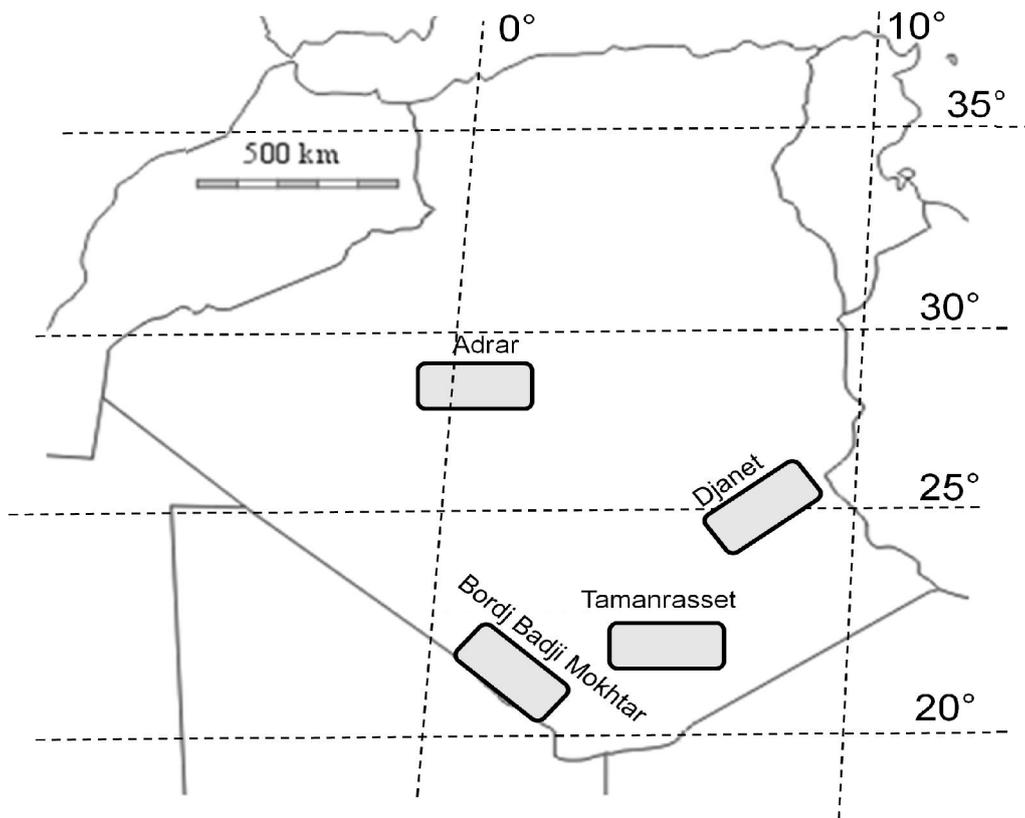


Figure 10. Position des 4 régions étudiées au Sahara algérien.

Au Sahara central, les enregistrements ont été principalement collectés autour d'Adrar, et plus précisément aux stations d'Abalessa, Aoulef et Reggane, entre 300 et 800 m d'altitude. Ces stations se caractérisent par une pluviométrie annuelle stable de moins de 100 mm et une saison des pluies d'octobre à février, signe d'une influence méditerranéenne dominante. En revanche, dans la partie méridionale de l'Algérie, la zone de Bordj-badji-Mokhtar (BBMk) est au-dessus de 20 ° de latitude, à environ 500 m.s.l., et les précipitations sont concentrées en août, reflétant un régime tropical.

Les deux zones restantes occupent des latitudes intermédiaires et leur régime pluviométrique n'est que faiblement lié à une influence méditerranéenne ou tropicale. Djanet se trouve dans la partie sud-est du Sahara algérien, vers 25 ° de latitude nord, à une altitude comprise entre 1000 et 1090 m. Les précipitations sont rares et montrent le même schéma qu'à Tamanrasset mais avec des quantités très faibles. Dans cette zone, les altitudes vont de 600 à 1000 m a.s.l. (tableau 3). En résumé, selon la latitude de ces zones, l'influence du climat méditerranéen ou tropical a un effet plus ou moins prononcé sur le régime des pluies (Sitouh, 1976, Guendouz-Benrima et *al.*, 2002, 2007).

Tableau 3:Données générales des stations d'études.

Prospected Areas	Tamanrasset (Sahara Sud)	Adrar (Sahara Central)	Djanet	Bordj-Badji-Mokhtar (Sahara Sud)
Dates des échantillonnages	Du 03/03/2009 au 10/03/2009	Du 11/05/2009 au 23/05/2009	Du 05/03/2011 au 15/04/2011 Du 25/10/2010 au 20/12/2010	Du 12/08/2007 au 31/12/2007 Du 01/01/2008 au 23/12/2008 Du 15/07/2009 au 16/12/2009
Coordonnées	22°56'56" N 05 °07' 59" E et 22° 39' 05" N 4° 30' 09" E	27°11' 34" N 01 10 41 E et 27° 50' 40" N 1° 10' 45" E	24°19'47"N 9° 27° 38' E et 23° 33' 47" N 9° 29° 20' E	19° 57' N 02° 52' E et 20° 44'N 1° 50'E
Altitudes	> 600 <1000 m	> 300 < 800 m	1000 m	500 m
Nombre de relevés (Totale = 466)	109	95	70	192

1.1. Analyse des paramètres physiques et climatiques des stations d'étude

Le bioclimat se définit à la fois par des stricts paramètres abiotiques comme les précipitations (moyenne annuelle et le régime ou la température (moyenne annuelle T et moyenne des minima du mois le plus froid m par exemple) mais aussi par la physiologie de la végétation. Il existe deux conceptions des étages, selon que ce sont les précipitations ou les températures moyennes qui sont les facteurs les plus discriminants. Nous parlerons d'étage bioclimatique si on fait référence aux précipitations et d'étage de végétation si on fait référence à la température moyenne annuelle. Cette conception évite la confusion de nommer par le même terme deux concepts radicalement différents. Dans les écrits de Barry et al de 1976, les auteurs parlent d'étages bioclimatiques érémitique saharien, érémitique moyen tropical et érémitique tropical alors qu'ils considèrent des zones qui sont définies à la fois par les précipitations et la température. Nous ne reprendrons pas ces termes.

Si les précipitations sont mises en avant, le souci est de décrire au mieux les contraintes qui s'exercent en milieu méditerranéen, avec en premier chef l'aridité. C'est la conception prônée par Emberger qui a mis en place le coefficient ombrothermique $Q2 = 3,672 p (M-m)/(M+m)$ (ou sa variante Q3) (Emberger et Sauvage, 1963). Par rapport aux précipitations, le Sahara algérien ne comprend essentiellement que les étages bioclimatiques per-aride (P 50 et 100 mm) et érémitique (P < 50 mm). A l'intérieur de ce dernier, en corrélant le facteur ombrique et la physiologie de la végétation, on trouve que pour des précipitations comprises entre 30 et 50 mm, la végétation est de type diffus, alors qu'en dessous de 30 mm, elle devient contractée. Du point de vue géographique, les zones avec plus de 50 mm de précipitations se situent essentiellement à l'extrême nord du Sahara algérien, mais aussi au sud de la frontière avec le Mali, en direction du Sahel (Ozenda 1991, Quézel, 1966). Ainsi, les 3 stations étudiées se situent dans l'étage bioclimatique érémitique avec 43,16, 33,4 et 22,1 m respectivement pour Adrar, Djanet et BBMk (tableau 3).

Si par contre, la température moyenne annuelle est considérée comme facteur discriminant, ce système permet de comparer des climats quelconques, qu'ils soient tempérés méditerranéens ou non (Rivas-Martinez et al., 2004). Aucune référence particulière au milieu méditerranéen n'est faite. Par rapport aux températures, on a

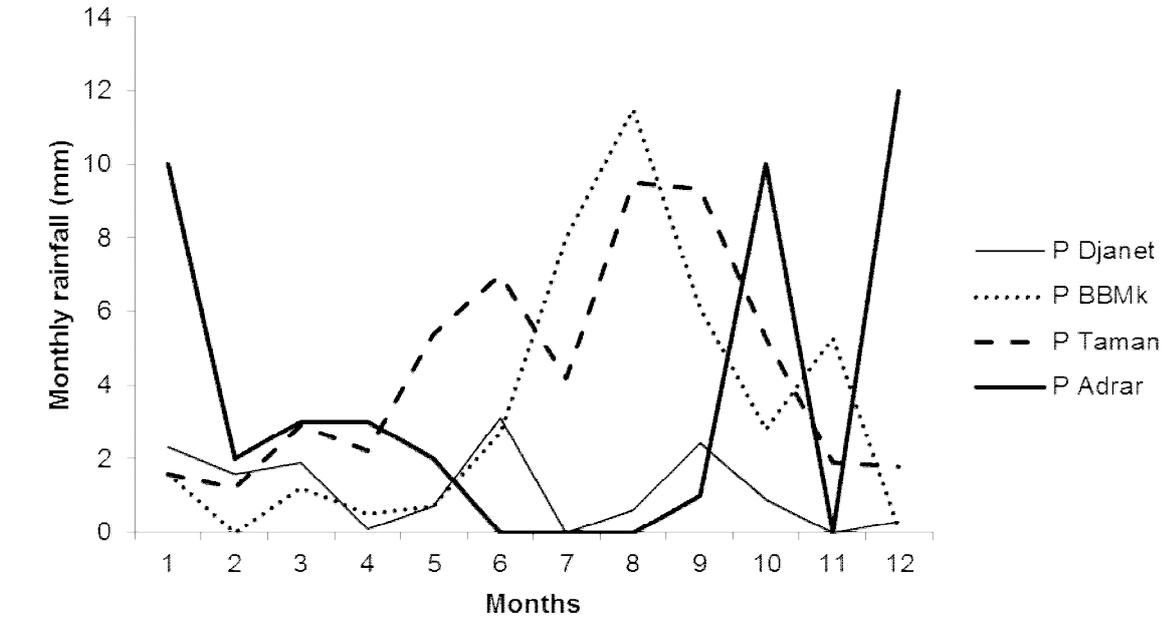
l'étage de végétation méso-méditerranéen pour m inférieur à 3°C ($T \sim 16^{\circ}\text{C}$), le thermo-méditerranéen pour m compris entre 3 et 9°C ($T \sim 16^{\circ}$ et 25°C), et enfin le tropical pour m supérieur à 9°C ($T \sim 26^{\circ}\text{C}$). Il est clair que Adrar et Djanet se situent dans le thermo-méditerranéen, alors que BBmk se situe à la limite entre le thermo-méditerranéen et le tropical.

Ces subdivisions sont résumées dans la figure 10. Dans les montagnes, une élévation de 100 m correspond à une diminution de température d'environ $0,5^{\circ}\text{C}$, ce qui crée des conditions plus clémentes pour la végétation. A Djanet, situé vers 1000 m d'altitude, on est dans l'étage bioclimatique érémitique avec une moyenne annuelle de précipitations de 33,38 mm, alors que BBmk qui se situe à peu près à la même latitude mais vers 400 m et n'en montre que 22,1 mm. Le gain de précipitations est donc très faible, de l'ordre de 10 mm. En revanche, les températures moyennes sont de $23,86^{\circ}\text{C}$ à Djanet et de $26,7^{\circ}\text{C}$ BBmk. La dénivellation d'environ 600 m correspond bien aux prévisions puisqu'il y a bien une diminution d'environ 3°C dans la moyenne des températures (tableau 3).

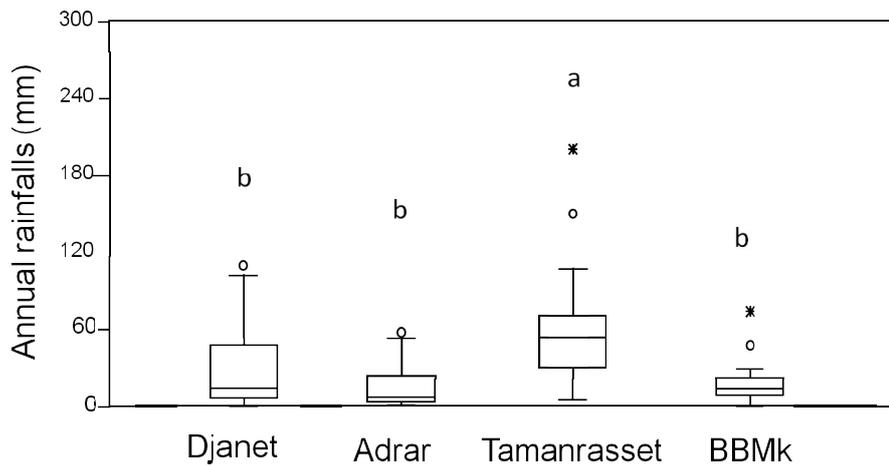
Les différents prélèvements ont été effectués dans quatre régions (Figure. 10) appartenant à trois zones du Sahara algérien (Central, du Sud-Ouest, du Sud) considérés comme milieu à haute fréquence de l'activité acridienne (reproduction et concentration). Selon la latitude de ces domaines, l'influence du climat méditerranéen ou tropical a un effet plus ou moins prononcée sur le régime des précipitations (Sitouh 1976 Chara 1998, Guendouz-Benrima 2005, Guendouz-Benrima et *al.*, 2007).

Au Sahara central, les enregistrements ont été réalisés en grande partie autour d'Adrar, et plus précisément dans les stations Abalessa, Aoulef et Reggae, entre 300 et 800 m d'altitude. Ces stations sont caractérisées par une pluviométrie annuelle stable à moins de 100 mm et une période de la saison des pluies en cours d'exécution d'Octobre à Février (Figure 11A, tableau 3), indicatif d'influence méditerranéenne dominante. En revanche, dans la partie sud de l'Algérie, la région de Bordj-Badji-Mokhtar (BBMK) est supérieure à 20° de latitude, à environ 500 m d'altitude et les précipitations sont concentrées sur le mois d'Août, ce qui reflète un régime tropical. Les deux zones restantes occupent des latitudes intermédiaires et leur régime pluviométrique est vaguement lié à la Méditerranée ou l'influence

tropicale. Les stations près de Tamanrasset étaient situés à environ 22 ° de latitude, entre 600 et 1000 m. Les précipitations peuvent se produire en toute saison, mais légèrement l'emporter en Août et à une moindre mesure, en Juin. Djanet est dans la partie sud-est du Sahara algérien, autour de 25 ° de latitude nord, à une altitude comprise entre 1000 et 1800 m A.S.L. Les pluies sont rares et montrent le même schéma que dans Tamanrasset mais avec de très faibles quantités (Figure11B).



A



B

Figure 11. Les précipitations annuelles des quatre stations. 2A: Variations mensuelles; 2B: Box parcelle de précipitations annuelles. Différentes lettres correspondent à des différences significatives à $p < 1\%$ (test de Kruskal-Wallis).

Abbreviations: BBMk: Bordj-Baji-Mokhtar; Taman: Tamanrasset.

2. Prospections sur terrain

Au cours de la période 2007 à 2013, les prélèvements ont été effectués dans une période de rémission de la dynamique spatio-temporelle du criquet pèlerin.

Le calendrier et le nombre d'échantillons sont présentés dans le tableau 3. Les dates de prélèvements ont suivi le message d'alerte envoyé par le personnels du DLAA algérien. Dans chaque cas, le décalage par rapport à notre sortie était d'environ une semaine. Les biotopes considérés étaient des dépressions plates et bords des oued. Les détails des associations végétales correspondantes sont décrits dans le chapitre 3.

2.2. Relevés floristique

Nous avons entrepris des prospections floristiques en utilisant la méthode de Quézel & Santa (1962-1963). Pour caractériser les habitats et identifier les potentialités de reproduction du criquet dans le sud Algérien, nous avons effectué des relevés floristiques en trois zones sahariennes (nord, centre et sud) en utilisant Quézel et Santa (1962-1983). Les habitats considérés étaient des dépressions plates, des bords d'oued, des surfaces pierreuses et des accumulations de sable. La nomenclature des plantes a été mis à jour avec la base de données de tela-botanica (www.tela-botanica.org/). La composition de la flore est un intégrateur puissant des contraintes environnementales qui caractérisent une communauté. Chaque biotope est caractérisé par une liste d'espèces végétales quantifiées qui détermine la physionomie de la végétation. Chaque échantillonnage floristique a été mené sur une surface de 20 m² prélevée au hasard dans une zone floristique homogène de 1 ha. en notant pour chaque espèce, le coefficient abondance-dominance de Braun-Blanquet (1965), et en utilisant l'échelle de Lemée 1967.

Parmi ces espèces, il est important de mettre en évidence ceux qui sont d'un intérêt particulier (perchoir, nourriture) pour la sauterelle. Dans sa phase solitaire, cet insecte préfère certaines espèces végétales et néglige les autres. La liste des espèces appréciées citée dans Guendouz-Benrima et al. (2010) est reportée dans le tableau de synthèse 4.

Nous n'avons pas choisi les relevés sur la base d'un substratum strictement homogène. Même si la surface principale d'un lieu donné était constituée de sable

grossier par exemple, quelques échantillons (m²) pourraient montrer des substrats pierreux et sablonneux. Parmi les espèces végétales recensées, il est important de mettre en évidence celles qui sont particulièrement préoccupantes (abris, nourriture) pour le criquet pèlerin. Pour assigner l'espèce végétale à un système phytosociologique et à la distribution, nous avons utilisé les travaux de Quézel (1965), Barry & Celles (1972, 1973), Barry et *al.* (1976, 1981, 1985, 1987, 1988) et Kaabèche (2000). L'ensemble des éléments de groupes phytosociologiques du Sahara Algérien sont présentés dans le tableau synthétique⁵.

Tableau synthétique 4: Tableau synoptique des groupes d'assemblages étudiés. Les valeurs du premier groupe de colonnes représentent les pourcentages de constance, tandis que le second groupe contient des coefficients phi x 100 (seules les valeurs positives sont affichées). Les taxons de plantes en gras sont ceux qui sont le plus consommés par le criquet pèlerin.

Class	Alliance	Definition	Number of relevés	Percentage frequency															Fidelity (phi coefficients x 100)																		
				BBK-C	BBK-D	BBK-E	Dja-A	Adr-C	Adr-A	Adr-B	Tam-1	BBK-A	BBK-B	Dja-B	Dja-C	Dja-D	Tam-2	Tam-3	Tam/BBK	BBK-C	BBK-D	BBK-E	Dja-A	Adr-C	Adr-A	Adr-B	Tam-1	BBK-A	BBK-B	Dja-B	Dja-C	Dja-D	Tam-2	Tam-3	Tam/BBK		
Asterisco-Pergularietea tomentosi	multiple alliances	Vegetation on sandy and stony edges of oued	<i>Asteriscus graveolens</i>	-	-	-	25	7	-	-	-	-	4	-	-	59	94	6	-	2	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	37	64	-	-	-		
			<i>Citrullus colocynthis</i>	-	19	6	75	-	23	22	-	-	54	39	-	12	6	10	25	-	1	-	38	-	3	3	-	-	24	14	-	-	-	-	5		
			<i>Crotalaria saharae</i>	-	3	5	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	8	12	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-		
			<i>Pergularia tomentosa</i>	-	-	2	-	20	53	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	37	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			Acacio-Panicion	Sindo-Angolan distribution	<i>Acacia ehrenbergiana</i>	-	32	29	50	-	-	-	3	38	23	44	-	-	6	3	17	-	12	10	25	-	-	-	-	16	6	21	-	-	-	1	
					<i>Acacia tortilis</i> subsp. <i>radcliana</i>	53	55	69	50	40	80	78	24	63	54	-	-	6	29	13	19	7	8	16	6	0	21	20	-	12	8	-	-	-	-	-	
					<i>Panicum turgidum</i>	95	55	100	100	100	90	88	85	100	100	-	-	6	3	23	25	18	-	21	21	21	16	15	13	21	21	-	-	-	-	-	-
					<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	100	3	27	-	-	-	-	-	33	31	-	-	-	-	3	2	68	-	12	-	-	-	-	-	16	14	-	-	-	-	-	-
					<i>Cleome brachycarpa</i>	47	58	40	50	-	-	-	-	21	69	-	-	6	-	-	14	19	26	14	20	-	-	-	-	1	33	-	-	-	-	-	-
					<i>Cassia italica</i>	47	35	48	50	-	-	-	-	63	50	-	12	-	6	7	27	16	9	17	18	-	-	-	-	26	18	-	-	-	-	-	4
					<i>Calotropis procera</i>	5	13	45	75	-	-	-	12	25	58	6	-	94	58	-	8	-	-	12	30	-	-	-	-	0	20	-	-	41	20	-	-
					<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	37	32	53	-	-	-	-	-	17	27	-	-	-	6	3	7	21	17	34	-	-	-	-	-	4	13	-	-	-	-	-	-
	<i>Balanites aegyptiaca</i>	21			29	55	-	-	-	-	-	17	19	-	-	-	-	10	5	10	17	39	-	-	-	-	-	6	8	-	-	-	-	-	0		
	<i>Maerua crassifolia</i>	-			32	45	25	-	-	-	-	13	35	-	6	-	6	10	12	-	17	27	11	-	-	-	-	1	19	-	-	-	-	-	0		
	<i>Chrozophora brocchiana</i>	16			39	11	-	-	-	-	91	38	31	-	-	-	3	3	1	18	-	-	-	-	-	-	56	17	12	-	-	-	-	-	-		
	<i>Euphorbia granulata</i>	-			32	39	-	13	7	26	-	-	35	-	-	-	3	10	3	-	18	24	-	2	-	13	-	-	20	-	-	-	-	-	-		
	<i>Amaranthus graecizans</i>	16			10	10	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	2	22	12	12	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<i>Cassia senna</i>	-			3	6	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	5	13	-	-	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	
	<i>Desmostachya bipinnata</i>	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	
	<i>Faltherbia albida</i>	-			10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<i>Farsetia aegyptia</i>	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	<i>Heliotropium ramosissimum</i>	-	23	35	-	-	-	-	-	13	12	-	-	-	6	7	2	-	18	32	-	-	-	-	-	7	6	-	-	-	0	1	-	-			
	<i>Launaea capitata</i>	5	-	6	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	3	2	9	-	12	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	5	1				
	<i>Pancreatium tenuifolium</i>	-	6	3	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-	13	5	-	-	-	-	8	7	-	-	-	-	-	-	-	-			
	<i>Ziziphus lotus</i>	5	6	16	-	-	-	-	-	17	4	-	-	-	-	3	-	3	5	19	-	-	-	-	20	1	-	-	-	-	-	-	0	-			
	<i>Cullen plicatum</i>	-	-	-	100	-	3	84	-	-	-	-	6	29	-	-	-	-	-	64	-	-	52	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-			
	<i>Pulicaria undulata</i>	-	-	-	50	20	3	78	48	-	-	-	6	65	7	-	-	-	-	22	2	-	41	21	-	-	-	-	-	32	-	-	-	-			
	<i>Salvadora persica</i>	-	6	11	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	3	3	-	9	19	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	3	3	-			
<i>Tamarix aphylla</i>	-	-	5	50	-	2	-	-	-	-	-	24	18	-	-	-	-	-	47	-	-	-	-	-	19	12	-	-	-	-	-	-	-				
Antirrhino-Pitur-anthion	Mediterraneo-Saharo-Sindian distribution	<i>Brocchia cinerea</i>	-	-	-	25	27	90	78	-	-	6	59	-	-	-	-	-	5	6	49	41	-	-	-	28	-	-	-	-	-	-	-				
		<i>Devera scoparia</i>	-	-	-	75	-	-	-	-	-	94	-	-	-	-	-	-	-	54	-	-	-	-	-	-	70	-	-	-	-	-	-	-			
		<i>Pennisetum divisum</i>	11	19	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	31	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		<i>Reseda villosa</i>	-	16	6	-	7	-	4	-	-	4	-	-	-	3	-	14	-	18	4	-	5	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	15			

				Percentage frequency																Fidelity (phi coefficients x 100)																
Class	Alliance	Definition	Number of relevés	BBK-C	BBK-D	BBK-E	Dja-A	Adr-C	Adr-A	Adr-B	Tam-1	BBK-A	BBK-B	Dja-B	Dja-C	Dja-D	Tam-2	Tam-3	Tam/BBK	BBK-C	BBK-D	BBK-E	Dja-A	Adr-C	Adr-A	Adr-B	Tam-1	BBK-A	BBK-B	Dja-B	Dja-C	Dja-D	Tam-2	Tam-3	Tam/BBK	
				19	31	62	4	15	30	50	33	24	26	18	17	17	31	30	59	19	31	62	4	15	30	50	33	24	26	18	17	17	31	30	59	
Aervo-Fagonion	Vegetation on reg with Sindo-Angolan distribution	Aerva javanica	11	45	42	75	67	7	6	82	42	8	18	13	10	14	-	10	9	28	23	-	-	-	32	8	-	-	-	-	-	-	-			
			<i>Schouwia thebaica</i>	68	100	98	25	.	.	34	.	17	73	.	24	12	16	80	2	19	36	35	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-	25	-		
			<i>Fagonia bruguieri</i>	63	23	18	75	.	.	.	.	46	73	39	.	18	3	3	5	25	-	-	32	-	-	-	-	14	31	10	-	-	-	-	-
			<i>Stipagrostis plumosa</i>	5	6	16	75	.	.	.	.	29	4	33	18	.	6	.	3	-	-	3	49	-	-	-	-	13	-	17	4	-	-	-	-
			<i>Tribulus terrestris</i>	.	3	23	.	.	.	.	.	.	23	.	.	.	.	.	.	.	0	29	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-
			<i>Astragalus vogelii</i>	.	13	16	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	3	-	18	24	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2
			<i>Salsola foetida</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22
			<i>Lotus glinoides</i>	5	.	2	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	3	2	11	-	2	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	6	2
			<i>Artemisia judaica</i>	.	.	.	50	.	.	.	.	.	.	67	41	100	.	.	.	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-	36	18	59	-	-	-
			<i>Cornulaca monacantha</i>	.	.	2	100	87	100	72	.	.	.	.	18	6	3	.	2	-	-	-	46	38	46	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			<i>Hyoscyamus muticus</i>	.	.	.	25	100	57	60	.	4	.	.	47	6	.	.	2	-	-	-	4	54	25	27	-	-	-	-	19	-	-	-	-	
			<i>Salsola imbricata</i> subsp. <i>imbricata</i>	20	83	38	-	-	-	10	68	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Anvilleo-Zilion	Vegetation on reg with Medit.-Sindian distribution	<i>Eruca vesicaria</i> subsp. <i>sativa</i>	.	.	.	50	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-	-	61	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Otolyphis pubescens</i>	.	.			.	75	.	.	.	.	8	.	.	.	6	.	.	2	-	-	-	77	-	-	-	-	3	-	-	-	0	-	-		
<i>Zilla spinosa</i> subsp. <i>spinosa</i>	.	.			.	100	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	-	-	-	95	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	
Calligon-Aristidetea	Aristidion pungentis	Vegetation on sand dunes and Saharan erg	<i>Calligonum polygonoides</i> subsp. <i>comosum</i>	5	39	10	100	7	.	.	.	8	.	24	41	3	.	3	-	17	-	62	-	-	-	-	-	6	19	-	-	-				
			<i>Moretlla canescens</i>	5	13	24	25	.	.	.	.	29	23	.	18	18	.	3	3	-	2	12	13	-	-	-	-	16	11	-	7	7	-	-	
			<i>Stipagrostis obtusa</i>	74	29	42	.	.	.	.	.	38	92	.	.	.	.	.	17	37	7	16	-	-	-	-	-	13	50	-	-	-	-	-	
			<i>Stipagrostis pungens</i>	16	6	5	25	.	.	.	.	9	17	.	22	24	.	3	3	5	7	-	-	15	-	-	1	8	-	13	14	-	-	-	
Boerhavia-Tephrosiacea purpureae	Acacio-Aristidion mutabilae	Sahelian bushy steppe	<i>Boerhavia repens</i>	.	13	11	.	.	.	.	.	12	.	.	.	.	3	-	18	15	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	2				
			<i>Boscia senegalensis</i>	.	26	2	.	.	.	.	.	4	8	.	.	.	.	3	-	37	-	-	-	-	-	-	2	8	-	-	-	-	1		
			<i>Cenchrus biflorus</i>	.	10	5	.	.	.	.	.	4	4	.	.	.	.	2	-	17	7	-	-	-	-	-	6	5	-	-	-	-	0		
			<i>Acacia nilotica</i>	.	.	.	75	.	.	.	.	4	.	.	6	.	.	8	-	-	-	76	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	3		
			<i>Acacia senegal</i>	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			Palm oases crops	<i>Phoenix dactylifera</i>	.	.	.	25	.	.	.	.	4	.	11	6	18	6	.	.	.	-	26	-	-	-	-	-	-	9	2	17	3	-	
				<i>Cucumis melo</i> subsp. <i>agrestis</i>	5	3	3	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	.	3	8	4	4	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	4	
				<i>Ipomoea asarifolia</i>	.	.	2	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	10	.	.	2	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	24	-
				<i>Punica granatum</i>	.	.	.	25	.	.	.	.	.	50	24	12	3	.	.	.	.	-	-	18	-	-	-	-	-	43	17	5	-	-	-
Papaveretea roeadis	Scleranthion annui	Weed segetal vegetation	<i>Matricaria chamomilla</i> var. <i>recutita</i>	16	10	19	.	.	.	.	.	4	8	.	.	.	3	16	8	21	-	-	-	-	1	5	-	-	-	-	-	-			
			Launaeion nudicaulis	Weed segetal vegetation	<i>Artemisia campestris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	18	76	3	.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	75	-	-	-	
					<i>Cynodon dactylon</i>	.	13	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	2	-	21	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
Chenopodietea	Chenopodium muralis	Nutrient-demanding ruderal vegetation	<i>Cynodon dactylon</i>	.	13	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	2	-	21	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-				

2.2. Relevés pédologiques

Afin de mieux estimer le potentiel reproductif du biotope, nous avons également enregistré pour chaque station l'humidité du sol. Pour estimer le taux d'humidité, on a creusé un trou jusqu'à atteindre la profondeur de l'humidité mesurée à partir de la surface en cm. Les profondeurs critiques considérées sont l'humidité à la surface, à 10 cm, 20 cm, 30 cm, et plus de 30 cm. La couche la plus humide correspondant à la profondeur critique la plus basse. (Mario et *al.*, 2017)

2.3. Les prospections acridiennes

Pour chaque échantillonnage effectué dans les différentes stations au Sahara central et le sud algérien, deux descripteurs ont été pris en compte: la densité de la population, estimée par mètre carré pour les populations groupées ou par hectare pour les populations diffuses, et la surface du biotope. Nous avons également enregistré la présence des oothèques, de stade larvaire, et l'état phasaire des adultes.

Pour estimer la densité des adultes calculées pour une surface de 100 m², différentes méthodes ont été entreprises. La première, préférée dans le cas des surfaces plates ou rugueuses, a consisté à définir une bande de 1 m de large et 100 m de long, et en répétant le comptage plus d'une douzaine de fois (Ould El Hadj, 2004, Duranton et *al.*, 1982). Pour déterminer la présence d'individus ailés sur de grandes surfaces, comme erg (plaine de sable), ou une grande zone couverte de végétation, nous avons mené un transect par véhicule selon Dobson (2001).

Cette méthode consiste à conduire dans la direction opposée du vent pendant au moins 1 km. Au cours de chaque transect, nous avons compté les adultes qui volent devant le capot du véhicule et nous avons enregistré la distance en utilisant le compteur kilométrique. Cette méthode a été appliquée que lorsque la température est supérieure à 20 ° C et la vitesse du vent inférieure à 6 m / s.

Troisièmement, lorsque nous avons rencontré une abondance relative des locusts sur les zones plutôt plates, nous avons choisi la technique de quadrat pour obtenir des chiffres exacts des locusts adultes. Au sein de chaque surface de 2 ha définie comme homogène pour la végétation, l'échantillonnage consistait à dix

répétitions de 10 m² chacune (Ould El Hadj, 2004). Le choix du nombre d'échantillons dépend de nombreux facteurs la plupart d'entre eux sont liés à des caractéristiques morphologiques de la station, y compris, entre autres: la physionomie de la végétation qui se cache, la topographie et le gradient d'humidité du sol.

Pour la détermination de l'état phasaire, il a été estimée par les rapports morphométriques de 10 adultes (Il s'agit des mesures de la longueur de l'élytre (E), de la longueur du fémur postérieur (F) et de la largeur maximale de la tête (C), (Uvarov, 1966) (Figure12).

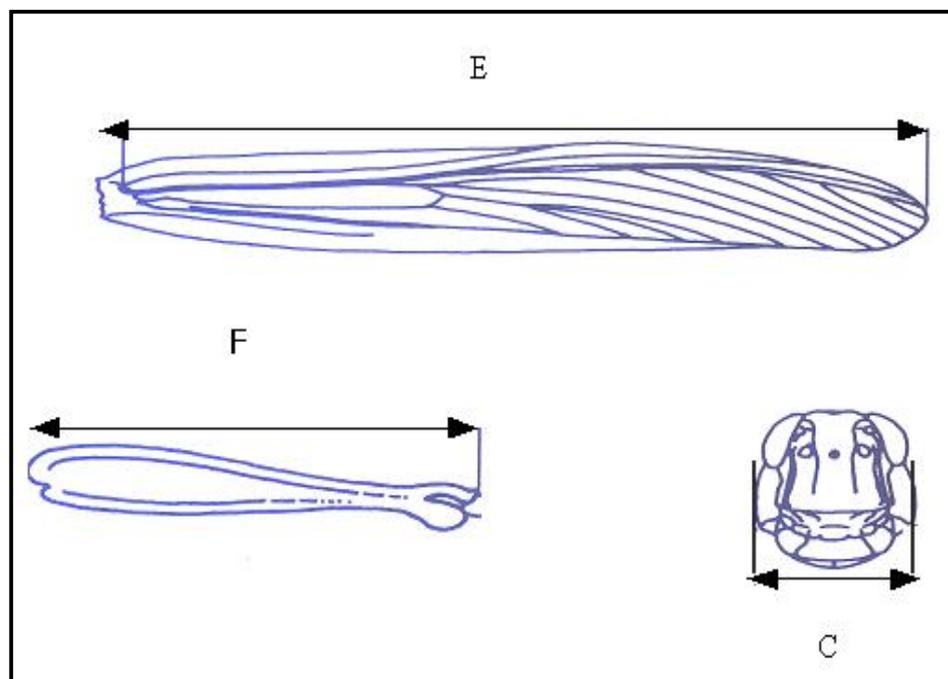


Figure 12 : Schémas des mesures morphométriques (Dirsh, 1953 in Duranton et Lecoq, 1990)

E : Elytre ; F : Fémur ; C : Capsule céphalique.

3. Méthodes statistiques

3.1. Analyse statistique des données pour une synthèse globale

Les coefficients d'abondance-dominance des espèces végétales de l'ensemble des données (466 jeunes arbres x 91 espèces) ont été soumis à une analyse des correspondances detrended (DCA) pour évaluer les relations entre la composition de la flore des trois zones. Pour tester la différence de composition floristique entre les

trois régions, il était nécessaire d'effectuer une ANOSIM (analyse de similitude) basée sur un test de permutation (Clarke, 1993), compte tenu de l'indice de Bray-Curtis en tant que mesure de la distance. Pour commander les espèces en fonction de leur contribution dans les différences de composition entre les régions, une analyse SIMPER (Les pourcentages de similitude, voir Clarke, 1993) a été effectuée.

Les densités graphiques de criquet pèlerin ont été obtenus en considérant les coordonnées x, y des stations fournies par DCA, et la densité de criquets en z, en utilisant Systat 12.0 (SPSS, 1997). Pour donner un aperçu des facteurs qui peuvent avoir un effet sur l'abondance de criquets sur les 466 échantillons, nous avons réalisé un modèle linéaire général (GLM) en utilisant la région, la profondeur de l'humidité et de l'altitude comme facteurs. Les altitudes étaient une transformation logarithmique pour normaliser leur distribution. Sauf densité graphique, tous les tests ont été effectués en utilisant le logiciel PAST 2.17 (Hammer et *al.*, 2001).

3.2. Analyse statistique des données de la végétation

Dans chacune des quatre régions, l'ensemble de données contenant les coefficients de dominance de l'abondance des espèces végétales des 466 relevés différents a été soumis à un regroupement en utilisant la méthode de Ward, afin de définir les assemblages. Cette méthode a été préférée à un regroupement utilisant Bray-Curtis comme mesure de distance en raison de la taille des groupes fournis plus équilibrée, permettant des calculs plus fiables de l'abondance moyenne du Criquet pèlerin par groupe. Selon ces assemblages, les relevés ont ensuite été commandés et le fichier résultant a été exporté vers JUICE 7.0.102 (Tichý, 2002) pour calculer le coefficient de fidélité phi de chaque espèce (Chytrý et *al.*, 2002). Pour chaque assemblage, nous avons ensuite calculé la proportion d'espèces appartenant aux principaux groupes phytosociologiques et de distributions et ajouté des valeurs moyennes selon les dates d'échantillonnage, la profondeur d'humidité et l'altitude, résultant en tableau synthétique 11. Nous avons testé l'importance des variations de l'abondance des Criquets pèlerins, en utilisant les assemblages de plantes comme facteur, par ANOVA (466 relevés et 16 assemblages). Pour trouver les caractéristiques des assemblages associés à l'abondance de *S. gregaria*, nous avons effectué une analyse de corrélation de Spearman rho en utilisant le tableau du tableau synthétique 6 et un Cluster analysis en utilisant la même mesure de

proximité. La signification des corrélations a été évaluée le cas échéant avec une correction de Bonferroni. A partir de la littérature contenant les listes de plantes associées au Criquet pèlerin en Afrique, nous avons construit un autre tableau synthétique, comprenant quatre de nos assemblages sahariens (tableau synthétique 7). Le choix de ces quatre assemblages était basé sur les plus fortes densités pour le Criquet pèlerin dans chacun des quatre groupes d'assemblage (voir plus loin). Pour obtenir une vue synthétique des sites d'étude abritant le criquet pèlerin dans sa zone africaine, nous avons effectué une analyse en composantes principales et un Cluster analysis (tableau synthétique 12). Pour le traitement statistique, les dates ont été transformées en nombres décimaux, indépendamment de l'année, comme suit: le 5 juillet devient 7,17 car juillet est le 7^{ème} mois de l'année. À l'exception des calculs de fidélité, toutes les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel PAST 2.17 (Hammer et *al.*, 2001).

Tableau synthétique 5: Récapitulatif des différents éléments de groupes phytosociologiques du Sahara Algérien.

Class	Charact. species	Order	Alliance	Definition	Distribution	Charact. species
Asterisco- Pergularieteatomentosi	<i>Pergulariatomentosa</i> <i>Asteriscusgraveolens</i> <i>Crotalaria saharae</i> <i>Citrulluscolocynthis</i> <i>Heliotropiumbacciferum</i>	Omni-Saharanregs and oueds	Acacio- PanicionQuezel 1954	Vegetation of sandy and stony and not salt edges of ouedin north- occidental, central and south Sahara	Sindo-Angolancomplex	<i>Acacia tortilissubspraddiana</i> <i>Acacia ehrenbergiana</i> <i>Heliotropiumramosissimum</i> <i>Leptadeniapyrotechnica</i> <i>Panicumturgidum</i> <i>Amaranthusgraecizans</i> <i>Calotropisprocera</i> <i>Euphorbia granulata</i> <i>Farsetiaaegyptiaca</i> <i>Pulicariacrispa</i> <i>Cenchrusciliaris</i> <i>Pulicariaundulata</i> <i>Chrozophorabrocchiana</i> <i>Cymbopogonschoenanthus</i> <i>Maeruacrassifolia</i>
			Antirrhino- Pituranthionscoparia e		Mediterraneo-Saharo- Sindiancomplex	<i>Pituranthosscoparia</i> <i>Antirrh. ramosissimum</i> <i>Cotulacinerea</i> <i>Resedavillosa</i> <i>Pennisetumdichotomum</i>
		Aervo- Fagonetaliabrugueri Desert steppes on omni-Saharanregs	Aervo- Fagonion	Vegetation on regs	Sindo-Angolancomplex	<i>Astragalusvogelii</i> <i>Aervajavanica</i> <i>Fagoniabrugueri</i> <i>Fagoniaolivieri</i> <i>Stipagrostisplumosa</i> <i>Schouwiapurpurea</i> <i>Cornulacamonacantha</i> <i>Salsolaimbricata</i> <i>Tribulusterrestris</i> <i>Zygophyllum simplex</i> <i>Hyoscyamusmuticus</i> <i>Randoniaafricana</i>
		Anvilleo-		Vegetationon regs	Mediterraneo-Saharo-	<i>Anvillearaddiata</i>

			Zillionmacropterae		Sindiancomplex	<i>Zilla spin. subsp. macroptera</i> <i>Erucavesicariasubsp. sativa</i>
Calligono-aristidetea			Aristidionpungentis	Vegetation on thick sand of dunes and Saharian ergs	Sindo-Angolan complex Mediterraneo-Saharo-Sindiancomplex	<i>Stipagrostispungens</i> <i>Morettiacaescens</i> <i>Calligonumcomosum</i> <i>Moltkiaciliata</i>
Boerhavo-Tephrosieteapurpleae	<i>Boerhaviarepens</i> <i>Tephrosiapurplea</i> <i>Tephrosiavicioides</i> <i>Corchorusdepressus</i>	Sahelianbushy steppe	Acacio-Aristidionmutabilae		Saharo-Saheliancomplex	<i>Stipagrostismutabilis</i> <i>Cenchrusbiflorus</i> <i>Acacia scopioidessubspnilotica</i> <i>Bosciasenegalensis</i> <i>Tribuluslongipetalus</i>

Chapitre III

Impact des variations
des exigences de paramètres
environnementaux sur le comportement
et la migration du criquet pèlerin
solitaire dans le Sahara algérien.

Chapitre III : Impact des variations des exigences de paramètres environnementaux sur le comportement et la migration du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien.

Chapitre III : Impact des variations des exigences de paramètres environnementaux sur le comportement et la migration du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien.

Cette étude a été menée dans des biotopes du criquet pèlerin au Sahara Algérien pour mettre en évidence l'interdépendance entre les paramètres descripteurs de la végétation, les caractéristiques géographiques, et la densité des populations solitaires de *S. gregaria*. Un résumé des principales caractéristiques des sites étudiés dans les trois régions du Sahara algérien au cours de la période d'échantillonnage est donné dans le tableau 3. Nous avons effectué 466 prélèvements au cours de nos enquêtes.

1. Approche globale de l'abondance de *S. gregaria*

Le résultat donné par un test GLM dans le tableau 6 montre les effets significatifs des trois facteurs, dans l'ordre décroissant suivant: la région, l'altitude et à la profondeur de l'humidité. Quant à la région d'influence, les abondances moyennes par 100 m² à Adrar étaient près de 4 par échantillon, environ 1 à Djanet, très peu à BMK et extrêmement rare de Tamanrasset (Fr 3462 = 144,796, p <0,001). Il convient de noter que les périodes de présence du criquet varient selon les régions. Dans les habitats naturels de la région d'Adrar, de nombreux stades larvaires ont été observés au début de mai, alors que les adultes ont été rencontrés pendant tout ce mois. Presque la totalité de la population acridienne a migré à partir de la deuxième quinzaine de mai pour atteindre les cultures céréalières irriguées à proximité, où ils restent jusqu'au début de Juillet. Toutefois, le dénombrement des stades larvaires dans ces domaines anthropisés était beaucoup plus faible que dans les habitats naturels. En Djanet, les adultes ont été observés en Mars et Avril, puis d'Octobre à Décembre, mais aucun stade larvaire n'a jamais été enregistré. En BMK, la présence des adultes a été limitée en Janvier d'une part, et de Juillet à Octobre dans l'autre (Figure 13). Peu de stades larvaires ont été observés en Octobre à la fin de la période des pluies, indicative d'une reproduction locale. Dans Tamanrasset, à moins de 10 individus adultes ont été rencontrés au cours de la période considérée.

Chapitre III : Impact des variations des exigences de paramètres environnementaux sur le comportement et la migration du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien.

Tableau 6: Effet des paramètres environnementaux sur les densités adultes (GLM) (N = 466)

	Coeff.	p	R ²
Constant	18.5100	$2.14 \cdot 10^{-26}$	0.0000
Region	1.0037	$4.4 \cdot 10^{-35}$	0.2460
Ln (altitude)	-2.9313	$3.5 \cdot 10^{-27}$	0.1942
Humiditydepth	-0.0367	0.0166	0.0209

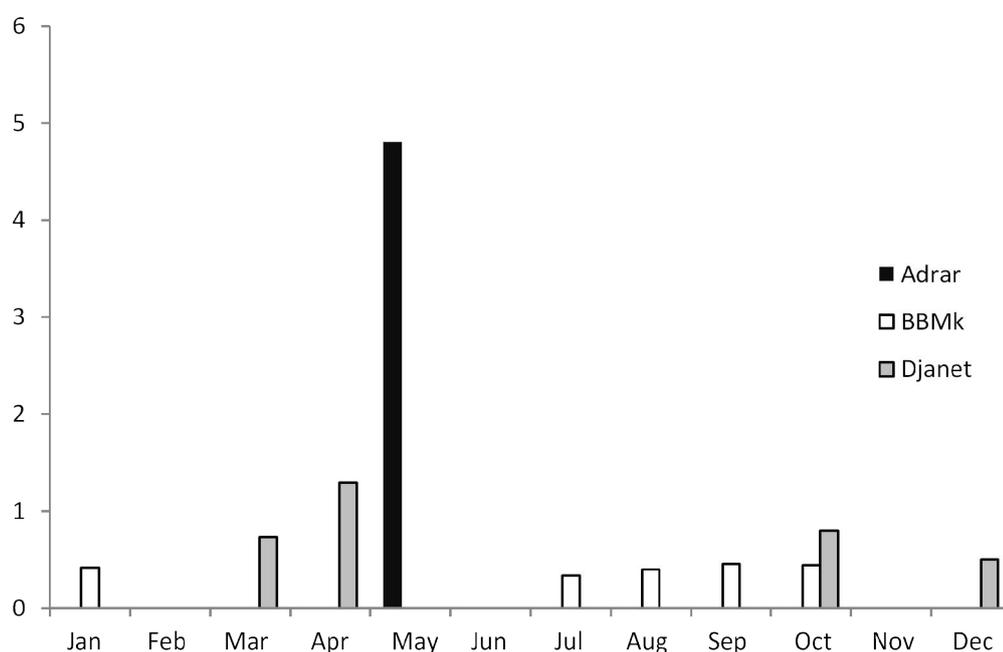


Figure 13. Variation temporelle des densité de *Schistocerca gregaria* dans les quatre régions d'étude.

Abbreviations: BBMk: Bordj-Baji-Mokhtar

Pour comparer les régions par leur flore, nous avons entrepris dans une première étape, une DCA avec l'ensemble de données (466 échantillons x 91 espèces végétales). La projection indiquée dans les graphes (Figure 14 A) pour 11,7% de la variance totale. En dépit de cette faible valeur, il révèle une nette distinction entre la flore de l'Adrar, BBMk et Djanet, mais un chevauchement évident entre les flores de ces trois régions et celle observée à Tamanrasset. Le résultat de ANOSIM avec 10000 permutations soutenu d'importantes différences entre chaque combinaison de régions avec une valeur de $p < 10^{-3}$. Les 30 espèces qui ont la plus forte contribution à des différences entre les quatre régions sont en tableau 7. Il

Chapitre III : Impact des variations des exigences de paramètres environnementaux sur le comportement et la migration du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien.

révèle une forte originalité de chaque région, mais une certaine affinité entre les plantes des deux régions du Sud.

Bordj-Badji-Mokhtar

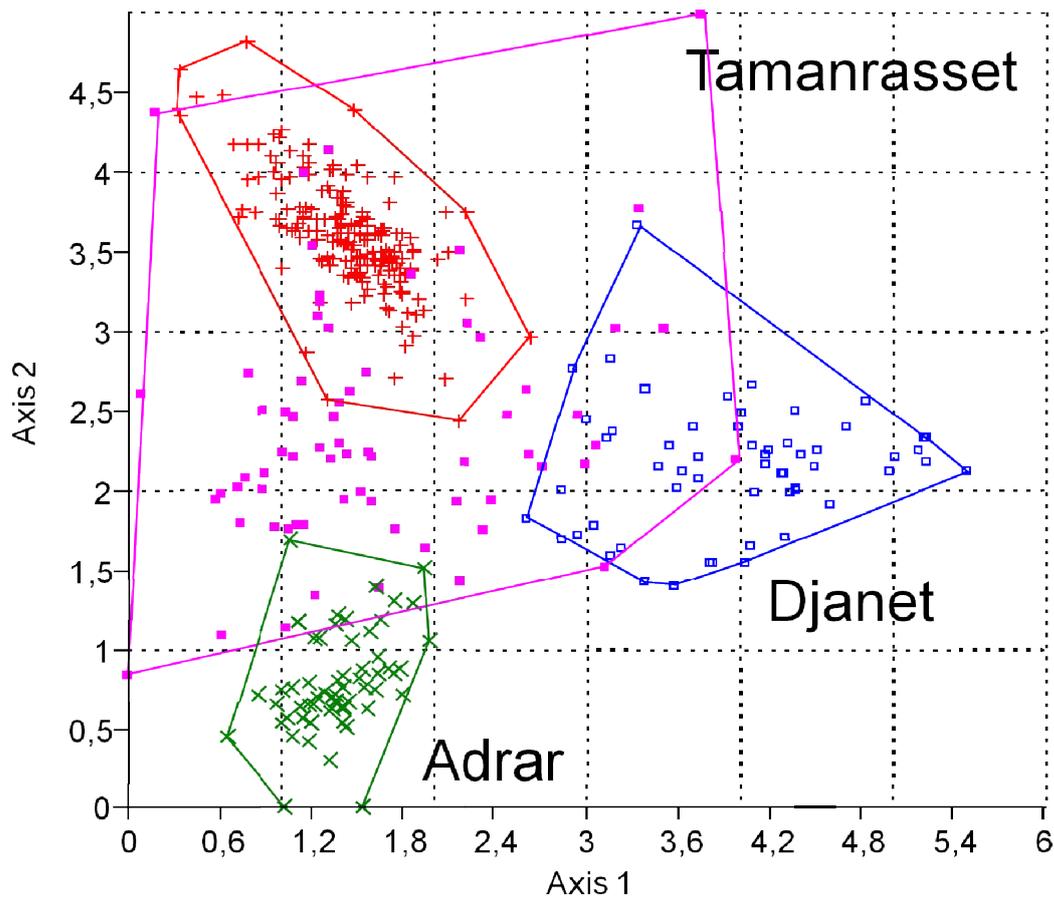


Figure 14 A: Projection par DCA d'échantillons floristiques étudiés au Sahara algérien.

14 A: Les 4 régions sont considérées

Chapitre III : Impact des variations des exigences de paramètres environnementaux sur le comportement et la migration du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien.

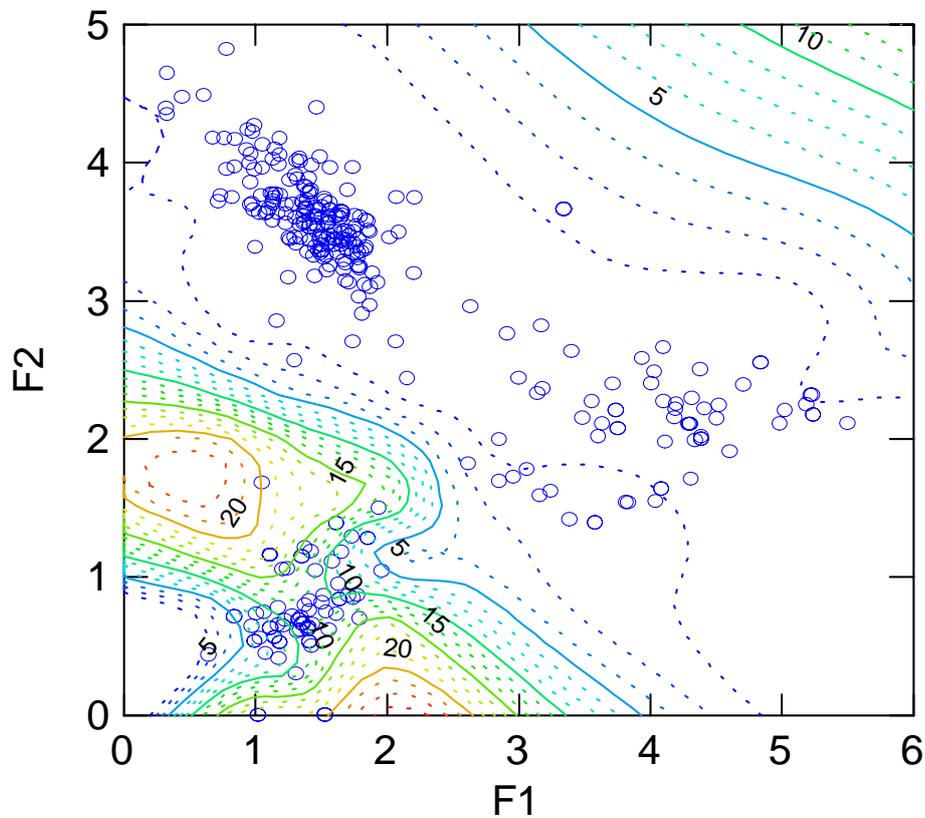


Figure 14B: Graphique de densité construit avec les coordonnées de DCA en tant que x et y et densités acridiennes en tant que z. Les isoclines définissent l'espace avec des densités de criquets identiques.

Dans une deuxième étape, il était nécessaire d'étudier la relation entre les densités acridiennes et la diversité floristique. Ainsi, nous avons enregistré les coordonnées x, y de stations obtenues par la DCA sur dataset floristique et la densité de criquets comme axe z. Compte tenu des très faibles valeurs de densités de criquets à Tamanrasset, cette dernière station n'a pas été considérée. Le graphique de la densité obtenue avec SYSTAT 12,0 (Figure 14B) montre une forte homogénéité dans les densités observées à Djanet et BBMK, mais des valeurs régulièrement plus élevées dans la région d'Adrar.

Chapitre III : Impact des variations des exigences de paramètres environnementaux sur le comportement et la migration du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien.

Tableau 7: Liste des taxons botaniques en fonction de leurs contributions aux différences.

Taxon	Contrib. %	Cumulative %	Mean abund. BBMk	Mean abund. DJA	Mean abund. TAM	Mean abund. ADR
<i>Panicum turgidum</i>	9.004	9.004	1.28	0.214	0.358	0.884
<i>Acacia tortilis subsp. raddiana</i>	4.545	22.03	0.294	0.0786	0.174	0.737
<i>Cornulaca monacantha</i>	3.836	25.86	0.0026	0.136	0	0.832
<i>Cottus cinereus</i>	3.38	29.24	0	0.136	0	0.726
<i>Frankenya undulata</i>	3.127	38.92	0	0	0.275	0.453
<i>Hyosciamus muticus</i>	3.093	42.01	0	0.2	0	0.632
<i>Pergularia tomentosa</i>	2.554	50.16	0	0	0	0.653
<i>Fagonia indica</i>	2.284	52.45	0	0	0	0.547
<i>Citrus colocyntis</i>	2.261	54.71	0.112	0.2	0.055	0.189
<i>Psoralea plicata</i>	2.068	58.92	0	0.143	0	0.453
<i>Salsola imbricata</i>	2.043	60.97	0	0	0	0.495
<i>Schouwia thebaica</i>	8.479	17.48	1.28	0.0786	0.193	0.189
<i>Aerva javanica</i>	3.241	35.79	0.167	0.0714	0.349	0.158
<i>Chrysophora brochiana</i>	2.147	56.86	0.133	0	0.275	0
<i>Calotropis procera</i>	3.304	32.55	0.271	0.4	0.165	0
<i>Artemisia judaica</i>	1.786	64.57	0	0.479	0	0
<i>Deverra scoparia subsp. scoparia</i>	1.353	71.85	0	0.4	0	0
<i>Tamarix senegalensis</i>	1.204	73.06	0	0.364	0	0
<i>Asteriscus graveolens subsp. graveolens</i>	1.184	74.24	0	0.314	0	0
<i>Punica granatum</i>	1.048	76.46	0	0.307	0	0
<i>Sorghum bicolor subsp. Bicolor</i>	1.044	77.5	0	0.3	0	0
<i>Calligonum polygonoides subsp. comosum</i>	0.9247	79.41	0.0651	0.214	0	0
<i>Fagonia bruguierii</i>	1.451	69.07	0.177	0.129	0	0
<i>Acacia ehrenbergiana</i>	1.537	66.1	0.13	0.186	0.0367	0
<i>Balanites aegyptiaca</i>	0.9846	78.48	0.167	0	0	0
<i>Stipagrostis obtusa</i>	2.989	45	0.477	0	0	0
<i>Cassia italica</i>	2.611	47.61	0.383	0.114	0	0
<i>Cymbopogon schaeanthus</i>	1.814	62.78	0.307	0	0	0
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	1.433	70.5	0.214	0	0.0275	0
<i>Cleome brachycarpa</i>	1.514	67.62	0.216	0.0714	0	0
<i>Maerva crassiphora</i>	1.165	75.41	0.156	0.0286	0.0367	0

Chapitre III : Impact des variations des exigences de paramètres environnementaux sur le comportement et la migration du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien.

2. Les variations dans chaque région

La question est de comprendre les variations de densité de *S. gregaria* selon les stations. Nous avons effectué un test GLM pour évaluer l'influence de chaque variable d'environnement sur la densité des adultes. Ces variables sont les suivantes: l'altitude, la profondeur de l'humidité (en cm), la couverture végétale totale (somme des coefficients d'abondance des espèces végétales), la richesse totale des espèces végétales, et la richesse des plantes préférées.

Dans la région d'Adrar, le GLM a donné les résultats présentés dans le tableau 8 (N = 93) et a montré un effet significatif et positif de la richesse des plantes préférées, et un effet négatif pour la couverture végétale totale et la profondeur de l'humidité. Les sauterelles sont donc plus abondant lorsque l'humidité est proche de la surface, avec le nombre de plantes préféré supérieur, mais évite les stations où la couverture végétale totale est élevée. L'altitude n'a pas d'effet.

Tableau 8: General linear model pour la région d'Adrar (N = 93)

	Coeff.	P	R ²
Constant	16.8330	0.0000	0.0000
Flora richness	-0.1416	0.7279	0.0004
Total plant cover	-0.3726	0.0445	0.0404
Altitude	-0.0011	0.6959	0.1971
Humiditydepth	-0.4705	0.0021	0.2367
Richness of preferred plants	0.7096	0.0509	0.0058

Dans la région de BBMK, les altitudes des différentes stations sont très proches de 500 m et ne sont pas introduites dans le modèle. Les résultats indiqués dans le tableau 9 montrent un fort effet négatif de la profondeur de l'humidité et un effet positif de la couverture végétale totale (N = 192). Cependant, la richesse des plantes préférées ne semble pas influencer sur l'abondance des adultes.

Chapitre III : Impact des variations des exigences de paramètres environnementaux sur le comportement et la migration du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien.

Tableau 9: General linear model pour la région BBK (N = 192)

	Coeff.	p	R ²
Constant	0.9876	1.4 10 ⁻⁵	0.0000
Humiditydepth	-0.0370	1.1 10 ⁻⁷	0.1466
Total richness of plants	-0.0367	0.2959	0.0306
Total cover of plants	0.1031	0.0176	0.0420
Richness of preferred plants	-0.0251	0.2545	0.0008

Dans la région de Djanet, il y avait une faible portée des altitudes comprises entre 1000 et 1080 m, qui nous a conduit à supprimer ce paramètre à partir de l'analyse. Le test GLM menées sur d'autres variables environnementaux a montré un effet significatif et négatif de la couverture végétale totale, mais positive pour la richesse totale des plantes (tableau 10). Contrairement aux autres régions, ni la profondeur de l'humidité, ni la couverture végétale préférée (ou richesse) a un effet sur l'abondance des adultes. A propos de l'humidité, l'absence de résultats significatifs est due à la faible variabilité de la profondeur (environ 80% des échantillons égal à 20 cm).

Tableau 10: General linear model pour la région de Djanet (N = 70)

	Coeff.	p	R ²
Constant	0.0468	0.9553	0.0000
Humiditydepth	0.0186	0.5548	0.0012
Total richness of plants	0.2982	0.0275	0.0081
Total cover of plants	-0.3094	0.0164	0.0016
Cover of preferred plants	0.1787	0.1352	0.0131

3. Vue synthétique du cycle acridien et des migrations entre les trois régions du Sahara algérien

Il est important de caractériser les zones d'habitat des criquets solitaires pendant les périodes de rémission. Les quatre régions prospectées du Sahara Algérien peuvent être affectés à des régimes différents en fonction de la répartition saisonnière des précipitations. Les stations : Adrar et Bordj-Badji-Mokhtar appartiennent clairement et respectivement à un régime Méditerranéen et un climat tropical. Les précipitations sont limitées à l'automne et au début de l'hiver dans la région d'Adrar, alors qu'elles sont principalement observées pendant l'été dans la

Chapitre III : Impact des variations des exigences de paramètres environnementaux sur le comportement et la migration du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien.

région de BBMK. A Tamanrasset, les conditions climatiques présentent des caractéristiques intermédiaires entre les affinités tropicales et méditerranéennes, avec un pic des pluies en Juin et Septembre. Outre Djanet est la zone la plus aride, et le modèle des précipitations semble être proche du régime de Tamanrasset, au moins dans les années de prospection (Barry, 1981; Barry et Celles, 1972-1973). Bien que les criquets pèlerins ont été signalés entre 1997 et début des années 2000 dans cette dernière zone (Guendouz-Berrima, 2005), cette espèce a été considérée comme exceptionnelle entre 2007 et 2011.

Nos résultats au Sahara algérien mettent en évidence certaines exigences écologiques des populations solitaires dans chaque zone étudiée au cours de la période 2007-2011. Compte tenu de la possibilité des périodes et des situations géographiques des reproductions locales du criquet pèlerin, nous vous proposons quelques idées sur les itinéraires possibles de sa dispersion à travers le Sahara. Les préférences écologiques dans chaque zone ont été déduites à partir des analyses de corrélation à l'aide de 466 échantillons. Si l'on considère les dates de présence des adultes et les périodes de pluie dans chaque région, la situation la plus claire est satisfaisante se situe à Bordj-Badji-Mokhtar, en Juillet et Octobre. Dans cette région, l'altitude est d'environ 500 m et le facteur principal expliquant la présence de criquets est l'humidité. Le deuxième facteur est la couverture totale des plantes, quelques soient les espèces préférées. Nous interprétons le rôle de la couverture végétale en tant que protection contre la sécheresse extrême des habitats et de perchoirs pour la mue: la reproduction est limitée mais efficace étant donné les quelques stades larvaires ont été enregistrés en Octobre, comme cela a été indiqué précédemment par Guendouz-Benrima et *al.* (2007). Nous proposons l'hypothèse qui affirme que les conditions sont si extrêmes que le niveau de préférence pour les espèces végétales en tant que source trophique est très faible. Dans la région de Djanet, les altitudes sont plus élevées, au-dessus de 1000 m A.S.L. Les adultes ont été enregistrés au printemps et à la fin de l'automne, une distribution qui rappelle l'influence d'un climat méditerranéen. Le pic des précipitations remarqué en Octobre est d'environ 2 mm pour ce mois-ci et ne peut pas tenir compte de la présence du criquet pèlerin. Cette considération est prise en charge par l'effet non significatif de l'humidité du sol sur la

Chapitre III : Impact des variations des exigences de paramètres environnementaux sur le comportement et la migration du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien.

densité acridienne. Comme les stations sont situées dans la montagne, nous pouvons supposer que les criquets profitent de l'humidité atmosphérique, mais des mesures précises font défaut. De plus, leur densité est positivement corrélée avec la richesse totale des plantes, mais pas avec la richesse des espèces préférées. Ceci suggère que ces populations sont en transit entre des conditions plus appropriées. Guendouz-Benrima et *al.* (2007) ont exprimé la même conclusion, mais avec d'autres méthodes, comme ils ont comparé les chronologies des plantes et celle des criquets pèlerins. Nous n'avons observé ni larves ni trace de ponte, ce qui indique que les populations d'adultes trouvés ici résultaient tous de vols de migration.

Dans la région d'Adrar, nos observations étaient limitées à mai suivant les alertes envoyées par les prospecteurs du DLAA sur l'activité de populations acridiennes. Dans la première quinzaine de ce mois-ci, nous avons rencontré de nombreux stades dans le même temps que les adultes, ce qui prouve une reproduction locale des espèces favorisées par les pluies qui se produisent de Mars à Mai dans cette région. Ce point de vue est confirmé par l'influence notable de l'humidité du sol sur la densité acridienne. Dans ce cas, la richesse totale de la plante n'a pas d'effet sur la densité acridienne, en contraste avec la richesse des plantes préférées. Cette dernière constatation appuie l'idée d'une auto-renouvellement local majeur des populations. L'effet négatif de la couverture végétale sur la densité des adultes indique que les criquets pèlerins se tiennent sur leurs plantes préférées pour trouver une ressource trophique, et ne pas seulement rechercher une protection contre la chaleur. À la fin du mois de mai, les populations vivant dans des habitats naturels ont tendance à se déplacer vers des pivots irrigués par les agriculteurs pour la production céréalière. Dans ces zones anthropisés, certains stades larvaires peuvent être rencontrés, mais à un degré bien moindre que dans les milieux naturels. Les personnes de DLAA ont également signalé la présence du criquet pèlerin à l'automne dans les milieux naturels, mais à de très faibles densités. En résumé, les descripteurs écologiques des sites d'habitat des ailés varient en fonction de l'espace et le temps. Nous pouvons souligner l'opposition entre deux catégories d'habitats. En traversant les zones de montagnes, comme Djanet, les adultes restent inactifs pendant la fin de l'automne, mais profitent d'une relative fraîcheur et de l'humidité

Chapitre III : Impact des variations des exigences de paramètres environnementaux sur le comportement et la migration du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien.

atmosphérique. Dans ces conditions, le criquet pèlerin n'exprime pas des préférences pour tous les paramètres de la végétation et le sol. En revanche, dans les zones où les adultes peuvent s'accoupler et se reproduire, comme dans le Sahara central, la présence du criquet pèlerin est conditionnée par l'humidité du sol. Dans la région d'Adrar où les conditions sont plus appropriées que dans BBMK, les adultes sont sensibles aux plantes préférées, mais évitent la couverture relativement élevée de la plante, alors que dans BBMK, ils ne sont sensibles à la richesse totale des espèces végétales. L'analyse des associations végétales correspondantes est traitée dans le chapitre 4. Comme le montre Guendouz-Benrima et *al.*, (2006), il y a des événements de dispersion des populations acridiennes au cours de la saison. Selon les années, les adultes vivant dans BBMK de Juillet à Octobre montrent une activité d'accouplement modérée, donnant lieu à des stades larvaires observés en Octobre, et probablement les adultes de Janvier, comme le mentionnait Guendouz-Benrima et *al.* (2007). Une fraction de ces adultes pourrait se déplacer à la fin de l'automne et atteindre les conditions fraîches de montagne près de Djanet. Cet événement de dispersion sur environ 850 km pourrait prendre au moins 3 nuits pour que les adultes puissent se déplacer par 100 à 400 Km en une nuit (Symmons et Cressman, 2001). Des expériences de marquage-recapture (Waloff, 1963) devraient être entreprises pour tester cette hypothèse. Dans BBMK, la faible densité des adultes en Janvier pourrait être expliquée par la deuxième génération produite localement.

En Janvier, ces adultes pourraient migrer à nouveau au printemps pour atteindre Djanet, et plus tard Adrar à la fin du mois d'Avril en parcourant 1000 Km. Dans le centre du Sahara, le cycle de reproduction conduit à une partie de la population qui reste et une autre qui migre vers le sud du Sahara, peut-être même dans la zone de BBMK pour profiter des pluies tropicales d'été. Bien que certains stades larvaires et des traces de ponte ont été rencontrés dans cette région, le taux de reproduction était insuffisant pour expliquer l'abondance relative des populations d'adultes locales. Comme Guendouz-Benrima et *al.*, (2007) ont fait valoir, et suivant le modèle général de C.O.P.R. (2001) et Magor (1995), ces populations résultent probablement du vol d'adultes migrants en provenance des localités situées vers le sud dans le Sahel

Chapitre III : Impact des variations des exigences de paramètres environnementaux sur le comportement et la migration du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien.

(principalement le Mali et le Niger). Un résumé provisoire de ces mouvements est donné à la figure 15.

En résumé, les populations d'été à BBMK au sud du Sahara peuvent résulter d'un mélange entre les différentes sources: par une reproduction locale et des adultes migrants du Sahara centrale et du Sahel. En parallèle, les populations du printemps à Adrar au Sahara central ont plusieurs origines, y compris la reproduction locale et peut-être une migrations des montagnes situées dans la partie sud-est de l'Algérie. Il est peu probable que les populations sahariennes d'Algérie ou du Sahel au sud contribuent beaucoup à enrichir les populations d'Adrar.

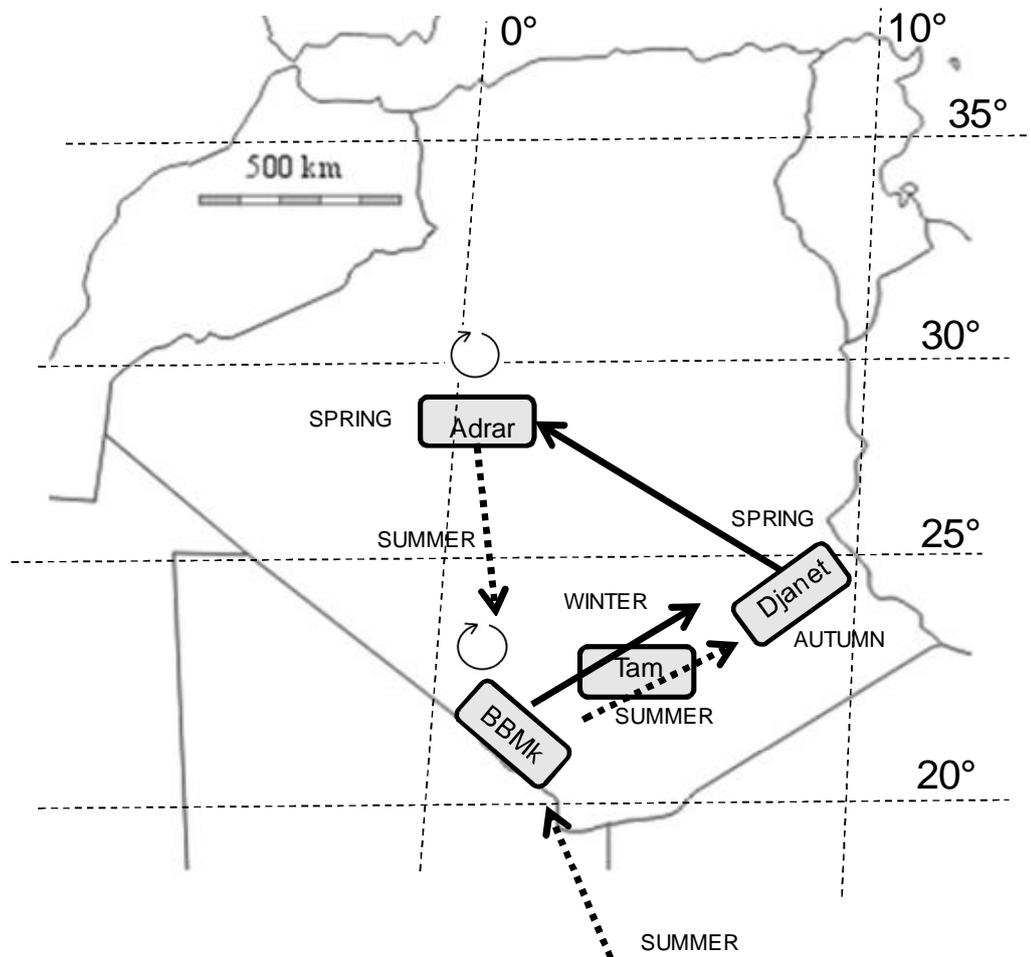


Figure 15 : Vue synthétique du cycle acridien et des migrations entre les trois régions du Sahara algérien. Les flèches pleines correspondent aux migrations d'hiver et de printemps, et les flèches pointues aux migrations d'été. Les flèches courbées indiquent les événements de reproduction locaux.

Chapitre IV

Les communautés végétales et
l'abondance du criquet pèlerin solitaire
dans le Sahara algérien,
compare aux autres pays africains

Chapitre IV : Les communautés végétales et l'abondance du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien, compare aux autres pays africains

Chapitre IV : Les communautés végétales et l'abondance du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien, compare aux autres pays africains

L'objectif de cette étude est la meilleure connaissance du criquet pèlerin au Sahara Algérien en mettant en évidence une comparaison avec d'autres pays et ce par l'analyse de l'interdépendance entre les descripteurs de la végétation, les alliances phytosociologiques, les caractéristiques phytogéographiques et la densité des populations solitaires de *S. gregaria*. Un résumé des sites explorés au cours de la période d'échantillonnage est répertorié dans le tableau synthétique 11. Les paquets des relevés réalisés dans les quatre régions d'étude sont projetés dans la figure 16.

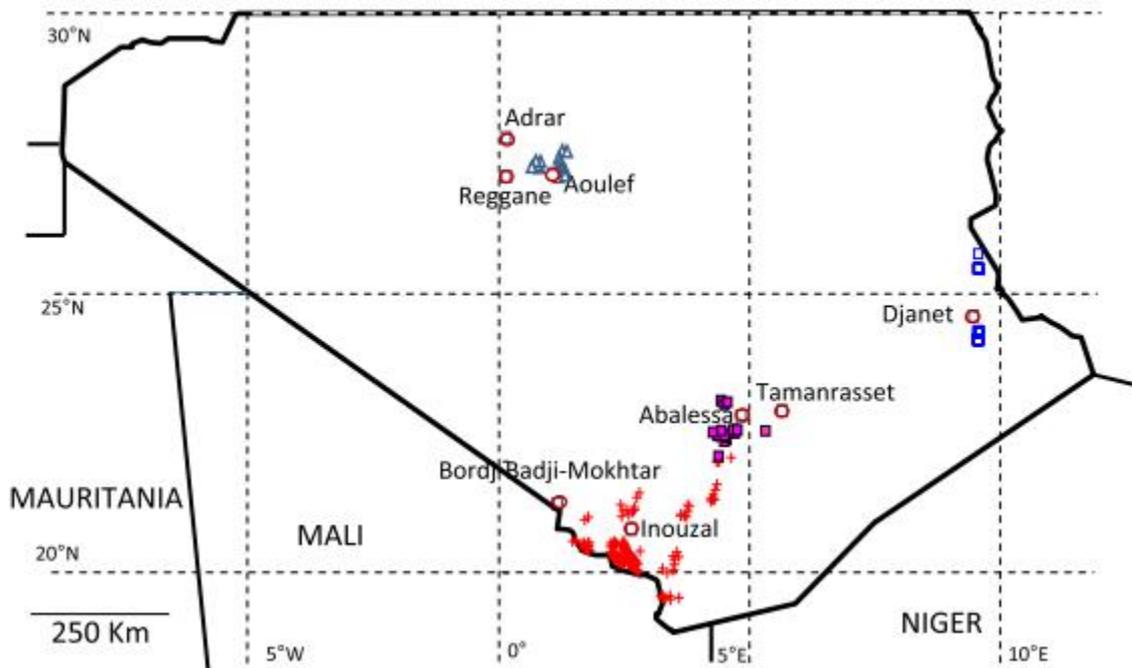


Figure 16: Localisation des 466 relevés dans les quatre régions du Sahara (larges triangles autour d'Adrar, croix autour de BBMk, carrés roses autour de Tamanrasset et larges carrés autour de Djanet). Les cercles sont les villes

Tableau synthétique 11. Caractéristiques des différents assemblages au Sahara algérien pour des données en pourcentages et en densités de *S. gregaria*, les valeurs les plus élevées étaient en caractères blancs sur un fond sombre.

	BBK-C	BBK-D	BBK-E	Dja-A	Adr-C	Adr-A	Adr-B	Tam-1	BBK-B	BBK-A	Dja-B	Dja-D	Dja-C	Tam-2	Tam-3	Tam/BBK
Decim. date	7.3	10.6	10.2	4.3	5.6	5.7	5.7	3.3	10.5	9.5	3.4	8.3	4.2	3.9	7.9	6.6
Humiditydepth (cm)	27.1	19.3	18.5	20.0	18.0	20.0	19.6	20.0	24.9	22.3	23.9	22.3	22.3	20.1	19.7	19.5
Altitude (m)	500	500	500	1073	797	585	338	703	500	542	1037	1042	1030	719	627	652
Plant richness	29	41	45	39	15	10	15	8	40	37	12	19	16	12	15	23
Plant individuals	496	606	636	1453	211	337	371	183	500	353	306	424	276	124	131	98
Simpson 1-D	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
Shannon H'	3.0	3.5	3.6	3.4	2.3	2.1	2.5	1.8	3.4	3.4	2.2	2.6	2.5	1.9	2.1	2.3
Acacio-Panicion %	37.6	39.9	55.0	26.9	12.0	11.0	38.1	49.3	46.1	43.7	6.8	18.2	6.8	42.4	6.7	31.3
Antirhino-Pituranthion %	1.4	4.6	1.1	4.1	5.1	14.5	11.2	0.0	1.0	1.4	23.0	0.0	10.1	0.0	2.4	14.9
Aervo-Fagonion %	11.0	10.7	15.9	10.9	59.0	41.1	22.2	17.3	16.4	13.3	8.6	0.0	8.3	0.0	23.5	26.1
Anvilleo-Zillion %	0.0	0.0	0.0	16.1	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0
Aristidionpungentis %	8.9	4.4	4.4	7.8	0.0	0.0	0.0	0.3	12.2	10.4	15.8	19.9	16.1	0.0	0.0	0.0
Acacio-Aristidion-mutab. %	0.0	11.9	5.4	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2
Crops and post-cult. veget %	9.3	7.4	8.9	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	4.4	36.9	24.0	11.1	15.3	53.6	4.2
Saline-gypsum soils %	0.4	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	5.0	26.2	1.0	8.1	0.0	0.0	0.0	9.3	3.0	0.0
Mediterranean %	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.1	27.4	15.6	0.0	0.0	0.0
Medit-Sindian %	2.5	5.3	4.7	23.3	8.1	0.0	0.2	0.0	2.2	15.9	23.0	6.4	8.1	0.0	5.4	37.3
Saharo-Sindian %	33.4	27.3	25.1	33.5	53.3	47.5	55.7	11.6	37.9	30.2	19.9	8.9	29.8	28.7	19.5	26.1
Saharo-Sahelian %	4.4	14.2	6.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	2.3	0.0	15.2	13.3	0.0	0.0	1.6
Sindo-Angolan %	15.3	29.1	31.6	18.3	22.0	11.0	27.0	55.2	31.3	20.9	15.8	19.4	11.5	0.0	2.5	14.4
Sudano-Angolan %	3.3	2.3	6.7	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	7.3	0.0	9.7	0.0	16.0	0.0	3.6
Multiregional %	1.7	4.2	8.3	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	4.2	22.8	5.1	0.7	2.1	20.3	4.2
Preferred plant abundance	18.6	66.6		86.0	60.4	45.6	28.7	31.6	68.1	31.6	0.0	6.5	6.5	0.4	25.6	0.0
Preferred plants richness	1	5	5	3	2	1	1	1	4	3	0	1	1	1	2	0
<i>S. gregaria</i>abundance	0.1	0.8	0.5	1.0	1.0	4.0	6.2	0.0	0.2	0.4	0.8	0.8	1.2	0.6	0.1	0.3

1. Clustering des relevés et des espèces végétales

L'ensemble de données de 466 relevés et de 88 espèces végétales a été regroupé en utilisant la méthode de Ward. Le niveau de troncature a été choisi pour éviter la partition des relevés pris sur la même zone, et la multiplication des assemblages, conduisant à la délimitation de 16 assemblages (Figure 17a).

La plupart des assemblages contiennent une majorité de relevés appartenant à une région donnée du Sahara. La région de Djanet comprend quatre assemblages purs, c'est-à-dire composés de relevés provenant de la seule région de Djanet. Pour chacune des régions BBMK et Adrar, il n'y a qu'un seul assemblage contenant principalement des relevés provenant de sa propre région: BBMK-A et Adr-C avec respectivement 92% et 86%. Par contre, Tamanrasset ne contient aucun assemblage pur et Tam / BBMK est composé majoritairement de relevés Tamanrasset et BBMK, mais aussi de Djanet. Si l'on considère le niveau de troncature dessiné sur la figure 17, les 16 assemblages sont organisés en quatre groupes de trois à cinq assemblages.

En utilisant JUICE 7.0.102, la composition de chaque assemblage en termes de fidélité pourrait être définie (Tableau synthétique 4). Les espèces végétales ont été classées en fonction du système phytosociologique retenu par Barry et ses collaborateurs.

Toutes les espèces sauf 17 étaient associées à un rang du système, y compris les classes et les alliances. Les alliances les plus représentées sont Acacio-Panicion (lisière sableuse et caillouteuse de l'oued saharien) et Aervo-Fagonion (reg, steppe pierreuse) avec respectivement 26 et 12 espèces et partagent une distribution sino-angolaise.

Nous avons ensuite testé si le regroupement d'espèces végétales basé sur les 16 assemblages et la méthode de Ward correspondait au système phytosociologique précédent. Quelle que soit la troncature choisie, nous n'avons trouvé aucune solution satisfaisante permettant de délimiter des groupes homogènes par leurs alliances.

Chapitre IV : Les communautés végétales et l'abondance du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien, compare aux autres pays africains

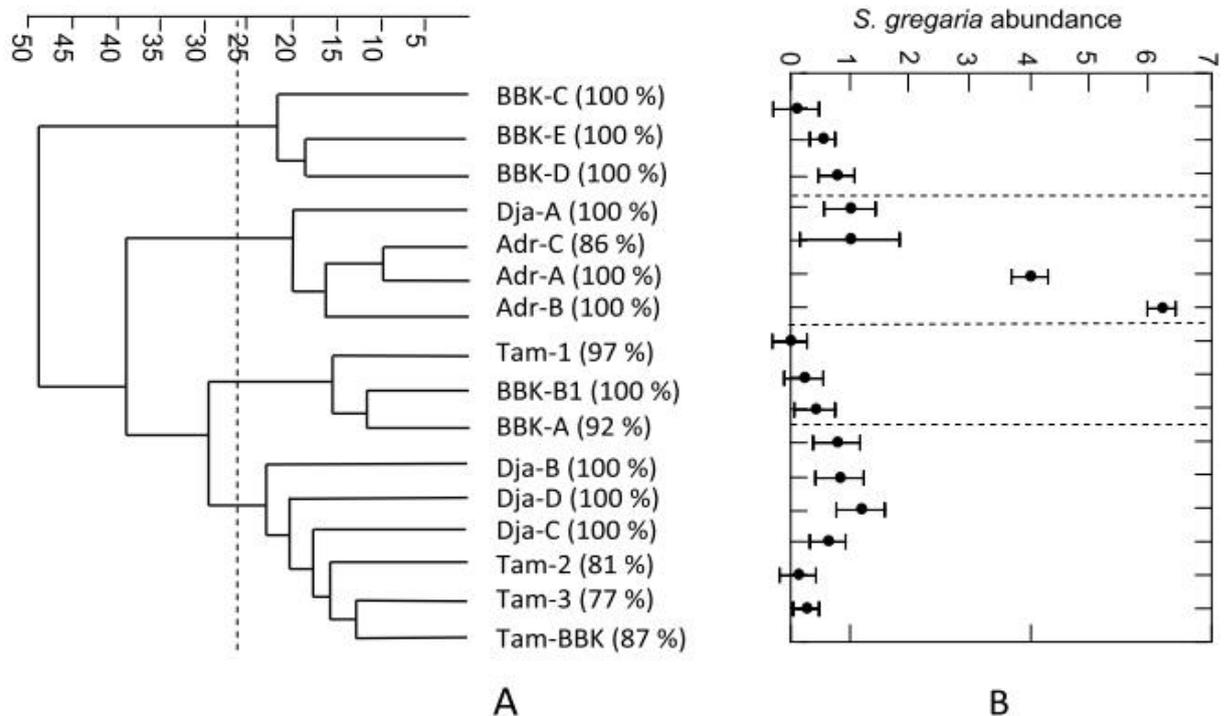


Figure 17: Vue synthétique des 16 assemblages obtenus à partir du cluster global construit avec les listes de plantes enregistrées dans les 466 relevés, en utilisant la méthode de Ward. Les noms d'assemblages sont les mêmes que dans la synthèse de table 4. A. La ligne de troncature définit quatre groupes d'assemblages. Les pourcentages de relevés appartenant à la région correspondante sont indiqués entre parenthèses. Par exemple, pour Adr-C, 86% des 15 relevés ont été enregistrés dans la région d'Adrar, le reste dans d'autres régions du Sahara. B. Variations (moyennes et erreurs types) des densités de Criquet pèlerin (par 100 m²) en fonction des 16 assemblages.

À la suite de la troncature choisie dans la figure 18, la répartition des espèces en neuf groupes est confuse à la première vue. Mais un examen plus attentif des éléments d'Acacio-Panicion révèle qu'il existe une première série de sept espèces (Groupe 7) associées à trois espèces d'Aristidion pungentis, une deuxième série de cinq espèces associées, entre autres, à trois espèces d'Acacio-Panicion. Aristidion mutabilae (sous-groupe 9A), et une troisième des quatre espèces alliées à deux espèces d'Aervo-Fagonion (sous-groupe 9B).

A noter, deux des trois espèces d'Anvilleo-zillion recensées appartiennent au groupe 1, associées entre autres à 2 espèces d'Acacio-Panicion. Les quatre espèces d'Antirrhino-Pituranthion sont réparties en trois groupes différents. Au sein d'Aervo-Fagonion, les espèces sont principalement réparties dans le groupe 4 avec trois

Chapitre IV : Les communautés végétales et l'abondance du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien, compare aux autres pays africains

espèces, et dans les groupes 8 et 9B avec 2 espèces comme mentionné précédemment.

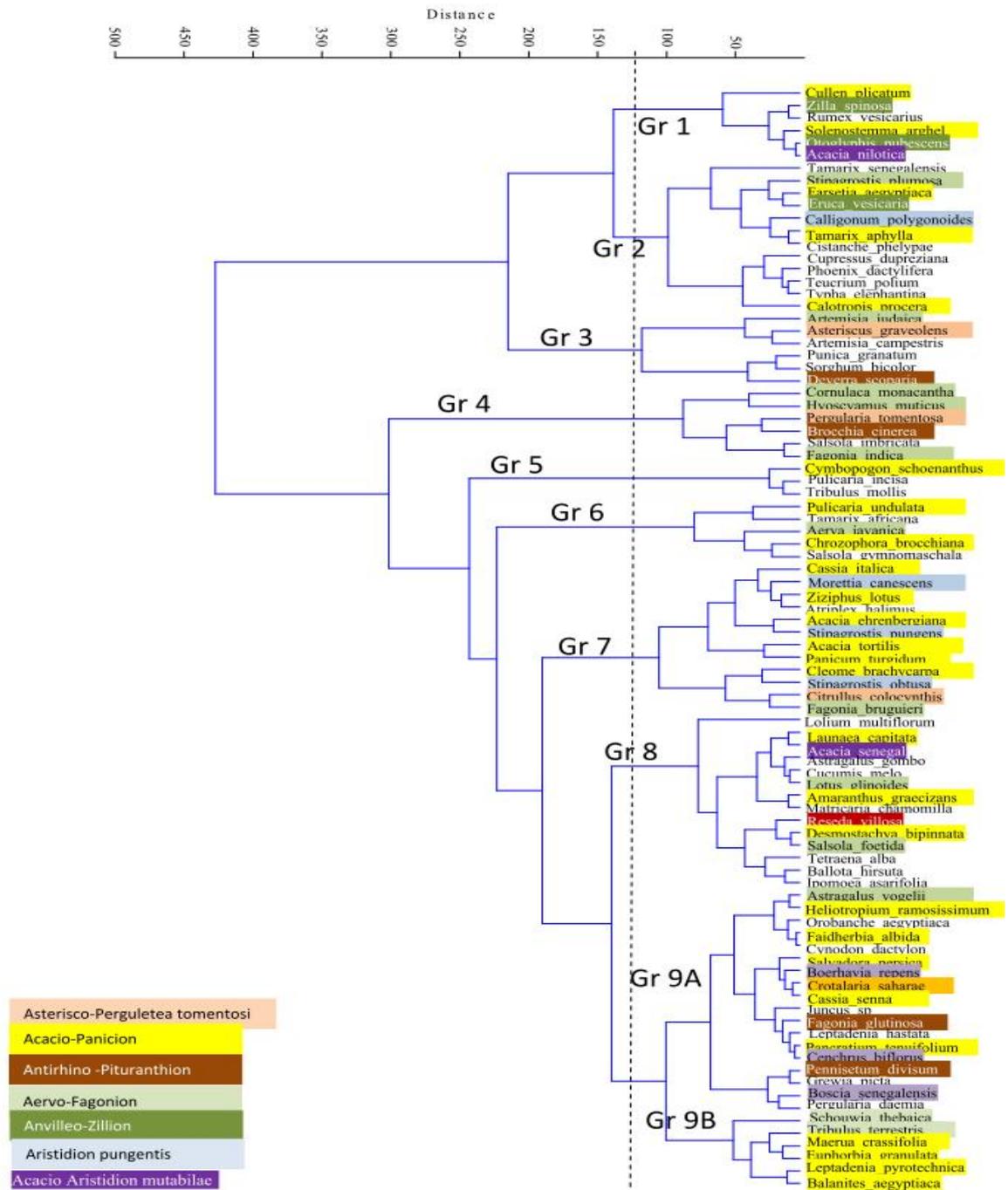


Figure 18: Classification hiérarchique des 88 espèces de plantes selon la méthode du tableau synthétique 4 et de Ward. La ligne de troncature délimite 9 groupes. L'attribution des espèces de plantes aux différentes classes et alliances est indiquée par un code de couleur.

2. Variation de l'abondance des criquets pèlerins

Nous avons d'abord testé s'il y avait une différence significative pour le criquet pèlerin entre les 16 groupes de végétation. Comme le montre la figure 17b, l'ANOVA confirme que les densités plus élevées dans deux assemblages du second groupe, correspondant à Adr-A et Adr-B ($F_{15, 450} = 41,47$, $p < 0,001$). Il convient de noter que BBMK-D, BBMK-A et Dja-C présentent les valeurs les plus élevées dans le groupe 1, 3 et 4 respectivement, mais nettement moins que dans le groupe 2. Pour comprendre les causes sous-jacentes de ces différences, d'abord nous avons effectué un Cluster analysis en utilisant le rho de Spearman basé sur le tableau synthétique 12 (16 assemblages x 25 descripteurs).

En ce qui concerne l'abondance des criquets pèlerins (figure 19), deux descripteurs positivement liés (Antirhino-Pithuranthion scopariae % et Saharo-Sindian %), supporté par une analyse de corrélation au seuil de $p = 0,065$. Il révèle également que les sols Saline Gypsum % sont négativement et significativement liés à ce dernier paramètre.

Au sein de chaque groupe d'assemblage, nous avons considéré tous les relevés inclus pour rechercher des liens existant entre l'abondance du Criquet pèlerin et les paramètres environnementaux. Nous n'avons pas pu prendre en compte les pourcentages d'alliances ou des types de distribution car ces paramètres étaient associés aux assemblages eux-mêmes.

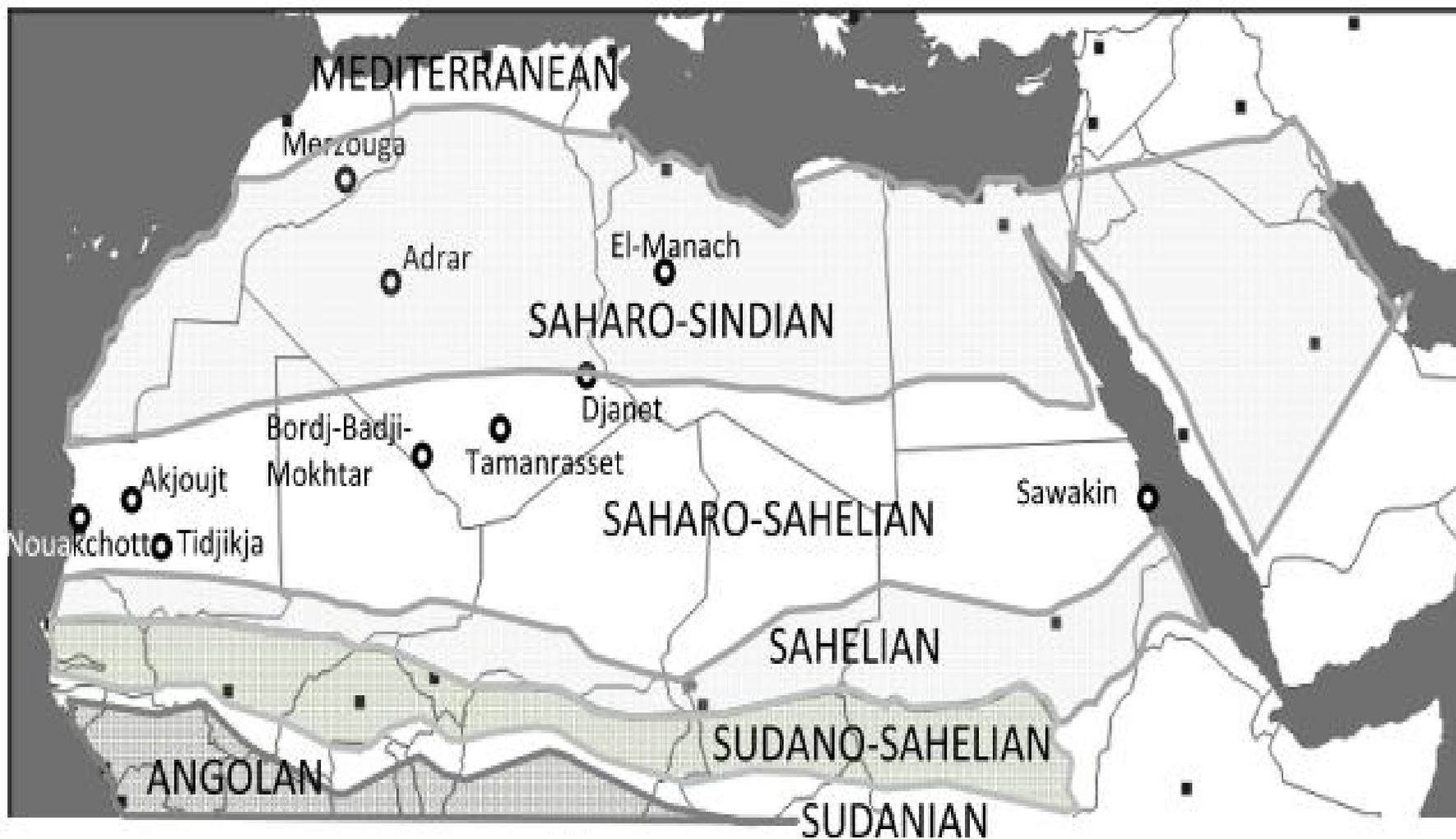


Figure 20 : Localisation des sites d'étude de l'Algérie et de la bibliographie. Les limites dans les zones biogéographiques (lettres majuscules) sont extraites de FAO / (2004).

Chapitre IV : Les communautés végétales et l'abondance du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien, compare aux autres pays africains

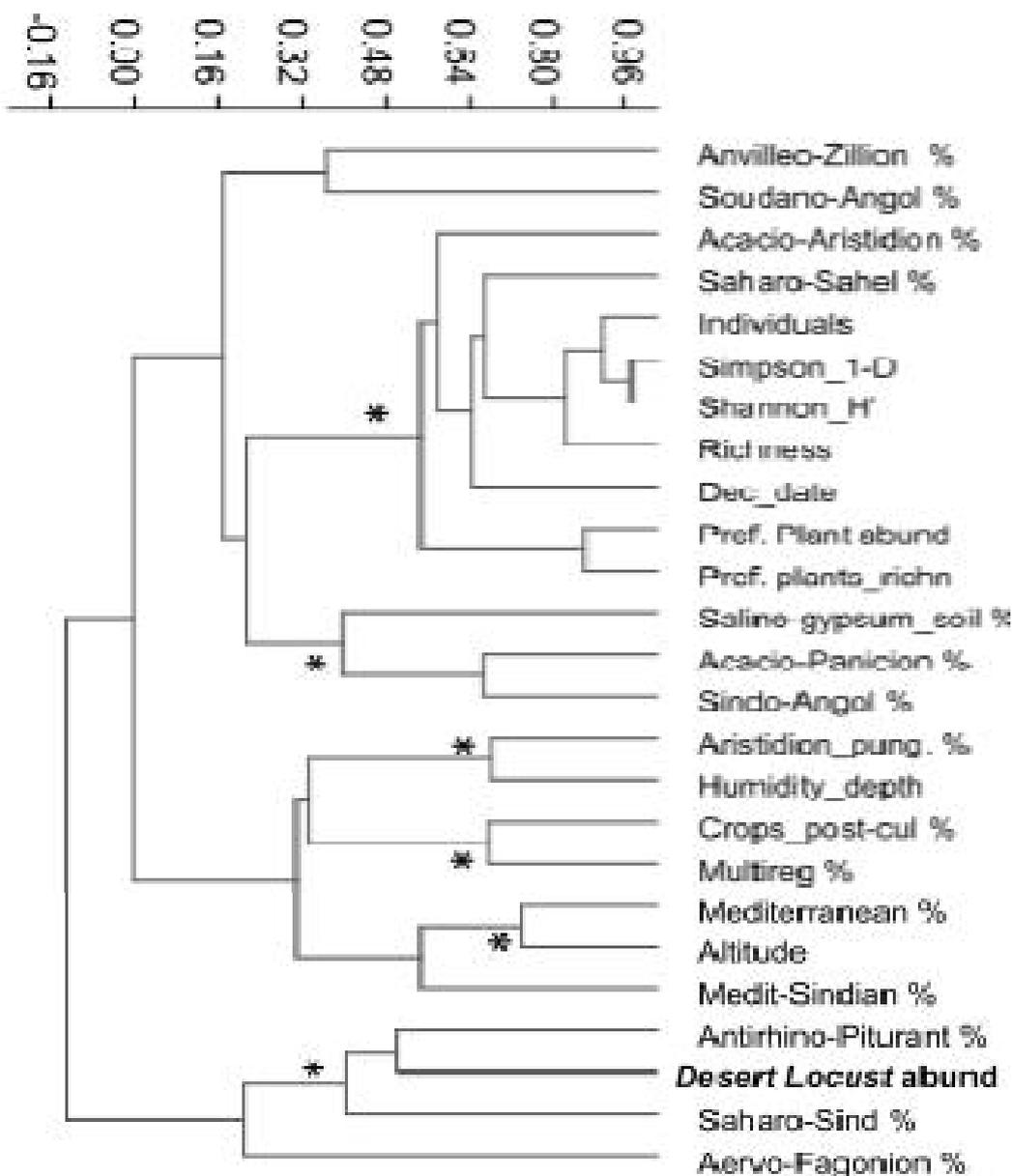


Figure 19: Distance arbre (rho de Spearman) entre les caractéristiques environnementales et l'abondance du Criquet pèlerin (à partir des 16 groupes tableau synthétique 11). Les astérisques établissent des corrélations significatives ($p < 0,065$).

En utilisant un coefficient de Pearson, les résultats du tableau 12 montrent que la profondeur d'humidité était négativement corrélée à l'abondance des criquets pèlerins dans les groupes 1, 2 et 3. L'altitude était également associée négativement à l'abondance des criquets pèlerins, liés à la couverture totale des plantes préférées dans les groupes 1, 2 et 4 et à la

Chapitre IV : Les communautés végétales et l'abondance du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien, compare aux autres pays africains

couverture totale des plantes (individus végétaux), à l'indice de Shannon de la diversité, à la richesse végétale et au coefficient de dominance (Simpson 1 - D) dans le groupe 4.

Tableau 12: Les facteurs significativement liés à l'abondance du Criquet pèlerin dans chacun des quatre groupes d'assemblages. Pour chaque facteur, les coefficients de Pearson et les niveaux de signification sont indiqués.

Group 1 (N = 112) BBK-C, BBK-D, BBK-E	Group 2 (N = 99) Adr-A, Adr-B, Adr-C, Dja-A)	Group 3 (N = 82) BBK-A, BBK-B, Tam-1	Group 4 (N = 172) Dja-B, Dja-C, Dja-D, Tam-2, Tam-3, Tam/BBK
Pref. plants: 0.320 $p = 0.001$	Pref. plants: 0.199 $p = 0.048$	Humidity: - 0.23 $p = 0.037$	Pref. plants: 0.23 $p = 0.002$
Humidity: - 0.426 $p < 0.001$	Humidity: - 0.437 $p < 0.001$	Altitude: - 0.254 $p = 0.021$	Plant cover: 0.342 $p < 0.001$
	Altitude: - 0.522 $p < 0.001$	Dec. date: 0.246 $p = 0.026$	Simpson 1 - D: 0.259 $p = 0.001$
			Shannon: 0.321 $p < 0.001$
			Plant richness: 0.36 $p < 0.001$

3. Comparaison avec d'autres études de terrain en Afrique

Pour avoir une vision plus large des affinités du Criquet pèlerin vis-à-vis de son environnement, nous avons pris en compte les travaux de Guichard (1955), Culmsee (2002), Babah & Sword (2004), Bouaichi et al. (1996), Van Huis et al. (2008), et Woldewahid et al. (2004). En ce qui concerne les relevés du présent travail, nous avons sélectionné dans chacun des quatre groupes d'assemblages algériens ceux qui hébergent les densités les plus élevées du Criquet pèlerin, les différentes localités sont indiquées dans la figure 20.

Tableau synthétique 13: Caractéristiques des localités africaines hébergeant *Schistocerca gregaria*.

	Van Huis et <i>al.</i> , 2008 Sawakin	Culmsee 2002 Nouakchott	Culmsee 2002 Akjoujd	Ould Baba and Sword, 2004 Tidjikja	Bouaichi et <i>al.</i> , 1996 Merzouga	Guichard, 1955 El Manach	This work Adrar (Adr-B)	This work Djanet (Dja-C)	This work BBMK (BBK-C)	This work BBMK (BBK-A)
Annualrainfall (mm)	84	94	70	128	59	8	43.16	33.38	22.1	22.1
Meantemperature °C	30	29.7	28.6	27.9	21.7	23.1	25.7	23.86	26.7	26.7
Altitude (m)	4	8	118	396	697	377	338	1030	500	542
Minima mean of coldest month (°C)	19.5	13.7	15.4	13.1	3.5	5	5.6	5.9	8.22	8.22
Maxima mean of hottest month (°C)	41.8	34.9	41.6	40.9	43.2	40.2	45.9	37.9	43.5	43.5
Acacio-Panicion in %	58.33	53.1	55.9	44.44	38.5	15.8	38.1	6.8	37.6	43.7
Aervo-Fagonion in %	33.33	15.6	14.7	22.22	62	31.6	22.2	8.31	11	13.4
Antirrhino-Pituranthion in %	0	0	0	0	0	10.5	11.2	10.1	1.4	1.4
Anvilleo-Zillion in %	0	0	0	0	0	10.5	0	0	0	0.9
Calligono-Aristidionpungentis in %	0	6.3	0	11.11	15.4	10.5	0	16.1	8.9	10.4
Acacio-Aristidion in %	8.3	25	29.4	22.2	0	5.3	0	0	0	2.3
Arthrophtionscopariae in %	0	0	0	0	0	15.8	0	0	0	0
Mediterranean in %	0	0	0	0	0	0	0	15.6	0	0
Mediterraneo-Saharo-Sindian in %	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.6	0.24	8.1	2.5	15.9
Saharo-Sindian in %	16.7	12.5	23.5	22.2	46.2	31.6	55.7	29.8	33.4	30.2
Sindo-Angolan in %	33.3	34.4	29.4	44.4	53.8	21.1	26.9	0	15.3	20.9
Sudano-Angolan in %	8.3	12.5	14.7	0.0	0.0	0.0	0	0	3.3	7.3
Saharo-Sahelian in %	33.3	28.1	14.7	22.2	0.0	15.8	0	13.3	4.4	2.3
Sahelo-Sudanian in %	8.3	12.5	17.6	11.1	0.0	0.0	0	0	0	0

Chapitre IV : Les communautés végétales et l'abondance du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien, compare aux autres pays africains

D'après les calculs de Spearman rho, les Mauritanien et les Soudanais d'une part, et les localités marocaine et algériennes (Adrar et BBMK) d'autre part, sont fortement corrélés ($p < 0,01$), même après la correction de Bonferroni (figure 22).

En revanche, les assemblages d'El-Manach (Libye) et de Dja-C sont vaguement reliés ($p < 0,05$ non corrigé). Les principaux facteurs expliquant la position des localités mauritaniennes et soudanaises reposent sur des températures moyennes plus élevées, des altitudes plus basses, des listes de plantes avec des proportions élevées d'affinité sahélo-soudanienne et saharo-sahélienne et appartenant à l'alliance Acacio-Aristidion mutabilae.

Sur la partie gauche de la projection, les localités d'Adrar et Merzouga sont étroitement liées en raison des maxima élevées du mois le plus chaud. Les proportions relativement élevées d'espèces végétales appartiennent à l'alliance Aervo-Fagonion, avec des distributions Saharo-Sindian et Saharo-Angolan. Les localités de Djanet et El Manach sont situées dans le coin supérieur gauche de la projection, reflétant une proportion plus élevée d'espèces à distribution méditerranéenne et méditerranéenne-saharo-sindienne.

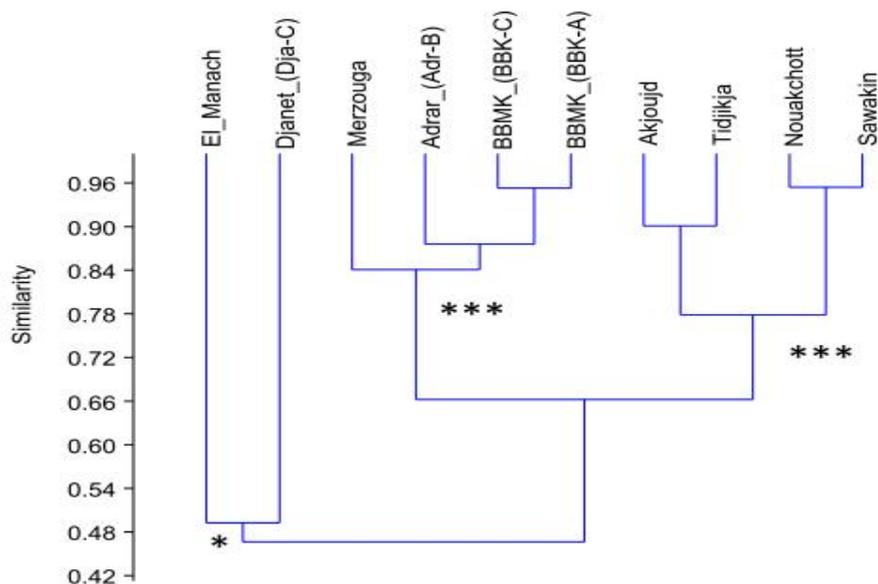


Figure 22: Classification hiérarchique entre les localités africaines hébergeant le criquet pèlerin basé sur le tableau synthétique 11 S3 et le rho de Spearman. Les significations ont été calculées à partir du tableau de corrélation rho. ***: $p < 0,1\%$; *: $p < 5\%$. Abréviations: Dja-C, Adr-B, BBK-A et BBK-C sont les assemblages du présent travail avec les plus fortes densités de Criquet pèlerin.

4. Discussion

Il est important de caractériser les zones d'habitat du criquet pèlerin solitaire pendant les périodes de rémission. Notre but était d'abord de comparer les variations des densités des Locust à la phase solitaire avec une approche d'assemblage. Cette méthode consiste à (I) définir les assemblages végétaux, (II) analyser la relation entre ces derniers et celle des densités acridiennes, et (III) caractériser aussi précisément que possible les paramètres environnementaux liés à la densité acridienne. Premièrement, nous nous sommes concentrés sur nos assemblages mis en évidence en Algérie, deuxièmement, ces assemblages devront être comparés à d'autres stations de l'Afrique sahélienne-tropicale où le Criquet pèlerin est présent.

5. Le système phytosociologique au Sahara

Nos analyses ne sont pas en accord avec le système adopté par Quezel (1965), Barry & Celles (1972, 1973), Barry et al. (1976, 1981, 1985, 1987, 1988). Ceci est particulièrement vrai pour les alliances Acacio-Panicion (bords d'oued sur sable grossier) et Aervo-Fagonion (regs). Le cas de l'*Aristidion pungentis* dans le sable fin est moins problématique, car la plupart des espèces caractéristiques sont bien contenues dans un seul groupe. Des auteurs récents (Shulz et al., 2009) ont reconnu des groupements de sable grossier (*Acacia tortilis* sous-espèce *raddiana* et *Panicum turgidum*) et de sable fin (*Calligonum polygonoides* et *Stipagrostis pungens*), mais n'ont pas mentionné explicitement les listes de plantes associées.

L'origine de ces difficultés repose sur notre choix d'échantillonnage, pas nécessairement axé sur la végétation se développant strictement sur sable fin, sable grossier ou sur reg, c'est-à-dire un substrat séparant les principales alliances au Sahara. L'écart entre le système de Barry et ses collaborateurs et nos résultats pourrait également provenir de l'évolution des conditions du sol au fil du temps, car une surface pierreuse peut être recouverte d'une fine couche de sable qui peut être emportée par le vent. Comme notre objectif n'était pas la construction d'une nouvelle synthèse dans le système phytosociologique du Sahara, nous trouvons donc raisonnable de conserver le système de Barry et ses collaborateurs, étant donné que

Chapitre IV : Les communautés végétales et l'abondance du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien, compare aux autres pays africains

leur base de données prend en compte des milliers de relevés, et plusieurs pays du Sahara (pas seulement l'Algérie).

6. Habitats du Criquet pèlerin dans le Sahara algérien

Dans la période de rémission considérée, le Criquet pèlerin s'installe principalement sur les bords de l'oued. Cette steppe désertique présente des variations qualitatives selon les contextes pédologiques, bioclimatiques et biogéographiques. Au niveau de la station, les bords de l'oued et les dépressions fournissent de l'humidité selon le contexte géomorphologique. Il y a une double influence des conditions endoréiques, c'est-à-dire le résultat des précipitations sur des surfaces plus ou moins planes et des aquifères peu profonds. Cependant, cette rétention d'humidité n'est pas fixée à temps car le sol est un mélange variable de grains de différentes tailles que l'abrasion du vent remodèle constamment.

En revanche, cet insecte est moins attiré par les conditions de l'Aervo-Fagonion, c'est-à-dire la végétation sur la steppe pierreuse, ou reg. Cette formation végétale est moins riche que la précédente en termes de couvert végétal et la richesse en espèces en raison de ses faibles réserves en eau. Quant à la végétation qui pousse sur les dunes ou les brins de sable (erg) (*Aristidion-pungentis* alliance), elle est rarement considérée comme un environnement hôte pour le Criquet pèlerin en raison de l'extrême rareté de sa flore.

Comme le montrent nos résultats, il existe deux alliances développées sur les bords de l'oued qui diffèrent par la distribution des espèces végétales et par les paramètres climatologiques: *Acacio-Panicion* et *Antirrhino-Pituranthion scopariae* ont respectivement des affinités sino-angolaises et méditerranéennes-saharo-sindiennes. D'après Barry et *al.* (1987), l'alliance *Acacio-Panicion* est présente lorsque la pluviométrie annuelle moyenne est inférieure à 30 mm, alors que l'alliance *Antirrhino-Pituranthion scopariae* se retrouve dans des zones moins arides, dans une pluviométrie annuelle moyenne de 30-50 mm. Comme le montrent les populations transitoires et les densités les plus élevées, les biotopes préférés par le Criquet pèlerin dans le Sahara algérien sont situés dans la région d'Adrar, en association avec des espèces végétales appartenant à *Antirrhino-Pituranthion*.

Chapitre IV : Les communautés végétales et l'abondance du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien, compare aux autres pays africains

À une échelle plus étroite dans les assemblages du groupe 2, y compris Adrar, il semble que l'abondance de ces insectes augmente avec la couverture des plantes préférées et l'humidité, mais diminue avec l'altitude. Les conditions les plus favorables sont atteintes au printemps sous l'influence du régime pluviométrique méditerranéen. En conclusion, ces résultats indiquent que dans la région d'Adrar, le Criquet pèlerin peut trouver des biotopes de reproduction.

En revanche, le criquet pèlerin était rare dans les assemblages du groupe 3 (BBMk-A et B, Tam-1), qui constituaient près de 50% des plantes appartenant à Acacio-Panicion, avec une forte proportion de distribution sino-angolaise. La densité de cet insecte était très faible, indépendante du couvert végétal préféré, mais augmentait avec l'humidité et la basse altitude. La densité a été réduite à zéro dans le cas de l'assemblage de Tam-1, où les plantes associées aux sols salins ou gypseux atteignent environ un quart de la couverture végétale totale (voir aussi Duranton et Lecoq 1990). Selon ces derniers auteurs, les conditions du groupe 3 ne représentent que des biotopes de survie.

Dans les assemblages du Groupe 1 à BBMk, enregistrés en été et en automne, la situation du Criquet pèlerin était légèrement meilleure, car il pouvait tirer parti de l'humidité et préférer l'abondance des plantes. Ici encore, l'Acacio Panicion était l'alliance la mieux représentée, mais dans une moindre mesure que dans le groupe 3. Ici, la qualité de ces biotopes est intermédiaire entre ceux des groupes 2 et 3, car peu d'individus pourraient être trouvés en octobre à la fin de la période des pluies.

Dans les assemblages du Groupe 4, principalement décrits à Djanet et à Tamanrasset, la densité de Criquet pèlerin était faible mais très dépendante de la végétation. Elle a augmenté avec la couverture des plantes préférées, la couverture totale, avec la richesse totale et la diversité. Au total, nous avons observé des plantes associées aux cultures et à la végétation après la culture, ce qui a réduit l'importance d'Acacio-Panicion. A Djanet, nous avons également observé une présence notable de plantes liées au sable fin (*Aristidion pungentis*). Ces assemblages sont interprétés comme des biotopes de survie car aucun individu n'a été enregistré durant la période d'étude.

Chapitre IV : Les communautés végétales et l'abondance du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien, compare aux autres pays africains

En conclusion, le Criquet pèlerin est clairement lié aux lisières d'oued du Sahara algérien. Cette association peut s'expliquer par le fait que *Panicum turgidum*, bien que n'étant pas considéré comme l'espèce la plus significative, peut être consommé comme deuxième choix (Guendouz-Benrima et *al.*, 2010). Cette espèce peut également être utilisée comme perchoir pour la mue (Uvarov 1977). Bien que les plantes appartiennent principalement à Acacio-Panicion dans son ensemble, la densité des insectes augmente directement avec la proportion d'*Antirrhinum scopariae*, c'est-à-dire lorsque les précipitations annuelles sont supérieures à 30 mm. L'habitat du reg est moins adapté au criquet pèlerin, bien que l'alliance Aervo-Fagonion contienne six des huit espèces les plus consommées. Plusieurs combinaisons de conditions correspondent aux biotopes les moins favorables, permettant seulement la survie.

7. L'échelle africaine

La forte différenciation environnementale entre les stations tropicales (Mauritanie, Soudan) et sahariennes (Maroc, Libye et Algérie) correspond à une différence de probabilité de grégarité prédisposante pour le Criquet pèlerin.

Il est exceptionnel au Sahara, du moins dans la végétation spontanée, mais beaucoup plus fréquent dans les zones tropicales (Uvarov, 1977). En ce qui concerne les conditions climatiques, les stations tropicales présentent des températures moyennes annuelles supérieures ou égales à 27,5 ° C et des précipitations annuelles supérieures à 70 mm. Malgré ces contrastes, l'Acacio-Panicion et l'Aervo-Fagonion représentent au moins 65% de la flore totale (2/3 et 1/3 respectivement), si les espèces végétales associées aux cultures sont exclues, quelles que soient les stations considérées ici.

Les principales différences entre les stations sahélo-sahariennes et sahariennes concernent l'Acacio-Aristidion *mutabilae*, associée aux conditions sahéliennes. En termes de phytogéographie, il existe une prédominance significative de la flore saharo-sahélienne et sahélo-soudanienne dans les stations sahéliennes tropicales, mais de la flore saharo-sindienne et méditerranéenne-saharo-sindienne dans les stations sahariennes.

Chapitre IV : Les communautés végétales et l'abondance du criquet pèlerin solitaire dans le Sahara algérien, compare aux autres pays africains

En conclusion, la "méthode d'assemblage" développée ici rassemble de nouvelles données sur les exigences écologiques du Criquet pèlerin dans sa phase solitaire, par rapport à une approche plus directe, prenant en compte les paramètres stricts des populations des habitats, tels que richesse, couverture et humidité. La méthode d'assemblage facilite une vision plus globale des conditions écologiques. Il permet également de faire des comparaisons entre des localités très éloignées à l'échelle de l'Afrique, avec des différences de richesse exprimées en pourcentages de distribution phytogéographique et de types phyto-sociologiques. Ces paramètres peuvent être facilement corrélés avec les données climatiques physiques, avec l'avantage de jouer un rôle crucial dans la nutrition et l'abri des populations acridiennes.

Chapitre V

Etude de l'effet des extraits aqueux
sur le tube digestif des larves L5
du criquet pèlerin *S. gregaria*

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

Pour réaliser cette étude, nous avons récupéré 21 larves L5 de *S. gregaria*, qui ont été immédiatement isolées dès leur mue dans des boîtes de traitement sous les mêmes conditions (température et d'humidité) du dispositif d'élevage en masse au niveau du DLAA. Pour évaluer chaque extrait.

L'extraction des extraits aqueux a été réalisée par la méthode infusion qui consiste à maitre la plante dans de l'eau bouillante, et de la laisser infuser pendant 15 minutes (Abdessemed et *al.*, 2011)

Afin d'observer l'effet des six extraits sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*, nous avons adopté le protocole de MARTOJA et MARTOJA (1967), pour la réalisation de coupes histologiques, le teste s'est réalisé en trois répétitions en plus du témoin traité avec de l'eau distillée. Nous avons également utilisé dans ce paramètre le mode de traitement par ingestion, où les insectes sont alimentés avec du gazon traité séparément par extrait et par bloc. Pour chaque extrait, une dose de (S/8) a été utilisée comme sublétale avec une quantité de 20 ml pulvérisée par bloc.

1. Récupération et fixation des tubes digestifs

Les tubes digestifs des larves traitées ont été récupérés à partir du quatrième jour J4 après le traitement, chaque échantillon est récupéré dans du Bouin Aqueux (liquide fixateur), les piluliers sont ensuite étiquetés portant le numéro du bloc et le nom de l'extrait.

Les composants du Bouin Aqueux sont :

- Acide picrique30ml
- Formol à 40%10ml
- Acideacétique cristallisable2ml

Après 24 heures les échantillons sont mis dans de l'alcool 70° jusqu'au passage à la 2ème étape, qui consiste en la déshydratation.

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

2. Déshydratation des tubes digestifs

Afin d'éliminer toute la quantité d'eau, nous avons procédé à faire passer les échantillons dans des bains de l'alcool de concentration croissante (70°, 95°, 100°) pendant 30mn pour chaque passage, avec deux répétition bain. Les échantillons sont ensuite trempés dans les deux bains du butanol pendant 10 mn pour chacun.

3. Imprégnation et inclusion des tubes digestifs

Cette étape a pour but d'éliminer les traces d'alcool par le butanol qui est un solvant à la paraffine, et éviter la pénétration de la paraffine mélange homogène.

L'imprégnation des tubes digestifs se fait à chaud comme suit:

- Un bain homogène constitué de 50% paraffine, 50% butanol à 60°C pendant une heure.
- Deux bains avec du paraffine fondue à 60°C pendant heure pour chacun.

L'inclusion et la mise en blocs de l'ensemble ; tubes digestifs et paraffine est réalisée après le dernier bain du paraffine pure. Les blocs obtenus permettent une longue conservation des échantillons à une température ambiante.

4. Confection et coulage des coupes

D'après MARTOJA et MARTOJA (1967), il est recommandé de donner à la surface des coupes la forme d'un trapèze ou d'un rectangle. Les blocs préparés sont ensuite taillés au scalpel jusqu'à l'élimination de l'excès de paraffine qui entoure l'organe.

Les coupes sont réalisées grâce à un appareil ; le microtome (Américain optical corporation 820 SPENCER). L'épaisseur des coupes est de 7µm. Les rubans des coupes obtenus sont déposées sur des lames portant des étiquettes. Les lames sont placées sur une platine chauffante pour étaler les coupes. Le séchage des coupes s'effectue dans une étuve à 40°C, pendant au moins 24heures avant d'être colorées.

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

5. Déparaffinage, hydratation, coloration des coupes

La réalisation de ces techniques suit les étapes suivantes :

- Dépôt des lames sur une platine chauffante pour faire fondre la paraffine.
- Passage dans deux bains de 15mn dans du toluène
- Passage dans deux bains d'alcool absolu de 30mn
- Passage dans deux bains d'alcool 95° de 30mn
- Passage dans deux bains d'alcool 70° de 30mn
- Passage dans deux bains d'eau distillée de 5mn pour l'hydratation des échantillons

6. Coloration des coupes

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

➤ Coloration de hématoxyline & éosine

Cette coloration permet de visualiser la morphologie des cellules (noyau et cytoplasme) afin de déterminer leur répartition, architecture et structure. C'est la plus simple des colorations « combinées » qui s'effectue avec 2 colorants: un colorant nucléaire «basique » hémateïne (bleu) un colorant cytoplasmique « acide » type éosine, orange G... (Rose orangé)

➤ Coloration de trichrome de Masson

La coloration trichrome de Masson est utilisée pour différencier les fibres de Collagène et le tissu musculaire dans des coupes histologiques. Comme son nom l'indique, cette coloration associe trois colorants :

- Un colorant nucléaire violet (hématoxyline)
- Un colorant cytoplasmique rouge (fuchsine ponceau)
- Un colorant des fibres de collagène vert (vert lumière)

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

7. Déshydratation et montage des coupes

Les coupes sont ensuite montées au baume de Canada, après avoir été déshydratées puis placées dans un solvant du milieu de montage le toluène, les étapes de la déshydratation sont les suivantes:

- Deux bains d'alcool 70° de 30mn
- Deux bains d'alcool 95° de 30mn
- Deux bains d'alcool absolu de 30mn
- Deux bains de toluène de 15mn

La lame est ensuite placée sur une platine chauffante, avec une goutte de Baume de Canada.

Les lames doivent être nettoyées avec du toluène et du papier hygiénique, et mises dans l'étuve réglée à 40°C pendant 48 heures. Les lames sont ensuite longtemps conservables.

8. Observation

L'observation s'est réalisée à l'aide d'un microscope optique avec différents grossissements.

9. Résultats : Observation des coupes histologiques

9.1. Chez les individus témoins

Chez cet acridien le tube digestif est divisé en trois parties bien distinctes : l'intestin antérieur ou Stomodeum, l'intestin moyen ou Mesenteron et l'intestin postérieur ou Proctodeum. Le premier et le dernier sont tous les deux doublés intérieurement d'une cuticule, mais l'intestin moyen est caractérisé par des cellules exposées librement.

Selon les observations des coupes histologiques effectuées, nous avons remarqué l'absence de différences notables à échelle anatomique du tube digestif des témoins comparés à ceux traités.

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

9.1.1. Stomodeum

Après avoir réalisé des coupes au niveau du tube digestif des individus témoins les différentes parties du Stomodeum étaient bien apparentes à savoir l'oesophage, le jabot et le gésier, dont le jabot est formé d'un épithélium unistratifié cubique avec des noyaux arrondis. La musculature du jabot est constituée d'une couche de muscles circulaires externes bien développées qui entoure l'organe et des muscles longitudinaux internes. Le gésier présente de nombreuses petites villosités uniformes avec une large lumière et un épithélium unistratifié constitué de cellules cubiques avec des noyaux ronds. La musculature du gésier est constituée des muscles longitudinaux internes et de nombreuses couches de muscles circulaires externes.

9.1.2. Mesenteron

Le Mesenteron comprend six caeca gastriques, entre l'intestin moyen et l'intestin postérieur s'insère de nombreux tubes de Malpighi.

Le Mesenteron du criquet pèlerin présente un épithélium pseudostratifié palissadique avec une bordure en brosse et des cellules de régénération situées à la base de l'épithélium. Les muscles sont très réduits, et formés d'une couche fine et circulaire interne et des fibres longitudinales externes.

Les cæca gastriques présentent un épithélium unistratifié formant des villosités. La musculature est très réduite et composée d'une seule couche de muscles circulaires très fine (Figure 23).

9.2. Chez les individus traités

9.2.1. Stomodeum et proctodeum

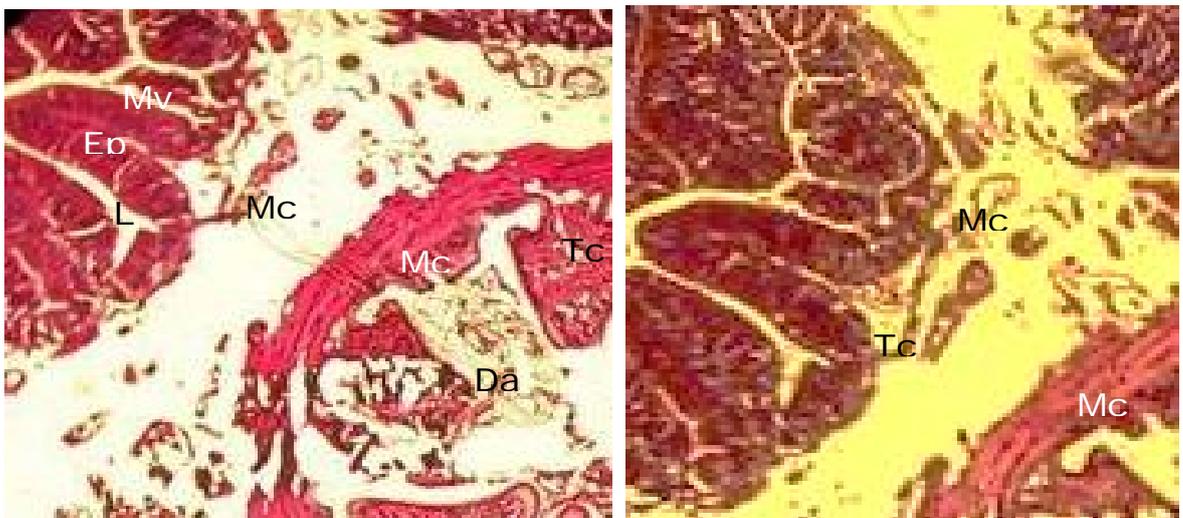
Comparativement aux témoins, les individus traités n'ont manifesté aucune différence notable au niveau de ces deux parties du tube digestif. Ceci est probablement lié à l'intima cuticulaire qui tapisse l'intestin antérieur et postérieur et protège ces deux régions de l'action des extraits de plantes.

9.2.2. Méésentéron

L'intestin moyen des individus traités par les extraits des plantes testées présente :

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

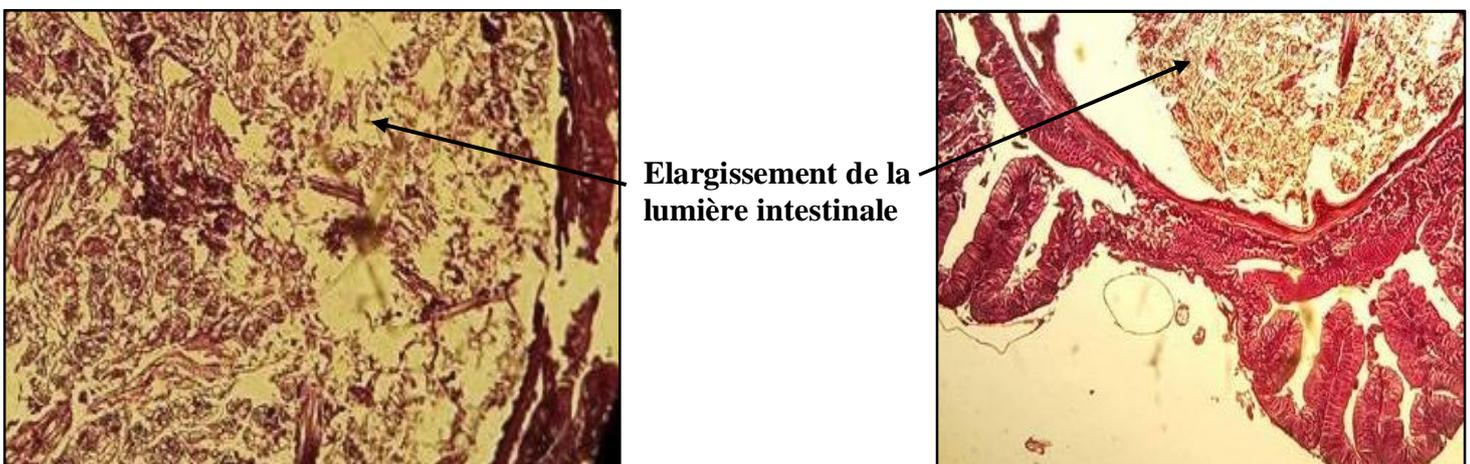
- Un élargissement de la lumière intestinale (*Aerva javanica* et *Cassia italica*) (Figures 24 et 25)
- Un amincissement de la couche de muscle circulaire (*Citrillus colocynthis* et *Lawsonia inermis*) (Figures 26 et 28)
- Une détérioration de la microvillosité (*Fagonia arabica*) (Figure 27).
- Une destruction des cellules épithéliales (*Morettia canescens*) (Figure 29)



Coloration hématoxyline éosine GX40

Ep : épithélium intestinale, Tc : Tissu conjonctif, L : lumière intestinal, Mc : muscle circulatoire, Mv : Microvillosité, Da : Débris alimentaires

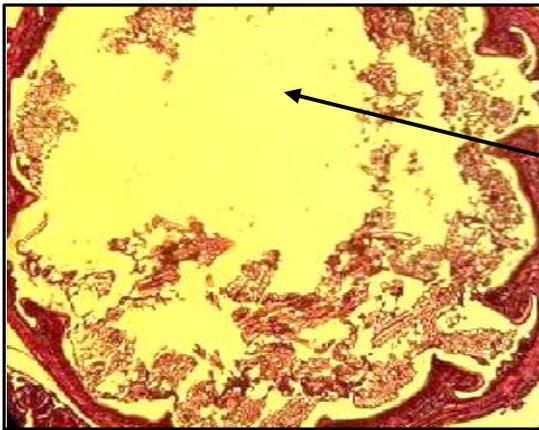
Figure 23 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif des individus témoins de *Schistocerca gregaria*



Coloration trichrome de Masson Gx10

Figure 24 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif des individus de *Schistocerca gregaria* traités par *Aerva javanica*

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

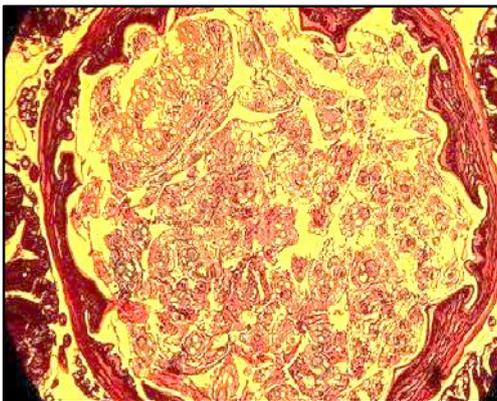


Elargissement de la lumière intestinale

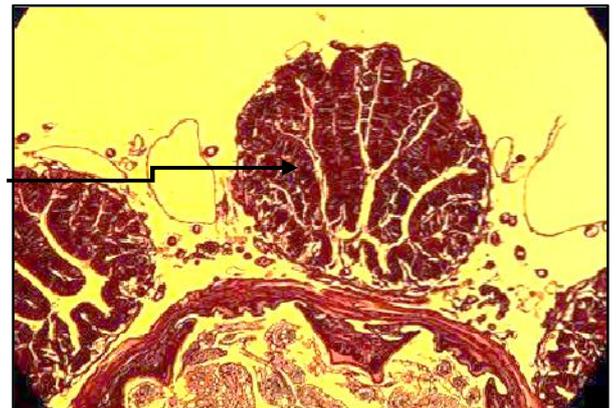


Coloration hématoxyline éosine Gx10

Figure 25 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif des individus de *Schistocerca gregaria* traités par *Cassia italica*

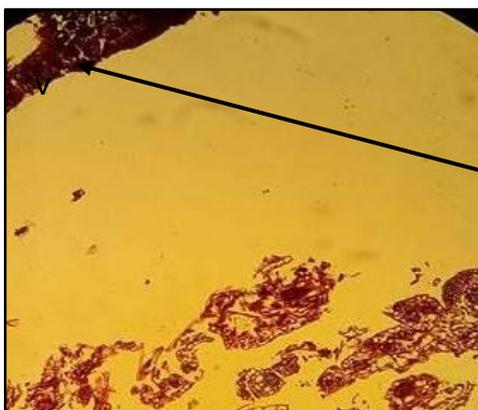


Amincissement de la musculature

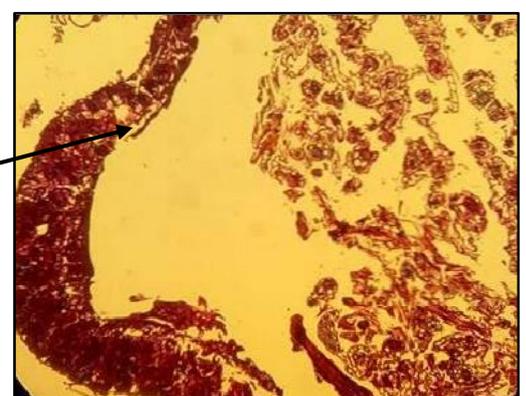


Coloration trichrome de Masson Gx10

Figure 26 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif des individus de *Schistocerca gregaria* traités par *Citrillus colocynthis*



Détérioration des microvillosités



Coloration Trichrome de Masson Gx10

Figure 27 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif des individus de *Schistocerca gregaria* traités par *Fagonia arabica*

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

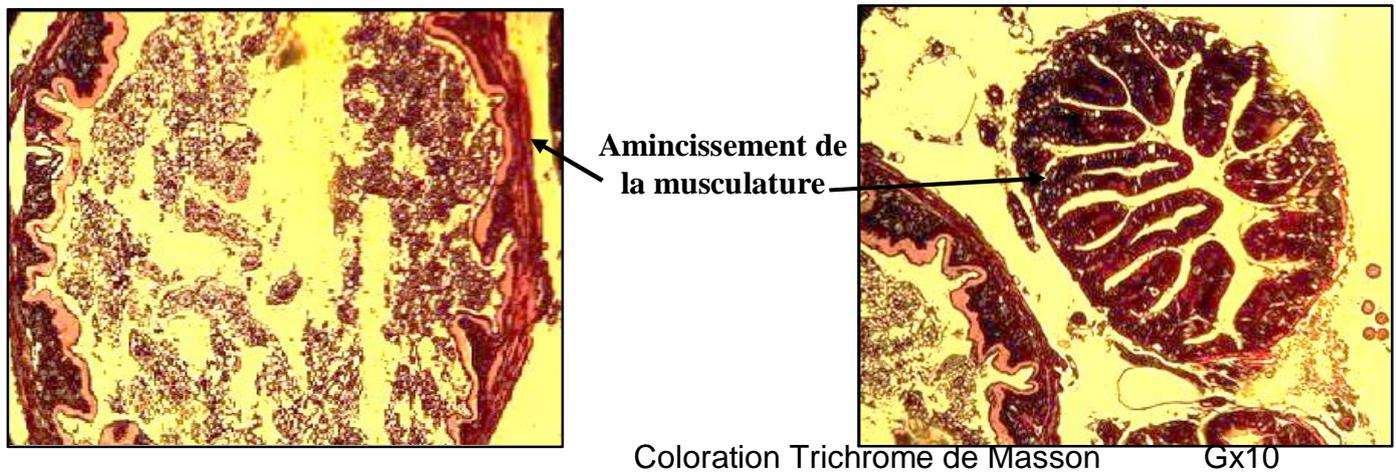


Figure 28 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif des individus de *Schistocerca gregaria* traités par *Lawsonia inermis*

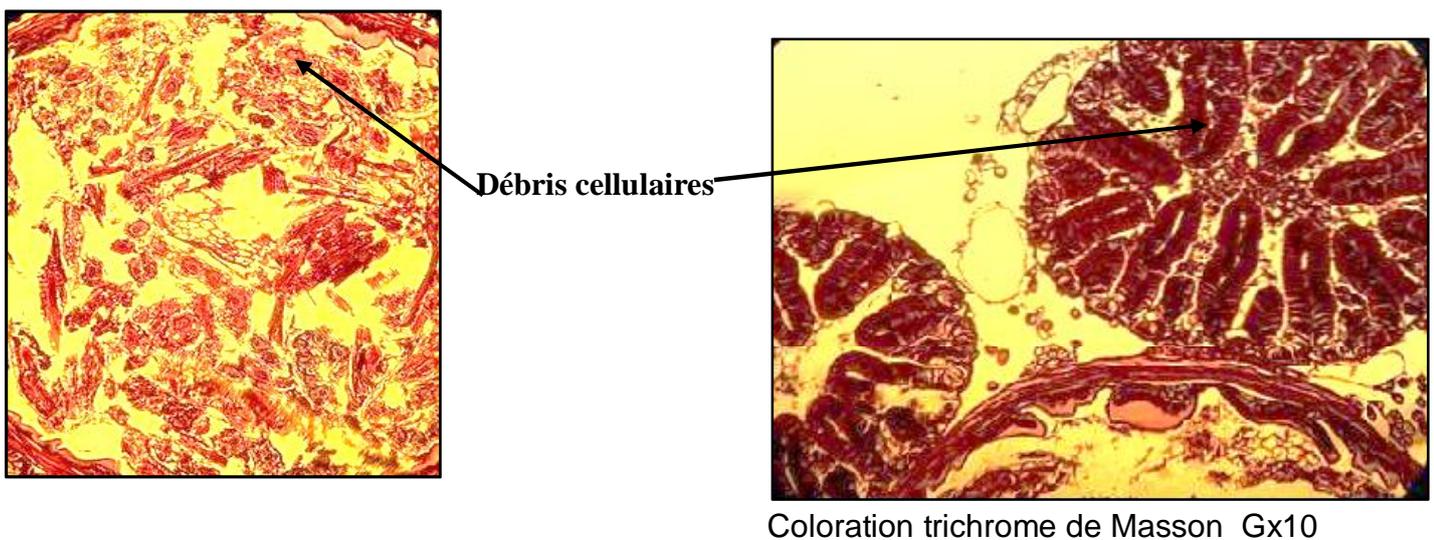


Figure 29 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif des individus de *Schistocerca gregaria* traités par *Morettia canescens*.

10. Discussion

Selon DOUMANDJI-MITICHE et DOUMANDJI (2008), L'effet des extraits végétaux des feuilles d'olivier *Olea europea*, qui ne sont pas consommées par *L. migratoria* a montré une diminution de poids en plus de mortalité de 50% des lots traités. Ces feuilles ont un effet répulsif et anti-appétant pour le criquet migrateur.

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

Des polyphénols totaux ont été extraits de ces feuilles, la pulvérisation de cette solution sur les feuilles de blé a provoqué une diminution du poids ainsi que la mortalité de 100% des individus ayant consommé le végétal traité. D'autres plantes ont été testées sur acridiens: *Azadirachta indica* le neem, *Melia azedarach* le mélia, *Nerium oleander* le laurier rose, *Sapindus utilis*, *Inula viscosa* l'inule visqueuse et *Salvia officinalis* la sauge. Ces végétaux présentés à l'état frais ou en extraits, se sont révélés acridifuges et acridicides. Ils inhibent la prise de nourriture et causent la mortalité des acridiens.

L'alimentation administrée pour les larves du 5^{ème} stade, traitée avec les extraits aqueux des plantes testées provoque une mortalité importante au sein de ces individus du criquet pèlerin, à l'exception de L'espèce *Morettia canescens*, *Lawsonia inermis*, *Fagonia arbica* qui ont montré une activité insecticide plus moins faible comparée aux : *Citrullus colocynthis*, *Cassia italica*, et *Aerva javanica*. Le nombre d'individus traités diminue avec le temps, et les survivants présentent un rythme de croissance faible.

En ce qui concerne les témoins, l'alimentation administrée n'entraîne aucun retard de développement : le passage du 5^{ème} stade larvaire au stade imago s'est effectué chez 100% des individus témoins.

Les observations des coupes histologiques au niveau du tube digestif des L5 traitées, ont révélé un effet toxique avec des degrés différents pour toutes les larves en particulier *Citrullus colocynthis* et *Cassia italica* dont l'amincissement de la musculature était très élevé avec une dégradation de la microvillosité, ce qui peut s'expliquer par l'action toxique des extraits végétaux testés. Cependant nous avons noté que l'extrait de l'espèce *Aerva javanica* provoque un élargissement de la lumière intestinale.

L'étude des coupes histologiques du mésentéron des larves traitées de *S. gregaria* révèle un effet biocide toxique des plantes non préférées testées. Nos examens cytologiques présentent des concordances comparativement aux travaux antérieurs, citant (BISSAAD, 2002), (IDRISSI HASSANI & ERMAS, 2008) et (HAMID OUDJANA *al.* 2015).

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

Les paramètres histologiques évalués dans cette étude révèlent que le mésentéron présente un amincissement de la musculature circulaire externe en plus de la destruction des cellules épithéliales chez les individus traités avec une différence de condensation des coupes du mésentéron observée entre les individus témoins et les individus traités, ce qui peut être très probablement liées aux métabolites secondaires produits par ces espèces à savoir *Aerva avanica*, *Cassia italica*, *Citrullus colocynthis*, *Fagonia arabica*, *Morettia canescens*. et *Lawsonia inermis*.

L'absorption et l'assimilation constituent des fonctions vitales pour les larves L5 de *Schistocerca gregaria*. Ces activités sont limitées suite à l'effet du principe actif des extraits des plantes dissuasives en affectant les cellules et en inhibant l'absorption des métabolites, (IDRISSI HASSANI & ERMAS, 2008) soulignent que si ces expériences ne permettent pas d'évaluer l'absorption intestinale, l'absence d'assimilation est presque certaine car elle se répercute sur toutes les parties sensibles de l'animal: épithélium intestinal réduit, corps gras très réduits, en plus du têt de mortalité prévu après observation des blocs traités.

Par ailleurs HAMID OUDJANA et *al.* (2015), soulignent que l'étude de l'effet des huiles essentielles brutes des feuilles de *Colocynthis vulgaris* sur des individus de *S. gregaria* élevés dans des conditions contrôlées a montré une intolérance générale à cet extrait après 30 à 60 minutes d'exposition, l'activité cholinésterasique chez les individus traités montre une diminution par rapport aux témoins, de même ces individus traités manifestent des perturbations au niveau des réponses neurochimiques et comportementales, d'où l'existence d'une toxicité accrue de l'extrait de *Colocynthis vulgaris* (L).

OUTTAR, (2015), IDRISSI HASSANI & ERMAS, (2008) notent que les alcaloïdes de l'espèce *P. harmala* testée sont connus par l'action sur le système nerveux central, ce qui induit et une distension de l'intestin suite à un manque de tonus nerveux. Ces même auteurs signalent que la toxicité est surtout considérée comme un paramètre important lors de l'ingestion de la plante, ce qui affectent l'armature des cellules intestinales qui ne peuvent plus remplir leur rôle d'où

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

une carence protéique et lipidique et mort de l'insecte sous l'effet de ces biomolécules.

Des résultats antérieurs ont montré que ces plantes sont consommées (coefficient d'utilisation digestive élevé par rapport à une plante témoin) mais que l'efficacité de conversion corporelle était faible (OUTTAR, 2015). Ce déficit de conversion en substance corporelle chez les individus nourris (par rapport au témoin) est à rechercher dans sa teneur en substances secondaires, ce qui est considéré comme facteur limitant du métabolisme protéique chez les insectes et serait probablement la cause de l'atrophie musculaire. (Ben Halima et *al.*, 1984; Simpson, 1982).

De même L'effet de l'extrait brut d'un mélange d'alcaloïdes des feuilles de *Calotropis procera* sur des larves du cinquième stade et sur le développement ovarien des femelles de *Schistocerca gregaria* a montré un taux de mortalité de 100% chez les larves. Par ailleurs, un arrêt du développement ovarien avec une absence de la maturité sexuelle a été observé chez les adultes, de plus l'aspect morphologique a révélé une hyperexcitabilité interrompue par des moments d'immobilité, des tremblements des appendices et des segments abdominaux, une baisse du poids suite à une diminution de la prise de nourriture et une perte en eau sous forme de fèces humides et de transpiration. (Abbassi et *al.*, 2004).

Beaucoup de travaux similaires sont actuellement envisagés rentrant dans une stratégie de lutte antiacridienne à des retombées écologiques, le tout est planifié sous le contexte de lutte biologique qui vise à rechercher des moyens efficaces en jouant sur le paramètre toxicité des plantes non préférées ou acridifuges, ce dernier s'explique par le principe actif des molécules présentes dans le métabolite secondaires de ces taxons végétaux. La démarche scientifique est basée donc sur la capacité de détruire les cellules mesentérales du criquet pèlerin par ces molécules bioactives et l'exploitation et la biosynthèse du principe actif naturellement existant.

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

11. Analyse phytochimique :

Suite aux différences significatives enregistrées entre les paramètres considérés chez les deux lots expérimentés, nous avons jugé nécessaire de réaliser une analyse phytochimique pour définir la cause de cette constatation. Les tests phytochimiques effectués sur les différents extraits de nos six espèces végétales sont représentés dans le tableau:

Tableau 13: Résultats des tests phytochimiques des six extraits végétaux testés

	<i>A. javanica</i>	<i>C. italica.</i>	<i>C. colocynthis</i>	<i>F. arabica</i>	<i>M. canescens</i>	<i>L. inermis</i>
Alcaloïdes	Précipitation Marron	Précipitation noire	Précipitation noire	Précipitation jaune	Précipitation marron	Précipitation orange
Flavonoïdes	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Tanins	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Bleu noirâtre
Glucosides	+	++	+	++++	-----	-----
Mucilages	-----	++	++	++++	++	++
Saponosides	+	-----	++	++++	++++	-----

---- absence
présence

+ faible présence

++ moyenne présence

++++ forte

11.1. Analyse des extraits végétaux par HPLC

L'analyse par une Chromatographie HPLC montre l'existence des éléments majeurs de métabolites secondaires contenus dans les extraits des plantes testées et administrés en mélange avec l'alimentation pour des larves L5 du criquet pèlerin. La comparaison des temps de rétention de nos standards (injectés dans les mêmes conditions) avec ceux enregistrés dans nos chromatogrammes permet d'identifier l'existence de:

1. l'**acide syringique** (tr=22 min) pour l'espèce *Cassia italica*
2. l'**acide 3-hydroxy-4-méthoxycinnamique** (tr=28.3 min) et l'**acide M-anisique** (tr=33 min) pour l'espèce *Fagonia indica*

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

3. l'**acide 3-hydroxy-4-methoxycinnamique** (tr=28.3 min) et l'**acide tannique** (tr=3.6 min) pour l'espèce *Aerva javanica*

4. l'**acide tannique** (tr=3.6 min), l'**acide 3-hydroxy-4-methoxycinnamique** (tr=28.3 min), la **naringénine** (tr=30.4 min) et l'**acide M-anisique** (tr=33 min) pour l'espèce *Citrullus colocynthis* (Figure 30, 31, 32, 33)

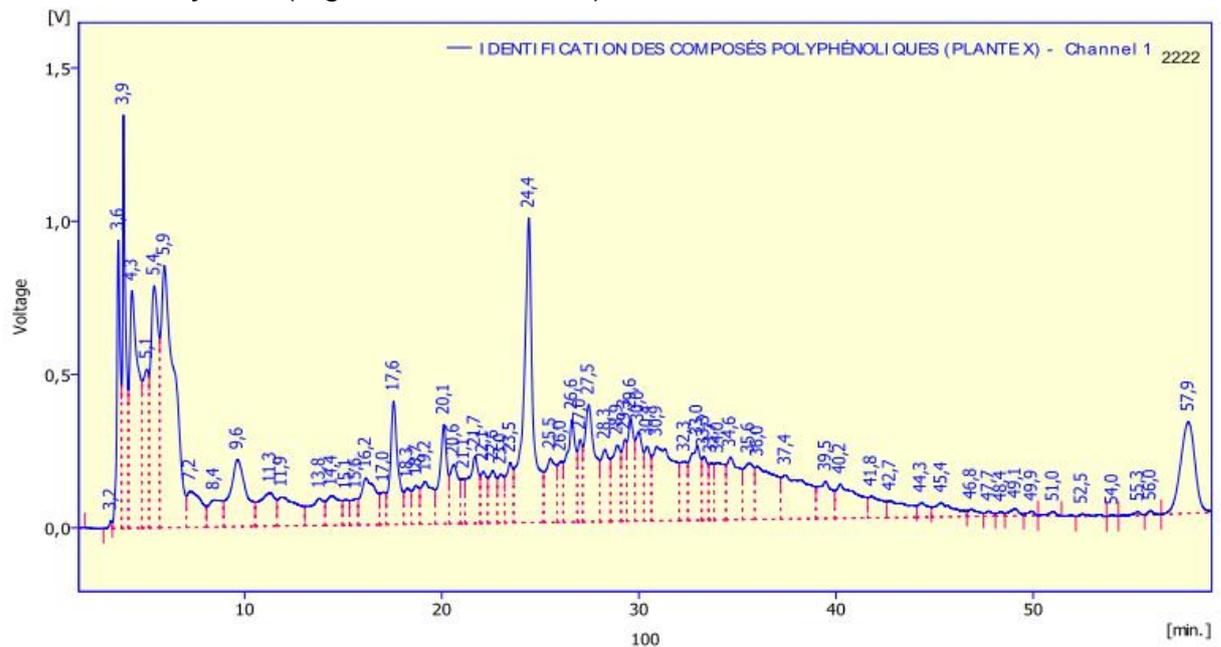


Figure 30: Profil chromatographique de l'extrait de *Citrullus colocynthis*.

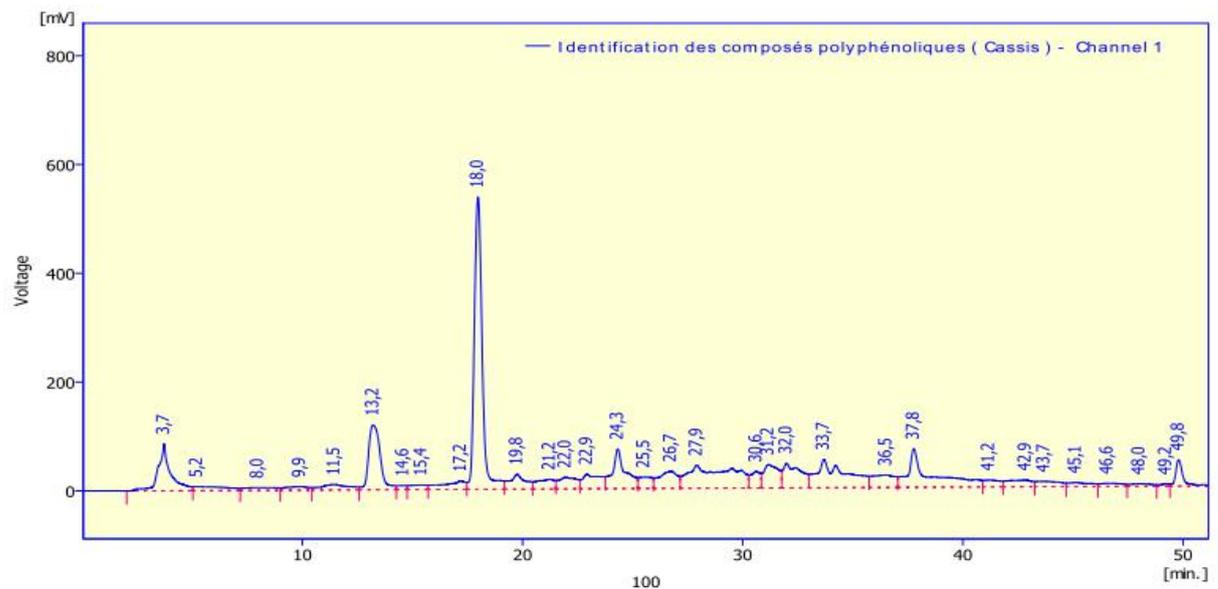


Figure 31: Profil chromatographique de l'extrait de *Cassia italica*

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

11.2. Interprétation du chromatogramme

Le chromatogramme issu de l'analyse des extraits aqueux des *Citrullus colocynthis*, *Cassia italica*, et *Aerva javanica* comporte quatre pics nécessaires. Chaque pic a été soumis à une comparaison du temps de rétention permettant ainsi d'identifier chaque molécule.

Le pic avec un $Tr = 3.6$ min correspond au spectre de masse de l'**acide tannique**, qui est un polyphénol dérivé de l'acide gallique.

Le pic avec un $Tr = 28.3$ min correspond à l'**acide 3-hydroxy-4-méthoxycinnamique** ayant pour fonction la défense de plante.

Le pic avec un $Tr = 30.4$ min correspond à **la naringénine**.

Le pic avec un $Tr = 33$ min correspond à l'**acide M-anisique**.

Le détail des temps de rétention des molécules est représenté dans le l'annexe, ces constituants majoritaires qui caractérisent ces extraits peuvent varier considérablement en fonction de plusieurs paramètres notamment les cycles phénologiques ainsi que l'équipement et le protocole d'extraction.

L'extrait des feuilles de *Citrullus colocynthis* (0% de consommation contre 19% de recouvrement) a montré une toxicité pour les larves L5 de *Schistocerca gregaria*. Cependant l'extrait des feuilles de *Cassia italica* (0% de consommation contre 20% de recouvrement) produit les mêmes effets mais de moindre importance, ce qui confirme les résultats de l'étude du régime alimentaire réalisé par Guendouz-Benrima et *al.*, (2010).

La différence significative de ces résultats et le classement des espèces testées (figure 4) est à mettre en relation avec la nature de polyphénols contenus dans l'extrait aqueux de *Citrullus colocynthis* qui est considérée comme plante dissuasive voir acridicide. Nous pensons que ces substances naturelles extraites des plantes pourraient constituer la base de synthèse de molécules en meilleure harmonie avec l'environnement.

Chapitre V : Etude de l'effet des extraits aqueux sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin *S. gregaria*

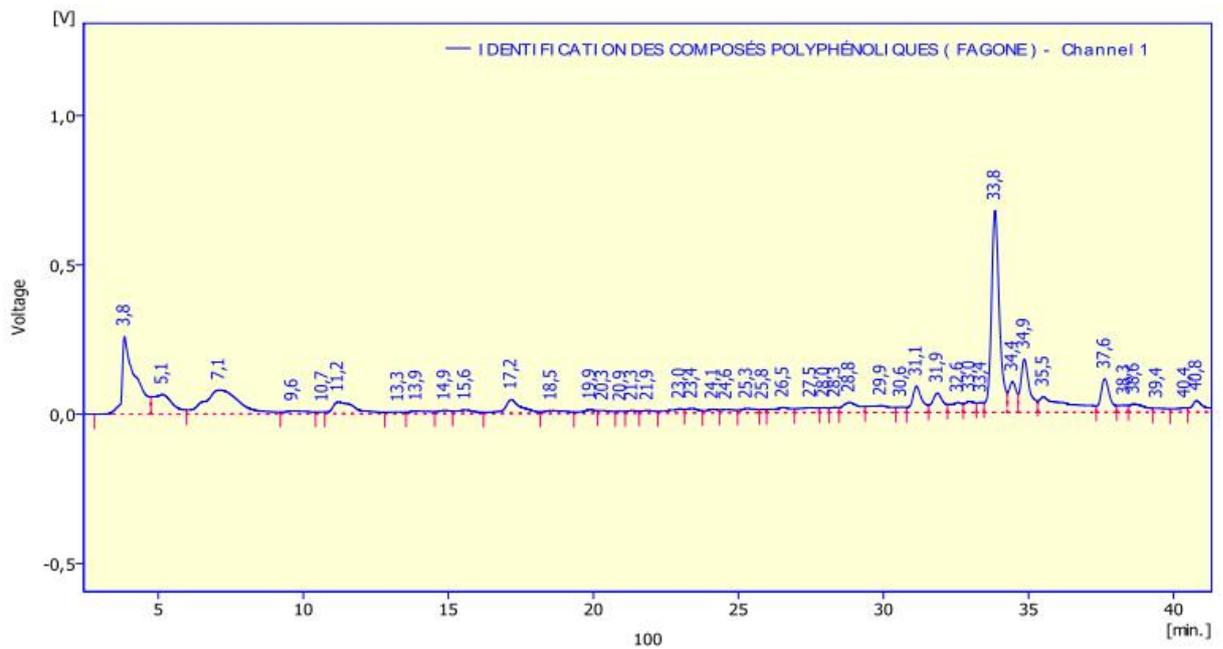


Figure 32 : Profil chromatographique de l'extrait de *Fagonia arabica*

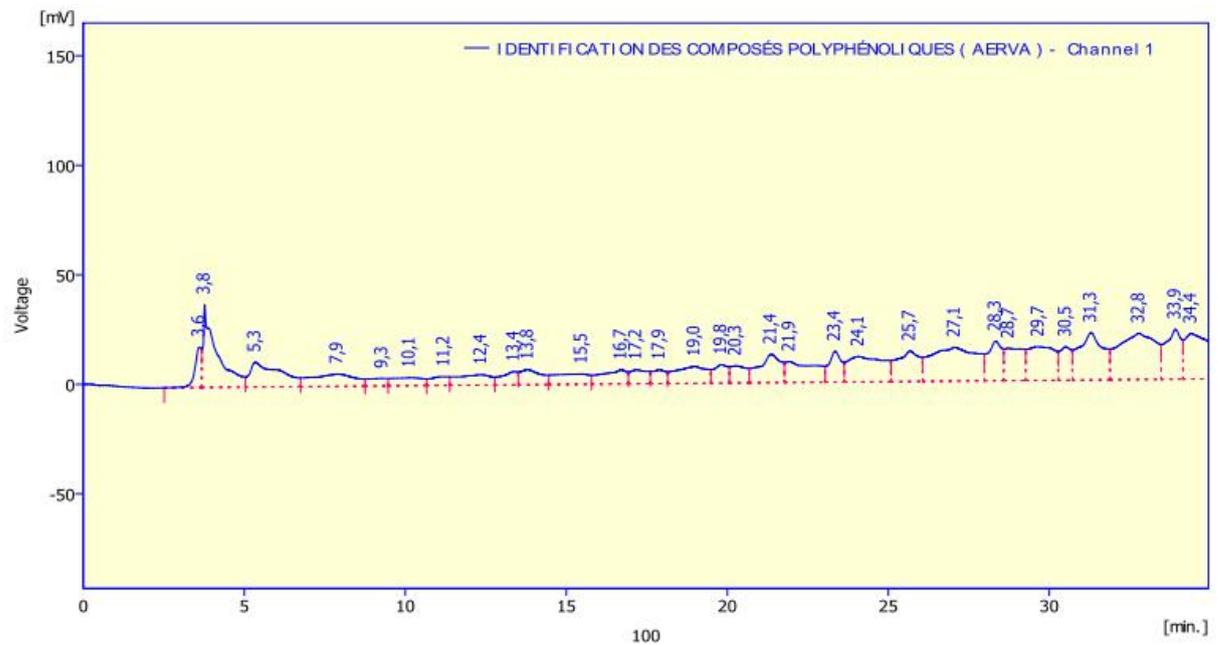


Figure 33 : Profil chromatographique de l'extrait d'*Aerva javanica*.

Chapitre VI

Discussions

Chapitre VI : Discussions

1. Interaction des facteurs environnementaux dans les biotopes acridiens

La stratégie de lutte préventive repose sur la surveillance des populations acridiennes solitaires ou transiens dans les régions à hautes fréquences, ces biotopes sont les cause de leur importance dans le développement des recrudescences et des invasions.

Mario et *al.* (2017) a évalué la fluctuation saisonnière de la population de *S. p. piceifrons*, la diversité de la végétation et leur association avec les facteurs météorologiques et les conditions édaphiques dans la zone grégarigène de la péninsule du Yucatán en prenant en considération sept sites au cours de trois saisons: vent du nord, pluvieux, et sec. Cet auteur a montré que les densités des Locuste étaient plus élevées pendant la saison des pluies par rapport à ceux de la saison sèche influencés principalement par l'abondance de la végétation représentée par *Panicum maximum* et par les précipitations car la densité acridienne était positivement corrélée à l'abondance de l'herbe *Panicum maximum*. Ces résultats indiquent que les prospections pour la détection et le contrôle des criquets pèlerins dans la péninsule du Yucatán peuvent se concentrer sur les zones où le maximum de graminées est présent.

Mahamadou Namori Keita (2009), avait noté la présence de cinq zones de hautes fréquences de solitaires, tous stades confondus, qui apparaissent dans le pays, la plus importante s'est localisée dans le Timétrine et surtout dans sa limite avec la vallée du Tilemsi du côté d'Aguelhok au nord-est du pays. Trois autres sont également situées dans le nord-est, avec l'Adrar des Iforas du côté de la frontière algérienne, le Tamesna vers la frontière nigérienne et le Gourma de Gao se situant au dessous du 17ème parallèle dans le Sahel des pâturages.

Nos observations vont dans le même sens que celle notées par Guendouz-Benrima (2005) qui affirment que le mouvement des essaims grégaires du Criquet pèlerin en période d'invasion, couvre toutes les zones méditerranéennes où il effectue au moins deux générations. Les reproductions, au sont essentiellement détectées jusqu'aux régions côtières. L'importante biomasse des larves est atteinte au mois de mai. Cependant, le nombre de générations varie entre une à deux générations selon les années, l'une automno-hivernale et l'autre (la plus fréquente)

hiverno-printanière. Les biotopes acridiens au Sud algérien se caractérisent par des groupements végétaux, dont les plantes tendent à se réunir suivant leurs affinités biologiques et suivant leurs exigences au sein de leurs milieux ambiants. L'analyse phytosociologique du tapis végétal a permis de mettre en évidence des groupements floristiques qui se répartissent en fonction de la texture du sol, de la latitude (ou du bioclimat) et de l'anthropisation.

Selon Duranton & Lecoq (1990), l'habitat typique du Criquet pèlerin est la steppe désertique où les espèces dominantes sont *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* et *Panicum turgidum*, défini comme l'alliance Acacio-Panicion dans le système phytosociologique de Quézel (1965), modifié par Barry & Celles (1985). Duranton et Lecoq (1990) ont décrit plusieurs catégories de biotopes en fonction de leur qualité. Les biotopes de grégarisation offrent les meilleures conditions, capables de favoriser la transition de la phase solitaire à la phase transiens (aussi appelée congregans), et même la phase grégaire de la précédente. Les environnements moins favorables, ou biotopes de reproduction, permettent à l'insecte de se reproduire en phase solitaire. Dans les milieux plus fortement dégradés, la reproduction de l'insecte est entravée mais ces biotopes de survie peuvent encore être colonisés lors de phases migratoires erratiques.

En effet, les entités géomorphologiques conditionnent une augmentation importante du facteur humidité du sol d'une part par endoréisme, c'est-à-dire la collecte des précipitations et leur concentration sur une surface restreinte au niveau des zones d'épandage. D'autre part, des nappes superficielles sous lits d'oued constituent un inféro-flux qui participe à l'humidité du sol. De même les conditions édaphiques peuvent conditionner la rétention de cette humidité mais celles-ci ne sont pas fixes dans le temps, car le sol est un mélange en proportion variable de divers éléments lithologiques que l'abrasion éolienne remodèle constamment. Ces milieux sont en transformation rythmique différente de la pédogénèse classique. (Barry, Celles. 1976).

Pour l'ensemble de la végétation du Sahara, divers types biogéographiques peuvent s'associer à une même formation végétale. La fréquence d'un élément biogéographique est une variable qui signifie que les conditions du milieu ont interdit sa pénétration. Par exemple, les acacias sont éliminés des associations végétales en fonction de la variation d'altitude, ce qui explique l'effet de la température sur ces

espèces, d'autre part les auteurs estiment qu'ils peuvent s'accoutumer d'une moyenne des minima du mois le plus froid égale ou inférieure à +5° qui se confond avec la limite supérieure de la steppe désertique à *Acacia-Panicum* (Barry et *al.*, 1976).

D'après Braun-Blanquet (1932) les Caractères analytiques pour des analyses phytosociologiques et accessibles dans chaque échantillon de végétation, et chaque peuplement, sont les suivantes:

Caractères quantitatifs:

- Nombre d'individus (abondance) et densité;
- Couverture, espace et poids (Dominance)
- La variabilité (Sociabilité) et la distribution
- La fréquence.

Caractères qualitatifs:

- Stratification
- Vitalité, vigueur
- Périodicité.

Certains types biologiques ne peuvent pas exister sous des contraintes bioclimatiques, ce qui explique l'absence de tout phanérophyte dans le bioclimat érémiq ue saharien. Dans ce contexte la périodicité de la pluie conditionne la présence des éphémérophytes. L'analyse des ensembles floristiques dépend des territoires dépourvus de végétation arborescente ou à la steppe désertique à *Acacia-Panicum*, ses modifications qualitatives correspondent à des sources de variations bioclimatique ou biogéographique. (Barry et *al.*, 1985)

Dans la région de BBMK (Sahara méridional) nous remarquons une transition des étagements altitudinal et latitudinal, où le fait bioclimatique et le fait biogéographique peuvent apparaitre. Le déroulement des prospections dans des milieux caractérisés par des paysages spécifiques liés à des facteurs écologiques, implique une typologie des biotopes basée sur l'analyse de différents groupements végétaux, nous avons pu remarquer dans la savane *Acacia-Panicum*, cette savane désertique de l'étage tropical, spécifique du Sahara, qu'elle présente une diversité floristique typique définie par un ensemble de taxons appartenant à divers éléments biogéographiques (Barry et *al.*, 1985).

2. L'analyse de la végétation : les groupements phytosociologiques

La formation végétale reste un essentiel critère pour une meilleure analyse floristique d'une région du Sahara, l'élément important d'analyse est l'observation de modification de la steppe à *Acacia-Panicum*, avec l'observation du fait édaphique, qui correspond mieux à la progressive réalité observée sur le terrain correspond à une série de modifications essentiellement liée au facteur humidité (inféro-flux). (Barry et al., 1987). Les éléments arborescents caractéristiques sont *Acacia ehrenbergiana* et *Maerua crassifolia*, *Tamarix aphylla*. La strate herbacée est représentée par *Pulicaria incisa* et *Panicum turgidum*. Une claire steppe désertique à *Acacia-Panicum* liée aux puissants oueds peut apparaître à partir de la cote 500 m avec une richesse floristique très faible, elle varie peu jusqu'à 700-900 m. Au dessus, elle s'enrichit en éléments sahéliens (soudano-angolans) qui augmentent en diversité jusque vers 1500 m. Des éléments méditerranéens peuvent s'ajouter jusqu'à 2000 m (Barry., et al., 1987).

Un rythme de substitution progressif de l'*Acacio-Panicion* est en relation avec l'*Antirhino pithuranton scopariae*.(figure 34).



Figure 34: Variations de l'*Acacio-Panicion* selon les conditions pédo-climatiques dans les quatre régions d'étude.

Si on prend comme référence le groupement dans sa partie moyenne c'est-à-dire le type saharien, on observe associé aux 2 espèces caractéristiques *Cornulaca monacantha* et *Psoralea plicata*, avec ou sans *Maerua crassifolia*. Si les conditions deviennent particulièrement arides, se développe un groupe à *Pulicaria crispera* et *Zilla spinosa*, qui est commun avec le type sino-angolan. Si par contre on est en présence d'oued enrochés avec placage Imimono-sableux, on a un groupe à *Cymbopogon schoenanthus* et *Cassia Senna*, également commun avec le type sino-angolan.

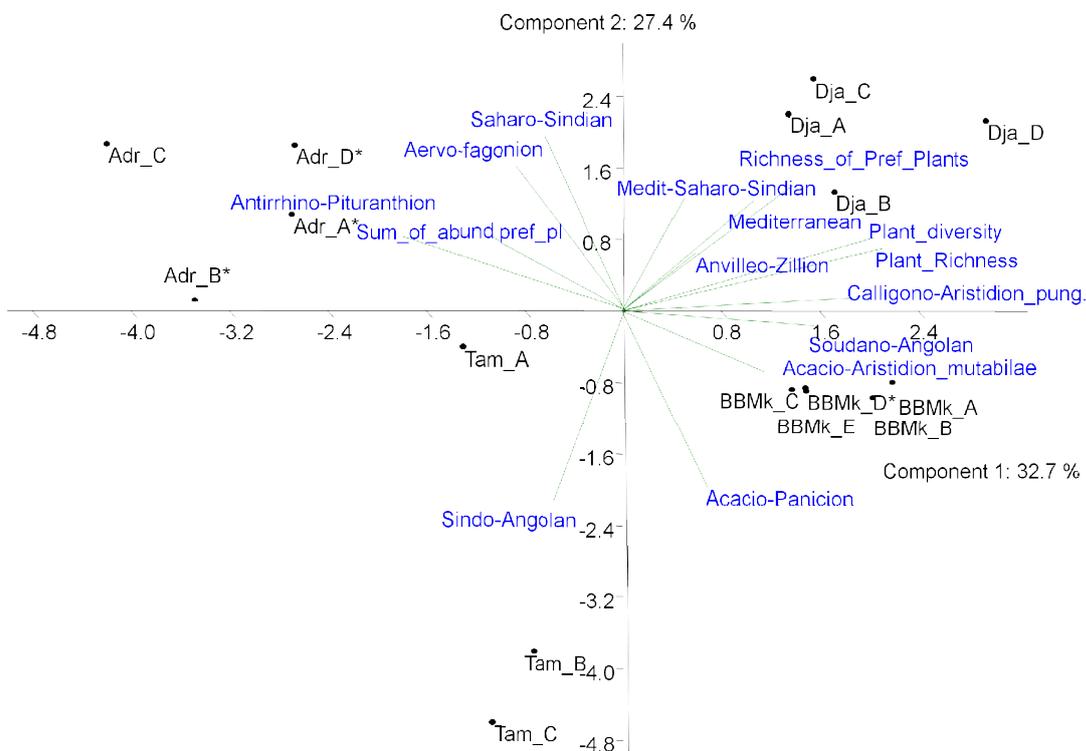


Figure 35: Component Analysis des différents assemblages dans les quatre zones d'étude du Sahara Adr_A, B, C et D: les quatre assemblages dans l'Adrar; Dja-A, B, C, D et E: les quatre assemblages à Djanet; BBMk_A, B, C, D et E: les cinq assemblages à Bordj-Baji-Mokhtar; Tam_A, B et C: les trois assemblages à Tamanrasset. Le * correspond aux assemblages préférés par le criquet pèlerin.

Barry et al. (1987) notent que la variante froide de ce groupement s'observe dans le type méditerranéo-montagnards avec *Deverra scoparia* subsp. *fallax* (=Pithuranthos scoparius) et *Artemisia campestris* subsp. *glutinosa*. Au dessus de 1500 à 2000 m, l'*Acacio-Panicion* disparaît est remplacé par une « forêt » à *Olea laperrini* et *Myrtus nivellei*. La variante chaude concerne le monde tropical, avec le type sino-angolan, dont le groupe caractéristique des oueds profonds et plus ou moins ensablés montre *Leptadenia pyrotechnica* et *Chrozophora brocchiana*. En

dessous de 500 m, l'*Acacio-Panicion* tend à disparaître pour s'enrichir avec *Cornulaca monacantha*. Cependant, on note la persistance de *P. turgidum*, de *Pulicaria crispa* et *C. brocchiana*.

L'Aervo-Fagonion

Dans cette alliance nos résultats font ressortir les mêmes observations avec celles de Barry et *al.*, (1987) dans la partie méridionale du Sahara central, où les oueds s'enrichissent en *Cornulaca monacantha* pour constituer le groupement des oueds de plaines de l'étage bioclimatique érémiq ue saharien qui se substitue, dans ce bioclimat, à la steppe à *Acacia-Panicum* représentée encore par *Panicum turgidum*. Selon le gradient édaphique, depuis les sables jusqu'aux divers chlorures, ces milieux sont pourvus de sol limono-sableux, ce qui justifie le pourcentage élevé d'humidité du sol. Dans cet ensemble l'espèce *Cymbopogon schoenanthus* caractérise les sols limono-sableux. Ces biotopes sont les plus signalés au cours de phase de densation des populations du Criquet pèlerin.

D'après Barry et *al.*, (1988), ce groupement caractérise les biotopes à *Cornulaca monacantha* de plaines sahariennes. La plupart de ces espèces appartiennent au groupe des Tropico-africain, sous-domaine du Sahara méridional, Secteur des plaines sahariennes, elles caractérisent les zones d'épandage se répartissent aux biotopes qui se situent à un étage érémiq ue saharien (sous-domaine du Sahara méridional, sous secteur Tanezrouft, sous-secteur de Laouni, In Gueezam). Cette formation caractérise l'étage érémiq ue Saharien à pluviosité capricieuse, arythmique, à steppe désertique dépourvue ou presque de phanérophytes.

Si la pluviosité était plus régulière, il n'est pas certain que la flore soit plus diversifiée, moins monotone, à part peut être quelques nouveaux éphémérophytes, car le cycle biologique est ici, plus qu'ailleurs, tributaire du rythme tropical ; certaines espèces de liaison sino-angolane s'en accommodent comme *Pulicaria incisa*, d'autres exclusivement Saharo-sindiennes le supportent difficilement : *Cornulaca monacantha*, *Cymbopogon schoenanthus* dépérissent.

La première espèce qui se présente à un niveau altitudinal très bas est *Ziziphus lotus*, caractérise les oueds fortement enrochés. Dans la partie méridionale du Sahara ainsi que dans certains oueds creux dans le même étage bioclimatique mais pas toujours dans le même secteur biogéographique, s'effectue la juxtaposition des

éléments caractéristiques des oueds sahariens à *Cornulaca monacantha*. L'enrichissement floristique s'effectue depuis la steppe toujours identique à elle-même dans ces biotopes, mais où s'inscrit rapidement une espèce des ravins enrichis à dépôt limono-sableux peu épais, *Cymbopogon schoenanthus*, cette graminée peut constituer avec d'autres espèces une formation caractéristique de certains massifs des basses et moyennes montagnes du Sahara. (Barry et al., 1976).

Le taxon *Ziziphus lotus* indique le début des changements altitudinales, qui succède par l'apparition des éléments méditerranéens. La steppe à *Acacia-panicum*, peut atteindre sa présence à partir de 700-1000 m, touchant le massif de l'Ahaggar, et en raison de la présence constante d'eau nécessaire à son maintien dans l'inféoflux des oueds. Les espèces caractéristiques de l'ensemble des oueds du Sahara sont *Panicum turgidum* et *Pulicaria crispa*. Le groupe de *psoralia plicata* et *Attractillis pseudotrigonis* correspond à des oueds de pieds de coteaux enrichi en *Colluvium*, Le groupement à *Cymbopogon schoenanthus* fait partie de l'*Acacio-panicion* mais définit des oueds rocailleux à poche de limon, Les deux espèces d'*Acacia* sont liées à l'ensemble de la steppe à *Acacia-Panicum* basses et moyenne montagnes sahariennes. Les espèces : *Ziziphus lotus*, *Leptadenia pyrotechnica* caractérisent les oueds profonds plus ou moins ensablés. Le caractère méditerranéo-saharien de la région holarctique est souligné par *Ziziphus lotus* méditerranéenne à irradiation saharo-sindienne, par contre *Cymbopogon schoenanthus* ssp. En association caractérise les oueds enrochés à placage limoneux-sableux *Maerua crassifolia* est une espèce commune à ces deux associations (Barry et al.1976, 1988).

La formation végétale ***Aervo-fagonion*** est représentée par : *Cornulaca monacantha*, *Salsola foetida*, avec l'absence des arbres, ce qui caractérise une région érémiqne saharienne. Elle succède sur les regs l'*Anvilleo-Zillion macropterae* sous des conditions climatiques favorables à cette transition, où la végétation devient diffuse. L'appauvrissement de l'*Aervo-fagonion* et sa substitution par l'*Anvilleo-Zillion macropterae* coïncide avec l'installation progressive de l'*Antirhino pithuranton scopariae*. Nos résultats corroborent ceux de (Barry et al., 1985) après dont l'analyse floristique des trois régions d'étude a permis d'examiner la possibilité du passage entre les deux domaines méditerranéen et saharien. Les mouvements des espèces végétales dans les grandes formations végétales qui se substituent l'une par rapport à l'autre en fonction de la variation des facteurs écologiques des milieux sahariens,

explique ce rythme de transition avec l'affinité que présentent des groupements végétaux dans un biotope acridien offrant de potentialités différentes aux individus du Criquet pèlerin.

L'importance du facteur humidité est une priorité pour une analyse de la végétation du sahel. L'irrégularité annuelle de la pluie à la saison chaude crée le faciès sahélien fondamentalement caractérisé par la présence d'une strate phanérophytique et chaméphytique d'une strate herbacée représentée par des graminées. Les espèces annuelles n'apportant qu'une signification phytosociologique relative, elles n'occupent que partiellement le terrain. Cependant le choix des caractéristiques d'association, est basé sur les espèces les plus aptes à résister aux conditions hostiles du milieu. La présence d'espèces végétales indicatrices, systématiquement reconnaissables, permet de déterminer les différents domaines de végétation sur les massifs sahariens. La distribution des éléments floristiques peut répondre à des critères qui ne sont pas communs, l'humidité est l'un des principaux facteurs. Les espèces annuelles, ne peuvent se situer qu'au sommet d'une formation phytosociologique. Une diversité floristique se traduit par une variabilité floristique de chaque individu d'association, de chaque phytocénose qui est le reflet de plusieurs variables : bioclimat, station, chorologie. L'absence des phanérophytes semble ne pas être liée à la rareté des pluies, en revanche cette absence est déterminée par la disparition des inféro-flux qui favorisent en plus la réapparition des arbres avec la steppe à *Acacia-Panicum turgidum* (Barry, 1991).

Il existe une étroite relation entre l'apparition de l'étage bioclimatique érémitique avec une pluviosité inférieure à 50 mm/an ce qui donne une végétation diffuse qui devient contractée (steppe désertique). Une pluviosité annuelle de rythme estival caractérise l'étage errémique tropical. (Barry et Celles 1973)

Les deux principales composantes climatiques indiquent le changement de l'étagement latitudinal ce qui met en question l'importance du facteur température et du facteur humidité. Le monde tropical africain se caractérise par l'augmentation graduelle de la température et de la pluviosité, cette régularité estivale est apparente au Sahel. Les espèces végétales sont réparties en éléments méditerranéens, saharo-sindien se substituent les éléments sahélien, soudano-décanien. Par ailleurs la détermination de l'étagement est faite par l'humidité, ce qui assure la survivance d'une flore méditerranéenne sur hautes montagnes sahariennes. La notion d'étage

fait intervenir à la fois des conditions climatiques et conditions florales (Barry et Celles 1973)

3. Analyse phytosociologique dans la région d'ADRAR

L'Analyse phytosociologique des biotopes acridiens dans cette région a mis en évidence les relations existantes entre les différents groupes de relevés définis par une ANOSIM (Simper) et les différents besoins écologiques du criquet pèlerin dans ces biotopes caractérisés par la nature du sol favorisant la reproduction et la nourriture en présence des espèces végétales préférées (figure 35)(annexe 12).

La composition de la structure floristique de cette région a montré l'existence de quatre grands groupes représentés par deux principaux ensembles d'espèces végétales à savoir ; l'**Acacio-panicion** et l'**Aervo-fagonion** avec des types biogéographiques : Liaison Sindo-angolane, Omni saharo-sindien, et saharo-sindien-occidental.

Groupe de relevés : A

Cet ensemble d'espèces végétales est présent au Sahara central et au Sahara septentrional. Ces espèces sont : **Groupe A1** : *Acacia tortillis*, *Panicum turgidum*, *Psoralea plicata*, *Cotula cinerea*.

Groupe A2 : *Cornulaca monacantha*, *Hyosciamus muticus*, *Aerva javanica*, *Schouwia thebaica*, *Citrulus colocynthis*, *Francoeuria undulata*, *Reseda villosa*, *Fagonia indica*, *Salsola imbricata*.

Groupe de relevés : B

Représenté par : **Groupe B1** *Acacia tortillis*, *Panicum turgidum*, *Psoralea plicata*, *Euphorbia granulata*, *Cotula cinerea*

Groupe B2 *Cornulaca monacantha*, *Hyosciamus muticus*, *Citrulus colocynthis*, *Francoeuria undulata*, *Reseda villosa*, *Fagonia indica*.

Groupe de relevés C:

Caractérisé par deux principales formations : l'**Acacio-panicion** représentée par les espèces : *Acacia tortillis*, *Panicum turgidum*, *Psoralea plicata*, *Euphorbia granulata*, et *Cotula cinerea*,

L'**Aervo-fagonion**, représentée par : *Hyosciamus muticus*, *Cornulaca monacantha* Delile, *Aerva javanica* (Burm.f.) Juss.

Selon Guendouz-Benrima et al. (2010) ces espèces sont la plupart considérés comme plantes préférées pour le criquet pèlerin. Barry Celles (1981), mentionnent

que ces espèces caractérisent les oueds des plaines sahariennes et l'espèce *Psoralea plicata* définit ces stations où le sol limono-argileux est recouvert d'un mince placage de sable. Guendouz-Benrima et al. (2006) confirme que ces taxons caractérisent les zones d'écoulement et d'épandage des eaux de pluie où l'humidité du sol est plus ou moins élevée.

Groupe de relevés : D

Groupe D1 : *Acacia tortillis*, *Panicum turgidum*, *Psoralea plicata*, *Euphorbia granulata*, *Cotula cinerea*.

Groupe D2 : *Cornulaca monacantha*, *Hyosciamus muticus*, *Aerva javanica*, *Schouwia thebaica*, *Citrulus colocynthis*, *Francoeuria undulata*, *Zygophyllum album*, *Fagonia indica*, *Salsola imbricata*.

Guendouz-Benrima et al., (2010), mentionnent que la plus part des groupements végétaux ont été définis par la fréquence variée des espèces préférées par le Criquet pèlerin, ainsi qu'une humidité de sol relativement élevée, ce qui caractérise un type de biotope présentant des potentialités importante permettant aux individus adultes du Criquet pèlerin de se reproduire. Ces biotopes peuvent, par endroit, être pourvus de *Tetraena alba*, plante préférée, que les criquets utilisent comme ressource trophique métaboliques. Cette hypothèse peut confirmer la présente constatation par les relevés acridiens effectués dans ces stations qui s'individualisent par la présence des larves qui trouvent à leur disposition des plantes qu'elles consomment de manière préférentielle, telles que *Brocchia cinerea*.

4. Analyse phytosociologique de la région BBMK

La diversité floristique des différentes stations prospectées dans cette région montre une variabilité biogéographique importante des taxons végétaux ce qui implique l'influence des régimes méditerranéen et le monde africain. L'humidité peut conditionner la distribution des taxons saharo-sindiens, outre certain minimum d'eau leur est si nécessaire qu'ils disparaissent rapidement des oueds (annexe 13) (Barry et al., 1986).

L'absence de larves du Criquet pèlerin au cours de nos échantillonnages, confirme la faible fréquence de ces biotopes en espèces végétales préférées à l'exception de *Morettia canescens*, *Heliotropium ramosissimum* ces taxons sont

enregistrés avec des valeurs de fréquence très faibles. Ces biotopes sont donc considérés comme biotopes de survie pour ces populations de locustes.

L'analyse du tableau récapitulatif (tableau 5) montre que la diversité végétale est moins importante dans les biotopes prospectés au BBMK en plus de la présence divers types biogéographiques associés à une même formation végétale, d'après Barry et Celle (1986) la faible abondance des *Acacia* au paysage n'est pas relatif au facteur humidité, car le facteur température corrèle avec les hauteurs. (moyenne des minima du mois le plus froid (janvier) égale ou inférieure à +5°).

5. Habitas du criquet pèlerin

Les biotopes acridiens en Afrique nord occidentale se classent en quatre types à savoir:

- Des biotopes de survie ;
- Des biotopes de multiplication ;
- Des biotopes multiplication ;
- Des biotopes de grégarisation. Popov et *al.*, (1991)

Selon Ozenda (1958) et Guendouz-Benrima (2005), le Sahara, constitue un immense territoire avec une grande pauvreté en espèces, en individus et la dominance des groupements végétaux dans ses paysages.

L'analyse phytosociologique couplée aux informations biogéographiques nous a permis de constater que la flore des quatre régions sahariennes étudiées en Algérie, est riche en espèces saharo-sindiennes qui sont largement prédominantes. Selon Ozenda (1958) le Sahara algérien réunit des éléments géographiques de provenances différentes ce qui complique l'analyse biogéographique des biotopes étudiés.

L'examen de nos résultats de distribution des espèces végétales a permis de confronter la répartition observée (au travers des prospections anti-acridiennes) aux formations phytosociologiques classiquement définies ; soulignant éventuellement des spécificités de distribution dans le Sahara algérien dont les quatre régions prospectées constituent un chenal entre l'étage méditerranéen et le monde tropical africain.

Guendouz-Benrima (2005), souligne que les grandes tendances prévisibles se vérifient par :

-
- La disparition des méditerranéennes du Nord vers le Sud ;
 - La disparition des tropicales du Sud au Nord ;
 - La recrudescence et regroupement des méditerranéennes, tropicales et saharo-sindienne en haute montagne notamment dans le Hoggar.

Quant aux espèces saharo-sindiennes des tendances apparaissent :

- certaines sont plus méditerranéennes,
- certaines sont plus méridionales ;
- d'autres sont plus ou moins uniformément dispersées.

Les phytotaxons se répartissent en fonction de leurs occurrences et des secteurs sahariens ce qui s'explique par la présence de liens biogéographiques respectés chez les espèces végétales saharo-sindiennes, outre les hautes montagnes sont des zones très diversifiées en raison du facteur paléoclimatique, à influence méditerranéenne et tropicale et à la multiplicité des types de biotopes (talwegs, épandage, hamada, ...). Les conditions climatiques, hydrologiques, hypsométriques (reliefs) déterminent le découpage en grands secteurs par la chorologie végétale. Guendouz-Benrima (2005).

KAIDI et *al.*, (2017) ont pour leur part déduit que les espèces végétales saharo-sindienne sont les plus répertoriées au niveau des oueds étudiés dans la région du Hoggar.

Nos résultats est une contribution à la description des biotopes acridiens dans le Sahara algérien, et peuvent être exploitées pour l'organisation des prospections dans un contexte de lutte préventive contre les recrudescences du criquet pèlerin, ou à toute autre fin. En dehors du cadre de la lutte antiacridienne (phytosociologie..), dans la même optique, Popov et *al.*, (1991) mentionnent que les biotopes du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria*, en Afrique nord-occidentale sont décrits de façon standardisée, homogène et hiérarchisée. Vingt-six classes de biotopes sont finalement mises en évidence dans les trois zones éco-climatiques saharo-méditerranéennes, sahariennes et saharo-sahéliennes où évoluent les populations de solitaires. Les biotopes des zones méditerranéennes et sahéliennes, colonisés essentiellement en période d'invasion par les populations grégaires, font l'objet de plusieurs études écologiques.

Koutaro Ould Maeno et *al.*, (2018) ayant étudié le choix des sites par des larves grégaires du cinquième stade, ont reconnu que les plantes sont réparties de manière

inéegale sur le site de l'étude. *Calotropis procera* (Asclepiadaceae), *Acacia tortilis* (Fabaceae), *Maerua crassifolia* (Capparaceae) et *Boscia senegalensis* (Capparaceae) ont été fréquemment utilisés comme plantes de perchage. Ces auteurs signalent après avoir analysé et examiné l'interaction entre les plus grands échantillons végétaux d'espèces locales où le groupe des criquets le plus important s'est formé et la densité et la taille d'autres plantes à repos potentielles, que les plantes relativement grandes n'étaient pas réparties près du centre et leur taille diminuait légèrement à mesure que la distance par rapport au centre augmentait, et ces résultats suggéraient que les arbres perchés par le plus grand groupe de criquets se sont distingués au sein de la communauté végétale locale.

Dans un même contexte, l'étude théorique de l'interaction des groupes acridiens avec la communauté végétale a révélé que la réponse géotactique des criquets à la gravité s'explique par la formation d'un seul grand groupe sans aucun autre groupe important dispersé dans le paysage. De même cette conclusion montre que les bandes de repos constituaient un seul grand groupe, avec divers groupes plus petits dispersés, cette étude affirme qu'aucun groupe le plus important correspondant n'a été formé dans la zone locale. Aucune différence significative n'a été observée dans la taille du groupe entre les différentes distances dans cette expérience de géotaxie. Koutaro Ould Maeno et *al.*, (2018)

Guendouz-Benrima et *al.*, (2007), signalent que les milieux qui ont été définis présentent des potentialités contrastées pour le Criquet pèlerin. Ce qui permet de mieux décrire et la typologie des biotopes, Ainsi, quatre types de biotopes ont été décrits dans le Sud algérien :

Les biotopes non attractifs pour le criquet pèlerin qui sont situés dans le Sahara septentrional.

Les biotopes de survie colonisés par *S. gregaria* durant les périodes de recrudescence et invasion, qui colonisent les plateaux gravillonnaires du Sahara Algérien.

Les biotopes de multiplication favorisant la reproduction situés aux zones d'écoulement et d'accumulation des eaux de pluies des plateaux sahariens et les milieux du Sahara central.

Les biotopes de grégarisation permettent la grégarisation du Criquet pèlerin en plus de la reproduction lorsque les conditions écométéorologiques sont favorables (Sahara central et méridional), dont le type de sol est alluvionnaire.

Mahdjoubi et Guendouz-Benrima (2012), notent que la répartition des occurrences des phytotaxons en fonction des secteurs sahariens montre la présence de:

- des grandes tendances biogéographiques respectées pour certains phytotaxons,
- des tendances particulières esquissées chez les espèces végétales saharo-sindiennes ;
- de hautes montagnes et leurs piémonts sont des zones de plus grande diversité dû aux relictés paléoclimatiques, aux doubles influences méditerranéennes et tropicales et à la diversification des types de biotopes (talwegs, épandage, hamada, ...). Cette écodiversité induit une biodiversité ;
- un découpage en grandes zones est d'origine macroclimatique. Ensuite, l'hydrologie, la géomorphologie, l'altitude prennent le relais pour distinguer les étages microclimatique et les biotopes s'individualise en fonction de la géomorphologie, de l'hydrologie et de la topographie.

La plus part des taxons végétaux caractérisant les milieux Sahariens sont colonisés par une flore essentiellement Saharo-Sindienne, mais aussi par de nombreux taxons soit strictement méditerranéens soit au contraire appartenant au monde tropical africain.

Les espèces méditerranéennes sont très fréquentes dans le Sahara septentrional et central, alors que dans le méridional ce sont plutôt les tropicales qui s'installent. Les espèces saharo-sindiennes et les espèces d'Afrique sèche sont présentes partout dans le Sahara avec une présence très équilibrée.

6. Analyse qualitative des composés des extraits aqueux des plantes non préférées

L'ensemble des résultats obtenus constitue une première étape dans la recherche de substances bioactives, et avait pour objectif de démontrer par détermination de la composition chimique des extraits aqueux le classement des plantes non appréciées (figure 12), très abondantes dans les biotopes acridiens au Sahara Algérien, et d'en connaître éventuellement le ou les principes actifs lui

conférant des propriétés anti-apétentes ou insecticides. Ainsi, nous avons obtenu un taux de mortalité de 95% signifiant le pouvoir insecticide des plantes testées.

La chromatographie nous a permis d'identifier quelques composés chimiques de *Citrillus colocynthis* et *Cassia italica*, qui sont essentiellement l'**acide annique** (tr=3.6 min), l'**acide 3-hydroxy-4-methoxycinnamique** (tr=28.3 min), la **naringénine** (tr=30.4 min) et l'**acide M-anisique** (tr=33 min), l'**acide syringique** (tr=22 min). Ces espèces ont montré une toxicité très marquée en se référant au paramètre histologique étudié.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'analyse phytosociologique de nos différentes stations a conduit à une meilleure connaissance de la diversité des paramètres écologiques (composantes statiques et dynamiques) influençant le maintien des populations du Criquet pèlerin en l'absence de grégarisation et montrant un comportement alimentaire varié. Différents groupements floristiques se répartissent en fonction de la géomorphologie, du bioclimat et de la texture du sol. Cependant tous les facteurs qui régissent les apports en eau sont nécessaires pour comprendre et interpréter la distribution des communautés végétales sahariennes.

Notre objectif était d'étudier les principales zones d'habitat du Criquet pèlerin solitaire au Sahara algérien et de caractériser localement leurs besoins écologiques. Le critère de qualité était la mesure de la densité. Pour évaluer la description de l'habitat, nous croyons fermement que l'interprétation de la végétation dans le cadre d'un système phytosociologique est plus pertinente que la simple mesure de la couverture et de la richesse des plantes enregistrées dans chaque site d'étude. Une richesse donnée dans l'Acacio-Panicion n'a pas la même signification que la même richesse dans l'Aervo-Fagonion (végétation sur le reg du désert, c'est-à-dire une surface abritant un mélange de sable et de gravier). Ainsi, les différents relevés de végétation doivent être consignés dans des assemblages et interprétés davantage à l'aide de bases de données bibliographiques de phytosociologie. Ces investigations doivent être considérées à la plus grande échelle possible, et nous a motivé à explorer quatre zones différentes dans le Sahara algérien, différentes par leur climat, leur altitude et leur position géographique. Deux de ces régions (Adrar et Bordj-Badji-Mokhtar) ont été choisis comme ils ont été identifiés comme des zones de reproduction du criquet pèlerin au cours des 20 dernières années par le DLAA (Département de Lutte Anti-Acridienne). La troisième (Djanet) a hébergé le Criquet pèlerin, mais il ne semble pas se reproduire régulièrement chaque année d'après plusieurs auteurs. Malgré l'absence du criquet pèlerin à Tamanrasset, cette zone a également été étudiée pour mieux comprendre les facteurs limitant l'insecte. On peut également se demander si l'un des biotopes hébergeant le Criquet pèlerin considéré ici a une végétation similaire à celle des autres régions d'Afrique (Sahélien, soudanais) où la grégarisation est souvent observée.

Perspectives :

Notre approche rentre dans le cadre d'une contribution au référentiel bibliographique national des publications sur les acridiens en Algérie, qui va servir de base pour les études à venir. Il constitue une analyse phytosociologique de données des acridiens. Ceci constitue une seconde base de données qui sert à fournir des données nouvelles pour établir des cartes sur la flore du Sahara, faisant ressortir les foyers de grégarisations au Sahara algérien. Ces cartes constitueront des outils nécessaires dans le cadre de l'amélioration des prospections acridiennes.

Les prospections menées au cours de notre travail ont été supervisées par les équipes de la DLAA, cependant, il est toujours important de planifier un nombre encore plus important de relevés ce qui permet d'avoir une fidélité importante des résultats attendus. Les biotopes acridiens se caractérisent par une végétation très pauvre mais avec une diversité spécifique variée.

Il faut cependant reconnaître qu'à travers tous les travaux consultés sur l'étude des différents aspects traitant la bio-écologie du criquet pèlerin les limites des connaissances font que de nombreux progrès restent à accomplir dans ce contexte. Pour une bonne conduite de la lutte préventive, il est impératif d'identifier les paramètres écologiques spatiotemporels régissant les populations solitaires, à partir desquelles peut se produire le phénomène de grégarisation. En particulier, des biotopes pouvant héberger des transiens.

La détermination des taxons végétaux, doit suivre les règles de la systématique et éviter l'utilisation de noms vernaculaires, ceci est important même au moment des signalisations sur terrain au cours des prospections. Il est fort intéressant aussi d'utiliser les noms d'espèces végétales avec leurs abondances dominances, déterminante du groupement phytosociologique dans le biotope acridien et pas indicatrice des conditions de milieu, ce qui permet de construire une liste plus ou moins complète d'espèces végétales selon leurs dynamique.

Deux principales zones de foyer de grégarisation se dessinent, l'une dans la région d'Adrar dans le Sahara occidental et l'autre dans le BBMK. Ces zones doivent constituer les points de surveillances de prédilection pour le DLAA. L'analyse de toutes ses informations a permis de déterminer des qualités phytosociologiques des zones à hautes fréquences de Criquet pèlerin dans leurs biotopes naturelles. Toutefois, une étude plus approfondie, mettant l'accent sur la synécologie dans de vaste territoire grégarigène, est nécessaire pour affiner les causes de recrudescence.

Nous avons déterminé au cours de cette étude la typologie des biotopes de distribution du Criquet pèlerin au Sahara algérien par un croisement des données acridiennes et environnementales. Il est à noter que le nombre réduit de relevés en période de rémission montre la nécessité d'amplifier les prospections pendant cette période. Cependant, une initiative très importante est à souligner, pour la création d'une plateforme de GIS de lutte antiacridienne et la mise en place d'un organe de coordination de l'ensemble des intervenant dans ce contexte.

En Algérie, il est primordial de redécouper plus finement les régions d'activités acridiennes par l'emploi des outils modernes disponibles, notamment les Modèles Numériques de Terrain, données satellitaires. Il serait alors possible de comprendre bien plus précisément l'enchaînement des reproductions du criquet pèlerin le long des oueds dans la région d'Adrar en fonction de la redistribution des taxons végétaux et la pluviométrie. Si un foyer grégarigène arrive à être dessiné avec précision, il serait même envisageable de prévoir la redistribution à venir. Régit par le climat et le réseau météorologique, la végétation est le maillon entre la région saharienne et biotope acridien, de ce fait, la délimitation phytochorologique actualisée et précise des biotopes acridiens est indispensable et mérite d'être revue en profondeur. En effet, la chorologie végétale est particulièrement utile pour affiner la délimitation et le découpage car certaines espèces ont des affinités climatiques ou pédologiques connues, ce qui permet de tracer des limites écologiques majeures.

Ainsi notre présent travail vise l'amélioration de la surveillance du Criquet pèlerin et a permis de dessiner un schéma de dynamique écologique du criquet pèlerin ce qui peut avoir une incidence sur l'élaboration et la mise en œuvre des plans d'action des campagnes de surveillance et d'intervention. L'ensemble de ces connaissances peuvent permettre une meilleure planification des opérations de lutte antiacridienne en minimisant au maximum le coût de la lutte chimique. En Algérie, la synthèse des données acridiennes disponibles permettra d'avoir une vision synthétique de la biogéographie du Criquet pèlerin, laquelle manque beaucoup de précisions. Or elle est indispensable pour rationaliser les efforts de surveillance et de lutte. Nous avons jugé utile d'utiliser la même approche en l'adaptant à notre cas d'étude : la phytosociologie au service de la biogéographie du Criquet pèlerin en Algérie. Notre travail est basé sur l'analyse des données sur ce fléau, il a pour but de préciser les connaissances sur la bioécologie du Criquet pèlerin,

la dynamique spatio-temporelle des sites de reproduction et ceux de la transformation phasaire d'une part, et préciser par la suite la dynamique saisonnière des populations des solitaires, Ceci revient à tenter d'établir un schéma synthétique global sur les mouvements des populations solitaires

A l'heure actuelle, la mise au point d'un biopesticide à base des molécules bioactives constitue un axe de recherche prioritaire dans le domaine de lutte contre les locustes. Ces métabolites ont la capacité de provoquer des altérations et des destructions de cellules épithéliales chez les individus de *Schistocerca gregaria*, possédant une activité acaricide spécifique.

Les résultats de la présente étude portant sur l'évaluation du pouvoir répulsif et toxique de six espèces spontanées (*Aerva j.*, *Cassia i.*, *Citrullus c.*, *Fagonia a.*, *Morettia c.* et *Lawsonia i.*), révèlent que ces espèces végétales présentent des potentialités et pourraient être utilisées et exploitées avec succès pour la gestion de la lutte antiacridienne. Les métabolites secondaires détectés pour la plupart par des plantes testées sont classés dans la liste de molécules qui entraînent des pertes considérables sur le rendement et la qualité de l'alimentation des locustes et qui sont dans la plupart des cas toxiques et atteignent plusieurs sites, par voie multiples.

A l'origine cette démarche visait la réduction du nombre d'intervention avec des pesticides tout en minimisant leurs effets secondaires. Par conséquent le développement des biopesticides d'origines végétale, est une méthode plus saine et écologique pour la lutte antiacridienne car ses conséquences écotoxicologiques plus contraignantes mènent à une augmentation importante des coûts de développement de nouveaux produits aux rapports existants entre les locustes et leur environnement.

Les effets toxiques des extraits aqueux sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* ont montré à échelle histologique pratiquée au niveau de l'intestin moyen que ce dernier présente une réduction de la musculature circulaire externe entraînant un relâchement de l'intestin et une atrophie de la muqueuse intestinale qui présente un épithélium réduit. L'épithélium mésentéral présente des signes de nécrose cellulaire.

Cette démarche constitue une première initiative dans la recherche de molécules acricides d'origine végétale, elle mérite d'être poursuivie par des études plus approfondies pour confirmer leurs activités. Il serait intéressant de tester l'activité de ces extraits sur d'autres espèces nuisibles ravageurs en particulier ceux listés de quarantaine qui constituent des organismes très redoutables comme par exemples *Dauciostaurus marocanus* et *Locusta migratoria*. Il serait aussi d'intérêt de caractériser les molécules existantes chez chaque espèce végétale étudiée afin de les formuler et les utiliser comme produits stables.

En conséquence, de nouveaux produits d'origine végétale sont de plus en plus recherchés pour, d'une part, assurer une protection antiacridienne, d'autre part, contribuer au développement d'une agriculture durable

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abbassi K., Mergaoui L., Atay Kadiri Z., Stambouli A. et Ghaout S., 2003b.- Effet des extraits de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Zool. Baetica., vol. 13 et 14: 203-217.

Abbassi K., Atay Kadiri Z. et Ghaout S., 2004 - Activité biologique des feuilles de *Calotropis procera* (Ait. R. Br) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forsk. 1775). Zool. baetica , vol. 15, pp. 153-166.

Abbassi K., Atay Kadiri Z., Ghaout S., Mergaoui L. et Stambouli A., 2003a - Effets des extraits de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775). Zool. baetica , vol. 13/14 : 203-217.

Abbassi K., Mergaoui I., Atay-Kadiri z., Ghaout s. et Stambouli A., 2005.- Activités biologiques des feuilles de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) en floraison sur la mortalité et l'activité génésique chez le criquet pèlerin. Zool. Bætica, vol. 16: 31-46.

Abdessemed Hadjira, Hambaba Leila, Abdeddaim Mohamed et Aberkane M. Cherif. 2011/ Tunis. J. Med. Plants Nat. Prod.; 6: 53-62.

Abdou Mamadou, Ahmed Mazih et Alzouma Inezdane 2005 L'impact des pesticides utilisés en lutte contre le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775) (orthoptera, acrididae) sur deux espèces de pimelia (coleoptera, tenebrionidae) au Niger. Vertigo. Vol. 6 Numéro.3

Abdourahamane Tankari Dan-Badjo 2003: Etude du cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (forskål, 1775) sur chou (brassica oleracea) en laboratoire the studying of biological cycle of schistocerca gregaria (forskål, 1775) on the cabbage (brassica oleracea) in laboratory

Arifi A. 1991 ; Evolution des invasions de *Schistocerca gregaria* (Forsk, 1775) au Maroc durant les années 1987 et 1989. La lutte anti-acridienne. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris © 1991, pp. 3-22. DPVCTRF, BP 1308, Rabat, Maroc

Babah, M.A.O. & Sword, G.A. 2004. Linking locust gregarization to local resource distribution patterns across a large spatial scale. *Environmental Entomology* 33: 1577–1583.

Barry J.P., and Celles J.C. (1972-1973). Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara Algérien. *Naturalia Monspeliensia*, , *Série Botanique*, 23–24: 5–48.

Barry J.P., J.C. Celles et J. Musso, 1986.-Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara. Note V: Du Sahara au Sahel. Un essai de définition de cette marche africaine aux alentours de l'Adrar des Horas. *Ecologia*

Barry, J.P., 1991. Bioclimat et végétation des montagnes du Sahara central et du Sahara occidental. *Revue de Géographie Alpine*. 79-1 pp. 55-70

Barry, J.P., Celles, J.C. & Manière, R. 1976. Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara Algérien. Note II. Le Sahara central et le Sahara méridional. *Naturalia Monspeliensia, Série Botanique*, 26: 211–242.

Barry, J.P., Celles, J.C. & Manière, R. 1981. Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara Algérien. Note III. L'analyse de la végétation de la région d'In-Salah et de Tamarasset (Sahara central et méridional). *Naturalia Monspeliensia, Série Botanique*, 44: 1–48.

Barry, J.P., Celles, J.C. & Musso, J. 1985. Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara Algérien. Note IV. Le plateau du Tademaït et ses alentours (carte Ouargla). *Naturalia Monspeliensia, Série Botanique*, 11: 123–181.

Barry, J.P., Courel, M. F., Deconinck, J.N., Jaouen, X., Musso, J. Riser, J. & Rolando, C. 1988. Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara. Note X Au Sahara occidental: la dorsale Reguibat et le Hank, approches biogéographiques et géomorphologiques. *Ecologia Mediterranea* 14: 57–84.

Barry, J.P., Jaquen, X., Musso, J. & Riser, J. 1987. Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara Algérien. Note VI. Entre Sahel et Sahara: l'Adrar mauritanien. Approche biogéographique et géomorphologique. *Ecologia*

Benfekih, L., Foucart, A. & Petit D. 2011- Central Saharan populations of *Locusta migratoria cinerascens* (Orthoptera: Acrididae) in irrigated perimeters: is it a recent colonisation event? *Annales de la Société Entomologique de France*, 47(1): 1-8.

Benhalima T., Louveaux A. et Gillon Y., 1984 – Utilisation des ressources trophiques par *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) (Orthoptera, Gomphocerinae). Choix des espèces consommées en fonction de leur valeur nutritive. *Acta Ecol. Génér.*, 5, (4) : 383 – 406.

Bissaad F.Z., 2002 – *Etude comparative de l'effet du fipronil et d'un entomopathogène Beauveria bassiana Bals. sur le criquet pèlerin Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Orthoptera, Acrididae). Thèse Magister Sci. Agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 112 p.

Bouaichi, A., Simpson, S.J. & Roessingh, P. 1996. The influence of environmental microstructure on the behavioural phase state and distribution of the desert locust *Schistocerca gregaria*. *Physiological Entomology* 21: 247–256.

Braun-Blanquet J. 1932. *Plant sociology; the study of plant communities*; by dr. J.

Braun-Blanquet, J. 1965. *Plant sociology. The study of plant communities*. Hafner, New York, US. Chytrý, M., Tichý, L., Holt, J. & Botta-Dukát, Z. 2002. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science* 13: 79–90.

-
- Bruneton J. 1999. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Ed. médicales internationales Editions Technique et documentation, cachan, (S.I). pp647-673.
- C.O.P.R. 1981-Desert Locust forecasting Manual. Center for Overseas Pest Resaerch (London). D. Pedgley ed. T1, 142 pp. 1
- Ceccato, P., Cressman, K., Giannini, A., and Trzaska, S. 2007- The desert locust upsurge in West Africa (2003–2005): Information on the desert locust early warning system and the prospects for seasonal climate forecasting. *International Journal of Pest Management*, 53(1): 7-13.
- Chapuis, M. P., Plantamp, C., Blondin, L., Vassal, J. M., and Lecoq, M. 2014- Demographic processes shaping genetic variation of the solitary phase of the desert locust. *Molecular ecology*, 23(7): 1749-1763.
- Chapuis, M. P. et A. Estoup, 2007. Microsatellite null alleles and estimation of population differentiation. *Molecular Biology and Evolution* 24(3): 621-631.
- Chara B. 1998- Organisation de la lutte antiacridienne en Algérie. Historique et évolution des moyens. CLCPANO, Alger.
- Chytrý, M., Tichý, L., Holt, J. & Botta-Dukát, Z. 2002-Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science* 13: 79–90.
- Cirad, 2014 : Criquet pèlerin : des populations solitaires abondantes et très mobiles. <https://www.cirad.fr/nos-recherches/resultats-de-recherche/2014/criquet-pelerin-des-populations-solitaires-abondantes-et-tres-mobiles>
- Clarke, K. R. 1993 - Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18: 117-143.
- Cressman Keith, 2008-THE USE OF NEW TECHNOLOGIES IN DESERT LOCUST EARLY WARNING Outlooks on Pest Managemen 19 (2):55-59
- Culmsee, H. 2001. How does the desert locust *Schistocerca gregaria* behave in its environ-ment? A study within the *Zygophyllum waterlotii*-vegetation complex in proximity to the Atlantic Ocean in Mauritania (West-Africa). *Bocconeia* 13: 517–521.
- Culmsee, H. 2002. The habitat functions of vegetation in relation to the behaviour of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (*Acrididae: Orthoptera*), a study in Mauritania (West Africa). *Phytocoenologia* 32: 645–664.
- Despland, E., Collett, M., and Simpson, S. J. Small 2000- scale processes in desert locust swarm formation: how vegetation patterns influence gregarization. *Oikos*, 88(3): 652-662.
- Dobson, H.M. Directives sur le Criquet pèlerin. 2001- Lutte antiacridienne. FAO ed, Rome, 47 pp.

Doumandji S. et Doumandji-Mitiche B., 1994- Criquets et sauterelles (Acridologie). Ed. Office Publ. Univ., Alger, 99 p.

Doumandji-mitiche B., et Doumandji S., 2008.- Quelques agents biologiques susceptibles d'être utilisés en lutte antiacridienne. Rev. des régi. Arides, vol. 3(21): 1154-1158.

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.

Duranton J.F., Foucart A. & Gay P.E., 2012. – Florule des biotopes du Criquet pèlerin en Afrique de l'Ouest. – FAO-CLCPRO/Cirad, Alger/Montpellier (France), 487 p.

Duranton Jean-François, Monard Annie, Solano Ricardo. 2001. Outbreaks of *Schistocerca interrita* (Scudder, 1899) in Northern Peru *Metaleptea* (Special Meeting), , 1 p. International Conference of the Orthopterists' Society. 8, Montpellier, France, 19 Août 2001/22

Duranton J-F., Launois-Luong, M.M. et Lecoq, M. (1982)-Manuel de protection acridienne en zone tropicale sèche. Ed. Gerdat, Paris, T. I, 695 p.

Duranton, J.F. & Lecoq, M. 1990- *Le criquet pèlerin au Sahel*. CIRAD-PRIFAS ed., Niamey, NE, FAO/GIEWS 2004. *Sahel weather and crop situation report*. FAO [Report no. 1, 9 June 2004], Roma, IT.

FAO, 2009 : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Recrudescences du Criquet pèlerin.

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.

Guendouz-Benrima Atika, Duranton Jean-François, Doumandji Mitiche Bahia. 2006 : La distribution des populations d'invasion et de rémission du Criquet pèlerin *Shistocerca gregaria* Forsk. en Algérie. VIème Conférence internationale francophone d'entomologie sur l'entomologie et développement durable, Rabat, 2-6 juillet 2006. Institut scientifique, Association marocaine de biodiversité. s.l. : s.n., Résumé, 111-112. Conférence internationale francophone d'entomologie. 6, Rabat, Maroc, 2 Juillet 2006/6 Juillet 2006.

Guendouz-Benrima, A. Ecophysiologie et biogéographie du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans le Sud algérien. Thèse doc. INA. Algérie. (2005), 212 p.

Guendouz-Benrima, A., Duranton, J.F. & Doumandji-Mitiche, B. 2010. Préférences alimentaires de *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) à l'état solitaire dans les biotopes du Sud algérien. *Journal of Orthoptera Research* 19: 7–14.

Guendouz-Benrima, A., Chara, B., Duranton, J.F. & Doumandji-Mitiche, B. 2002. Caractérisation par la végétation des biotopes de multiplication et de grégarisation de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (*Orthoptera* – *Acrididae*) dans le sud Algérien. *Revue de Cytologie et Biologie Végétales – Le Botaniste* 25: 13–25.

Guendouz-Benrima, A., Duranton, J.F., Benhammouda, M.E.H. & Doumandji-Mitiche, B. 2007. Distribution des populations de Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk 1775 (*Insecta, Orthoptera*) en période de rémission en Algérie de 1983 à 2000. *Science et changements planétaires Sécheresse* 18: 246–253.

Guichard, K.M. 1995. Habitats of the Desert Locust (*Schistocerca gregaria* Forskål) in western Libya and Tibesti. *AntiLocust Bulletin* 21: 1–33.

Hamid Oudjana Aicha, Boudraïssa Idriss, Mokadem Samia, Rouibah Meriem, Kemassi Abdellah, Boual Zakaria et Ould El Hadj Mohamed Didi 2015- Etude de l'effet des huiles essentielles brutes foliaires de *Colocynthis vulgaris* sur l'activité cholinestérasique chez des imagos de *Schistocerca gregaria* (FORSKÅL, 1775). *AJAE*.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1–9. URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. <http://www.fao.org/ag/locusts/fr/archives/1146/index.html>

Idrissi Hassani L. M. & J. Hermas 2008: Effets de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (*Orthoptera, Acrididae*). *Zool. baetica*, ISSN: 1130-4251 (2008), vol. 19, 71-84

Kaabèche, M. 2000. *Conservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles Guide des habitats aride et saharien. Typologie phytosociologique de la végétation d'Algérie*. Abbas University ed., Sétif, DZ.

Kaidi N., Amroun C., Hocine DJ., Doumandji S. and Ghazali DJ., 2017- Biological activity of *Calotropis procera* Ait on mortality and haemogram of *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) and *Locusta migratoria* (Linné, 1758). *Advances in Environmental Biology*, 11(4) : 37-45.

Kemassi A., 2008 : Toxicité comparée des extraits de quelques plantes acridifuges du Sahara septentrional Est algérien sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775. Thèse Magi., Univ. Ouargla. 160 p.

Kemassi A., Boual Z., Ould El Hadj-Khelil A., Dadi Bouhoun M. et Ould El Hadj M.D., 2010 : Activité biologique de l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.) (*Euphorbiaceae*) sur les larves du cinquième stade et sur les adultes

de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae). Annales des Sciences et Technologies. 2(1) : 61-70.

Kemassi A. 2014 : Toxicité comparée des extraits d'*Euphorbia guyoniana* (Stapf.) (Euphorbiaceae), *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) et de *Capparis spinosa* L. (Capparidaceae) récoltés de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional) sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae). Thèse doc. UNIV. OUARGLA Algérie. (2005), 242 p.

Kemassi A. Boual Zakaria, Bouziane Nawal, Ould El Hadj-Khelil Aminata and Ould El Hadj Mohamed Didi. 2013: Biological activity of essential oils leaves from one Sahara plant: *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) on the desert locust. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci ISSN: 2319-7706 Volume 2 Number 8 (2013) pp. 389-395.

Kemassi A., Boual Z., Lebbouz I., Daddi-Bouhoun M., Saker M.L., Ould EL Hadj Khelil A. et Ould El Hadj M.D., 2012- Etude de l'activité biologique de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae). Lebanese Science Journal, 13, (2): 81-97.

Kemassi A., Bouziane N., Boual Z. et Ould El Hadj M. D., 2014- Activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Phytothérapie. V. 12, pp 348-353.

Kemassi A., Hellali N., Hadj Mahammed M., Boual Z., Ould El Hadj-Khelil A. et Ould El Hadj M. D., 2011b- Bioactivity of *Cymbopogon schoenanthus* L.(Poaceae) essential oils on The larvae and adults of *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acridea). Séminaire International sur la Protection des Végétaux.Ecol. Nati. Sup. Agro., El Harrach.The newsletter of the orthopterists' society. Volume 31 (2) / May 2011, pp. 18-28.

Kemassi A., Oual Z., Ould El Hadj-Khelil A., Bouhoun M. D. et Ould El HADJ M. D., 2011a- Action of *Peganum harmala* L.(Zygophyllaceae) leaf extracts on some biological parameters of *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae). Séminaire International sur la Protection des Végétaux: Abstracts.The newsletter of the orthopterists' society. Volume 31 (2) / May 2011, pp. 18-28.

Koutaro Ould Maeno et al 2018- Aggregation Site Choice by Gregarious Nymphs of the Desert Locust, *Schistocerca gregaria*, in the Sahara Desert of Mauritania.Insects. 9(3): 99.

Launois-luong M.H. et Lecoq M., 1989 – Vade Mecum des criquets du Sahel. Ed. CIRAD / PRIFAS, 'Collection Acridologie Opérationnelle n°5', Montpellier, 125 p.

Lecoq Michel 2012 : Module de formation sur la biologie et l'écologie du Criquet pèlerin Training modules on the biology and ecology of the Desert Locust. Lecoq M., 2012. Bioécologie du criquet pèlerin. FAO-CLCPRO (Commission de lutte contre le Criquet pèlerin en région occidentale), Alger. 217 p

-
- Lemée, G. 1967. *Précis de biogéographie*. Masson, Paris, FR.
- Luong-skormand M.H., Rachadi T. et Lecoq M., 1999- *La lutte contre les criquets ravageurs : l'intérêt des mycopesticides*. Ed. Cirad-Amis-Programme Protection des cultures, n°19, Paris, : 49-52.
- Macheix JJ;Fleuriet A; ay-allemand C.2005-Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique , 1^{ère} édition , presses polytechniques et universitaires romandes , lausanne bio ed 54-65.
- Magor, J.I, Lecoq M., Hunter D.M. 2008-Preventive control and Desert Locust plagues. *Crop protection*, 27: 1527-1533.
- Magor, J.I. Forecasting migrant insect pests. In Drake, V. A., & Gatehouse, A. G. (Eds.). 1995-Insect migration: tracking resources through space and time, Cambridge University. Press, 399-426.
- Mahamadou Namori Keita 2009-Contribution à l'amélioration de la lutte préventive par l'étude de la biogéographie le Criquet pèlerin au Mali. MÉMOIRE DE TROISIÈME CYCLE Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement.
- Mahdjoubi DJ. et Guendouz-benrima a., 2012 – Description des biotopes du criquet pèlerin dans le contexte algérien. *Agrobiologia*, (3): 6-18.
- Mario A. Poot-Pech 2017- Population fluctuation of *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Orthoptera: Acrididae) in the Yucatán Peninsula and its relation with the environmental conditions. *Biologia tropical. Rev. Biol. Trop*, 66 (1): 403-414 pp.
- Martoja R. et Martoja M., 1967- Initiation aux techniques de l'histologie animale. Ed. Masson et Cie, Paris Vol.V, 331p.
- Mohamed Reda et al. 2017: Phylogenetic and antagonistic characteristics of novel *Bacillus cereus* isolates against desert locust, *Schistocerca gregaria* Forskal (Orthoptera: Acrididae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 7 pp.
- Mucina, L., Bültman, H., Dierben, K., Theurillat, J.-P., Dengler, J., Čarni, A., Šumberová, K., Raus, T., Di Pietro, R., (...) & Popov, G. B., Wood, T. G., Haggis, M. J. & Cloudsley-Thompson, J. L. 1984. Insect pests of the Sahara. In: Cloudsley Tichý, (ed.) *Key environments. Sahara desert*, 145–174. Pergamon Press, London, UK.
- Omer, K. S. O. 2006- Distribution of the desert locust (*Schistocerca gregaria* Forskal)(Acrididae: Orthoptera) in relation to herbage quality in the red sea coast of Sudan. Doctoral dissertation, University of Khartoum.
- Ould el Hadj, M. D. 2004- Le problème acridien au Sahara algérien. Thèse doc. INA. Algérie. 275 p.

Ould Babah M.A., Guendouz A., Duranton J.F. et Courel M.F., 2005- *Ecologie et maîtrise des populations d'acridiens. Caractérisation et dynamique des biotopes du Criquet pèlerin*. Ed. Cirad/Prifas, Montpellier. (Disponible sur <http://www.cirad.fr/ur/index.php/acridologie>).

Ould El Hadj M. D., Tankari Dan- Badjo A., Halouane F. et Doumandji S., 2005- Etude de la toxicité de trois plantes acridifuges chez *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae). 6^{ème} Journée d' Acridologie - Inst. Nati. Agro., El-Harrach - Alger. 06 mars 2005.

Ould El Hadj M. D., Tankari Dan-Badjo A., Halouane F. et Doumandji S., 2006.- Toxicité comparée des extraits de trois plantes acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae). Sécheresse, vol. 17(3): 407-414.

Ould el hadj M. D. et al. 2003: Etude comparative de la toxicité de trois substances acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* forskål, 1775 (orthoptera, cyrtacanthacridinae)

Outtar F., 2009- *Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae). Thès. Mag. Sci. Agro., Ecol. Nati. Sup. Agro., El Harrach, 203 p.

Outtar F., 2015-Place des biopesticides dans la lutte antiacridienne : Essai et méthodes d'utilisation contre les criquets ravageurs. Thèse doc. INA. Algérie. 182p.

Ozenda, P.1958- Flore du Sahara septentrional et central. Centre National de la Recherche Scientifique – Volume. 1486 p.

Paris RR, Moysse H. 1971-Précis de Matière Médicale, Tome III., Paris, Masson. Paris Sud, Orsay, 235 p.

Piou Cyril 2016: Du sable à l'arène... pourquoi les criquets tournent? Séminaire réseau "Comportement" INRA-EFPA St Pée - Octobre 2016.

Popov G.B., Duranton J. F. et Gigault J., 1991 - *Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) en Afrique du Nord Occidentale. Ed. Cirad/ Prifas, Minist. Coop. Dév. ONU, Cent. Coop. Inter. Rech. Agro. Dév., 743 p.

Popov G.B., Launois-Luong M.H. et Van der veel J.J., 1990- *Les oothèques des criquets du Sahel*. Ed. Cirad/Prifas, 'Collection Acridologie Opérationnelle n°7', Montpellier, 153p.

Popov, G. B., Wood, T. G., Haggis, M. J., and Cloudsley-Thompson, J. L. 1984- Insect pests of the Sahara. Key environments. Sahara desert, 145-174.

Quézel P. 1965. La végétation du Sahara. Du Tchad à la Mauritanie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, DE.

Quézel, P. & Santa, S. 1962–1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. 2 vols. CNRS, Paris, FR.

Rembold H., 1997- *Melia volkensii*: a natural insecticide against desert locust, pp.185-191 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., New strategies in locust control, Ed. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.

Rivas-Martínez S., Penas A. & Díaz T.E., 2004, - Bioclimatic & Biogeographic Maps of Europe. University of León, E-24071, Spain. ISBN 84-9773-276-6.

Scherer R., 1998 - Aide d'urgence 1998: Évaluation d'activités de lutte anti-acridienne. Projet Lutte anti-acridienne en Afrique 93.2121.7 Mission du 26.01 au 03.04.1998. Coopération technique : République fédérale d'Allemagne – République de Madagascar. (Disponible sur <http://ispi-lit.cirad.fr/text/SchererB98b.htm>).

Shulz, E., Abichou, A., Adamou, A., Ballouche, A. & Ousseini, I. 2009. The desert in the Sahara, transitions and boundaries. In: Baumhauer, R. & Runge, J. (eds.) Palaeoecology of Africa Vol. 29: Holocene palaeoenvironmental history of the Central Sahara, pp. 63-90 CRC Press, New York, US.

Simpson, S.J. 1982- Changes in the efficiency of utilisation of food throughout the fifth-instar nymphs of *Locusta migratoria* Entomologia Experimentalis et Applicata 31, 265-275.

Sitouh, M. 1976. Relation entre les crues et *Schistocerca gregaria* (Forsk. 1775) en phase solitaire dans le Sahara central de 1967 à 1972. Annales de l'Institut National Agronomique 6: 33–83.

Spss Inc. Systat 12, the statistics software. Evanston, 1997- Sword, G. A., Lecoq, M., and Simpson, S. J. Phase polyphenism and preventative locust management. Journal of insect physiology, (2010), 56(8): 949-957.

Symmons et Cressman, 2001 – *Directives sur le criquet pèlerin : Le criquet pèlerin, biologie et comportement*. Ed. Food Alimentation Organisation (F.A.O.), Rome, 43 p.

Tappan, G.G., Moore, D.G. & Knausenberger, W.I. 1991. Monitoring grasshopper and locust habitats in Sahelian Africa using GIS and remote sensing technology. International Journal of Geographical Information System 5: 123–135.

Tichý, L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. Journal of Vegetation Science 13: 451–453.

Uvarov BP (1921). Notes on the Orthoptera in the British Museum. 1. The group of Eupreopcnemini. Trans. Ent. Soc. Lond., 1(2): 106-143.

Uvarov BP (1937) Biological and ecological basis of locust phases and their practical application. Proceedings 4th International Locust Conference, Cairo, 1936, Appendix 7. Government Press, Bulâq, Cairo, Egypt.

Uvarov, B. P. 1966- Grasshoppers and Locusts: A Handbook of General Acridology. Vol. 1, Anatomy, Physiology, Development, Phase Polymorphism, Introduction to Taxonomy. Published for the Anti-Locust Research Centre at the University Press.

Uvarov, B.P. 1977. Grasshoppers and locusts. A handbook of general acridology. Vol. 2: Behaviour, ecology, biogeography, population dynamics. Centre for Overseas Pest Research, London, UK.

van Huis, A. (2007). Strategies to Control the Desert Locust *Schistocerca gregaria*. Area-Wide Control of Insect Pests From Research to Field Implementation. A. S. R. a. J. H. M.J.B. Vreysen. 16: 792 (this section is from 285-296).

Van Huis, A., Woldewahid, G. & Toleubayev, K. 2008. Relationships between food quality and fitness in the desert locust, *Schistocerca gregaria*, and its distribution over habitats on the Red Sea coastal plain of Sudan. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 127: 144–156.

Van der Werf, W., Woldewahid, G. & Van Huis, A. 2005. Plant communities can predict the distribution of solitary desert locust *Schistocerca gregaria*. *Journal of Applied Ecology* 42: 989–997.

Van Huis et al., 2006-Preventing desert locust plagues: optimizing management interventions 122: 191–214. Journal compilation © 2007 The Netherlands Entomological Society.

Volkhonsky M. A., 1942 : Une mission d'étude de *Schistocerca gregaria* (Foskal, 1775), phase solitaire dans le Sahara central (Hoggar Assegrad, Ahnet) novembre décembre 1940 (Quatrième rapport préliminaire) *Arch. Inst. Pasteur d'Algérie*, 19(2) : 313-325.

Volkonsky M.A., 1942 - Une mission d'étude de *Schistocerca gregaria* (Forskäl), phase solitaire dans le Sahara central (Hoggar, Assegrad, Ahnet) novembre - décembre 1940. (Quatrième rapport préliminaire) *Arch. Inst. Pasteur d'Algérie*, 19 (2): 313-325.

Waloff, Z. 1963- Field studies on solitary and transiens desert locusts in the Red Sea area. *AntiLocust Bulletin*, 40 p.

Waloff, Z. 1976- Some temporal characteristics of desert locust plagues. *Anti-Locust Memoir*, 13 p.

Woldewahid, G., Van der Werf, W., & Van Huis, A. 2004. Spatial distribution of populations of solitary adult desert locust (*Schistocerca gregaria* Forsk.) on the coastal plain of Sudan. *Agricultural and Forest Entomology* 6: 181–191.

Xingcong Jiang 1 et al., 2018- Odorant Binding Proteins of the Desert Locust *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, Acrididae): Topographic Expression Patterns in the Antennae. *Frontiers in physiology. Antennal Topographic Expression of Locust OBPs. Front Physiol.* 2018; 9: 417.

Annexes

Annexe 1. Composition des assemblages de plantes dans la région d'Adrar, en fréquence. Les espèces soulignées correspondent aux plantes préférées par *Schistocerca gregaria*.

	Ass A	Ass B	Ass C	Ass D
<i>Acacia tortilis subsp. raddiana</i> (Savi) Brenan 1957	1.00	1.00	0.72	0.50
<i>Panicum turgidum</i> Forssk. 1775	0.96	1.00	1.00	0.63
<i>Cullen plicatum</i> (Delile) C.H.Stirt. 1981	1.00	0.69	0.00	0.30
<i>Euphorbiagranulata</i> Forssk. 1775	0.00	1.00	0.08	0.07
<i>Pulicaria undulata subsp. undulata</i> (L.) C.A.Mey. 1831	1.00	0.08	0.00	0.43
<u><i>Cornulacamonacantha</i> Delile 1813</u>	0.64	0.69	0.96	0.80
<u><i>Hyoscyamus muticus</i> L. 1765</u>	0.56	1.00	0.88	0.27
<i>Aervajavanica</i> (Burm.f.) Juss. ex Schult 1820	0.04	0.00	0.36	0.03
<u><i>Schouwiapurpurea</i> (Forssk.) Schweinf. 1896</u>	0.52	0.00	0.00	0.17
<i>Fagonia indica</i> Burm.f. 1768	0.20	1.00	0.68	0.50
<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad. 1838	0.08	0.38	0.16	0.23
<i>Reseda villosa</i> Coss. 1859	0.12	0.08	0.00	0.00
<i>Brocchia cinerea</i> (Del.) Vis. 1836	1.00	1.00	0.64	0.83
<i>Tetraena alba</i> (L.f.) Beier & Thulin 2003	0.00	0.00	0.00	0.13
<u><i>Salsola imbricata subsp. imbricata</i> Forssk. 1775</u>	0.76	0.00	0.48	0.53

Annexe 2. Composition des assemblages de plantes dans BBMk, en fréquence. Les espèces soulignées correspondent aux plantes préférées par *Schistocerca gregaria*. Vingt-huit espèces à basses fréquences ont été supprimées.

	Ass A	Ass B	Ass C	Ass D	Ass E
<i>Panicum turgidum</i> Forssk. 1775	1.00	0.96	0.92	0.88	0.88
<i>Leptadeniapyrotechnica</i> (Forssk.) Decne. 1838	0.25	0.21	0.17	0.17	0.13
<u><i>Heliotropium ramosissimum</i> (Lehm.) DC. 1845</u>	0.13	0.13	0.17	0.17	0.13
<i>Acacia ehrenbergiana</i> Hayne 1827	0.46	0.42	0.38	0.38	0.38
<i>Pergulariadaemia</i> (Forssk.) Chiov. 1916	0.25	0.21	0.21	0.21	0.17
<i>Pulicaria incisa</i> (Lam.) DC. 1836	0.13	0.13	0.17	0.17	0.17
<i>Acacia tortilis</i> subsp. <i>raddiana</i> (Savi) Brenan 1957	0.67	0.63	0.58	0.54	0.54
<i>Cassia italica</i> subsp. <i>italica</i> (Mill.) Spreng.	0.71	0.67	0.63	0.63	0.63
<i>Cleome brachycarpa</i> Vahl ex DC. 1824	0.21	0.21	0.21	0.17	0.17
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Delile 1813	0.25	0.21	0.17	0.17	0.13
<i>Calotropis procera</i> (Aiton) W.T. Aiton 1811	0.25	0.21	0.17	0.17	0.21
<i>Maerua crassifolia</i> Forssk. 1775	0.17	0.13	0.08	0.08	0.04
<i>Euphorbia granulata</i> Forssk. 1775	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00
<i>Cymbopogon schoenanthus</i> (L.) Spreng. 1815	0.42	0.38	0.33	0.33	0.33
<i>Ziziphus lotus</i> subsp. <i>lotus</i> (L.) Lam. 1788	0.25	0.21	0.17	0.17	0.17
<i>Chrozophora brocchiana</i> (Vis.) Schweinf. 1862	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
<u><i>Fagonia bruguieri</i> DC. 1824</u>	0.46	0.46	0.46	0.42	0.46
<u><i>Schouwia purpurea</i> (Forssk.) Schweinf. 1896</u>	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
<i>Astragalus vogelii</i> (Webb) Bornm. 1915	0.04	0.04	0.04	0.08	0.04
<i>Boerhavia repens</i> L. 1753	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00
<u><i>Tribulus terrestris</i> var. <i>terrestris</i> L. 1753</u>	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00
<u><i>Cornulaca monacantha</i> Delile (1813)</u>	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Aervajavanica</i> (Burm.f.) Juss. ex Schult 1820	0.46	0.46	0.42	0.42	0.38
<i>Stipagrostis plumosa</i> subsp. <i>plumosa</i> (L.) Munro ex T. Anderson 1860	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
<i>Stipagrostis obtusa</i> (Delile) Nees 1832	0.42	0.38	0.38	0.33	0.38
<i>Calligonum polygonoides</i> L. 1753	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
<i>Stipagrostis pungens</i> (Desf.) De Winter 1963	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
<u><i>Morettiaca nescens</i> Boiss. 1849</u>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
<i>Atriplex halimus</i> L. 1753	0.25	0.25	0.29	0.29	0.29
<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad. 1838	0.00	0.04	0.04	0.04	0.08
<i>Matricaria chamomilla</i> L. 1753	0.08	0.08	0.04	0.04	0.00
<i>Tribulus mollis</i> Ehrenb. ex Schweinf. 1867	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08

Annexe 3. Composition des assemblages de plantes à Djanet, en fréquence. Les espèces soulignées correspondent aux plantes préférées par *Schistocerca gregaria*.

	Ass A	Ass B	Ass C	Ass D
<i>Teucriumpoliumsubsp. chevalieri</i> Maire 1933	1.00	0.96	0.92	0.88
<u><i>Schouwiapurpurea</i> (Forssk.) Schweinf. 1896</u>	0.25	0.21	0.17	0.17
<u><i>Fagoniabruquieri</i> DC. 1824</u>	0.13	0.13	0.17	0.17
<i>Aervajavanica</i> (Burm.f.) Juss. ex Schult 1820	0.46	0.42	0.38	0.38
<i>Stipagrostisplumosasubsp. plumosa</i> (L.) Munro ex T.Anderson 1860	0.25	0.21	0.21	0.21
<i>Stipagrostispungens</i> (Desf.) De Winter 1963	0.13	0.13	0.17	0.17
<u><i>Cornulacamonacantha</i>Delile (1813)</u>	0.67	0.63	0.58	0.54
<i>Artemisiajudaica</i> L. 1759	0.71	0.67	0.63	0.63
<u><i>Hyoscyamusmuticus</i> L. 1765</u>	0.21	0.21	0.21	0.17
<i>Farsetiaaegyptiacasubsp. aegyptiaca</i> Turra 1765	0.25	0.21	0.17	0.17
<i>Panicumturgidum</i> Forssk. 1775	0.25	0.21	0.17	0.17
<i>Acacia tortilissubsp. raddiana</i> (Savi) Brenan 1957	0.17	0.13	0.08	0.08
<i>Cassia italica subsp. italica</i> (Mill.) Spreng.	0.04	0.04	0.00	0.00
<i>Cleomebrachycarpa</i> Vahl ex DC. 1824	0.42	0.38	0.33	0.33
<i>Calotropisprocera</i> (Aiton) W.T.Aiton 1811	0.25	0.21	0.17	0.17
<i>Maeruacrassifolia</i> Forssk. 1775	0.38	0.38	0.38	0.38
<i>Acacia ehrenbergiana</i> Hayne 1827	0.46	0.46	0.46	0.42
<i>Cullen plicatum</i> (Delile) C.H.Stirt. 1981	0.21	0.21	0.21	0.21
<i>Pulicariaundulatasubsp. undulata</i> (L.) C.A.Mey. 1831	0.04	0.04	0.04	0.08
<i>Tamarix aphylla</i> (L.) H.Karst. 1882	0.04	0.04	0.00	0.00
<i>Tamarix senegalensis</i> DC. 1828	0.04	0.04	0.00	0.00
<i>Acacianiloticasubsp. tomentosa</i> (Benth.) Brenan 1957	0.04	0.00	0.00	0.00
<i>Otoglyphispubescens</i> (Desf.) Pomel 1874	0.46	0.46	0.42	0.42
<i>Erucavesicaria subsp. sativa</i> (Mill.) Thell. 1918	0.25	0.25	0.25	0.25
<i>Zillaspinosasubsp. spinosa</i> (L.) Prantl 1891	0.42	0.38	0.38	0.33
<i>Asteriscusgraveolens</i> (Forssk.) Less. 1832 <i>subsp.</i> <i>graveolens</i>	0.04	0.04	0.04	0.04
<i>Citrulluscolocynthis</i> (L.) Schrad. 1838	0.17	0.17	0.17	0.17
<i>Brocchiacinerea</i> (Del.) Vis. 1836	0.25	0.25	0.25	0.25
<i>Calligonumpolygonoidessubsp. comosum</i> (L'Hér.) Soskov	0.25	0.25	0.29	0.29
<u><i>Morettiacanescens</i>Boiss. 1849</u>	0.00	0.04	0.04	0.04
<i>Typha elephantina</i> Roxb. 1832	0.08	0.08	0.04	0.04
<i>Solenostemmaarghel</i> (Delile) Hayne, 1825	0.08	0.08	0.08	0.08
<i>Cistanchephelypaea</i> (L.) Cout. 1913	0.75	0.00	0.19	0.25
<i>Cupressusdupreziana</i> A. Camus 1926	1.00	0.96	0.92	0.88
<i>Rumexvesicarius</i> L. 1753	0.25	0.21	0.17	0.17

Annexe 4: Caractéristique des quatre stations d'étude

Prospected areas	Adrar (Central Sahara)	Bordj-Badji-Mokhtar (South Sahara)	Djanet (South Sahara)	Tamanrasset (South Sahara)
Dates of sampling	From 11/05/2009 to 23/05/2009	From 12/08/2007 to 31/12/2007 from 01/01/2008 to 23/12/2008 from 15/07/2009 to 16/12/2009	From 25/10/2010 to 20/12/2010 from 05/03/2011 to 15/04/2011	From 03/03/2009 to 10/03/2009
Coordinates	From 27°11'34" N - 1°10'41" E to 27°50'40" N - 1°10'45" E	From 19°57' N - 4°52' E to 20°44' N - 1°50' E	From 24°19'47" N - 9°27'38" E to 23°33'47" N - 9°29'20" E	From 22°56'56" N - 5°07'59" E to 22°39'05" N - 4°30'09" E
Altitudes	300-800 m	Around 500 m	Around 1000 m	600-1000 m
Number of relevés (Total=466)	95	192	70	109

**Annexe 5.** Biotope non attractif (S méridional) (originale).



Annexe 6. Biotope de survie (S. centrale) (originale).



Annexe 7. Biotope non attractif (S méridional) (originale).



Annexe 8. Biotope de grégarisation (S. méridional) (originale).

Annexes

Annexe 9: L'aire d'habitat du criquet pèlerin en période de rémission et les sites échantillonnés.

Alliance	Taxon végétal	Merzouga	Nouakchott	Akjoujd	Tikjidja	Sawakin	Distribution biogéographique
Asterisco-Pergularietea							
	<i>Heliotropium bacciferum</i>		1	1			Sindo-angolan
	<i>Citrullus colocynthis</i>		1	1			Omni saharo-sindien
	<i>Pergularia tomentosa</i>			1			Sindo-angolan
Acacio-Panicion							
	<i>Pulicaria crispa</i>						liaison sindo-angolane
	<i>Panicum turgidum</i>	1	1	1	1	1	Liaison Sindo-angolane
	<i>Acacia tortilis</i>	0,5			1	1	Liaison Sindo-angolane
	<i>Amaranthus graecizans</i>		1			1	Liaison Sindo-angolane
	<i>Acacia ehrenbergiana</i>			1			Omni saharo-sindien
	<i>Maerua crassifolia</i>		1	1	1		liaison sindo-angolane
	<i>Heliotropium ramosissimum</i>				1		Omni saharo-sindien
	<i>Launaea capitata</i>					1	saharo-sindien
	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>		1	1			soudano-angolan à irradiation saharo-sindien
	<i>Cassia senna</i>					1	Saharo-Sahelienne
	<i>Cassia italica</i>		1	1			soudano-angolan
	<i>Calotropis procera</i>		1	1		1	soudano-angolan à irradiation saharo-sindien
	<i>Farsetia aegyptiaca</i>		1	1			Omni saharo-sindien
	<i>Cenchrus ciliaris</i>		1			1	Saharo-Sahelienne
Aervo-fagonion							
	<i>Hyoscyamus muticus</i>	1					saharo-sindien-occidental
	<i>Stipagrosis plumosa</i>	1			1		Omni saharo-sindien

Annexes

	<i>Schouwia purpurea</i>					1	Omni saharo-sindien
	<i>Aerva javanica</i>		1	1		1	Liaison Sindo-angolane
	<i>Fagonia bruguieri</i>			1			Omni saharo-sindien
	<i>Zygophyllum simplex</i>		1			1	Saharo-Sahelienne
	<i>Tribulus terrestris</i>		1	1	1	1	Saharo-Sahelienne
Aristidion pungentis							
	<i>Stipagrostis pungens</i>	1				1	complexe sindo-angolan
	<i>Cyperus conglomeratus</i>		1				complexe sindo-angolan
Boerhavia-Tephrosietes purpureae							
	<i>Boerhavia repens</i>		1	1	1		Sahelo-soudanien
	<i>Corchorus depressus</i>		1	1			Sahelo-soudanien
	<i>Tephrosia vicioides</i>			1		1	Sahelo-soudanien
Acacio-Aristidion mutabilae							
	<i>Tribulus longipetalus</i>		1	1			Sahelien
	<i>Cenchrus biflorus</i>		1				Saharo-sahelien
	<i>Boscia senegalensis</i>			1	1		Saharo-sahelien
	Total	4,5	16	17	9	12	
	<i>Lotus glinoides</i>	1					omni saharo-sindien
	<i>Tamarix articulata</i>	1					
	<i>Emex spinosa</i>	1					
	<i>capparis decidua</i>				1		

Annexes

Annexe 10: Pourcentage des Alliances et groupement phytogéographiques dans la composition phytosociologique dans les stations de littérature

Alliance	Merzouga	Nouakchott	Akjoujd	Tikjidja	Sawakin
Asterisco-Pergularietea	0,00	12,50	17,65	0,00	0,00
Acacio-Panicion	33,33	40,63	38,24	44,44	58,33
Aervo-fagonion	44,44	15,63	14,71	22,22	33,33
Aristidion pungentis	22,22	6,25	0,00	11,11	0,00
Acacio-Aristidion	0,00	12,50	17,65	11,11	8,33
Acacio-Panicion	33,33	46,88	47,06	44,44	58,33
Aervo-fagonion	44,44	21,88	23,53	22,22	33,33
Aristidion pungentis	22,22	6,25	0,00	11,11	11,11
Acacio-Aristidion	0,00	12,50	17,65	11,11	11,11
Omni saharo-sindien	2	2	4	2	2
Saharo-Sahelienne	0	4,5	2,5	2	4
Sahelo-soudanien	0	3	4	1	1
soudano-angolan	0,00	2,00	2,50	0,00	1,00
Sindo-angolan	2,5	5,5	5	4	4
Omni saharo-sindien	44,44	12,50	23,53	22,22	16,67
Saharo-Sahelienne	0,00	28,13	14,71	22,22	33,33
Sahelo-soudanien	0,00	18,75	23,53	11,11	8,33
soudano-angolan	0,00	12,50	14,71	0,00	8,33
Sindo-angolan	55,56	34,38	29,41	44,44	33,33

Résumés

العنوان: ايكوبيولوجيا الجراد الصحراوي (*Schistocerca gregaria*) (Forskål, 1775) (مستقيمات الأجنحة، جرادية) في الصحراء الجزائرية.

المخلص: الأهداف: يحتل الجراد الصحراوي (*Schistocerca gregaria*) أراضي شاسعة في الجزء الصحراوي من أفريقيا . وقد وصفت أماكن عيشها بشكل منفصل في العديد من المناطق، ولكن النظرة المفصلة تبقى مفقودة. قدم الباحثون السابقون قوائم بالنباتات لكل موقع دراسي ولكن نادرا ما كانت المعلومات المقابلة في سياق السوسيوبيولوجية النباتية. كان الغرض من هذا العمل هو تقديم لمحة عامة عن الطبقات والتحالفات التي تستضيف الجراد الصحراوي في جميع أنحاء المنطقة الصحراوية-السندية و الصحراوية-الساحلية . **الموقع:** درسنا أربع مناطق في وسط وجنوب الصحراء الجزائرية بارتفاع يتراوح بين 300 و 1050 م . كما نظرنا في ست مناطق من المراجع العلمية، تم اختيار اثنين وأربعة منها على التوالي في المناطق الصحراوية-السندية و الصحراوية الساحلية. **الطريقة:** أخذنا عينات من 466 مسحا بين عامي 2007 و 2013 لتسجيل هيمنة وفرة النباتات وكثافة الجراد الصحراوي. تم تعديل مواعيد أخذ العينات إلى وجود الحشرات. تم تعريف تجمعات النباتات بطريقة التجميع في "ورد" للحصول على عدد متوازن من العينات. تم حساب الإخلاص (ϕ coefficient) للأنواع النباتية في التجمعات الموجودة. تم تقدير العلاقة بين كثافة الجراد الصحراوي ومختلف المعايير البيئية، بما في ذلك نسب التحالف النباتي، من خلال تحليل الارتباط. **النتائج:** كشف التصنيف الهرمي عن 16 تجمعا نباتيا لا تتناسب بشكل واضح مع النظام الفسيولوجي الخلوي. يحتوي كل تجمع على أنواع تنتمي إلى عدة تحالفات، مما يسلط الضوء على صعوبة تعريف الارتباطات النباتية في الأنظمة البيئية الصحراوية. وفرة من الجراد كان مرتبطا بشكل إيجابي في نسب النباتات الصحراوية-السندية وتحالف *Antirrhino Pithurantion scopariae* لكن يرتبط سلبا مع الأعشاب التربة الملح والجبس. كما *Acacio-Panicion* و *Antirrhino Pithurantion scopariae* هو السهوب الصحراوية وضعت على ضفاف وادي (نهر مؤقت) ولكن مع هطول الأمطار السنوية المرتفعة قليلا. هناك مجموعة من المحطات، لا سيما بالقرب من *Bordj-Badji-Mokhtar*، حيث لا علاقة لكثافة الجراد الصحراوي بالنباتات المفضلة، مما يشير إلى أنها ليست سوى بيولوجية حيوية. كما نقترح رؤية واسعة النطاق لمتطلبات الجراد الصحراوي للدخول في مرحلة اتجمعات، بما في ذلك العديد من المحطات المرجعية في أفريقيا الاستوائية، لمقارنة أنواع النباتات المختلفة. حتى عندما تظل النباتات المهيمنة هي *Acacio-Panicion*، فإن النباتات هي بشكل رئيسي الصحراوية-السندية و الساحلية السودانية، وليست المتوسطة الصحراوية-السندية. تأثير المستخلصات المائية لنبات *Aerva*، *Cassia italica*، *Citrullus colocynthis*، *Morettia canescens*، *Fagonia arabica*، *javanica* تم اختبارها على القناة الهضمية ليرقات الطور الخامس من الجراد الصحراوي، في ظروف المختبر. النتائج التي تم الحصول عليها تكشف عن أن مستخلص الأوراق يسبب ليرقات L5 النقرم وتخفيف العضلات، ومع ذلك فإن درجة سمية مستخلصة *Citrullus colocynthis* كانت مميزة للغاية. وبالتالي مع ذلك، كشفت دراسة الكيمياء النباتية التي أجريت على المستخلصات المائية التي تم اختبارها، أن المحتوى الفينولي للأوراق النباتية غني جدا في الجزينات الحيوية التي تحكم طبيعة المكافح الجرادي. **الاستنتاجات:** تم تعريف موطن الجراد الصحراوي بوضوح من خلال تجميع النباتات ذات الصلة بالتحالف *Acacio-Panicion*. توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين النباتات المرتبطة بالأفراد المنفردة والمتجمعة.

كلمات المفتاح: *Acacio-Panicion*؛ *Antirrhino-Pithurantion scopariae*؛ الجراد الصحراوي؛ السوسيوبيولوجيا النباتية؛ الصحراء؛ *Schistocerca gregaria*؛ الغطاء النباتي.

Le titre : Ecobiologie du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans le Sahara Algérien.

Résumé : **Objectifs**: Le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*) occupe de vastes territoires dans la partie saharienne de l'Afrique. Ses habitats ont été décrits séparément dans plusieurs localités, mais une vue synthétique manque. Des chercheurs antérieurs ont fourni des listes de plantes pour chaque site d'étude mais rarement les informations correspondantes sur leur contexte phytosociologique. Le but de ce travail était de donner un aperçu des classes et des alliances qui accueillent le criquet pèlerin dans toute la zone saharo-sindienne et saharo-sahélienne. **Localisation**: Nous avons étudié quatre régions dans le centre et dans le sud du Sahara algérien, avec des altitudes allant de 300 à 1050 m. Nous avons également considéré six localités tirées de la littérature, dont deux et quatre ont été sélectionnées respectivement dans les régions saharo-sindienne et saharo-sahélienne. **Méthodes**: Nous avons échantillonné 466 relevés entre 2007 et 2013 pour enregistrer l'abondance-dominance des plantes et la densité du Criquet pèlerin. Les dates d'échantillonnage ont été ajustées à la présence d'insectes. Les assemblages de plantes ont été définis par la méthode de regroupement de Ward pour obtenir un nombre équilibré d'échantillons. La fidélité (coefficient phi) des espèces végétales dans les assemblages trouvés a été calculée. Le lien entre la densité du criquet pèlerin et les différents paramètres environnementaux, y compris les proportions de l'alliance végétale, a été estimé par l'analyse de corrélation. **Résultats**: La classification hiérarchique a révélé 16 assemblages de plantes qui ne rentrent pas clairement dans le système phytosociologique. Chaque assemblage contient des espèces appartenant à plusieurs alliances, mettant en évidence la difficulté de définir les associations végétales dans les écosystèmes désertiques. L'abondance des criquets pèlerins était positivement liée aux pourcentages de plantes saharo-sindiennes et de l'alliance Antirrhino-Pithurantion scopariae, mais négativement aux plantes associées aux sols saline-gypse. Comme l'Acacio-Panicion, l'Antirrhino-Pithurantion scopariae est une steppe désertique développée sur des bords d'oued (rivière temporaire) mais avec une pluviométrie annuelle légèrement supérieure. Il y a un ensemble de stations, en particulier près de Bordj-Badji-Mokhtar, où la densité de Criquet pèlerin n'est pas liée aux plantes préférées, ce qui suggère qu'elles ne constituent que des biotopes de survie. Nous proposons également une vision plus large des besoins du Criquet pèlerin pour entrer dans une phase grégaire, en incluant plusieurs stations littéraires d'Afrique tropicale, afin de comparer les différents types de végétation. Même là où la végétation dominante reste l'Acacio-Panicion, la flore est principalement saharo-sahélienne et sahélo-soudanienne, et non méditerranéenne-saharo-sindienne. L'effet de des extraits aqueux de *Citrullus colocynthis*, *Cassia italica*, *Aerva javanica*, *Fagonia arabica*, *Morettia canescens* a été testé sur le tube digestif des larves L5 du *Schistocerca gregaria*, dans des conditions de laboratoire. Les résultats obtenus révèlent que: l'extrait des feuilles entraîne chez les larves L5, un retard de croissance et un amincissement de la musculature. Cependant le degré de toxicité de l'extrait de *Citrullus colocynthis* était très marqué. Parallèlement, l'étude phytochimique menée sur les extraits aqueux testés, a révélé que le contenu phénolique des feuilles de plante est très riche en biomolécules régissant le caractère acridicide. **Conclusions**: L'habitat du Criquet pèlerin est clairement défini par les assemblages de plantes liés à l'alliance Acacio-Panicion. Il existe des différences significatives entre la végétation associée aux individus solitaires et grégaires.

Mots clés : Acacio-Panicion; Antirrhino-Pithurantion scopariae; Criquet pèlerin; phytosociologie; Sahara; *Schistocerca gregaria*; végétation.

The title: Ecobiology of the Desert Locust *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) in the Algerian Sahara.

Abstract: Aims: The Desert Locust (*Schistocerca gregaria*) occupies vast territories in the Saharan part of Africa. Its habitats have been described separately in several localities, yet a synthetic view is lacking. Previous researchers have provided lists of plants for each study site but rarely the corresponding information about their phytosociological context. The aim of this work was to give insights into the classes and alliances hosting the Desert Locust throughout the Saharo-Sindian and Saharo-Sahelian area. **Location:** We investigated four regions in the center and in the southern parts of Algerian Sahara, with altitudes ranging from 300 to 1050 m a.s.l. We also considered six localities taken from literature, of which two and four were selected in the Saharo-Sindian and Saharo-Sahelian regions respectively. **Methods:** We sampled 466 relevés between 2007 and 2013 to record the abundance-dominance of plants, and the density of Desert Locust. Sampling dates were adjusted to insect presence. The plant assemblages were defined by Ward's clustering method to obtain a balanced number of samples. The fidelity (phi coefficient) of plant species in the assemblages found was calculated. The link between Desert Locust density and different environmental parameters, including vegetation alliance proportions, was estimated through correlation analysis. **Results:** Hierarchical classification revealed 16 plant assemblages that do not clearly fit into the phytosociological system. Each assemblage contains species belonging to several alliances, highlighting the difficulty in defining plant associations in desert ecosystems. Desert Locust abundance was positively linked to the percentages of Saharo-Sindian plants and of the Antirrhino-Pithurantion scopariae alliance, but negatively so to plants associated with saline-gypsum soils. As with the Acacio-Panicion, the Antirrhino-Pithurantion scopariae is a desert steppe developed on oued edges (temporary river) but with a slightly higher annual rainfall. There is a set of stations, particularly near Bordj-Badji-Mokhtar, where the density of Desert Locust is not linked to preferred plants, suggesting that they constitute only survival biotopes. We also provide a wider view on the requirements of the Desert Locust to enter a gregarious phase, by including several literature stations of tropical Africa, in order to compare the different vegetation types. Even where the dominant vegetation remains the Acacio-Panicion, the flora is mainly Saharo-Sahelian and Sahelo-Sudanian, and not Mediterraneo-Saharo-Sindian. The effect of aqueous extracts of *Citrullus colocynthis*, *Cassia italica*, *Aerva javanica*, *Fagonia arabica*, *Morettia canescens* was tested in the digestive tract of L5 larvae of *Schistocerca gregaria* under laboratory conditions. The results obtained reveal that: the leaf extract causes L5 larvae, stunting and thinning of the musculature. However the degree of toxicity of the extract of *Citrullus colocynthis* was very marked. In parallel, the phytochemical study conducted on the aqueous extracts tested, revealed that the phenolic content of the plant leaves is very rich in biomolecules governing the acridicidal nature. **Conclusions:** The habitat of Desert Locust is clearly defined by plant assemblages linked to the Acacio-Panicion alliance. There are significant differences between the vegetation associated with solitary and gregarious individuals.

Keywords: Acacio-Panicion; Antirrhino-Pithurantion scopariae; Desert Locust; phytosociology; Sahara; *Schistocerca gregaria*; vegetation.