



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine Des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des végétaux

Thème

**Données bibliographiques sur *Dociostaurus maroccanus*
(*Thumberg, 1815*) et essais de lutte biologique (*Bacillus* et
Beauveria) à Bordj Bou Arréridj**

Présenté par : - SAADOUDI Widad
- CHETTAH Bouthayna

Devant le jury :

Président : M^{me} CHOURGHAL . N

MCA (Univ Bordj Bou Arréridj)

Encadrant : M^r KHOUDOUR . A

MAA (Univ Bordj Bou Arréridj)

Examineur: M^r ALILI . D

MAB (Univ Bordj Bou Arréridj)

Année universitaire : 2017/2018



Remerciement

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage, la patience, la santé et la volonté pour suivre nos études et finaliser ce travail

Je tiens à exprimer mes profond remerciements à toutes les personnes qui de près ou loin m'ont témoigné leur aide soit moralement soit matériellement et techniquement.

Mr. KHOUDOUR.A: on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour son encouragement, ses orientations et pour sa gentillesse.


Nous voudrions également exprimer nos remerciements aux membres du jury ou bien qui voulut examiner ce travail à savoir : **Mme : CHOURGHAL, et Mr : ALILID.**

Il nous est agréable d'exprimer notre profonde gratitude et notre remerciement distingué à **Melle : BAALIF** pour ses conseils, sa gentillesse, son encouragement et son aide pour finaliser ce travail

Nous tenons à remercier particulièrement **Mme : BELKASSIMI. F et Mr : BENSOUILEH T** pour la serviabilité et son aide pour les analyses statistiques, et n'oublie jamais **ZOGHBI .A,** pour son aide et son encouragement.

Nos remerciements particuliers et notre respect vont également à toutes les personnes des laboratoires (Zoologie, Phytopathologie, T2, T3), pour leurs aides et leurs orientations.

Sans oublier tous nos collègues avec qui nous avons toujours su entretenir une ambiance chaleureuse et amicale.





Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance, de respect et de gratitude :

A Mes chers parents (*particulièrement mon père*), qui sans leur soutien moral je ne pouvais accomplir cette mémoire.

A ma très chère grand-mère et grand père. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont 'ils ne cessent de me combler.

**À l'amie la plus chère et la plus précieuse de ma vie, *Sarah*,
(que Dieu ait pitié d'elle).**

A mon amie intime *Belabassi Omran*. Je souhaite un avenir plein de joie, de bonheur et de succès.

Une spéciale dédicace à mes collègues: Faiza, Amina, Bouchra, Nawal, Sihem, Samira, Nasro, Taki, Issam, Mabrouk, Salim, Mohamed, Rahim, Nadir, Hako.....

A tous ceux que j'ai cité ou je n'ai pas pu citer, toutes mes excuses, que dieux vous bénisses et vous récompense. Amen

!

Boutheyna



Dédicace

Je dédie :

A ALLAH (Soubhanahou Wataala) ; seigneur Dieu, merci de m'avoir ce que je ne savais pas.

Seigneur Dieu ! Fait que ton enseignement me soit utile ; apprends-moi ce qui m'est profitable et fais que j'apprenne encore et encore et ne me détourne pas de Ta voie après m'avoir guidé ; accepte, seigneur, mes invocations et mes prières ; Tu es assurément le parfait Auditeur et le Parfait Connaisseur.

A Ma Mère, comment rappeler le lien indéfectible qui nous lie ? Les mots sont biens faibles pour tout te dire.

Toi qui es ma mère et mon maître, trouve en cet ouvrage le témoignage de mon immense amour et de ma profonde reconnaissance.

Qu'Allah te gardes et protège.

A Mon Père, école de mon enfance, mon ombre durant toutes les années d'études, et qui veiller tout au long de la vie à m'encourager.

Qu'Allah te protège.

A mon cher frère, Ala Eddine.

A mes sœurs adorées, Ibtihal et Raya.

A mon marié, ZOGHBI Abdelmounaim.

A mon amie intime et la plus précieuse à moi, HATOUT Hanan.

A tout la famille SAADOUDI et CHERGUI.

Je ne saurai terminer sans citer mon amie, BAALI Fayza, Qu'Allah te protège.

Enfin je le dédie à tous mes amis de la promo Protection des végétaux et à tous ceux qui me connaissent.

SAADOUDI.W

Résumé :

L'étude de la bio écologie du criquet marocain a permis d'identifier les différents biotopes de ce ravageur dans plusieurs sites de la région de Bordj Bou Arreridj. Les facteurs climatiques, altitude et végétation impactent le comportement de cet acridien.

Le criquet marocain parmi les ravageurs le plus redoutables en raison de sa capacité de grégariser et de parcourir des grandes distances pour envahir les cultures.

Au terme de ce modeste travail, nous avons mis en évidence l'impact de 2 entomopathogènes : *Beauveria bassiana* et *Bacillus subtilis*, sur la mortalité de *Dociostaurus maroccanus*. Tout en ayant en perspectives la promotion d'un biopesticide (*Beauveria bassiana* et *Bacillus subtilis*).

Mots clés : bio écologie du criquet marocain, *Beauveria bassiana* et *Bacillus subtilis*, la mortalité ,9 stations d'étude ,Bordj Bou Arreridj.

Summary:

The study of the bio ecology of the Moroccan locust has made it possible to identify the different biotopes of this pest in several sites of the bba region. Climatic factors, altitude and vegetation impact the behavior of this locust.

The Moroccan locust is among the most formidable pests because of its ability to gargle and travel long distances to invade crops.

At the end of this modest work, we highlighted the impact of two entomopathogens :
Beauveria bassiana and Bacillus subtilis.

On the mortality of Dociostaurus marocanus. While having in perspective the promotion of a biopesticide.

Keywords : bio ecology of the Moroccan locust, Beauveria bassiana and Bacillus subtilis, mortality ,Bourdj Bou Arreridj ,9 Stations .

المخلص:

سمحت لنا دراسة الوسط الحيوي لمختلف مناطق مدينة برج بوعريريج بالتعرف على الوسط الملائم للجراد المغربي وتأثير كل من العوامل المناخية (الارتفاع وطبيعة الغطاء النباتي) على سلوك هذه الحشرة يعتبر الجراد المغربي من اخطر الحشرات بسبب قدرته على التجمع والانتقال لمسافات كبيرة ليغزوا بذلك المناطق الزراعية.

يركز عملنا على تأثير نوعين من الكائنات الحية المجهرية على نسبة الوفيات للجراد المغربي

في الاخير ، نقترح استعمال هذه الاخيرة كمبيدات بيولوجية للحد من اضرار الجراد المغربي

الكلمات المفتاحية : بيو ايكولوجي الجراد المغربي ، (*Bacillus subtilis* و *Beauveria bassiana*) ، الوفيات ،

9مناطق ، برج بوعريريج .

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Chapitre I : Données bibliographiques sur le criquet marocain	3
I- Données bibliographiques sur le criquet marocain :	3
(<i>Dociostaurus maroccanus</i>) (Thunberg, 1815) :	3
1. Position taxonomique :	3
2. Description morphologique :	4
3. Cycle biologique :	6
4. Accouplement et ponte :	8
5. Polymorphisme phasaire :	9
6. Régime alimentaire :	10
7. L'action des facteurs climatiques sur la pullulation du criquet marocain :	10
8. Répartition géographique de <i>Dociostaurus maroccanus</i> (Thunberg, 1815):	12
9. L'importance économique :	13
10. Les moyens de lutte :	14
Chapitre II : Présentation de la Région d'étude	20
I- Présentation de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj (BBA) :	20
1. Situation géographique :	20
2. Le relief :	20
3. Le climat	22
4. Le sol :	22
5. Hydrographie :	22
6. Faune et flore :	22
II- Evolution de la production :	23
1. Filière végétale :	23
III- Présentation des stations d'étude :	24
Chapitre III : Matériels et Méthodes	26
I- Matériel de l'échantillonnage :	26
1. Sur le terrain :	26
2. Au laboratoire :	27

3. Matériels biologiques au laboratoire :	28
3.1. <i>Beauveria bassiana</i> :	28
3.2. <i>Bacillus subtilis</i> :	29
4. Matériel et produits utilisés au laboratoire lors de l'expérimentation :	30
5. Méthodes de travail :	31
5.1. Sur le terrain :	31
5.2. Au laboratoire :	33
6. Etude de l'effet de <i>Beauveria bassiana</i> et <i>Bacillus subtilis</i> sur la mortalité du <i>Dociostaurus maroccanus</i> :	35
Chapitre IV : Résultats et Discussions	36
I- Résultats et discussion :	36
1. Sur le terrain :	36
1.1. ANOVA a un facteur :	37
1.2. La corrélation :	38
1.3. Discussion :	39
2. Au laboratoire :	42
Conclusion	47

Liste des abréviations :

- **ANDI** : Agence Nationale de Développement et d'Investissement.
- **ANIRF** : Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière.
- **ANOVA** : Analyse de la variance.
- **BBA** : Bordj Bou Arreridj.
- **C°** : le Degré Celsius.
- **DSA** : Direction des Services Agricoles.
- **INPN** : Instituts Nationale de Patrimoine National.
- **L1** : larve de stade 1.
- **L2** : larve de stade 2.
- **m** : mètre.
- **m2** : mètre carrée.
- **mg** : milligramme.
- **ml** : millilitre.
- **Mo** : mortalité.
- **ms** : matière spumeuse.
- **PDA** : Potatos Dextros Agar..
- **SPSS** : Statistical Package for the Social Sciences.
- **T** : Température.
- **%** : pourcentage.

Liste des tableaux :

- **TAB. I:** les stations étudiées dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj.....32
- **TAB. II :** ANOVA a 1 facteur.....37
- **TAB. III:** la corrélation.....38
- **TAB. IV:** le taux de mortalité de *D.maroccanus* traité par *Beauveria bassiana*.....42
- **TAB. V:** le taux de mortalité de *D.maroccanus* traité par *Bacillus subtilis*.....44

Liste des figures

Figure 1 : Image d'un adulte (mâle) de l'espèce <i>Docioestaurus maroccanus</i> (Thunberg, 1815).	4
Figure 2 : Morphologie d'un oeuf de <i>Docioestaurus maroccanus</i> (Jannone, 1939).....	5
Figure 3 : Structure générale d'une oothèque de <i>Docioestaurus brevicollis</i> (Zimin, 1938).....	6
Figure 4 : Cycle biologique du <i>D. maroccanus</i> . (Chaouch, 2009).....	6
Figure 5 : L'accouplement chez <i>Docioestaurus maroccanus</i> (Chaouch, 2009).	8
Figure 6 : La ponte d'un criquet.....	8
Figure 7 : Les différentes phases sous lesquelles peuvent se présenter les locustes ont été décrites par Uvarov et Zolotarevsk in Chopard, 1938.	9
Figure 8 : Répartition géographique de <i>Docioestaurus maroccanus</i> dans le monde. (Anonyme, 2002)....	12
Figure 9 : Répartition géographique de <i>Docioestaurus maroccanus</i> en Algérie dans le monde (Anonyme, 2002).	13
Figure 10 : La situation géographique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.	20
Figure 11 : Les trois zones (secteur de l'agriculture) de la wilaya de Bordj Bou Arreridj. (DSA, 2018)..	21
Figure 12 : La production agricole de Bordj Bou Arreridj en 2010 jusqu'à 2017. (DSA, 2018).....	23
Figure 13 : Matériel utilisé sur le terrain lors de l'échantillonnage. (Photographie Original, 2018). ...	26
Figure 14 : Station météo sans fil. (Photographie Original, 2018).....	27
Figure 15 : Matériel de conservation au laboratoire. (Photographie Original, 2018).	27
Figure 16 : Aspect macroscopique (Photographie Original, 2018),et microscopique (Mathias de Kouassi, 2001) de <i>Beauveria bassiana</i>	28
Figure 17 : Aspect microscopique et macroscopique (Photographie Original, 2018) de <i>B.subtilis</i>	29
Figure 18 : Matériels utilisés lors de la préparation. (Photographie Original, 2018).....	30
Figure 19 : Mesure des données météorologiques dans une station céréalière. (Photographie Original, 2018)	32
Figure 20 : Mesure des données météorologiques dans une station forestière. (Photographie Original, 2018).	32
Figure 21 : Préparation du milieu de PDA. (Photographie Original, 2018).....	33
Figure 22 : Incubation du champignonensemencé. (Photographie Original, 2018).....	33
Figure 23 : Cellule de Malassez. (Photographie Original, 2018).....	34
Figure 24 : Individus de <i>Docioestaurus maroccanus</i> traités par champignon et par bactérie. (Photographie Original, 2018).....	35
Figure 25 : Moyenne des individus de <i>Docioestaurus maroccanus</i> dans les 9 stations d'étude.....	36
Figure 26 : Evolution du taux de mortalité de <i>Docioestaurus maroccanus</i> traité par <i>B.bassiana</i>	43
Figure 27 : Evolution du taux de mortalité de <i>Docioestaurus maroccanus</i> traité par <i>B.subtilis</i>	45

Introduction

Générale

Introduction Générale

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 (**Latchininsky et Launois-Luong, 1992**).

Plusieurs travaux sur les acridiens ont été réalisés dans le monde et en Algérie. Ces études ont développé plusieurs aspects à savoir la systématique, la biologie, l'écologie, le régime alimentaire et la lutte. Citons entre autre : **Pasquier, (1934, 1937)** ; **Chopard, 1943** ; **Benhalima, 1983** ; **Chara, 1987** ; **Doumandji et al., (1992, 1994, 1998, 1999)** ; **Ould El Hadj (1991,2004)** ; **Mekkioui, 1997** ; **Damerdji et Mesli, 1994** ; **Damerdji et Mekkioui, 1997**.

Le criquet marocain *Dociostraurus maroccanus* (Thunberg, 1885), est l'espèce acridienne parmi les plus redoutées, du fait de son grégarisme et de ses déplacements en groupe pouvant affecter de grandes étendues. Ce ravageur étant spécifique aux régions des hauts plateaux où la pluviométrie est comprise entre 250 et 400 mm/an et du fait de sa polyphagie, il peut s'attaquer aux céréales, aux cultures maraîchères et à l'arboriculture fruitière.

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. Plusieurs foyers grégarigènes de *Dociostraurus maroccanus* sont définis par **Pasquier (1934 – 1937)** et **Doumandji-Mitiche et al., 1992**), à l'Ouest au Centre et à l'Est du pays.

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, 1992**).

Pour faire face au problème du criquet marocain, plus de 10 000 ha en moyenne sont traités chaque année (**BEN Halima et al., 1984**) avec l'utilisation de produits chimiques.

Face à ce fléau acridien, au cours des grandes invasions, la lutte chimique a largement contribué à éviter le pire par l'utilisation de tout un arsenal d'insecticides. Cependant cette

lutte a alourdi le bilan environnemental par l'intoxication de L'homme et de bétail, la raréfaction et la destruction de la faune utile et les insectes auxiliaires (**Launois-Luong et al., 1988**).

La lutte microbiologique par les champignons est une approche interventionniste de la lutte biologique dont l'application contre les locustes a été le plus souvent reconnue. Cet aspect est devenu un concept mature et fonctionnel avec la mise en place des technologies de production et de formulation d'entomopathogènes. En effet, plusieurs espèces fongiques telles que *Beauveria bassiana* (Bals), *Metarhizium flavoviride* (Gams et Rozsypal) sont formulées en biopesticides. Ces agents microbiens peuvent être combinés à d'autres méthodes de lutte et avoir une action prolongée grâce à leur pathogénécité et les différentes perturbations qu'ils peuvent causer au corps de la population-hôte.

Pour cela, l'intérêt des chercheurs scientifique se tourne vers la lutte biologique, qui consiste à détruire les insectes nuisibles par l'utilisation de leurs ennemis naturels appartenant soit au règne animal, soit au règne végétal (**Greathead et al., 1994**). La lutte biologique, précisément par utilisation de micro-organismes entomopathogènes est une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante. Parmi les bactéries entomopathogènes, se sont surtout les espèces du genre *Bacillus* qui sont les plus utilisées en lutte contre les ravageurs et qui offrent des perspectives encourageantes. plusieurs travaux ont été fait sur le genre *Bacillus*, citons ceux de **Lazare et al., 1996 ; Greathead et al., 1994 ; ; Allal Benfkhih., 2006 ; Mohand-Kaci., 2012**.

Notre travail consiste dans un premier temps à présenter des données bibliographiques sur le criquet marocain. Ensuite, la présentation de la zone d'étude. Nous aborderons le matériel et la méthodologie du travail. Enfin, nous clôturons notre travail par l'analyse statistique, l'interprétation et la discussion des résultats trouvés.

Chapitre I :
Données
bibliographiques

I- Données bibliographiques sur le criquet marocain : (*Dociostaurus maroccanus*) (Thunberg, 1815) :

1. Position taxonomique :

Le criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) est une espèce qui appartient selon **Chopard, 1943 ; Louveaux et Benhalima., 1987** à l'ordre des Orthoptères, au Sous Ordre de Caelifera, la Famille des Acrididae et à la Sous Famille des Gomphocerinae. (**Chaouch, 2009**).

Noms communs:

- Le Criquet marocain (French)
- Moroccan Locust (English)

Classification:

Rappelons la classification du criquet marocain selon Catalogue of Life et INPN :

- Règne : Animalia
- Phylum : Arthropoda
- Classe : Hexapoda
- Sous-Classe : Insecta
- Ordre : Orthoptera
- Sous-Ordre : Caelifera
- Super-Famille : Acridoidea
- Famille : Acrididae
- Sous-Famille : Gomphocerinae
- Tribu : Dociostaurini
- Genre : *Dociostaurus*
- Espèce : *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815)

2. Description morphologique :

Cette espèce (*Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) présente les caractères morphologiques suivants :

Une taille moyenne, généralement 16 à 30 mm chez le mâle et 23 à 37 mm chez la femelle. Tête subconique, fastigium du vertex pentagonal, Il présente un signe sous forme de croix sur la partie supérieure du pronotum (**Chaouch, 2009**) Sur la face supérieure des fémurs postérieurs, on observe trois taches noires. Les tegmina et ailes dépassant les fémurs postérieurs. Les tibias postérieurs sont rougeâtres ou jaunâtres. (**El Ghadraoui, 2013**).



Figure1 : Image d'un adulte (mâle) de l'espèce *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815).

2.1. La morphologie des œufs :

L'œuf de criquet marocain est allongé, en forme de banane, droit ou parfois légèrement courbe avec des extrémités arrondies. Fraîchement pondu, il est beige, jaune clair, parfois brun.

Un œuf mesure de quelques millimètres chez les petites espèces à presque un centimètre chez les plus grosses. Il est enveloppé de plusieurs couches protectrices et nourricières dont les origines et les fonctions sont bien distinctes. (**Popov et al., 1990**).

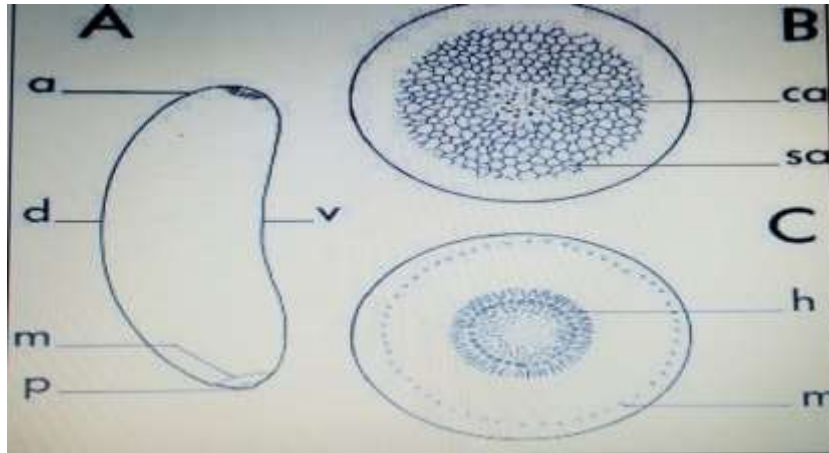


Figure 2 : Morphologie d'un oeuf de *Dociostaurus maroccanus* (Jannone, 1939).

A : vue latérale, **B :** pôle antérieur, **C :** pôle postérieur ou pôle animal. **a :** pôle antérieur, **ca :** ouverture des pseudo-canaux aérifères, **h :** zone hydroylaire, **m :** zone micropylaire, **p :** pôle postérieur, **sa :** surface du pôle antérieur, **v :** face ventrale (concave), **d :** face dorsale (convexe)

2.2. La morphologie de L'oothèque :

Une oothèque est composée d'une masse d'œufs, appelée grappe ovigère, surmontée d'un bouchon spumeux. En plus de cette composition de base, on peut observer

- un épaissement de la paroi de l'oothèque par adhérence de particules de terre jusqu'à former une véritable coque consolidant la ponte (*Dociostaurus maroccanus*, *Kraussaria angulifera*),
- un espace vide séparant le bouchon de la grappe ovigère,
- des structures membraneuses transversales ou septa qui séparent des vides dans la partie supérieure de l'oothèque principalement chez les Gomphocerinae,

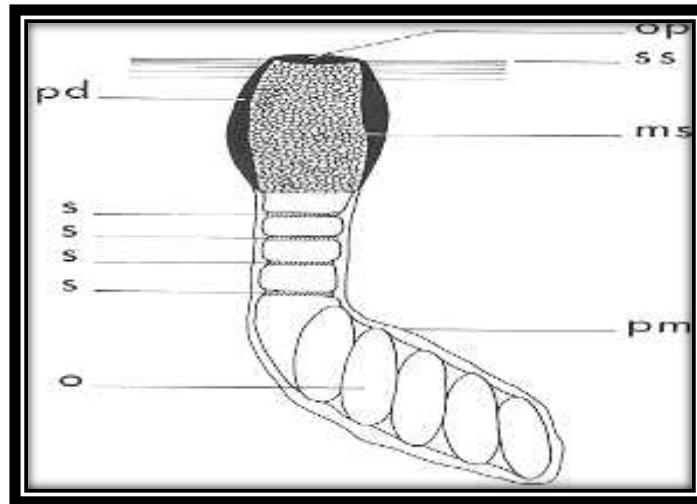


Figure 3 : Structure générale d'une oothèque de *Dociostaurus brevicollis* (Zimin, 1938).

ms : matière spumeuse, **o** : œuf, **op** : opercule, **pd** : paroi durcie, **pm** : paroi membraneuse, **s** : septa membraneux, **ss** : surface du sol.

3. Cycle biologique :

D'après (Chopard, 1943) Le cycle biologique de *Dociostaurus maroccanus* passe par trois états successifs comme tous les autres acridiens : le développement embryonnaire, le développement larvaire et le développement imaginal.

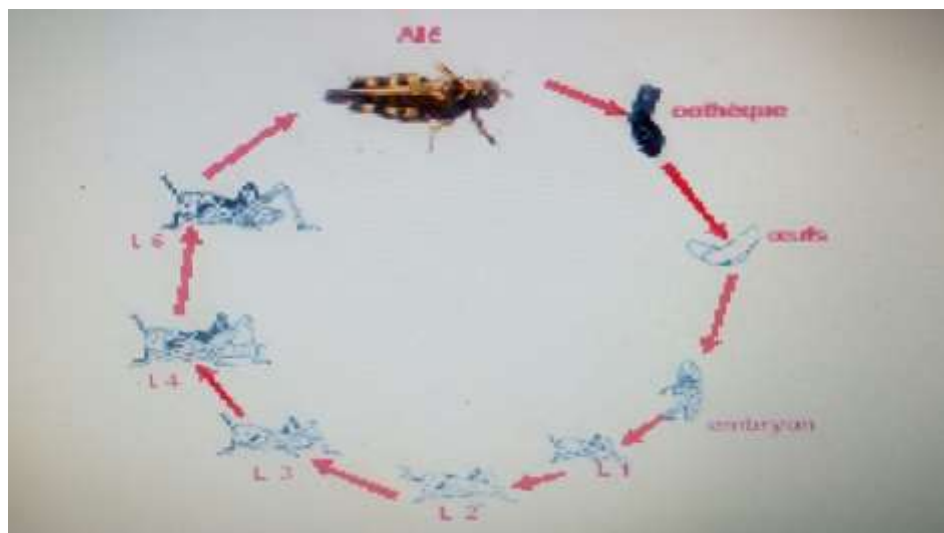


Figure 4 : Cycle biologique du *D. maroccanus*. (Chaouch, 2009).

3.1. Développement embryonnaire :

Après l'accouplement des adultes de *Dociostaurus maroccanus*, les œufs sont pondus dans une oothèque. Le criquet marocain présente une diapause embryonnaire extrêmement longue car la partie hypogée de son cycle dure 9 mois environ chaque année. Le développement embryonnaire est régit par un complexe polyfactorial thermohydrique et édaphique. La température élevée accélère la croissance de l'embryon au printemps, après la levée de la diapause. L'action défavorable des pluies d'automne sur les œufs de *D. maroccanus* est également signalée par **Uvarov, 1977**. Au printemps, le développement des œufs est soumis aux mêmes facteurs principaux : la température et l'humidité du sol. (**Chaouch, 2009**).

3.2. Développement larvaire :

Le développement larvaire de *Dociostaurus maroccanus* se fait en cinq stades. La durée de développement de ces stades est en moyenne de 28 à 38 jours selon les facteurs du milieu, notamment la température élevée qui accélère le développement des larves tandis que l'augmentation de l'humidité relative de l'air leur est néfaste. **Safarov in Latchininsky et Launois-Luong, 1992**, constate qu'une forte mortalité (55 à 80 %) résulte des conditions écologiques défavorables pendant la vie des deux premiers stades, notamment la grêle qui est particulièrement fatale aux néonates.

3.3. Développement imaginal :

Le développement imaginaire du *Dociostaurus maroccanus* d'après plusieurs auteurs, dure généralement un à deux mois dans les conditions naturelles. Ils signalent également que les accouplements commencent entre 6 à 10 jours après la mue imaginaire.

D'après **Latchininsky et Launois-Luong, 1992**, la femelle s'accouple au moins quatre fois avant de déposer sa première oothèque.

Les individus ne s'accouplent que pendant le jour, entre 9 h et 20 h.

Benhalima, 1983 et Benfekih, 1993, signalent que les femelles de Criquet marocain pondent deux à trois fois.

4. Accouplement et ponte :

L'époque à laquelle l'accouplement a lieu est variable suivant les espèces. Elle est naturellement liée au moment où les insectes deviennent adultes c'est - à -dire sexuellement mûrs (**Chopard, 1938**).

L'ensemble des processus qui réparent et conduisent au dépôt des œufs dans le sol constitue la ponte ou l'oviposition (**Popov et al., 1990**).

L'oviposition est effectuée par les femelles généralement dans le sol. Elle commence tout d'abord par le choix actif des lieux de ponte ; un site qui dépend notamment de la texture et de la teneur en eau du sol. Certaines espèces préfèrent les sols arides non cultivés comme *Dociostaurus maroccanus* (**Latchinnsky et Launnois-Luong, 1992**). Une fois le terrain choisi, la femelle se dresse sur ces quatre pattes antérieures et dirige l'extrémité de son abdomen perpendiculairement à la surface du sol.



Figure 5 : L'accouplement chez *Dociostaurus maroccanus* (**Chaouch, 2009**).



Figure 6 : La ponte d'un criquet.

5. Polymorphisme phasaire :

Une espèce Caélifère grégariapte donnée peut se trouver dans la nature sous deux états extrêmes appelés phases, très différentes l'une de l'autre (**Moumene, 2001**), (**Doumandji et Doumandji-Mitiche, 1994**). Chez une population de criquet grégariapte, la grégarisation s'accomplit progressivement; il faut plusieurs générations pour qu'elle s'installe d'une manière durable (**Chara, 1995b**). Dès que le grégarisme s'amorce, l'insecte commence à subir des transformations sur le plan morphologique, et au bout d'un certain temps, il aura la forme d'un individu complètement grégaire.

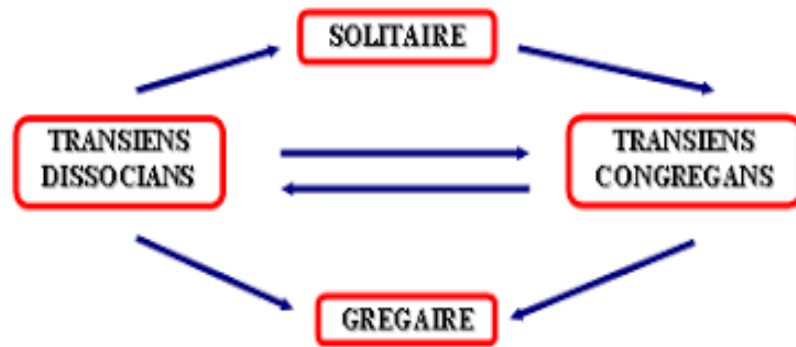


Figure 7 : Les différentes phases sous lesquelles peuvent se présenter les locustes ont été décrites par **Uvarov et Zolotarevsk in Chopard, 1938**.

5.1. Phase solitaire :

C'est la forme extrême d'une espèce dans une localité donnée où il n'y a pas de migrations depuis au moins une génération. Tous les individus représentant cette espèce vivent isolés.

5.2. Phase transiens :

Les individus qui ont des formes intermédiaires entre les grégaires et les solitaires sont appelés transiens. Le terme transiens ne s'applique pas à une forme bien définie, mais à une série continue de formes de transition allant d'un extrême à l'autre. Ils sont transiens congregans quand ils évoluent vers la phase grégaire et transiens dissocians lorsqu'ils redeviennent solitaires, (**Chara, 1995b**).

5.3. Phase grégaire :

C'est une forme extrême d'une espèce dans une localité donnée représentée par des individus migrants formant des nuages denses ou essaims.

Lorsque les conditions écologiques deviennent défavorables, la réduction des espaces permettant le développement des populations acridiennes, conduit ces dernières à se diriger pour s'alimenter et se reproduire vers les tâches de végétation qui persistent dans des zones d'accumulation des eaux, ce qui se traduit par une concentration des individus déclenchant de ce fait la grégarisation (**Roffey, 1993**).

6. Régime alimentaire :

Selon **Dreux, 1980**, la nutrition d'une espèce a évidemment une grande importance car la qualité et la quantité de nourriture influente très fortement sur les facteurs abiotiques.

Dajoz, 1985, mentionne que le choix de la plante n'est pas dû seulement à sa valeur nutritive.

La répulsion des plantes chez les Orthoptères est due à son aspect très dur et l'abondance d'une pilosité sur les feuilles (**Touati, 1996**).

Généralement les criquets explorent la surface de la feuille avec leurs palpes avant de mordre, le rejet du végétal s'effectue habituellement après la morsure (**Legall, 1989**).

Mesli, 1997 signale que les plantes aromatiques attirent les Orthoptères exp : *Lavandula dentata* (Lamiacées).

7. L'action des facteurs climatiques sur la pullulation du criquet marocain :

7.1. Action de la température :

La température est le facteur écologique essentiel puisque son influence se fait sentir de façon constante sur les œufs, les larves et les adultes (**Raccaud - Schoeller, 1980 ; Chararas, 1980**).

D'une façon générale, les êtres vivants ne peuvent subsister que dans un intervalle de températures compris entre 0°C et 50°C en moyenne, ces températures étant compatibles avec une activité métabolique normale (**Dajoz, 1985**).

Chez la larve, la température influe sur la vitesse et la réussite du développement.

Chez l'adulte, la température agit sur la vitesse de maturation sexuelle, le rythme de ponte et la longévité.

7.2. Action de la lumière :

Au même titre que la température, la lumière joue un rôle important dans les phénomènes écologiques. Sa durée contrôle l'ensemble du cycle vital des espèces animales (**Ramade, 1984**). Toutefois, son rôle reste secondaire comparé à l'action de la température (**Chararas, 1980**). La lumière agit sur le tonus général, le comportement, la physiologie de reproduction selon ses caractéristiques propres et la sensibilité des espèces animales réceptrices.

7.3. Action de l'eau :

L'eau constitue le premier facteur déterminant la distribution géographique (chorologie) des acridiens (**Lecoq, 1978**), elle exerce une influence directe ou indirecte sur les œufs, les larves et les ailés (**Duranton et al., 1982**). Les effets directs se résument dans le fait que les œufs ont besoin d'absorber de l'eau dans les heures et les jours qui suivent la ponte et que les larves et les ailés recherchent une ambiance hydrique leur permettant de satisfaire leur équilibre interne en eau. Les effets indirects concernent l'alimentation des acridiens qui est quasi totalement végétale, les criquets équilibrent avec plus ou moins de facilité leur balance hydrique interne par voie alimentaire. Chaque espèce a ses exigences écologiques et peut donc se montrer plus ou moins dépendante des facteurs de l'environnement, mais cet apport d'eau par voie alimentaire est généralement vital pour les larves et les ailés. (**Medane, 2013**).

7.4. Action du sol :

Aubert, 1989. Le sol joue un rôle important au moment de la ponte et pour l'évolution embryonnaire. Ainsi, le sol a une influence directe sur les œufs des criquets et une influence indirecte sur les larves et les adultes puisqu'il est le support normal des plantes dont ces derniers se nourrissent.

7.5. Action des pluies :

Chara, 1995a, mentionne que l'influence des pluies sur la dynamique des populations acridiennes se fait à travers les conditions écologiques qu'elles rendent favorables ou défavorables à la reproduction des criquets ainsi que leur développement.

7.6. Action des vents :

Le vent joue un rôle important dans la formation du climat (déplacement des différentes masses d'air) et a également une grande influence sur le transport des insectes (**Lecoq, 1975**).

Selon **Chara, 1995a**, les vents influent sur l'augmentation des effectifs de criquets. Les densités par unité de surface peuvent augmenter dans une région à la suite de vents convergents.

Steedman, 1988, signale que les vents forts soulèvent parfois la terre qui entoure les oothèques, lesquelles se dessèchent au point que les œufs meurent.

8. Répartition géographique de *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815):

8.1. Dans le monde :

Le criquet marocain est réparti dans l'ensemble du pourtour méditerranéen et en Russie. On peut l'observer également au niveau des Iles Canaries jusque l'Asie centrale soviétique en passant par le Maroc, l'Algérie, la France, l'Espagne, la Turquie, la Syrie, l'Irak, l'Iran et l'Afghanistan.

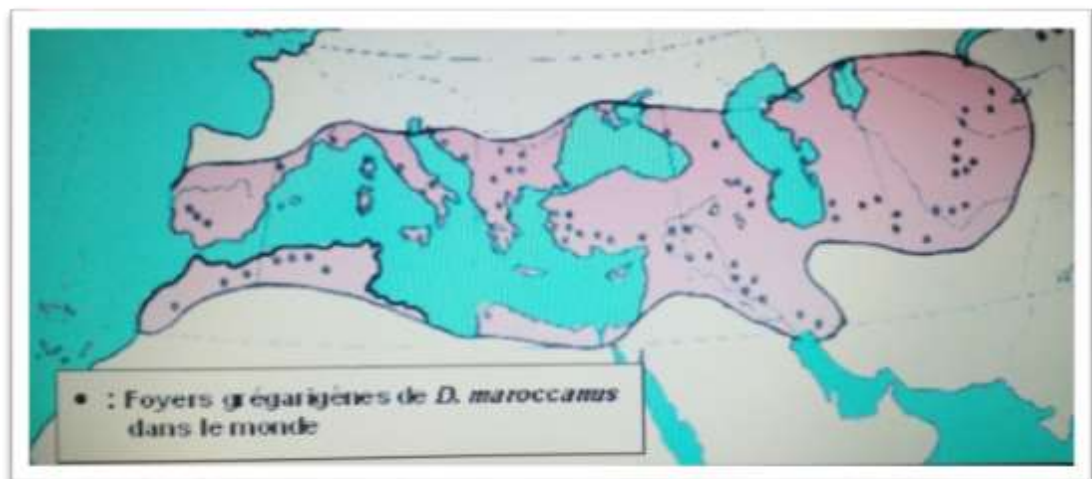


Figure 8 : Répartition géographique de *Dociostaurus maroccanus* dans le monde. (**Anonyme, 2002**).

8.2. En Algérie :

L'aire de répartition est très grande en Algérie, il est présent dans les étages bioclimatiques sub-humide et semi-aride, notamment les hauts plateaux dont la pluviométrie est comprise entre 250 et 400 mm/an. Tous les foyers grégarigènes de criquet marocain sont définis par **Pasquier (1934 – 1937)** ; **Doumandji-Mitiche B. et al., 1992**, et répertoriés par l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El Harrach (**Anonyme, 2007**). Il se trouve dans les Wilayat de Tlemcen, Sidi Bel Abbes, Saïda, Mascara, Tiaret, Chlef, Tissemsilt, Médéa, Djelfa, M'Sila, Bordj Bou Arreridj, Sétif et Batna.



Figure 9 : Répartition géographique de *Dociostaurus maroccanus* en Algérie dans le monde (**Anonyme, 2002**).

9. L'importance économique :

Les acridiens ont toujours été considérés comme un fléau et une catastrophe naturelle (**Takari Dan BAJO, 2001**).

La gravité des invasions du Criquet marocain tient à la proximité entre les cultures et les foyers de grégarisation. Les pertes de récolte seraient dues surtout aux jeunes stades qui se déplacent en bandes avant la moisson (**Chaouch, 1993**). La quantité de matière qu'elles ingèrent en une journée pourrait atteindre plusieurs fois leur poids. Les adultes sont moins voraces que les larves.

Les superficies infestées varient de quelques dizaines à quelques centaines de milliers d'hectares, leur influence sur la situation économique précaire des régions semi-aride ou aride demeure très grande. En Algérie les Wilayas les plus touchées par des pullulations de criquet marocain sont celles de l'Ouest (**Anonyme, 2007**).

9.1. Les dégâts :

Les Orthoptères, occupent une place très importante parmi les insectes nuisibles aux plantes cultivées (**Doumandji et Doumadji-Mitiche, 1994**).

Chaque année, ils causent des dégâts considérables en agriculture (**Doumandji–Mitiche et al., 1993**).

En effet des millions de personnes sont mortes de faim à cause de ces insectes. Beaucoup d'autres en souffrent de la famine, où des régions entières ont dû être désertées (**Appert et Deuse, 1982**).

En l'an 125 avant Jésus-Christ, 800.000 personnes sont mortes de famine dans les colonies romaines de Cyrénaïque et de Numidie à la suite d'une invasion cataclysmique de criquets (**Duranton et al, 1982**).

En outre, l'invasion qui dévasta l'Algérie en 1867 provoqua une famine qui entraîna plus de 500.000 morts (**Villeveuve et Désiré, 1965**).

Plusieurs attaques dans différentes régions en Algérie ont ravagé les cultures, la plus récente en 2004, dans la densité dépassée 400 insectes au 10m² dans la région de Sid EL Djilali à Tlemcen (**Mesli, 2007**).

10. Les moyens de lutte :

10.1. La lutte préventive :

L'objectif principal de la lutte préventive est d'altérer la tendance évolutive d'une situation acridienne avant d'en subir les effets néfastes (**Launois-Luong et al., 1988 ; Popov et al., 1991**). Il s'agit donc de maintenir le niveau de population au-dessous de seuil censitaires critique d'incidence économique pour les locustes. La lutte préventive vise donc à empêcher le déclenchement du processus de grégarisation ou de le stopper à un stade très précoce (**Messaïaid, 2017**).

10.2. La lutte mécanique et physique :

D'après (**Launois-Luong et al., 1988**). La lutte mécanique vise à la destruction des œufs par labourage, des larves et des ailés par battage, ramassage et écrasement à l'aube quand les insectes sont encore peu actifs. Quand a la lutte thermique, elle consiste à l'utilisation des vertus crématrices de feu.

10.3. La lutte écologique :

A pour but de rompre la synchronisation entre le cycle biologique de l'acridien et son environnement. De nombreux auteurs (**Remaudiere, 1954 ; Tetefort et Wintrebert, 1963**) ont proposé un meilleur entretien des champs par un désherbage et un binage soignés, ainsi que le drainage accéléré des plaines qui semblent d'un rôle importants dans ce type de lutte.

Les suggestions de lutte écologique sont nombreuses, mais les applications à grande échelle sont encore très rares car on prend toujours le risque de remplacer un problème par un autre. Les moyens utilisés sont par exemple : · L'inondation temporaire de certains sites de reproduction, · La reforestation de clairières, · le labourage de sols indurés, · les semis de plantes répulsives, · la suppression des jachères (**Duranton et al., 1982_ 1987**).

10.4. La lutte chimique :

La lutte chimique tient le devant de la lutte antiacridienne (**Launois-Luong et al., 1988**).

Selon **Benkenana, 2006**, la lutte chimique consiste à s'attaquer aux ravageurs directement ou indirectement (par l'intermédiaire de la végétation) au moyen de substances actives, naturelles ou de synthèse pour les tuer ou les faire fuir.

D'après **Rachadi, 1991**, les produits chimiques utilisés en lutte antiacridienne sont généralement destinés à tuer les criquets soit immédiatement, 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.

10.5. La lutte biologique :

La lutte biologique peut utiliser des lâchers d'insectes parasites ou prédateurs, l'utilisation d'agents pathogènes (champignons, virus, bactéries), (Xia *et al.*, 2000 ; Lomer et Langewald, 2001 Bissaad ; et Doumandji-Mitiche, 2007) ou l'emploi des méthodes génétiques et la sélection des variétés résistantes, ainsi que l'utilisation de plantes acridifuges Ou acridicides (Lomer et Prior, 1992).

10.5.1. Agents pathogènes :

Les agents pathogènes sont des organismes provoquant des maladies. Ils semblent offrir de meilleures perspectives en lutte biologique, en particulier ceux qui peuvent être formulés pour être épandus comme bio-pesticides (Greathead *et al.*, 1994). Des protozoaires, des bactéries, des rickettsies, des virus et des champignons peuvent affecter les acridiens (Kevan, 1992).

10.5.2. Bactéries :

L'implication de deux bactéries pathogènes chez des populations naturelles et des élevages de locustes et de sautériaux est prouvée par certains chercheurs (Zelazny *et al.*, 1997, ainsi, *Serratia marcescens* ; *Pseudomonas aeruginosa* ; en plus de *Bacillus thuringiensis* et *Bacillus sphaericus* (Dunphy et Tibolius, 1992) infectent durablement ces insectes et se répandent dans les élevages lorsque ces bactéries sont ingérées avec de la nourriture.

10.5.3. Champignons :

Les champignons entomopathogènes qui infectent les criquets font surtout partie de la Sous Division des Deuteromycotina : les espèces *Metarhizium anisopliae*, *M. flavoviride* et *Beauveria bassiana* semblent infecter la plupart des acridiens (Domandj-Mitiche *et al.*, 1998 ; Greathead *et al.*, 1994).

De multiples travaux (Zimmerman *et al.*, 1994 ; Welling *et al.*, 1995 ; Stephan *et al.*, 1997 ; Halouane *et al.*, 2001 ; Scanlan *et al.*, 2001 ; Hunter, 2005 ; Kane *et al.*, 2007 et Tounou *et al.*, 2008) ont montré l'efficacité de l'entomopathogène *Metarhizium anisopliae* et de *Beauveria bassiana* contre les locustes.

10.5.4. Ennemis naturels :

Les acridiens sont aussi la proie ou l'hôte d'un grand nombre d'ennemis naturels vertébrés et invertébrés. (**Outtar, 2009**).

Tetefort & Wintrebert, 1967, notent que les premiers stades larvaires sont les plus attaqués. De nombreux prédateurs sont cités : fourmis, araignées, batraciens et des reptiles lacertiliens

10.5.5. Les extraits végétaux :

L'utilisation d'extraits de plantes indigènes dotées d'effets insecticides offre certaines potentialités. Parmi les plus largement étudiées *Melia azedarach* L. contenant l'azadirachtine (**Wilps et al., 1992 ; Mordue et Black Well, 1993 ; Linton et al., 1997 cités par Barbouche et al., 2001**).

10.5.6. Les dérégulateurs de croissance :

Les régulateurs de croissance des insectes plus justement qualifiés de dérégulateurs de croissance pourraient constituer une bonne alternative pour la lutte antiacridienne (**Rachadi, 1990 ; Scherer et Celestin, 1997**). Ces produits agissent sur le mécanisme hormonal ou de la synthèse de la cuticule auxiliaire en perturbant la formation du tissu endocuticulaire des larves qui meurent au moment de la mue suivante (**Launois_Luong et al., 1998 ; Rachadi, 1990**).

10.5.7. Plantes Acridifuges ou Acridicides :

Est qualifiée d'acridifuge, une plante ou une substance (naturelle ou artificielle) qui éloigne les criquets; et d'acridicide, une substance naturelle ou artificielle qui tue les criquets (**Balança et De Visscher, 1992**).

L'usage des composés secondaires des plantes dans la lutte contre les organismes nuisibles n'est pas nouvelle, beaucoup de travaux ont montré la possibilité d'utiliser les substances insecticides ou antiappétantes contenues dans les végétaux en lutte biologique contre les insectes nuisibles (**Pasquier et Gerbinot, 1945 ; Awad et al., 1997 ; Berbouche et al., 2001; Ould**

Ahmedou et al., 2001; Abbassi et al., 2003a,b ; Kiendrebeogo et al., 2006 ; Seye et al., 2006; Asawalam et al., 2006; Ould El Hadj et al., 2006).

Plusieurs espèces végétales sont investies pour leur action acridicide pour une éventuelle utilisation dans la lutte contre les phytophages. Le Milia, le neem, le Harmel, l'eucalyptus, etc. sont les plus étudiés. (**Hadj Amar, 2012**).

Chapitre II :
Présentation De La
Région D'étude

I- Présentation de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj (BBA) :

1. Situation géographique :

La wilaya de Bordj Bou Arreridj occupe une place stratégique au sein de l'Est algérien. Elle se trouve à mi-parcours du trajet séparant Alger de Constantine. (ANIRF).

La wilaya est située Nord- Est du pays sur les Haut Plateaux. Elle est limitée par les wilayas suivantes :

- Nord : Bejaia
- Sud : M'Sila.
- Est : Sétif
- Ouest : Bouira.



Figure 10 : La situation géographique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

2. Le relief :

La wilaya est constituée de trois zones géographiques qui se succèdent:

2.1. La zone nord :

Montagneuse à relief très accidenté avec une pluviométrie variant de 300 mm à l'ouest à + de 500 mm au centre et à l'est, à vocation sylvicole – agricole. En productions végétales,

L'arboriculture fruitière dont l'oléiculture constitue l'activité agricole dominante avec très peu de céréales et cultures légumières. On y pratique l'élevage caprin et l'élevage de bovin local qui s'adapte au relief et au climat de la zone. Elle est constituée des communes : Theniet ennasr, Djaafra, Colla, Teferg, El Main, Zemmourah, Ouled Dahmane, Tassamert, Khellil ; Sidi brahim, situées dans l'étage bioclimatique sub-humide et des communes Mansourah, Harraza, Bendaoud , et El M'hir, situées dans l'étage bioclimatique semi-aride limitrophe avec la wilaya de M'sila.

2.2. La zone intermédiaire :

Constituée de hautes plaines, représente la zone d'intensification agricole de la wilaya, à vocation agro-pastorale. C'est la zone céréalière où l'on pratique les gros élevages (ovin, bovin et caprin) et l'aviculture (ponte et chair) ; Les précipitations enregistrées annuellement varient entre 300 et 400 mm/an. Elle est constituée des communes : Medjana, El Achir, Hasnaoua, B.B.A , El Annasser, Sidi Embarek , Bir Kasdali, Ain Taghrouit , Tixter, Ain Tassera, Ras El Oued et Belimour.

2.3. La zone sud :

À vocation agro-sylvo-pastorale, caractérisée par un relief très accidenté, une pluviométrie inférieure à 250 mm et un sol fortement menacé par l'érosion. On y pratique surtout l'élevage ovin et caprin avec les céréales et les cultures légumières aux abords des oueds. Elle est constituée des communes El Ksour, El Hamadia, El euch et Rabta située dans l'étage bioclimatique aride et des communes montagneuses Bordj ghedir, Ouled Braham, Ghilassa et Taglait situées dans l'étage bioclimatique semi-aride à sub humide. (DSA).



Figure 11 : Les trois zones (secteur de l'agriculture) de la wilaya de Bordj Bou Arreridj. (DSA, 2018).

3. Le climat

La wilaya se caractérise par un climat continental, qui offre des températures chaudes en été et très froides en hiver, parmi les plus basses d'Algérie. La pluviométrie annuelle est de 300 à 700 mm

4. Le sol :

La texture du sol est argilo limoneuse à argilo sableuse avec une perméabilité déficiente. Sur les bords des oueds et sur certaines pentes basses, on trouve des sols xérofluents, de plus grande teneur en sable sans calcaire en formation de croûte. Ceci est favorable pour la ponte de quelque espèce d'Orthoptères. Ces derniers sols sont les plus fertiles et sont consacrés aux cultures maraîchères et fourragères (**Khoudour, 1994**).

5. Hydrographie :

La wilaya de Bordj Bou Arreridj possède de nombreuses sources d'eau, elle enregistre la présence de thermes naturels, dont les eaux sont dotées de vertus curatives. La plus connue est Hammam El Biban, à l'ouest qui a été rénovée et Hammam Ibaynan, au nord. Le principal cours d'eau traversant la wilaya est l'Oued Bou Sellam ainsi que l'Oued el Ksoub dans le sud de la wilaya. (**Khoudour, 1994**).

La wilaya comprend le barrage d'Aïn Zada.

6. Faune et flore :

Riche de par son relief naturel varié avec ses montagnes, ses forêts, ses hautes plaines et sa steppe, la wilaya de Bordj Bou Arreridj héberge d'une faune et une flore diversifiée. La flore est composée des forêts naturelles de pins d'Alep du nord et de l'ouest de la wilaya et les cédraines du sud-est, notamment celles de Ras El Oued, ainsi que des chênes. (**Khoudour, 1994**).

Les mammifères recensés sont : le lièvre bru, le lapin de garenne, le porc-épic, le chacal, le hérisson, le chat-forestier, la hyène rayée, le chat-sauvage des steppes et la genette. Pour les oiseaux, pas moins d'une cinquantaine d'espèces. (**DSA**).

II- Evolution de la production :

1. Filière végétale :

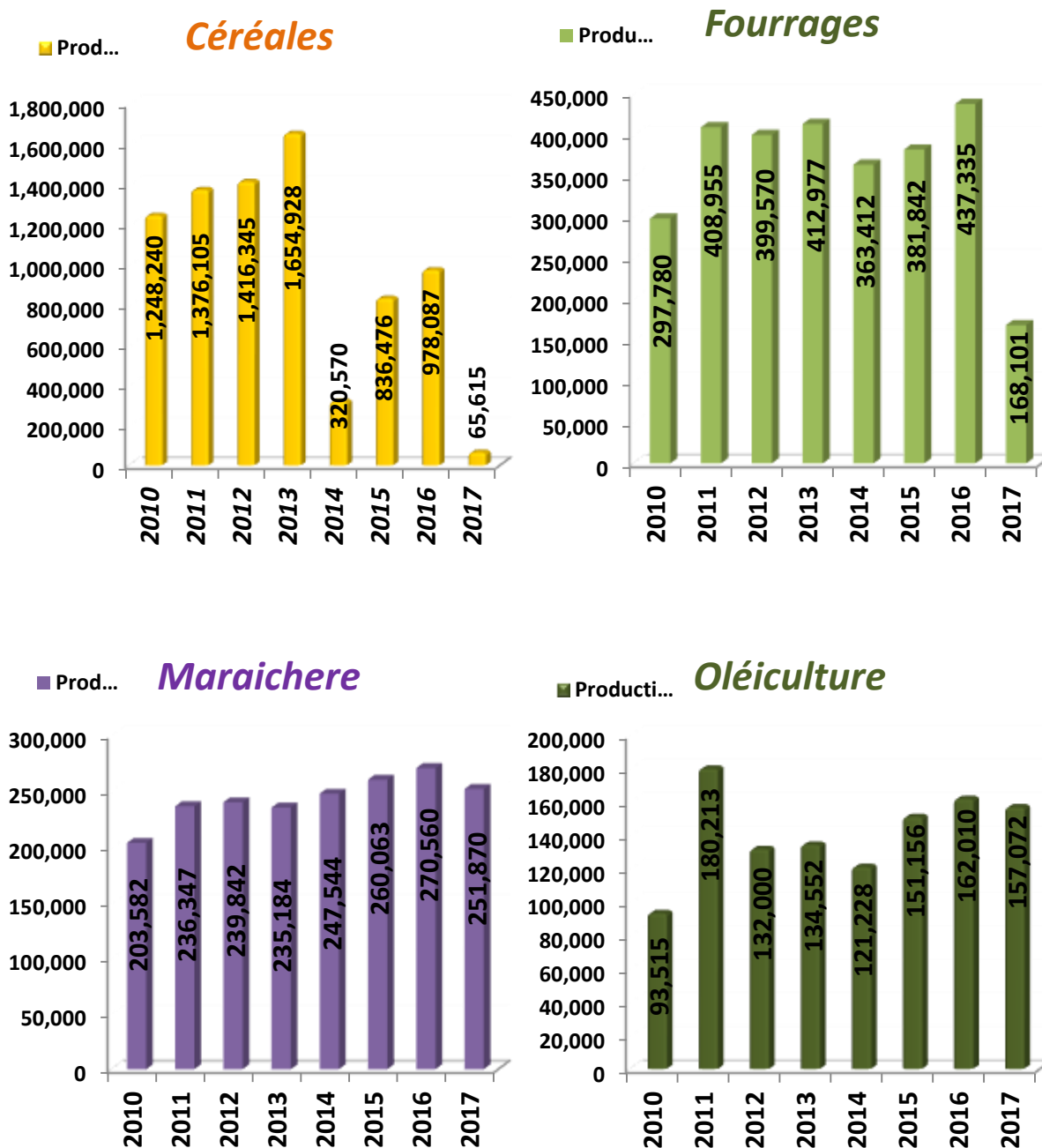


Figure 12 : La production agricole de Bordj Bou Arreridj en 2010 jusqu'à 2017. (DSA, 2018).

III- Présentation des stations d'étude :

La station garrigue située à ghafsitane à une altitude de 1275m, présente des arbrisseaux résistants à la sécheresse en forme de fourrés épineux sur une topographie à dominance calcaire et à exposition Nord Est.

- La composition floristique est la suivante : *Calicotum spinosa* : Cytise épineux (Cistaceae), *Cistus salvifolius* : Ciste à feuilles de sauge (Cistaceae), *Cistus laurifolius* , *Myrtus communis* : Myrte commun (Myrtaceae), *Erica arborea* : Bruyère arborescente (Ericaceae), *Arbutus unedo* : l'Arbousier ou l'Arbousier commun (Ericaceae).

La station garrigue située à **El Euch** et culmine à 1082 m, présente une végétation rabougrie avec des plantes épineuses sur des terres incultes et un sol pierreux à exposition Sud.

- Les espèces végétales sont : *Juniperus oxycedrus* : Genévrier cade (Cupressaceae) , *Olea europea* (Oleaceae) , *Quercus ilex* : Chêne vert ou l'Yeuse (Fagaceae), *Lonicera implexa* : Chèvrefeuille (Caprifoliaceae), *Cistus albidus* :Ciste cotonneux (Cistaceae), *Genista scorpius* :Genet épineux , Genet scorpion (Fabaceae), *Thymus vulgaris* : Thym commun (Lamiaceae), *Pistacia terebinthus* : Pistachier terebinthe (Anacardiaceae), *Pinus halepensis* :Pin blanc de Provence (Pinaceae), *Rosmarinus officinalis* : Romarin (Lamiaceae), *Rhamnus alaternus* : Neprun alaterne (Rhamnaceae).

La station **de khelil** est située à 967m d'altitude a exposition Sud-Ouest sur des bancs calcaires.

- se caractérise par une végétation rare : *Pistacia lentiscus* : arbre du mastic (Anacardiaceae), *Cistus monspeliensis* : Ciste de Montpellier (Cistaceae) , *Lavandula stoechas* : Lavande papillon ou Lavande à toupit (Lamiaceae) , *Cistus salviifolius* :Ciste à feuilles de sauge (Cistaceae), *Myrthus communis* : Myrthe commun (Myrtaceae), *Rosmarinus officinalis* : Romarin (Lamiaceae).

La station d'**Ouled Brahem** culmine à 1358m sur des terres généralement calcaires à exposition Nord,

- la composition floristique se présente comme suit : *Stipa parviflora* (Poaceae) , *Ferula communis* : Ferule commune (Apiaceae), *Eryngium campestre* : panicaut champêtre (Apiaceae), *Dactylis glomerata* : Dactyle pelotonné ou dactyle aggloméré (Poaceae), *Aegylops ovata* : Egylope ovale (Poaceae), *Matthiola lunata* : giroflée (Brassicaceae), *Bromus rubens* : Brome rougeâtre (Poaceae), *Astragalus armatus* (Fabaceae), *Senecia vulgaris*: séneçon commun ou vulgaire (Asteraceae), *Melilotus sp* (Fabaceae), *Calendula aegyptiaca* (Asteraceae), *Lobularia maritima* : l'Alysson :maritime (Brassicaceae) .

La station de djebel **Mansourah** culmine à 985m d'altitude, située à mi-chemin de la commune **d'El Achir** et la daïra de Mansourah présente une pente accentuée, un sol dans la quasi-totalité calcaire, une exposition Sud et une végétation constituée principalement de graminées parsemée d'asphodèles.

- Le tapis végétal comprend les espèces suivantes : *Asphodelus microcarpus* : les Asphodeles (Liliaceae) , *Aegylops ovata* :Egylope ovale (Poaceae), *Bromus madritensis* : Brome de Madrid (Poaceae), *Oryzopsis miliacea* (Poaceae)

La Station des périmètres irrigués de **Ain Taghrouit** et **Tixter** à base de cultures maraichères principalement la pomme de terre, certaines monocultures telles que les orges et les blés parfois la luzerne irrigués a partir du Barrage de Ain Zada.

- Le tapis végétal est constitué de : *Emex spinosa* (Polygonaceae) , *Bromus rubens* : Brome rougeatre (Poaceae), *Lithospermum apulum* : Gremil des pouilles (Boraginaceae), *Silene setacea* (Caryophyllaceae)

La station d'**El Hammadia** (pépinière) à une altitude de 850 m. Présente des plants forestiers, des plants fruitiers, des plants ornementaux et des plants a haute tige.

- La culture dominante est la céréaliculture à superficie de 30 ha, puis Arboriculture de 15 ha, enfin des espèces forestières à 10 ha.

Chapitre III : **matériels et** **méthodes.**

I- Matériel de l'échantillonnage :

1. Sur le terrain :

Nous avons utilisé un matériel simple et disponible pour l'échantillonnage et la conservation de la population du criquet marocain, le matériel est constitué :

- Un filet fauchoir : pour la capture du criquet.
- Bouteilles en plastique perforées pour la conservation et la respiration des criquets.
- Les étiquettes : pour noter le nombre des sorties, le lieu, la date, le nombre et le stade larvaire des individus capturés.
- Une station météo sans fil USB permet d'afficher les valeurs mesurées telles que la température, précipitations ainsi que la vitesse et la direction du vent.
- Matériel de notation : un carnet pour noter les observations sur le terrain.



Figure 13 : Matériel utilisé sur le terrain lors de l'échantillonnage. (Photographie Original, 2018).



Figure 14 : Station météo sans fil. (Photographie Original, 2018).

2. Au laboratoire :

- Des Goblet fermés par filet pour conserver le criquet marocain afin de faire les traitements biologiques. (des Goblet étiquetés).
- Ethanol, polystyrène et des épingles pour conserver et fixer le criquet marocain.



Figure 15 : Matériel de conservation au laboratoire. (Photographie Original, 2018).

3. Matériels biologiques au laboratoire :

Des individus du **criquet marocain** (*Dociostaurus maroccanus*) (Thunberg, 1815) issus de la capture à partir des différentes stations de Bordj Bou Arreridj.

3.1. *Beauveria bassiana* :

Une souche de champignon provoque une diminution du nombre des différentes catégories de cellules sanguines de l'hémolymphe des larves (**Halouane et al. 2001 et Hunter, 2005**).

3.1.1. Classification :

D'après **Taylor, 1995** *Beauveria bassiana* est classée comme suit :

- Règne : Fungi.
- Phylum : Ascomycota.
- Classe : Sordariomycetes.
- Ordre : Hypocreales.
- Famille : Clavicipitaceae.
- Genre : *Beauveria*.
- Espece : *Beauveria bassiana* (VUIL, 1912).

3.1.2. La morphologie :

Les espèces de *Beauveria* produisent des conidies cotonneuses blanches à jaunâtres. Les conidies ou spores sont soutenues par de longs filaments en zigzag qui sont des hyphes transparents et septaux, avec un diamètre de 2.5 à 25um (**Weiser, 1972 ; Lipa, 1975 ; Halouane, 1997 ; Barnett et Hunter, 1998**).

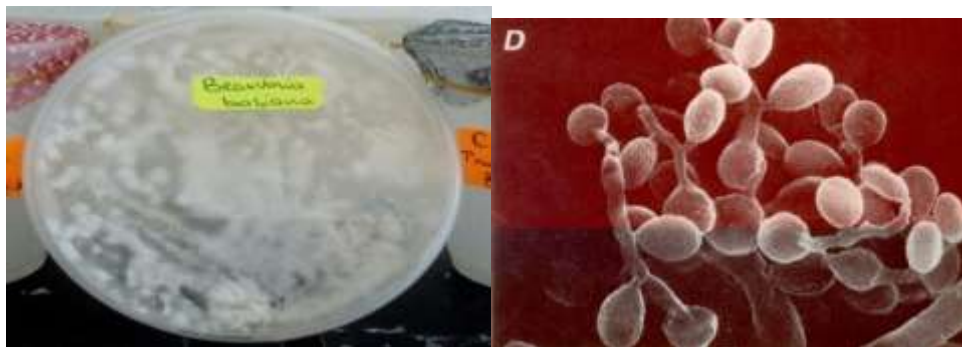


Figure 16 : Aspect macroscopique (**Photographie Original, 2018**).et microscopique (**Mathias de Kouassi, 2001**) de *Beauveria bassiana*.

3.1.3. Mode d'action :

Les spores de *B.bassiana* germent sur les organes d'insecte. Les hyphes mycéliens pénètrent ensuite dans l'organe. Après digestion enzymatique et une fois à l'intérieur de l'hôte, ils sécrètent des toxines (la beauvericines et la bassiomolide). Ainsi, le corps de l'insecte se déshydrate, la viscosité du sang augmente et l'insecte meurt (**Bidochka et al., 1997**).

3.2. *Bacillus subtilis* :

3.2.1. Classification :

- Règne : Bacteria
- Embranchement : Firmicutes
- Classe : Bacilli
- Ordre : Bacillales
- Famille : Bacillaceae
- Genre : *Bacillus*
- Espèce : *Bacillus subtilis*

3.2.2. Morphologie :

Bacille à Gram positif, gros, droit, mobile par des cils péritriches, capsulé, en forme de bâtonnets de 2µm de diamètre et dont la longueur peut atteindre 7µm, formant des spores ellipsoïdales ou cylindriques en position centrale, paracentrale ou subterminales dans le corps bactérien.



Figure 17 : Aspect microscopique et macroscopique (**Photographie Original, 2018**) de *B.subtilis*.

4. Matériel et produits utilisés au laboratoire lors de l'expérimentation :

- Une balance électrique
- Un bec bunsen
- Un autoclave
- Erlen Meyer de 1000 ml
- Des boîtes de Pétri
- Des béchers
- Des flacons
- Para film
- plaque chauffante.
- Incubateur.
- Tubes à essai
- Spectrophotomètre.
- vortex

Produits utilisés : eau de javel pour le nettoyage– Eau distillée – Glucose – Gélose agar agar – Pomme de terre _Anti biotique (Clamoxyl, 500 mg).



Figure 18 : Matériels utilisés lors de la préparation. (Photographie Original, 2018).

5. Méthodes de travail :

5.1. Sur le terrain :

Afin d'étudier la dynamique des populations (larvaires et adultes) du criquet marocain, la densité au m², les effectifs par rapport aux compositions floristiques(en fonction des altitudes) et enfin les fluctuations densitaires en relation avec la hausse et la baisse des températures. Neuf (09) stations expérimentales sont choisies dans la région de Bordj Bou Arreridj qui culmine à 890 m d'altitude et dont les coordonnées géographiques sont 36° 04' de latitude Nord et 4° 47' de longitude Est.

Les échantillonnages débutent au début du mois d'Avril et s'arrêtent au mois de Juin afin de permettre le recensement de la majorité de criquet marocain qui fait l'objet de directives phytosanitaires portant surveillance et vigilance des foyers grégarigènes.

Dans cette étude, nous avons utilisé la méthode de capture au filet fauchoir (**Dreux, 1962; Voisin., 1979 , Lecoq., 1988 ; Legall, 1989**). Elle consiste à récolter au filet fauchoir un échantillon de criquet marocain. Des quadrats de 1m² à l'état larvaire (L1et L2), de 9m² pour les stades restants à raison de 3 à 6 répétitions par station.

Les insectes capturés sont récupérés à chaque fois dans des Bouteilles en plastique perforées sue lesquels la date et le lieu de capture sont mentionnés. Ils sont conservés en vue de leur utilisation ultérieure au laboratoire.

Une station météo sans fil USB est placée dans chaque station permet d'afficher les valeurs mesurées telles que la température, précipitations ainsi que la vitesse et la direction du vent. Les valeurs mesurées par le capteur extérieur sont transmises par liaison radio à la station météo.

Tableau I : les stations étudiées dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj.(m : mètre, C : culture).

stations	Altitude	Type de végétation
Khelil	967 m	forestier
Ain taghrout	932 m	Forestier, C Céréalière
Tixter	957 m	Agricole, C. Céréalière
Ouled brahem	1358 m	Forestier, C. Céréalière
El hammadia (pépinière)	850 m	Agricole, C. Maraîchère C. Céréalière
El Euch	1082 m	Steppique.
Ghafsitane	1275 m	Steppique.
El Achir	1001 m	Agricole, C. Céréalière
Mansoura	985 m	forestier

**Figure 19** : Mesure des données météorologiques dans une station céréalière. (Photographie Original, 2018)**Figure 20** : Mesure des données météorologiques dans une station forestière. (Photographie Original, 2018).

On a mesuré les données météorologiques et définir le type de végétation de chaque station afin de déterminer leurs effets sur la densité de la population du criquet marocain.

5.2. Au laboratoire :

Afin d'étudier l'effet des entomopathogènes sur la mortalité du criquet marocain, nous avons procédé comme suit :

5.2.1. Préparation du milieu de culture (PDA) :

Le milieu de culture spécifique pour *Beauveria bassiana*, est le PDA (Potatos Dextros Agar). Ce type de milieu présente une particularité qui est la présence de l'amidon dans laquelle cette espèce se développe bien. La composition du milieu est comme suit : 200 g de pomme de terre · 20 g de Glucose · 20 g de Gélose (Agar agar) · 1000 ml d'eau distillée. Une fois le milieu prêt, il est mis dans un autoclave pendant 24h à 120°C pour stériliser son contenu. Nous avons ajouté un antibiotique pour éviter la contamination.



Figure 21 : Préparation du milieu de PDA. (Photographie Original, 2018).

5.2.2. Multiplication de *Beauveria bassiana* :

La souche de champignon *Beauveria bassiana* a été multipliée dans des boîtes de Pétri à moitié remplies du milieu PDA. Sous la hotte, on prélève à l'aide d'une pipette Pasteur des fragments du milieu contenant le champignon et cela à partir d'une ancienne souche de *Beauveria* qu'on ensemence dans le milieu de culture. L'ensemencement se fait de manière à ce que le développement du champignon occupe toute la surface de la boîte. Les boîtes sont fermées avec du Parafilm pour éviter les contaminations, puis placées à l'étuve à 25 c° pendant 5 a7 jours.



Figure 22 : Incubation du champignon ensemencé. (Photographie Original, 2018).

5.2.3. Préparation une dose à base de spores de *Beauveria bassiana* :

Préparation d'inoculum :

On prélève des petits fragments d'une culture âgée du champignon et nous les déposons dans un tube à essai contenant l'eau physiologique stérile. Pour assurer une libération maximale des spores, on agite cette suspension pendant 15 min.

Comptage des spores et détermination des concentrations :

Le comptage des spores est réalisé à l'aide d'une "cellule de Malassez" sous un microscope optique après avoir déposé une goutte de la solution entomopathogène au centre de cette cellule. On dépose ensuite la lamelle sans faire de bulles d'air.

Nous avons préparé une dose (D1) à base de spores de *Beauveria bassiana* dans l'eau physiologique à une concentration de 48×10^4 spores/ml. (Suite à plusieurs dilutions).



Figure 23 : Cellule de Malassez. (Photographie Original, 2018).

5.2.4. Préparation de l'inoculum de *Bacillus subtilis* :

L'espèce cible (souche bactérienne choisie) a été revivifiée et repiquée dans la gélose nutritive, puis incubée à des températures optimales de développement (37 C°) pendant 18 à 24 heures afin d'obtenir une culture jeune. Par la suite, des suspensions troubles de ces souches seront réalisées en prélevant 3 à 5 colonies bien isolées et identiques. On les dépose dans 5 ml d'eau physiologique stérile puis on agite au vortex. Les concentrations bactériennes de l'inoculum sont évaluées par turbidité et sont exprimées par la mesure de la densité optique (DO à 600 nm) sur un spectrophotomètre. Une DO de 0.08 à 0.1 correspond à une concentration de 10^8 UFC / ml (unit forming colony/ml) (Athamena et al., 2010 ; Karatas et Ertekin, 2010 ; Rahal et al., 2005 ; Sarac & Ugur, 2007 ; Yen Tan et Siewyong, 2006).

6. Etude de l'effet de *Beauveria bassiana* et *Bacillus subtilis* sur la mortalité du *Dociostaurus maroccanus* :

Pour étudier l'effet de *Beauveria bassiana* et *Bacillus subtilis* sur la mortalité du *D. maroccanus*, nous avons réalisé des traitements par pulvérisation avec deux doses D1 (48×10^4 spores/ml) (chez le champignon) et D2 (10^8) (Chez la bactérie) contre 15 individus de criquet marocain avec les témoins.

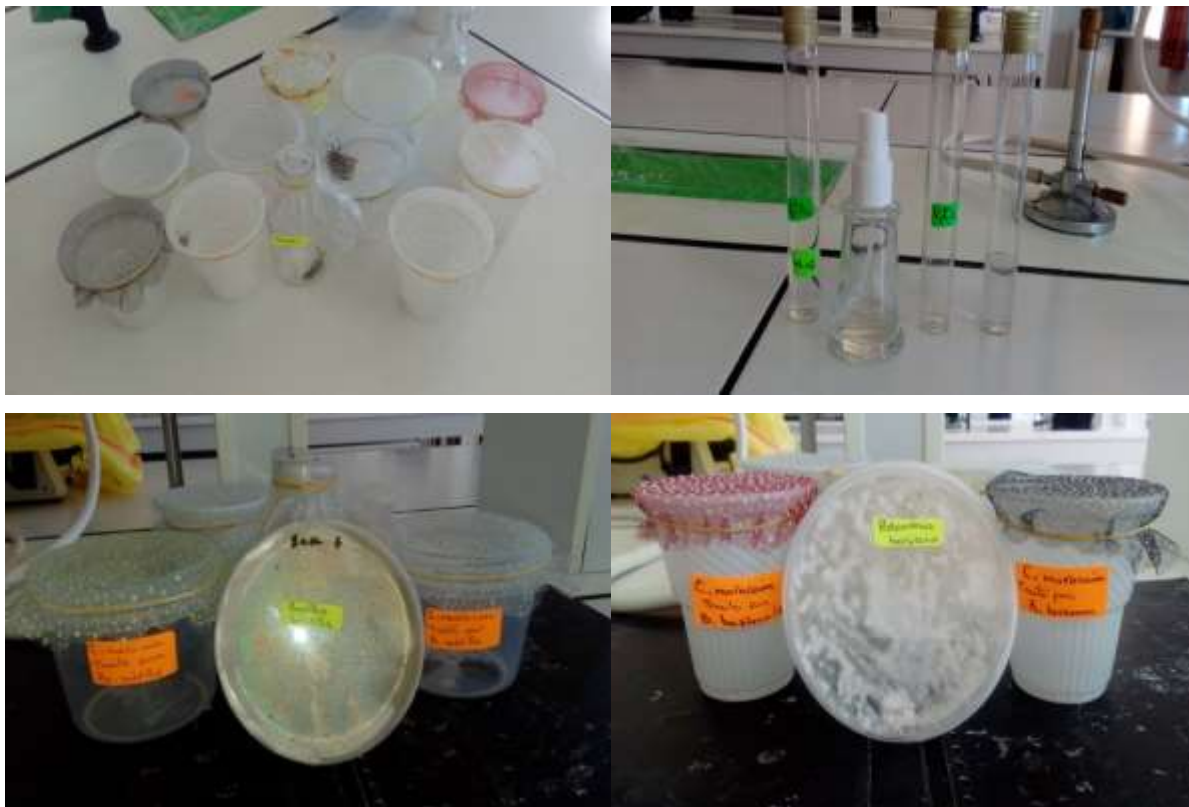


Figure 24 : Individus de *Dociostaurus maroccanus* traités par champignon et par bactérie. (Photographie Original, 2018).

On dénombre les individus morts toutes les 24 heures, pour les témoins et les traités par D1 avec *Beauveria bassiana* et D2 avec *Bacillus subtilis* et on calcule le pourcentage de mortalité

Calcul du pourcentage de mortalité journalière :

Toutes les 24 heures, on calcule le pourcentage de mortalité des larves et des ailés témoins et traités selon la formule suivante :

$$\text{La mortalité \%} = \frac{\text{Nombre d'individus morts}}{\text{Nombre total des individus}} \times 100$$

Chapitre IV :

Résultats et

discussions

I- Résultats et discussions :

1. Sur le terrain :

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse réalisée par logiciel Excel et SPSS.

Dans la 1^{ère} analyse, notre travail consiste à extraire un histogramme représentant la moyenne des individus de *Dociostaurus maroccanus* dans chaque station d'étude.

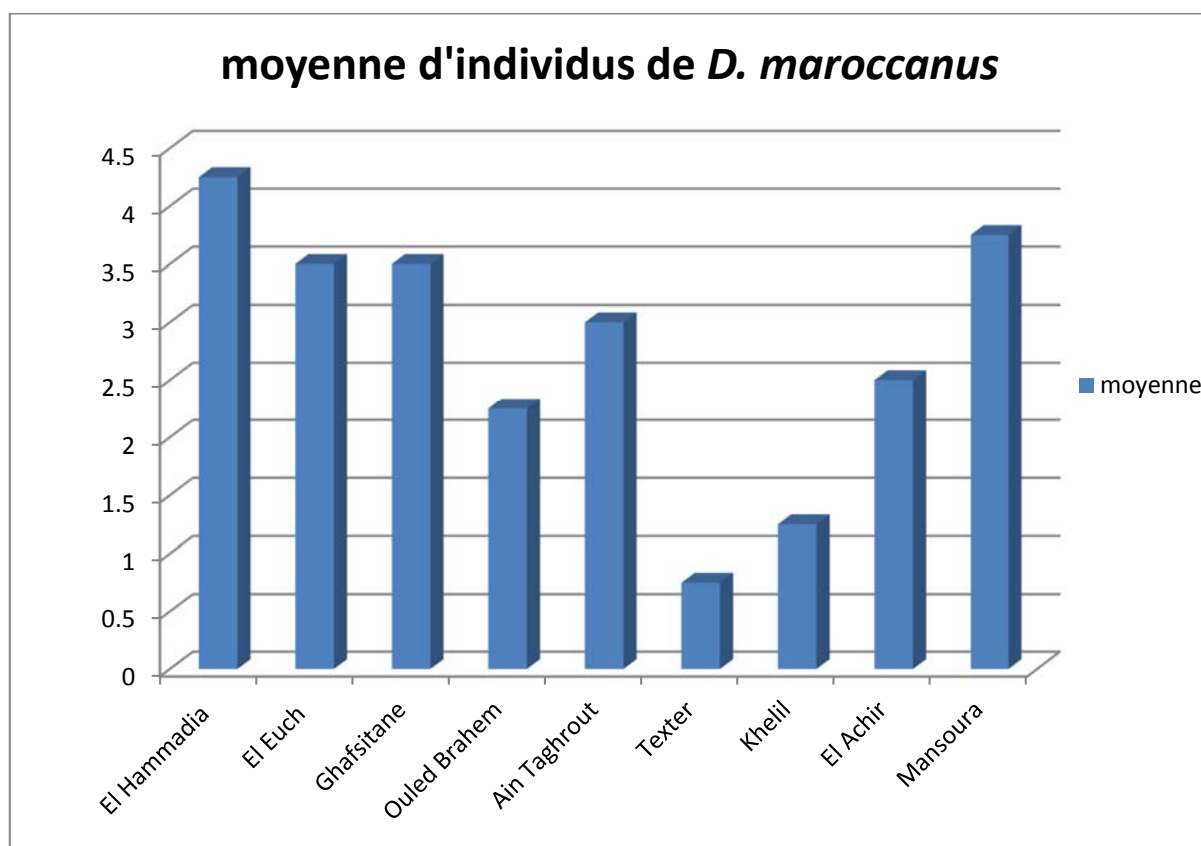


Figure 25 : Moyenne des individus de *Dociostaurus maroccanus* dans les 9 stations d'étude.

Au cours de notre expérimentation sur le terrain, nous avons pris des échantillons de criquet marocain de différents stades larvaires (L1, L2, L3, L4) dans chaque station.

Le comptage est présenté dans l'annexe 1 qui contient le nombre d'individus de *D. maroccanus* avec les stades larvaires et la moyenne des individus dans chaque station.

L'analyse des résultats est présentée dans l'histogramme qui montre qu'il y a une différence dans le nombre d'individus de *Dociostaurus maroccanus* selon les stations étudiées.

La différence entre les moyennes est due aux facteurs climatiques, type de couverture végétale, l'altitude qui caractérise chaque station.

Dans chaque sortie, nous mesurons à la fois la température, l'altitude à l'aide d'une station météorologique sans fils, aussi nous déterminons le tapis végétal.

Pour cela d'autres analyses statistiques ont été effectuées (par SPSS) pour étudier l'effet de la température et de l'altitude sur le nombre d'individus de la population en prenant en compte aussi l'impact de la couverture végétale de chaque station

1.1. ANOVA a un facteur :

Tableau II : ANOVA a un facteur

ANOVA a 1 facteur

Individus

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Inter-groupes	18375,593	8	2296,949	5,651	,000
Intra-groupes	18289,667	45	406,437		
total	36665,259	53			

D'après le tableau, les résultats obtenus sont hautement significatifs.

L'ANOVA réalisé nous montre que le nombre d'individus diffère d'une station a une autre (F = 5.651, P < 0.0005).

Nous avons remarqué d'après le tableau des comparaisons multiples de moyenne (annexe 2) et l'histogramme de la moyenne (figure 29) que la station d'El Hammadia contient le nombre le plus élevé de *Dociostaurus maroccanus*. Puis la station garrigue de Mansoura en 2ème place. En 3ème place vient les 2 stations de Ghafsitane et El Euch et à la fin, la station de Ain Taghrout.

Les autres stations (Khelil, Tixter, Ouled Brahem et El Achir) présentent un nombre d'individus moins que les 1^{ères} stations.

1.2. La corrélation :

L'analyse de la corrélation est réalisée pour montrer qu'il existe une relation entre le nombre d'individus de *Dociostaurus maroccanus* avec les paramètres étudiés (la température et l'altitude).

Tableau III : la corrélation

		Altitude	T c°	Individus
Altitude	corrélation de Pearson	1	-,108	-,376**
	Sig. (bilatérale)		,437	,005
	N	54	54	54
T c°	corrélation de Pearson	-,108	1	,742**
	Sig. (bilatérale)	,437		,000
	N	54	54	54
Individus	corrélation de Pearson	-,376**	,742**	1
	Sig. (bilatérale)	,005	,000	
	N	54	54	54

** La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatérale), T : La Température.

Nous avons noté une forte corrélation positive entre les individus de la population et la température ($r = 0,742$; $P < 0,005$), c.à.d. le nombre d'individus augmente avec l'augmentation de la température d'une part, d'autre part, une corrélation négative avec l'altitude ($r = -0,376$; $P < 0,0005$).c.à.d. Le nombre d'individus diminue avec l'augmentation de l'altitude.

D'après les résultats constatés dans le terrain, la station d'El Hammadia (pépinière) est riche en population de *Dociostaurus maroccanus* car elle est caractérisée par une végétation variée ce qui signifie que plus le cortège floristique est dense et varié, plus le nombre d'espèce augmente, par fois même le nombre d'individu.

La pépinière présente une emblavure de 30 Ha en céréaliculture, c'est le milieu préféré par *Dociostaurus maroccanus*.

Au niveau des garrigues et maquis (Mansoura), la population de criquet marocain est importante car ces milieux sont variés en végétation.

Les stations à une basse altitude (El Hammadia, Mansoura, Ain Taghrout) présentent une richesse totale en population de criquet marocain. Nos stations ont montré qu'à chaque fois que nous progressons en altitude, le nombre d'espèce diminue.

Les stations à une forte température (El Hammadia, El Euch et Ghafsitan), et les stations à une forte humidité (Ain Taghrout) sont riches en population de criquet marocain car l'individu de *Dociostaurus maroccanus* lors de son cycle de développement a besoin d'une quantité d'eau

Nous avons remarqué que les stations les plus riches en criquet marocain (EL Hammadia, El Euch, Ghafsitan) sont situées aux frontières de M'Sila, par contre les stations qui sont situées aux frontières de Sétif et Bouira présentent moins d'individus de criquet marocain.

Beaucoup d'auteurs ayant travaillé sur la bio-écologie des Orthoptères confirment notre thèse.

1.3. Discussion :

La présente étude est réalisée dans la région de Bordj Bou Arreridj appartenant à l'étage bioclimatique sub aride caractérisé par un hiver doux et pluvieux et un été sec et chaud.

L'étude du biotope de *Dociostaurus maroccanus* dans les différentes parties de son aire de répartition dans les 9 stations d'étude révèle la nature de la relation entre les paramètres étudiés (la température, l'altitude, la végétation) et l'évolution du nombre de criquet marocain dans chaque station.

D'après les résultats obtenus, *Dociostaurus maroccanus* se trouve dans les biotopes caractérisés par : une forte température, une basse altitude, une végétation diversifiée et dense, la céréaliculture, les cultures maraichères, les milieux steppiques et aussi les milieux garrigues.

Plusieurs travaux sur l'écologie des Orthoptères ont été réalisés dans le monde et en Algérie.

Citons entre autre pour confirmer notre thèse :

Selon **Briki, 1999**, la répartition des acridiens est inégalement répartie dans les milieux. Elle est conditionnée par plusieurs facteurs, notamment le climat et la végétation qui constitue un facteur très important non seulement dans la répartition des orthoptères mais aussi des insectes.

Chaque espèce a besoin de trouver dans son environnement des éléments particuliers et des conditions qui lui conviennent pour assurer le développement de ses représentants et sa pérennité.

(Duranton *et al.*, 1982). Selon les mêmes auteurs l'environnement des Acridiens est une mosaïque spatiotemporelle résultant des interactions des composantes dynamiques comme les conditions météorologiques.

1.3.1. La température :

Raccaud - Schoeller, 1980 ; Chararas, 1980, montrent que la température est le facteur écologique essentiel puisque son influence se fait sentir de façon constante sur les œufs, les larves et les adultes.

Bellman et Luquet., 2009, Les acridiens, comme tous les insectes, sont des poïkilothermes ; leur température du corps est variable et dépend de la température ambiante.

D'une façon générale, les êtres vivants ne peuvent subsister que dans un intervalle de températures compris entre 0°C et 50°C en moyenne, ces températures étant compatibles avec une activité métabolique normale. (**Dajoz, 1985**).

Dajoz, 1971 ; Ramade, 1994. La température module l'activité générale, la vitesse du développement, le taux de mortalité, le nombre de générations annuelles et a un impact important sur la distribution géographique des espèces

Duranton Et al., 1982. La température 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 acridien, est fonction de l'âge et du sexe. Il peut varier selon le type d'activité : marche, vol, alimentation, accouplement, ponte.

Lecoq, 2012. La température va permettre un développement plus ou moins rapide des œufs et des larves, et permettre l'envol et les migrations des ailés ;

Bellman et Luquet., 2009. La température constitue pour beaucoup d'Orthoptères un facteur bionomique essentiel et leur activité est directement liée à la présence du soleil et à la chaleur dispensée par celui-ci.

La température est un facteur écologique important pour les acridiens. Elle influe directement sur l'activité journalière, le développement embryonnaire et larvaire, le comportement et surtout sur la répartition géographique (**Dreux, 1980 ; Duranton et al., 1987**).

1.3.2. L'humidité :

L'eau constitue le premier facteur déterminant, la distribution géographique (chorologie) des acridiens (**Lecoq, 1978**),

L'eau exerce une influence directe ou indirecte sur les œufs, les larves et les ailés (**Duranton et al., 1982**). Les effets directs se résument dans le fait que les œufs ont besoin d'absorber de l'eau dans les heures et les jours qui suivent la ponte et que les larves et les ailés recherchent une ambiance hydrique leur permettant de satisfaire leur équilibre interne en eau. Les effets indirects concernent l'alimentation des acridiens qui est quasi totalement végétale, les criquets équilibrent avec plus ou moins de facilité leur balance hydrique interne par voie alimentaire. Chaque espèce a ses exigences écologiques et peut donc se montrer plus ou moins dépendante des facteurs de l'environnement, mais cet apport d'eau par voie alimentaire est généralement vital pour les larves et les ailés.

1.3.3. L'altitude :

Duranton et al., 2006, montrent que les deux locustes péruviennes préfèrent les biotopes de basse et moyenne altitude.

1.3.4. La végétation :

Les deux facteurs, l'humidité et la température liés l'un à l'autre constituent pour la flore un milieu bioclimatique favorable. **Tekkouk, 2008**.

Les acridiens sont exclusivement phytophages (**Boue et Chanton, 1971**) et consomment en grosse majorité les Graminées (**Barataud, 2003**). La mise en place des adaptations écologiques des acridiens dépend principalement de l'environnement végétal (**Le Gall et Gillon, 1989**).

La quantité et la qualité de l'alimentation influencent les caractéristiques de croissance des populations d'acridiens, la natalité, la mortalité et, à la limite, la dispersion, en sont affectées **Duranton et al. (1982)**.

La population du criquet marocain est importante dans les milieux garrigues et steppiques (**Latchninsky et Launois-Luong, 1992 ; Maurel et Defaut, 2012**). Il est connu en fait que les

garrigues offrent des conditions écologiques favorables à la vie de tous les groupes zoologiques en général et des acridiens en particulier (Dajoz, 1985).

Latchninsky et Launois-Luong, 1992 ; Maurel et Defaut, 2012 montrent que *D. maroccanus* préfère les milieux caractérisés par la céréaliculture.

2. Au laboratoire :

Etude de l'effet de *Beauveria bassiana* et *Bacillus subtilis* sur la mortalité du *Dociostaurus maroccanus* :

Le but de cette approche est d'explorer des méthodes qui aboutiraient à la plus grande spécificité possible d'action contre le ravageur cible, *Dociostaurus maroccanus*

1 : l'effet de *Beauveria bassiana* sur la mortalité du *Dociostaurus maroccanus* :

Après chaque 24 h, nous avons calculé les individus morts traités et témoins, le taux de mortalité chez les témoins et les traités est présenté dans le tableau suivant :

Tableau IV : le taux de mortalité de *Dociostaurus maroccanus* traité par *Beauveria bassiana*.

Les jours	Témoins %	Traités %
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	60
5	13	73
6	15	86
7	20	93
8	30	100

Les résultats obtenus sont analysés par EXCEL 2010 et ensuite présentés dans une courbe.

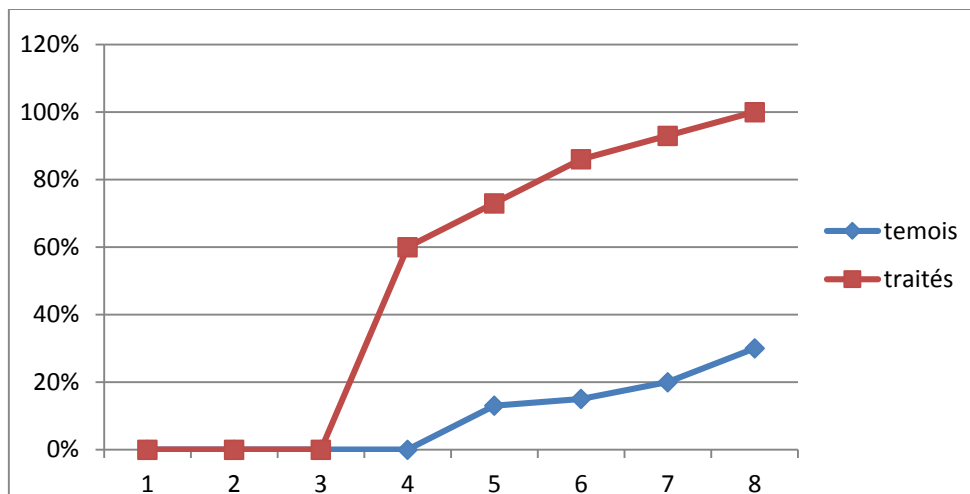


Figure 26: Evolution du taux de mortalité de *Dociostaurus maroccanus* traité par *B. bassiana*.

Les pourcentages de mortalité chez les traités et les témoins sont illustrés par la figure.

Le tableau IV et la figure 30, montrent que la mortalité chez les larves L4, a commencé après le 4ème jour de traitement par la dose D1 du *Beauveria bassiana*, pour atteindre 100% au 8ème jour. Par contre, pour les larves témoins, la mortalité a commencé après le 5ème jour par un faible pourcentage pour atteindre 30% au 8ème jour.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par **Kaidi, 2004**, qui a montré que l'entomopathogène *B. bassiana* a un effet significatif sur les imagos de *Locusta migratoria* traités à trois doses différentes : D1= 0,5 x 10⁶ spores/ml, D2= 10⁶ spores/ml et D3= 2 x 10⁶ spores/ml par rapport aux témoins. Les individus traités à la faible dose sont morts 12 jours après le traitement, pour ceux traités à la dose D2= 10⁶ spores/ml ils sont morts au 11ème jour, alors que par D3, les 100 % de mortalité ont été enregistrés au 8ème jour.

Des résultats identiques ont été obtenus par **Doumandji-Mitiche et al., 1999**, qui ont enregistré des taux de mortalités de 100 % entre le 6ème et le 12ème jour sur les différents stades de *L. migratoria* traités par *Beauveria bassiana*.

Brinkman et al., 1997 ont noté un pourcentage de mortalité de 72,7 % au 10ème jour chez les individus de *L. migratoria* traités par une formulation huileuse de *B. bassiana* à la dose 2,64 x 10⁹ spores/ml.

En 1999, Bensaad a obtenu une mortalité à partir du 5ème jour et 100 % de mortalité a été enregistré au 12ème jour.

Delgado et al., 1997 lors d'un essai sur terrain de *B. bassiana* contre *Locusta migratoria*, ont enregistré un pourcentage de mortalité de 56 % au 10ème jour de traitement, Ce résultat a été noté également par Kooyman et al., 2005 dans le cadre de l'essai d'un bio pesticide Green Muscle à base de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, sur les larves du *Schistocerca gregaria* dans la Wilaya d'El Oued.

Le champignon entomopathogene *B. bassiana* est un agent de lutte très intéressant du fait qu'il peut infecter l'hôte par ingestion ou par simple contact contrairement aux autres agents de lutte microbiologique. (Halouane., 2008).

Ce mode d'action particulier rend tous les stades (Œuf, larve, adulte) sensibles. *B. bassiana* peut être produite en masse à moindre cout et peut être appliquée avec les méthodes conventionnelles. (Barson et al., 1994 ; Greathead et al., 1994 ; Regnault, 2002).

2 : l'effet de *Bacillus subtilis* sur la mortalité de *D. maroccanus* :

Tableau V : le taux de mortalité de *D.maroccanus* traité par *Bacillus subtilis*.

jours	Témoins %	Traités %
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	15	33
7	20	46
8	29	66
9	33	80
10	33	100

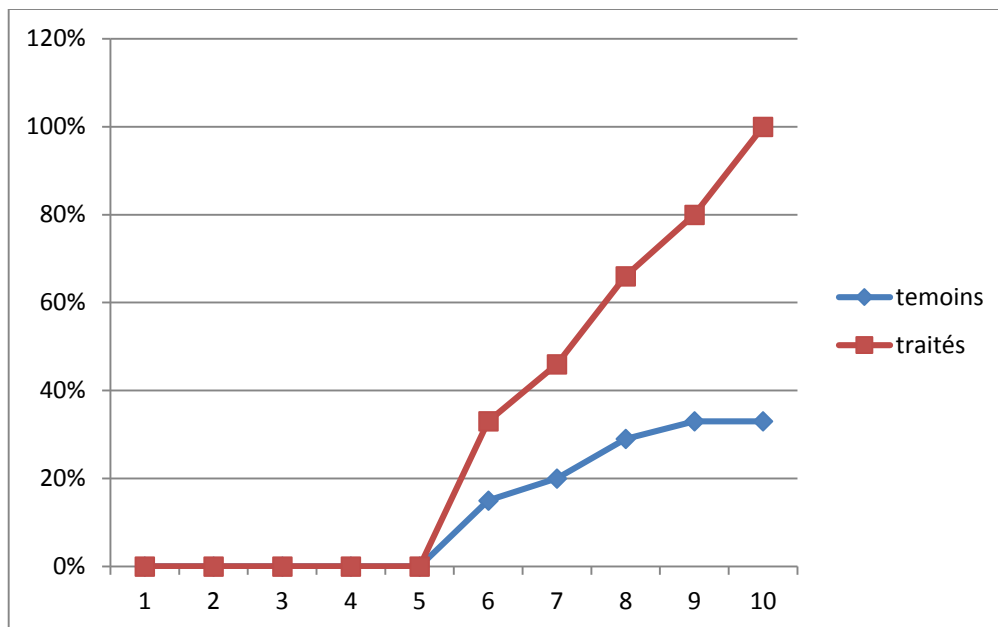


Figure 27 : Evolution du taux de mortalité de *Dociostaurus maroccanus* traité par *B.subtilis*.

Les pourcentages de mortalité chez les lots traités et les lots témoins sont illustrés par la figure

Chez les larves L4 témoins, on a enregistré une mortalité de 15% dans le 6ème jour. Mais chez les larves traitées par le *Bacillus subtilis* le taux de mortalité atteint 100 % au bout de 10 jours après le traitement.

Lacousiere et Boisvert., 2004, ont justifié la nocivité du *B.turingiensis* par l'interaction de leurs toxines avec les récepteurs spécifiques sur les cellules épithéliales du système digestif, ce qui cause la mort de l'insecte suite à la destruction de la régulation osmotique de ces cellules.

Allal- Benfekhih, 2006, a expliqué que l'activité des toxines dépend fortement de l'interaction de plusieurs facteurs retrouvés dans l'intestin des insectes.

Allal- Benfekhih, 2006, après avoir comparé l'efficacité des trois souches des bactéries administrées aux larves L5 de *L.migratoria* par différents modes, a démontré que le mode d'administration le plus efficace pour tuer les larves consiste à injecter des spores.

Mohand-Kaci, 2012, après avoir traité des larves L5 de *L.migratoria* par les quatre souches bactériennes (*Bacillus sp.*(HE799656), *Bacillus sp.*(HE805963), *Bacillus sphaericus* et le *Pseudomonas fluorescens* cvIII), elle a enregistré chez les témoins un taux de mortalité de 3.33% qui reste stable durant tout le stade, mais celui enregistré chez les larves traitées par les fortes doses

des souches bactériennes est très fort, il est de 100% chez les larves traitées par le *Bacillus sp.*(HE799656), 100% chez celles traitées par le *Pseudomonas fluorescens* cvIII. Quand a la forte dose de *Bacillus sp.* (HE805963), elle donne un taux de 86.67%, suivi de la forte dose de *B.sphaericus* qui donne 76.67%de mortalité.

Mohand-Kaci, 1998, a noté que même avec la forte dose de Bacillus B213, les larves L5 montrent une certaine résistance et n'enregistrent 100% de mortalité qu'au bout du 21 jour.

West et al., 1997, a enregistré 76 à 93% de mortalité au bout de 10 jours chez l'arpenreuse de la pruche traitée par le *B. turingiensis*.

Brahmi, 1998, a obtenu 45.8% de mortalité après avoir traité dès les larves L4 de *L.migratoria* par injection du *B.subtilis*. Ce taux n'est que 31.8% après le 5ème jour et 33.3% après le 7ème jour à la suite d'un traitement par ingestion.

Berradj et Khoudi., 2005, révèle qu'avec l'utilisation de *B. larvae* contre les larves L4 du criquet pèlerin, le taux de mortalité atteint 70% au bout de 16 jours, alors que ce taux sera total si ces mêmes larves sont traitées par le *Pseudomonas aeruginosa*.

Rahmani et Kais., 2005, ont enregistré au bout de 18 jour 80% de mortalité des larves L4 de *S.gregaria* préalablement traitées par le *B. turingiensis* et 90% de mortalité chez les larves L4 traitées par le *B.subtilis*.

Mohand-Kaci., 2012, après avoir comparé les effets des différents agents biologiques, a conclu que les bactéries agissent plus lentement que les autres agents de lutte biologique. Elle a expliqué ça par le fait que le mode d'action de la majorité des bactéries du genre Bacillus qui agissent par la libération des toxines qui demande des conditions particulière. Ou bien par les condition du milieu intestinal des criquets qui ne conviennent pas parfaitement à la multiplication ce qui demande un temps plus long (**Greathead et al., 1994 ; Mohand-Kaci , 2012**).

Conclusion

Conclusion

Notre étude a consisté à étudier le biotope du *Dociostaurus maroccanus* au niveau de la région de Bordj Bou Arreridj. 9 stations sont choisies dans cette région afin de déterminer l'aire de répartition du criquet marocain et les différents facteurs qui agissent sur leurs distributions. Ensuite nous avons testé l'effet de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* et *Bacillus subtilis* sur le taux de mortalité des larves du *Dociostaurus maroccanus*.

Après avoir étudié le biotope de *Dociostaurus maroccanus*, les valeurs météorologiques mesurées dans chaque station d'étude ont montré et confirmé que cette population préfère les milieux tempérés à une basse altitude et caractérisés par un cortège floristique dense et varié.

L'étude de l'effet des deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* et *Bacillus subtilis* sur la mortalité des populations de *Dociostaurus maroccanus* nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

L'effet de *Beauveria bassiana* a montré que le taux de mortalité des larves de *D. maroccanus* traités augmente en fonction du temps. Chez les larves L4, la mortalité a commencé après le 4ème jour de traitement par la dose D1 de *Beauveria bassiana*, (60%), pour atteindre 100% au 8ème jour. Par contre, pour les larves témoins, leur mortalité a commencé après le 5ème jour par un faible pourcentage pour atteindre 30% au 8ème jour.

Chez les larves traitées par le *Bacillus subtilis*, le taux de mortalité atteint 100 % au bout de 10 jours après le traitement. Mais Chez les larves L4 témoins, on a enregistré une mortalité de 15% dans le 6ème jour.

A partir des résultats obtenus, nous avons constaté que les entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Bacillus subtilis*, sont virulents sur les larves.

Cette étude a confirmé la possibilité de trouver des bioinsecticides naturels à base de *B.bassiana* ou de *B.subtilis* qui peuvent être toxiques contre *Dociostaurus maroccanus*.

- En perspectives, pour une meilleure poursuite de cette étude, il serait souhaitable d'étudier d'une façon approfondie le mode d'action de cette bactérie au niveau du corps de ce ravageur. Cette étude va permettre de produire des insecticides spécifiques, efficaces et peu pathogène pour l'homme et l'environnement.

Les références bibliographiques

1. **Abbassi K., Atay-Kadiri Z. et Ghaout S., 2003a** : Biological effects of alkaloids extracted from three plants of Moroccan arid areas on the desert locust. *The Royal Entomological Society, Physiological Entomology*, (28): 232-236.
2. **Abbassi K., Mergaoui L., Atay Kadiri Z., Stambouli A. et Ghaout S., 2003b** : Effet des extraits de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Zool. Baetica.*, vol. **13** et 14: 203-217. *Agronomie Tropicale* **9**, pp : 876-932.
3. **Allal-Benfekih L., 2006** : Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse de Doctorat, Inst. Nati. Agro, El Harrach, 140p.
4. **ANIRF** : Agence Nationale d'intermédiation et de régulation Foncière.
5. **Anonyme., 2002** : Problématique du criquet marocain. Note tech. Int.Nat.Prot.Végé.10 p.
6. **Anonyme., 2007** : Bilans des campagnes Nationale de lutte contre le criquet marocain. Int.Nat.Prot.Végé. 26 p.
7. **Appert J and Deuse J., 1982** : Les ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous les tropiques.
8. **Asawalam E.F., Emosairue, S. O. and Hassanali A., 2006** : Bioactivity of *Xylopiasaeiopia* (dunal) a rich essential oil constituents on maize weevil *Sitophilus zeamaismotschulsky* (Coleoptera - Curculionidae). *Electronic journal Of environmental agricultural and food chemistry*, vol. **5** (1): 1195-1204.
9. **Athamena S., Chalghem I., Kassah-Laouar A., et al., 2010** : Activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits de *Cuminum cyminum* L. *Lebanese Science Journal*, 2010, vol. **11**, no 1, p. 69-81.
10. **Awad E.W., Saadé F. E., et Hadi Amiri M., 1997** : Effect of azadirachtin on the nutrition, development and biogenic amine levels in the Eastern Death's Head hawk moth, *Acherontia styx* (Lepidoptera: Sphingidae). *Experimental Biology Online –EBO*: 2-15.
11. **Balança G. et DE Visscher M. N., 1992** : Glossaire des termes élémentaires d'acridologie et de lutte antiacridienne en Afrique sahélienne. Ed. *CIRAD/ GERDAT/ PRIFAS, Montpellier*, 157 p.
12. **Barbouche N., Hajjem B., Lognay G. et Ammar M., 2001** : Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parquii* Hérin (Solanaceae) sur la Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, vol. **5** (2): 85-90.
13. **Barson G., Renn N et Bywater A.F., 1994** : Laboratory evaluation of six species of entomopathogenic fungi for the control of the house fly (*Musca domestica* L), a pest of intensive animal units. *J. invertebr. Pathol.* **64** : pp 107-113.
14. **Bellman H., et Luquet G., 2009** : Guide des sauterelles, grillons et criquets d'Europe occidentale. Ed. Delachaux et Niestlé Sa. Paris, 383 p.
15. **Benfekih L., 1993** : Données préliminaires sur la bioécologie de la sauterelle marocaine *Dociostaurus maroccanus* (Thunb, 1815)(Orthoptera, Gomphocerinae) dans la région de Ain Boucif (W. Médéa). 1993. Thèse de doctorat. Thèse. Mag, Inst. Nati. Agro., El Harrach.
16. **Benhalima T., 1983** : Etude expérimentale de la niche trophique de *Dociostaurus maroccanus* (Thunb, 1815) en phase solitaire au Maroc. Thèse Doc. Ing, Univ. ParisSud, 178 p.

17. **Benhalima T., Gillon Y et Louveaux A., 1984** : Utilisation des ressources trophiques par *Dociostaurus maroccanus* (thunberg, 1815) (Orthop. Acrididae). choix des espèces en fonction de leur valeur nutritive. Acta. Oecol., Gener. 5(4).
18. **Benkenana N., 2006** : Analyse boisystématique, écologique et quelque aspect de la biologie des espèces acridiennes d'importance économique dans la région de constantine, Algérie thèse Majistère.Univ., Constantine.196 p.
19. **Bensaad H., 1999** : Activité biologique de *Beauveria bassiana* Bals. (Hyphomycètes, Deuteromycotinae) sur *locusta migratoria* Linné, 1958 (Orthoptera, Acrididae). Etude de l'influence de la température sur la croissance mycélienne, la sporulation et le cycle biologique de cet hyphomycète. Mém. Ing. Agro., Inst. Nati. Agro., El-Harrach, Alger, 98 p.
20. **Benzara A., 2004** : Polymorphisme géographique de l'espèce *Calliptanus barbarus* (Costa, 1836) (Orthoptera : Acrididea) en Algérie. Thèse Doct. État en Scien. Agro., Inst. nat. agro. d'El-Harrach, 154 p.
21. **Berradj F. et Khoudi S., 2005** : Etude de la toxicité de deux espèces bactériennes vis-à-vis des larves de *S. gregaria* (Orthoptera, Acrididae). Mém D.E.S. UMBB, Boumerdes, 112p.
22. **Bouhairi S., 2017** : *Bacillus subtilis*: Caractères et applications. 2017. Thèse de doctorat.
23. **Brahimi D., 2015** : Bio-écologie et régime alimentaire des principales espèces d'Orthoptères dans la région de Naâma. Thèse de doctorat.
24. **Brahmi K., 1998** : Etude préliminaire de l'activité biologique d'une Actinomycetale Bacillaceae, *Bacillus subtilis* sur *Locusta migratoria* (Orthoptera, oedopodinae) au laboratoire. Mém. Ing. I.N.E.S, Blida, 60p.
25. **Brinkman M.A., Fueller B.W. and Hill M.B., 1997** : Effect of *Beauveria bassiana* on migratory grasshoppers (Orthoptera, Acrididae) and nontarget yellow mealworms (Coleoptera : Tenebrionidae) in spray tower bioassays. J. Agri. Entomol., Vol. 14, n°2, pp : 121 – 127.
26. **Chaouch A., 2009** : Etats phasaires de *Dociostaurus maroccanus* Thunberg, 1815 (Acrididae, Gomphocerinae). Thèse de doctorat. 2009.
27. **Chara B., 1995b** : Polymorphisme phasaire chez les acridiens. Stage de formation de lutte antiacridienne. Ed. I.N.P.V-O.A.D.A., Alger, pp:1-4.
28. **Chara M., 2017** : Contribution à l'étude des orthoptères dans une région saharienne (Cas de la région de Ouargla). 2017. Thèse de doctorat.
29. **Chararas C., 1980** : Ecophysiologie des insectes parasites des forêts. Ed. L'auteur, Paris, 297p.
30. **Chopard L., 1938** : La biologie des orthoptères. Encyclopédie. Ed. *Paul le chevalier*, 511p.
31. **Chopard L., 1943** : Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. Ed. *Librairie Larose*, Paris, coll. « Faune de l'empire français », TI, 450 p.
32. **Dajoz R., 1971** : Précis d'écologie. Ed Dunod. Paris, 433p.
33. **Dajoz R., 1985** : Précis d'écologie. Ed. Dunod., Paris, 505 p.
34. **Delgado F.X., Britton J.H., Lobo-Lima M.L., Razafindratiana E. and Swearingen W., 1997** : Small-scale field trials with entomopathogenic fungi against *Locusta migratoria* capito in Madagascar and *Oedalus senegalensis* in Cape Verde. New stratég. Locus. Contr., Verlag, pp: 171 – 176.

35. **Doumandi-Mitiche B., Doumandji S. et Benfkih L., 1992** : Données préliminaires sur la bioécologie de la sauterelle marocaine *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) à Ain Boucif (Médéa – Algérie). Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent., 57/3a, pp 659-665.
36. **Doumandi-Mitiche B., Doumandji S. et Benfkih L., 1992** : Données préliminaires sur la bioécologie de la sauterelle marocaine *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) à Ain Boucif (Médéa – Algérie). Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent., 57/3a, pp 659-665.
37. **Doumandji S., et Doumandji-Mitiche B., 1994** : Criquets et sauterelles (Acridologie). Ed. Off. Publ. Univ., Alger, 99p.
38. **Doumandji-Mitich B., Halaoune F., Bissaad F., Haddadj F., Mohand-Kaci H., et Doumandji S., 1998** : Comparaison de l'efficacité de *Beauveria bassiana*, *Metarhysium anisoptiae* et *Bacillus sllbtili*. Sur les oeufs, les cinq stades larvaires et les adultes de *Schistocerca greguria* (Orthoptera, Acrididae), *IV ème Conference International Francophone d'Entomologie*, SaintMalo.
39. **Doumandji-Mitiche B., Halouane F., Bensaad H., Bissaad F.Z. et Cherief A., 1999** : The efficiency of *Beauveria bassiana* (Bals.) against *Locusta migratoria* and *Schistocerca gregaria* (Orthoptera,Acrididae). Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent., 64/3a, pp: 205 – 209.
40. **Dreux P., 1980** : Précis d'écologie. Ed. Presse Univ. France., Paris, 231 p.
41. **DSA** : Direction des Services agricoles.
42. **Durant J.F., Launois M., Launois- Luong M. H. et Lecoq M., 1982** : Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche (2 vols). *Groupement d'Étude et des Recherches pour le Développement de l'Agronomie Tropicale* (G.E.R.D.A.T.), Paris 1496 p.
43. **Durant J.F., Launois M., Launois- Luong M. H. Rachadi T., et Lecoq M., 1987** : Guide antiacridien du sahel. Min. Coop. Dev., Ed. *CIRAD-PRIFAS, Montpellier*, 344 pp.
44. **Durant, Jean-François, Monard, Annie, et Morales, Ricardo Solano., 2006** : Contribution à l'étude de la bio-écologie de deux locustes péruviens, *Schistocerca cf. interrita* Scudder 1899 et *Schistocerca piceifrons* peruviana Lynch Arribalzaga 1903 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae). *Journal of Orthoptera Research.*, vol. **15**, no 2, p. 157-169.
45. **El Ghadraoui L., Petit D. & El Yamani J., 2003** : Le site Al-Azaghar (Moyen-Atlas, Maroc): un foyer grégarigène du criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* (Thunb., 1815). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, 2003, vol. **25**, p. 81-86.
46. **Greathead D. J., Kooyman C., Launois –Luong M. M., et Popov G. B., 1994** : Les ennemies naturelles des criquets au Sahel. *Collection Acridologie Opérationnelle n°8, CIRAD/PRIFAS, Montpellier*, 147 p.
47. **Hadj Amar K., 2012** : Étude de la toxicité des extraits foliaires de *Cleome arabica*. (Capparidaceae) sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae). Thèse de doctorat.
48. **Halouane F., 2008** : Recherche fondamentale sur l'entomothogène *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill.(Ascomycota: Hypocreales). 2008. Thèse de doctorat. INA.
49. **Hamadi K. 1998** : Bioécologie de faune orthoptérologique en Mitidja, étude de l'activité biologique d'extraits de plantes acridifuges sur *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804) (Orthoptera- Acrididae). Thèse magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, 197 p.

50. **Hassani F., 2013** : Etude des Caelifères (Orthoptères) et caractérisation floristique (biodiversité floristique) de leur biotope dans des stations localisées à Tlemcen et Ain Temouchent. 2013. Thèse de doctorat.
51. **Hunter D.M., 2005** : Mycopesticides as part of integrated pest management of locusts and grasshoppers. *Journal of Orthoptera Research*, **14**(2). pp: 197-201.
52. **INPN** : Instituts nationale de patrimoine national.
53. **Kaidi N., 2004** : Effet de la température et des milieux de cultures sur *Beauveria bassiana* Bals. (Hyphomycètes, Deuteromycotina). Activité biologique de cet entomopathogène vis-à-vis des imagos de *Schistocerca gregaria* (Forskäl, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae). Mémoire Ing., Inst. Nati. Agro., El Harrech, 115 p.
54. **Kane C.M.H., Sakho B.L., et Wilps H., 2007** : Comparaison de la virulence de deux souches de *Metarhizium anisopliae* var *acridum* sur le Criquet Pèlerin, *Schistocerca gregaria* et l'effet de la température sur leur efficacité. *The African Association Of Insect Scientists*. 17 ème Conférence de l'Association Africaine des Antomologistes. Université Cheikh Anta Diop - Dakar, Fann, Senegal.
55. **Kara F.Z., 1997** : Etude de quelques aspects écologie et régime alimentaire de *Schistocerca grégaria* (Forskal, 1775) (Orthoptera , Cyrtacanthacridinae) dans la région d'Adrar et en conditions contrôlées. Thèse Magister Scie. Agro. Inst. Nat. Agro, El-Harrach, 182 pp.
56. **Kevan D. K., 1992** : Les agents de lutte biologique existant et potentiels contre les Orthoptéroïdes nuisibles. Ed. Geatenmorin, Québec, 221 p
57. **Khoudour A., 1994** : Bio-écologie des Orthoptères dans trois stations d'étude de la région de Bordj-Bou-Arreridj. Thèse de doctorat. Thèse de Magister, INA El-Harrach.
58. **Kouassi M., 2001** : de. Les possibilités de la lutte microbiologique. Emphase sur le champignon entomopathogène *B. bassiana*. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 2001, vol. 2, no 2.
59. **Lacousiere J. O. et Boisvert J., 2004** : Le *Bacillus thuringiensis israelensis* et le contrôle des insectes piqueurs au Québec. Ministère de l'Environnement. Envirodoq no ENV/2004/0278, 101 p. -
60. **Latchininsky A.V., et Launois-Luong M. H., 1992** : Le Criquet marocain, *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815), dans la partie orientale de son aire de distribution. Etude monographique relative à l'ex-URSS et aux pays proches. # CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier / VIZR : Saint-Pétersbourg, 270 p.
61. **Launois-Luong M.A ; Launois M. et Rachadi T., 1988**. La lutte chimique contre les criquets du Sahel. Coll. Acrid. Operat. No 3, Ed. Cirad/Prifas, Montpellier, 125 pp.
62. **Lazare K., Haubruge E., Destain J., Thonart P., Lienard V. et Gaspar C., 1996** : Utilisation de *Bacillus subtilis* comme insecticide à l'égard de *Drosophila melanogaster* (MEIGEN). *Med. Fac. Landbouwen*, 61(3a): 887893
63. **Le Gall P., 1989** : Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoidea (Orthoptera). *Bull. écol. T.* 20 : 245 – 261.
64. **Lecoq M., 1978** : Biologie et dynamique d'un peuplement acridien de zone soudanienne en Afrique de l'ouest (Orthoptera-Acrididae). *Annls. Soc. Ent. Fr. (N.S)* 14(4), pp.603 - 681.

65. **Lomer C.j. et Prior C., 1992** : Lutte biologique contre les acridiens. Comptes rendus Inst. Nat. Agri. Trop. Cotonou : 97-88.
66. **Louveaux A. et BENHALIMA T., 1987** : *Catalogue des orthopteres Acridoidea d'Afrique du nord. Ouest. Bull. Soc. Ent., France, T. 91, n° (3 – 4), pp : 73 – 87.*
67. **Mathias de Kouassi., 2001** : « Les possibilités de la lutte microbiologique », VertigO - *la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 2 Numéro 2 | octobre 2001, mis en ligne le 01 octobre 2001, consulté le 17 juin 2018.
68. **Medane A., 2014** : Etude bioécologique et régime alimentaire des principales espèces d'Orthoptères de la région d'Ouled Mimoun (Wilaya de Tlemcen). 2014. Thèse de doctorat.
69. **Mesli L., 1997** : Contribution à l'étude bioécologique de la faune orthoptérologique de la region de Ghazaouat. Regime alimentaire de *Calliptamus barbarus* (costa, 1836). Thèse. Mag. Inst. Bio., Tlemcen, 93 p.
70. **Messaiaid R & Mehdadi N., 2017** : Synthèse des travaux sur les orthoptères dans la région de Souf. 2017. Thèse de doctorat.
71. **Mohand-Kaci 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). *Entomol Gener*, **33** (4): 289-300.
72. **MOHAND-KACI H., 1998** : Etude de la toxicité de *Bacillus subtilis* (Sporulale, Bacillaceae) sur les cinq stades larvaires et les imagos de *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, Acrididae). Effet sur la respiration et le rythme cardiaque. Mém.Ing. Ins. Nat.Agro, El Harrach, 89p.
73. **MOHAND-KACI H., 2012** : Evaluation de l'impact biologique de quelques souches locales de *Bacillus* sp. Et *Pseudomonas spp.* Fluorescents vis-à-vis du criquet migrateur *Locusta migratoria cinerascens* (Oedopodinaen : Acrididae). Thèse de Doctorat, Ecole. Nat. Agro. El Harrach, Alger, 172p. -
74. **Moumene K., Ammar M., Barbouche N., Hajjem B., et Benhamouda M. H., 2001** : Identification d'un composé de la matière spumeuse responsable de la grégarisation chez le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Orthoptera – Acrididae). Ann. I.N.R.A.T., Tunisie, n°74, pp : 99 – 111.
75. **Ould Ahmadou M. L., Bouaichi A. et Idrissi Hassani L. M., 2001** : Mise en évidence du pouvoir répulsif et toxique de *Glinuslitoides* (Aizoaceae) sur les larves du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera –Acrididea). *Zool. Beatica*, vol. **12**: 109-117.
76. **Ould EL Hadj M. D., Tankari Dan-Badjo A., Halouane F. et Doumandji S., 2006** : Toxicité comparée des extraits de trois plantes acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae). *Sécheresse*, vol. **17**(3): 407-414
77. **Oulebsir-Mohandkaci H., Doumandji-Mitiche B., et Behidj N., 2015** : Evaluation de la toxicité de *Pseudomonas fluorescens* et *Bacillus sphaericus* à l'égard du criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758). *Nature & Technology*, 2015, no 12, p. 98.
78. **Pasquier R., 1934** : Contribution à l'étude du criquet marocain *D. maroccanus* (Thunberg, 1815) en Afrique mineure. Ext. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord, pp. 167-200
79. **Pasquier R., 1937** : Le criquet marocain en Algérie. Les recherches scientifiques récentes et leur répercussion sur la lutte rationnelle. *Agrid.*, n°53. 1-14.

80. **Popov G. B., Duranton J.F. et Gigaul T.J., 1991** : Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskel, 1775) en Afrique nord occidentale.
81. **Popov G. B., Launois-Luong M. H, & Van Der W., Jaap Jan., 1990** : Les oothèques des criquets du Sahel. *CIRAD-PRIFAS*, 1990.
82. **Raccaud-Schoeller J., 1980** : La reproduction. Les insectes: physiologie, developpement. Masson, Paris , p. 195-231.
83. **Rachadi T., 1990** : Promesses et limites des insecticides chimiques en lutte antiacridienne. *Phytoma*, (421) : 53-59.
84. **Rachadi T., 1991** : Précis de lutte anti-acridienne : la pulvérisation des pesticides. Min. Coop. Dev., Ed. *CIRAD-PRIFAS, Montpellier*, 312 pp.
85. **Rahmani N. et Kais S., 2005** : Evaluation de l'impact biologique de *Bacillus subtilis* et *Bacillus thuringiensis* vis-à-vis des larves de *S. gregaria* (Orthoptera, Acrididae). Mém D.E.S. UMBB, Boumerdes.
86. **Ramade F., 1984** : Elément d'écologie – Ecologie fondamentale. Edit.Mac.Graw.Hill, Paris.P397.
87. **Ramade F., 1994** : Elément d'écologie – Ecologie fondamentale. Ed. Science internationale, 579 p.
88. **Regnault J.P., 2002** : Eléments de microbiologie et d'imminologie. Ed. Décarie, 601p.
89. **Remaudiere G., 1954** : Etude écologique de *Locusta migratoria migratorioides* R. et F. (Orth. Acrididae) dans la zone d'inondation du Niger en 1950. *Locusta* 2.
90. **Roffey J., 1993** : Caractéristiques des débuts de recrudescence du criquet pèlerin. Lutte contre le criquet pèlerin par les techniques existantes, évaluation des stratégies. Compte rendu du séminaire de Wageningen Pays Bas 6-11 décembre 1993, pp. 57-64
91. **Scherer R. and Celestin H., 1997** : Resistance of benzoylureas in the control of migratory locust *Locusta migratoria* capito (Sauss) in Madagascar, pp. 129-136,
92. **Sellami, S., 2012** : Contribution à l'étude de la faune Orthoptérique. 2012. Thèse de doctorat.
93. **Soumia B., 2017** : Contribution à l'étude de la faune orthoptérologique de la région d'Ain Youcef (Tlemcen): Régime alimentaire de *Calliptamus barbarus*. Thèse de doctorat.2017.
94. **Stephan D., Welling M., et Zimmermann G., 1997** : Locust control with *Metarhizium flavoviride*: New approach in the development of biopreparation based onblastospores. New strategies in locust control, Birkhäuser verlage, Basel/ Switzerland, pp: 151-158.
95. **Tetefort J. P. et Wintrebert D., 1963** : Eléments d'Acridologie pratique à Madagascar.
96. **Tetefort J. P. et Wintrebert D., 1967** : Ecologie et comportements du criquet nomade sud-ouest Malgache. *Annale de la société entomologique de France*, 3(N.S.) :3-30
97. **Tirchi N., 2008** : Effet de trois dérégulateurs de croissance des insectes (IGRs) sur les larves de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae). 2008. Thèse de doctorat. INA.
98. **Touati M., 1996** : Bioécologie des Caelifères de « Type de milieu à Birhadem utilisation de *Melia azedaragh* Contre genre Ailopus. Thèse. Mag. Inst. Nat. Agro., El Harrach, 134 p.
99. **Tounoua.K., Kooyman C., Douro-Kpindou O.K., et Poehling H.M., 2008** : Interaction between *Paranosema locustae* and *Metarhizium anisopliae* var. acridum, two pathogens of the desert locust, *Schistocerca gregaria* under laboratory conditions. *Journal of Invertebrate Pathology* 97, pp : 203–210.

100. **Uvarov B.P., 1977** : Grasshoppers and Locusts. *A Handbouk of general cridology*. Vol. **2**. CambridgeUniv. Press, 613 p.
101. **Welling M., Zelazny B., Sherer R., et Zimmerman G., 1995** : First record of the entomopathogenic fungus *Sorospora* sp (Deuteromycotina, Hyphomycetes) in *Locusta migratoria* (Orthoptera, Acrididae) from Madagascar. *Biocontrol Science echnology* **5**, pp: 465-474
102. **West R. J., Thompson D., Sundaram K.M., Sundaram A., Retnakaran A. et Mickle R., 1997** : Efficacy of aerial applications of *Bacillus Thuringiensis* Berliner and tubufenozide against the eastern hemlock looper (Lepidoptera : Geometridae). *Rev. Canad. Entomo, Canada*, 129 : 613-626.
103. **Zimin L. S et Reïkhardt A., 1938** : Les Pontes des acridiens, morphologie, classification et écologie. *Académie des sciences de l'URSS*, 1938.
104. **Zimmerman G., Zelazny B., Klespigs R., et Welling M., 1994** : Biological control of African locusts by entomopathogenic micro-organisms. In new trends in locust control, pp : 127138, ed. Skrall. H. Wilps, Eschborn, Germany, 182 p.
- 105. Sites web :**
106. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/4091> ; DOI : 10.4000/vertigo.4091
107. *Catalogue of Life* (<http://lsid.speciesfile.org/urn:lsid:Orthoptera.speciesfile.org:TaxonName:63106>)
108. **INPN** : <https://fauna-eu.org>).
109. <http://jardifaune.canalblog.com/archives/2013/08/08/27803243.html>
110. https://www.animateurnature.com/Pages_orthopteres/guide_orthopteres_1.html
111. <https://fr.climate-data.org/location/3596/>

Annexes

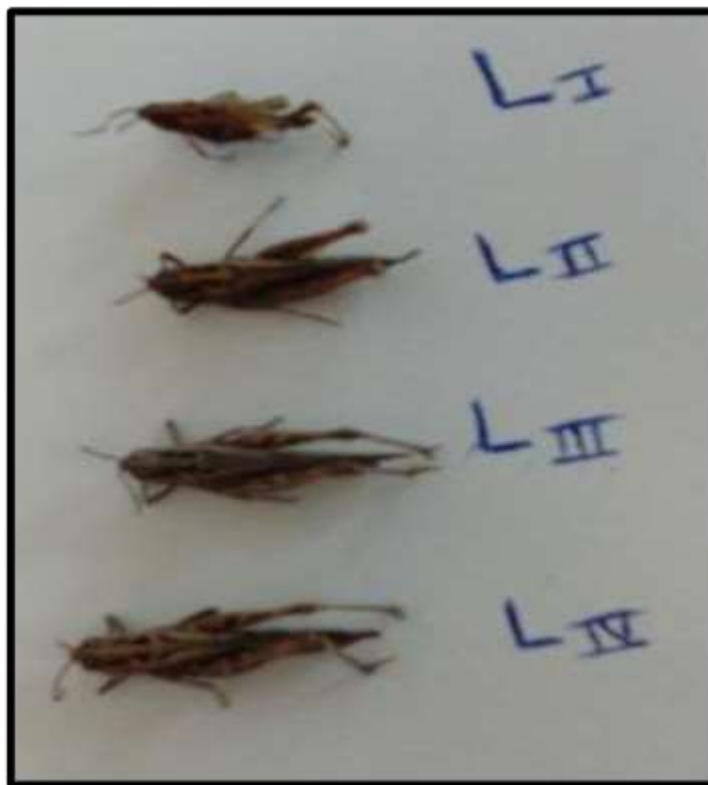
Annexe 1 : Larve de 3^{ème} stade de *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815).**(Photographie Original, 2018).**



Annexe 2 : Oothèque d'un criquet trouvée dans la région de M'sila (Dehahna). **(Photographie Original, 2018).**



Annexe 3 : les différents stades larvaires de *Dociostaurus maroccanus*. (Photographie Original, 2018)



Annexe 4 : La mue entre les stades larvaires des orthoptères. (Photographie Original, 2018).



Annexe 5 : le nombre d'individus de *Dociostaurus maroccanus* / m² prélevés dans les stations d'étude.

Stations	L1	L2	L3	L4	moyenne
El Hammadia	1	4	6	6	4,25
El Euch	1	4	4	5	3,5
Ghafsitane	0	4	4	6	3,5
Ouled Brahem	0	0	2	3	2,25
Ain Taghrout	0	3	3	6	3
Texter	0	0	1	2	0,75
Khelil	0	0	2	3	1,25
El Achir	0	0	4	6	2,5
Mansoura	2	4	4	5	3,75

Annexe 6 : comparaisons multiples des moyens entre les stations d'études

Comparaisons multiples

Variable dépendante: individus
LSD

(I) stations	(J) stations	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Borne supérieure
El Hamadia	El Ach	19,167	11,640	,107	-4,28	42,61
	ghafsitan	18,333	11,640	,122	-5,11	41,78
	Ouled Brahem	52,833*	11,640	,000	29,39	76,28
	Tixter	42,667*	11,640	,001	19,22	66,11
	Ain taghrout	3,667	11,640	,754	-19,78	27,11
	Khellil	44,000*	11,640	,000	20,56	67,44
	El Achir	30,167*	11,640	,013	6,72	53,61
	Mansoura	4,000	11,640	,733	-19,44	27,44
El Ach	El Hamadia	-19,167	11,640	,107	-42,61	4,28
	ghafsitan	-,833	11,640	,943	-24,28	22,61
	Ouled Brahem	33,667*	11,640	,006	10,22	57,11
	Tixter	23,500*	11,640	,049	,06	46,94
	Ain taghrout	-15,500	11,640	,190	-38,94	7,94
	Khellil	24,833*	11,640	,038	1,39	48,28
	El Achir	11,000	11,640	,350	-12,44	34,44
	Mansoura	-15,167	11,640	,199	-38,61	8,28
ghafsitan	El Hamadia	-18,333	11,640	,122	-41,78	5,11
	El Ach	,833	11,640	,943	-22,61	24,28
	Ouled Brahem	34,500*	11,640	,005	11,06	57,94
	Tixter	24,333*	11,640	,042	,89	47,78
	Ain taghrout	-14,667	11,640	,214	-38,11	8,78
	Khellil	25,667*	11,640	,033	2,22	49,11
	El Achir	11,833	11,640	,315	-11,61	35,28
	Mansoura	-14,333	11,640	,225	-37,78	9,11
Ouled Brahem	El Hamadia	-52,833*	11,640	,000	-76,28	-29,39
	El Ach	-33,667*	11,640	,006	-57,11	-10,22
	ghafsitan	-34,500*	11,640	,005	-57,94	-11,06
	Tixter	-10,167	11,640	,387	-33,61	13,28
	Ain taghrout	-49,167*	11,640	,000	-72,61	-25,72
	Khellil	-8,833	11,640	,452	-32,28	14,61
	El Achir	-22,667	11,640	,058	-46,11	,78
	Mansoura	-48,833*	11,640	,000	-72,28	-25,39
Tixter	El Hamadia	-42,667*	11,640	,001	-66,11	-19,22
	El Ach	-23,500*	11,640	,049	-46,94	-,06
	ghafsitan	-24,333*	11,640	,042	-47,78	-,89
	Ouled Brahem	10,167	11,640	,387	-13,28	33,61
	Ain taghrout	-39,000*	11,640	,002	-62,44	-15,56
	Khellil	1,333	11,640	,909	-22,11	24,78
	El Achir	-12,500	11,640	,289	-35,94	10,94
	Mansoura	-38,667*	11,640	,002	-62,11	-15,22
Ain taghrout	El Hamadia	-3,667	11,640	,754	-27,11	19,78
	El Ach	15,500	11,640	,190	-7,94	38,94
	ghafsitan	14,667	11,640	,214	-8,78	38,11
	Ouled Brahem	49,167*	11,640	,000	25,72	72,61
	Tixter	39,000*	11,640	,002	15,56	62,44
	Khellil	40,333*	11,640	,001	16,89	63,78
	El Achir	26,500*	11,640	,028	3,06	49,94
	Mansoura	,333	11,640	,977	-23,11	23,78
Khellil	El Hamadia	-44,000*	11,640	,000	-67,44	-20,56
	El Ach	-24,833*	11,640	,038	-48,28	-1,39
	ghafsitan	-25,667*	11,640	,033	-49,11	-,22
	Ouled Brahem	8,833	11,640	,452	-14,61	32,28
	Tixter	-1,333	11,640	,909	-24,78	22,11
	Ain taghrout	-40,333*	11,640	,001	-63,78	-16,89
	El Achir	-13,833	11,640	,241	-37,28	9,61
	Mansoura	-40,000*	11,640	,001	-63,44	-16,56
El Achir	El Hamadia	-30,167*	11,640	,013	-53,61	-6,72
	El Ach	-11,000	11,640	,350	-34,44	12,44
	ghafsitan	-11,833	11,640	,315	-35,28	11,61
	Ouled Brahem	22,667	11,640	,058	-,78	46,11
	Tixter	12,500	11,640	,289	-10,94	35,94
	Ain taghrout	-26,500*	11,640	,028	-49,94	-3,06
	Khellil	13,833	11,640	,241	-9,61	37,28
	Mansoura	-26,167*	11,640	,030	-49,61	-2,72
Mansoura	El Hamadia	-4,000	11,640	,733	-27,44	19,44
	El Ach	15,167	11,640	,199	-8,28	38,61
	ghafsitan	14,333	11,640	,225	-9,11	37,78
	Ouled Brahem	48,833*	11,640	,000	25,39	72,28
	Tixter	38,667*	11,640	,002	15,22	62,11
	Ain taghrout	-,333	11,640	,977	-23,78	23,11
	Khellil	40,000*	11,640	,001	16,56	63,44
	El Achir	26,167*	11,640	,030	2,72	49,61

*. La différence moyenne est significative au niveau 0.05.