

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد خيضر - بسكرة
Université Mohamed Khider-Biskra
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

N° de l'ordre:
N° de série :



THESE

Présentée en Vue de l'Obtention du Diplôme de
Doctorat 3^{ème} Cycle en Sciences Agronomiques
Spécialité: Protection des Végétaux en Régions Arides

Etude bioécologique des peuplements d'Orthoptères Acridomorphes
(Orthoptera, Acridomorpha) dans des stations localisées à Adrar.
Activité insecticide de quelques extraits bruts du *Cassia italica* sur
Locusta migratoria cinerascens

Par

Mr. SOUDANI Abderrahmane

Soutenu le : 15/02/2021 devant le jury composé de :

Président : Mr. BENMEDDOUR Tarek, Maître de Conférences "A", Univ-Biskra.

Directeur de thèse : Mr. MOUSSI Abdelhamid, Professeur, Univ-Biskra.

Examineur 1 : Mr. BEN SALAH M.Kamel, Maître de Recherches "A", CRSTRA.

Examineur 2 : Mr. MEHAOUA M.Seghir, Maître de Conférences "A", Univ-Biskra.

Année universitaire : 2019/2020

Remerciement

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

Les travaux de cette thèse ont été réalisés sous la direction du **Professeur MOUSSI Abdelhamid**. Je lui adressé également mes plus vifs remerciements, pour la confiance qu'il a su m'accorder. Je tiens à lui exprimer ma profonde reconnaissance pour m'avoir proposé ce sujet et m'avoir dirigé, conseillé et encouragé tout au long de la réalisation de ce travail de prés et de loin. Ainsi que pour son aide, son soutien et de s'être toujours rendu disponible quand j'en ai eu besoin. J'ai énormément appris Beaucoup d'informations sur le monde acridien à ton contact et j'éprouve beaucoup de respect pour ton travail et ta vision de la recherche *.Cette thèse te doit beaucoup. Pour tout cela encore un grand merci.*

Je souhaiterais aussi témoigner toute ma reconnaissance au **Dr. BEN MEDDOUR Tarek**, Maître de conférences A à l'Université de Biskra, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury, qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Mes remerciements vont également au **Dr. BEN SALAH M.Kamel**, Maître de recherche A au CRSTRA *et Dr. MEHAOUA M. Seghir*, Maître de conférences A à l'Université de Biskra pour avoir accepté de juger et d'apporter ses appréciations de qualité à ce travail.

Cette thèse a été réalisée dans le cadre des travaux de recherche du laboratoire de recherche en Génétique, Biotechnologie et Valorisation des Bioressources (GBVB) de l'Université de Biskra, dont je remercie infiniment son directeur, le **Professeur LAIADI Ziane**, pour les aides et les facilités qu'il m'a.

J'exprime toute ma reconnaissance au **Dr. GUMEUR Kamel**, Ex-chef de Département d'Agronomie à l'Université de Biskra pour son aide et sa gentillesse. Qu'il trouve ici mes sincères remerciements.

Je dois remercier **Dr. OULD SAFI Mohamed**, Maître de recherche à l'institut national de la recherche forestière (Station d'Adrar). Pour les aides menés dans la réalisation de la carte de la distribution des localités d'échantillonnage des acridiens.

Je voudrais exprimer mon grand remerciement aux enseignants du département S.N.V. de l'Université de Biskra. Pour leur aide et soutien moral et technique, en particulier **Dr. ZEROUAL Samir, Mr. DEGHIMA Amirouche et Mr. BEN KADDOUR Bachir.**

Je remercie aussi tous le staff technique du laboratoire pédagogique du département S.N.V. de l'Université de Biskra, pour les aides et facilités octroyés pour la réalisation de ce travail.

Je ne pourrais oublier de remercier **Dr. Merzoug Aoumria** (Maîtres de conférences au département d'Agronomie de l'Université de Mascara), qui a dirigé les travaux ma mémoire d'ingénieur d'état et du Master (merci pour votre formation de base et votre encouragement).

Mes remerciements s'adressent aussi au **Dr. Abekhti Abdolkader** et **Dr. Nani Abdelhafid**, Maîtres de conférences au département S.N.V de l'Université d'Adrar, pour leur grand soutien moral et encouragements.

Mes sincères gratitude vont aussi **aux agricultures** qui m'ont ouvert les portes de leur palmerais afin de réaliser mon travail sur les acridiens. Merci beaucoup pour les aides et la compréhension.

Ma profonde gratitude et mes sincères remerciements aussi à **mes collègues du travail à la station régionale de la protection des végétaux de la wilaya d'Adrar** et **DSA d'Adrar, Timimoune et Bordj Badji Mokhtar** pour leur soutien, leur aide et leur orientation pour les travaux de terrain.

Enfin je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

Ce modeste travail est dédié à :

La mémoire de mon père. Que dieu le tout puissant l'accueille en son vaste paradis.

Ma chère mère

Mes sœurs et mes frères

Mes nièces et mes neveux

Toute ma famille

Tous mes amis

Abderrahmane

TABLE DES MATIERES
INTRODUCTION GENERALE 01

CHAPITRE-I:GENERALITES

I. Généralités sur les acridiens	04
1. Introduction	04
2. Taxonomie	04
2.1. Ensifères	04
2.2. Caelifères	04
2.3. Titanoptera	05
3. Morphologie des acridiens	05
3.1. Externe	05
3.2. Interne	06
4. Biologie des acridiens	07
5. Ecologie des acridiens	10
5.1. Action de la température	10
5.2. Action de la végétation	10
5.3. Action de l'eau	11
5.4. Action de la lumière	12
5.5. Action du sol	12
6. Dégâts et importances économique des acridiens	12
7. Importance des dégâts causée par le criquet migrateur (<i>Locusta migratoria</i>)	13
8. Lutte contre les acridiens	14
8.1. Lutte préventive	14
8.2. Lutte physique	14
8.3. Lutte chimique	14
8.4. Ennemies naturelles	15
8.4.1. Oiseaux	15

8.4.2. Insectes	15
8.5. Lutte biologique.....	16
8.5.1. Microorganismes pathogènes.....	16
8.5.1. Extraits des plantes.....	16
II. Données sur le la plante <i>Cassia italica</i>.....	17
1. Répartition géographique.....	17
2. Description.....	17
3. Composition chimique du <i>Cassia italica</i>	18
III. Présentation de la région d'étude.....	20
1. Géographie	20
2. Facteurs édaphiques.....	22
2.1. Reliefs.....	22
2.1.1 Plateaux.....	22
2.1.2. Erg	22
2.1.3. Lits d'Oueds	22
2.1.4. Terrasses d'érosion	22
2.1.5. Terrasses d'apports.....	23
2.1.6. Sebkhass	23
2.1.7. Regs	23
2.1.8. Hamadas	23
2.1.9. Dayas	23
2.2. Sol	23
3. Ressources en eau	24
4. Flore et végétation de la région	24
4.1. Flore spontanée de la région d'Adrar	25
5. Activités agricoles dans la région.....	26
5. 1. Système traditionnel oasien	26

5.2. Nouveau système agricole	28
5.2.1. Petits périmètres	28
5.2.2. Périmètres moyens de 30 à 70 ha	28
6. Faune de la région d'Adrar	29
7. Climatologie de la région	30
7.1. Température	31
7.2. Précipitation	32
7.3. Humidité	32
7.4. Vents	33
8. Synthèse bioclimatique	33
8.1. Diagramme Ombrothermique Gaussen-Bagnouls	34
8.2. Climagramme d'Emberger	35

CHAPITRE-II: ETUDE FAUNISTIQUE DES ACRIDIENS DE LA REGION D'ADRAR

1. Introduction	37
2. Matériel et méthodes	37
2.1. Etude de la composition faunique globale des acridiens au niveau régional.....	37
2.1.1. Choix des localités	37
2.1.1.1. Technique d'échantillonnage	39
2.1.1.2. Identification et Conservation et des espèces capturées	40
2.2. Reconnaissance des assemblages de sauterelles à l'échelle des habitats oasiens	40
2.2.1. Choix des stations	40
2.2.1.1 Palmerais Zaouiet Kounta	40
2.2.1.2. Palmerais de Bouda	40
2.2.1.3. Palmerais d'Ouled Aissa	41
2.2.2. Technique d'échantillonnage	41
2.2.3. Traitement et analyse des données	43

2.2.3.1. Phénologie des espèces acridiens	43
2.2.3.2. Détermination des assemblages des acridiens (AFC, CAH)	43
2.2.3.3. Similarité des stations: Teste de similarité (ANOSIM)	44
2.2.3.4. Signification des différences de diversité (Bootstrap)	44
2.2.3.5. Paramètres descriptifs des peuplements	44
2.2.3.5.1. Densité (D)	44
2.2.3.5.2. Richesse	44
2.2.3.5.3. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H')	45
3. Résultats	45
3.1. A l'échelle régionale	45
3.1.1. Composition globale de la faune acridienne de la région d'Adrar	45
3.1.2. Reconnaissance des assemblages d'espèces acridiennes à l'échelle régionale	50
3.2. A l'échelle stationnelle	51
3.2.1. Reconnaissance des assemblages d'espèces acridiennes.....	51
3.2.2. Comparaison de la diversité des communautés acridiennes entre les habitats.....	52
3.2.2.1. Similarité des stations.....	52
3.2.2.2. Comparaison des indices de diversité.....	53
3.2.2.3. Variations saisonnières de l'abondance et de la richesse.....	53
3.2.2. Phénologie des acridiens.....	55
4. Discussion.....	57
4.1. Effet de l'habitat sur la faune acridienne.....	57
4.2. Effet de l'humidité sur la phénologie.....	59
4.3. Bilan de l'acridofaune.....	59
5. Conclusion.....	59
 CHAPITRE-III: ESSAI DE TOXICITE DE QUELQUES EXTRAITS BRUTS DU CASSIA ITALICA SUR LOCUSTA MIGRATORIA 	
1. Introduction.....	61

2. Matériel et méthodes.....	61
2.1. Matériel animal.....	61
2.1.1. Elevage d’insecte.....	61
2.1.2. Méthode d’étude du cycle biologique.....	62
2.2. Matériel végétal.....	63
2.2.1. Collecte et conservation.....	63
2.2.2. Préparation des extraits des plantes.....	63
2.2.2.1. Préparation de l’extrait buthanolique du <i>Cassia italica</i>	63
2.2.2.2. Extraction des huiles essentielles du <i>Cassia italica</i>	6.
2.3. Traitement.....	63
2.3.1. Extrait buthanolique.....	63
2.3.2. Huiles essentielles.....	64
2.4. Détermination de la mortalité observée	64
2.5. Détermination de la mortalité corrigée	64
2.6. Calcul des TL50 et des CL50	64
2.7. Traitement et analyse des données.....	65
3. Résultats	65
3.1. Durée de développement larvaire du <i>Locusta migratoria</i>	65
3.2. Effet acridicide des huiles essentielles du <i>C. italica</i> sur les larves L5 du <i>L. migratoria</i>....	68
3.2.1. Effet des huiles essentielles sur le comportement et la morphologie.....	68
3.2.2. Effet des huiles essentielles sur la mortalité des larves L5.....	69
3.2.2.1. Evaluation de la TL50.....	69
3.2.2.2. Evaluation de la CL50.....	71
3.2.2.3. Analyse de la variance.....	72
3.2.3. Effet sur la croissance pondérale des larves L5 de <i>L.migratoria</i>	73
3.2.2.3. Analyse de la variance.....	74

3.3. Effet acridicide de l'extrait buthanollique du <i>C. italica</i> sur les imagos du <i>L.migratoria</i>	74
3.3.1. Effet de l'extrait butanollique du <i>C. italica</i> sur le comportement et la morphologie des imagos du <i>L. migratoria</i>	74
3.3.2. Effet de l'extrait butanollique du <i>Cassia italica</i> sur la mortalité des imagos.....	75
3.3.2.1. Evaluation de la TL50.....	76
3.3.2.2. Evaluation de la CL50.....	79
3.3.2.3. Analyse de la variance.....	80
3.3.3. Effet sur la croissance pondérale des imagos de <i>L. migratoria</i>	80
3.3.3.1. Analyse de la variance.....	81
4. Discussion.....	82
4.1. Effet du <i>C. italica</i> sur le comportement et la morphologie du <i>L. migratoria</i>	82
4.2. Effet du <i>C. italica</i> sur la mortalité du <i>L. migratoria</i>	83
4.3. Effet des de <i>C. italica</i> sur l'évolution pondérale de <i>L. migratoria</i>	86
5. Conclusion.....	87
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	88
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	91
ANNEXES	
RESUMES	

LISTES DES FIGURES

Figure.1: Morphologie général d'un acridien	06
Figure.2 : Morphologie interne des acridiens.....	06
Figure.3 : Phénomènes de l'accouplement et la ponte chez les acridiens	07
Figure.4: Phénomènes de l'écloion et développement larvaire chez les acridiens.....	08
Figure.5 : Phénomène de la mue imagianle chez les acridiens.....	09
Figure.6: Dégâts causés par <i>L.migratoria</i> sur le Sorgho à Zaouiet Kounta-Adrar	13
Figure.7 : Dégâts causés par <i>L.migratoria</i> sur le Maïs à Tsabit-Adrar	14
Figure.8 : Pie-grièche grise, un prédateur des acridiens.....	15
Figure.9: Principaux organes du <i>Cassia italica</i> (feuille, fleur, fruit, ...)......	18
Figure.10: Situation géographique de la Wilaya d'Adrar et ses grandes zones	21
Figure.11 : Vue de Grand Erg Occidental au niveau de la Zone du Gourara (Ksar Tala)......	22
Figure.12 : Vue de lit d'oued d'Amguiden occupé par <i>A.raddiana</i> et <i>P. turgidum</i>	26
Figure.13 : Palmerais traditionnel d'El Metarfa	27
Figure.14: Ancien système de distribution des eaux du Foggara (EL Kesria) dans les Palmerais traditionnel d'Adrar.....	27
Figure.15: Tomate cultivée sous palmiers dattiers et en plein champs à Adrar.....	28
Figure.16: Culture des céréales sous pivots.....	29
Figure.17: Exemples de la faune d'Adrar.....	30
Figure.18: Diagramme Ombrothermique de la région d'Adrar [2008-2018]	34
Figure.19: Diagramme pluviothermique de la région d'Adrar [2008-2018]	36
Figure.20 : Distribution géographique des localités étudiées.....	39
Figure.21 : Méthode d'échantillonnage des transects dans les parties intercalaires cultivées.....	42
Figure.22 : Méthode d'échantillonnage des quadrats dans les parties intercalaires des sols nus...	42
Figure.23: Principales espèces acridiennes de la région d'Adrar.....	49

Figure.24 : Analyse de grappe basée sur le score des deux premiers axes de l'AC.....	50
Figure.25 : Ordination par CA des acridiens dans les différentes stations.....	52
Figure.26 : Variations saisonnières de l'abondance moyenne.....	54
Figure.27 : Variations mensuelles de richesse.....	54
Figure.28 : l'Élevage en masse du <i>L. migratoria</i> au laboratoire	62
Figure.29 : Illustration montrant comment prendre de la taille des larves	62
Figure.30 : Durée des différents stades larvaires du <i>Locusta migratoria</i> en conditions du laboratoire.....	65
Figure.31 : Evolution de la taille des larves de <i>L.migratoria</i> élevé sur la laitue en fonction de stades larvaires	66
Figure.32: Schéma récapitulatif du cycle biologique de <i>Locusta migratoria</i>	67
Figure.33: Anomalies des perturbations morphologiques chez les larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> traités par les huiles essentielles de <i>Cassia italica</i>	68
Figure.34: Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5 traités par les huiles essentielles du <i>C. italica</i> à différentes concentrations.....	69
Figure.35 : Efficacité du <i>Cassia italica</i> en fonction du temps vis-à-vis des L5 de <i>L.migratoria</i> traitées à la concentration C1 = 5 %.....	70
Figure.36 : Efficacité du <i>Cassia italica</i> en fonction du temps vis-à-vis des L5 de <i>L.migratoria</i> traitées à la concentration C2 = 10 %.....	70
Figure.37: Efficacité du <i>Cassia italica</i> en fonction du temps vis-à-vis des L5 de <i>L.migratoria</i> traitées à la Concentration C3 = 20 %.....	71
Figure.38: Régression mortalité concentration de l'effet des huiles essentielles du <i>C. italica</i> sur les larves L5 du <i>Locusta migratoria</i> au 7 ^{ème} jour du traitement.....	72
Figure.39: Effet des huiles essentielles du <i>Cassia italica</i> sur l'évolution de la croissance pondérale des larves L5 de <i>L.migratoria</i>	73
Figure.40: Anomalies des perturbations morphologiques chez les imagos de <i>Locusta</i>	

<i>migratoria</i> traités par l'extrait buthanollique de <i>Cassia italica</i>	75
Figure.41 : Taux de mortalité journalière cumulée des imagos du <i>Locusta migratoria</i> , traités par les l'extrait buthanollique du <i>Cassia italica</i> à différentes concentrations.....	76
Figure.42: Régression mortalité temps de l'effet des imagos du <i>L.migratoria</i> traités à la concentration (C1= 250µg/ml).....	77
Figure.43 : Régression mortalité temps de l'effet des imagos du <i>L.migratoria</i> traités à la concentration (C2= 500µg/ml).....	77
Figure.44: Régression mortalité temps de l'effet des imagos du <i>L.migratoria</i> traités à la concentration (C3= 1000µg/ml).....	78
Figure.45: Régression mortalité temps de l'effet des imagos du <i>L.migratoria</i> traités à la concentration (C4= 2000µg/ml).....	78
Figure.46 : Régression mortalité temps de l'effet des imagos du <i>L.migratoria</i> traités à la concentration (C5= 4000µg/ml).....	79
Figure.47 : Régression mortalité concentration d'Effet de l'extrait buthanollique du <i>Cassia italica</i> sur les imagos du <i>Locusta migratoria</i> au 5 ^{ème} jour après traitement.....	80
Figure.48: Effet de l'extrait buthanollique du <i>Cassia italica</i> sur l'évolution de la croissance pondérale des imagos de <i>L.migratoria</i>	81

LISTE DES TABLEAUX

Tableau.1: Températures moyennes mensuelles et annuelles (en °C) enregistrées dans la région d'Adrar durant la période [2008-2018].....	31
Tableau.2: Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de la station d'Adrar [2008-2018]..	32
Tableau.3 : Humidité moyenne de l'air (ONM d'Adrar, 2008-2018).....	32
Tableau.4 : Vitesse moyenne du vent (ONM d'Adrar, 2008-2018).....	33
Tableau.5: Résumé des localités étudiées.....	38
Tableau.6: Répartition des espèces acridiennes identifiées dans les biotopes étudiés.....	47
Tableau.7: Comparaison par ANOSIM entre la faune de six habitats.	53
Tableau.8: Phénologie probable des espèces. Résumé des profils phénologiques selon les espèces caractéristiques de chaque assemblage.....	56
Tableau.9: Analyse de la variance pour l'effet de la concentration et le temps sur la mortalité des L5 du <i>L.migratoria</i>	73
Tableau.10: Analyse de la variance de l'effet des huiles essentielles du <i>Cassia italica</i> sur la croissance pondérale des larves L5 de <i>L.migratoria</i>	74
Tableau.11: Analyse de la variance de l'effet de l'extrait buthanollique du <i>Cassia italica</i> sur la mortalité des imagos du <i>Locusta migratoria</i>	80
Tableau.12: Analyse de la variance de l'effet de l'extrait buthanollique du <i>Cassia italica</i> sur la croissance pondérale des imagos de <i>L.migratoria</i>	81

AUPELF : Association des Universités Partiellement ou Entièrement de Langue Française.

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.

CNRS : Centre national de la Recherche Scientifique.

CRSTRA : Centre de Recherche Scientifique et Technique en Région Arides.

FAO: Food and Agriculture Organization.

GERDAT: Groupement d'Etude et de Recherche pour le Développement de l'Agronomie Tropicale

GRIDAO : Groupe de Recherche et d'Information pour le Développement de l'Agriculture d'Oasis.

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

INRAA: Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie.

L'UREF : L'Université de Tous les Pays Francophones.

L1 : Larve de premier stade.

L2 : Larve de deuxième stade.

L3 : Larve de troisième stade.

L4 : Larve de quatrième stade.

L5 : Larve de cinquième stade.

ONM : Office national des météos.

PRIFAS : Programme de Recherches Interdisciplinaire Français sur les Acridiens du Sahel.

PROTA: Plant Resources of Tropical Africa.

UPGMA: Unweighted Pair Group Method.

Introduction générale

Introduction générale

Le sud de l'Algérie, comme Adrar, est une région désertique au climat saharien, caractérisé par des précipitations limitées et irrégulières, des températures et une évaporation élevées et des vents chauds et secs. En conséquence, la végétation est clairsemée et représentée par des plantes vivaces et adaptatives (Chehema et Youcef, 2009).

L'Oasis fait partie intégrante de l'écosystème saharien. La palmeraie, souvent organisée en strates (herbes ou arbustes), favorise la pérennité des prédateurs qui se réfugient dans les feuilles de palmier lors de conditions défavorables (Munier, 1973).

Les acridiens sont connus depuis longtemps comme ennemis de l'agriculture. Leur extraordinaire voracité, leur vaste polyphagie, leur étonnante fécondité (Le potentiel de reproduction est très élevé des acridiens) et leur grande capacité à se déplacer en masse sur de longues distances; font que l'on classe les acridiens comme étant parmi les plus importants ravageurs des cultures (Latchinnsky et Launois-luong, 1992).

Les acridiens migrants, ont fait l'objet de nombreux travaux sur le plan écologique et biologique, travaux suscités en particulier par les ravages causés. Cependant les recherches sur les acridiens non migrants "Sautériaux" sont restreintes et se sont limitées surtout aux acridiens gregariptes (Bounechada, 2007).

En Afrique du nord, le problème des insectes nuisibles dont les acridiens a été de tout temps et reste l'une des préoccupations majeures des agriculteurs.

L'Algérie est l'un des pays les plus menacés par le fléau acridien; par sa situation géographique et l'étendue de son territoire occupe une place prépondérante dans l'aire d'habitat de ces acridiens. La surveillance et la maîtrise du problème acridien supposent une connaissance approfondie de la biologie et de l'écologie de ces insectes. Celles-ci permettent de découvrir la phase la plus vulnérable des insectes à combattre de façon à entreprendre une lutte économique (Ould EL Hadj, 1991).

L'ordre des Orthoptères (sauterelles) est un taxon rarement étudié dans les déserts algériens arides. Les informations sur les sauterelles sont rares et nécessitent une meilleure compréhension pour permettre une évaluation des mesures de gestion mises en œuvre. Bien que les sauterelles ne soient pas actuellement considérées comme des ravageurs pour l'agriculture et la production agricole, certaines espèces endémiques peuvent se reproduire en grand nombre et devenir une menace sérieuse dans des conditions climatiques appropriées. Compte tenu du danger potentiel que représentent ces sauterelles, plusieurs études ont été menées dans le monde, y compris en Algérie. Dans ce pays, la diversité des sauterelles a été étudiée dans les zones côtières (Benzara *et al.*, 2003; Mesli *et al.*, 2005; Damerdji, 2011; Guendouz-Benrima *et al.*, 2011; Rouibah et Doumandji, 2013;

Hamadi et Doumandji-Mitiche, 2014; Defaut et Benmammar-Hasnaoui, 2016;), hautes plaines et steppes (Bounechada *et al.*, 2006; Benkenana *et al.*, 2012; Benmadani *et al.*, 2015; Mahloul *et al.*, 2016; Betina *et al.*, 2017; Brahimi *et al.*, 2019), désert du nord (Doumandji-Mitiche *et al.*, 1993; Harrat et Moussi 2007; Moussi *et al.*, 2011; Moussi *et al.*, 2014; Moussi *et al.*, 2018) et Septentrional Sahara (Zergoun, 1994; Ould El Hadj, 2002a; Belhadj *et al.*, 2014; Zergoun *et al.*, 2019). Inversement, peu d'études ont été menées dans le Sahara central algérien et se sont limitées à l'échantillonnage de lieux isolés (Doumandji-Mitiche *et al.*, 2001; Doumandji-Mitiche *et al.*, 2008). En outre, Benfekih *et al* (2002), Benfekih et Petit (2010) et Benfekih *et al* (2011), ont enquêté sur *Locusta migratoria* (Fabricius, 1781) dans les champs de céréales irriguées sous pivot, alors que Mahdjoubi *et al* (2017) ont enquêté sur des criquets pèlerins solitaires *Schistocerca gregaria*.

Parmi les criquets ennemis des cultures sahéliennes, le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) constitue un ravageur majeur puisque ses invasions s'étendent à toutes les zones steppiques d'Europe, d'Asie ainsi que les régions tropicales de l'Afrique, et à Madagascar (Balachowsky et Mesnil, 1936).

Jusqu'à une période récente, les populations algériennes de *Locusta migratoria cinerascens* étaient considérées comme sédentaires et solitaires. Au Sahara central et dans les régions limitrophes, l'intensification des périmètres irrigués sous pivot depuis les années 1980, ont entraîné la création de biotopes favorables à la reproduction de cet acridien, particulièrement dans les périmètres céréaliers à Adrar et Ouargla (Benfekih et Petit, 2010).

Depuis 1994, cette sous-espèce a régulièrement causé des dommages importants aux cultures dans les zones irriguées par des systèmes pivots au Sahara central, les premiers cas étaient observés à Zaouiet Kounta (région d'Adrar) (Ould El Hadj, 2002b; Benfekih et Petit, 2010). En effet cet acridien est passé du Sahel au sud de l'Algérie, où il est devenu parfois plus important en remplaçant le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*. Il est susceptible de couvrir l'importance économique de l'ampleur des dommages qu'il peut causer aux cultures dans les zones arides, car chaque individu peut manger quotidiennement la valeur de son propre poids.

La lutte contre les sauterelles et les criquets a toujours nécessité et nécessite encore de vastes campagnes chimiques provoquant l'utilisation de quantités massives de pesticides chimiques. L'utilisation croissante des pesticides chimiques, les risques de leur utilisation pour la santé humaine et l'environnement et le coût élevé des opérations de contrôle ont conduit certains acteurs à se poser un certain nombre de questions sur l'opportunité et l'efficacité de la stratégie de contrôle actuelle et son impact sur l'environnement. Dans ce cadre, la majorité des études se sont concentrés sur la recherche d'une lutte alternative pouvant avoir peu d'impact négatif sur l'environnement tout en apportant une solution durable au problème acridien. La lutte biologique est une alternative à la

lutte chimique avec l'utilisation de biopesticides, pour assurer une meilleure protection de la santé humaine et de l'environnement.

Notre étude se concentre sur la région d'Adrar à une altitude comprise entre 169 et 577 m d'altitude, situé à l'extrême sud-ouest de l'Algérie. Au Sahara, comme ailleurs, la survie des sauterelles est étroitement liée aux conditions climatiques des habitats ou des niches écologiques. Les espèces se distinguent généralement par leur fidélité à un type d'habitat spécifique et leur forte sensibilité aux variations de l'écosystème (Proches *et al.*, 2009; Bazelet et Samways, 2011; Joern et Laws, 2013). La température et l'humidité sont les facteurs climatiques les plus importants (Guendouz-Benrima *et al.*, 2011; Moussi *et al.*, 2011), car ils créent directement ou indirectement un environnement favorable au développement des populations de sauterelles, notamment dans le désert. Dans cette région aride, les oasis et les tapis végétaux créent des microclimats qui offrent des conditions physiques et nutritionnelles propices à la survie et à la reproduction des sauterelles.

Dans cette étude, nous avons quatre objectifs principaux:

- 1- Actualiser la liste des espèces de sauterelles présentes dans la région d'Adrar, par l'établissement des inventaires périodiques dans des milieux naturels et oasiens;
- 2- Identifier les assemblages d'espèces de sauterelles, en particulier dans les habitats oasiens;
- 3- Révéler les stratégies d'adaptation des sauterelles aux environnements hostiles, notamment en termes de phénologie;
- 4- Effectuer un essai de toxicité contre le criquet migrateur *Locusta migratoria cinerascens*, en utilisant les extraits bruts de la plante *Cassia italica*.

Pour atteindre ces objectifs, Notre étude est divisée en trois chapitres. Le premier chapitre est relatif à un aperçu général sur les acridiens et la plante *Cassia italica*. Le second chapitre est consacré à une étude faunistique détaillée des acridiens de la région d'Adrar durant 03 ans au niveau de 23 localités différentes. Dans le troisième chapitre un essai de toxicité du *Cassia italica* sur *Locusta migratoria* a été réalisé, en étudiant l'effet des huiles essentielles et l'extrait butanolique sur la morphologie, la mortalité et le poids des larves L5 et les imagos *L. migratoria*. La thèse est terminée par une conclusion générale récapitulant les principaux résultats avec des orientations et des perspectives.

CHAPITRE I

Généralités

I. Généralités sur les acridiens

1. Introduction

Les Orthoptères comprennent principalement des insectes terrestres de taille moyenne à grande, généralement connus sous le nom de sauterelles, criquets et grillons à cornes longues et courtes, ainsi que d'autres groupes n'ayant pas de noms communs. Ils se distribuent largement dans le monde entier mais sont plus diversifiés sous les tropiques (Rentz, 1978).

Les Acridiens sont des insectes ectothermes, largement répandus et généralement abondants. Ils se distinguent généralement par leur fidélité à un type de biotope précis et par leur grande sensibilité à l'évolution des écosystèmes par conséquent, ils sont des indicateurs potentiels d'un milieu ouvert (Uvarov, 1977).

2. Taxonomie

Selon Cigliano *et al* (2020), l'ordre des Orthoptères se subdivise en 03 sous ordres :

- Caelifera : qui englobe 02 sous ordres, les Acrididea et les Tridactylidea ;
- Ensifera : qui se divise en 04 sous ordre, les Elcanidea , les Gryllidea, les Oedischiidea et les Tettigoniidea;
- Titanoptera (Mesotitanida) : correspondent aux phasmes.

2.1. Ensifères

Selon Chopard (1943), les ensifères possèdent des antennes longues et fines (2 à 3 fois plus longues que le corps). La femelle possède un oviscapte ou appareil de ponte bien développé et se présente sous forme de sabre constitué de six valves, dont deux internes, deux supérieurs et deux inférieurs. Les organes tympaniques sont situés sur la face interne des tibias des pattes antérieures.

Les ensifères englobent trois superfamilles, il s'agit des Gryllavoidea, Rhaphidophoroidea et les Schizodactyloidea (Cigliano *et al.*, 2020).

2.2. Caelifères

Les Caelifères (criquets) sont des criquets (*locustes* et *sautereaux*) qui ont des antennes courtes bien que multiarticulées. Les valves génitales des femelles sont robustes et courtes. L'organe stridulant des mâles est constitué par une crête du fémur postérieur frottant sur une nervure intercalaire des élytres. Les organes tympaniques sont situés sur les côtés du premier segment abdominal. Les œufs sont généralement pondus en masse, enrobés ou surmontés de matière spumeuse et enfouis dans le sol par la pénétration presque totale de l'abdomen. Les criquets sont essentiellement phytophages et plus actifs en plein soleil (Eades *et al.*, 2013).

Les Caelifères en Afrique sont représentés par trois superfamilles: Les Acridoidea (Acridomorpha) qui comprennent toutes les sauterelles; les Tetrigoidea, les sauterelles pygmées; les

Tridactyloidea, les courtilières pygmées et les drachaetidés cylindriques et les Dzhajloutshelloidea (Rentz, 1978 et Cigliano *et al.*, 2020).

2.3. Titanoptera

Les titanoptères possèdent deux paires d'ailes maintenues à plat sur l'abdomen au repos. Les ailes antérieures de nombreuses espèces avec un organe stridulatoire. Les grands insectes mesurent jusqu'à 400 mm (David et James, 2014).

3. Morphologie des acridiens

Les Acridiens sont des Orthoptères dont la taille varie de 7 mm pour les plus petits, à 12 cm, avec une envergure alaire de 23 cm pour les plus grands

3.1. Externe

Le corps des Orthoptères est plutôt cylindrique, renflé ou rétréci aux extrémités (Fig.1); les téguments sont lisses ou rugueux selon les espèces et les parties du corps (Grasse, 1965).

Le corps des orthoptères se compose de trois parties ou tagmes qui sont de l'avant vers l'arrière : la tête, le thorax et l'abdomen.

La forme de la tête peut servir comme critère de distinction entre groupes d'espèces. L'angle formé par l'axe longitudinal du corps et par celui de la tête se rapproche de 90°. Cet angle varie selon les genres de moins de 30 jusqu'à plus de 90° (Doumandji-Mitiche, 1995).

Le thorax porte tous les organes de locomotion : trois paires de pattes et deux paires d'ailes. La paire de pattes postérieures est exceptionnellement développée; le fémur contient la puissante musculature qui permet aux orthoptères d'accomplir des bonds spectaculaires. Chaque segment thoracique porte une paire de pattes dont la troisième est développée et est adaptée au saut. Les 2^{èmes} et 3^{èmes} segments thoraciques portent respectivement les ailes antérieures ou élytres et les ailes postérieures ou ailes membraneuse (Medjebara, 2009).

L'abdomen est typiquement formé de onze segments séparés par des membranes articulaires. Il porte à son extrémité postérieure les pièces génitales externes. L'extrémité abdominale permet de différencier facilement les sexes et fournit chez les males un ensemble de caractères très utiles pour la détermination (Mestre, 1988). Les critères de systématique de l'abdomen portent surtout sur la forme de la crête d'une part et sur les genitalia d'autre part (Doumandji et Doumandji-mitiche, 1994). En effet, les genitalia constituent un critère déterminant dans la systématique (Jago, 1963).

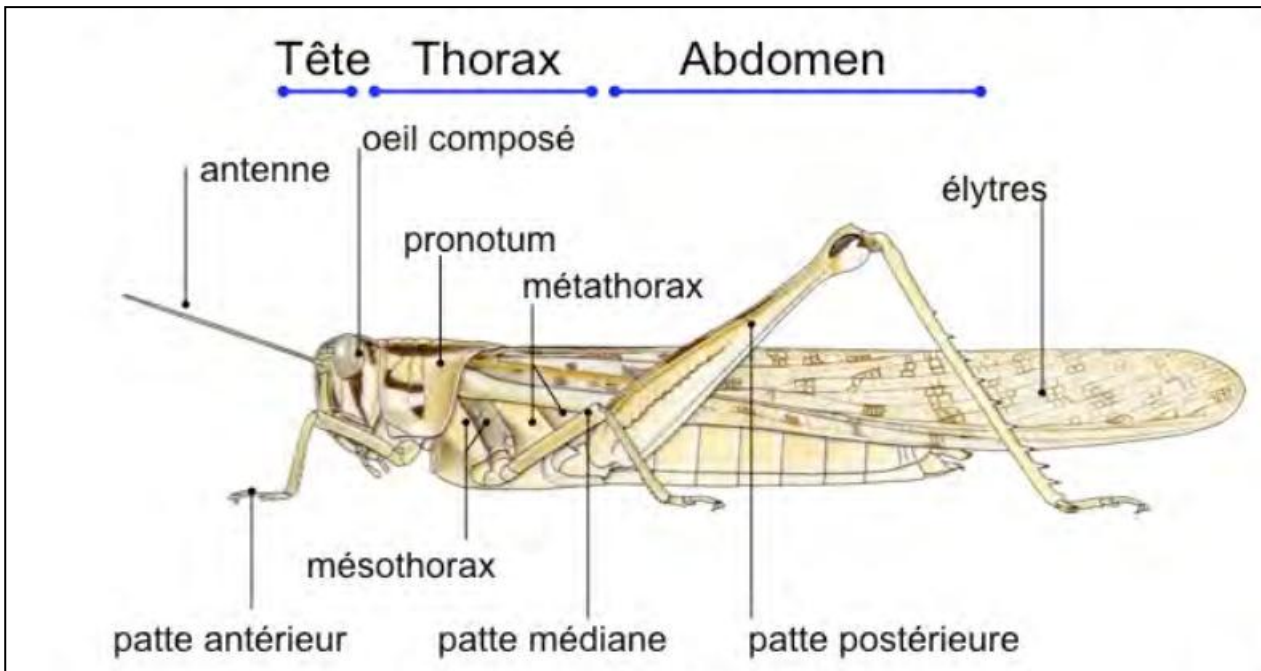


Fig.1 : Morphologie externe d'un acridien (Lecoq, 2012)

3.1. Interne

Les acridiens sont physiologiquement similaires à la plupart des autres insectes (Fig. 2). Ils ont un squelette externe chitineux, un système circulatoire ouvert interne et un système respiratoire. Ce dernier est constitué de plusieurs trachées reliées à des sacs aériens permettant le déplacement de l'air communicant vers l'extérieur à travers de petites ouvertures sur les côtés de leur abdomen appelés stigmates. Au niveau de la tête, ils ont un système nerveux constitué de ganglions cérébraux. Une chaîne nerveuse ventrale relie d'autres ganglions. Un système digestif composé de trois parties : un stomodaeum, un mésetéron et un proctodaeum (Uvarov, 1966).

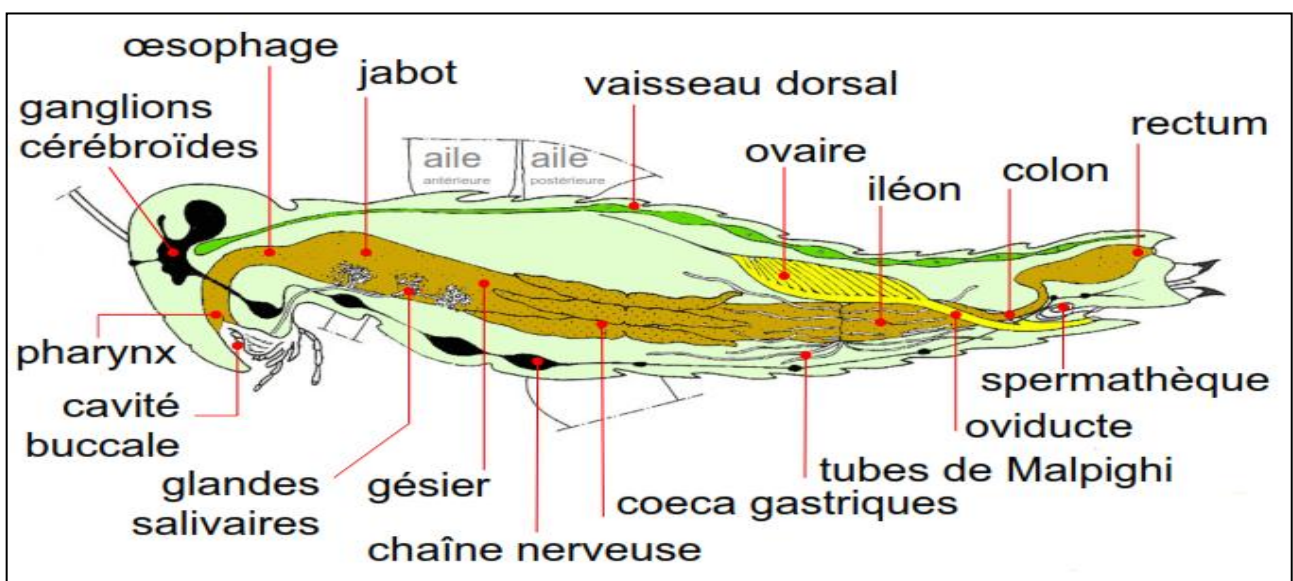


Fig.2 : Morphologie interne des acridiens (Lecoq, 2012)

4. Biologie des acridiens :

Tous les orthoptères sont ovipares et réalisent leur cycle de vie en une année complète. Ceci se traduit par une phénologie assez tardive : la plupart des individus sont matures seulement en été (GRETIA, 2009).

La plupart des acridiens se développent, s'accouplent et pondent durant la belle saison (Fig.3 et Fig.4). Ils disparaissent dès l'apparition du froid, cependant le climat doux de l'Afrique du Nord permet à beaucoup d'espèces de persister tard à l'arrière-saison alors que certains se rencontrent à l'état adulte durant presque toute l'année. Les acridiens durant leur vie passent par trois états successifs : L'état embryonnaire (l'œuf), l'état larvaire (larve) et l'état imaginal (l'ailé ou l'imago). Le terme adulte désigne un individu sexuellement mûr (Uvarov, 1966).

Les femelles pondent dans le sol en zone tropicale sèche. En zone tropicale humide, certaines espèces préfèrent pondre sur la végétation (Appert et Deuse, 1982). Quand la femelle veut pondre, elle enfonce son abdomen dans le sol et pond ces œufs qui sont couverts dans une oothèque.



L. migratoria : mâle et femelle en l'accouplement



Accouplement chez *Pyrgomorpha cognata*



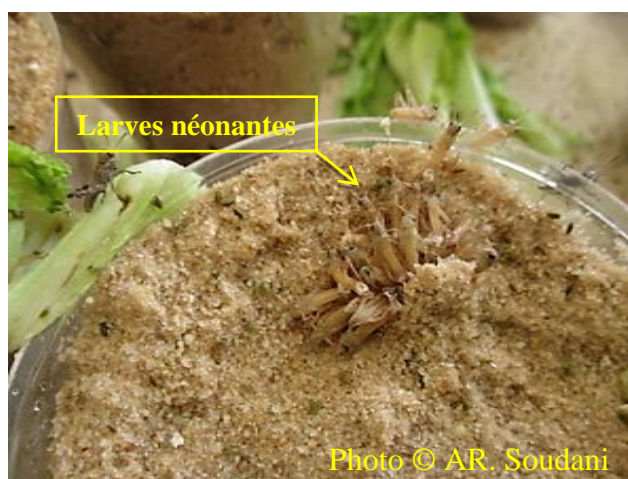
Ochrilidia filicornis : mâle et femelle engagés dans l'accouplement



Heteracris harterti: femelle pond ses œufs dans le sol

Fig.3 : Phénomènes de l'accouplement et la ponte chez les acridiens

L'éclosion de l'œuf se produit à la fin du développement embryonnaire libérant une larve enveloppée d'une cuticule. Cette dernière se détache de la larve lors d'une mue appelée mue intermédiaire, qui donne naissance à une larve du premier stade. La larve d'un acridien passe de l'éclosion à l'état imaginal, par plusieurs stades, en nombre variable selon les espèces. Chaque stade est séparé du suivant par le phénomène de la mue (mue intermédiaire) au cours duquel la larve change de peau et augmente en volume (Lecoq, 1978). Les larves se développent à travers une série de 4 à 8 stades, le nombre de stade variant selon l'espèce et le sexe, chaque stade légèrement plus grand en taille que le précédent(Fig.4).



Processus de l'éclosion chez *Locusta migratoria*



L5-solitaire de *Locusta migratoria*



L5 de *Sphingonotus savignyi*



L5-grégaire de *Schistocerca gregaria*

Fig.4: Phénomènes de l'éclosion et développement larvaire chez les acridiens

La dernière mue (mue imaginal) permet l'émergence de l'imago (Chopard, 1943) (Fig.5). La période imaginal est consacré à la recherche d'un biotope favorable et à l'alimentation. Les mâles et les femelles augmentent de poids en accumulant des corps gras. Le poids des mâles se stabilise alors que celui des femelles continue pour la maturation des ovocytes afin de préparer leurs futures pontes, qui sont de deux oothèques en moyenne dans les conditions naturelles (Duranton *et al.*, 1982).



Mue imaginale chez *Schistocerca gregaria*



Mue imaginale chez *Locusta migratoria*

Fig.5: Phénomène de la mue imaginale chez les acridiens

Beaucoup des espèces acridiennes présentent, au cours de leur développement, un stade d'arrêt ou diapause qui peut, suivant les espèces intéresser l'œuf, ou l'adulte où duquel les échanges respiratoires et métabolique diminuent.

-Les espèces à diapause embryonnaire : se développant en saison des pluies et passant la saison sèche sous forme d'œufs en arrêt de développement dans le sol.

-les espèces à diapause imaginale : se reproduisant en saison des pluies et passant la saison sèche sous forme d'imagos avec un arrêt de la fonction de reproduction.

- les espèces à quiescence imaginale : ayant un arrêt de maturité sexuelle quand les conditions sont défavorables (Boué et Chanton, 1971).

L'ensemble des trois états, œuf, larve et adulte correspond à une génération.

Le nombre de générations annuelles qu'une espèce peut présenter correspond au voltinisme. On distingue des espèces univoltins n'effectuant qu'une seule génération dans l'année et des espèces plurivoltines à plusieurs générations annuelles. Le nombre maximal de génération qu'une espèce peut s'effectuer en une année semble être de 5 chez les acridiens. A l'opposé, on connaît des espèces qui ont besoin de deux années au moins pour effectuer un cycle complet, particulièrement dans les régions froides et très arides. En zone tropicale sèche, les acridiens présentent en majorité de 1 à 3 générations par an (Duranton *et al.*, 1982).

Les différentes générations du cycle biologique d'une même espèce ne se déroulent pas nécessairement dans les mêmes zones géographiques et des déplacements saisonniers ont fréquemment lieu entre des aires écologiquement complémentaires distantes les unes des autres de plusieurs centaines de kilomètres (Appert et Deuse, 1982).

5. Ecologie des acridiens

Les caractères écologiques des acridiens sont étroitement liés aux caractères biogéographiques. Ces insectes sont caractérisés par une large distribution géographique dont on trouve une multitude de biotopes dans lesquelles ont pu s'adapter et assurer un équilibre écologique. La faculté à coloniser de nouveaux milieux est liée à une grande tolérance écologique. Cette répartition est largement influencée par de nombreux facteurs dont la température, l'humidité, la lumière, le sol et la végétation (Amédégnato et Descamps, 1980; Allen *et al.*, 2006; Whitman, 2008).

5.1. Action de la température

Les acridiens, comme tous les insectes, sont des poïkilothermes ; leur température du corps est variable et dépend de la température ambiante. Les possibilités de régulation sont faibles, bien que leur température interne puisse, par insolation directe, dépasser de 10° à 15 C° la température externe (Duranton *et al.*, 1982).

La température module l'activité générale, la vitesse de développement et le taux de mortalité. Elle agit également sur la distribution géographique des espèces. C'est un facteur discriminant majeur, car tant qu'elle n'a pas atteint un seuil minimal, l'insecte ne peut réagir aux autres facteurs de son environnement. Un optimum thermique, propre à chaque orthoptère, est fonction de l'âge et du sexe (Gillon, 1996).

Le facteur de la température stimule l'activité de la jeune larve prête à éclore. Chez les larves; la température influe sur la vitesse et sur la réussite de développement. Tant disque chez les ailé, elle agit sur la vitesse de maturation sexuelle, le rythme de ponte, le rendement ovarien et la longévité (Hunter, 1961).

D'après Voisin (1980), les acridiens peuvent être classés d'après leurs caractéristiques thermiques, en espèces thermophiles, méso thermophiles, méso-cryophiles et cryophiles.

5.2. Action de la végétation

Les acridiens trouvent dans la végétation, abri, perchoir, nourriture. Trois facteurs de différenciation interviennent dans la perception du tapis végétal

- sa composition floristique (espèces végétales présentes) ;
- sa structure (pelouse, prairie, savane, steppe, forêt) ;
- son état phénologique (germination, feuillaison, floraison).

Le tapis végétal offre en outre des conditions de vie différentes du milieu ambiant, à micro-échelle. L'acridien y trouve généralement une température et une humidité relative différente, des alternances de plages d'ombre et de soleil, un abri contre le vent ou la pluie, des supports pour la rosée qu'il lui arrive de boire à l'aube (Duranton *et al.*, 1982).

Le rôle de perchoir est plus ou moins important pour les espèces selon que celles-ci préfèrent être au sol (géophiles) ou dans la végétation (phytophiles), sur les plantes basses (herbicoles) ou dans les arbres (arboricoles). Dans tous les cas, les criquets se perchent pour effectuer toutes leurs mues, sauf la première à l'éclosion (mue intermédiaire) qui a lieu au sol.

Le rôle le plus évident de la végétation est de servir de nourriture. Souvent les mêmes plantes tiennent lieu d'abri de perchoir et de nourriture. Certains acridiens sont opiophages, d'autres polyphages. *Poeciloceris hieroglyphicus*, par exemple, est un oligophage consommant essentiellement des Asclépiadacées (Launois-Luong, 1975).

5.3. Action de l'eau

L'eau agit comme facteur nécessaire pour la survie des œufs, ces dernières ont besoin d'absorber de l'eau dans les heures et les jours qui suivent la ponte, ainsi les larves et les ailés recherchent une ambiance hydrique qui leur permettant de satisfaire leur équilibre interne en eau. La végétation constitue la quasi-totalité de l'alimentation des acridiens. Selon que les plantes sont turgescentes ou non, les criquets équilibrent avec plus ou moins de facilité leur balance hydrique interne (Hunter, 1961).

En cas de sécheresse, les œufs subissent un ralentissement important ou même un arrêt de développement qui peut être une simple quiescence ou annoncer la mort de l'embryon. Un excès d'humidité est aussi néfaste, car il engendre l'asphyxie des œufs. Ainsi pour chaque état ou stade biologique, Ainsi pour chaque état ou stade biologique, il existe un optimum hydrique. Si certains orthoptères sont très exigeants sur le plan hydrique (Sténohystes), d'autres sont au contraire très tolérants (Euryhystes), ces derniers sont souvent ubiquistes et leur distribution est alors conditionnée par d'autres facteurs (Dajoz, 1982).

Selon le degré d'humidité du milieu on distingue:

- les espèces hygrophiles recherchant les milieux humides.
- les espèces mésophiles ayant une préférence pour les milieux d'humidité moyenne.
- les espèces xérophiles vivant dans les milieux secs. Mais il existe des espèces qui recherchent un milieu intermédiaire (Voisin, 1980; Dajoz, 1982).

5.4. Action de la lumière :

La lumière joue un rôle important dans les phénomènes écologiques. Il agit sur le tonus, le comportement, la reproduction selon des caractéristiques propres (gamme de longueurs d'ondes lumineuses, intensité, périodicité) et la sensibilité des espèces animales réceptrices (Launois-Luong et Lecoq, 1989). En général, les acridiens sont attirés par les sources lumineuses mais des différences importantes sont observées en fonction des espèces, du sexe et de l'état physiologique des individus (Duranton *et al.*, 1982).

Sur le plan écologique, les acridiens sont classés en espèces héliophiles et en espèces sciaphiles selon qu'ils sont attirés par la lumière ou par l'ombre. La sciaphilie apparente coïncide le plus souvent avec la recherche d'une température moins élevée ou d'une humidité ambiante plus forte (Launois-Luong et Lecoq, 1989).

5.5. Action du sol

Le sol joue un rôle sur l'ensemble des états biologiques d'une même espèce (Duranton *et al.*, 1982). Il constitue le milieu ambiant de développement des œufs de la plupart des acridiens en zone tropicale sèche. Il est le support normal des plantes dont les larves et les ailés se nourrissent. Il a donc une influence directe sur la vie des criquets au niveau des œufs, indirecte au niveau des larves et des ailés. Chaque espèce a ses propres critères d'appréciation de la qualité des sols, en rapport avec ses exigences et ses tolérances écologiques. Le sol agit aussi par l'eau et l'air qu'il contient car les œufs doivent respirer et s'hydrater pour commencer leur développement (Hunter, 1961).

6. Dégâts et importances économique des acridiens

Les acridiens comme plusieurs espèces d'insectes sont particulièrement inféodés aux cultures, où ils engendrent des pertes de récoltes significatives. A l'échelle locale, des espèces sédentaires peuvent détruire les ressources vivrières d'une communauté ou d'une région donnée, et d'autres sont des espèces gregariaptés migratrices. Elles envahissent les champs, vergés et les pâturages sur de très grandes étendues géographiques (Legall, 1989).

Les locustes en particulier, sont bien connues pour leur capacité à envahir les champs par milliers et à dévaster les cultures sur leur passage (Saizonou, 2000).

Les dégâts sont souvent spectaculaires comme ceux causés par *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria* et les sautériaux nuisibles (*Ocneridia volxemii* et *Dociostaurus maroccanus*) dans différentes régions d'Algérie (Bounechada, 2007).

La prise de nourriture prélevée quotidiennement par un individu acridien peut varier entre 30 et 70% de son poids et même plus (Duranton *et al.*, 1982). Selon Bounechada (2007) l'estimation des pertes réelles causées par les acridiens nuisibles est difficile car, elles varient beaucoup avec l'espèce considérée, la densité, la qualité et l'importance des besoins alimentaires.

7. Importance des dégâts causée par le criquet migrateur (*Locusta migratoria*)

Locusta migratoria, sous ses différentes formes grégaires, cause beaucoup de dégâts puisque ses invasions s'étendent à toutes les zones steppiques d'Europe, d'Asie ainsi que les régions tropicales de l'Afrique, et à Madagascar (Balachowsky et Mensil, 1936). C'est une espèce graminivore en phase solitaire, mais un redoutable ravageur en période d'invasion car son régime devient polyphage. De très nombreuses plantes susceptible d'être attaquées, qu'elles soient ligneuses comme le bananier, le palmier dattier (Kabassina, 1990), ou herbacées comme mil, le maïs, le blé et le Sorgho (Duranton *et al.*, 1982).

Le criquet migrateur (*Locusta migratoria cinerascens*) au cours des 12 dernières années a causé régulièrement des dégâts non négligeables sur les cultures dans les périmètres irrigués par le système des pivots au niveau du Sahara central, en parallèle avec le criquet pèlerin (Ould El Hadj, 2002b).

D'après Benfekih (2006), Des pullulations sont observées surtout, dans les zones de mise en valeur de Stah Azzi-Zaouiet Kounta, de Baamor, de Tsabit et Aougroute (Wilaya d'Adrar). Ce sont les céréales d'hiver et les maraîchages qui constituent les principales cultures où l'on rencontre cette locuste. Ainsi la présence des pivots dans les régions étudiées entraînent l'apparition d'un ensemble de biotopes constituant une zone de reproduction de solitaires et de transiens de *L. migratoria cinerascens* (Fig.6 et Fig.7).



Fig.6 : Dégâts causés par *L.migratoria* sur le Sorgho à Zaouiet Kounta-Adrar

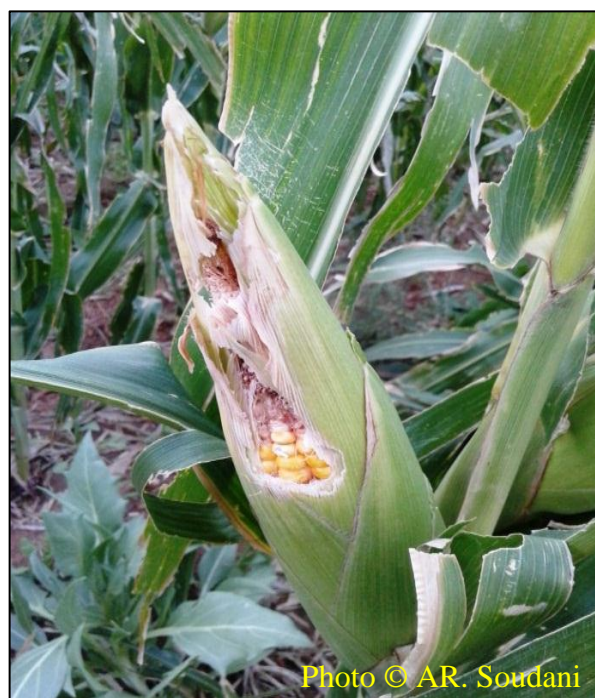


Fig.7 : Dégâts causés par *L.migratoria* sur le Maïs à Tsabit-Adrar

8. Lutte contre les acridiens

Le contrôle des acridiens nuisibles peut se faire de différentes manières: préventive, physique, chimique ou biologique.

8.1. Lutte préventive

La lutte préventive consiste à surveiller en permanence les aires grégarigènes et à détruire par des interventions rapides sur des superficies limitées, les bandes larvaires et les premiers regroupements acridiens ayant amorcés le processus de grégarisation (Duranton *et al.*, 1987).

8.2. Lutte physique

Le control physique des acridiens s'appuie sur la destruction physique des œufs, des larves ou les ailés. La destruction des œufs s'obtient en labourant les terres de 10 à 15 cm pour atteindre les pontes les plus profondes, cette méthode exige des zones cultivées car le labour ne peut pas être réalisé pour les sols inaccessibles au tracteur ou à la charrue. Les destructions des larves et des jeunes ailés à tégument non durcis se font en rassemblant les acridiens dans un fossé préparé à l'avance (Duranton *et al.*, 1982 et Dobson, 2001).

8.3. Lutte chimique

Lecoq (2005), note que les opérations de lutte chimique à grande échelle demeurent encore le seul moyen fiable pour contrôler les acridiens. Les produits chimiques utilisés actuellement en lutte anti-acridienne sont généralement destinés à tuer les criquets soit après un délai plus ou moins long. Ils

sont utilisés contre les invasions et les populations acridiennes après s'être assuré du statut du ravageur, du niveau d'infestation et des surfaces envahies (Rachadi, 1991).

L'utilisation abusive des produits chimiques a engendré, une pollution de l'environnement, une phytotoxicité, une résistance chez les insectes, de plus ils ne permettent pas de distinguer entre les espèces nuisibles et utiles. Sans oublier que la toxicité des produits utilisés n'affecte pas exclusivement les criquets, mais aussi les humains, le bétail, ainsi que l'environnement. Pour cela la lutte biologique est considérée comme un moyen de lutte propre. Ce moyen de lutte fait intervenir des ennemis naturels, des plantes ou des extraits de plantes antiappétantes ou insecticides, ou encore l'utilisation des microorganismes (champignons, bactéries, virus) pour contrôler ces ravageurs des cultures (Lomer et Prior, 1992; Thiam *et al.*, 2004 et Bounechada, 2007).

8.4. Ennemis naturelles

8.4.1. Oiseaux

L'idée d'utiliser les oiseaux pour lutter contre les acridiens est très ancienne. Les chinois utilisent depuis des millénaires des canards pour détruire les larves des criquets (Duranton *et al.*, 1982). Bien que considérés par Keith et Kevan (1992), comme ayant une activité de «nettoyage» vers la fin des invasions, les oiseaux sont très probablement les prédateurs vertébrés les plus importants des populations des acridiens grégaires (Fig. 8).



Fig.8 : Pie-grièche grise, un déprédateur des acridiens

8.4.2. Les insectes

La classe des insectes comprend un grand nombre de prédateurs, on note les Mantopterales Orthoptera, les Coleoptera, les Hymenoptera et les Diptera (Doumandji et Doumandji-mitiche, 1994).

8.5. Lutte biologique

8.5.1. Microorganismes pathogènes

Parmi les microorganismes qui infectent les populations acridiennes, les champignons entomopathogènes sont les plus importants. Ceux du genre *Metarhizium* et *Beauveria* peuvent pénétrer directement la cuticule du criquet (Prior et Greathead, 1989). *Metarhizium* a une bonne action par contact, contrairement à tous les autres pesticides biologiques potentiels; une souche a été mise au point et homologuée sous forme d'un produit UBV connu sous le nom de "Green muscle". *Beauveria bassiana* a aussi connu un certain succès mais est surtout plus efficace sous des climats tempérés car inactif à des températures élevées (Dobson, 2001).

La plupart des virus isolés à partir de criquets malades appartiennent à la famille des Poxviridae, plus particulièrement des virus *Entomopox* (*Entomopox virinae*). D'autres familles de virus ont été trouvées chez les orthoptères. Elles appartiennent aux Baculoviridae, aux Iridoviridae, aux Parvoviridae et aux Picornaviridae (Greathead *et al.*, 1994). Certains virus *Entomopox* infectent les acridiens mais ils ne se sont pas avérés efficaces sur le terrain. Leur production est également onéreuse puisqu'ils sont fabriqués *in vivo*, c'est-à-dire sur des insectes vivants (Dobson, 2001).

Les bactéries entomopathogènes font partie surtout à trois grandes familles qui sont les Bacillaceae, Enterobacteriaceae et Pseudomonaceae (Greathead *et al.*, 1994). A l'heure actuelle, *Bacillus thuringiensis* Berliner et *B. sphaericus* sont les espèces les plus utilisées en lutte contre les ravageurs.

Parmi les protozoaires, *Nosema locustae* est surtout connu pour réduire la fécondité et la longévité des acridiens (Launois-luong *et al.*, 1994). Selon Greathead *et al.* (1994), *Nosema acridophagus* et *N. cuneatum* semblent avoir un effet plus néfaste sur leurs hôtes que *N. locustae* car ils sont capables de les tuer.

8.5.1. Extraits des plantes

Les extraits provenant des plantes anti-acridienne se sont révélés comme des moyens de lutte intéressants vis-à-vis de nombreux acridiens nuisibles (Bounechada, 2007).

Un extrait végétal est un ensemble composé de molécules volatiles, odorantes, renfermées dans les feuilles et les fleurs, mais également dans les graines, les racines et les écorces des plantes. Ces composés allélochimiques sont impliqués dans la communication interspécifique et sont abondants dans les plantes (Ben Hassane, 2014). 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 (Bouhas, 2011).

Parmi les plantes capables d'empêcher ou de minimiser les attaques d'insectes nuisibles ou les maladies : l'Ail, le souci, la capucine, la lavande, le thym, l'absinthe, la sauge commune, l'oignon, le persil, la menthe, le céleri, la coriandre, le chanvre (Romane et Nistore, 2007).

Le groupe de composés bioactifs le plus étudié est celui des azadirachtines, qui interviennent dans la régulation neuroendocrinienne des hormones qui elles-mêmes régissent la croissance en concentration infime, la métamorphose et la reproduction (Rembold, 1994).

Selon Le Gall (1989), des extraits de fruits, de feuillages ou d'écorce de margousier ou neem, protègent efficacement les cultures des attaques d'orthoptères et de nombreux insectes.

Bezzaz (2011) a montré que les extraits du laurier rose ont une action répulsive et inhibe la croissance chez les larves et les imagos du *Locusta migratoria*, ainsi ils ont une influence sur la reproduction des survivants. Des résultats similaires ont été obtenus avec *Datura innoxia* et *Azadirachta indica* par Bouhas (2011) contre le criquet migrateur *Locusta migratoria*.

Nous avons choisi les extraits de la plante *Cassia italica* pour tester leur activité insecticide contre le criquet migrateur. Ce choix se justifie par le fait que les extraits de cette plante ont montré leur efficacité insecticide sur la trémie d'arbre, *Oxyrhachis taranda* (Kazmi et Hameed, 2004) et le tribolium, *Callosbruchus analis* (Yagi *et al.*, 2013).

II. Données sur le la plante *Cassia italica*

L'Algérie dépose d'une flore particulièrement riche et variée. Ce potentiel floristique constitue une source de substance naturelle. *Cassia italica* constitue avec d'autre espèce la couverture végétale la région du sud algérien. *Cassia italica* fait partie de la Famille des Ceasalpiniaceae. Le premier nom donné par Hiller en 1768 est *Senna italica* car cette plante fut très cultivée en Italie, puis devenue *Cassia aschrek* et enfin *Cassia italica* (Lardinois *et al.*, 1987).

1. Répartition géographique

Cassia italica est une plante des zones sahéliennes, elle est donc florissante dans les zones à climat chaud et sec, à sol sablonneux ou ferrugineux. Se trouve en Asie, Europe, l'Afrique. En Afrique: *Cassia italica* se trouve sur toute l'étendue du Maghreb (Algérie, Egypte), au sud (l'Afrique de sud Namibie) en passant par la zone sahélienne de l'Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali) et par l'Afrique central (République Centrafricaine et Zaïre) (Shmelzer et Gurib-Fakim, 2008).

2. Description

Plante formant de petits buissons ne dépassant guère 85 centimètres de haut (Fig.9) Feuilles paripennées, folioles obovales (ovales mais avec un sommet plus large que la base), mucronées, à base dissymétrique, pétiole teinté d'orange. Fleur assez grande, jaune pâle à nervures orangées. Le fruit est une gousse plate plus ou moins réniforme ; l'emplacement de chaque graine est marqué par une

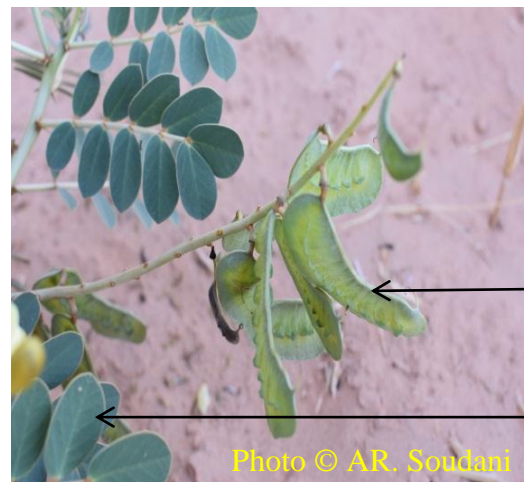
crête saillante formant une arête longitudinale. À maturité, ces gousses prennent une couleur brun rougeâtre et tombent au sol sans se désarticuler (Durnaton *et al.*, 2012).



Cassia italica:
(Vue général)



Fleurs



Gousses

Feuilles

Fig.9: Principaux organes du *Cassia italica* (feuille, fleur, fruit, ...)

3. Composition chimique du *Cassia italica*

Selon Kerharo (1974), Les folioles des séné renferment:

- 8 à 10 % d'eau;
- 10 à 12 % de matières minérales;
- du mucilage, un polyol qui est le pinitol;
- des pigments flavoniques;
- de la résine.

Les gousses sont moins riches en matières minérales (4 à 6%). Les principes actifs du *Cassia italica* sont des dérivés anthracéniques. Les anthracénosides sont représentés principalement par les sennosides A et B qui constituent la majeure partie des hétérosides des gousses mais un peu moins de la moitié de celles des folioles. A partir des feuilles, Deux nouveaux sennosides dénommés C et D. qui sont également deux glucosides somères dont le génol, la sennidine C est une hétérodianthrone de rhéine et d'aloé-émodol.

III. Présentation de la région d'étude

1. Géographie

La wilaya d'Adrar se situe géographiquement dans le sud-ouest Algérien à une distance d'environ 1543 km d'Alger. Elle couvre une superficie de 427 971 km² à savoir 19,97% de la superficie de l'Algérie (Kadri *et al.*, 2018).

Elle s'étale du point de vue longitude du 1er Méridien Est jusqu'au 3^{ème} Méridien Ouest, et du point de vue latitude du 20^{ème} Parallèle au Sud jusqu'au 30^{ème} Parallèle au nord. Elle est limitée administrativement: au Nord par La Wilaya d'El-Bayad, au Nord Est par la Wilaya de Ghardaïa, au Nord-Ouest par la Wilaya de Bechar, à l'Ouest par la Wilaya de Tindouf, au Sud-Est par la Wilaya de Tamanrasset, au Sud par le Mali et au Sud-Ouest par La Mauritanie (Benhamza, 2011 et Saci *et al.*, 2013).

La région d'Adrar est constituée de quatre grandes zones suivant (Fig.10) :

➤ **Gourara:**

Le Gourara est localisé dans le triangle formé par la frange méridionale de l'Erg Occidental, la bordure nord-occidentale du plateau de Tademaït et l'oued Saoura-Messaoud à l'ouest (Bisson, 1957). C'est l'espace le plus important et le plus dynamique après le Touat, cette zone présente une armature urbaine et rurale. Elle s'étend sur une superficie de 65 203 Km². Elle est composée de 10 communes: Tinerkouk, Ksar Kaddour, Ouled Said, Timimoune, Ouled Aïssa, Talmine, Charouine, Metarfa, Deldoul et Aougroute (Bisson, 1957).

➤ **Touat :**

Le Touate constitue le prolongement sud de la dépression de la Saoura qui est coupée par l'Erg occidental, l'oued Messaoud prend le relais et structure toute la vallée suivant une direction nord/sud ; des sebkhas de petite taille parsèment son lit et limitent souvent les palmerais du Touat du côté ouest (Otmane, 2010). Cette zone constitue le couloir de développement le plus important de la wilaya, débutant au Nord par Tsabit pour aboutir au Sud à Reggane (200 km), Elle est composée de 12 communes: Tsabit, Sbaa, Bouda, Adrar, Timmi, Tamentit, Fenoughil, Tamest, Zaouiet Kounta, In-Zeghmir, Salli et Reggane (Ghaoui et Hadjali, 2017).

➤ **Tidikelt :**

Il est adossé au piémont du plateau de Tademaït, la région présente une armature urbaine et rurale faible, comportant 04 agglomérations chef-lieu. Elle s'étend sur une superficie de 24 536 Km². Elle est composée de 04 communes : Aoulef, Timokten, Akabli et Tit (Chaoui et Hadjali, 2017).

➤ **Tanezroufet :**

Le Tanezroufet, connu localement sous le nom du désert dans le désert, est un reg immense, chevauchant la frontière entre l'Algérie et le Mali et s'étend entre l'Erg chech et les Tassilis gréseux (Debrie, 2007). Tanezroufet est caractérisé par son éloignement du reste de la wilaya (l'agglomération la plus proche est à 600 km), cette zone frontalière est stratégique, composée de 2 communes : Bordj Badji Mokhtar et Timiaouine (Ghaoui et Hadjali, 2017).

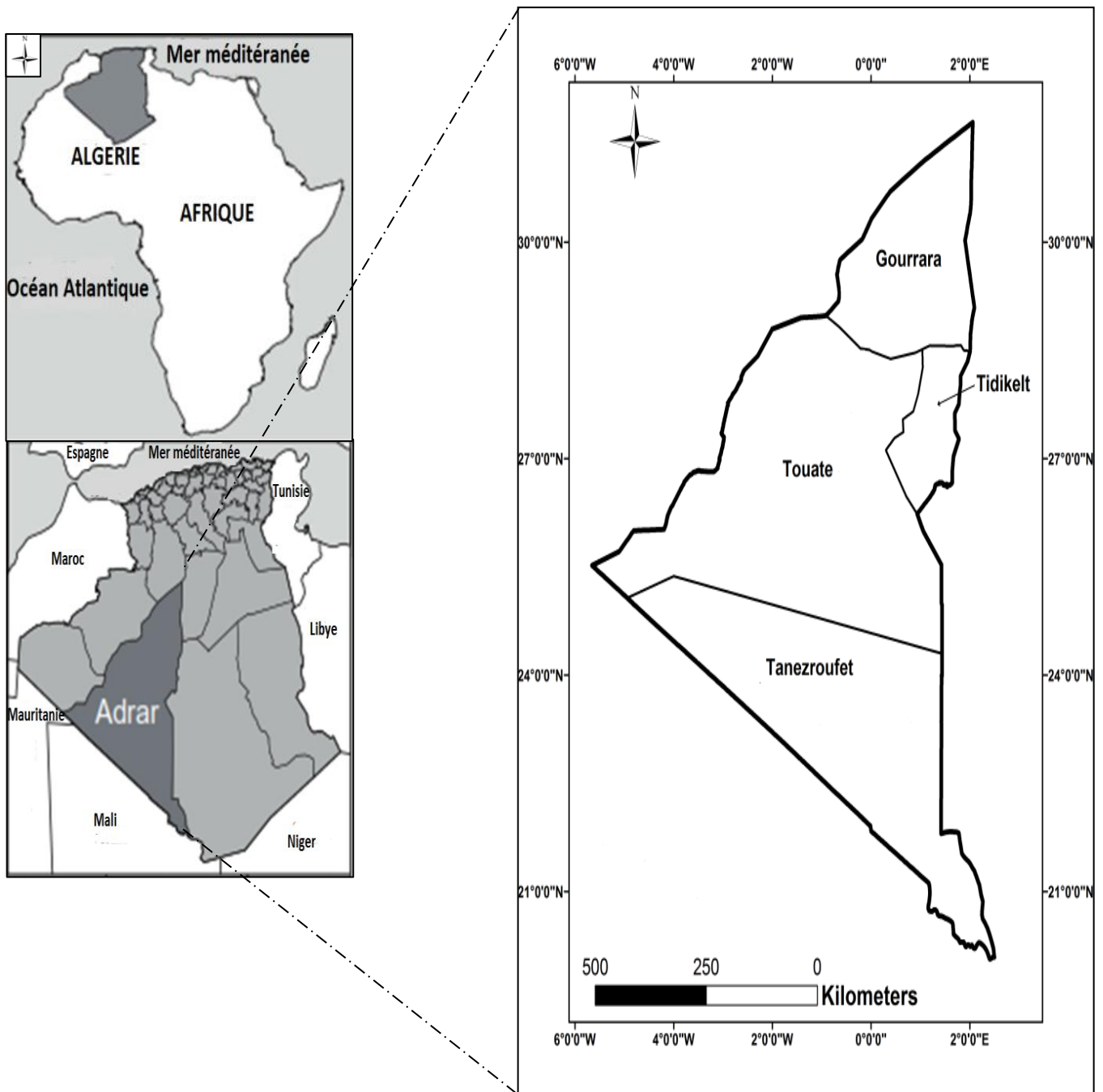


Fig.10 : Situation géographique de la Wilaya d'Adrar et ses grandes zones

2. Facteurs édaphiques :

2.1. Reliefs :

Les reliefs de la wilaya d'Adrar ont des structures désertiques et globalement étagées qui résultent de la transformation des grès dites du continent intercalaires de nature pétrographique grasseuse assez tendre (INRAA, 1989), on trouve :

2.1.1. Plateaux :

D'après Selkh (2012), les plateaux couvrent de très grandes surfaces plates du Crétacé inférieur. Ils sont soumis à l'érosion éolienne et leurs bordures extérieures sont abruptes et fortement ravinées jusqu'à une centaine de mètres de dénivelé, comme c'est le cas pour le plateau du Tademaït.

2.1.2. Erg:

L'Erg est représenté par de massives dunes de sable à l'Ouest de la région d'Adrar (Erg Echache) et au Nord par le Grand Erg Occidental, d'autres petits Ergs abritent une végétation éphémère où sont formés artificiellement par des obstacles installés contre la progression des dunes de sable vers la palmeraie (Fig.11). Ils sont dispersés dans toute la région d'Adrar (Benhamza, 2012).



Fig.11: Vue de Grand Erg Occidental au niveau de la Zone du Gourara (Ksar Tala)

2.1.3. Lits d'Oueds:

Ce terme général donné pour un cours d'eau temporaire, quelle que soit son importance, désigne souvent un lit desséché où l'eau n'a plus coulé depuis de nombreuses années (Fabre, 2004).

2.1.4. Terrasses d'érosion :

Se sont formées durant le quaternaire ancien et moyen. Leur apparence change suivant la lithologie des roches et l'intensité des facteurs d'érosion. On trouve essentiellement les vastes étendues de regs et de hamadas (Selkh, 2012).

2.1.5. Terrasses d'apports :

Elles se situent à la rupture des pentes entre les terrasses d'érosion et les sebkhas. Ces terrasses sont utilisées comme des zones à palmeraies. La pente est assez forte à l'amont et faible vers les sebkhas. La surface du sol est ondulée, parfois couverte de micro dunes plus importantes (Beucher, 1977).

2.1.6. Sebkhas :

Elles sont formées de dépôts fluviaux gypso-salins. Elles constituent des zones d'anciens lits d'oueds. Elles sont très larges et correspondent aux points les plus bas de la région. L'exemple des Sebkhas les plus fameux dans la région d'étude, sont les Sebkha de Timimoune, Tamentit et Bouda (Beucher, 1977).

2.1.7. Regs :

On peut considérer le reg comme le type morphologique le plus fréquent dans la région, représenté par une surface sensiblement horizontale, recouverte de débris généralement graveleux ou caillouteux, plus abondants, d'âge quaternaire, qui protègent un substrat en général sableux ou alluvial, de texture plus fine, d'âge crétacé inférieur (Boutadara, 2009).

2.1.8. Hamadas :

Est une surface rigide d'affleurement rocheux, parfois occupée par certains cordons dunaires. En général, la surface montre la roche nue, lissée par l'érosion éolienne (Selkh, 2012 et Ould Safi, 2018).

1.1.9. Dayas :

Dépressions souvent de tailles modestes (quelques dizaines de mètres de diamètre, quelques décimètres ou mètres de profondeur) à la surface des Hamadas ou autres zones plates. L'eau des pluies y entraîne des produits d'altération, de l'herbe et quelques buissons peuvent y survivre (Fabre, 2004). Dans ces dépressions fermées, à fond argilo sableux, se rassemblent les eaux de ruissellement après les pluies (Beucher, 1977).

2.2. Sol

La formation et l'évolution des sols du Sahara algérien sont principalement conditionnées par le climat et la salinité. Le climat très aride influe sur la pédogenèse par la forte évaporation, ce qui a engendré dans certaines zones de très fortes accumulations salines (Fabre, 2004).

Le sol d'Adrar est généralement sablonneux ou sablo-limoneux en particulier l'erg, il est pauvre en matières organiques, assez profond et facile à travailler. Leur pH est neutre ou légèrement alcalin avec un taux de salinité variable. Il existe des sols dont les textures sont limono argileux ou alluvionnaires. C'est le cas des lits d'oued formés par la sédimentation d'argile et du calcaire. On rencontre dans cette région le sol de regs, où il existe des croûtes gypso-salines. Dans la région d'Adrar, certaines terres agricoles sont très salées. Les cultures pratiquées sont en général

halotolérantes comme *Phoenix dactylifera* et certains maraîchages sous les palmiers comme la culture de l'ail et de l'oignon (Dubost, 2002).

Allal-Benfekih (2006) rapporte que les sols du Gourara sont caractérisés par un horizon tufeux, caillouteux ou gréseux, ou parfois les trois à la fois. La texture y est généralement sableuse, la structure particulière à dégradée (poudreuse). La consistance et la cohésion sont faibles, de même que les teneurs en calcaire et en matières organiques. Les sols du Touat présentent une texture très grossière avec parfois un horizon tufeux très salé, une structure particulière à fondue, une consistance et une cohésion faibles. Sur le vaste plateau d'Azzi, dans la commune de Zaouiet Kounta, les sols sont de texture grossière et de structure particulière, mais la contrainte la plus importante est celle de la faible épaisseur des sols. Les sols dans le Tidikelt sont profonds à moyennement profonds. Ils ont une topographie plane à légèrement ondulée et présentent par endroits des cailloux et des graviers à la surface du sol. Leur structure est le plus souvent particulière à fondue. La matière organique y est inexistante, la consistance et la cohésion sont faibles.

3. Ressources en eau :

D'après Dubost (2002), deux nappes caractérisent la région d'Adrar, celle du continental intercalaire et celle du complexe terminal. La nappe continentale intercalaire (Albien) est une source importante de point de vue qualitative et quantitative. Elle est alimentée par des infiltrations lors des ruissellements des oueds qui descendent des massifs du plateau Tademaït. Cette nappe se propage vers le Sud et le Sud-ouest, dans des horizons primaires. La nappe des foggaras est alimentée par les oueds de l'Atlas saharien et du piémont. Elle passe dans l'erg occidental et vient se confondre avec la nappe du continental intercalaire. L'eau arrive de deux types de nappes différentes. Elle est exploitée selon deux systèmes d'irrigation. L'un traditionnel (foggaras) qui puise l'eau des nappes phréatiques. L'autre moderne, constitué de forages et qui puise l'eau de la nappe aquifère (Reggani, 2010).

4. Flore et végétation de la région

La flore saharienne est caractérisée par un endémisme développé, parmi 650 espèces du Sahara septentrional, occidental et central, on trouve 162 espèces endémiques, soit 25 % (INRAA, 2006). Le Sahara est très pauvre sur le plan floristique si l'on compare le petit nombre des espèces qui habitent ce désert à l'énormité de la surface qu'il couvre cette flore saharienne, est très remarquable par son adaptation à un climat sec, à un sol salé (Ozenda, 1991).

D'après Moulay (2014), La végétation dans la wilaya d'Adrar se divise en deux types, une végétation à caractère agricole et une deuxième spontanée. La végétation à caractère agricole est représentée par les Oasis (ancien périmètre agricole irrigué par les Foggara) et les nouveaux terrains de mise en valeur (moderne périmètre agricole irrigué par les forages). Cette végétation assure la production agricole dans la région sous forme des produits divers, céréale, maraîchère, fourrage,

plantes médicinales et condimentaires. Tant, pour la végétation spontanée de la valeur pastorale, surtout pour les élevages camelines

4.1. Flore spontanée de la région

Les conditions pédoclimatiques très sévères de la région font que la végétation naturelle est très réduite (Allal-Benfekih, 2006). La flore naturelle de la région d'Adrar se présente comme une végétation essentiellement épineuse, pourvue parfois de feuilles minuscules pour lutter contre la sécheresse, et dont les racines s'enfouissent profondément dans le sol, à la recherche de l'eau.

Guinochet et Quezel (1954), Quezel et Santa (1963), Quezel (1991), et Ozenda (2004), la végétation saharienne s'organise selon les différents types de milieux, de la manière suivante :

4.1.1. Sols sableux :

Présence d'une steppe désertique à *Aristida pungens* (Drinn) avec buissons d'*Ephedra alata* ssp. Alenda et *Retama raetam*

4.1.2. Sols salés :

La superficie des sols salés est négligeable par rapport aux autres milieux. Ces biotopes sont caractérisés par la présence de: *Salsola foetida*, *Traganum nudatum*, *Salsola siberi*, *Tamarix boveana*, *Tamarix balansae* et *Tamarix pauciovulata*, *Atriplex halimus*, *Suaeda fruticosa* et *vermiculata*, *Traganum sp*, *Cornulaca sp*, *Zygophyllum album*, *Anabasis articulata*, ainsi que des *Frankenia sp*.

4.1.3. La steppe argileuse et caillouteuse :

Constituant le reg. *Haloxylon articulation*, *Anabasis articulata*, *Cornulaca monacantha* y sont souvent fréquents.

4.1.4. Sebkhass :

C'est sur le pourtour seulement qu'on trouve des broussailles d'halophytes (Salsolacées *Tamarix*, etc.). Dans l'eau un peu salée croît souvent le *Ruppia maritima* des Chara et des Algues vertes.

4.1.5. Groupements hygrophiles :

Les groupements de ces milieux sont représentés par quelques taches dans les endroits les plus humides. Ils se caractérisent par l'abondance de *Polypogon monspeliensis*, *Erianthus ravennae*, *Imperata cylindrica*, *Phragmites communis*, *Dermostachya bipinnata*, *Cyperus laevigatus*, *Juncus bufonius*, *Juncus maritimus* et *Typha australis*.

4.1.6. Lits d'Oueds :

Les lits d'Oueds secs, à fond limoneux ou caillouteux, sont caractérisés par une formation à *Acacia raddiana* et à *Panicum turgidum*. Cependant, ceux qui ont une alimentation assez régulière en eau, une formation à *Tamarix sp* se développe sur les alluvions sableuses. Par ailleurs, les endroits salés se caractérisent par : *Salsola sp*, *Suaeda sp* et *Zygophyllum sp* (Fig.12).



Fig.12: Vue de lit d'oued d'Amguiden occupé par *A.raddiana* et *P. turgidum*

5. Activité agricole dans la région

L'agriculture dans la wilaya d'Adrar est caractérisée par deux systèmes agricoles : l'ancien système représenté par l'oasis et le nouveau par les périmètres de mise en valeur agricole rentrant dans le cadre de l'APFA.

5.1. Système traditionnel oasien

Il s'agit du système de culture séculaire d'oasis, constitué d'un micro-parcellaire en culture traditionnelle non mécanisée sous couvert de palmier (Fig.13 et 14). L'irrigation se fait à partir des foggaras, des puits ou de forages. Ce système de production qui a amorcé son déclin a toujours été une source alimentaire et économique pour les populations du sud Algérien, où habituellement on trouve en association avec le palmier dattier les cultures vivrières sous étage dont il est le garant. (Ferry, 1999).

Les cultures pratiquées sont les cultures maraîchères, les cultures céréalières, les cultures industrielles, les arbres fruitiers ainsi que les plantes fourragères indispensables pour le développement d'un élevage même à l'échelon familial et l'entretien de la fertilité des sols (Zenkhrî, 2017).



Fig.13: Palmerais traditionnel d'El Metarfa



Fig.14: Ancien système de distribution des eaux du Foggara (EL Kesria) dans les Palmerais traditionnel d'Adrar

5.2. Nouveau système agricole

Il s'agit des périmètres créés dans le cadre de l'APFA (l'Accession à la Propriété Foncière Agricole), localisés à proximité des palmeraies traditionnelles, où l'activité phoenicicoles n'est nullement le support principal (Côte, 2002). On peut distinguer :

5.2.1. Petits périmètres :

Les attributions avaient commencé d'une manière réelle en 1984, ce système a pratiquement touché l'ensemble des wilayates sahariennes. Il s'agit de superficies de petites dimensions (1 à 5 ha), attribuées individuellement.

D'après Zenkhri (2017), Les propriétaires de ces périmètres dans la région d'Adrar sont originaires des Ksour. Le système de production vise des produits destinés à l'autoconsommation et à la vente. Les cultures intercalaires au palmier dattiers pratiquées sont : les cultures maraîchères de plein champ et sous-serres, les cultures industrielles (Tomate), les céréales, les fourrages, et l'élevage familial caprin et ovin (Fig.15).

5.2.2. Périmètres moyens de 30 à 70 ha.

D'après Zenkhri (2017), Les propriétaires de ce système bénéficient de crédits bancaires et d'un forage, mais il arrive que certains exploitants fassent de l'autofinancement. Certains propriétaires pratiquent uniquement les cultures de plein champ et sous serre, d'autre adoptent également le système pivot pour les céréales (Fig. 16).

Une bonne partie des palmeraies de la région d'Adrar ont connu une forte modification de l'occupation du sol : en plus des cultures maraîchères (pomme de terre, oignon, betterave, salade...etc), les oasiens s'adonnent à la culture de la tomate industrielle (Hadeid *et al.*, 2018).



Fig.15: Tomate cultivée sous palmiers dattiers et en plein champs à Adrar

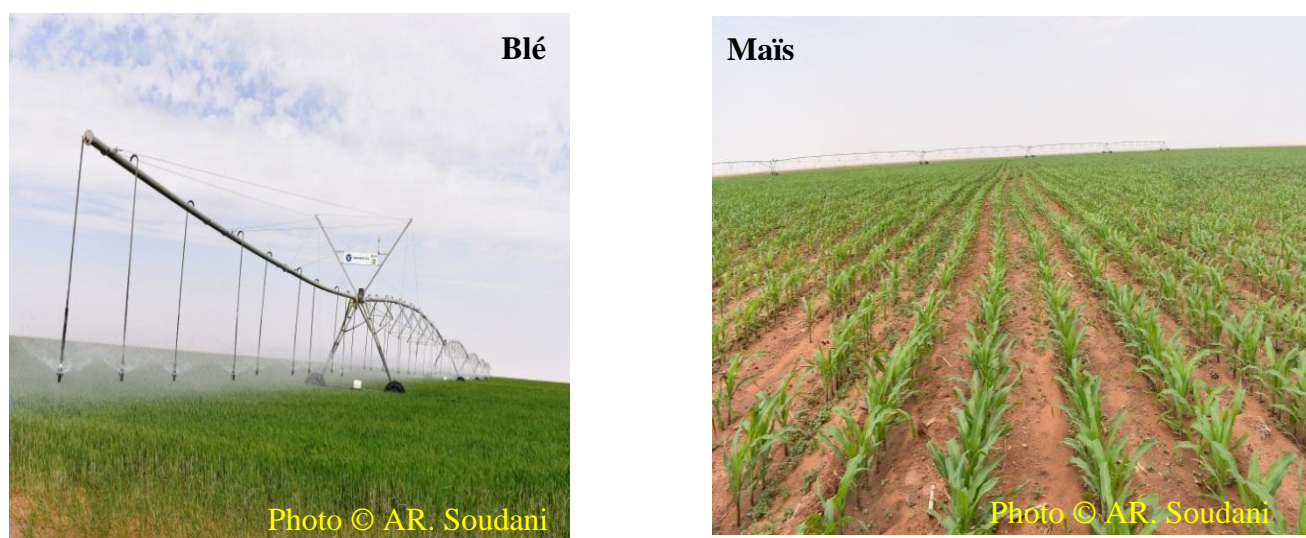


Fig.16: Culture des céréales sous pivots à Adrar

6. Faune de la région

Le Sahara proprement dit possède partout un peuplement animal, qu'il s'agisse de faune ou flore, la vie se défend contre la mort avec une ténacité et une ingéniosité admirable, beaucoup d'animaux vivant dans les déserts sont originaires des zones voisines et ne font que passer, ceux qui sont condamnés à y rester, doivent présenter des adaptations pour résister aux conditions difficiles du milieu (Ould EL Hadj, 1991).

Les mammifères dans la région d'Adrar sont bien représentés par les mouflons à manchette (zones de montagne), les gazelles (espaces ouverts, oueds et regs), les fennecs, chacals, les lièvres et les petits rongeurs tels que les Goundis, gerboises ... etc. dont on observe facilement les traces. Les antilopes oryx et addax sont en voie d'extinction. Les reptiles sont représentée par le Fouette queue, le varan de désert, les poissons de sable et les serpents. Alors que les oiseaux : se sont constatés particulièrement au niveau des oasis dont les conditions microclimatiques sont favorables, tant pour les oiseaux sédentarisés que pour ceux migrateurs (Ould El Safi, 2018).

D'après Idda (2010), L'oasis d'Adrar est caractérisé d'une faune très diversifié, son rôle est très important dans le cycle des oiseaux migrateurs, elle représente un point de brassage de nord (Europe) vers le sud (Afrique), dont plusieurs espèces protégées sont signalés. Les foggaras abritent à elles aussi de nombreux poissons d'eaux douces.

Selon Djakam et Kebiz (1993) la faune de palmeraie atteint 242 espèces d'invertébrés et 116 espèces de vertébrés dont 86 oiseaux, 11 Mammifères, 13 reptiles, 3 poissons et 3 amphibiens. Les invertébrés sont répartis en 5 classes, 20 ordres et 76 familles. Les insectes représentent 85.10% de l'effectif total. D'après Doumandji-Mitiche *et al* (1999). La faune orthoptérologique de la région d'Adrar comprend 11 espèces qui sont comme suit : *Pyrgomorpha cognata* (Krauss, 1877), *Heteracris*

(*Thisiocetrus*) *annulosus* (Walker, 1870) *Heteracris* (*Thisiocetrus*) *harterti* (Bolivar, 1913), *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775), *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804), *Aiolous thalassinus* (Fabricius, 1781), *Acrotylus patruelis* (Herrich-Schaeffer, 1838), *Locusta migratoria cinerescens* (Bonnet et Finot, 1885), *Pseudosphingonotus (sphingonotus) savignyi* (Saussure, 1884), *Sphingonotus rubescens* (Walker, 1870) et *Ochrilidia sp* (Fieber, 1853) (Fig.17).

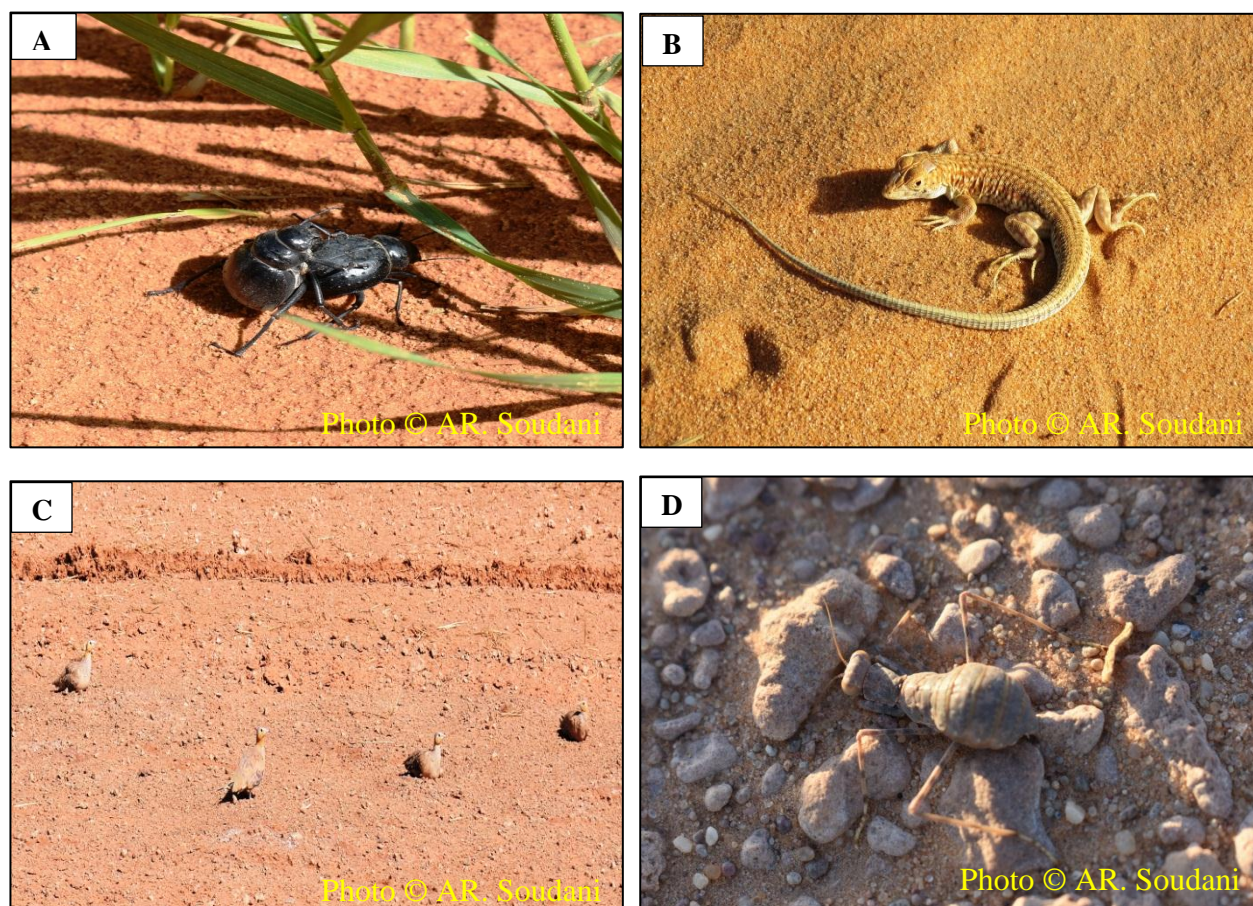


Fig.17: Exemples de la faune d'Adrar. **A:** Pimélie (*Pimelia sp*), **B:** Lézard (*Acanthodactyles sp*), **C:** Ganga tacheté (*Archilochus colubris*) et **D:** Phasme (Photo © AR. Soudani)

7. Climatologie de la région

Le climat, avec ses caractéristiques, joue un rôle essentiel dans la répartition des espèces végétales et animales, dans la formation du sol et dans les processus de plusieurs phénomènes naturels (Ould Safi, 2018). Pour Dajoz (2003), Les réactions et le développement des êtres vivants qui sont représentés par leur morphologie, la physiologie et le comportement sont influencés par les variations climatiques et les facteurs physicochimiques du milieu de vie.

Les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude, au niveau du tropique, ce qui entraîne de fortes températures, et au régime des vents qui se traduit par des courants chauds et secs (Ozenda, 1991).

Le climat saharien est caractérisé notamment par la faiblesse et l'irrégularité des Précipitations, une luminosité intense, une forte évaporation et de grands écarts de température (Chehma, 2005).

L'analyse des différents paramètres climatologiques (la température, l'humidité, les précipitations, vitesse du vent), nous donne une idée précise sur le climat qui caractérise la région d'étude.

Les données climatiques utilisées durant notre étude, pour la période 2008-2018 proviennent de la station météo de l'aéroport Cheikh Mohamed Belkebir d'Adrar.

7.1. Température

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métabolique et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés des êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2008).

Le Sahara présente une température maximale de l'ordre de 40°C pendant la période critique (juillet et août), parfois peut aller au-delà de 50°C par contre en hiver on peut observer -10°C (Toutain, 1979). Les températures mensuelles moyennes, maximales et minimales de la région d'Adrar [2008-2018] sont mentionnées dans le tableau 1.

Tableau.1: Températures moyennes mensuelles et annuelles (en °C) enregistrées dans la région d'Adrar durant la période [2008-2018].

T	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy/an
Tm	5,74	8,45	12,39	17,5	21,9	26,19	29,63	28,91	25,79	19,29	11,57	6,86	17,85
TM	21,65	24,45	29,12	34,43	38,70	43,47	46,56	44,79	41,03	34,3	26,34	22	33,9
T	13,9	16,3	20,86	26,56	30,84	35,42	38,85	37,38	33,73	27,19	19,17	14,6	25,87

TM : température maxima ; **Tm** : température minima ; **T** : température moyenne

L'analyse de ces valeurs nous permet de remarquer que la région d'Adrar est caractérisée par une température moyenne annuelle de 25,87°C. Le minimum de température est enregistré le mois de janvier (le mois le plus froid) avec une valeur de 5,74°C, alors que le mois le plus chaud est celui de juillet avec un maximum de température de 46,56°C.

L'amplitude thermique se définit, d'une part, par la différence entre les moyennes des Maximums extrêmes, et des minimums extrêmes d'autre part, sa valeur est écologiquement importante à connaître (Boukli-Hacene, 2012). En général, l'amplitude thermique de la région d'Adrar est énormément élevée, surtout pour la période estivale qui dure environ quatre mois. Il est de 16,93°C en juillet et 15,9°C en janvier.

7.2. Précipitation

Selon Dubief (1959), les précipitations ont pratiquement toujours lieu sous forme de pluies. Ces dernières sont caractérisées par leur faible importance quantitative et les pluies torrentielles sont rares. L'insuffisance de pluies sahariennes est accompagnée d'une irrégularité très marquée du régime pluviométrique et d'une variabilité inter annuelle considérable, ce qui accentue la sécheresse (Ozenda, 1991).

Parmi les localités les moins arrosées du Sahara, figurent celles du Sahara central, Timimoun, Adrar, Aoulef, In Salah et Djanet qui ne reçoivent que moins de 20 mm en moyenne (Dubost, 2002).

Le tableau 2 suivant illustre les données de la pluviométrie moyenne mensuelle de la région d'Adrar pour la période [2008-2018].

Tableau.2: Précipitations moyennes mensuelles et annuelles, station d'Adrar [2008-2018].

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Cumule
P (mm)	1,92	0,6	1,478	0,023	0,62	0,25	0,09	1,015	5,22	3,97	0,42	1,202	16,83

A partir des valeurs du tableau ci-dessus, nous constatons que la région du d'Adrar est caractérisée par une très faible précipitation. Les mois les plus pluvieux sont Septembre (5,22 mm) et Octobre (3,97 mm). Alors que le mois d'avril a enregistré la valeur la plus faible (0,023) de précipitations.

La région d'Adrar reçoit annuellement une quantité très faible de précipitations (environ 16,83 mm). Cette quantité d'eau ne répond pas aux besoins de certains végétaux, alors que le recours à l'irrigation est obligatoire en cas de leur plantation. La végétation spontanée, c'est elle qui bénéficie beaucoup plus des précipitations, car en cas d'averse, la couche superficielle du sol s'imbibe, ce qui aboutit à la germination des graines qui sont y enfouie.

7.3. Humidité

L'humidité relative (HR %) ou l'hygrométrie est la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère (Ramade, 2008). L'humidité relative au Sahara est faible, souvent inférieure à 20% (Monod, 1992). Les données de l'humidité relative de l'aire enregistrées dans la région d'étude pour la période [2008-2018] sont représentées dans le tableau 3.

Tableau.3 : L'humidité moyenne de l'air (ONM d'Adrar, 2008-2018).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy/an
H (%)	31,4	24	20,25	16,48	14,4	12,7	10,7	13,69	20,9	26,9	32,6	38,98	21,94

D'après le Tableau ci-dessus, on ressorte que l'humidité relative de l'air à Adrar est très faible avec une moyenne annuelle de 21,94%. Elle atteint son maximum au mois de janvier (H% = 38,98%) et son minimum au mois de juillet (H % = 10,7%).

7.4. Vents

Le vent est un phénomène continuels au désert où il joue un rôle considérable en provoquant une érosion intense, et en contrepartie, une sédimentation également importante qui se traduit par la formation des dunes (Ozenda, 1991).

Le vent est un agent de dispersion des animaux et des végétaux, il a une action indirecte en modifiant la température et l'humidité. Il agit souvent sur les insectes en ralentissant les déplacements des espèces présente des ailles (Dajoz, 2003).

Le tableau 4 suivant illustre les données de la Vitesse moyenne du vent de la région d'Adrar pour la période [2008-2018].

Tableau.4 : Vitesse moyenne du vent (ONM d'Adrar, 2008-2018)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy/an
vitesse du vent (m/s)	19,5	21	21,87	22,95	22,6	21	22,2	21,92	19,3	19,7	19	20,62	20,99

Le vent est un des éléments les plus caractéristiques de la région d'Adrar. En se référant au tableau ci-dessus, on trouve que la région d'Adrar est marquée par des vents, qui sont très fréquents durant toute l'année, c'est durant la saison du printemps (Mars-Avril) que se manifestent violemment les tempêtes de sable où sont enregistré des fortes vitesses du vent allant jusqu'au 22,95 m/s en Avril.

8. Synthèse bioclimatique

Les données météorologiques ne sont pas toujours utilisées isolément, elles peuvent être combinées entres elles de façon à faire apparaître les périodes ayant une influence (favorable ou défavorable) sur les êtres vivants (Boukli-Hacene, 2012). Ainsi Ramade (2008), montre que les facteurs écologiques n'agissent jamais de façon isolée ; mais simultanément.

La classification écologique des climats est effectuée grâce à plusieurs facteurs, les plus importants sont, la température et la pluviosité (Dajoz, 1971). Ces deux paramètres climatiques sont utilisés pour établir le diagramme ombrothermique de GAUSSEN et le climagramme d'Emberger. Ces indices ont été développés en vue de délimiter spatialement les zones bioclimatiques et pour expliquer la distribution géographique de la végétation par la combinaison des différents facteurs climatiques (Gavilan, 2005).

8.1. Diagramme Ombrothermique de Gausсен-Bagnouls

Selon Bagnouls et Gausсен (1953), le diagramme ombrothermique de Gausсен permet de définir la durée de saison sèche et par conséquent la saison humide. Il repose sur la comparaison entre le total moyenne des précipitations du mois en mm et le double de sa température moyenne en degré Celsius. En effet, un mois est sec lorsque le totale de ses précipitations est inférieur au double de sa température moyenne ($P < 2T$), dont (P: Précipitation, T: Température). Inversement, un mois est considéré humide lorsque le totale de ses précipitations est supérieur au double de sa température moyenne ($P > 2T$). La surface de croisement indique alors la durée et, dans une certaine mesure, l'intensité de la période sèche. L'intersection de la courbe thermique avec la courbe ombrique détermine la durée de la période sèche. Cette dernière est une suite de mois secs. Elle peut s'exprimer par $P < 2T$ et la courbe se construit sur le modèle d'échelle : $1\text{ }^{\circ}\text{C} = 2\text{ mm}$ (Bagnouls et Gausсен, 1957).

Le diagramme ombrothermique de la région d'Adrar, pour une période de 10 ans (2008-2018), laissent apparaître une période de sécheresse qui s'étale sur tous les mois de l'année (Fig.18).

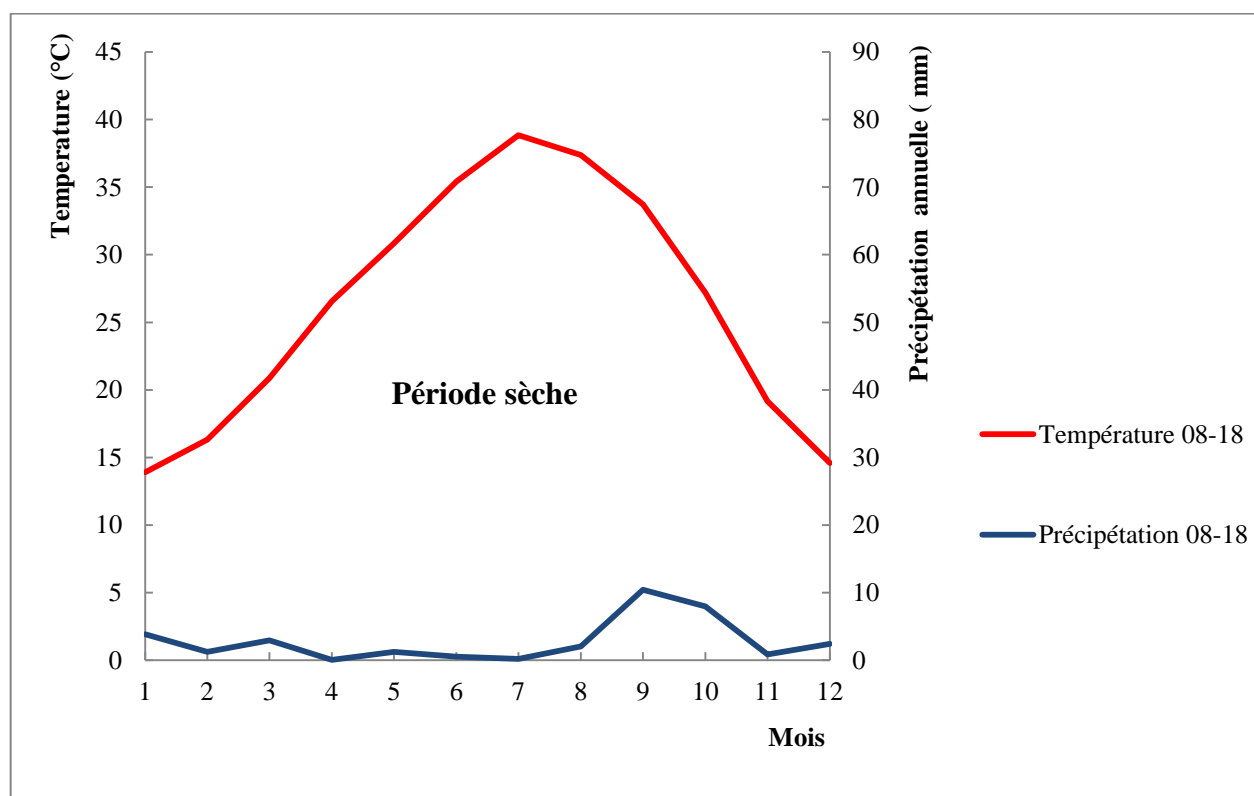


Figure.18: Diagramme ombrothermique de la région d'Adrar [2008-2018]

8.2. Climagramme d'Emberger

Le Climagramme d'Emberger est un quotient pluviométrique qui permet la distinction entre les différentes nuances du climat (Mutin, 1977). Il permet de classer une région donnée dans l'un des étages bioclimatique, en se basant sur les températures et les Précipitations de cette dernière.

Le climat d'une région méditerranéenne est déterminé à partir du quotient pluviométrique Q2 d'Emberger (1953). Il repose sur le rapport de la précipitation moyenne annuelle P en (mm) aux moyennes des températures minimales m et maximales M, respectivement du mois le plus froid et du mois le plus chaud en degrés kelvin.

$$Q_2 = 2000 \times P / (M^2 - m^2).$$

Stewart (1969) a adapté cette équation pour l'Algérie qui se présente comme suit:

$$Q_2 = 3.43 (P/M-m)$$

P : Pluviométrie annuelle moyenne en mm.

M : Moyenne maximale du mois le plus chaud en °C

m : Moyenne minimale du mois le plus froid en °C

Selon les données météorologiques de la station d'Adrar pour la période [2008-2018] (P = 16,83 mm, M = 46,56°C, m = 5,47 °C), le quotient pluviométrique d'Emberger Q2 est de 1,40. Le Climagramme considère qu'une région est d'autant plus sèche que le quotient est plus petit.

Les travaux Le Houerou *et al* (1977) en Algérie, ont que les limites des étages bioclimatiques sont souvent établies en fonction de la pluviosité moyenne annuelle (P en mm) alors que les valeurs de m déterminent des variantes thermiques (Fig.19).

Avec l'emplacement de la valeur de P (16,83 mm) et de celui de m (5,47 C.), ce diagramme pluviothermique, nous a permis de situer la région d'Adrar au niveau de l'étage bioclimatique saharien à hivers doux.

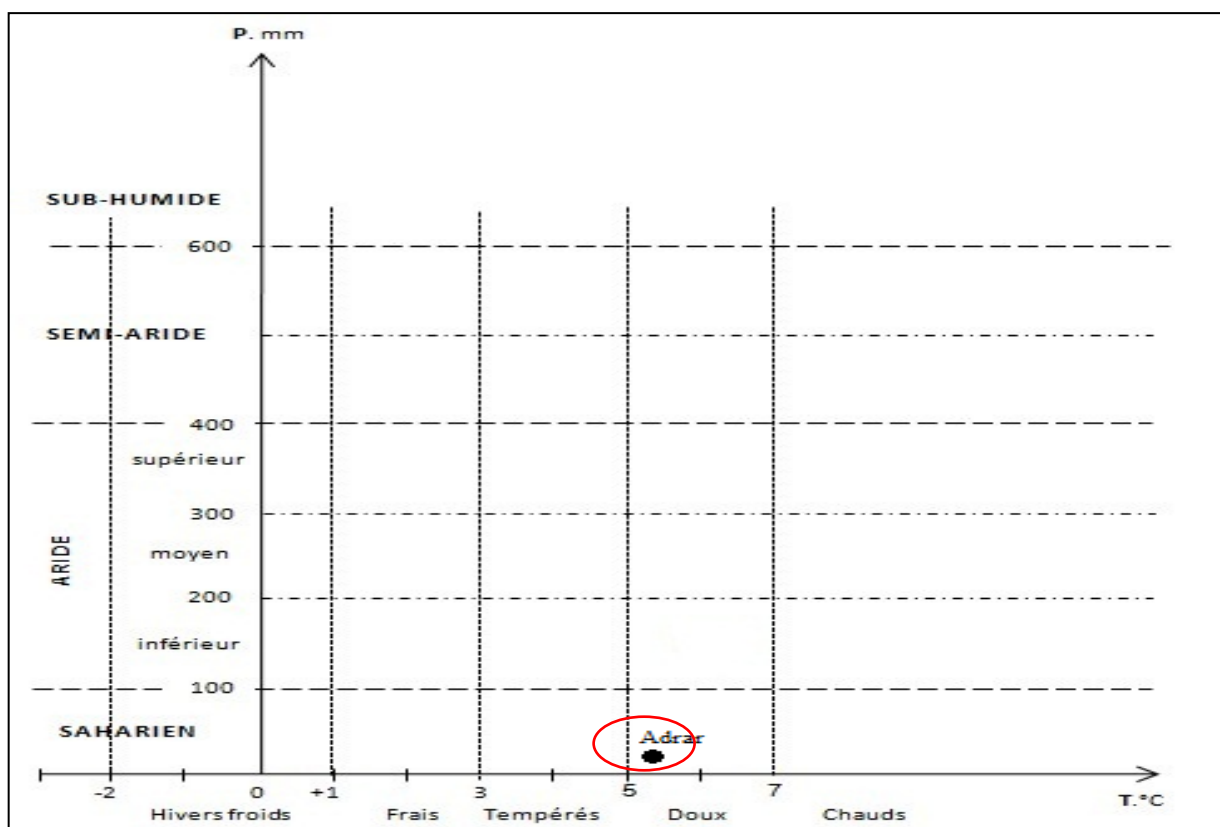


Fig.19: Diagramme pluviométrique de la région d'Adrar [2008-2018] (Le Houerou *et al.*, 1977)

CHAPITRE II

Etude faunistique des acridiens de la région d'Adrar

1. Introduction

L'ordre des Orthoptères est un taxon rarement étudié dans les déserts algériens arides. Les informations sur les sauterelles sont rares et nécessitent une meilleure compréhension pour permettre une évaluation des mesures de gestion mises en œuvre. Bien que les sauterelles ne soient pas actuellement considérées comme des ravageurs pour l'agriculture et la production agricole, certaines espèces endémiques peuvent se reproduire en grand nombre et devenir une menace sérieuse dans des conditions climatiques appropriées.

Dans ce chapitre, nous avons trois objectifs principaux à traiter:

- Actualiser la liste des espèces des acridiens présentes dans la région d'Adrar;
- Identifier les assemblages d'espèces des acridiens, en particulier dans les habitats oasiens;
- Révéler les stratégies d'adaptation des acridiens, notamment en termes de phénologie.

2. Matériel et méthodes

2.1. Etude de la composition faunique globale des acridiens au niveau régional

Ce travail a pour objectif d'établir un inventaire et une étude taxonomique des espèces acridiennes qui se reproduisent dans la région d'Adrar et étudier leur répartition dans divers biotopes, ainsi pour constituer une collection de référence. Pour aboutir ce travail, il était nécessaire d'effectuer des relevés qui permettent de connaître la composition spécifique de la faune acridienne des localités de capture.

2.1.1. Choix des localités

Vu la difficulté de prospecter de toute la région d'étude, Nous avons choisi 23 localités qui font partie des quatre grandes zones de la wilaya et englobant 06 milieux différents (palmerais traditionnel, palmerais modernes, Maïs cultivé sous pivot, blé cultivé sous pivot, milieu naturel à base: *Randonia africana*, *Zygophyllum album*, *Cornulaca monacantha* et *Phragmites australis*). L'ensemble de ces localités, situées entre (26°57'41.6"N, 1°04'36.0"E) et (29°43'29.5"N, 0°44'36.8"E) ont été visités périodiquement durant une période qui s'est étalé entre Février 2016 et février 2019 (Tableau 5, Fig.20).

Tableaux.5 : Résumé des localités étudiées.

Localités	Description des localités de capture	Latitude	Longitude
Bordj Badji Mokhtar	Pièges lumineuses	23°01'44.5"N	0°22'17.5"W
Aoulef	palmeraies	26°57'41.6"N	1°04'36.0"E
Sali	palmeraies	27°02'06.1"N	0°05'33.0"W
Zaouiet Kounta1	<i>Phragmites australis</i>	27°18'15.2"N	0°13'30.2"W
Zaouiet Kounta2	palmeraies / Pièges lumineuses	27°13'59.8"N	0°10'23.2"W
Baameur	pivot du blé	27°32'28.5"N	0°12'12.0"W
Fenoughil1	<i>Cornulaca monacantha</i>	27°36'03.5"N	0°18'34.7"W
Fenoughil2	Pivot du Maïs	27°36'10.3"N	0°19'17.0"W
Noumenas	<i>Zygophyllum album</i>	27°41'12.0"N	0°17'04.1"W
Tamentit	palmeraies	27°45'59.8"N	0°15'33.0"W
Ouled Aissa	Palmeraies	27°50'39.9"N	0°18'32.3"W
Bouda	palmeraies	27°56'24.8"N	0°22'43.2"W
Meraguene	<i>Zygophyllum album</i>	28°01'51.8"N	0°16'02.5"W
Sbaa	palmeraies	28°13'21.7"N	0°09'53.3"W
Tsabit	Maize pivot	28°16'42.4"N	0°05'28.9"W
Kaberten	<i>Randonia africana</i>	28°24'22.2"N	0°07'19.0"W
El Metarfa	palmeraies	28°41'12.2"N	0°07'15.3"W
Aougroute	palmeraies	28°45'53.3"N	0°19'08.9"E
Timimoune	palmeraies / Pièges lumineuses	29°16'11.7"N	0°13'25.6"E
Ouled said	palmeraies	29°24'58.7"N	0°14'32.4"E
Cherouine	palmeraies	29°02'18.8"N	0°15'26.4"W
Telmine	palmeraies	29°18'24.3"N	0°32'03.5"W
Tinerkouk	palmeraies	29°43'23.2"N	0°44'31.7"E

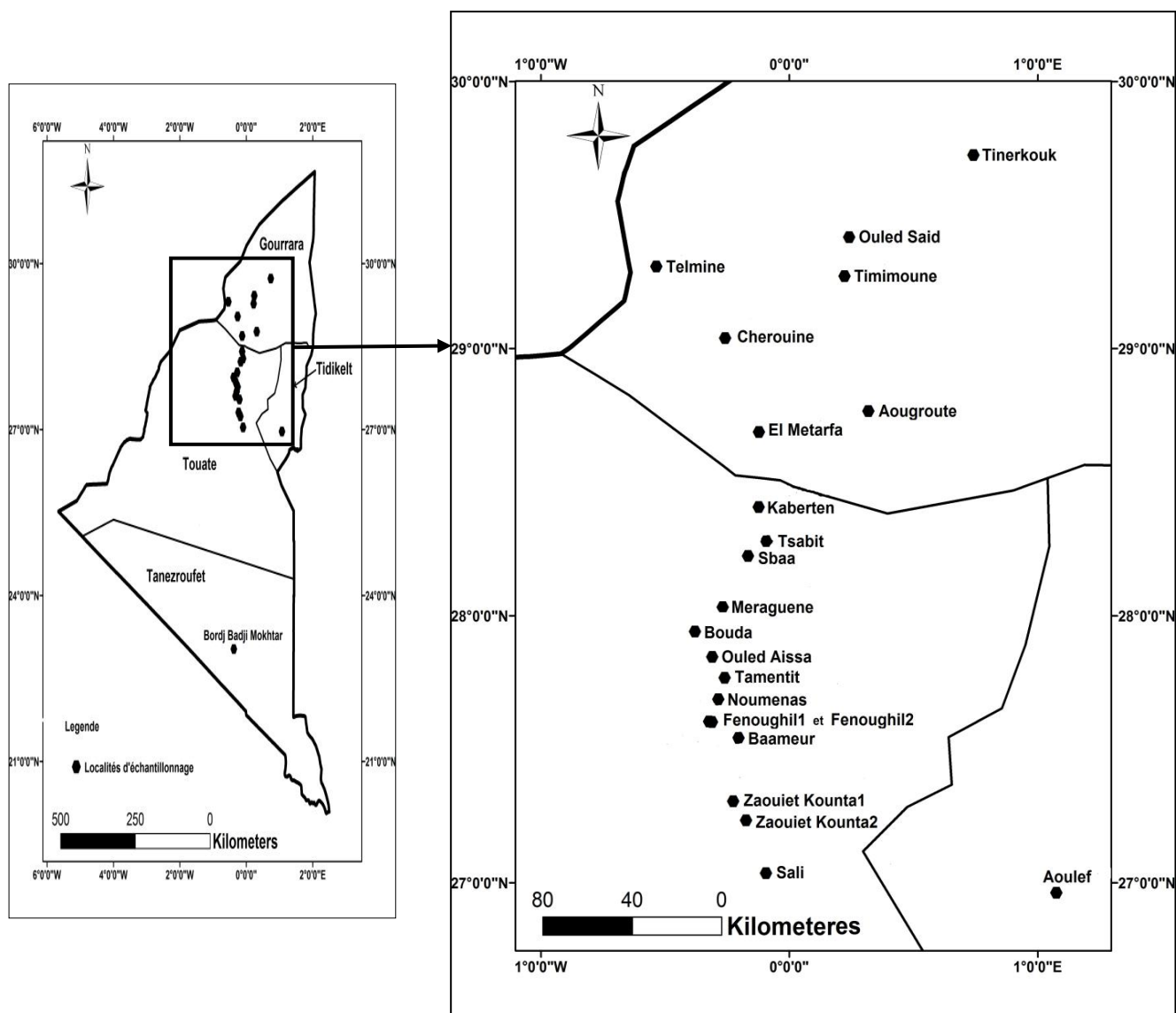


Fig.20: Distribution géographique des localités étudiées

2.1.1.1. Technique d'échantillonnage

Pour l'étude qualitative des acridiens de la région d'Adrar, les individus acridiens ont été capturées à la main ou par un filet fauchoir dans les champs. L'échantillonnage a eu lieu de manière aléatoire pendant la journée entre Février 2016 et février 2019, avec de bonnes conditions météorologiques (ciel clair, vent faible et températures oscillantes entre 27 et 30°C) lorsque les insectes sont actifs. Des spécimens ont également été capturés sous un éclairage nocturne tout en explorant au hasard la lumière des rues de certaines des localités étudiées une fois par mois, à savoir Bordj Badji Mokhtar, Zaouiet Kounta et Timimoune. Les individus récoltés sont disposés dans des boîtes en plastiques avec une étiquette mentionnant la localité et la date de prélèvement.

2.1.1.2. Identification et conservation des espèces capturées

La détermination des criquets capturés a été faite au laboratoire en utilisant une loupe binoculaire qui permet d'observer et d'examiner avec précision les caractéristiques morphologiques de chaque individu. Les spécimens ont été classés et identifiés au niveau taxonomique le plus bas possible en utilisant les clés d'identification du Chopard (1943), Louveaux *et al* (2019) et Cigliano *et al* (2020).

Certains des échantillons ont été conservés dans de l'éthanol de qualité analytique absolue tandis que d'autres ont été tués puis épinglés et conservés à sec dans des boîtes de collecte. Une collection de référence des acridiens recensés a été déposée au laboratoire de Recherche en Génétique, Biotechnologie et Valorisation des Bioressources de l'Université de Biskra (GBVB).

2.2. Reconnaissance des assemblages de sauterelles à l'échelle des habitats oasiens

2.2.1. Choix des stations

D'après Voisin (1979), Il est entendu par station l'endroit précis sur le terrain où est effectué un inventaire orthoptérique. Le choix des stations est réalisé selon leur homogénéité apparente. En pratique, une station doit être homogène par rapport à la structure de sa végétation sur une surface de 100 m².

L'étude temporelle des acridiens est réalisé au niveau du trois palmerais modernes, de localités différentes (Zone: Touate). Le choix des palmerais est fait sur la base de la présence d'une partie de la palmerais cultivée et une autre non cultivée, Chaque palmerais est divisée en 02 stations, l'une concerne les parcelles dont l'espace intercalaire entre les palmerais est cultivée et irriguée et l'autre concerne les parcelles dont l'espace intercalaire est non cultivée avec un sol quasiment nul.

2.2.1.1. Palmerais de Zaouiet Kounta

Elle est localisée à 70 km au sud de chef-lieu de la wilaya d'Adrar (27°13'59.8"N, 0°10'23.2"W), d'environ 05 hectare, c'est une palmeraie moderne, l'écartement entre les palmiers est 08 m. L'espace intercalaire cultivée est d'environ 2 hectare. Les cultures intercalaires varient selon les saisons. Pour la période hivernale généralement on trouve les céréales (blé, orge et avoine), la tomate, les légumineuses, l'oignon, l'ail, la laitue, la carotte et la période estivale on trouve les céréales fourragères comme le mil et le sorgho avec la présence des mauvaises herbes durant les deux périodes.

2.2.1.1.2. Palmerais de Bouda

Elle est localisée à 20 km au nord-ouest de chef-lieu de la wilaya d'Adrar (27°56'25.0"N, 0°22'44.4"W), c'est une palmeraie moderne de 04 hectare, l'écartement entre les palmiers est d'environ 08 m. L'espace intercalaire cultivée est d'environ 2.5 hectare. Les cultures intercalaires varient selon les saisons. Dans la période hivernale on trouve l'avoine, l'orge, la pomme de terre, la tomate, l'oignon, l'ail, la laitue et la carotte. Pour la période estivale, cette palmeraie est caractérisée

par le melon, la culture des céréales fourragères (le mil, le sorgho et le maïs) avec la présence des mauvaises et la menthe durant les deux périodes.

2.2.1.1.3. Palmerais d'Ouled Aissa

Elle est située à 7 km à l'ouest du centre administratif de la région d'Adrar. Dans la municipalité d'Ouled Ahmed Timi (27° 50'39.9"N, 0°18'32.3"O), c'est la ferme expérimentale de l'Institut National de Recherche Agronomique d'Adrar, composée de trois parcelles de terrain. La parcelle choisie fait environ 5 hectares. La station intercalaire cultivée fait environ 3 hectares. La culture intercalaire dépend de la saison. Pendant l'hiver, des cultures fourragères telles que l'avoine et l'orge pour le bétail sont cultivées, remplacées en été par des céréales fourragères telles que le mil, le sorgho et le maïs. Certaines mauvaises herbes sont présentes dans ces cultures durant les deux périodes.

2.2.2. Technique d'échantillonnage

L'échantillonnage quantitatif des espèces a été effectué entre 11h00 et 17h00 en hiver et en automne et entre 09h00 et 18h00 au printemps et en été. Chaque station a été échantillonnée une ou deux fois par mois de février 2017 à novembre 2018. Une technique utilisée dans les stations cultivées consistait à balayer à chaque fois un transect de 100 m de long et 1 m de large et répété 03 fois (Fig.21). Ces transects sont espacés de 50 mètres et parallèles les uns aux autres. Le filet utilisé pour le balayage systématique était fait d'un tissu de coton épais d'un diamètre de 30 cm à la bouche et d'une longueur de 60 cm. La végétation balaie d'avant en arrière dans un arc de 180 devant l'observateur. Le filet a traversé la végétation à environ 5 cm au-dessus de la surface du sol à une vitesse rapide et avec une courte longueur d'arc nette (environ 1 m) pour maximiser le taux de capture des a (O'Neill *et al.*, 2002). Cette technique révèle rapidement les abondances relatives des espèces mais ne donne pas une densité absolue. De plus, certaines espèces positionnées au sommet de la végétation sont plus fréquemment capturées que celles restant près du sol, ce qui entraîne une faible représentation de la réalité. Cependant, les stations du sol nu ont été échantillonnées par quadrats de 4 x 4 m (Fig.22), répétées cinq fois (Duranton *et al.*, 1982). Le nombre d'adultes et de nymphes pour 100 m² a été estimé et calculé à partir de ces données pour ces deux méthodes.

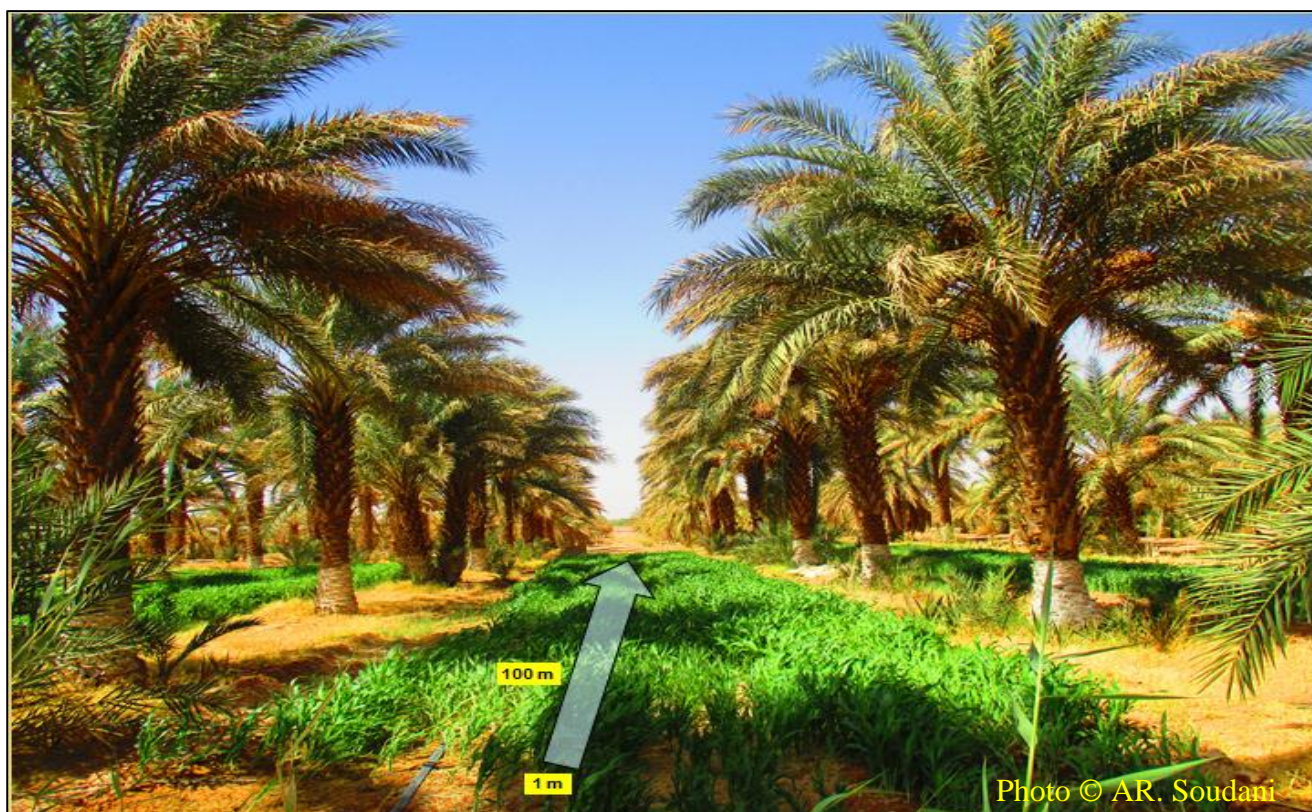


Fig.21 : Méthode d'échantillonnage des Transects dans les parties intercalaires cultivées.

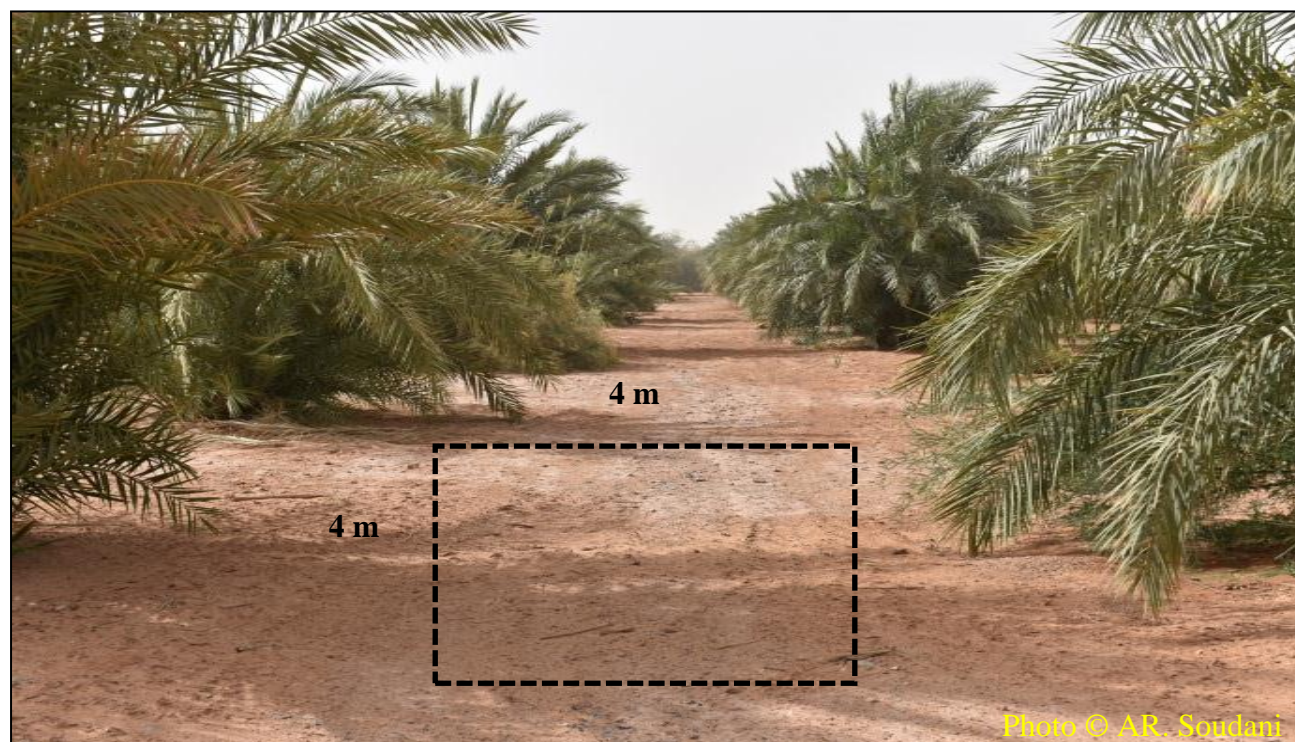


Fig.22 : Méthode d'échantillonnage des quadrats dans les parties intercalaires des sols nus

2.2.3. Traitement et analyse des données

Afin d'identifier les traits impliqués dans la structuration du peuplement acridien, nous avons procédé étape par étape en utilisant différents types d'analyses univariées (les descripteurs statistiques et indices de diversité) et d'analyses multivariées (ANOSIM, AFC, CAH). Le traitement de l'ensemble de données et les analyses statistiques ont été réalisés à l'aide du PAST 2.17c (Hammer *et al.*, 2001).

2.2.3.1. Phénologie des espèces Acridiens

Bergmeier (1998) a défini le cycle biologique comme étant l'étude des événements biotiques périodiques qui peuvent se produire à différents niveaux, comme l'organe, le tissu ou la cellule. Elle étudie les variations des phénomènes périodiques de la vie végétale et animale en fonction du climat. Une population peut posséder plusieurs états ou stades biologiques en même temps. Dans ce cas, nous considérons l'insecte à l'état qui domine.

Pour établir le cycle biologique de chacune des espèces, on sépare les larves des imagos. De plus, les larves et les imagos de chaque espèce ont été suivis par un échantillonnage périodique et quantitatif dans les 06 stations des habitats oasien choisi par la méthode de transect et quadrat. A partir des données obtenues sur le terrain, des graphes de cycle biologique ont été élaborés pour chaque espèce. Les variations des densités imaginale et larvaires durant l'année permettent de déterminer le nombre de générations par le nombre de pics et les arrêts de développement par la présence ou l'absence des adultes et/ou des larves pendant la saison hivernale (Moussi, 2012).

Afin d'identifier les traits impliqués dans la structuration du peuplement acridien, nous avons procédé étape par étape en utilisant différents types d'analyses univariées (les descripteurs statistiques et indices de diversité) et d'analyses multivariées (ANOSIM, AFC, CAH). Le traitement de l'ensemble de données et les analyses statistiques ont été réalisés à l'aide du PAST 2.17c (Hammer *et al.*, 2001).

2.2.3.2. Détermination des assemblages des acridiens (AFC, CAH)

Pour étudier la relation entre les espèces, les habitats et les saisons, nous avons effectué une analyse multivariée. L'établissement de cette analyse nécessite plusieurs étapes. Nous avons estimé l'abondance des différentes espèces de sauterelles au cours de chaque relevé selon le code suivant, où 0: absence, 1: rare (moins de 3 spécimens adultes), 2: présent (3 à 10 spécimens), 3: commun (11– 20 spécimens) et 4: abondants (plus de 20 spécimens)

La variation de la composition de la sauterelle selon les stations d'étude a été analysée par une analyse factorielle des correspondances (AFC), suivie d'une classification hiérarchique ascendante (CAH) en utilisant la méthode de Ward. En bref, les scores obtenus pour les deux premiers axes sont utilisés pour calculer les distances euclidiennes entre les lignes (espèces) et les colonnes (stations). Cette méthode permet d'examiner les différences de composition des échantillons (Martikainen *et al.*, 2000).

2.2.3.3. Similarité des stations: Teste de similarité (ANOSIM)

Nous avons testé les similarités globales entre les sites par une ANOSIM (Analysis de Similarity), un test non paramétrique de différence significative basée sur une mesure de distance. L'indice de Bray-Curtis a ici été choisi comme mesure de similarité et les valeurs de p ont été déduites de 10000 permutations. La contribution de chaque espèce d'insecte aux différences observées d'assemblages a été calculée par le programme SIMPER (Similarity Percentage), en utilisant à nouveau l'indice de Bray-Curtis (Clarke, 1993).

2.2.3.4. Signification des différences de diversité (Bootstrap)

L'importance des différences dans les indices de diversité entre deux stations ou deux échantillons a été calculée par une procédure de rééchantillonnage (bootstrap et permutations), selon la méthode décrite par Poole (1974). Il s'agit d'une alternative au test de randomisation disponible dans le module de test de permutation d'index.

2.2.3.5. Paramètres descriptifs des peuplements

Les peuplements des acridiens capturés dans les différents sites d'étude ont été soumis à quelque analyse on utilisant des indices écologiques de composition et structure

2.2.3.5. 1. Densité (D)

Pour compléter la description d'un peuplement, en plus de sa diversité et de sa richesse, il convient d'évaluer sa densité en nombre d'individus par unité de surface (Dajoz, 2003). La densité des adultes et des larves est évaluée par comptage à vue sur des surfaces échantillon de 100 m² choisies au hasard dans une parcelle comme déjà dit auparavant.

La densité moyenne est calculée par la formule suivante :

$$D = n/p$$

D = Densité moyenne de l'espèce

n = Nombre total d'individus d'une espèce récoltée sur la surface considérée.

p = Nombre total de prélèvements effectués dans le peuplement considéré.

2.2.3.5.2. Richesse

La richesse totale (S) d'une biocénose correspond à la totalité des espèces qui la composent.

La richesse moyenne spécifique (Rs) correspond au nombre moyen d'espèces présentes dans un échantillon (Ramade, 2008).

$$S = sp1 + sp2 + sp3 + spn.$$

sp1 + sp2 + sp3 + spn; sont les espèces observées.

$$\text{Donc : } R_s = \sum S / N$$

Rs : la richesse moyenne spécifique

N : nombre de relevés

S : la richesse totale.

2.2.3.5.3. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H')

Un indice de diversité peut traduire à l'aide d'un seul nombre, la richesse spécifique d'une part et l'abondance relative des espèces d'autre part, reflet de l'équilibre dynamique de la biocénose (Dajoz, 2003). Un indice de diversité élevé correspond à des conditions de milieu favorables permettant l'installation de nombreuses espèces, chacune étant représentée par un petit nombre d'individus. Un indice de diversité faible traduit des conditions de vie défavorables, le milieu étant pourvu de peu d'espèces mais chacune d'elle ayant en général de nombreux individus.

$$H' \text{ (bits)} = - \sum p_i \ln p_i$$

Avec $P_i = n_i / N$

n_i : Nombre d'individus pour une espèce donnée

N : Nombre des individus de toutes les espèces confondues

Cet indice n'a de signification écologique que s'il est calculé pour une communauté d'espèces exerçant la même fonction au sein de la biocénose (Faurie *et al.*, 2003).

3. Résultats

3.1. A l'échelle régionale

3.1.1. Composition globale de la faune acridienne de la région d'Adrar

Les prospections réalisées dans la région d'Adrar, dans 23 localités au cours des trois ans, ont recensé 20 espèces des acridiens (Tableau 6; Fig.23). Les espèces trouvées dans notre étude appartiennent à deux familles; Acrididae et Pyrgomorphidae. La famille la plus riche est Acrididae, avec 18 espèces (90% des espèces). Les deux espèces restantes appartiennent à la famille des Pyrgomorphidae (10%). La sous-famille la plus commune chez les Acrididae est celle des Oedipodinae avec 12 espèces, suivie des Eypreocnemidinae avec 2 espèces. Les quatre autres sous-familles sont représentées chacune par une seule espèce. La famille des Pyrgomorphidae est représentée par une seule sous-famille (Pyrgomorphinae), comprenant deux espèces: *Poecilocerus bufonius hieroglyphicus* (Klug, 1829) et *Pyrgomorpha cognata* (Krauss, 1877).

Les espèces les plus abondantes étaient *Acrotylus insubricus* (Scopoli, 1786), *Morphacris fasciata* (Thunberg, 1815), *Orchilidia filicornis* (Krauss, 1902) et *Pyrgomorpha cognata* (Krauss, 1877) dans les palmeraies.

L'espèce *Locusta migratoria* était généralement localisée dans les pivots des grandes cultures (maïs et blé). Les deux espèces *Sphingonotus octafasciatus* (Serville, 1839) et *Sphingonotus*

obscuratus lameerei (Finot, 1902) ont été particulièrement trouvées à la lumière de la nuit. *Truxalis nasuta* (Linnaeus, 1758) n'a été rencontré que dans les palmeraies de Timimoune.

En revanche, *Calliptamus barbarus barbarus* (Costa, 1836), *Poekilocerus bufonius hieroglyphicus* (Klug, 1829) et *Oedaleus senegalensis* (Krauss, 1877) caractérisent la région de Bordj Badji Mokhtar, située à la frontière avec le Mali.

L'inventaire des acridiens établi dans la région d'Adrar a permis de répertorier 13 nouvelles espèces pour cette région comme suit: *Acrotylus longipes* (Herrich-Schäffer, 1838), *Aiolopus simulatrix* (Walker, 1870), *Aiolopus thalassinus* (Fabricius, 1871), *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836), *Hyalorrhypis canescens* (Saussure, 1888), *Morphacris fasciata* (Thunberg, 1815), *Oedaleus senegalensis* (Krauss, 1877), *Sphingonotus obscuratus lameerei* (Finot, 1902), *Sphingonotus octofasciatus* (Serville, 1839), *Poekilocerus bufonius hieroglyphicus* (Klug, 1829), *Pyrgomorpha cognata* (Krauss, 1877), *Ochrilidia filicornis* (Krauss, 1902) and *Truxalis nasuta* (Linnaeus, 1758).

Tableaux.6: Répartition des espèces acridiennes identifiées dans les biotopes étudiés.

A: Sous la lumière du nuit; B: Palmerais; C: Maïs cultivé sous pivot; D: blé cultivé sous pivot; E: *Zygophyllum album*; F: *Cornulaca monacantha*; G: *Randonia Africana*; H: *Phragmites australis*; (0): absence; (1): rare; (2): présence; (3): commun; (4): abondant; Caractères gras: nouvelle citation pour la région d'Adrar.

Famille	Sous-Famille	Espèces	Code	A	B	C	D	E	F	G	H
Acrididae	Oedipodinae	<i>Acrotylus insubricus</i> (Scopoli, 1786)	Ains	1	3	1	1	0	0	0	0
		<i>Acrotylus longipes</i> (Herrich & Schäffer, 1838)	Alon	0	0	0	0	0	0	0	1
		<i>Aiolopus simulatrix</i> (Walker, 1870)	Asim	0	2	1	1	0	0	0	0
		<i>Aiolopus thalassinus</i> (Fabricius, 1871)	Atha	0	1	2	2	0	0	0	0
		<i>Hyalorrhypis canescens</i> (Saussure, 1888)	Hcan	1	1	0	0	0	0	0	0
		<i>Locusta migratoria</i> (Fabricius, 1781)	Lmig	0	1	3	3	0	0	0	0
		<i>Morphacris fasciata</i> (Thunberg, 1815)	Mfas	0	4	1	1	0	0	0	0
		<i>Sphingonotus obscuratus lameerei</i> (Finot, 1902)	Sobs	1	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Sphingonotus octofasciatus</i> (Serville, 1839)	Soct	1	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Sphingonotus rubescens</i> (Walker, 1870)	Srub	2	2	0	0	2	2	2	0
	<i>Sphingonotus savignyi</i> (Saussure, 1884)	Ssav	2	2	0	0	2	2	2	0	
	<i>Oedaleus senegalensis</i> (Krauss, 1877)	Osen	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Eyprepocnemidinae	<i>Heteracris harterti</i> (Bolivar, 1913)	Hhar	0	1	1	1	0	0	0	0
		<i>Heteracris adspersa</i> (Redtenbacher, 1889)	Hads	0	2	0	0	0	0	0	0
	Acridinae	<i>Truxalis nasuta</i> (Linnaeus, 1758)	Tnas	0	1	0	0	0	0	0	0
	Cyrtacantacridinae	<i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775)	Sgre	1	1	1	1	1	1	1	0
Calliptaminae	<i>Calliptamus barbarus</i> (Costa, 1836)	Cbar	1	0	0	0	0	0	0	0	
Gomphocerinae	<i>Ochridia filicornis</i> (Krauss, 1902)	Ofil	0	4	1	1	0	0	0	0	
Pyrgomophidae	Pyrgomorphae	<i>Poecilocerus bufonius hieroglyphicus</i> (Klug, 1829)	Pbuf	1	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Pyrgomorpha cognata</i> (Krauss, 1877)	Pcog	0	4	2	2	0	0	0	0



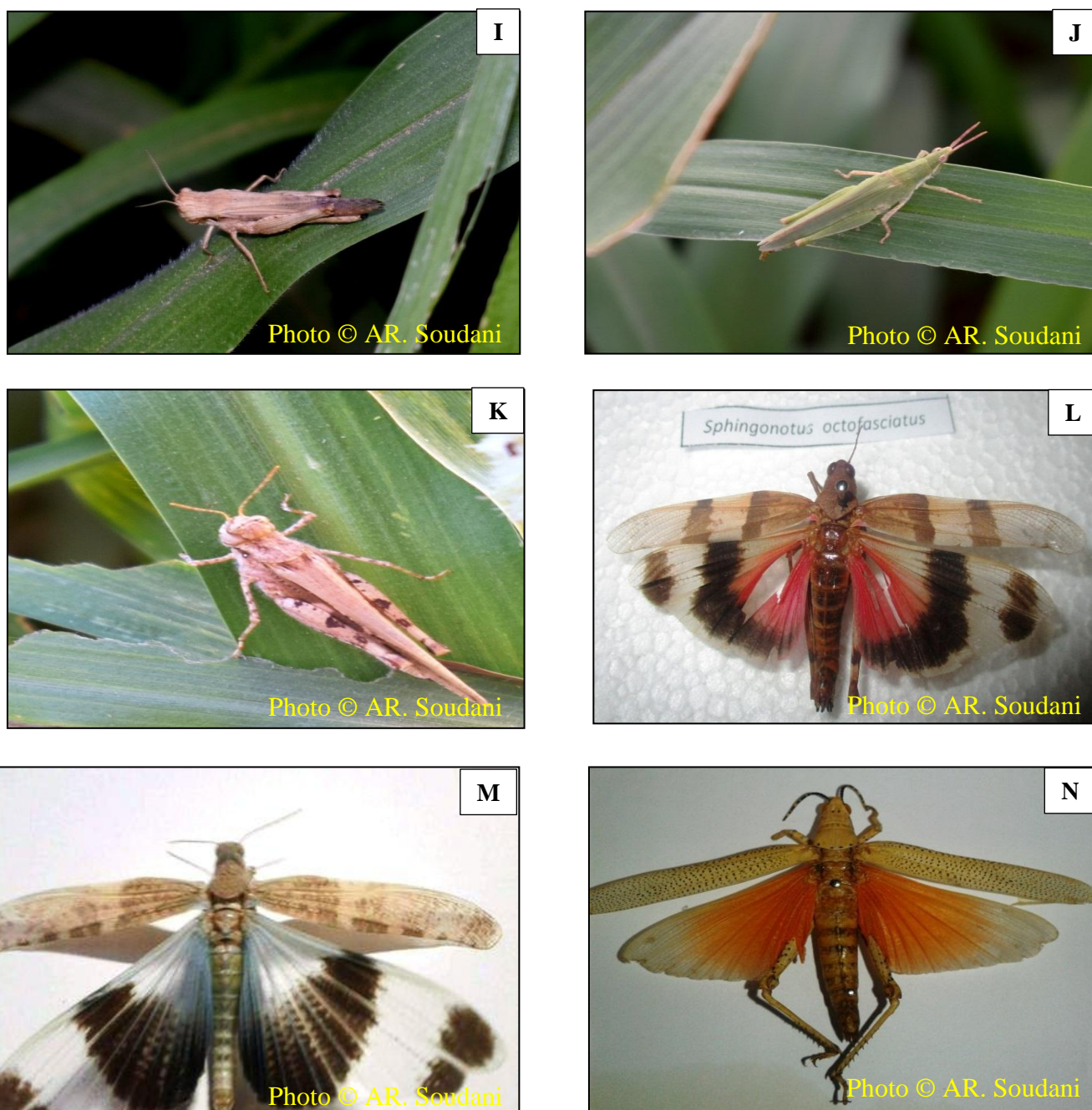


Fig.23: Les principales espèces acridiennes de la région d'Adrar

A: *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) ; **B:** *Locusta migratoria* (Fabricius, 1781) ; **C:** *Ochrlidia filicornis* (Krauss, 1902) ; **D:** *Aiolopus thalassinus* (Fabricius, 1871) ; **E:** *Heteracris harterti* (Bolivar, 1913) ; **F:** *Truxalis nasuta* (Linnaeus, 1758) ; **G:** *Sphingonotus rubescens* (Walker, 1870) ; **H:** *Sphingonotus savignyi* (Saussure, 1884) ; **I:** *Morphacris fasciata* (Thunberg, 1815) ; **J:** *Pyrgomorpha cognata* (Krauss, 1877) ; **K:** *Acrotylus insubricus* (Scopoli, 1786) ; **L:** *Sphingonotus octofasciatus* (Serville, 1839) ; **M:** *Sphingonotus obscuratus lameerei* (Finot, 1902) ; **N:** *Poekilocerus bufonius* (Klug, 1829).

3.1.2. Reconnaissance des assemblages d'espèces acridiennes à l'échelle régionale

Suite d'une AFC prenant en compte les sept types de localités et 19 espèces de sauterelles, à l'exception d'*Acrotylus longipes* qui a été enregistré séparément une fois sous *Phragmites australis*, nous avons effectué une classification hiérarchique en utilisant la méthode des groupes appariés (UPGMA) dans PAST. Cette analyse génère graphiquement les distances euclidiennes entre les lignes (espèces) et les colonnes (localités) après l'analyse des correspondances. Du fait que les variances cumulées exprimées sur les différents axes étaient faibles, nous avons considéré les coordonnées selon les deux premiers axes factoriels pour conserver plus des 2/3 de la variance totale. Trois groupes sont apparus à une distance de 1,6 (Fig.24).

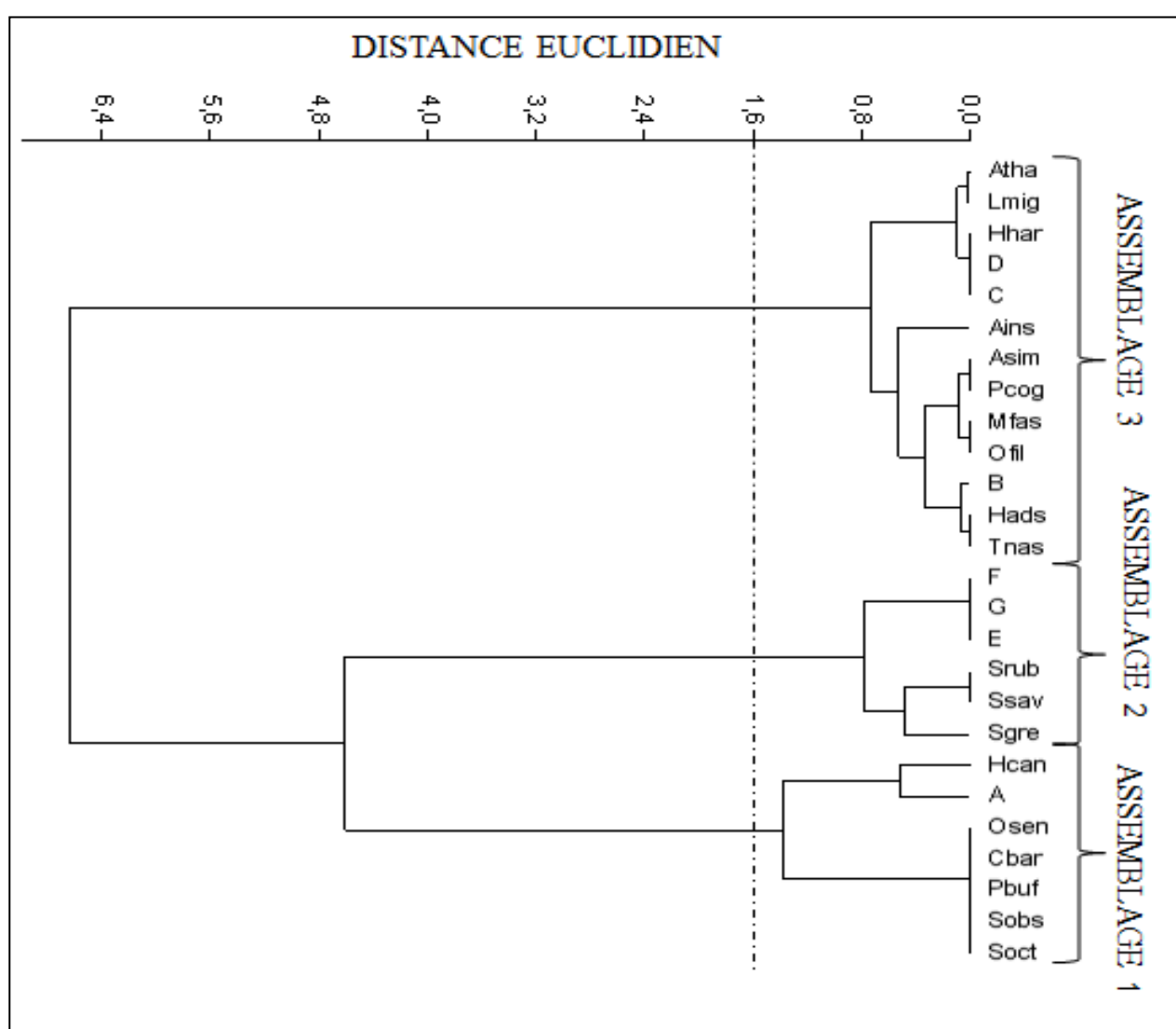


Fig.24: Analyse de grappe basée sur le score des deux premiers axes de l'AFC.

(Abréviation des espèces et des localités, voir tableau 6).

Le premier assemblage comprend des espèces adaptées à la capture nocturne à la lumière: *H. canescens*, *O. senegalensis*, *C. barbarus*, *P. bufonius hieroglyphicus*, *S. obscuratus lameerei* et *S. octofasciatus*.

Le deuxième assemblage contenait trois espèces (*S. rubescens*, *S. savignyi* et *S. gregaria*) et s'est produit dans des habitats naturels avec une végétation occasionnelle liée aux précipitations.

Le troisième assemblage était le plus riche en espèces acridiens (10 espèces), avec une composition dépendant de l'irrigation.

Il était divisé en deux sous-assemblages, l'un associé aux cultures sous palmeraies avec un peu d'irrigation (*A. insubricus*, *T. nasuta*, *H. adspersa*, *O. filicornis*, *M. fasciata*, *P. cognata* et *A. simulatrix*) et l'autre sous les pivots avec une forte irrigation (*A. thalassinus*, *L. migratoria* et *H. harterti*).

3.2. A l'échelle stationnelle

3.2.1. Reconnaissance des assemblages d'espèces acridiennes

L'échantillonnage réalisé sur 21 mois de mars 2017 à novembre 2018 dans trois palmeraies à six stations a permis de dénombrer 12 espèces. Nous avons retiré l'espèce *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) des analyses car moins de 30 individus ont été notés et la reproduction n'a pas eu lieu localement.

Les données ont été soumises à une Analyse factorielle des correspondances (AFC), pour détecter les différents assemblages d'acridiens ainsi que les espèces caractéristiques de chaque assemblage.

Les deux premiers axes F1 et F2 de AFC représentaient 67,31% de la variance totale du nuage de points avec des contributions partielles respectives de 51,38% et 15,93%. Cette valeur semble suffisante pour discriminer les axes factoriels dans ce type de l'AFC.

La projection montre un gradient d'organisation avec une forme de lettre V le long des deux axes (Fig.25), indiquant l'influence prépondérante d'un facteur écologique. La classification hiérarchique ascendante (CAH) basée sur les scores des deux premiers axes de CA a confirmé l'existence de trois assemblages par la ligne de troncature sélectionnée.

Le premier assemblage en haut à droite de la projection est associé exclusivement à des enregistrements d'espèces présentes toute l'année trouvée dans un couvert végétal dense et des stations irriguées. Il est composé d'*A. Thalassinus*, *A. simulatrix*, *H. harterti*, *P. cognata* et *L. migratoria*.

Le deuxième assemblage printemps-automne-été au bas de la projection et avec des valeurs négatives sur F2, est associé aux mentions de printemps et d'automne dans les stations de sol nu et

aux mentions d'été dans les stations irriguées, avec trois espèces: *M. fasciata*, *O. filicornis* et *A. insubricus*.

Le troisième assemblage printemps-automne distribué en haut à gauche de la projection est associé exclusivement aux relevés effectués dans des stations de sol nu. Il comprend trois espèces: *S. savignyi*, *S. rubescens* et *H. canescens*.

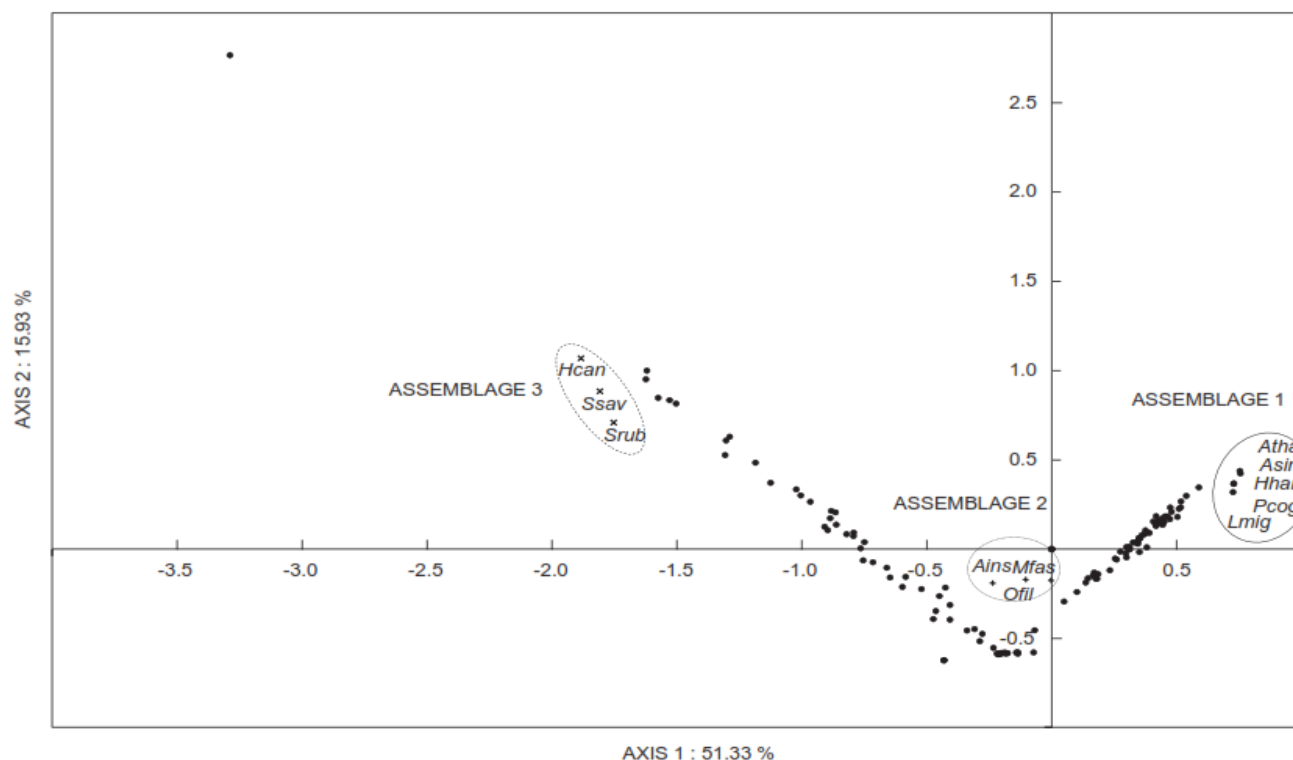


Fig.25: Ordination des acridiens dans les différentes stations par AFC.
(Abréviation des espèces, voir tableau 6).

3.2.2. Comparaison de la diversité des communautés acridiennes entre les habitats

3.2.2.1. Similarité des stations

Les communautés de différentes stations ont été comparées à l'aide du test de permutation ANOSIM. Des comparaisons par paires des communautés de sauterelles de toutes les stations ont révélé une différence très significative ($p < 15 \times 10^{-4}$) entre les stations irriguées et à couverture nue. Cependant, il n'y avait pas de différence significative ($p \approx 1$) entre les autres combinaisons (tableau 7).

Pour comparer les assemblages obtenus par CA, nous avons regroupé les enquêtes réalisées dans les stations irriguées et les stations non irriguées, pour obtenir 2 groupes.

Tableaux.7 : Comparaison par ANOSIM entre la faune de six habitats. Les valeurs P ont été données par 10 000 permutations et corrigées par Bonferroni.

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6
Station 1	-					
Station 2	0.0015	-				
Station 3	1	0.0015	-			
Station 4	0.0015	1	0.0015	-		
Station 5	1	0.0015	1	0.0015	-	
Station 6	0.0015	1	0.0015	1	0.0015	-

Station 1: Habitat irrigué - Ouled Aissa; **Station 2:** Habitat non irrigué - Ouled Aissa; **Station 3:** Habitat irrigué-Bouda; **Station 4:** Habitat non irrigué - Bouda; **Station 5:** Habitat irrigué-Z.Kounta; **Station 6:** Habitat non irrigué-Z.Kounta.

3.2.2.2. Comparaison des indices de diversité

L'impact de l'irrigation sur la diversité spécifique est analysé ici pour mesurer la résilience des écosystèmes en réponse à la pression anthropique. Les comparaisons par paire des indices de diversité (Shannon, Simpson, Equitability) par analyses bootstrap n'ont montré aucune différence significative ($p > 0,05$) entre toutes les combinaisons. La même analyse appliquée à ces indices entre les moyennes de deux types d'habitats n'a révélé aucune différence significative.

3.2.2.3. Variations saisonnières de la densité et de la richesse

La figure 26 montre les variations de la densité mensuelle moyenne de toutes les espèces combinées des acridiens dans 100 m², dans les deux groupes d'habitats. Pour le groupe d'habitats non irrigués, nous enregistrons deux pics en 2017, le premier s'est produit au printemps (Avril) et le second en automne (Novembre). Cette tendance a été observé à nouveau en 2018, mais le pic en avril a été plus important tandis que le deuxième pic s'est produit en octobre et était beaucoup plus faible que les autres. En revanche, l'habitat du sol avec une végétation dense et irriguée a montré un seul pic par an. Le pic en 2017 s'est produit en été (Juillet), mais en 2018 en septembre.

Concernant la variation de richesse (Fig.27), dans les habitats irrigués à végétation dense en 2017 et 2018, la richesse en espèces atteint un plateau à huit espèces avec une diminution de la fin de l'automne à la fin de l'hiver, lorsqu'elle atteint un minimum de trois espèces en janvier. Dans les habitats non irrigués, il convient de noter que la richesse est inférieure à celle des autres habitats, avec zéro espèce enregistrée au mois d'août le plus chaud de 2017. Il est intéressant de noter que la richesse hivernale dans tous les habitats a diminué à 3 espèces.

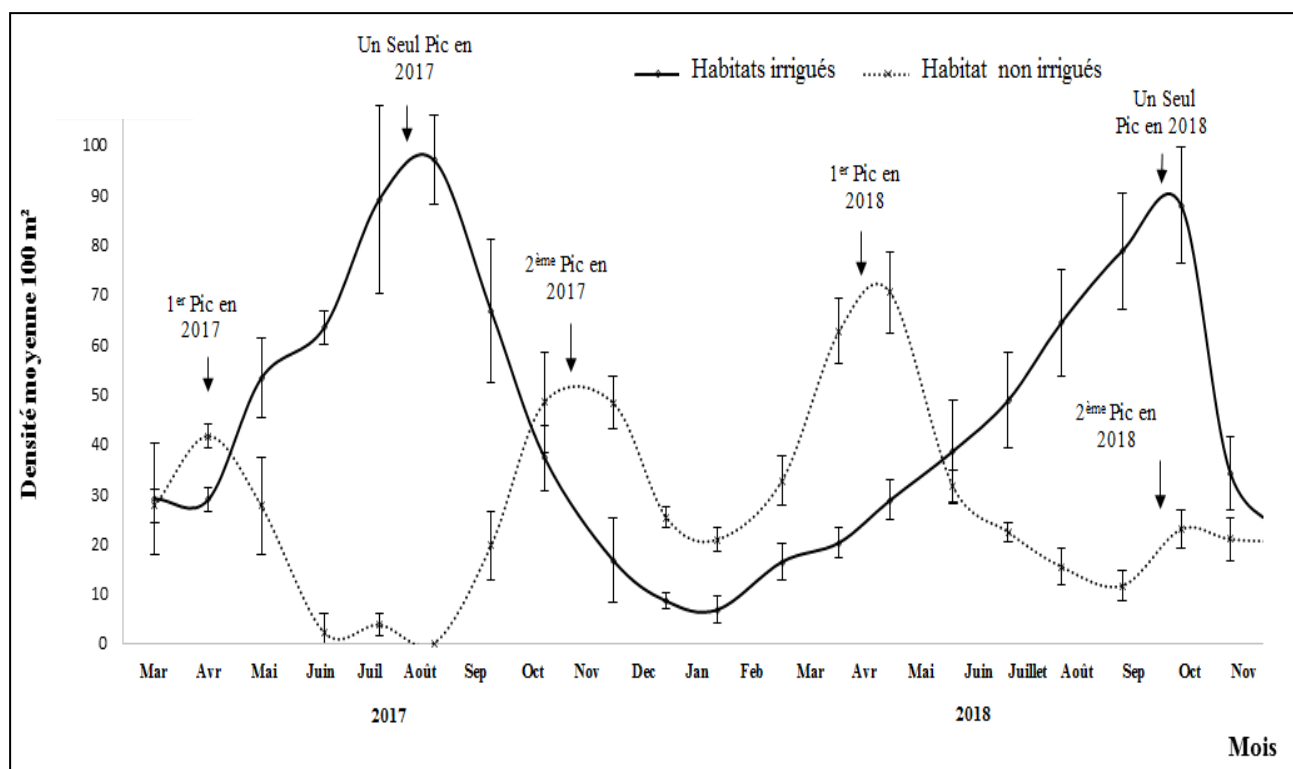


Fig.26: Variations saisonnières de la densité moyenne des espèces acridiennes (Adultes et larves)

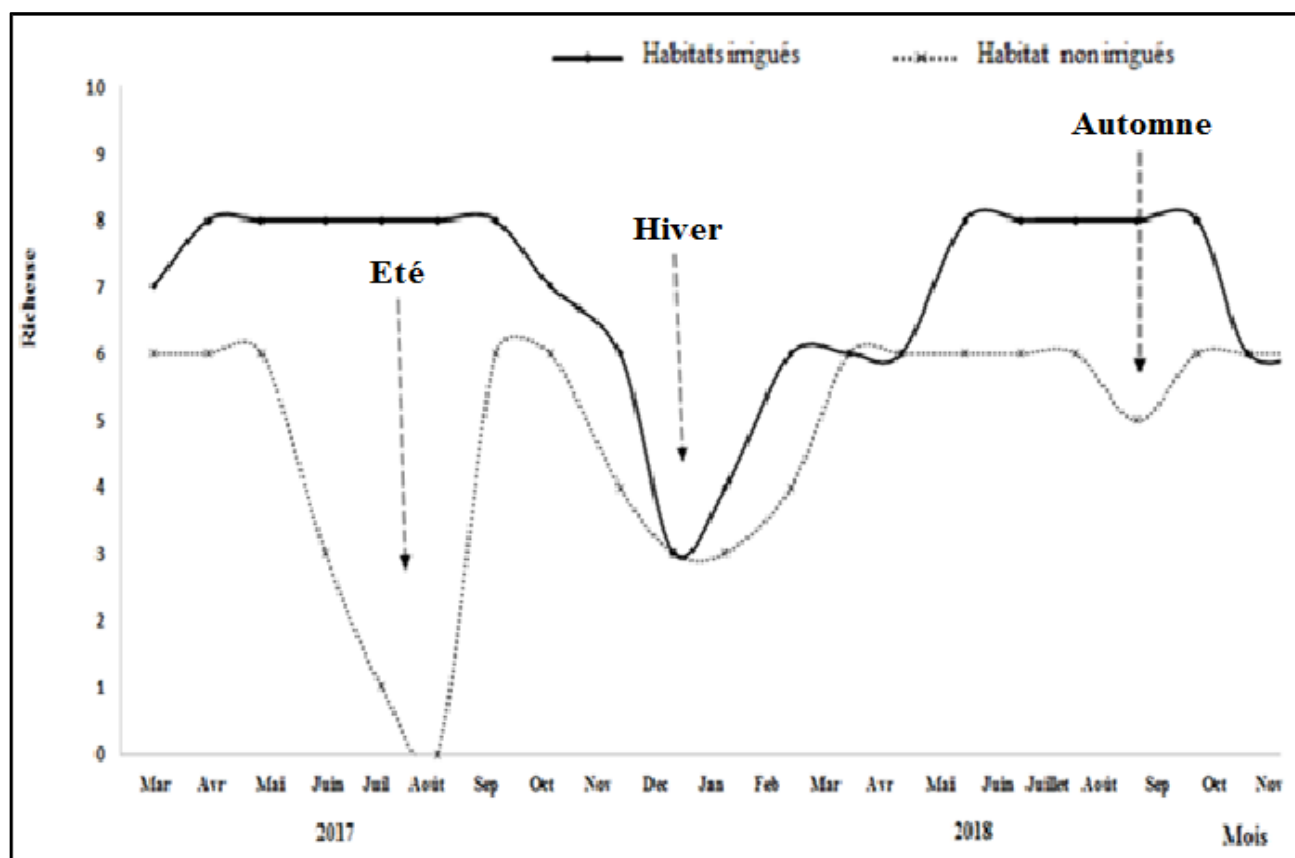


Fig.27: Variations mensuelles de la richesse des espèces acridiennes (Adultes et larves)

3.2.2. Phénologie des acridiens

Des observations effectuées séparément sur deux années successives sur les stades adultes et nymphales dans les six habitats définis nous ont permis de déduire la phénologie ou le type de cycle pour la plupart des espèces. L'espèce *S. gregaria* n'a pas été prise en compte car elle est assez rare et peut avoir migré des milieux voisins.

Pour définir la catégorie phénologique de chaque espèce, et ainsi tester leur adaptation à la période de forte sécheresse (Moussi *et al.*, 2011), nous avons considéré la séparation temporelle entre les pics de densité maximale pour définir le nombre de générations par an et chaque saison de reproduction. Nous avons pu identifier trois groupes de cycles différents, dont deux différaient du cycle de vie typique, selon la période pendant laquelle le nombre maximal d'individus a été observé (tableau 8; Annexe 2).

Le premier groupe, qui a un cycle de vie typique, montre sa densité maximale d'individus à la fin de l'été.

Ensuite, le deuxième groupe a un pic ou une génération de fin d'été dans les habitats irrigués et deux pics ou deux générations dans les habitats de sol nu, un au printemps et le second en automne.

Enfin, le troisième groupe concerne exclusivement les espèces de sols nus où se produisent deux pics, soit deux générations, l'une centrée au printemps et l'autre en automne.

Nous avons noté que pour les deux espèces (*L. migratoria* et *A. simulatrix*), les pics n'étaient pas aussi clairs que ceux des autres espèces.

Tableau.8: Phénologie probable des espèces. Résumé des profils phénologiques selon les espèces caractéristiques de chaque assemblage.

Année	Espèce	Palmerais Ouled Aissa		Palmerais Bouda		Palmerais Z. Kounta		Nombre de pics Par ans	
		Station 01	Station 02	Station 01	Station 02	Station 01	Station 02		
2017	Pcog	Eté	-	Eté	-	Eté	-	1	Assemblage 1
	Atha	Eté	-	Eté	-	Eté	-	1	
	Hhar	Eté	-	Eté	-	Eté	-	1	
	Asim	Print *	-	Eté	-	Eté	-	1*	
	Lmig	**	-	Eté*	-	Eté	-	1*	
2018	Pcog	Eté	-	Eté	-	Eté	-	1	Assemblage 1
	Atha	Eté	-	Eté	-	Eté	-	1*	
	Hhar	Eté	-	Eté	-	Eté	-	1	
	Asim	Eté	-	Eté	-	Eté	-	1*	
	Lmig	Eté	-	-	-	Eté	-	1*	
2017	Mfac	Eté	Print& Aut	Eté	Print& Aut	Eté	Print& Aut	3	Assemblage 2
	Ofil	Eté	Print& Aut	Eté	Print& Aut	Eté	Print& Aut	3	
	Ains	Eté	Print& Aut	Eté	Print& Aut	Eté	Print& Aut	3	
2018	Mfac	Eté	Print& Aut	Eté	Print& Aut	Eté	Print& Aut	3	Assemblage 2
	Ofil	Eté	Print& ?	Eté	Print& Aut	Eté	Print& Aut	3	
	Ains	Eté	Print& Aut	Eté	Print& Aut	Eté	Print& Aut	3	
2017	Ssav	-	Print& Aut	-	Print& Aut	-	Print& Aut	2	Assemblage 3
	Srub	-	Print& Aut	-	Print& Aut	-	Print& Aut	2	
	Hcan	-	Print& Aut	-	Print& Aut	-	Print& Aut	2	
2018	Ssav	-	Print& Aut	-	Print& Aut	-	Print& Aut*	2	Assemblage 3
	Srub	-	Print& Aut	-	Print& Aut	-	Print& Aut*	2	
	Hcan	-	Print& Aut	-	Print& Aut	-	Print& Aut*	2	

Eté: génération avec un pic en été; prin & Aut: deux générations, le premier avec un pic au printemps et la seconde avec un pic en automne; *: petit pic clair; **: Pic pas clair; 1: une génération; 2: deux générations; 3: trois générations; Abréviation des espèces, voir tableau 6.

4. Discussion

4.1. Effet de l'habitat sur la faune acridienne

Les différents indices de diversité montrent que les habitats sont plus ou moins homogènes et que les habitats ont des équitabilités assez constantes entre eux, et donc qu'il existe un certain équilibre entre les populations entomologiques. Et la richesse n'a pas été affectée par l'effet de l'anthropisation.

L'explication la plus probable des assemblages de sauteriaux tels qu'ils sont définis ici est due au type d'habitat sous l'effet de l'irrigation, les différences entre les deux habitats sont liées à deux paramètres par ordre d'importance: l'humidité et le couvert végétal.

En effet, les trois assemblages d'insectes correspondent exactement aux trois groupes définis en fonction de l'humidité: les espèces (à la recherche de zones humides), les espèces mésophiles (préférant les milieux à humidité hygrophiles moyenne) et les espèces xérophiles (vivant dans les milieux secs). Dans le même temps, ces assemblages se distinguent également par le type de perche: géophile (préfère être au sol) ou phytophile (retrouvé chez les plantes).

Le premier assemblage d'espèces est phytophile, c'est-à-dire qu'il préfère être dans ou sur la végétation. Dans cet assemblage, *Locusta migratoria*, *Aiolopus thalassinus*, *Aiolopus simulatrix*, *Pyrgomorpha cognata* et *Heteracris harterti* sont tous hygrophiles, montrant une préférence pour l'humidité typique de cet habitat. En particulier, l'espèce graminivore *L. migratoria* a montré une augmentation de la taille de la population en raison de l'activité agricole humaine qui a introduit la technique de l'irrigation pivotante dans les champs de céréales où elle endommage les cultures dans le sud de l'Algérie, Adrar, El Golea (Ould El Hadj, 2002a; Ould El Hadj, 2002b; Benfekih et Petit, 2010).

Il convient de noter que Lecoq (1988) mentionne qu'il se nourrit d'herbes, ce qui le rend méso-hygrophile et géo-phytophile dans les pays sahéliens.

A. thalassinus est commun dans les zones humides basses et les palmeraies irriguées de la région de Biskra (Moussi, 2012). Son régime alimentaire préféré est le Poaceae, mais il consomme également des dicotylédones (Ould El Hadj, 2002a). En revanche, Lecoq (1988) indique que cette espèce est mésophile, phytophile et graminivore au Sahel. *A. simulatrix* est présent dans différents assemblages de plantes. Il était communément trouvé dans la végétation à faible humidité ainsi que dans les cultures irriguées (Moussi *et al.*, 2011; Moussi, 2012). Dans le Sahara septentrional de Biskra, où des précipitations sont notées au début de l'été ou au début de l'automne, elle provoque en quelques jours la formation d'essaims d'imago qui envahissent les zones agricoles et causent des dégâts remarquables (Moussi, observation personnel de 2015-2019). Dans les pays sahéliens, Lecoq

(1988) a rapporté que cette espèce est un graminivore méso et xérophile, géo-phytophile, consommant plus d'herbes sauvages ou cultivées (monocotylédones).

Dans cette étude, *P. cognata* a montré un comportement complètement opposé aux caractéristiques enregistrées dans les pays du Sahel où Lecoq (1988) l'a classé comme espèce méso-xérophile et géophile. Compte tenu de la confusion et de la difficulté à distinguer les espèces de *Pyrgomorpha* (Mestre et Chiffaud, 2019). Il est possible que les espèces de notre étude aient été mal identifiées.

H. harterti, comme d'autres espèces du même genre, est généralement perché sur les buissons, les arbustes ou parfois sur les arbres et endommage les fruits (Badih et Pascual, 1998). Il peut être considéré comme méso-hygrophile et phytophile.

L'assemblage 3 diffère de l'assemblage 1 en montrant une préférence pour les stations non cultivées où l'humidité est presque nulle. Leur proximité avec des environnements anthropisés offre un microclimat favorable aux espèces thermo-xérophiles, ils préfèrent les environnements secs et géophiles, et d'être au sol, et comprend: *Sphingonotus rubescens*, *Sphingonotus savignyi* et *Hyalorrhapis canescens*. L'absence de stade nymphal dans tous les habitats d'oasis tout au long de l'année indique que ces espèces pondent, éclosent puis développent leurs stades nymphales, le tout dans des environnements naturels en fonction de la quantité d'eau de pluie tombant en automne et en hiver. Quant au stade ailé, il se rapproche des habitats irrigués pour poursuivre son cycle, échappant aux températures extrêmes, à la rareté de la végétation et au manque d'eau.

L'assemblage 2 est associé aux deux habitats, où l'on trouve trois stratégies différentes dans leur adaptation à la plante et à l'humidité: *Morphacris fasciata*, est parfois hygrophile et est souvent observée sur les herbes où l'humidité est élevée mais à d'autres moments, on trouve des éléments géophiles sur le sol. Mestre et Chiffaud (2019) ont mentionné que cette espèce est héliophile car elle s'expose au soleil pendant longtemps.

En outre, Lecoq (1988) a mentionné que dans les pays du Sahel, il est mésophile, vivant dans des environnements modérément humides, en tant qu'espèce géo-phytophile, occupant une végétation herbacée dense et à d'autres moments un sol nu.

Acrotylus insubricus se rencontre dans les zones non cultivées à proximité d'une végétation dense au printemps et en automne. Il augmente également en nombre en été et dans une végétation dense. Cela démontre un comportement adaptatif pour échapper à la chaleur et au manque d'humidité pour trouver un microclimat plus favorable. Cela confirme les résultats obtenus par Moussi (2012) qui a conclu que cette espèce est mésophile.

Ochrilidia filicornis se déplace entre les habitats pendant les saisons. C'est un méso-hygrophile, associé aux Poacées. De préférence, son habitat est un environnement semi-désertique

sur les oueds. Il peut causer des dommages aux cultures irriguées (Louveau *et al.*, 2019 dans C.O.P.R.1982).

4.2. Effet de l'humidité sur la phénologie

Sur la base des profils d'humidité de l'espèce, nous pouvons distinguer trois types de cycles de vie adaptés à la température et à la sécheresse.

Le premier type, composé d'espèces xérophiles (*S. rubescens*, *S. savignyi* et *H. canescens*), a un cycle adapté dans des habitats de sol nu et présente deux pics, l'un au printemps et l'autre en automne. Ainsi, ces espèces ont deux générations, la première génération printanière précède les températures maximales estivales et la deuxième génération automnale lui succède.

Le deuxième type est constitué des espèces hygrophiles (*L. migratoria*, *A. thalassinus*, *A. simulatrix*, *P. cognata* et *H. harterti*) avec une seule génération d'été directement après le pic des températures estivales.

Le troisième type concerne les espèces mésophiles (*M. fasciata*, *A. insubricus* et *O. filicornis*) qui s'adaptent aux deux habitats sur trois générations consécutives et présentent une reproduction continue. Ces espèces présentent deux générations de printemps et d'automne dans les stations non cultivées comme le font les xérophiles et une génération d'été dans les stations cultivées comme le font les hygrophiles. En revanche, ces espèces se déplacent d'un habitat à l'autre pour atteindre un biotope propice à la reproduction.

4. 3. Bilan de l'acridofaune :

Les espèces collectées de 2016 à 2019 dans 23 localités constituent une liste actualisée de 20 espèces, dont 13 ont été enregistrées pour la première fois dans la région d'Adrar, et sept dans les oasis d'Adrar. Ils semblent provenir du nord du Sahara après les transformations agricoles qui ont eu lieu avec la création d'oasis et de pivots sous l'effet de l'irrigation (Ould El Hadj, 2002b; Benfekih *et al.*, 2002; Benfekih *et al.*, 2011). Certaines espèces n'apparaissent pas dans les oasis compte tenu de l'aridité de la région. Il semble également que ces espèces ont des stratégies différentes pour s'adapter à ces conditions difficiles. Cette communauté nécessite des études approfondies en milieu naturel avec de nouvelles méthodes comme les pièges lumineux pour comprendre leurs comportements.

5. Conclusion

L'étude menée dans ce chapitre a montré qu'il existe trois assemblages contrastés d'espèces de sauterelles en termes de phénologie et d'affinité avec les types d'habitats.

Les espèces hygrophiles et mésophiles des oasis étudiées sont directement affectées par l'irrigation. L'origine de ces espèces peut provenir du désert du nord. Se déplaçant vers les oasis, ils ont trouvé un microclimat favorable.

Pour les xérophiles, l'éclosion est directement liée aux précipitations du début du printemps et de l'automne dans les habitats naturels, après quoi les adultes migrent vers les zones agricoles voisines pour terminer rapidement leur cycle de vie, évitant les températures estivales élevées et la fraîcheur de l'hiver.

Certaines espèces ont été inventoriées dans différentes parties de la région d'étude, mais n'ont pas été trouvées dans les zones agricoles étudiées. Ils sont souvent capturés la nuit sous la lumière, ce qui suggère qu'ils adoptent probablement des stratégies spécifiques pour s'adapter aux conditions hostiles. Il serait intéressant de comprendre ces stratégies précisément à travers des études approfondies utilisant des pièges à lumière. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour fournir de nouvelles données sur l'écologie saine des sauterelles dans le grand sud de l'Algérie.

CHAPITRE III

*Essai de toxicité de quelques
extraits bruts du Cassia italica
sur Locusta migratoria*

1. Introduction

Les criquets migrants représentent les principaux ravageurs des cultures en Afrique et en Asie. De la même manière, au cours des années 70 et 90, l'est de l'Australie a été confrontée à d'importantes épidémies de criquets migrants (Wilps *et al.*, 1993).

Pour faire face à ce problème acridien, la lutte chimique est souvent la méthode la plus utilisée. De multiples alternatives ont été proposées ces dernières décennies pour remplacer ces pesticides chimiques, notamment la lutte biologique utilisant des extraits des plantes.

La recherche de ces dernières années s'est tournée davantage vers les pesticides biologiquement rationnels sélectifs. Parmi ceux-ci, les insecticides botaniques ont attiré la plus grande attention et ont fait l'objet d'un examen approfondi (Linton *et al* (1997); Barbouche *et al* (2001); Moussa (2003); Acheuk and Doumandji-Mitiche (2013) et Miladi *et al* (2018)).

Dans ce chapitre, nous montrons une étude de la durée du cycle biologique du *Locusta migratoria* en condition du laboratoire, ainsi l'effet insecticide des huiles essentielles et l'extrait buthanollique de la partie aérienne du *Cassia italica* sur développement des larves et imagos de criquet migrant *Locusta migratoria*.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel animal

2.1.1. Elevage d'insecte

Les imagos nouvellement émergés de *Locusta migratoria* en phase grégaire ayant servi aux expériences, proviennent d'un élevage des adultes collectés de la région de Tshit (28° 21' 07" N, 00° 04' 03"W) wilaya d'Adrar. Ils sont collectés en septembre 2016 à partir des champs du Maïs cultivés sous pivots. Les criquets ont été maintenus en élevage massif au laboratoire de département des sciences de la nature et de la vie de l'université de Biskra, dans des cages parallélépipédiques à support en bois, de dimensions 1 x 1 x 1 m doté des branches des arbres pour assurer le perchage et faciliter la mue des larves. L'élevage de notre expérience est assurés à températures de 28 à 33°C, à une humidité relative de 40 à 60 % et à une photopériode alternée L/D : 12h /12h (Fig.28).

Les criquets ont été nourris avec de la laitue (*Lactuca sativa*), le chiendent (*Cynodon dactylon L.*), le blé (*Triticum durum L.*), l'orge (*Hordeum vulgare L.*) et le son du blé mélangé avec le lait en poudre.



Fig.28: Elevage en masse du *L. migratoria* au laboratoire .

2.1.2. Méthode d'étude du cycle biologique

Afin d'étudier le cycle biologique de *Locusta migratoria*, les oothèques du *L.migratoria*, issue d'un élevage massive est maintenu dans les conditions du laboratoires dont la température et l'humidité est mesurée régulièrement à l'aide d'un hygrothermomètre.

Après l'éclosion, 50 larves néonantes sont mises individuellement dans des petites boîtes en plastique , enfermé par un filet moustiquaire où elles effectuent leurs 05 stades larvaires jusqu'à la mue imaginale.Ces boîtes sont dotés des petites branches pour faciliter la mue des larves..

Les larves sont alimentées avec des feuilles de la laitue. Le renouvellement de l'aliment et le nettoyage des boîtes sont assurés quotidiennement.

Les paramètres de la taille des larves du chaque stade; la durée du chaque stade larvaire (durée entre deux mues successives) et la durée globale des stades larvaires sont étudiés (Fig.29).



Fig.29: Illustration montrant comment prendre de la taille des larves

2.2. Matériel végétal

2.2.1. Collecte et conservation

La sené du sénégal *Cassia italica* est une plante spontanée qui pousse naturellement dans la région d'Adrar. L'identification de cette plante a été faite en utilisant «Florule des biotopes du Criquet pèlerin en Afrique de l'Ouest et du Nord-Ouest à l'usage des prospecteurs de la lutte antiacridienne» établie par Duranton *et al* (2012). La partie aérienne (feuille, tige et fleurs) du *Cassia italica* a été récoltées au moment de la floraison (Septembre 2016) de la commune de Zaouiet Kounta, wilaya d'Adrar (27° 15' 32"N, 00° 08' 45"W). Elle a été séchée à l'air libre et à l'abri de la lumière et de l'humidité. Puis broyé et conservés dans des boites en plastique.

2.2.2. Préparation des extraits des plantes

2.2.2.1. Préparation de l'extrait buthanolique du *Cassia italica*

Le matériel végétal broyé (100 g) est soumis à une extraction par macération dans 500 ml pendant 72 heures avec renouvellement de solvant chaque 24 heures et agitation de temps en temps. Les filtrats sont évaporés presque à sec au moyen d'un Evaporateur rotatif. Le résidu est repris par 100 ml d'eau bouillante et la solution aqueuse est laissée au repos pendant 24 heures. La liqueur est épuisée et nettoyé successivement dans une ampoule à décantation par l'éther de pétrol, le chloroforme, acétate d'éthyle et du n-butanol (Fathiazad, 2006). La fraction buttanollique obtenu est évaporé à sec à l'aide d'un évaporateur rotatif à une température de 40°C pour être utiliser dans les tests biologiques.

2.2.2.2. Extraction des huiles essentielles du *Cassia italica*

La méthode d'extraction des huiles essentielles utilisé est celle décrite par Marie (2005), il s'agit de mettre 100 g du matériel végétal broyé dans une ampoule, le ballon est rempli avec du 1200 à 1500 ml d'eau distillée, l'ébullition dure 3 heures. La vapeur d'eau détruit la structure des cellules végétales pour libérer les molécules odorantes. La vapeur chargée d'huile essentielle est condensée par refroidissement dans un condenseur avant d'être récupérée dans un essencier. L'hydrolat obtenus est mélangé avec le cyclohexane dans une ampoule à décanter où on sépare la phase aqueuse de la phase organique (phase supérieure) qui sera séché du sulfate de sodium anhydre (Na₂SO₄) afin d'éliminer toutes traces d'eau. La séparation des huiles essentielles du cyclohexane est réalisée par l'utilisation du rotavapeur à une température du 35°C .

2.3. Traitement

2.3.1. Extrait buthanollique

En suivant la technique de traitement appliquée par Acheuk *et al* (2012) et Mohand Kaci *et al* (2014), Les imagos nouvellement exuvies de *Locusta migratoria* sont mises séparément dans des

bocaux en plastique, puis ces bocaux sont enfermés par un filet moustiquaire pour assurer la respiration des criquets. Cinq concentrations de l'extrait butanolique ont été testées et qui sont : C1= 0.25mg / ml= 250 µg/ml, C2= 0.5 mg/ml = 500 µg/ml, C3 = 01 mg/ml = 1000 µg/ml, C4= 2000 mg/ml = 250 µg/ml et C5= 4 mg/ml = 4000 µg/ml. 30 imagos nouvellement exuvies sont traitées par forçage buccale. Chaque individu a reçu une quantité de 30 µl de l'extrait étudié. Pour chaque concentration, les essais ont été répétés trois fois. Parallèlement 30 individus traités de l'eau distillée stérile constituent le lot témoin.

2.3.2. Huiles essentielles

L'évaluation de l'activité larvicide des huiles essentielles du *Cassia italica* a été faite sur des larves L5 nouvellement exuvies et synchronisées. Le traitement est réalisé par ingestion forcée de 30µl des huiles au niveau de l'œsophage aux 03 concentrations en progression géométrique de raison 2 et qui sont les suivantes : C1=05%, C2=10% et C3=20%. Pour chaque concentration, 30 larves ont été traitées. Parallèlement les larves traitées avec de l'éthanol ont été présentées comme témoins.

2.4. Détermination de la mortalité observée

D'après Tedonkeng et al (2002), La mortalité enregistrée est calculée selon la formule suivante:

$$\text{Mortalité observée (\%)} = \frac{\text{Nombre d'individus morts}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100$$

2.5. Détermination de la mortalité corrigée

L'efficacité d'un produit biocide est évaluée par la mortalité de l'organisme cible. Cependant, le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par ce toxique. Il existe en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par le toxique, pour cela les pourcentages de mortalité doivent être corrigés par la formule de Schneider (Tedonkeng et al., 2002) comme suit:

$$\text{MC (\%)} = \frac{M2 - M1}{100 - M1} \times 100$$

MC (%) : Pourcentage de mortalité corrigée

M2 (%) : Pourcentage de mortalité dans la population traitée

M1 (%) : Pourcentage de mortalité dans la population témoin

2.6. Calcul des CL50 et des TL50

L'efficacité des extraits testés est déterminée par le calcul de la CL50, concentration létale à laquelle meurent 50% de la population traitée. Cette efficacité est aussi calculée par la TL50, concentration nécessaire pour tuer la moitié d'une population.

Les valeurs des CL50 et de TL50 ont été déterminées en utilisant la méthode des Probits. Pour cela les mortalités corrigées sont transformées en Probit avec une transformation en logarithme népérien des doses et des temps. Ces transformations nous ont permis d'établir des droites de

régression de type : $y = ax + b$ ou Avec y: Probit des mortalités corrigées, x: le logarithme népérien de la dose ou du temps et a : la pente (Cavelier, 1976).

A partir des droites de régression, nous avons déterminé la CL50 et la TL50, pour chaque extrait.

2.7. Traitement et analyse des données

Les résultats obtenus sont interprétés statistiquement par l'analyse de la variance ANOVA, en utilisant le logiciel PAST 2.17c (Hammer et al., 2001).

3. Résultats

3.1. Durée de développement larvaire du *Locusta migratoria*

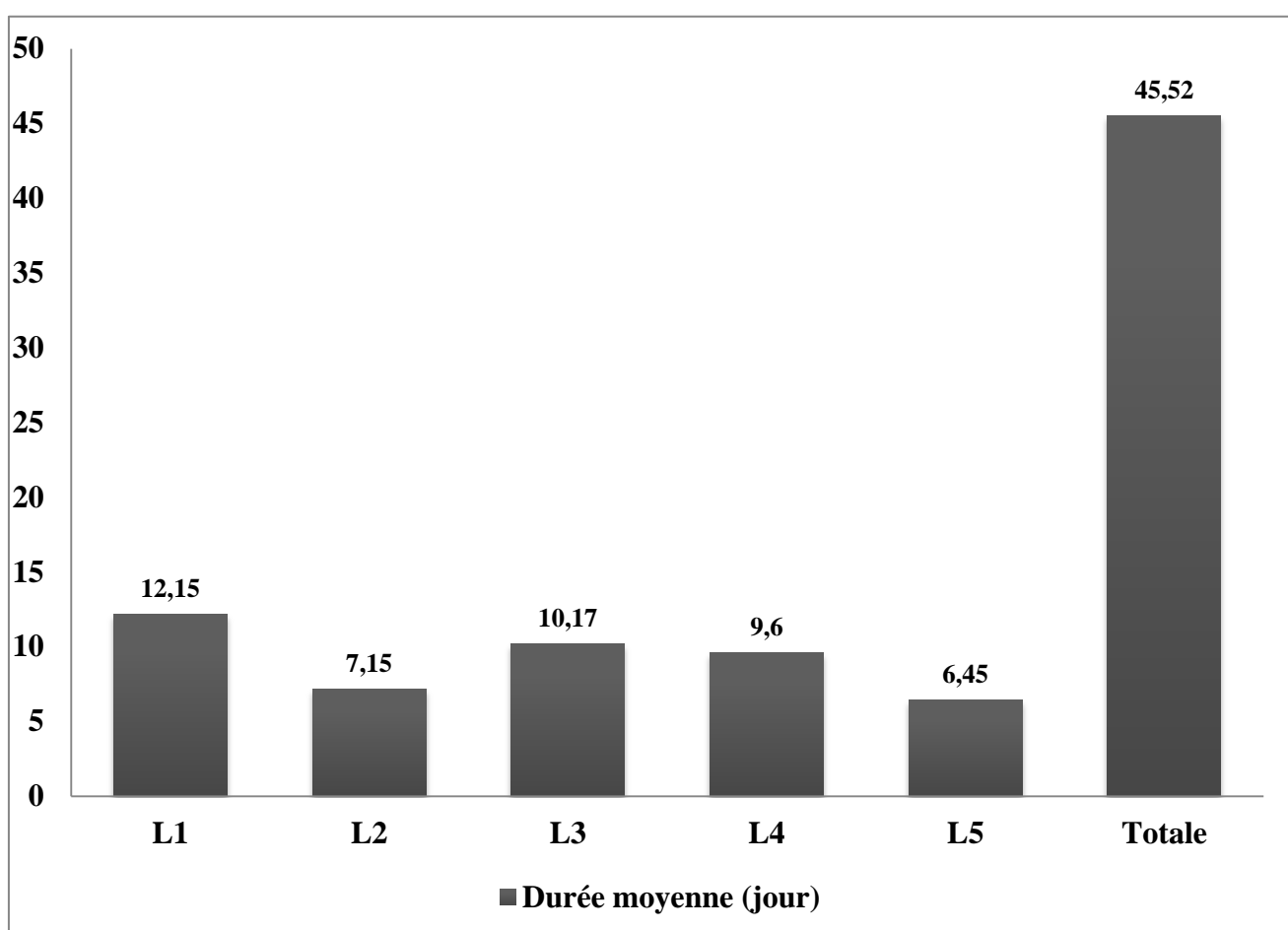


Fig.30: Durée des différents stades larvaires du *Locusta migratoria* en conditions du laboratoire.

L'analyse de la figure 30, fait ressortir cinq stades larvaires chez *L. migratoria*. La durée du stade larvaire est variée d'un stade à une autre, elle est longue pour le stade L1 (12,15 jours), L3 (10,17 jours) et L4 (9,6 jours). Alors que les stades successifs L2 et L5 ont présenté une durée de 7,15 et 6,45 jours. Le cycle biologique de *Locusta migratoria* sur la laitue s'est achevé en 45,52 jours.

Les mensurations (longueur totale du corps des larves), sont relevées du premier jour de l'éclosion et après chaque mue, à l'aide d'un pied à coulisse. Les résultats des mensurations par stade sont présentés dans les figures 31 et 32.

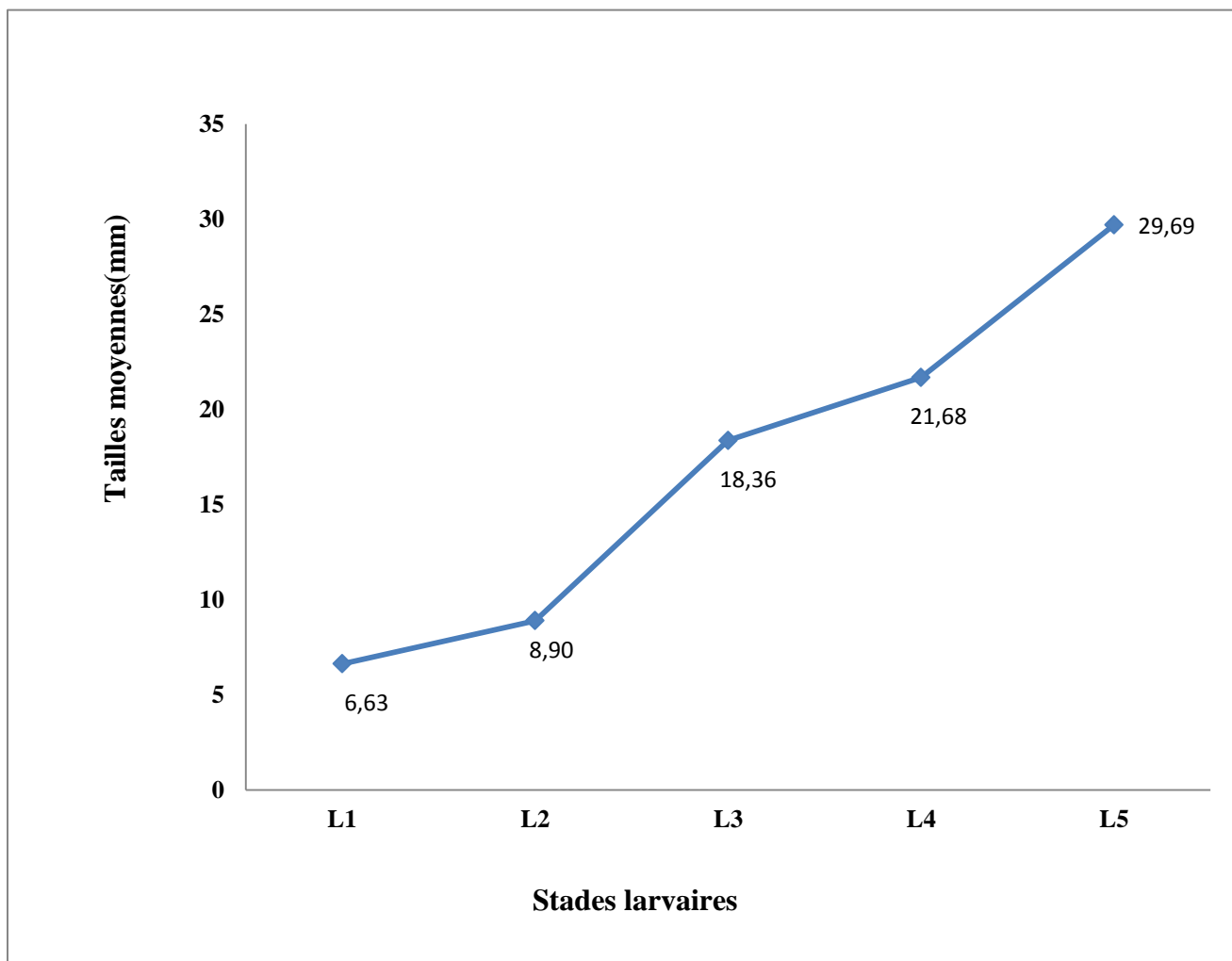


Fig.31: Evolution de la taille des larves de *Locusta migratoria* élevé sur la laitue en fonction de stades larvaires.

L'examen de la figure 31, montre une évolution positive de la longueur totale du corps de l'insecte d'un stade à un autre. Les larves du premier stade ont une taille moyenne du 6.63 mm et ont atteint 29, 69 mm au cinquième stade.

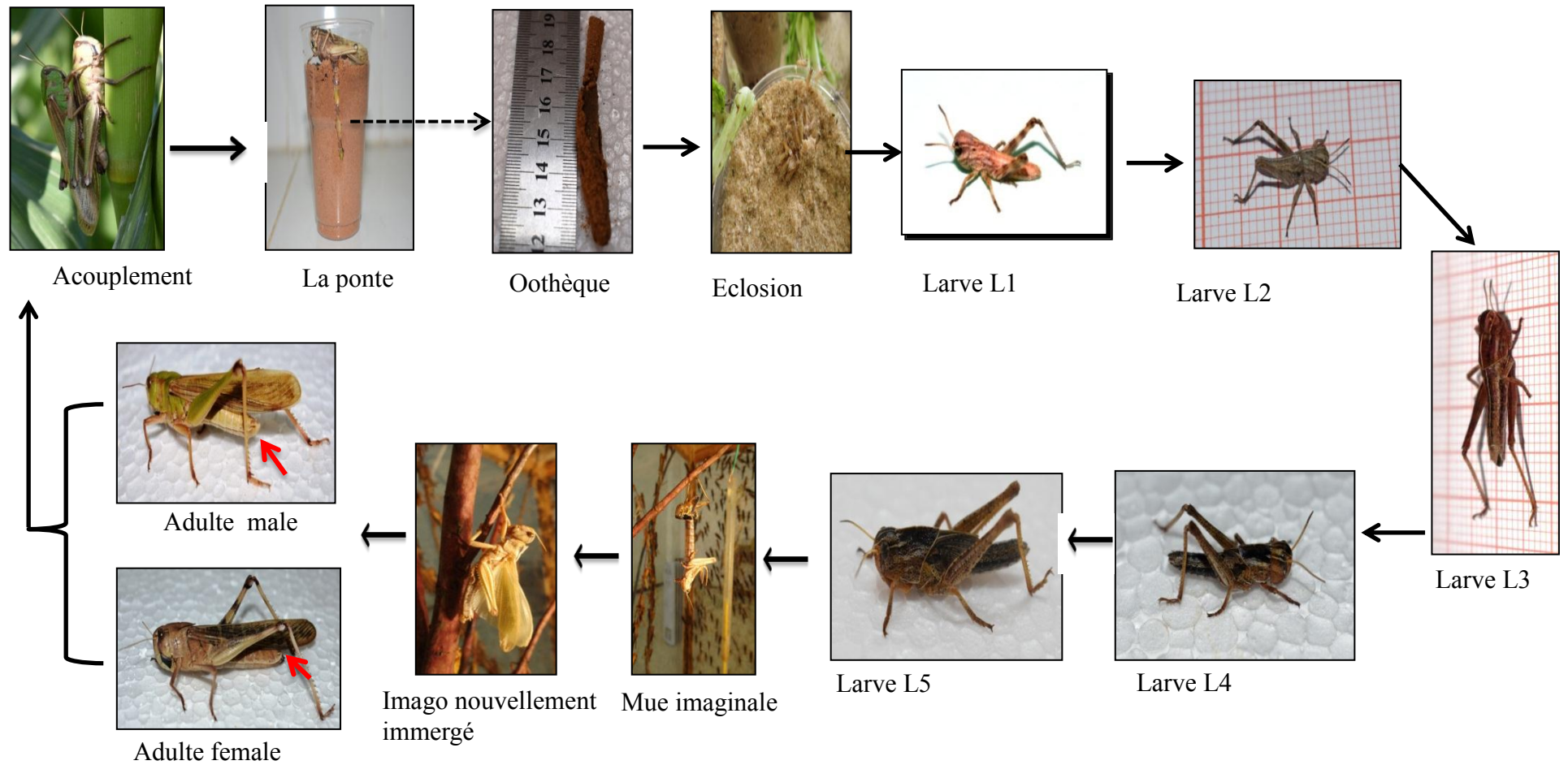


Fig.32: Schéma récapitulatif du cycle biologique de *Locusta migratoria* (originale).

3.2. Effet acridicide des huiles essentielles du *Cassia italica* sur les larves L5 du *Locusta migratoria*.

3.2.1. Effet des huiles essentielles sur le comportement et la morphologie

Les larves traitées avec les huiles essentielles ont subi aussi bien des modifications morphologiques que physiologiques qui consistent en une déformation des ailes de certains individus, un retard de la mue larvaire (07 jours pour les individus témoins; 08 jours pour les individus traités avec la concentration 10 % et 11 jours pour traités avec la concentration 5%), le blocage de la mue imaginale, le blocage de la mue imaginale, le changement de la couleur du corps, déformation du corps, et la diarrhée rouge (Fig.33).

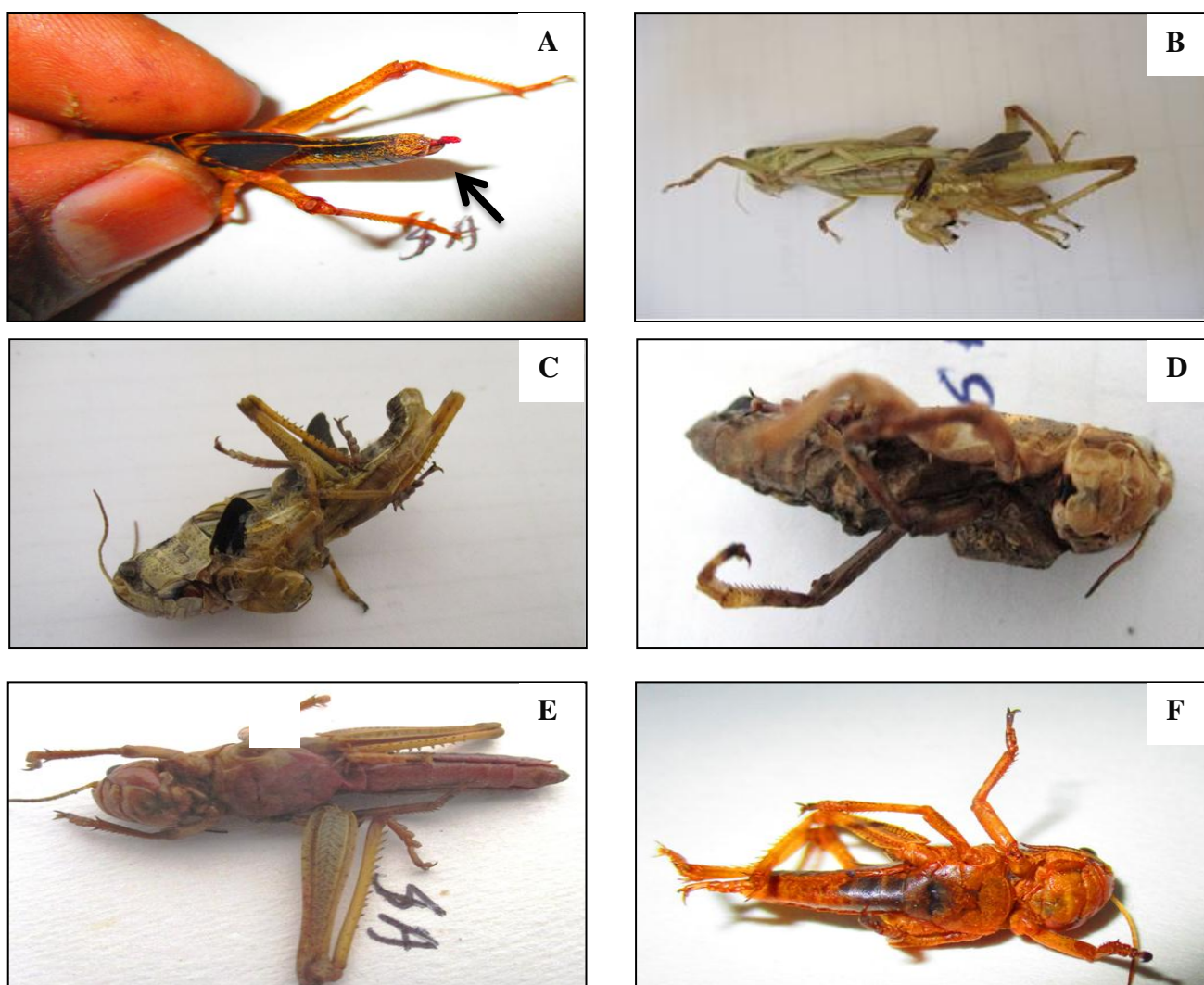


Fig.33: Anomalies morphologiques chez les larves L5 de *L.migratoria* traités par les huiles essentielles de *C.italica*

A : Diarrhée rouge ; **B :** Difficulté de la mue imaginale ; **C :** Blocage de la mue imaginale ; **D :** Déformation du corps ; **E :** Rougissement du corps ; **G :** Noircissement de l'abdomen.

3.2.2. Effet des huiles essentielles sur la mortalité des larves L5

L'effet acaricide des huiles essentielles de *Cassia italica* est exprimé en pourcentage de mortalité d'individus traités en fonction du temps. Les résultats de la mortalité cumulative des criquets en fonction du temps sont présentés dans la Figure 34.

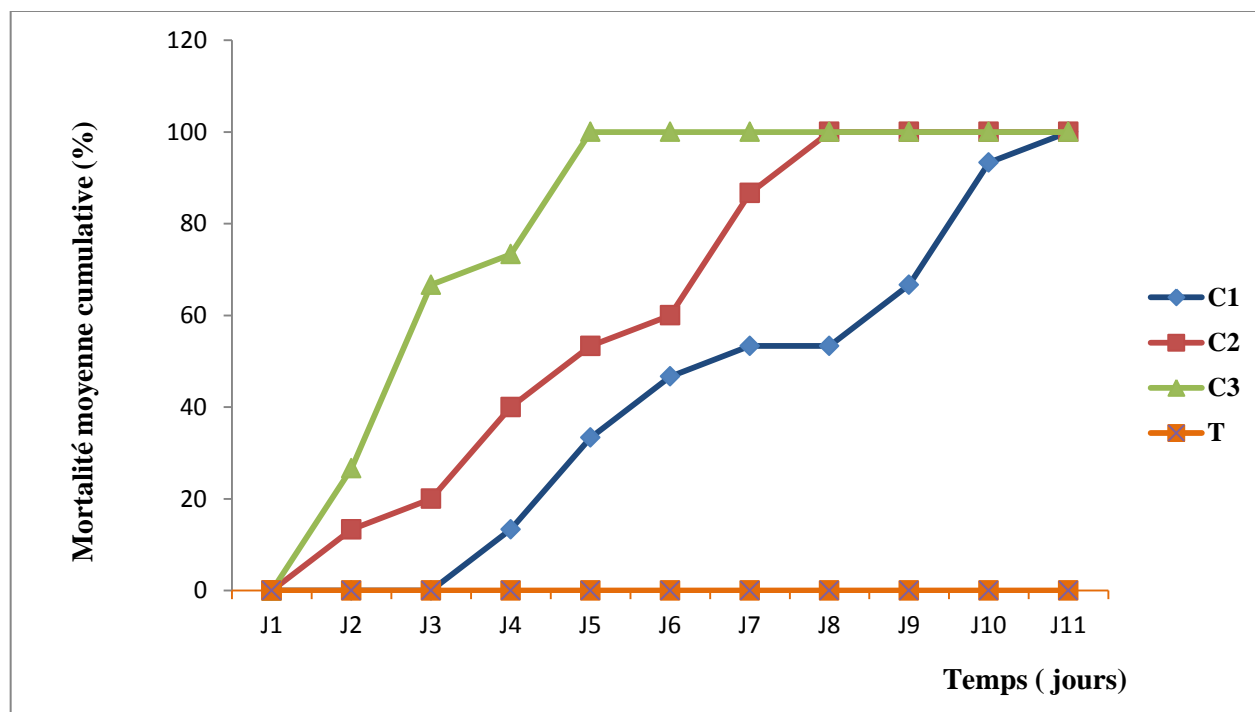


Fig.34: Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5 traités par les huiles essentielles du *C. italica* à différentes concentrations.

Nous remarquons que la deuxième et la troisième concentration des huiles essentielles utilisés ont provoqué respectivement une mortalité de 13,33% et 26,67% après le deuxième jour de traitement.

La mortalité maximale (100%) correspondant à la concentration la plus élevée (20%) a été atteinte le 5^{ème} jour. La concentration de 10% a causé 100% mortalité au 8^{ème} jour, tandis que la mortalité maximale (100%) à la concentration la plus faible (5%) a été enregistrée 11^{ème} jour du test. A l'exception, le taux de mortalité dans le lot de contrôles est nul.

3.2.2.1. Evaluation de la TL50

Pour calculer le TL50, nous avons enregistré les valeurs des pourcentages de mortalité transformés en Probits et les jours transformés en logarithme décimaux (Annex.3). Les valeurs obtenues vont permettre de tracer les droites de régressions avec leurs équations (Fig.35, 36 et 37).

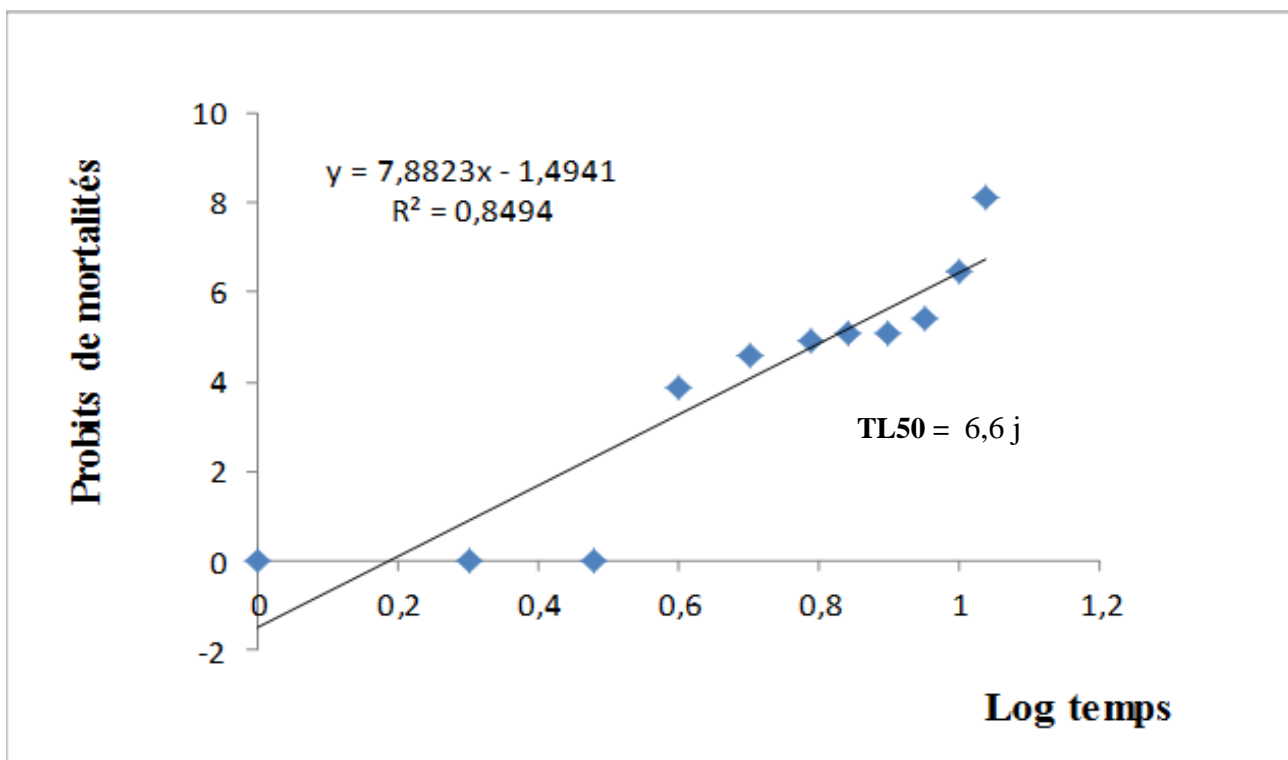


Fig.35: Efficacité du *Cassia italica* en fonction du temps vis-à-vis des L5 de *L.migratoria* traitées à la concentration C1 = 5 %.

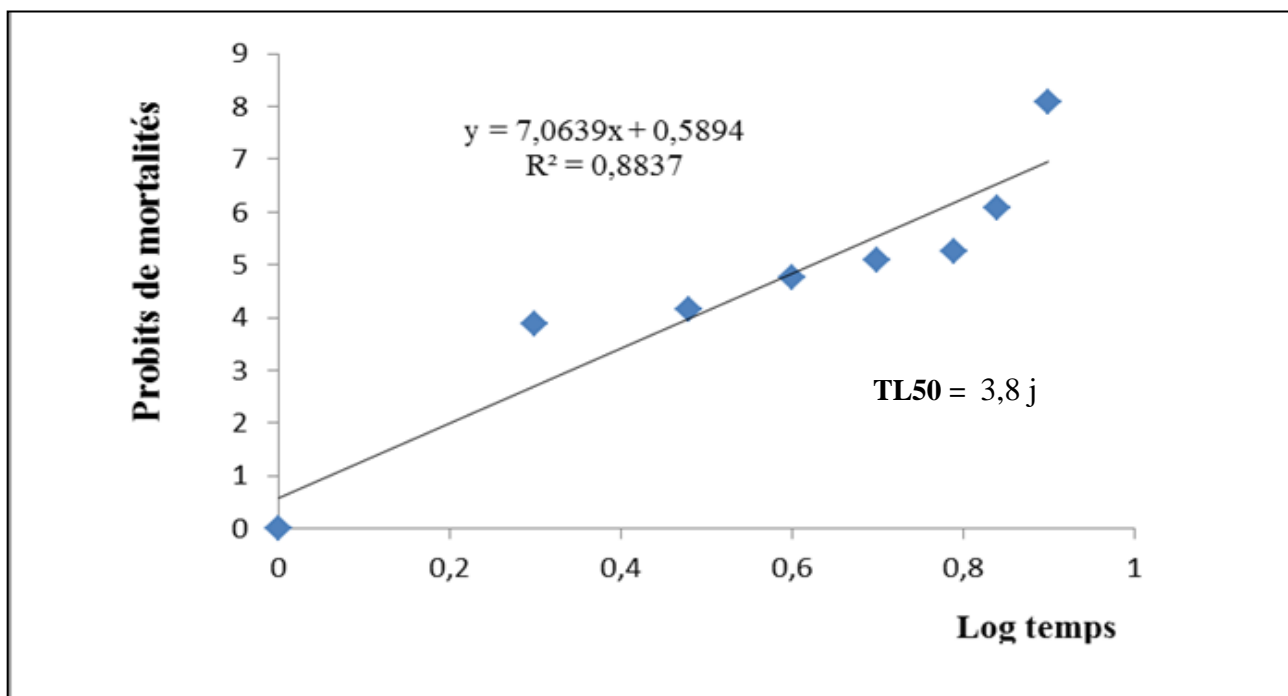


Fig.36: Efficacité du *Cassia italica* en fonction du temps vis-à-vis des L5 de *L.migratoria* traitées à la concentration C2 = 10 %.

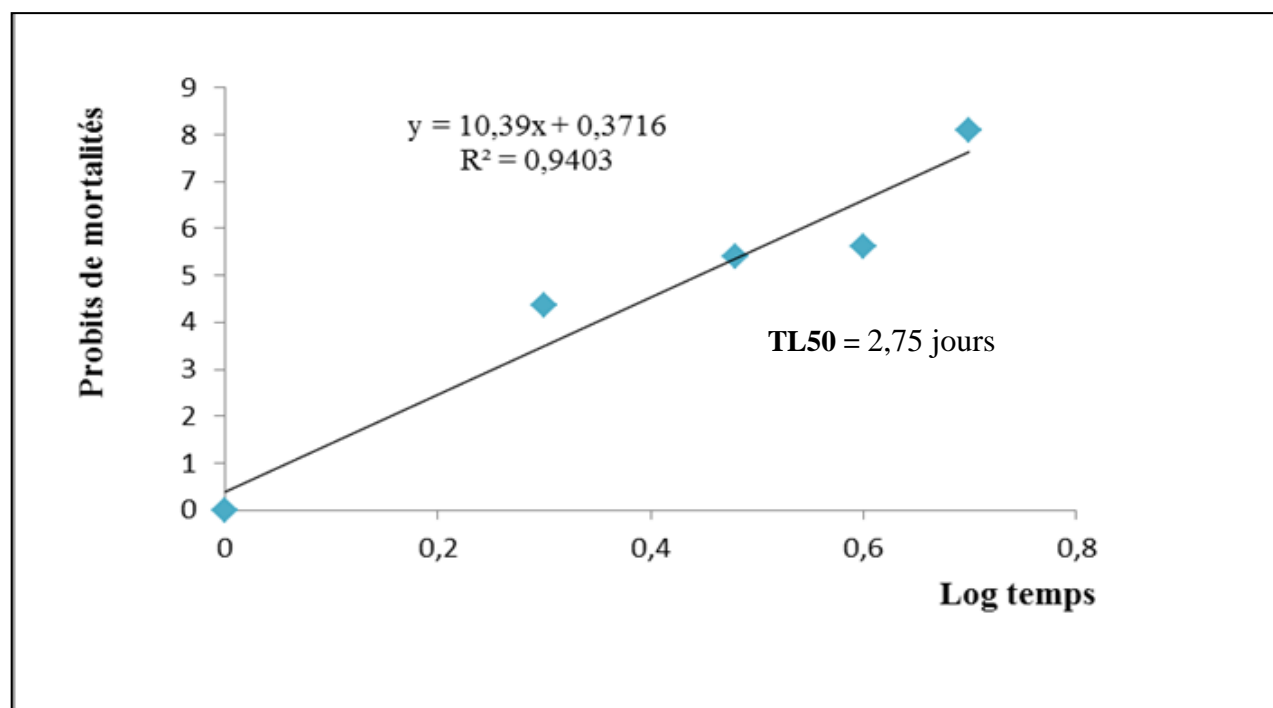


Fig.37: Efficacité du *Cassia italica* en fonction du temps vis-à-vis des L5 de *L.migratoria* traitées à la concentration C3 = 20 %.

D'après les équations des droites de régressions on observe que la relation qui lie la mortalité au temps est bien justifiée par les valeurs de coefficient de corrélation (R).

On remarque que $0 < R < 1$ donc la corrélation est dite positive ; les taux de mortalités et les temps varient dans le même sens. A partir de ces équations on a calculé la TL50 pour chaque concentration.

Les résultats du calcul de la TL50 obtenus pour ce test montrent que la TL50 la plus élevée est obtenue pour la concentration la plus faible (C1=5%), elle est des 6,6 jours. La concentration moyenne (C2= 10%) a présenté une TL50 des 3,8 jours. Par contre à la plus forte concentration (C2= 20%) nous remarquons que la moitié de la population traitée meurt au bout de 2,75 jours.

3.2.2.2. Evaluation de la CL50

Les concentrations létales 50 pour l'extrait des huiles essentielles sont calculées pour le 7^{ème} jour d'essai où la mortalité corrigé atteint plus de 50% pour toutes les concentrations utilisés. Leur calcul se fait par la transformation des pourcentages de mortalité en Probits et les doses en logarithme décimal (Annexe.4 et Fig.38). A partir des équations obtenues on calcule la CL50.

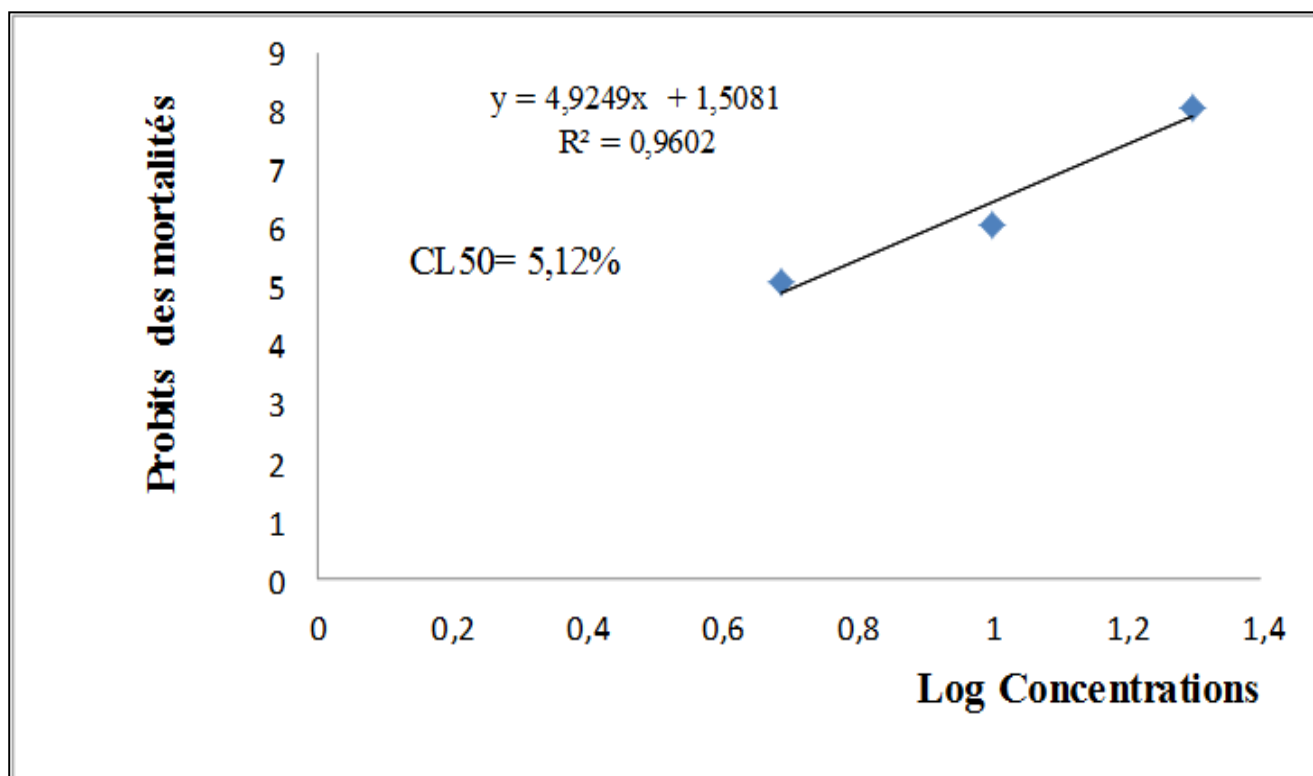


Fig.38: Régression mortalité concentration de l'effet des huiles essentielles du *C. italica* sur les larves L5 du *Locusta migratoria* au 7^{ème} jour du traitement

La droite de régression linéaire des Probits de mortalité en fonction de logarithme décimal des Concentrations des huiles essentielles illustré dans la figure.38 a montré un coefficient de corrélation qui se rapproche de 1 ($R= 0,98$), ce qui nous a permis de montrer l'existence d'une forte corrélation entre l'augmentation de la Concentration du produit testé et le taux de mortalité des insectes testés. Il apparaît que l'huile essentielle du *Cassia italica* semble toxique pour les larves les L5 du *Locusta migratoria*.

Le calcul de la CL50 au 7^{ème} jour d'essai a donné une valeur de 5,12%. La CL50 obtenues montre qu'elle est supérieure à la concentration minimale (5%) et inférieure à la Concentration moyenne (10 %).

3.2.2.3. Analyse de la variance

Le tableau 13 montre que l'analyse de la variance de l'effet des huiles essentielles du *Cassia italica* sur la mortalité des larves L5 du *Locusta migratoria* a donné une différence très hautement significative $P < 0,01$ ($F=7,899$, $dl =2$, $Pr = 0,0006673$).

Tableaux.9 : Analyse de la variance pour l'effet de la concentration et le temps sur la mortalité des L5 du *L.migratoria*

	Somme des carrés	DL	Carrés moyens	F	Probabilité (P)
entre les groupes:	22650,5	2	11325,3	7,899	0,0006673
A l'intérieur des groupes:	137648	96	1433,84		
Total	160299	98			

3.2.3. Effet sur la croissance pondérale des larves L5 de *L.migratoria*

Les résultats relatifs aux variations du poids moyens journalier constaté chez les larves L5 et adultes de *L.migratoria* témoins et traités par les huiles essentielles du *Cassia italica*, sont rapportés dans la Figure 39.

Une évolution pondérale continue est constatée chez les larves L5 témoins jusqu'à la mue. Au contraire, chez les individus L5 traités par les trois concentrations C1 (5%), C2 (10%) et C3 (20%) des huiles essentielles du *Cassia italica*, une perte du poids progressif est constatée. Cette perte du poids dépend de la concentration utilisée

La plus forte concentration C3 a enregistré de perte du poids de 0,38 suivi par la concentration moyenne C2 qui a causé une perte du poids de 0,30g. La concentration la plus faible C1 a provoqué une chute du poids du 0,19g. Alors que les lots des témoins ont bénéficié d'une augmentation du poids moyen de 0,68g.

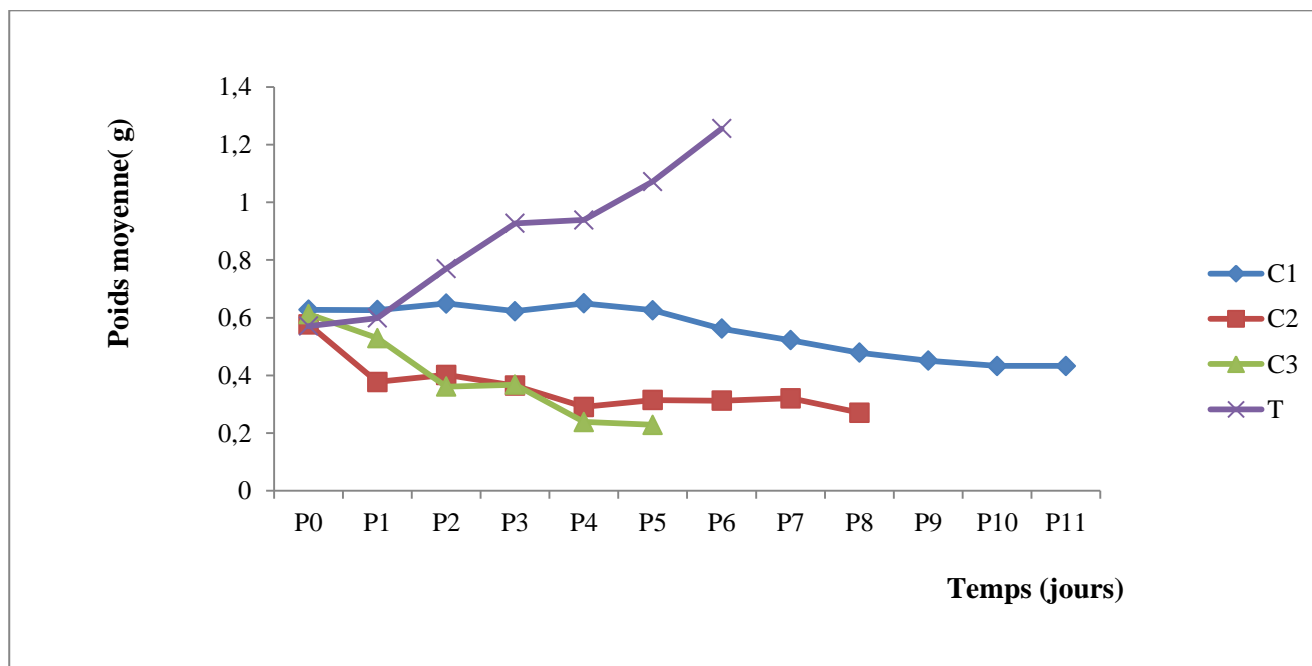


Fig.39: Effet des huiles essentielles du *Cassia italica* sur l'évolution de la croissance pondérale des larves L5 de *L.migratoria*.

3.2.3.1. Analyse de la variance

Le tableau 14 montre que l'analyse de la variance (ANOVA) de l'effet des huiles essentielles du *Cassia italica* sur la mortalité des larves L5 du *Locusta migratoria* a manifesté une différence très hautement significative entre les concentrations à $P < 0,01$ ($F=52,2$, $dl =3$, $Pr = 0,000$).

Tableau.10: Analyse de la variance de l'effet des huiles essentielles du *Cassia italica* sur la croissance pondérale des larves L5 de *L.migratoria*.

	Somme des carrés	DL	Carrés moyens	F	Probabilité(P)
entre les groupes:	3,62203	3	1,20734	52,2	0,000
A l'intérieur des groupes	2,15089	93	0,0231278		
Total	5,77292	96			

3.3. Effet acridicide de l'extrait buthanollique du *Cassia italica* sur les imagos du *Locusta migratoria*

3.3.1. Effet de l'extrait butanollique du *Cassia italica* sur le comportement et la morphologie des imagos du *Locusta migratoria*

Les individus traités avec les différentes concentrations de l'extrait butanollique du *Cassia italica* ont manifesté des malformations au niveau de leurs comportements et leurs corps. Ils s'agissent de la réduction de la mobilité déformation des ails des imagos, diarrhées rouges et le noircissement de l'abdomen et la mort des individus (Fig.40).

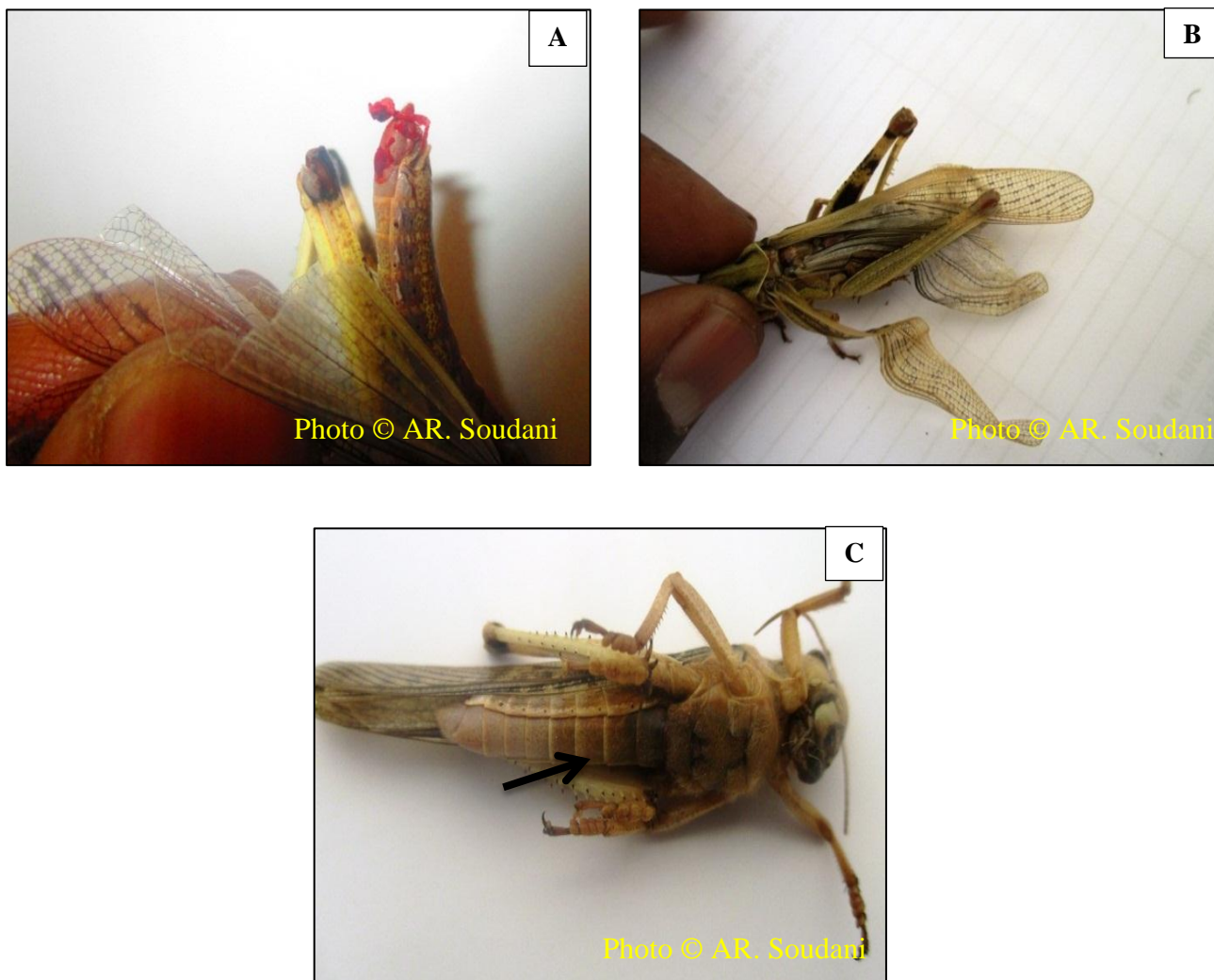


Fig.40: Anomalies des perturbations morphologiques chez les imagos de *Locusta migratoria* traités par l'extrait butanolique de *Cassia italica*

A : Diarrhée rouge ; **B :** Déformation des ailes des imagos et **C :** Noircissement de la face ventrale des imagos

3.3.2. Effet de l'extrait butanolique du *Cassia italica* sur la mortalité des imagos

Les résultats des mortalités cumulées des imagos du *Locusta migratoria* soumis aux différentes concentrations d'extrait butanolique du *Cassia italica* en fonction du temps sont représentés en figure 41.

Nous avons constaté que le pourcentage de mortalité cumulé des criquets croît avec la concentration d'extrait butanolique testées au cours du temps. La mortalité maximale (100%) des criquets avec la plus forte concentration (C5=4000 $\mu\text{g/ml}$) a été atteinte le 3^{ème} jour après traitement, suivi par la concentration C4= 2000 $\mu\text{l/ml}$ qui a causée 100% de mortalité au cours du 5^{ème} jour d'essais. Alors que la concentration la plus faible (C1=250 $\mu\text{g/ml}$) a provoqué la mortalité de 100%

d'individus testés au 14^{ème} jour d'essais. L'extrait buthanollique du *Cassia italica* testées est donc, toxiques pour le criquet migrateur (*Locusta migratoria*).

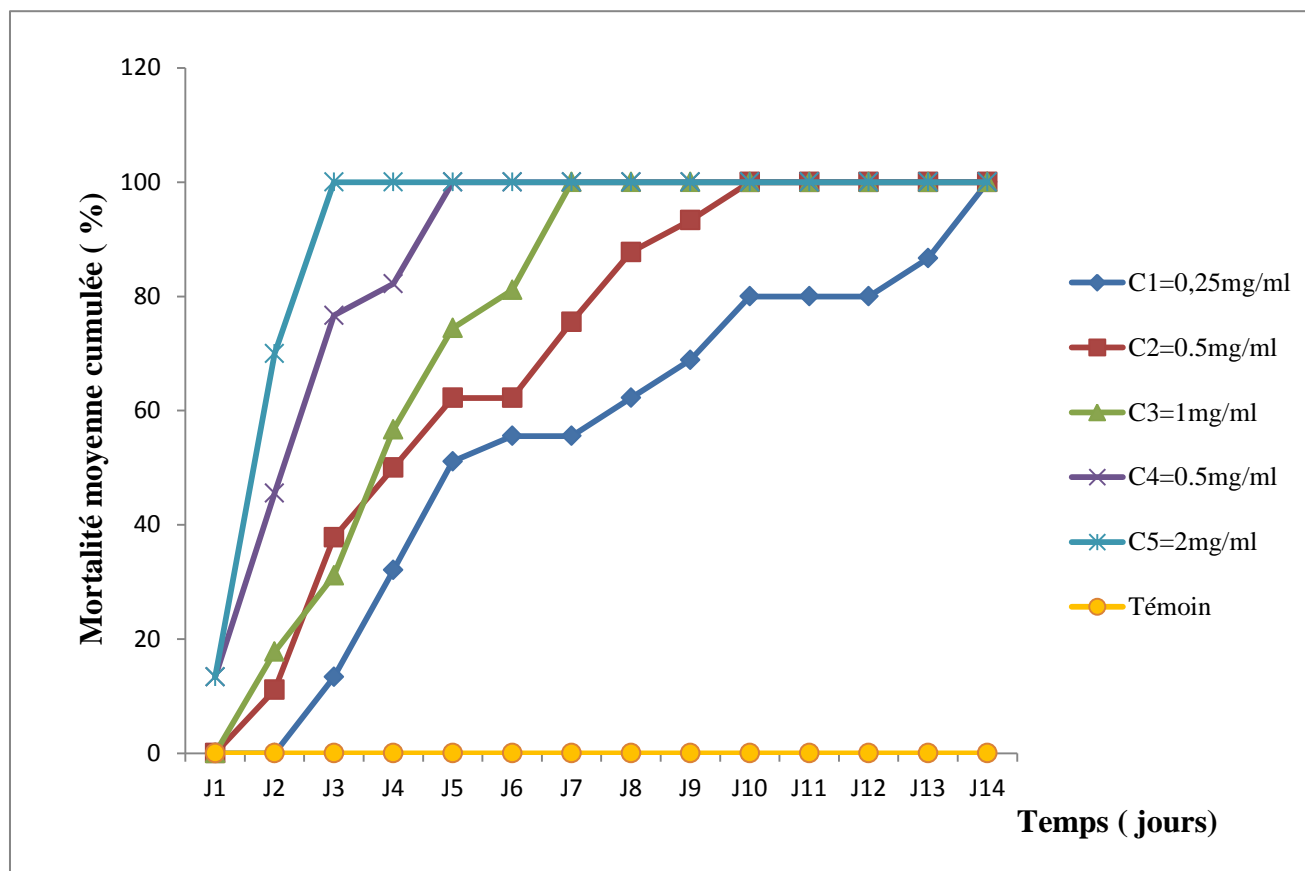


Fig.41: Taux de mortalité journalière cumulée des imagos du *Locusta migratoria* traités par les l'extrait buthanollique du *C. italica* à différentes concentrations.

3.3.2.1. Evaluation de la TL50

Pour calculer le TL50, nous avons enregistré les valeurs des pourcentages de mortalité transformés en Probits et les jours transformés en logarithme décimaux (Annexe.5). Les valeurs obtenues vont permettre de tracer les droites de régressions avec leurs équations (Fig.42, 43, 44,45 et 46).

Les résultats obtenus du TL50 montrent que l'extrait expérimenté provoque une mortalité qui varie en fonction du temps.

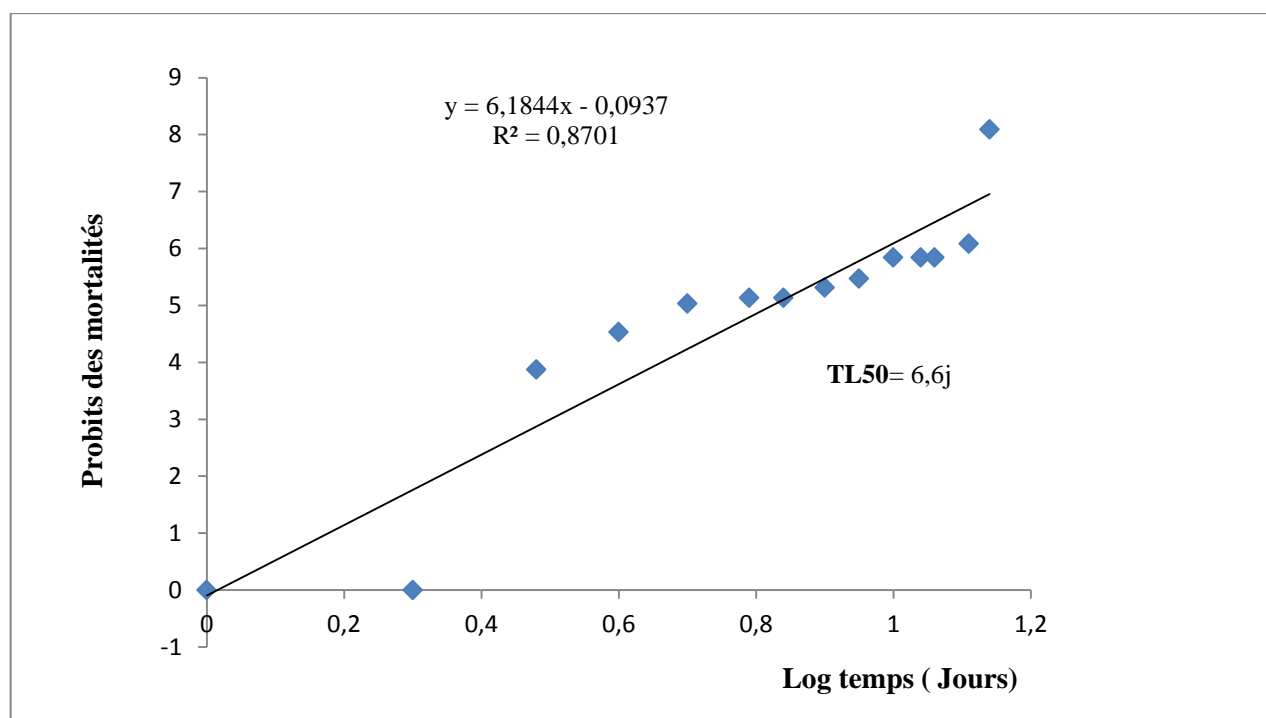


Fig.42: Régression mortalité temps des imagos du *L.migratoria* traités à la concentration (C1= 250µg/ml) de l'extrait butanollique du *Cassia italica*.

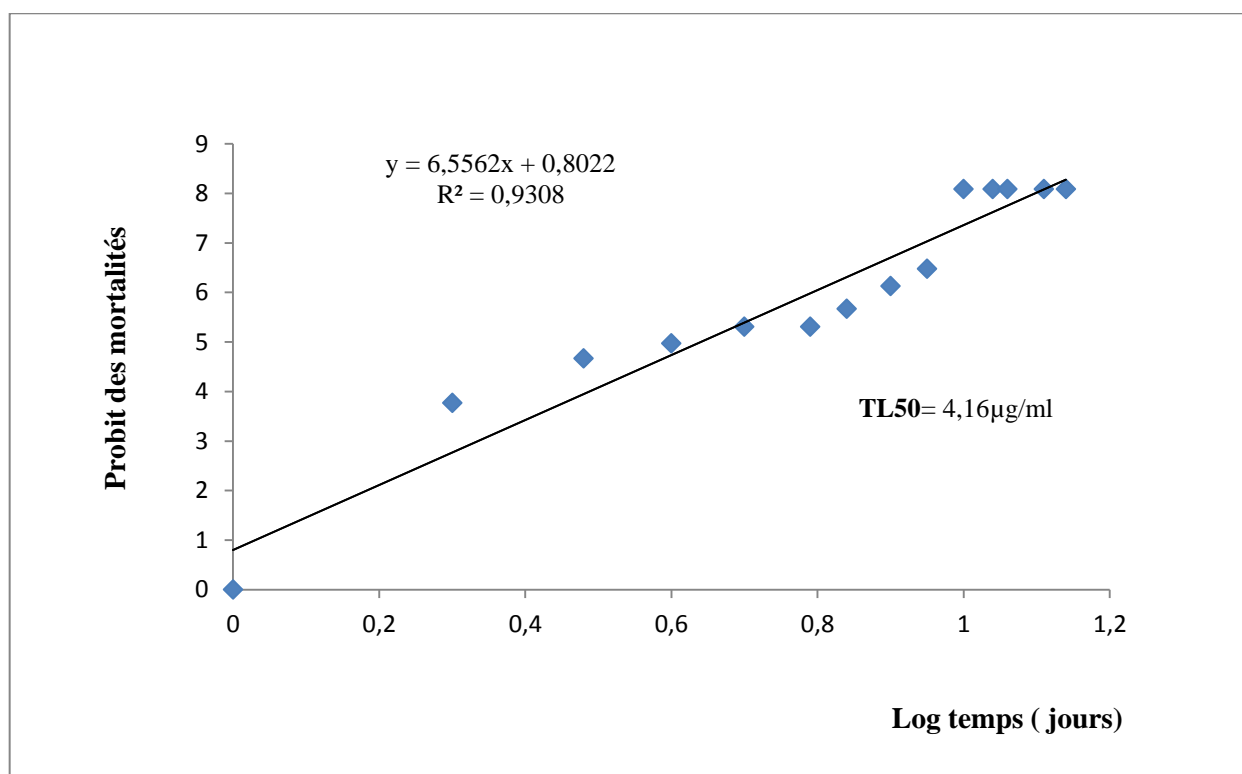


Fig.43 : Régression mortalité temps des imagos du *L.migratoria* traités à la concentration (C2= 500µg/ml) de l'extrait butanollique du *Cassia italica*.

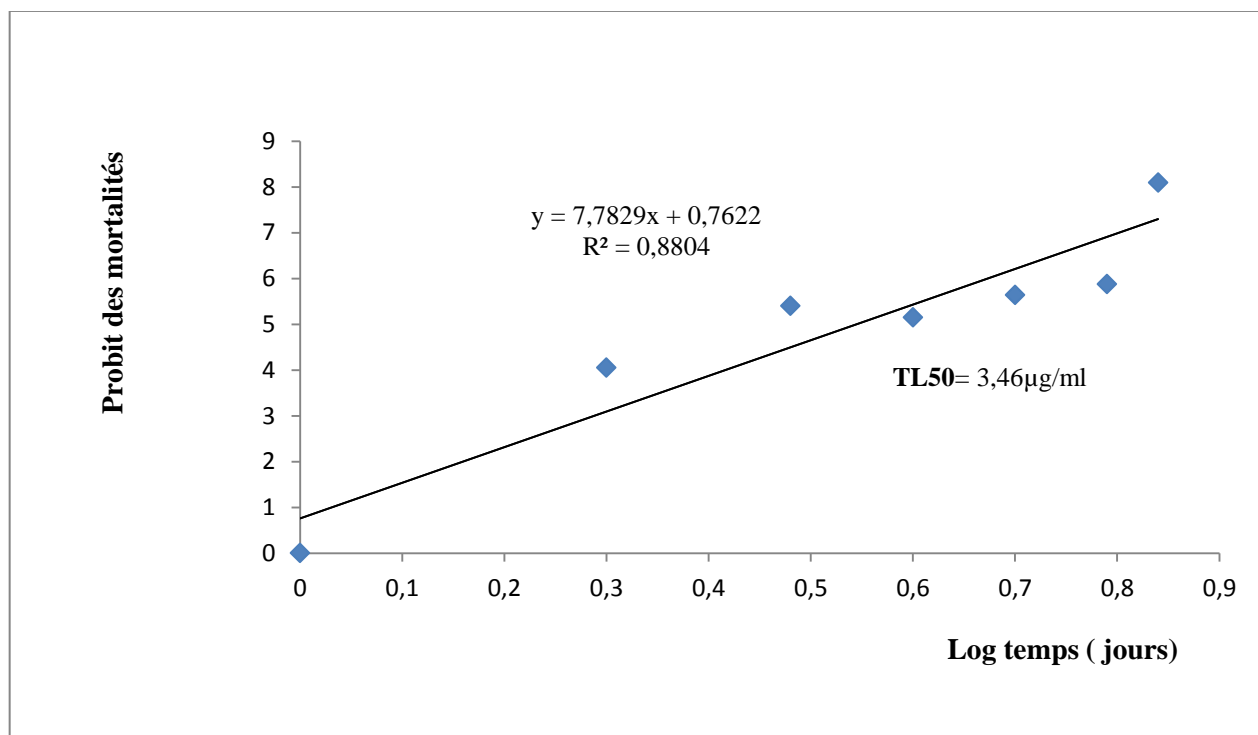


Fig.44: Régression mortalité temps des imagos du *L.migratoria* traités à la concentration (C3= 1000µg/ml) de l'extrait butanolique du *Cassia italica*.

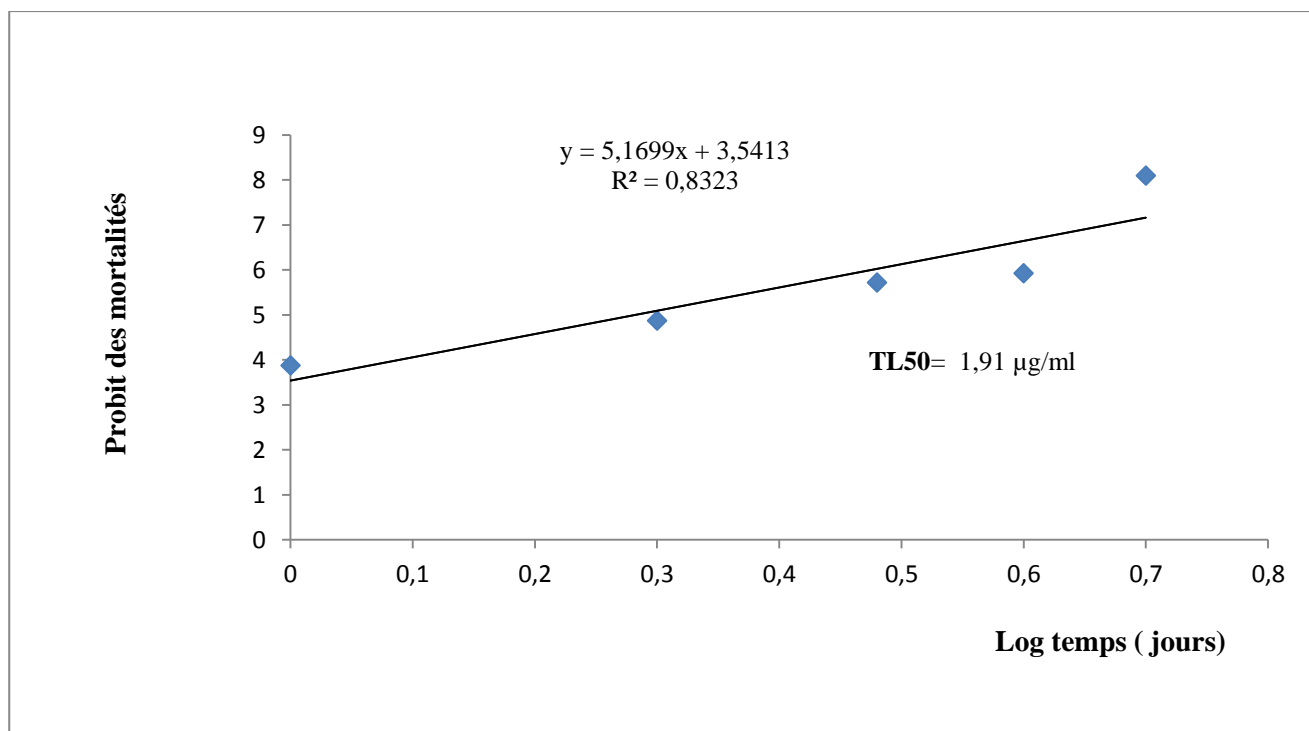


Fig.45: Régression mortalité temps des imagos du *L.migratoria* traités à la concentration (C4= 2000µg/ml) de l'extrait butanolique du *Cassia italica*.

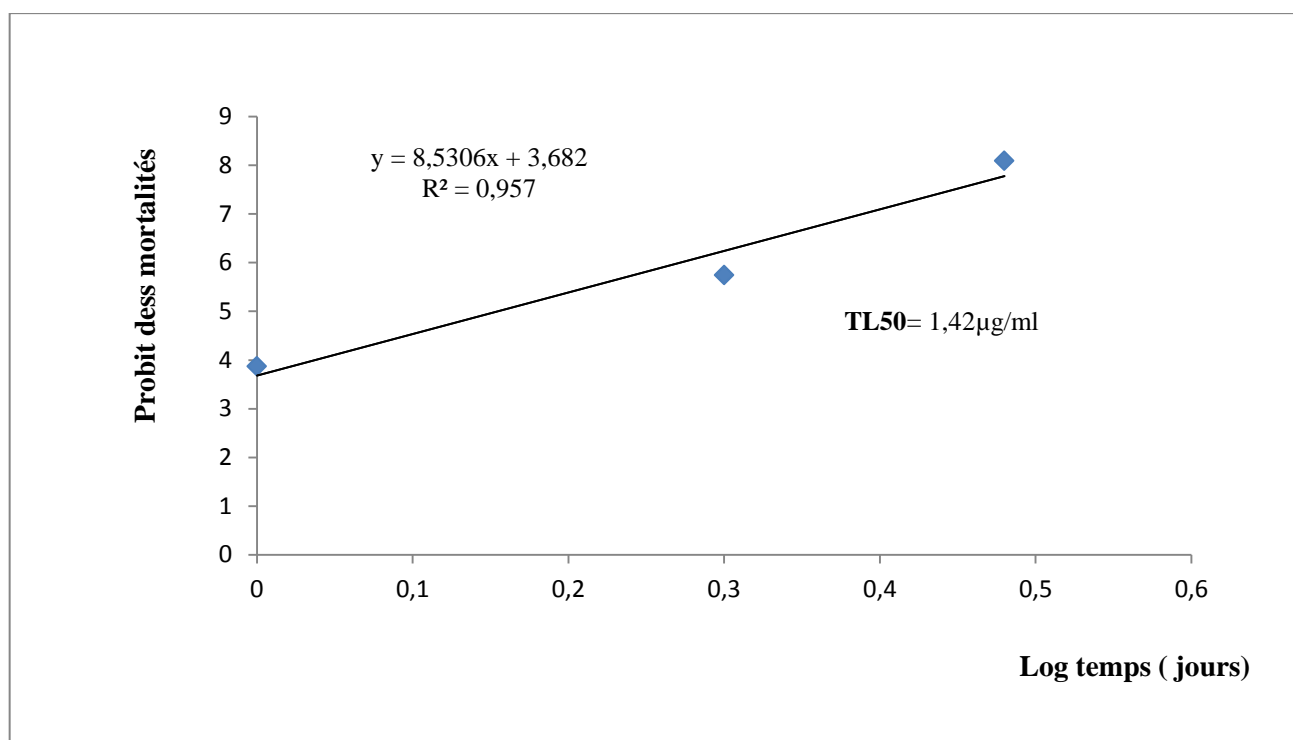


Fig.46 : Régression mortalité temps des imagos du *L.migratoria* traités à la concentration (C5= 4000µg/ml) de l'extrait butanollique du *Cassia italica*

3.3.2.2. Evaluation de la CL50

La concentration létale 50 pour l'extrait buthanollique du *Cassia italica* est calculées pour le 9^{ème} jour d'essai où la mortalité corrigé atteint plus de 50% pour toutes les concentrations utilisés. Leur calcul se fait par la transformation des pourcentages de mortalité en Probits et les doses en logarithme décimal (Annexe.6). A partir des équations obtenues on calcule la CL50.

Le calcul de la CL50 a donné une valeur de 323,59 µg/ml. Le coefficient de corrélation se rapproche de 1 ($R= 0,95$), et indique ainsi une forte corrélation entre la mortalité et la concentration (Fig.47).

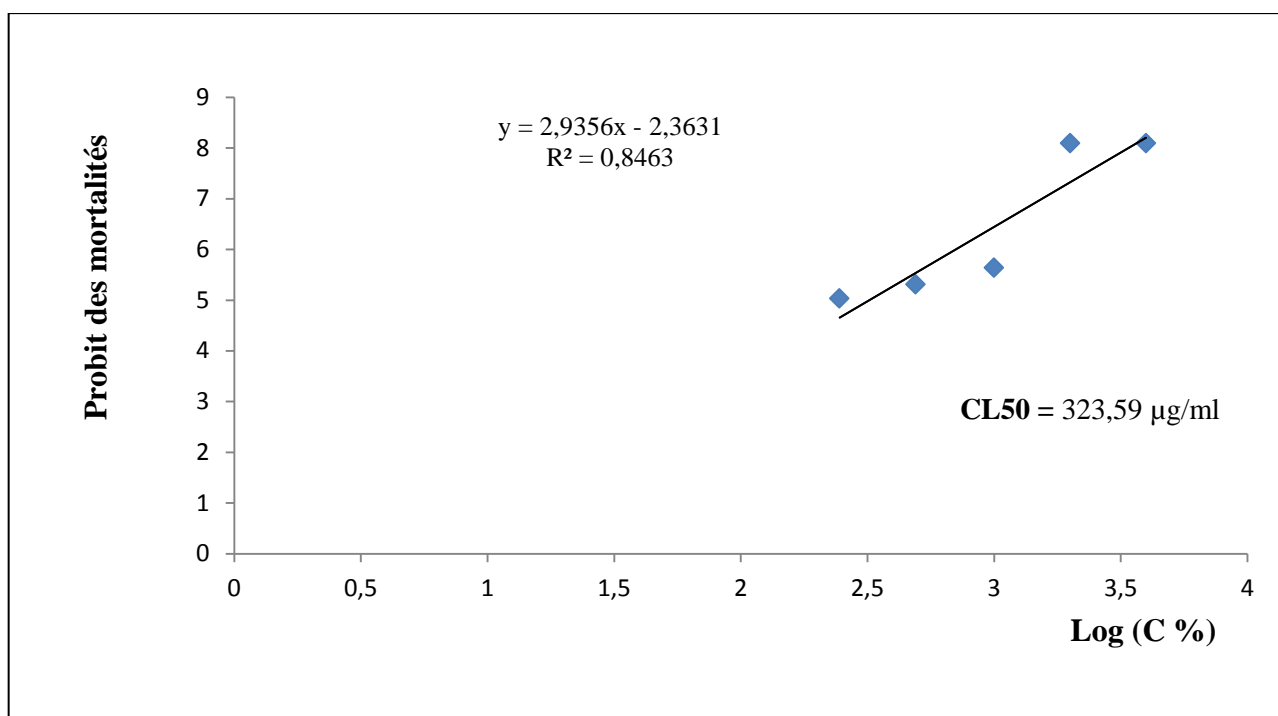


Fig.47 : Régression mortalité concentration de l'effet de l'extrait buthanollique du *Cassia italica* sur les imagos du *Locusta migratoria* au 5^{ème} jour après traitement.

3.3.2.3. Analyse de la variance

L'analyse de la variance (ANOVA) de l'effet de l'extrait buthanollique du *Cassia italica* sur la mortalité des imagos du *Locusta migratoria* a montré une différence très hautement significative entre les concentrations à $P < 0,01$ ($F=6,651$, $dl =4$, $Pr = 0,00004527$). Ainsi la mortalité est d'autant plus importante que la concentration est élevée (Tableau.15).

Tableau.11: Analyse de la variance de l'effet de l'extrait buthanollique du *Cassia italica* sur la mortalité des imagos du *Locusta migratoria*.

	Somme des carrés	DL	moyen des carrés	F	P
Entre les groupes	34796,2	4	8699,05	6,651	0,00004527
à l'intérieur des groupes	287738	220	1307,9		
Totale	322535	224			

3.3.3. Effet sur la croissance pondérale des imagos de *L. migratoria*

Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 48. Nous remarquons que quelle que soit la concentration de l'extrait buthanollique utilisés, les individus sont affectés dans leurs poids. Alors que le poids des individus témoins évolue en fonction du temps.

A la fin de l'essai, Les plus faibles concentrations C1 et C2 ont enregistré la même valeur de perte du poids (0,38g) et Les individus traités par les fortes concentrations C4 et C5 ont manifesté respectivement une perte dans leurs poids du 0,33g et 0,23. D'un autre côté les individus témoins ont bénéficié d'une augmentation du poids moyen de 0,94 g.

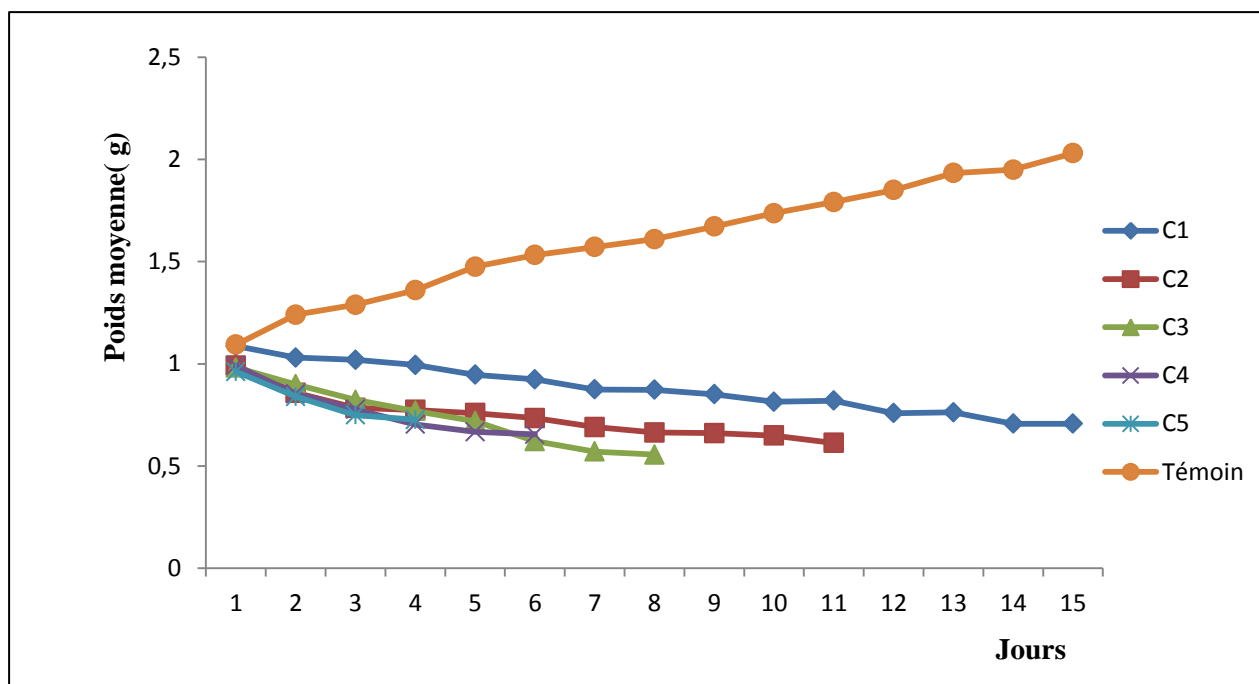


Fig.48: Effet de l'extrait buthanollique du *Cassia italica* sur l'évolution de la croissance pondérale des imagos de *L.migratoria*.

3.3.3.1. Analyse de la variance

Les résultats rapportés dans le tableau 16 montrent que l'analyse de la variance (ANOVA) de l'effet de l'extrait buthanollique du *Cassia italica* sur la mortalité des imagos du *Locusta migratoria* a révélé des différences hautement significatives entre le poids des individus traités et les individus témoins à $P < 0,01$ ($F= 128,4$, $dl = 5$, $Pr = 0,000$).

Tableau.12: Analyse de la variance de l'effet de l'extrait buthanollique du *Cassia italica* sur la croissance pondérale des imagos de *L.migratoria*.

	Somme des carrés	DL	moyen des carrés	F	P
Entre les groupes	22,4191	5	4,48383	128,4	0,000
à l'intérieur des groupes	5,97168	171	0,0349221		
Totale	28,3908	176			

4. Discussion

La recherche de ces dernières années a été se tourner davantage vers de nouvelles alternatives respectueuses de l'environnement pour la lutte antiparasitaire. Parmi ceux-ci, les insecticides dérivés de plantes ont attiré la plus grande attention et ont été largement explorés (Abdellaoui *et al.*, 2013).

L'activité insecticide du *Cassia italica* a été mise en évidence par Yagi *et al* (2013). Ces auteurs ont montré que l'extrait n-Hexane de *Cassia italica* a manifesté une mortalité de 100% sur le *Tribolium castaneum*.

4.1. Effet du *Cassia italica* sur le comportement et la morphologie du *Locusta migratoria*

D'après les résultats obtenus concernant l'effet du *Cassia italica* sur le comportement et la morphologie, des malformations de grande importance ont été signalées chez les larves L5 du *Locusta migratoria*. Il s'agit des déformations des ailes, blocage de la mue imaginale, changement de la couleur du corps, déformation du corps, et la diarrhée rouge, ainsi un retard de la mue imaginale. D'un autre côté, nous avons noté des réductions de la mobilité, déformation des ails des imagos, diarrhées rouges et le noircissement de l'abdomen après la mort des individus chez les imagos traités des extraits buthanollique.

Une hyperactivité et des sauts répétés ont été signalés chez les larves L5 et les imagos traités par les deux extraits utilisés juste après le traitement par les fortes doses, puis les individus qui arrivent à résister aux traitements reviennent à leur état normal.

Plusieurs travaux publiés ont montré l'effet des huiles essentielles sur le comportement et la physiologie des insectes. Anisi Price and Berry (2006) signalent que les actions physiologiques des huiles essentielles sur les insectes sont moins connues, mais diverses huiles essentielles ou leurs constituants provoquent des symptômes similaires à un mode d'action. De même Siramon *et al* (2009) notent que certaines huiles essentielles sont signalées pour leur mode d'action neurotoxique, quelles que soient les voies d'administration (orale, topique, respiratoire et à travers l'épiderme).

Nos résultats rejoignent ceux obtenus par de nombreux auteurs ayant testés l'activité toxique des huiles essentielles sur les acridiens.

Les observations comportementales réalisées par El Ghadraoui *et al* (2015) sur les individus du *Dociostaurus marocanus* traités par les huiles essentielles des feuilles du *Rosmarinus officinalis* montrent une perturbation à leurs activités locomotrices. Ainsi les insectes traités sont faibles et accomplir un mouvement très limité par rapport aux individus témoins. De plus, ces individus traités ont présenté une perturbation digestive mise en évidence par une humidité élevée de leurs selles.

De même Zaim *et al* (2012) ont remarqué que les criquets adultes d'*Euchorthippus albolineatus* traités par les huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* présentent un ralentissement de leur activité

locomotrice, suivi d'une diminution de la prise de nourriture. En outre, leurs fèces se sont révélées plus humides par rapport aux témoins.

Des troubles similaires ont été observés par Kemassi *et al* (2013) sur le criquet pèlerin, en le traitant avec les huiles essentielles du *Peganum harmala*. Les symptômes les plus courants sont d'un mode d'action neurotoxique, sont noté tels que troubles de l'équilibre, mouvements convulsifs, défécation intense, perte de la capacité de se percher avec un support suite à l'impossibilité de rejoindre le tarse, tremblements des appendices et augmentation de la fréquence respiratoire.

D'autres auteurs signalent également l'apparition de ces changements morphologiques en utilisant d'autres extraits bruts sur les criquets. C'est le cas du Acheuk *et al* (2014), qui rapporte que le traitement des larves L5 de *L. migratoria* par l'extrait brut de *S. argel* a engendré des perturbations physiologiques sur l'insecte en l'occurrence un changement de pigmentation. Cette dernière devient plus foncée au niveau des pattes, du pronotum et de l'abdomen. Le traitement a entraîné également un retard de la mue imaginale de 2 à 5 jours ainsi que son blocage qui se termine par la mort de l'insecte.

De même Chilali et Benrima (2018) affirment que Les larves L5 traitées par l'extrait aqueux de *Schinus molle* présentent des modifications morphologiques au niveau de la coloration. Les larves deviennent complètement rouges.

De plus, l'extrait des graines du *Peganum harmala* a causé également des perturbations de l'insecte, dans ce cas, un retard de larve mue de 6 à 8 jours et changement de pigmentation. Ce dernier devient brunâtre au niveau des jambes, pronotum et l'abdomen (Abassi *et al.*, 2003).

4.2. Effet du *Cassia italica* sur la mortalité du *Locusta migratoria*

Les résultats obtenus durant notre étude laissent apparaître une efficacité insecticide du *Cassia italica* aussi bien chez les larves du cinquième stade que chez les imagos du *Locusta migratoria*. Un taux de mortalité de 100% est atteint chez les L5 traités avec la forte concentration (20%) des huiles essentielles du *cassia italica* forçage buccale au bout de 5 jours après traitement au 8^{ème} jours avec la concentration dose moyenne (10%) et en fin au 11^{ème} jour pour la faible concentration (5%).

Nous avons constaté que le pourcentage de mortalité cumulé des criquets croît avec la concentration d'extrait buthanollique testées au cours du temps. La mortalité maximale (100%) des criquets avec la plus forte concentration (C5=4000 µg/ml) a été atteinte le 3^{ème} jour après traitement, suivi par la concentration C4= 2000µl/ml qui a causée 100% de mortalité au cours du 5^{ème} jour d'essais Alors que la concentration la plus faible (C1=250 µg/ml) a provoqué les mortalités de 100% d'individus testés au 14^{ème} jour d'essais. L'extrait buthanollique du *Cassia italica* testées est donc, toxiques pour le criquet migrateur (*Locusta migratoria*).

Pour les imagos du *Locusta migratoria* qui ont traités par l'extrait butanollique par forçage buccale, la forte concentration (C1=4mg /ml et C2= 2mg/ml) ont provoqué respectivement 100 % de mortalité en 3 jour et 05 jours après traitement. D'un autre côté la concentration la plus faible (C1=0,25 mg/ml) a provoqué la mortalité de 100% d'individus testés au 14^{ème} jour d'essais.

Nos résultats vont dans le même sens que ceux obtenus par Kemassi *et al* (2013), qui a enregistré un début de mortalité seulement après la troisième minute après traitement et la mortalité de 100% a été atteinte après 08 mn 30 chez L5, alors qu'elle est en 30 mn 18' chez les adultes du *Shistocerca gregaria* traité avec l'huile essentielle brut du *Peganum harmala*.

Zaim *et al* (2012), rapporte que l'utilisation des huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* montrent un effet néfaste sur la survie des criquets et ont entraîné une importante mortalité chez les criquets (mâles et femelles). Cet effet s'exprime dès le premier jour du traitement avec un taux de mortalité de 33,3%. Celui-ci augmente progressivement pour atteindre son maximum le troisième jour chez les mâles et le cinquième jour chez les femelles.

Ainsi pour Zaim *et al* (2015) , la mortalité totale d'individus *Paraeumigus parvulus* est obtenu par le dépôt de 2µl de huile essentielle à la concentration testée sur la membrane du cou de l'insecte après 7 jours de traitement avec la concentration la plus élevée (8 mg / l) et 10 jours avec un inférieur (4 mg / l).

De même El Ghadraoui et ses collaborateurs (2015) ont affirmé l'effet mortel des huiles essentielles des feuilles du *Rosmarinus officinalis*. Cet effet est exprimé en premier jour de traitement avec un taux de mortalité de 35% chez les femelles et de 30% chez les mâles. Il augmente progressivement pour atteindre son maximum le cinquième jour chez les mâles et le sixième jour chez les femelles.

Des études antérieures ont documenté l'effet des extraits brut des différentes parties des plantes sur la survie des acridiens.

En effet Ould EL Hadj *et al* (2006), a noté l'effet toxique des extraits de *Melia azedarach*, d'*Azadirachta indica* sur les larves du cinquième stade et les adultes de *S. gregaria*. Ces auteurs ont montré que la mortalité de 100% est atteinte au bout de 10 jours pour les L5 et 13 jours pour les adultes traités avec *A. indica*. *M. azerdarach* a donné 100% de mort au bout 11 jours pour les L5 et 14 jours pour les adultes.

De même Abbassi *et al* (2003) ont obtenu 83%, 66% et 37% de mortalité cumulée chez les adultes du désert Criquet *Schistocerca gregaria* nourri d'alcaloïdes extraits de *Caloptropis procera* (Asclepiadaceae), *Zygophyllum gaetulum* et *Peganum harmala*, respectivement.

Selon Benhassen (2014), les deux extraits éthanoliques du pommier de Sodome et de l'armoise testés sur les imagos de *S. gregaria* déterminent une toxicité par contact et ingestion à l'égard de ce

ravageur. En effet les taux de mortalités corrigées enregistrées par contact varient de 44,44 à 72, 22% pour l'extrait de pommier de Sodome, et de 38,88 à 83,33% pour l'extrait de l'armoïse. Concernant les mortalités corrigées induites par le test ingestion, elles varient de 63,64 à 90,91% pour *C. procera*, et de 36,36 à 77, 27% pour *A. judaica*.

D'après Acheuk (2012), l'extrait méthanolique brut de *Haplophyllum tuberculatum* administré par ingestion forcé aux larves du 5^{ème} stade de *Locusta migratoria* aux doses 350, 500, 1000,1250, et 1500 µg/larve a entraîné des effets variables selon la dose administrée.

Les fortes doses ont révélé une activité insecticide très intéressante avec des mortalités de l'ordre de 89%, 90% et 94% respectivement pour les doses D3, D4 et D5 au 9^{ème}, au 7^{ème} et 5^{ème} jour après traitement.

Les travaux du Chilali et Benrima (2018) sur l'acridien *Locusta migratoria* en utilisant *Shinus molle* comme insecticide biologique, ont permis d'enregistrer un taux de mortalité de 50% avec la dose D1 (forte dose) et 13,33% à la dose D2 au 5^{ème} jour. Le 100% mortalité est enregistré au 7^{ème} jour pour la dose D1 et au 9^{ème} jour avec la dose D2. Par ailleurs, la dose D3 induit un taux de mortalité maximale de 50% au 9^{ème} jour après traitement. Cependant, chez les larves L5 traitées par ingestion, le taux de mortalité final est de 100%. Il est enregistré respectivement au 10^{ème} jour avec la dose D1 et au 9^{ème} jour à la dose D2 contre 63,33% pour la faible dose D3 atteinte au 10^{ème} jour.

Durant notre étude de l'effet des huiles essentielles sur les larves L5 du *locusta migratoria*, La valeur du TL50 la plus faible obtenue est de 2,75 j pour la forte concentration (20%), ainsi 3,8 jour pour la concentration moyenne (10%) et enfin 6,6 jours est enregistré pour la faible concentration (5%). D'un autre côté l'application des extraits buthanollique sur les imagos du *locusta migratoria* a montré que la plus faible concentration (C= 250 µg/ml) a enregistré une CL50 de 6,6 jours. Alors que pour la plus forte concentration (C5= 4000µg/ml) la moitié de la population traitée meurt au bout de 1,42 jours.

L'action dans le temps d'une substance vis-à-vis d'un organisme vivant, varie en fonction de la dose, la fréquence et le mode d'application, l'espèce test et son stade de développement (Sanchez-Bayo, 2009).

Nos résultats sont dans le même sens que Kemassi *et al* (2012). Ces auteurs ont obtenues une TL50 de 41 mn 50' chez les individus adultes et un TL50 de l'ordre de 9 mn 17' jours chez les larves L5 de *S. gregaria* après traitement par les huiles essentielles brutes de *C. arabica*.

Ainsi, Benzara *et al* (2013), a montré que La TL50 obtenue en traitant par contact les larves L5 de *L. migratoria* par l'extrait aqueux des graines de *P. harmala* est de 2 jours.

Des résultats similaires ont été obtenus par Zaim *et al* (2012), où ils ont montré que 50 % de la population de criquets de *Euchorthippus albolineatus*, alimentés par du gazon traité avec l'huile

essentielle de *Artemisia herba alba* meurent au bout de 1,67 et 1,45 jour respectivement les mâles et les femelles.

En outre, El Ghadraoui *et al* (2015), huiles essentielles des feuilles du *Rosmarinus officinalis* appliqué sur les individus du *Dociostaurus marocanus* ont manifesté des TL50 obtenu est d'environ 2,30 jours chez les female et 1,85 jours chez les male.

Les essais du traitement des larves L5 du criquet pèlerin avec le Neem a donné des TL50 plus courtes (7,5 jours). Alors qu'avec *Melia azedarach* et *Eucalyptus globulus* les TL50 obtenues sont respectivement 8,2 jours, et 10,4 jours (Ould El Hadj *et al.*, 2006).

Enfin Korichi (2016), note que les larves néonantes d'*Ectomyelois ceratoniae* ont enregistré un TL50 de 4,29 jours sous l'effet de traitement par l'extrait éthanolique de *Pergularia tomentosa* à la concentration 15%.

Le calcul de la CL50 des huiles essentielles au 7^{ème} jour d'essai a donné une valeur de 5,12%. La CL50 obtenues montre qu'elle est supérieure à la concentration minimale (5%) et inférieure à la concentration moyenne (10 %). De même l'extrait buthanollique a enregistré une valeur de 323,59 µg/ml.

Nous constatons aussi que les valeurs de CL50 diminuent en fonction de l'augmentation des concentrations utilisés.

Ces résultats montrent que la partie aérienne de *Cassia italica* s'avère toxique pour *L. migratoria*. Les constituants de cette plante expliquent son action insecticide.

Les CL50 obtenus sont dans le même sens que ceux de Benzara *et al* (2013). Ces auteurs ont obtenu une CL50 égale à 0,095 g / ml en traitant par ingestion avec l'extrait aqueux des graines de *Peganum harmala* les larves du 5^{ème} stade de *Locusta migratoria cinerascens*.

Selon Acheuk *et al* (2014), l'extrait éthanollique *Solenostemma argel* a montré une faible CL50 de 325.9 µg/larve après 6 jours de traitement.

4.3. Effet des de *Cassia italica* sur l'évolution pondérale de *Locusta migratoria*

Concernant l'évolution pondérale, les larves traitées par les huiles essentielles et les imagos traités l'extrait butanollique ont manifesté une baisse progressive dans leurs poids. Cette perte du poids dépend de la concentration utilisée.

Dans ce même contexte Ould EL Hadj *et al* (2006) notent une diminution du poids des L5 et des adultes de *S. gregaria* sous l'influence de trois extraits végétaux, *Melia azedarach*, d'*Azadirachta indica* et d'*Eucalyptus globulus* mais il ajoute que cette régression du poids est plus importante chez les L5 que chez les adultes.

Le Bras (1990) signale une corrélation entre le poids et la taille d'un individu et la concentration de l'insecticide appliqué, les insectes d'un poids et d'une taille faible sont plus sensibles que ceux d'un poids élevé et d'une taille plus grande.

Les larves L5 et les adultes mis en présence de feuilles de chou imprégnées de l'extrait à l'acétone d'*Ephedra Alata* (Ephedraceae), *Peganum harmala L.* (Zygophyllaceae), *Zizyphus lotus* Lamarck. (Rhamnaceae) et *Citrillus colocynthis L.* (Cucurbitaceae) ont manifesté un sévère ralentissement de croissance pondérale. Une perte du poids de -26,93 % et -33,09 % est notée chez les larves et les adultes du Criquet pèlerin mis en présence des feuilles de chou traitées par l'extrait foliaire acétonique d'*E. guyoniana* (Kemassi, 2008).

Martin *et al* (1994) rapportent également que chez les larves de *Lymantria dispar*, une réduction de la croissance pondérale est notée suite au traitement avec l'extrait de fruit de neem.

D'après Abbassi (2004), l'extrait d'alcaloïdes des feuilles jeunes de *Calotropis procera* testé sur les adultes de *S. gregaria* s'est révélé anti-appétant, et a provoqué une diminution de poids pondéral moyen.

5. Conclusion

Au terme de ce travail nous pouvons conclure que l'utilisation de l'huile essentielle et l'extrait buthanollique du *Cassia italica* ont montré des effets néfastes sur la morphologie, la survie et le poids des larves L5 et les imagos de criquet migrateur. Cette toxicité semble être liée à une synergie entre les éléments de la composition chimique de cette essence végétale.

Ces résultats préliminaires obtenus dans les conditions de laboratoire semblent d'une grande importance dans la substitution potentielle de produits chimiques largement utilisés pour lutter contre les insectes ravageurs.

*Conclusion générale
et perspectives*

Conclusion générale et perspectives

Les acridiens des écosystèmes du centre du Sahara (région d'Adrar) ont été étudiés qualitativement au niveau de 23 localités, de différents biotopes et durant 03 ans. L'échantillonnage aléatoire avec différents pièges à partir de février 2016 à février 2019 a permis de capturer deux familles comprenant 20 espèces, dont 13 sont enregistrées pour la première fois dans la région comme suit: *Acrotylus longipes* (Herrich-Schäffer, 1838), *Aiolopus simulatrix* (Walker, 1870), *Aiolopus thalassinus* (Fabricius, 1871), *Calliptamus barbarus barbarus* (Costa, 1836), *Hyalorrhypis canescens* (Saussure, 1888), *Morphacris fasciata* (Thunberg, 1815), *Oedaleus senegalensis* (Krauss, 1877), *Sphingonotus obscuratus lameerei* (Finot, 1902), *Sphingonotus octofasciatus* (Serville, 1839), *Poecilocerus bufonius hieroglyphicus* (Klug, 1829), *Pyrgomorpha cognata* (Krauss, 1877), *Ochrilidia filicornis* (Krauss, 1902) and *Truxalis nasuta* (Linnaeus, 1758).

L'étude bioécologique des acridiens dans trois oasis a montré qu'il existe trois assemblages d'espèces d'acridiens en termes de phénologie et d'affinité pour les types d'habitats. Les espèces hygrophiles et mésophiles des oasis étudiées sont directement affectées par l'irrigation. L'origine de ces espèces peut provenir du désert du nord. Se dirigeant vers les oasis, ils ont trouvé un microclimat favorable. Pour les xérophiles, l'éclosion est directement liée aux précipitations du début du printemps et de l'automne dans les habitats naturels, après les adultes migrent vers la proximité des zones agricoles pour terminer rapidement leur cycle de vie, en évitant les températures estivales élevées et le froid de l'hiver.

Certaines espèces ont été répertoriées dans différentes parties de la région d'étude, mais n'ont pas été trouvées dans les zones agricoles étudiées. Ils sont souvent capturés la nuit sous la lumière, ce qui suggère qu'ils adoptent probablement des stratégies spécifiques pour s'adapter aux conditions hostiles.

L'étude de l'activité biologique des extraits de la plante *Cassia italica* (Huiles essentielles et extrait buthanolique) sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (larves L5 et imagos) révèle des effets et trouble au niveau la physiologie et le comportement de cet insecte. Ces troubles se traduisent par des déformations des ailes de certains individus, retard et blocage de la mue imaginale, le changement de la couleur du corps, déformation du corps, et la diarrhée rouge, brunissement de l'abdomen.

Chez larves L5 de *L.migratoria* traité avec l'huile essentielle de *Cassia italica*. La mortalité maximale (100%) correspondant à la concentration la plus élevée (20%) a été atteinte le 5^{ème} jour. La concentration de 10% a causé 100% mortalité au 8^{ème} jour, tandis que la mortalité maximale (100%) à la concentration la plus faible (5%) a été enregistrée 11^{ème} jour du test. à l'exception, le taux de mortalité dans le lot de contrôles est nul.

Les résultats du calcul de la CL50 obtenus pour ce test montrent que la CL50 la plus élevée est obtenue pour la concentration la plus faible (C1=5%), elle est des 6,6 jours. La concentration moyenne (C2= 10%) a présenté une CL50 des 3,8 jours. Par contre à la plus forte concentration (C2= 20%) nous remarquons que la moitié de la population traitée meurt au bout de 2,75 jours.

Une évolution pondérale continue est constatée chez les larves L5 témoins jusqu'à la mue. Au contraire, chez les individus L5 traités par les trois concentrations C1 (5%), C2 (10%) et C3 (20%) des huiles essentielles du *Cassia italica*, une perte du poids progressif est constatée. Cette perte du poids dépend de la concentration utilisée

Chez les imagos nouvellement immergés de *Locusta migratoria*, La mortalité maximale (100%) des criquets avec la plus forte concentration (C5=4000 µg/ml) a été atteinte le 3^{ème} jour après traitement, suivi par la concentration C4= 2000µl/ml qui a causée 100% de mortalité au cours de la 5^{ème} jour d'essais .Alors que la concentration la plus faible (C1=250 µg/ml) a provoqué la mortalités de 100% d'individus testés au 14^{ème} jour d'essais

Les résultats obtenus du CL50 (1,42-6,6j) montrent que l'extrait buthanollique expérimenté provoque une mortalité qui varie en fonction du temps.

Le calcul de la CL50 au 9^{ème} jour après traitement a donné une valeur de 323,59 µg/ml. Le coefficient de corrélation se rapproche de 1 (R= 0,95), et indique ainsi une forte corrélation entre la mortalité et la concentration.

Nous remarquons aussi que quelle que soit la concentration de l'extrait buthanollique utilisés, les individus sont affectés dans leurs poids. Alors que le poids des individus témoins évolue en fonction du temps.

En perspective, il serait intéressant et souhaitable de poursuivre l'étude des acridiens du Sahara centrale sur plusieurs années et sur d'autre régions qui sont à l'heure actuelle peut étudier, en particulier la région de Bordj Badji El Mokhtar, Tamanrasset, Illizi, Bechar et Tindouf, situé avec les pays voisins et qui peuvent abriter une faune acridienne très intéressante. Ainsi pour fournir de nouvelles données sur l'écologie des acridiens dans le grand sud de l'Algérie.

Ces études doivent être suivi poursuit par une identification moléculaire des espèces récoltés, dans le but d'établissent d'un Atlas des acridiens du sud algérien.

Pour une meilleure poursuite de la recherche de l'effet du *Cassia italica* sur le criquet migrateur *Locusta migratoria*, il est souhaitable de:

- Utiliser des solvants organiques à polarité différente pour l'extraction afin d'extraire les différentes familles de composés chimiques;
- Tester leurs efficacités sur les différents stades des acridiens;
- Tester leurs efficacités en plein champ;

- Etudier l'action des extraits végétaux sur d'autres paramètres notamment la fécondité et l'histologie du tube digestif;
- Suivi les tests biologiques par des tests de caractérisation et d'identification phytochimique des extraits végétaux ou bien des huiles essentielles pour identifier le principe actif;
- Etudier l'effet alternatif de ces extraits sur la faune utile de l'environnement.

Références bibliographiques

- Abbassi K, Atay- Kadiri Z, Ghaout S, Mergaoui L et Stambouli A., 2003.** Effets des extraits de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775). Zoological baetica 13: 203-217.
- Abbassi K, Atay-Kadiri Z et Ghaou-T S., 2004.** Activité biologique des feuilles de *Calotropis procera* (Ait.) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* (Forsk. 1775)). Zoological Baetica. 15:153-166.
- Abdellaoui K, Ben Halima Kamel M, Acheuk F, Soltani N, Aribi N and Ben Hamouda M H., 2013.** Biochemical and histological effects of gibberellic acid on *Locusta migratoria migratoria* fifth instar larvae. Pesticide Biochemical and Physiology 107: 32-37.
- Acheuk F., 2012.** Evaluation des effets du Téflubenzuron et de l'extrait méthanolique de la plante *Haplophyllum tuberculatum* (Rutacée) sur le développement et la reproduction du criquet migrateur : *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Orthoptera: Oedipodinae). Thèse de Doctorat. Ecole National Supérieure d'Agronomie. El Harrach.138p.
- Acheuk F and Doumandji-Mitiche B., 2013.** Insecticidal activity of alkaloids extract of *Pergularia tomentosa* (Asclepiadaceae) against fifth instar larvae of *Locusta migratoria* cinerascens (Fabricius 1781) (Orthoptera: Acrididae). International Journal of Science and Advanced Technology 3: 8-13.
- Acheuk F, Abdellaoui K, Bendifallah L, Hammichi A et Semmar S., 2014.** Effets de l'extrait éthanolique brut de *Solenostemma argel* (asclepiadaceae) vis-à-vis des larves du 5^{ème} stade de *Locusta migratoria*. In: Dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. Montpellier. France. 22 et 23 octobre.
- Allal-Benfekih L., 2006.** Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orthoptera-Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse de doctorat, Biologie Sciences -Santé / Ecologie. Université de Limoges: 144p.
- Amédégnato C and Descamps M., 1980.** Evolution des populations d'Orthoptères d' Amazonie du Nord-Ouest dans les cultures traditionnelles et les formations secondaires d'origine anthropique. Acrida 9: 171-216.
- Allen C R, Garmestani A S, Havlicek T D, Marquet P A, Peterson G D, Restrepo C, Stow C A and Weeks B E., 2006.** Patterns in body mass distributions: sifting among alternative hypotheses. Ecology Letters 9:630-643.
- Appert et Deuse J., 1982.** Les ravageurs des cultures vivrières et maraichères sous les tropiques. Ed. Larose. Paris, 420p.

- Badih A and Pascual F., 1998.** Données préliminaires sur les Caelifères du Nord du Maroc (Orthoptera, Caelifera). Nouvelle Revue d'Entomologie: 131-150.
- Bagnouls F et Gaussen H., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. Bulletin de Société d'Histoire Natural. Toulouse. 88: 193-239.
- Bagnouls F et Gaussen H., 1957.** Les climats biologiques et leur classification. Annales de géographie. Lyon. 355:193-220.
- Balachowsky A S and Mensil L., 1936.** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Leurs moeurs. Leur destruction. Traité d'entomologie agricole concernant la France: la Corse, L'Afrique du Nord et les régions limitrophes. 1137p.
- Barbouche N, Hajjem B, Lognay G, Ammar M., 2001.** Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parqui* L'Hérit. (*Solanaceae*) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk.). Journal de Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement 5 85–90.
- Bazelet C S and Samways M J., 2011.** Identifying grasshopper bioindicators for habitat quality assessment of ecological networks. Ecological Indicators 11:1259-1269.
- Belhadj B, Doumandji-Mitiche B and Guendouz-Benrima A., 2014.** Orthopteric fauna of Ouargla oasis. International Journal of Zoological Research 4: 11-26.
- Benfekih L and Petit D., 2010.** The annual cycle of Saharan populations of *Locusta migratoria cinerascens* (Orthoptera: Acrididae: Oedipodinae) in Algeria. Annales de la Société entomologique de France 46: 351-358.
- Benfekih L, Chara B and Doumandji-Mitiche B., 2002.** Influence of anthropogenic impact on the habitats and swarming risks of *Dociostaurus maroccanus* and *Locusta migratoria* (Orthoptera, Acrididae) in the Algerian Sahara and the semiarid zone. Journal of Orthoptera Research 11: 243-250.
- Benfekih L, Foucart A and 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 : 147-153.
- Benhamza M., 2011.** Aperçu hydrogéologique et hydrochimique sur le système de captage traditionnel des eaux souterraines « foggara » dans la région d'Adrar. Mémoire de Magistère. Université Badji Mokhtar. Annaba. 130 p.
- Benhassen., 2014.** Evaluation de l'activité insecticide des extraits éthanoliques de *Calotropis procera* et de *Artemisia judaica* sur *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) (Orthoptera : Acrididae).Mémoire de Magistère. Ecole National Supérieure d'Agronomie. El Harrach.143p.

- Benkenana N, Harrat A and Petit D., 2012.** The Pamphagidae (Orthoptera) from East Algeria and description of a new species. *Zootaxa* 3168: 22-38.
- Benmadani S, Guerzou A, Doumandji-Mitiche B and Doumandji S., 2015.** Orthopterological fauna in the region of Djelfa (Algeria). *Advances in Environmental Biology* 9: 294-300.
- Benzara A, Doumandji S, Rouibah M and Voisin JF., 2003.** Etude qualitative et quantitative de l'alimentation de *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) (Orthoptera-Acrididae). *Revue d'écologie* 58: 187-196.
- Benzara A, Ben Abdelkrim A and Khalfi-Habes O., 2013.** Effects of Aqueous Extracts of Seeds of *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) on 5th Stage Larvae *Locusta migratoria cinerascens* (Fabricius, 1781) (Orthoptera: Oedipodinae). *Journal of Life Sciences* 7:159-164.
- Bergmeier E., 1998.** The phenological approach in Mediterranean landscape analysis. *Phytocoenologia* 28: 145-156.
- Betina SI, Harrat A and Petit D., 2017.** Analysis of factors involved in grasshopper diversity in arid Aurès mountains (Batna, Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5: 339-348.
- Beucher F., 1977.** Etude palynologique de formations néogènes et quaternaires au Sahara nord-occidental. *Annales de géographie*. Lyon 477: 577-582.
- Bezaz G., 2011.** Effet du laurier rose (*Nerium oleander*) sur le criquet migrateur (*Locusta migratoria*) (Acrididae, Oedipodinae). Ecole National Supérieure d'Agronomie. El Harrach.148p.
- Bisson J., 1957.** Le Gourara: étude de géographie humaine. Institut de Recherches Sahariennes. Université d'Alger, mémoire n3. 222p.
- Boué H et Chanton R., 1971.** Zoologie I. Invertébrés. Ed Doin.743p.
- Bouhas B A., 2011.** Activité insecticide du *Datura innoxia* et *Azadirachta indica* sur deux espèces d'orthoptères *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Cyrtacantacridinae, Acrididae) et *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae). Mémoire de Magistère. Ecole National Supérieure d'Agronomie. El Harrach. 276p.
- Boukli Hacene S., 2012.** Bioécologie des Coléoptères (Arthropodes-Insectes) du marais salé de l'embouchure de la Tafna (Tlemcen).Thèse de doctorat. Université de Tlemcen.142p.
- Bounechada M, Doumandji S and Çiplak B., 2006.** Bioecology of the Orthoptera species of the setifian plateau, north-east Algeria. *Turkish Journal of Zoology* 30: 245–253.
- Bounechada M., 2007.** Recherches sur les Orthoptères. Etude bioécologique et essais de lutte biologique sur *Ocneridia volxemi* Bol. (Orthoptera, Pamphagidae) dans la région de Sétif. Thèse de Doctorat d'état en sciences en Biologie. Université Ferhat Abbas. Setif.177p.
- Boutadara Y., 2009.** Etude hydrogéologique des systèmes de captage traditionnels dans les oasis sahariennes. Cas des foggaras de la région du Touat (Adrar). Mémoire de Magistère. Université des sciences et Technologie d'Oran (USTO). Oran. 118p.

- Brahimi D, Mesli L and Rahmouni A., 2019.** First data on Orthoptera fauna diversity in the arid region of Naâma (south west of Algeria). *Revue Agrobiologia* 9: 1292-1301.
- Cavelier A., 1976.** Cours de phytopharmacie. Ed. Institut National Agronomique d'EL Harrach. T1. 514p.
- Chehema A et Youcef F., 2009.** Variations saisonnières des caractéristiques floristiques et de la composition chimique des parcours sahariens du Sud-Est algérien. *Science et changements planétaires/Sécheresse* 20: 373-381.
- Chehema A., 2005.** Etude floristique et nutritive spatio-temporelle des parcours camelins du Sahara septentrional algérien. Cas des régions d'Ouargla et Ghardaïa. Thèse de Doctorat. Université d'Annaba. 178 p.
- Chilali F et Benrima A., 2018.** Evaluation de l'activité insecticide de *Schinus Molle L* à l'égard du criquet migrateur *Locusta Migratoria* (Acrididae, Oedipodinae). *Revue Agrobiologia*. 8: 879-885.
- Chopard L., 1943.** Faune de l'Empire français : Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. Ed. Librairie la rose. Paris. 450p.
- Cigliano M M, Braun H, Eades D C and Otte D., 2020.** Orthoptera Species File. Version 5.0/5.0. Available at <http://Orthoptera.SpeciesFile.org>. [Accessed 01 September 2020].
- Clarke K R., 1993.** Nonparametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18:117-143.
- Côte M., 2002.** Des oasis aux zones de mise en valeur : l'étonnant renouveau de l'agriculture saharienne. *Méditerranée* 99: 5-14.
- Dajoz R., 1971.** Précis d'écologie. Ed. Dunod. Paris. 434 p
- Dajoz R., 2003.** Précis d'écologie. Ed. Dunod. Paris. 615p.
- Damerdji A., 2011.** Diversité orthoptérologique sur trois plantes xérophiles (diss-doum-genêt) dans les environs de Tlemcen (Algérie Nord-occidentale). *Revue Ivoirienne des sciences et technologie* 17: 67-78.
- David P et James E., 2014.** Fossil Insects: An introduction to palaeoentomology. Siri Scientific Press. 224 p
- Debrie J., 2007.** «Géohistoire d'un tracé technique: frontières et réseaux en Afrique de l'Ouest continentale francophone». *Flux* 70:49-58.
- Defaut B et Benmammar-Hasnaoui H., 2016.** Pré-inventaire des Orthoptéroïdes des monts de Tlemcen et des environs immédiats (Algérie nord-occidentale) (Orthoptera, Mantodea, Phasmida). *Matériaux orthoptériques et entomocénotiques* 21: 5-33.

- Djakam L et Kebiz K., 1993.** Contribution à l'étude de la faune des palmeraies de trois régions de Sud-ouest Algérien. 46p.
- Dobson H.M., 2001.** Directive sur le criquet pèlerin 4 : lutte antiacridienne. Faoun. Rome. 47p.
- Doumandji S et Doumandji-Mitiche B., 1994.** Criquet et sautrelles (Acridologie) Ed. Office de Publication Universitaire.Alger.99p.
- Doumandji-Mitiche B, Doumandji S et Terai N., 1993.** Les peuplements Orthoptérologique dans les palmeraies à Biskra : étude du degré d'association entre les espèces d'Orthoptères. Landbouww. Université de Gand 58: 355-363.
- Doumandji-Mitiche B, Doumandji S, Kadi A, Kara FK, Ayoub A, Zerghoun Y et Saharaoui L., 2001.** La faune orthoptérologique de quelques oasis algériennes (Béchar, Adrar, Tamanrasset, Djanet et Ghardaïa).In: Proceeding de Conférence Internationale sur les Orthoptères. Montpellier.France.19–22 Août.
- Doumandji-Mitiche B, Doumandji S, Kadi A, Kara F.Z. and Saharaoui L., 1999.** Orthopterological fauna of some Algerian oases (Béchar, Adrar and Tamanrasset). Med. Fac. Landbouww. Université de Gand. 64 / 3a:149-153.
- Doumandji-Mitiche B, Outtar F et Doumandji S., 2008.** Impact de l'installation des pivots pour l'irrigation dans les oasis algériennes sur la biodiversité orthoptérologique. In: Actes du Colloque international sur l'aridoculture. Biskra. Algeria.13-14 December.
- Doumandji-Mitiche B., 1995.** Eléments sur l'écologie des principales espèces acridiennes. Stage de formation en lutte antiacridienne. I.N.P.V. (Alger 17-27 Septembre 1995).1-10 pp.
- Dubief J., 1959.** Le climat du Sahara. Tome I: Les températures. Travaux de l'Institut de Recherche Saharienne. 312 p.
- Dubost D., 2002.** Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algérienne. Ed. CRSTRA. Alger .423p.
- Durantont J.F, Launois M, Launois-Luong M.H et Lecoq M., 1982.** Manuel de prospection en zone tropicale sèche. Ed. GERDAT. Tome 1. Paris. 625p.
- Durantont J F, Launois M, Launois-Luong M H et Lecoq M., 1987.**Guide anti-acridien du sahel. Ministre de Coopération et Développement. Ed. Cirad-Prifas. Montpellier.344p.
- Durantont J F, Foucart A, Gay P E., 2012.** Florule des biotopes du criquet pèlerin en Afrique de l'Ouest et du Nord-Ouest à l'usage des prospecteurs de la lutte antiacridienne. FAO. Rome. 487p.
- Eades DC, Otte D, Cigliano M M and Braun H., 2013.** OSF2. Version 2.0/4.1. URL: <http://Orthoptera.SpeciesFile.org>.
- El Ghadraoui L, Essakhi D, Benjelloun M, Errabhi N, El Harchli-El Hassan A, Mhamdi M and Daniel P., 2015.** Chemical Composition of Essential Oils from *Rosmarinus officinalis* L and

Acridicide Activity on *Dociostaurus maroccanus* Thunberg, 1815 in Morocco. International Journal of Scientific & Engineering Research 6: 166-172.

Emberger L., 1953. Sur le quotient pluviothermique. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences 234: 2508-2510.

Fabre J., 2004. Géologie du Sahara occidental et central. Ed. Musée Royal de l'Afrique central. 572 p.

Fathiazad F, Delazar A, Amiri R and Sarker S D., 2006. Extraction of Flavonoids and Quantification of Rutin from waste Tobacco Leaves. Iranian Journal of Pharmaceutical Research 3: 222-227.

Faurie C, Ferra C, Medori P, Devaux- Hemptinne J L., 2003. Ecologie. Approche scientifique et pratique. Ed. Technique et Documentation. Paris. 407p.

Ferry M., 1999. Analyse des données agro économiques des oasis de différents pays africains. Agroéconomie des oasis. GRIDAO. Librairie du Cirad. Montpellier. France. 12p.

Gavilán R.G., 2005. The use of climatic parameters and indices in vegetation distribution. A case study in the Spanish Sistema Central. International Journal of Biometeorology 50: 111-120.

Ghaoui N et Hadjali S., 2017. Caractérisation de la gestion de l'eau en tant que bien communs dans l'espace saharien Algérien mode de gouvernance du système traditionnel des foggaras. Mémoire de Master. Université de Tizi ouzou.115p.

Gillon Y., 1996. Un mal nécessaire pour les acridiens ? Sécheresse.7:133-143.

Grasse P., 1965 Traite de Zoologie: Anatomie, Systématique et Biologie. Ed. Masson, Libraire Académique de Médecine. Paris. Tome IV. Fascicule N°3.1497p.

Greathed P, Kooyman C, Launois-Luong M. H et Popov G.B., 1994. Les ennemis naturels des croquets du Sahel. Collection d'Acridologie Opérationnel. N°5. CIRAD/PRIFAS. Montpellier.147p.

GRETIA., 2009. Etat des lieux des connaissances sur les invertébrés continentaux des Pays de la Loire.bilan final. Rapport GRETIA pour le Conseil Régional des Pays de la Loire. Rennes Cedex 395 p.

Guendouz-Benrima A, Doumandji-Mitiche B and Petit D., 2011. Effects of weak climatic variations on assemblages and life cycles of Orthoptera in North Algeria. Journal of Arid Environments 75: 416-423.

Guinochet M et Quezel P., 1954. Reconnaissance phytosociologique autour du Grand Erg occidental. Travaux d'institut de recherche saharienne 12: 11-27.

Hadeid M Bellal SA, Ghodbani T et Dari O., 2018. L'agriculture au Sahara du sud-ouest algérien : entre développement agricole moderne et permanences de l'agriculture oasisienne traditionnelle. Cahier d'Agriculture. 27: 15005.

- Hamadi K and Doumandji-Mitiche B., 2014.** Diversity and Ecology of Orthoptera of Some Agricultural Areas in Northern Algeria. *International Journal of Agriculture Innovations and Research* 3:176-180.
- Hammer Ø, Harper D A T and Ryan P D., 2001.** PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis, *Palaeontologia Electronica* 4: 9.
- Harrat A et Moussi A., 2007.** Inventaire de la faune acridienne dans deux biotopes de l'est Algérien. *Sciences & Technologie C* 26: 99-105.
- Hunter T L., 1961.** Les criquets ravageurs. Ed. Cirad. PRIFAS. Montpellier.212 p.
- Idda S., 2011.** La mutation de l'écosystème oasien au Gourara. Causes et implications environnementales. Mémoire de Magistère. Université d'Oran. 135 pages.
- INRAA., 2006.** Rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture.68p.
- Jago N., 1963.** A revision of the genus *Calliptamus* (Orthoptera, Acrididae). *Bulletin Britanic of Museum (National. Historic). Entomology* 3: 289–350.
- Joern A and Laws AN., 2013.** Ecological mechanisms underlying arthropod species diversity in grasslands. *Annual Review of Entomology* 58: 19-36.
- Kabassina B., 1990.** Comparaison faunistique des Caelifères de la station de Caïd Gacem et de divers étages bioclimatiques du Togo. *Ecole National Supérieure d'Agronomie. El Harrach* .82p.
- Kadri Y, Moussaoui A et Benmebarek A., 2018.** Etude ethnobotanique de quelques plantes médicinales dans une région hyper aride du Sud-ouest Algérien « Cas du Touat dans la wilaya d'Adrar » 36: 5844-5857.
- Kazmi M H and Hameed S., 2004.** Insecticidal activity of *Cassia italica* against tree Hopper, *Oxyrhachis taranda*. *International Journal Biology and Biotechnology* 1: 725-726.
- Keith M et Kevan D., 1992.** Les agents de lutte biologique existants et potentiels contre les orthoptéroïdes nuisibles. In *lutte biologique*. pp: 137-139. Ed. Gaïtan Morin. Québec.671p.
- 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). Mémoire de Magistère. Université Kasdi Merbah.Ouargla.160 P.
- 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 des extraits foliaires de *Cleome arabica* (Capparidaceae). *Lebanese Science Journal* 13: 81-97.
- Kemassi A, Boual Z, Bouziane N, Ould El Hadj-Khelil A and Ould El Hadj M. D., 2013** .Biological activity of essential oils leaves from one Sahara plant: *Peganum harmala* L.

(Zygophyllaceae) on the desert locust. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 2: 389-395.

Kerharo J et Adam J G., 1974. La pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Plantes médicinales et toxiques. Paris. 50p.

Korichi A A., 2016. Effets des extraits de quelques plantes spontanées du Sahara septentrional sur trois stades de développement (œuf, L1 et adulte) d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae). Mémoire de Magistère. Université d'Ouargla. 119 p.

Lardinois P, Charmart S, Lejoly J, Hanoco M, Zeba B, Sawadogo M et Molle L., 1987. Etude des conditions d'optimisation d'une culture de *Cassia italica* (MILL) Au Burkina Faso destinée à la production des sennosides. Bulletin de Médecine Traditionnelle. 1: 5 - 27.

Launois-Luong M H, Rachadi T et Deuse. J., 1994. Les biopesticides en lutte antiacridienne. Insectes 92 : 2-5.

Launois-Luong MA et Lecoq M., 1989. Vade Mecum des criquets du Sahel. Collection acridologie Operational. N°5. Ed. CIRAD-PRIFAS. Montpellier.France.125 p.

Launois-Luong M A., 1975. L'alimentation du criquet migrateur *Locusta migratoria* capito (Sauss.) en phase solitaire à Madagascar: régimes et effets. Thèse de Doctorat. Ministère de la Coopération. 202 p.

Le Bras S., 1990. Modification de la sensibilité au lindane d'*Asellus aquaticus* L. en fonction de la variation de facteurs biotiques (poids et métabolisme) et abiotiques (concentration de l'insecticide et température). Revue des sciences de l'eau 3: 183-193.

Le Gall P., 1989. Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoidea (Orthoptères).Bulletin d'écologie 20: 245-261.

Le Houerou H. N, Claudin J et Pouget M., 1977. Etude bioclimatique des steppes algériennes. Bulletin de Société d'Histoire Natural Africain. Nord Algérie 68: 33-74.

Lecoq M., 1978. Biologie et dynamique d'un peuplement acridien de zone soudanienne en Afrique de l'ouest (Orthoptera-Acrididae). Annales de la Société entomologique de France 14: 603-681.

Lecoq M., 1988. Les criquets du Sahel : Collection d'Acridologie Opérationnelle n° 1. Niamey: Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel. Département de Formation en Protection des végétaux.129p.

Lecoq M., 2005. Enseignement de la récente invasion du Criquet pèlerin en Afrique. Ed. CIRAD.Montpellier.17p.

Lecoq M., 2012. Bioécologie du criquet pèlerin. FAO-CLCPRO (Commission de lutte contre le Criquet pèlerin en région occidentale).Alger. 217p.

- Linton Y, Nisbet A and Mordue A., 1997.** The effect of azadirachtin on the testes of the desert locust *Schistocerca gregaria* (forsk.). *Journal of Insect Physiology*. 43:1077–1084.
- Lomer C J et Prior C., 1992.** Lutte biologique contre les acridiens. *Comptes rendus Institut. National d'Agriculture et Tropicale*. Cotonou : 79-88.
- Louveaux A, Amédégnato C, Poulain S et Desutter-Grandcolas L., 2019.** Orthoptères Acridomorpha de l'Afrique du Nord-Ouest. Version 2.1. Available at <http://acrinwafrica.mnhn.fr> [Accessed 01 September 2020].
- Mahdjoubi D, Guendouz-Benrima A and Petit D., 2017.** Plant communities and solitary Desert Locust abundance in the Algerian Sahara, compared to other African countries. *Phytocoenologia* 47:125-137.
- Mahloul S, Harrat A and Petit D., 2016.** Diversity of grasshoppers (Caelifera) recorded on the banks of a Ramsar listed temporary salt lake in Algeria. *European Journal of Entomology* 113: 158-172.
- Marie L., 2005.** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes. Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de Doctorat. Université de La Réunion. 147p.
- Martin J, Raibaud A and Ollo R., 1994.** Terminal pattern elements in *Drosophila embryo* induced by the Torso-like protein. *Nature*. 367:741-745.
- Martikainen P, Siitonen J, Punttila P, Kaila L and Rauh J., 2000.** Species richness of Coleoptera in mature managed and old growth boreal forests in southern Finland. *Biological Conservation* 94:199-209.
- Mesli L, Doumandji S et Khelil MA., 2005.** Contribution à l'étude du régime alimentaire de *Calliptamus barbarus* dans les monts de Tlemcen. *Comptes rendus de la Réunion* 28: 285-286.
- Mestre J and Chiffaud J., 2019.** Grasshoppers of West and North-Central Africa "AcridAfrica" Available at <http://acrida.info/bib/Cataao14b.htm> [Accessed 01 September 2020].
- Mestre J., 1988.** Les acridiens des formations herbeuses d'Afrique de l'ouest. Ed. PRIFAS. Montpellier.331p.
- Miladi M, Abdellaoui K, Regaieg H, Omri G, Acheuk F et Ben Halima-Kamel M., 2018.** Effets du latex de *Pergularia tomentosa* et de la phéromone d'agrégation, phénylacétonitrile, sur les larves de *Locusta migratoria*. *Tunisian Journal of Plant Protection* 13 : 87-98.
- Mohandkaci H et Doumandji-Mitiche B., 2012.** Mise en évidence du pouvoir entomopathogène de *Bacillus sphaericus* vis-à-vis du criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orthoptera: Acrididae). *Entomologie Générale* 33: 289-300.
- Monod T., 1992.** Du désert. *Sécheresse* 3:56-57p.

- Moulay M., 2014.**Caractérisation écologique de peuplement de *Balanites aegyptica* (L) Del à Oued Matriouene dans la région d'Aoulef. Adrar. Mémoire de Master. Université de Tlemcen.70 p.
- Moussa A., 2003.** Effet de l'huile de Neem, (*Azadirachta indica*) sur quelques paramètres biologiques et physiologiques de *Locusta migratoria* (Linné, 1758) et *Locusta migratoria migratorioides*, (R & F, 1850) (*Orthoptera, Acrididae*).Thèse de Magister en Sciences Agronomiques. Institut National Agronomique El-Harrach. Algérie. 123p.
- Moussi A, Abba A, Harrat A and Petit D., 2011.** Desert acridian fauna (Orthoptera, Acridomorpha): comparison between steppic and oasian habitats in Algeria. *Comptes rendus biologies* 334:158-167.
- Moussi A, Abba A, Harrat A and Petit D., 2014.** Description of *Dociostaurus biskrensis* sp. nov. and male allotypes of four species: *Pamphagulus bodenheimeri dumonti*, *P. uvarovi*, *Sphingonotus ebneri* and *Notopleura pygmaea* (Orthoptera: Acridoidea) in the region of Biskra, Algeria. *Zootaxa* 3755: 379-390.
- Moussi A, Dey L S, Petit D, Abba A, Klessner R and Husemann M., 2018.** First genetic data for band-winged grasshoppers (Orthoptera: Acrididae: Oedipodinae) of the Biskra region of Algeria with new records for the Country. *African Zoology* 53: 31-40.
- Moussi A., 2012.** Analyse systématique et étude bio-écologique de la faune des acridiens (Orthoptera, Acridomorpha) de la région de Biskra. Thèse de doctorat. University of Constantine. Algeria.123p.
- Moussi A., Abba A., Harrat A. and Petit D., 2011.** Desert acridian fauna (Orthoptera, Acridomorpha): comparison between steppic and oasian habitats in Algeria. *Compte Rendus Biologies* 334: 158-167.
- Mutin L., 1977.** La Mitidja. Décolonisation et espaces géographiques. Ed. Office de Publication Universitaire. Alger. 607p.
- O' Neill K M, Larson D P and Kemp W P., 2002.** Sweep sampling technique affects estimates of the relative abundance and community composition of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Agricultural & Urban Entomology* 19: 125-131.
- Otmane T., 2010.** Mise en valeur agricole et dynamiques rurales dans le Touat, le Gourara et le Tidikelt (Sahara algérien). Thèse de doctorat en géographie. Universités d'Oran et de Franche-Comté. 400p.
- 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, Cyrtacantacridinae). *Sécheresse* 17: 407-414.
- Ould El Hadj M., 2002a.** Etude du régime alimentaire de cinq espèces d'acridiens dans les conditions naturelles de la cuvette d'Ouargla (Algérie). *L'Entomologiste* 58: 197-209.

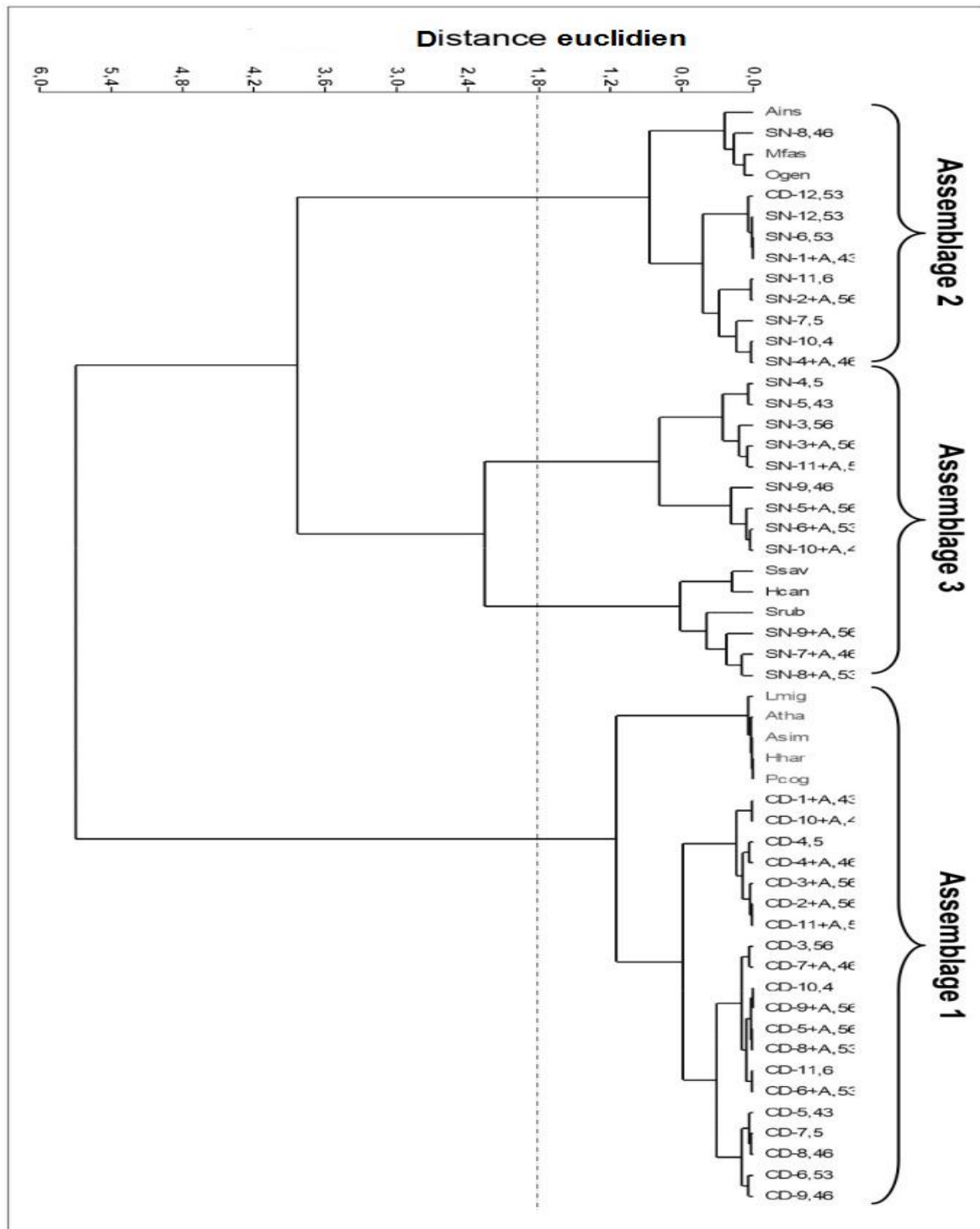
- Ould El Hadj M., 2002b.** Les nouvelles formes de mise en valeur dans le Sahara algérien et le problème acridien. *Sciences et changements planétaires/Sécheresse* 13: 37-42.
- Ould EL hadj M D., 1991.** Bioécologie des sauterelles et des sautériaux dans trois zones d'étude au Sahara. Ecole National Supérieure d'Agronomie. El Harrach. 85p.
- Ould Safi., 2018.** Etude du phénomène d'ensablement dans la région du Gourara, wilaya d'Adrar, en utilisant l'outil Télédétection et SIG. Thèse de Doctorat en foresterie. Université de Tlemcen.125p.
- Ozenda P., 2004.** Flore et végétation du Sahara. 3^{ème} édition. CNRS. 662p.
- Poole R.W., 1974.** An introduction to quantitative ecology. McGraw. New York. 532 p.
- Price D N and Berry M S., 2006.** Comparison of effects of octopamine and insecticidal essential oils on activity in the nerve cord, foregut, and dorsal unpaired median neurons of cockroaches. *Journal of Insect Physiology* 52: 309–319.
- Prior C and Greathead D J., 1989.** Biological control of locusts: the potential of the exploitation of pathogens. *FAO Plant Protection Bulletin* 37: 37-48.
- Proches Ş, Forest F, Veldtman R, Chown SL, Cowling RM, Johnson SD, ..., Savolainen V. 2009.** Dissecting the plant-insect diversity relationship in the Cape. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 51: 94-99.
- Quezel P et Santa S., 1963.** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CRNS, Paris. Tome II .5661170p.
- Quezel P., 1991.** Structures de végétations et flore en Afrique du Nord: leurs incidences sur les problèmes de conservation. Actes Editions.19-32p.
- Rachadi T., 1991.** Promesses et limites de la lutte chimique dans la stratégie antiacridienne. In : Essaid A la lutte anti-acridienne. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotex : 165p.
- Ramade F., 2008.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Ed. Dunod. Paris. 725 p.
- Reggani MA., 2010.** Contribution l'étude de la bio-écologie de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans la région d'Adrar. Mémoire d'ingénieur d'état. Ecole National d'Agronomie. El Harrach.107p.
- 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.
- Rentz D.C., 1978.** Orthoptera: Biogeography and Ecology of Southern Africa. *Monographiae Biologicae*. Dordrecht 31: 733-746.

- Roman H et Nistore E., 2007.** Agriculture biologique: Stratégie pour nourrir le monde, protéger les écosystèmes naturels et préserver la biodiversité. 37p.
- Rouibah M et Doumandji S., 2013.** Inventaire de trois peuplements d'Orthoptères dans le Parc National de Taza (Jijel, Algérie). Travaux de l'Institut Scientifique du Rabat. Série Zoologie 49: 71-77.
- Saci A, Ouiden S, Ben Harzallah F, Akbache M, Djaafri A., Al Maghili E., Tittafi M. et Kaddour N., 2013.** Adrar: trésor du désert...Oasis de la magie. Ed. Agence d'artisanat, audiovisuel et la communication. Alger. 100p.
- Saizonou N J. 2000.** Lubilosa et la lutte contre les acridiens. Ministère d'Agriculture. Paris 1: 3-17.
- Sanchez-Bayo F., 2009.** De modèles toxicologiques simples à la prédiction d'effets toxiques dans le temps. *Ecotoxicology* 18: 343–354.
- Schmelzer G.H. and Gurib-Fakim A., 2008.** Plant Resource of Tropical Africa 11 (1). Medicinal Plants 1. PROTA Foundation, Wageningen, Netherlands/ Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands, Wageningen, Netherlands.791p.
- Selkh Ch., 2012.** Contribution à l'étude phytoécologique du pourtour de l'Erg occidental. Mémoire de Magistère en biologie. Université d'Oran (Sénia).111p.
- Siramon P, Ohtani Y and Ichiura H., 2009.** Biological performance of *Eucalyptus camaldulensis* leaf oils from Thailand against the subterranean termite *Coptotermes formosanus* Shiraki. *Journal of Wood Science*. 55: 41-46.
- Tedonkeng P.E, Tapondjou L, Tenekeu G and Tendonkeng F., 2002.** Bioactivité de l'huile essentielle des feuilles de l'*Ageratum houstonianum* (Mill) sur les tiques (*Rhipicephalus appendiculatus*) de la chèvre naine de Guinée dans l'ouest Cameroun. *Tropicultura*. 20 : 109-112.
- Toutain G., 1979.** Eléments d'agronomie saharienne, De la recherche au développement. Ed .INRA. Paris. 276p.
- Thiam A, Diouf H.R, Kuiseual J, Sarr A and Thiam M., 2004.** Pesticides et Alternatives- Lutte antiacridienne : Guérir c'est bien, mais prévenir c'est mieux. Pesticide Action Network. PAN Africa. Dakar. 23p.
- Uvarov B., 1978.** Grasshoppers and Locusts: A Handbook of General Acridology- Behavior, ecology, biogeography, population dynamics (2nd Ed). Center for Overseas Pest Research London. 613p.
- Uvarov B.P., 1966.** The locust and grasshopper problem in relation to the development of arid lands. American Association for the Advance of Sciences. Washington D.C. 389p.
- Voisin J.F., 1979.** Autoécologie et biogéographie des Orthoptères du Massif Central. Thèse de doctorat d'état. Université Pierre et Marie Curie (Paris-VI). 354p.
- Voisin J.F., 1980.** Réflexion à propos d'une méthode simple d'échantillonnage des peuplements d'Orthoptères en milieu ouvert. *Acrida* 9: 159-170.

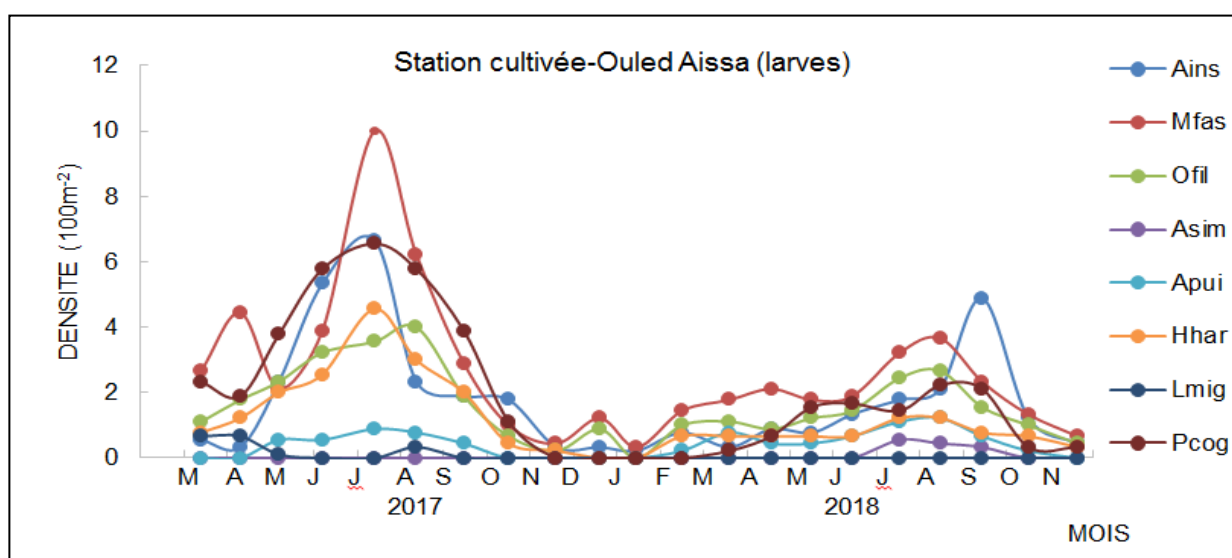
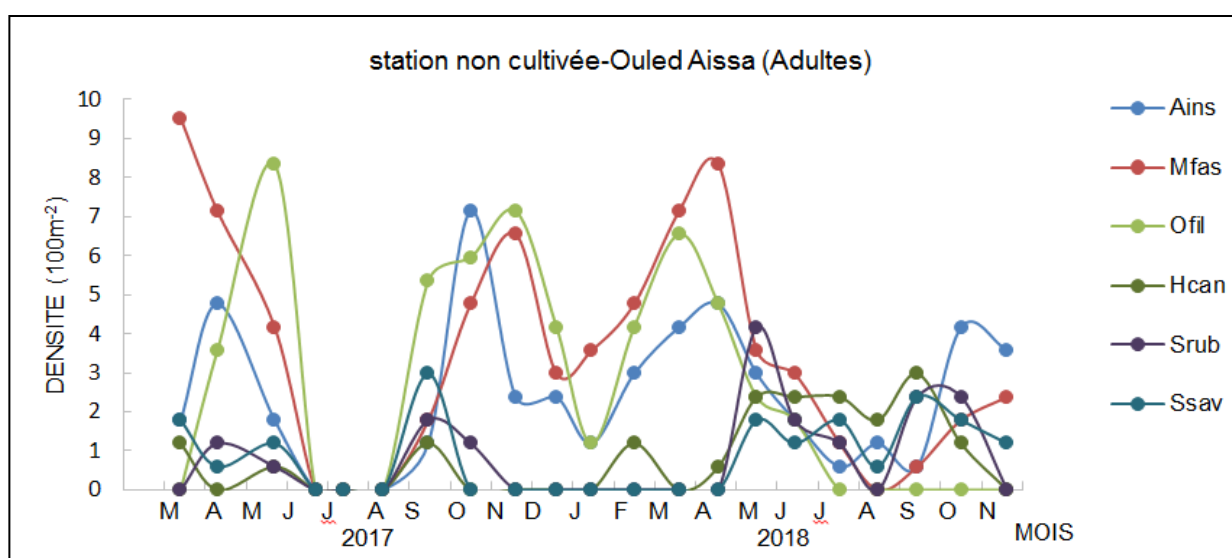
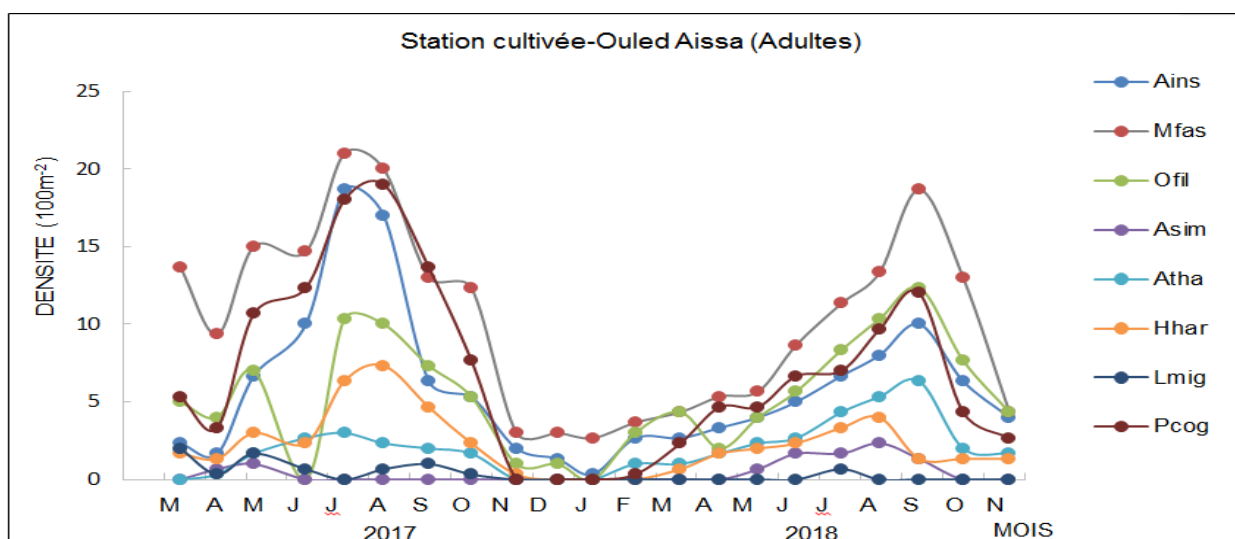
- Whitman D.W., 2008.** The significance of body size in the Orthoptera: a review. *Journal of Orthoptera Research* 17: 117-134.
- Wilps H, Nasseh O, Rembold H, and Krall S., 1993.** The effects of *Melia volkensii* extracts on mortality and fitness of adult *Schistocerca gregaria* (Forskål) (Orthoptera: Cyrtacanthacridinae). Investigations conducted under natural conditions in *S. gregaria* recession areas in the southern Tamesna desert (Republic of Niger). *Journal of Applied Entomology*.116:12-19.
- Yagi S, El Tigani S, Ali M, Elkhidir I and Mohammed A M A., 2013.** Chemical Constituents and Insecticidal Activity of *Senna italica* Mill from the Sudan. *Journal of International Letter Chemical and Physics Astronomy* 9:146–151.
- Zaim A, El Ghadraoui L et Farah A., 2012.** Effets des huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* sur la survie des criquets adultes d'*Euchorthippus albolineatus* (Lucas, 1849). *Bulletin de l'Institut Scientifique. Rabat. Section: Sciences de la Vie.* 34:127-133.
- Zaim A, Benjelloun M, El Harchli E H, Farah A, Meni-Mahzoum A, Alaoui-Mhamdi M and El Ghadraoui L., 2015.** Chemical Composition and Acridicid Properties of the Moroccan *Tanacetum Annuum* L. Essential Oils. *Research Inventy: International Journal of Engineering and Science* 5: 13-19.
- Zenkri S., 2017.** L'agriculture saharienne : Du système oasien traditionnel à l'établissement d'une conception d'économie de marché et de développement durable. Thèse de doctorat en Agronomie. Université de Mostaganem. 244p.
- Zergoun Y, Guezoul O, Sekour M, Bouras N and Holtz M D., 2019.** Acridid (Orthoptera: Caelifera) diversity in agriculture ecosystems at three locations in the Mzab valley, Septentrional Sahara, Algeria. *Journal of Insect Biodiversity.* 9:18-27.
- Zergoun Y., 1994.** Bioécologie des Orthoptères dans la région de Ghardaïa et régime alimentaire d'*Acrotylus patruelis* (Herrich, Schaeffer, 1838) (Orthoptera, Acrididae). Thèse de Magistère. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie. Algerie.73p.

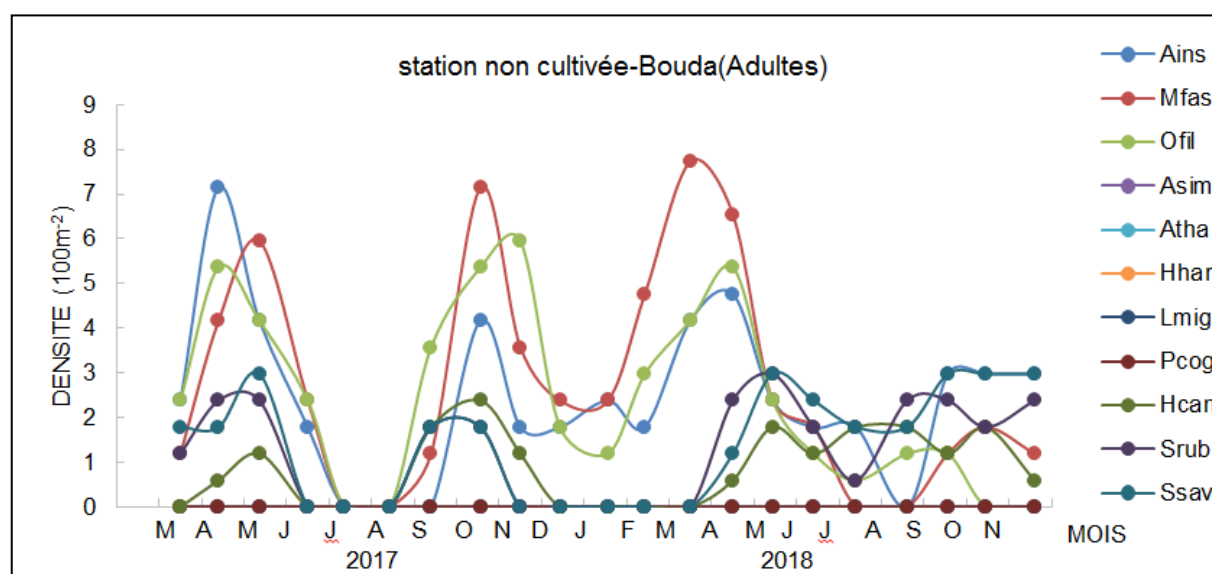
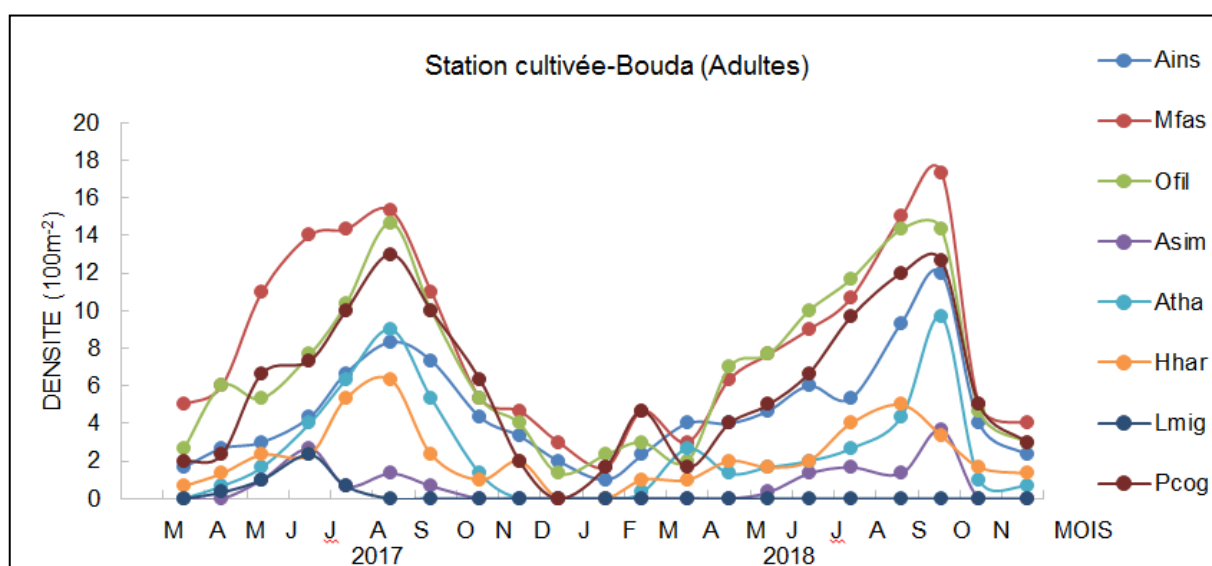
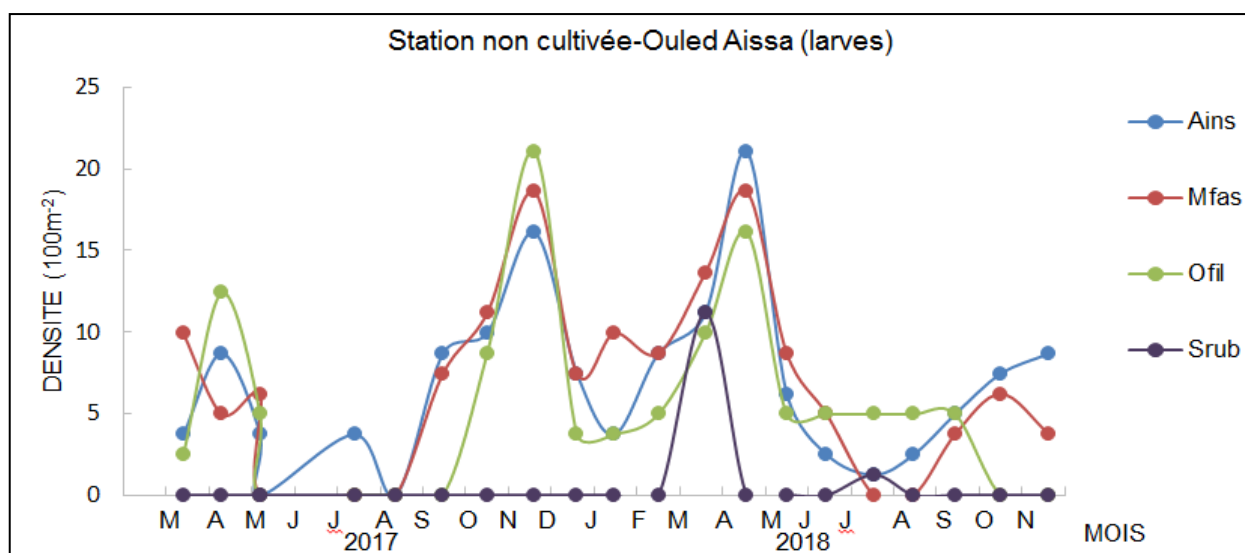
Annexes

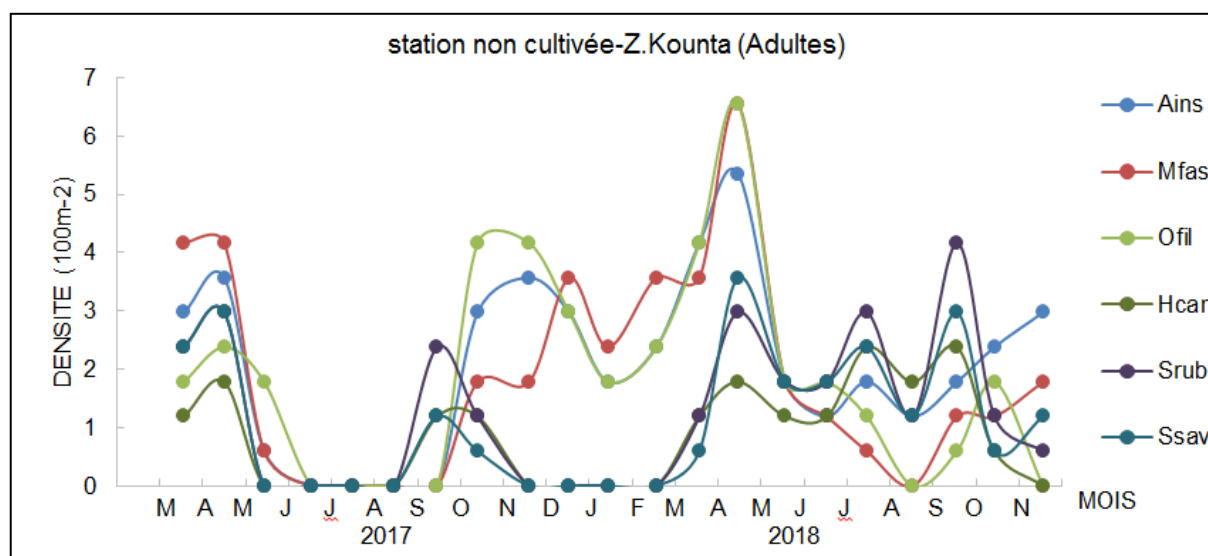
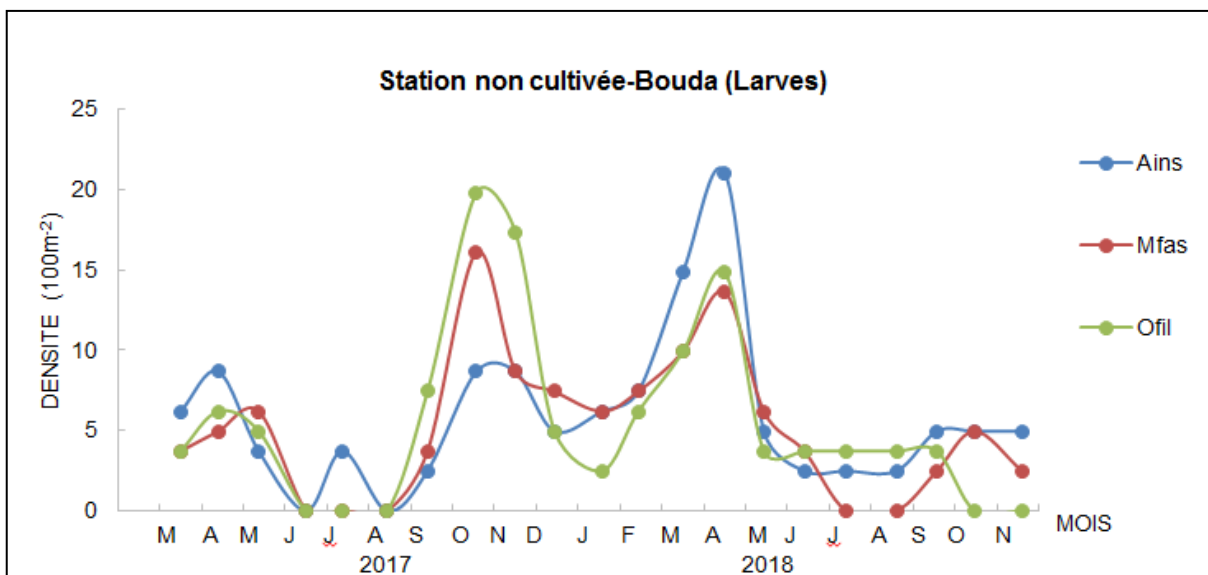
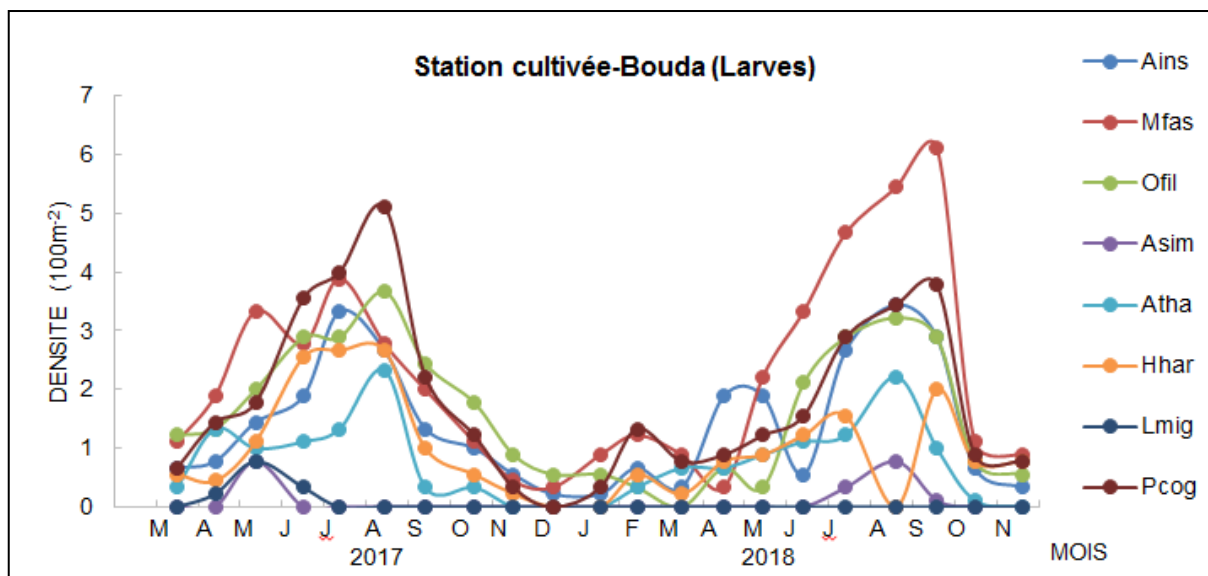
Annexe.1: Analyse de cluster basée sur le score des deux premiers axes de l'AFC

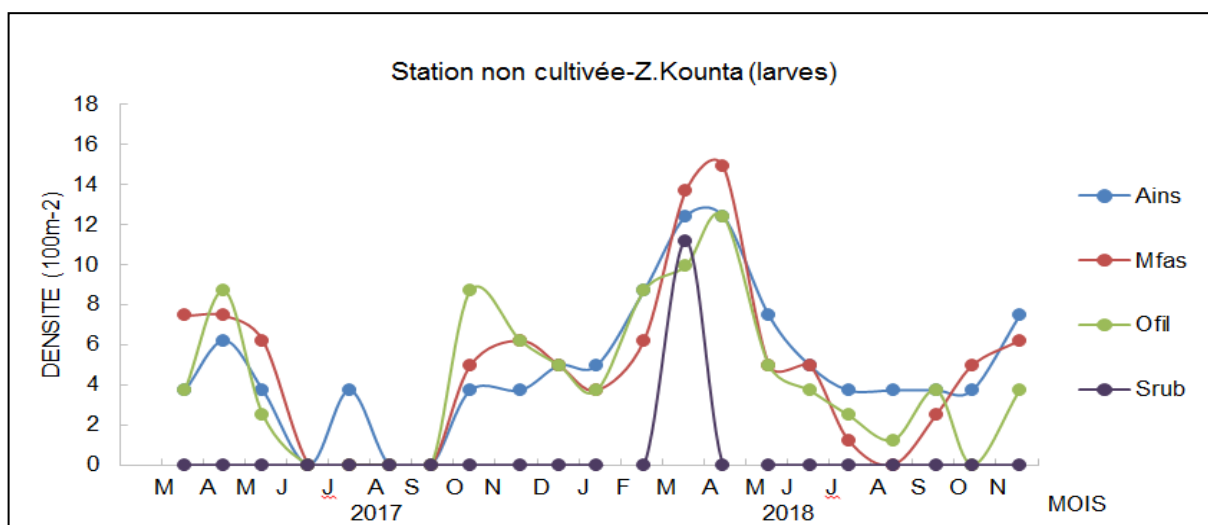
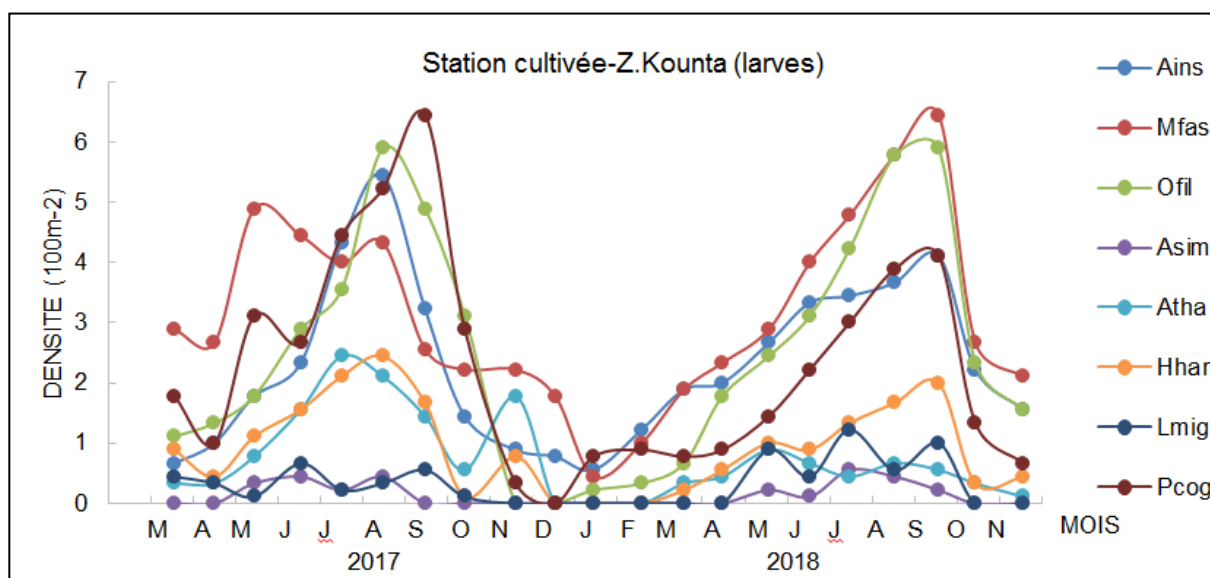
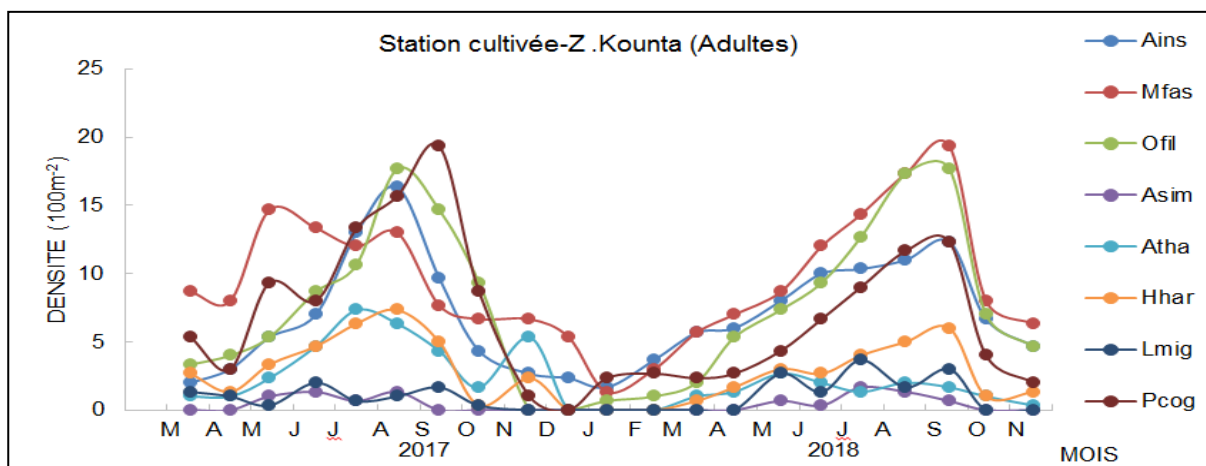


Annexe.2: Variations saisonnières des abondances (adultes-nymphes) de chaque espèce de sauterelles retrouvées sur les 6 stations pendant 21 mois (2017-2018).









-Probits des pourcentages de mortalités et le logarithme décimal du temps pour les imagos de *Locusta migratoria* à la concentration (C5= 4000µg/ml).

Temps en jours	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Logarithme décimal des jours	0	0,3	0,4 8	0,6	0,7	0,7 9	0,8 4	0,9	0,9 5	1	1,0 4	1,0 6	1,1 1	1,1 4
Mortalités (%)	13,3 3	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Probits	3,87	5,7 4	8,0 9	8,0 9	8,0 9	8,0 9	8,0 9	8,0 9	8,0 9	8,0 9	8,0 9	8,0 9	8,0 9	8,0 9

Annexe.6 : Effet de l'extrait buthanollique du *Cassia italica* sur les imagos du *Locusta migratoria* au 5^{ème} jour après traitement.

Concentration (C°)	Log (C%)	Taux de mortalité des imagos			% de mortalité corrigée	Probit
		R1	R2	R3		
Témoin	-	0	0	0	0	-
C1=250 µg/ml	2,39	60	60	33,33	51,11	5,03
C2=500 µg/ml	2,69	40	80	66,65	62,25	5,31
C3=1000 µg/ml	3	80	60	83,32	74,44	5,64
C4=2000 µg/ml	3,3	100	100	100	100	8,09
C5=4000 µg/ml	3,6	100	100	100	100	8,09

RESUMES

Résumé

La faune acridienne de la région d'Adrar a été étudiée à deux échelles: la première échelle considérait différents biotopes dans 23 localités. Un échantillonnage aléatoire avec différents pièges de février 2016 à février 2019 a permis de capturer deux familles comprenant 20 espèces, dont 13 sont enregistrées pour la première fois dans la région. La seconde échelle concernait les oasis du désert. Un échantillonnage mensuel de mars 2017 à novembre 2018 a capturé 11 espèces appartenant à deux familles et quatre sous-familles différentes. Une étude comparative de la communauté de sauterelles dans trois palmeraies avec deux types d'habitats (cultivé et non cultivé) a indiqué une homogénéité dans la diversité de la faune, bien que leur composition soit très différente. L'analyse phénologique des espèces dans trois habitats oasiens a révélé la présence de trois groupes d'espèces: un groupe d'espèces hygrophiles avec une période de reproduction concentrée en été, des espèces xérophiles présentes uniquement au printemps et en automne et un groupe d'espèces mésophiles restant présentes presque toute l'année et se déplaçant entre les deux types d'habitats. L'évaluation de l'activité insecticide des extraits bruts du *Cassia italica* (huile essentielle et extrait butanollique) vis-à-vis du criquet migrateur *Locusta migratoria* ont montré que les deux extraits ont manifesté des perturbations sur la morphologie, la survie et le poids des larves L5 et les imagos de criquet migrateur. Ces composés naturels pourraient potentiellement être utilisés à des fins de contrôle des nuisibles tenant compte des équilibres écologiques et renforçant une agriculture durable soucieuse de l'environnement.

Mots clés: Acridiens, Sahara, Oasis, *L. migratoria*, *Cassia italica*, Adrar.

Summary

The locust fauna of the Adrar region was studied at two scales: the first scale considered different biotopes in 23 localities. Random sampling with different traps from February 2016 to February 2019 made it possible to capture two families comprising 20 species, of which 13 are recorded for the first time in the region. The second scale concerned the desert oases. Monthly sampling from March 2017 to November 2018 captured 11 species belonging to two families and four different subfamilies. A comparative study of the grasshopper community in three palm groves with two types of habitat (cultivated and uncultivated) indicated homogeneity in fauna diversity, although their composition was very different. Phenological analysis of species in three oasis habitats revealed the presence of three groups of species: a group of hygrophilic species with a reproduction period concentrated in summer, xerophilic species only present during the spring and autumn and a group of mesophilic species remaining present almost throughout the year and moving between the two types of habitats. The evaluation of the insecticidal activity of crude extracts of *Cassia italica* (essential oil and butanolic extract) on the migratory locust *Locusta migratoria* showed that the two extracts showed disturbances on the morphology, survival and weight of L5 larvae and migratory locust imagos. These natural compounds could potentially be used for pest control purposes taking into account ecological balances and strengthening environmentally friendly sustainable agriculture.

Key words: Grasshoppers, Sahara, Oases, *L. migratoria*, *Cassia italica*, Adrar.

ملخص

تمت دراسة الجراد في منطقة أدرار على شقين: يتمثل الشق الأول في جرد اصناف الجراد على مستوى 23 منطقة مختلفة. تم أخذ العينات عشوائيا بمصائد مختلفة من فبراير 2016 إلى فبراير 2019 و أسفر عن وجود عائلتين تتكونان من 20 نوعاً ، تم تسجيل 13 منها لأول مرة في المنطقة. أما الشق الثاني فيتعلق بالواحاحات الصحراوية. أخذت العينات شهريا من مارس 2017 إلى نوفمبر 2018 و سمح بجرد 11 نوعاً ينتمون إلى عائلتين مختلفتين وأربع عائلات تحتية مختلفة. و أشارت دراسة مقارنة لمجتمع الجراد في ثلاثة بساتين نخيل مع نوعين من الموائل (مزروعة وغير مزروعة) إلى التجانس في تنوع هذه الحشرات، على الرغم من اختلاف تكوينها تماماً. أظهر التحليل الفينولوجي للأنواع في ثلاث موائل بالواحاحات وجود ثلاث مجموعات من الأنواع: مجموعة من الأنواع المحبة للرطوبة مع فترة تكاثر مركزة في الصيف، والأنواع الجافة الموجودة في الربيع والخريف فقط ومجموعة من الأنواع تبقى موجودة معظم العام وتتنقل بين نوعي الموائل. أظهرت دراسة الفعالية المضادة للحشرات للمستخلصات الخام لـ *Cassia italica* (الزيت الاساسي ومستخلص البوتانوليك) ضد الجراد المهاجر أن المستخلصين يسببان اضطرابات في الشكل الخارجي، الموت و نقصان وزن يرقات الطور والحشرات الغير بالغة لهذا الجراد. ومنه نستنتج انه بإمكان استخدام هذه المركبات الطبيعية لأغراض مكافحة الآفات مع مراعاة التوازنات البيئية وتعزيز الزراعة المستدامة الصديقة للبيئة.

الكلمات المفتاحية: الجراد ، الصحراء ، الواحاحات، *L. migratoria* ، *Cassia italica* ، أدرار.