الجمهوريــة الجزائريــة الديمقـراطيــة الشعبيــة
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة قاصدي مرباح -ورقلة
Université Kasdi Merbah - Ouargla

THÈSE

THÈSE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT

EN SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AGRONOMIE SAHARIENNE

THÈME

Bioécologie de *Brachytrupes megacephalus* Lefèbvre, 1827 (Orthoptera, Gryllidae) et lutte biologique par l'utilisation de champignons entomopathogènes

Présentée et soutenue publiquement par :

LAKHDARI Wassima

Le 02/06/ 2015

Devant le jury composé de :

BISSATI-BOUAFIA Samia	**Professeur**	**U.K.M. Ouargla**	**Présidente**
DOUMANDJI-MITICHE Bahia	**Professeur**	**E.N.S.A. Alger**	**Promotrice**
OULD EL HADJ Med Didi	**Professeur**	**U.K.M. Ouargla**	**Rapporteur**
GUEZOUL Omar	**M.C.A**	**U.K.M. Ouargla**	**Rapporteur**
HALOUANE Fatma	**Professeur**	**U.M.B Boumerdes**	**Rapporteur**
ACHEUK Fatma	**M.C.A**	**U.M.B. Boumerdes**	**Rapporteur**

Année 2014 / 2015

A la mémoire de mon très cher oncle Lakhdari M'barak.

A mes parents qui n'ont pas cessé de m'encourager durant toute la période de mes études.

A mon cher mari Abderrahmène

A mes chers enfants

« HOUSSAM, SAFA et MAROUA »

A mes très chères filles

« HAMMI H., SOUD A. et MLIK R. »

A tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, à élaborer ce travail.

WASSIMA LAKHDARi

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie mon Dieu tout puissant de m'avoir accordée la force, le courage, et les moyens afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements et toute ma reconnaissance à l'égard de ma directrice de Thèse, Mme DOUMANDJI-MITICHE Bahia, Professeur à l'E.N.S.A, El-Herrach - Alger, non seulement pour avoir accepté de diriger ce travail, mais aussi pour son enthousiasme commutatif, sa compétence, sa patience et surtout sa disponibilité. Qu'elle trouve ici l'expression de ma profonde gratitude et l'assure de mes sentiments.

Mes sincères remerciements vont à Mme BISSATI-BOUAFIA Samia, Professeur à l'U.K.M.- Ouargla, pour l'honneur qu'elle me fait de présider le jury et d'évaluer ce travail ; qu'elle trouve ici l'expression de ma grande reconnaissance.

Ma gratitude s'adresse à Mme HALOUANE Fatima Professeur et à Mme ACHEUK Fatma Maitre de conférence « A » de l'université de Boumerdes. Je suis très sensible à l'honneur et à l'amitié qu'elles me témoignent en étant membres de ce jury.

Je remercie également M. OULED ELHAJ Mohammed Didi Professeur de l'U.k.M. Ouargla, d'avoir accepté de juger ce travail, malgré ses nombreuses préoccupations.

Je remercie Mr GUEZOUL Omar, Maitre de conférence « A » de l'U.K.M-Ouargla d'avoir accepté de siéger à ce jury.

Mes vifs et sincères remerciements vont également à mon mari Mr DEHLIZ Abderrahmene, qui m'a toujours aidée et encouragée pour préparer ce modeste travail mais aussi pour sa patience et ses orientations.

Une part importante de ce travail résulte d'une profonde collaboration avec mon équipe de laboratoire « Mlle HAMMI H., Mlle SOUD A. et Mlle M'LIK R. » à l'INRAA de Sidi Mehdi, Touggourt, qu'elles trouvent ici mes vifs et sincères remerciements pour leurs gentillesses, leurs aides précieuses,

avec beaucoup de rigueur et de patience, leurs critiques et leurs conseils éclairs m'ont été très bénéfiques.

Mes vifs remerciements vont également à Mr BENZOHRA IBRAHIM El Khalil de CRSTRA de Biskra et à Mr ALI ETTAII Professeur de l'université d'El Maoucil (Iraq) pour leur aide quant à l'étude statistique et la préparation de la publication.

Je tiens également à exprimer mes remerciements à l'ensemble du personnel de l'INRAA.

Ceux qui ont apporté une aide inestimable durant les périodes critiques de ce travail notamment pour leur aides précieuses afin d'organiser les sorties sur terrain.

Merci.

Sommaire

Dédicace
Remerciements
Liste des tableaux
Liste des figures
Introduction……..……..... 1

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE : TOUGGOURT

1.1. Situation géographique de la région d'étude……..…… **3**
1.2. Facteurs abiotiques de la région de Touggourt……...…… **4**
1.2.1. Sol……..……..….. **5**
1.2.2. Eau…...…….…… **6**
1.2.3. Caractéristiques climatiques……...……...…….…… **6**
1.2.3.1. Température..…….…… **6**
1.2.3.2. Pluviométrie……..…….…… **7**
1.2.3.3. Vent…….……...…… **8**
1.3. Synthèse climatique…… **8**
1.3.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Touggourt……...…… **8**
1.3.2. Climagramme pluviothermique d'Emberger…….…… **9**
1.4. Facteurs biotiques de la région de Touggourt……..… **10**
1.4.1. Données bibliographiques sur la flore de la région d'étude…….…. **10**
1.4.2. Données bibliographiques sur la faune de la région de Touggourt……..……. **11**

CHAPITRE II : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE : GRILLONS ET CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES

2.1. Généralités sur les grillons…….……....… **13**
2.1.1. *Brachytrupes membranaceus* (Drury)…… ……...…… **14**
2.1.2. *Brachytrupes portentosus* (Licht.)……. …… **14**
2.1.3. *Gryllus bimaculatus* (De Geer)……. ……..… **15**
2.1.4. *Gryllus campestris*…..……..... **15**
2.1.5. *Brachytrupes megacephalus*…….…… … **15**
2.1.5.1. Systématique de *Brachytrupes megacephalus*……..…….…... **15**
2.1.5.2. Morphologie de *Brachytrupes megacephalus*…….…….…… **16**
2.1.5.3. Biologie de *Brachytrupes megacephalus*…….……..… **17**
2.1.5.4. Dégâts et importance agronomique des *Brachytrupes*……..……..…… **17**
2.1.5.5. Répartition géographique de *Brachytrupes megacephalus*……...……..…… **19**
2.1.5.5.1. Dans le monde……..…… **19**
2.1.5.5.2. En Algérie…….……...… **20**
2.2. Généralités sur les champignons entomopathogènes…….……. **21**
2.2.1. Mécanisme de l'attaque…….…….…… **21**
2.2.1.1. Fixation des spores sur l'hôte…….…… **21**
2.2.1.2. Germination des spores sur la cuticule de l'hôte…….……...…… **22**
2.2.1.3. Développement du champignon à l'intérieur de l'hôte…….……..…… **22**
2.2.1.4. Quelques champignons entomopathogènes…….……...…… **23**

CHAPITRE III – MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1. Choix des stations d'étude…… 24
3.2. Méthode du transect végétal…… 24
3.3. Description des stations d'étude…… 25
3.3.1. Site de Sidi Mahdi…… 25
3.3.1.1. Caractéristiques du transect végétal dans la station de Sidi Mehdi…… 26
3.3.2. Site de Saoud…… 27
3.3.2.1. Caractéristiques du transect végétal dans le site de Saoud…… 27
3.3.3. Site de Tamma…… 29
3.3.3.1. Caractéristiques du transect végétal dans le site de Tamma…… 29
3.4. Méthodes d'échantillonnage…… 30
3.4.1. Méthodes utilisées sur terrain pour capturer des individus…… 31
3.4.1.1. Description de la méthode de submersion des parcelles…… 31
3.4.1.2. Description de la méthode d'inondation des terriers avec de l'eau…… 31
3.4.1.3. Méthode de piégeage lumineux…… 32
3.4.1.4. Description de la méthode des pots Barber…… 33
3.5. Dynamique des populations de *B. megacephalus*…… 34
3.5.1. Mesures des terriers…… 34
3.6. Méthodes d'élevage pour étudier le cycle biologique…… 35
3.6.1. Elevage dans des flacons en plastique…… 36
3.6.2. Elevage de l'insecte dans une cage pleine de sable…… 37
3.6.3. Elevage dans des flacons en verre…… 38
3.7. Méthodes utilisées au laboratoire…… 38
3.7.1. Observations au laboratoire…… 38
3.7.2. Etude du régime alimentaire…… 39
3.7.2.1. Préparation d'épidermothèque de référence…… 39
3.7.2.2. Récupération des fèces…… 40
3.7.2.3. Analyse des fèces…… 40
3.8. Exploitation des résultats…… 42
3.8.1. Pour l'étude morphométrique…… 42
3.8.1.1. Analyses statistiques (pour la morphométrie)…… 43
3.8.2. Etude du régime alimentaire adulte-larve (durant la période estivale) sur terrain…… 43
3.8.2.1. Richesse totale…… 44
3.8.2.2. Richesse moyenne…… 44
3.8.2.3. Fréquence relative des espèces végétales contenues dans les fèces…… 44
3.8.3. Préférences alimentaire au laboratoire…… 44
3.8.3.1. Analyse statistique…… 45
3.8.4. Etude de l'essai d'utilisation des champignons entomopathogènes…… 47
3.8.4.1. Isolements et identification des champignons entomopathogènes à partir des cadavres de *B. megacephalus*…… 47
3.8.4.1.1. Matériel biologique…… 47
3.8.4.1.2. Matériel fongique…… 47
3.8.4.1.2.1. Isolement…… 48
3.8.4.1.2.2. Purification…… 49
3.8.4.1.2.3. Identification…… 49
a) Aspect macroscopique…… 49
b) Aspect microscopique…… 49
3.8.4.1.2.4. Conservation des isolats…… 50

3.8.4.1.3. Essai de pathogénicité de *Fusarium* sp. sur les adultes de *B. megacephalus*…….. 50
3.8.4.1.3.1. Préparation et dosage des solutions entomopathogènes…..…… 51
3.8.4.1.3.2. Conduite du test de pathogénicité des champignons……..… 51
3.8.4.1.3.3. Etude de l'effet de *Fusarium* sp. sur la mortalité des adultes…... 52
3.8.4.1.3.4. Analyse statistique…… 52
3.8.5. Calcul du TL_{50} ……..……..

CHAPITRE IV – RESULTATS

53
4.1. Dynamique des populations de *Brachytrupes megacephalus*……..... 56
4.2. Quelques éléments de la bioécologie de *B. megacephalus*…….……..…. 60
4.3. Etude morphologique…….…….… 60
4.3.1. Aspect général des adultes……..……..…… 60
4.3.2. Tête……..…….. 61
4.3.3. Thorax……..……...…….. 62
4.3.4. Abdomen……...……..... 62
4.4. Description morphologique des différents stades de développement……...…….. 62
4.4.1. Les œufs ……..…….. 63
4.4.2. La larve du stade L1 ……...…….. 64
4.4.3. La larve du stade L2……...……..……. 65
4.4.4. La larve du stade L3……...…….. 66
4.4.5. La larve du stade L4…….. 67
4.4.6. La larve du stade L5…….. 68
4.4.7. L'imago……. 69
4.5. Etude de l'appareil digestif…….. 70
4.6. Etude du régime alimentaire de *B. megacephalus*……..……. 70
4.6.1. L'épidermothèque de référence pour l'étude du régime alimentaire……..... 79
4.6.2. L'exploitation des résultats…….…….…
4.6.2.1.La richesse totale et moyenne des espèces végétales contenues dans les fèces des mâles, femelles et stades larvaires de *B. megacephalus* des sites d'étude… 79
4.6.2.2. Recouvrement des espèces végétales sur terrain et leur présence dans les fèces des adultes de *B. megacephalus*……..… 83
4.6.2.2.1. Site de Sidi Mahdi (INRAA)……. 85
4.6.2.2.2. Site de Saoud ……..…..…… 87
4.6.2.2.3. Site de Tamma…….……..… 90
4.6.3. Etude qualitative du régime alimentaire de *B. megacephalus* dans les trois sites.… 90
4.6.3.1. Fréquence relative des espèces végétales contenues dans les fèces…….. 90
4.6.3.1.1. Site de Sidi Mehdi (INRAA) ……..…..… 94
4.6.3.1.2. Site de Saoud…….… 97
4.6.3.1.3. Site de Tamma…….…….…. 98
4.6.3.2. Préférence alimentaire au laboratoire…….……..
4.7. Isolement et identification des champignons entomopathogènes à partir des adultes de *B. megacephalus*…..…….…… 99
4.7.1. Aspect macroscopique et microscopique des isolats…….…… 100
4.7.1.1.*Metarhizium anisopliae*…...……... 100
4.7.1.2.*Penicillium* sp……...…….. 101
4.7.1.3.*Aspergillus niger*……..…….. 101
4.7.1.4.*Aspergillus flavus*……...……. 102
4.7.1.5.*Beauveria bassiana* ……...…….…... 102
4.7.1.6.*Fusarium* sp. ……...…….….. 103
4.7.2. Le choix de *Fusarium* sp agent de la lutte biologiqu.…….…... 103

4.7.2.1 Symptomologie…… **104**
4.7.3. Etude de l'effet de *Fusarium* sp. sur la mortalité de *B. megacephalus*..…… **106**
4.7.2.2. Le TL50…….

Chapitre V – Discussions

108
5.1. Dynamique des populations……..…….. **109**
5.2. Quelques éléments de la bio-écologie de *B. megacephalus*……..……..... **110**
5.3. Etude morphologique……..... **111**
5.4. Etude du régime alimentaire de *B. megacephalus*……...
5.5. Isolement et identification des champignons entomopathogènes à partir des adultes de **114**
B. megacephalus…….. **114**
5.6. L'effet de *Fusarium* sp. sur la mortalité de *B. megacephalus*..…….....
116
Conclusion ……..... **119**
Références bibliographiques……...
Annexes
Résumé
Publications

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Analyses physico-chimiques du sol de la station de Sidi Mehdi (Touggourt)	5
2	Températures (C°) mensuelles moyennes, minima et maxima enregistrées en 2014 dans la région de Touggourt	7
3	Précipitations mensuelles (mm) enregistrées durant l'année 2014 dans la région de Touggourt	7
4	Vitesse moyennes des vents (m/s) enregistrées en 2014 dans la région de Touggourt	8
5	Espèces végétales recensées dans la station expérimentale de Sidi Mahdi et leurs taux de recouvrements.	25
6	Espèces végétales recensées dans le site de Saoud et leurs taux de recouvrements.	27
7	Espèces végétales recensées dans le site de Tamma et leurs taux de recouvrements.	29
8	Tableau de référence de désignation des stades larvaires	43
9	Dimensions des terriers de *B. megacephalus* (Juin-Aout)	54
10	Dimensions des terriers de *B. megacephalus* en automne (septembre)	55
11	La richesse totale et moyenne des espèces végétales contenues dans les fèces des mâles, des femelles et des larves de *B. megacephalus* dans les stations d'étude.	79
12	Taux de recouvrement des espèces végétales sur terrain et leur présence ou absence dans les fèces de *B. megacephalus* dans la station de Sidi Mehdi	83
13	Taux de recouvrement des espèces végétales sur le terrain et leur présence ou absence dans les fèces de *B. Megacephalus* dans le site de Saoud	85
14	Taux de recouvrement des espèces végétales sur le terrain et leur présence ou absence dans les fèces de *B. megacephalus* dans le site de Tamma.	87
15	Fréquence relative des espèces végétales présentes dans les fèces des mâles de *B. megacephalus* (Station de Sidi Mehdi)	90
16	Fréquence relative des espèces végétales présentes dans les fèces des femelles de *B. megacephalus* (Station de Sidi Mehdi)	92
17	Fréquence relative des espèces végétales présentes dans les fèces des mâles de *B. megacephalus* (site Saoud)	95
18	Fréquence relative des espèces végétales présentes dans les fèces des femelles de *B. megacephalus* (site Saoud)	96
19	Fréquence relative des espèces végétales présentes dans les fèces des larves de *B. megacephalus* (siteTamma)	97
20	Analyse statistique des taux de consommation	99
21	Effet de deux doses de *Fusarium* sp. sur la mortalité des adultes de *B megacephalus*.	105
22	Logarithme décimal du temps et probits des pourcentages de mortalité par D1 et D2 de *Fusarium* sp. sur *Brachytrupes megacephalus*	106

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
1	Situation géographique de la région de Touggourt	4
2	Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Touggourt en 2014	9
3	Place de la région de Touggourt dans le Climagramme d'Emberger (2005-2014)	10
4	Répartition géographique de *Brachytrupes megacephalus* dans le monde (Carte réalisée à partir des données bibliographiques).(Originale 2014).	19
5	Répartition géographique de *Brachytrupes megacephalus* en Algérie (Carte réalisée partir des données bibliographiques) (Originale 2014).	20
6	Transect végétal de la station expérimentale de Sidi Mahdi (Originale 2014).	26
7	La station expérimentale de Sidi Mahdi (Originale 2014).	26
8	Transect végétal du site de Saoud (Originale 2014).	28
9	Site de Saoud(Originale 2014).	28
10	Transect végétal du site de Tamma (Originale 2014).	30
11	Site de Tamma (Originale 2014).	30
12	Submersion des parcelles pour faire sortir les individus de *B. megacephalus* de leurs terriers (Originale 2014)	31
13	Méthode de capture de *B. megacephalus* par inondation des terriers avec de l'eau (Originale 2014).	32
14	Méthode de piégeage lumineux de *B. megacephalus* (Originale 2014).	32
15	Regroupement des individus de *B. megacephalus* (Originale 2014)	33
16	Pots Barber (Originale 2014)	33
17	Terrier de *Brachytrupes megacephalus* (Originale 2014)	34
18	Mesure des terriers A : largeur du terrier ; B : hauteur ; C : profondeur). (Originale 2014)	35
19	Combat entre les individus de *B. megacephalus* (Originale 2014)	36
20	Phénomène de cannibalisme chez *B. megacephalus (*A : des adultes se cassent les pattes ; B : partie du mâle dévoré). (Originale 2014).	36

21	**Elevage des adultes de *B. megacephalus* dans des récipients en plastique (Originale 2014)**	**37**
22	Apparition des trous noirs sur le corps de *B. megacephalus* (Originale 2014)	**37**
23	Elevage de *B. megacephalus* dans une cage pleine de sable (Originale 2014)	**38**
24	Elevage des adultes de *B. megacephalus* dans des flacons en verre (Originale 2014)	**38**
25	Récupération des fèces de *B. megacephalus* (Originale 2014)	**40**
26	Réalisation d'une épidermothèque de référence et analyse des fèces (Originale 2014)	**41**
27	Largeur de la tête et de l'espace interoculaire de *B. megacephalus* (Originale 2014)	**42**
28	Longueur du pronotum de *B. megacephalus* (Originale 2014)	**42**
29	Longueur du fémur de *B. megacephalus* (Originale 2014)	**42**
30	Longueur du corps de *B. megacephalus* (Originale 2014)	**42**
31	Méthode d'estimation de la préférence alimentaire au laboratoire (Originale 2014)	**46**
32	Aspect des adultes de *B. megacephalus* attaqués par des champignons entomopathogènes (A : *Beauveria bassiana* ; B : *Metharizium anisopliae* ; C : *Aspergillus flavus* ; D : *Fusarium* sp.; E : *Aspergillus niger* ; F : *Penicillium* sp) (Originale 2014)	**48**
33	Terrier et trou d'entrée des galeries de *B. megacephalus* caché par le sable (A : Terrier; B : trou d'entrée caché par le sable) (Originale 2014)	**53**
34	Profondeur du terrier de *B. megacephalus*(Originale 2014)	**54**
35	Dynamique des populations de *B. megacephalus* par comptage des terriers dans les trois sites (Originale 2014)	**55**
36	A : Dissection d'une femelle mature, B : Ovocytes de l'ovariole1 ; C : Ovocytes de l'ovariole 2. (Originale 2014)	**56**
37	Mâle de *B. megacephalus* qui rejette son spermatophore (Originale 2014)	**57**
38	Spermatophore d'un mâle mature de *B. megacephalus*. (Originale 2014)	**57**
39	Cycle biologique de *B. megacephalus* (Originale 2014)	**58**

40	**Différents stades larvaires de *B. megacephalus* (Originale 2014)**	**59**
41	Larve de *B. megacephalus* en pleine mue (Originale 2014)	**59**
42	Exuvie de la troisième mue larvaire de *B. megacephalus* (Originale 2014)	**60**
43	Tète de *B. megacephalus* femelle (Originale 2014)	**61**
44	Adultes mâles de *B. megacephalus* (A : Face dorsale, B : ventrale) (Originale 2014)	**62**
45	Œufs de *B. megacephalus* **(A**: amas d'Œuf; **B** : un seul Œuf). (Originale 2014)	**63**
46	Larve du stade L1 de *B. megacephalus* (**A:** Vue ventrale; **B:** Vue dorsale; **C:** Tête). (Originale 2014)	**63**
47	Extrémité abdominale d'une L1 future femelle et L1 future mâle de *B. megacephalus* (Face ventrale). (Originale 2014)	**64**
48	Face dorsale de la larve du stade L2 de *B. megacephalus* (Originale 2014)	**64**
49	Extrémité abdominale d'une L2 future femelle et L2 future mâle de *B. megacephalus* (Face ventrale). (Originale 2014).	**65**
50	L3 de *B. megacephalus* (Originale 2014)	**65**
51	Extrémité abdominale d'une L3 future femelle et L3 future mâle de *B. megacephalus* (Face ventrale). (Originale 2014)	**66**
52	Larve du stade L4 de *B. megacephalus.* (Originale 2014)	**66**
53	Extrémité abdominale d'une L4 future femelle et L4 future mâle de *B. megacephalus* (Face ventrale)**.** (Originale 2014)	**67**
54	Larve du stade L5 de *B. megacephalus.* (Originale 2014)	**67**
55	Extrémité abdominale d'une L5 future femelle et L5 future mâle de *B. megacephalus* (Face ventrale) (Originale 2014)	**68**
56	Imago femelle de *B. megacephalus* (A : Face dorsale ; B : extrémité abdominale face ventrale(X10). (Originale 2014)	**68**
57	Imago mâle de *B. megacephalus* (A : Face dorsale ; B : extrémité abdominale face ventrale (G : X10). (Originale 2014)	**69**
58	A : Appareil digestif de l'adulte de *B. megacephalus* ; B: Coupe longitudinale de Gésier (G : X10). (Originale 2014)	**69**

59	(A, B, C, D, E, F, G, H, I) Epidermothèque de référence des plantes recensées dans les trois sites d'étude et d'autres plantes trouvées dans la région de Sidi Mehdi (G : X 40) (Originale 2014).	**70**
60	(A, B) Détermination des espèces végétales contenues dans les fèces de *Brachytrupes megacephalus* de la station de Sidi Mehdi en comparaison avec celles de l'épidermothèque de référence (G : X 40) (Originale 2014).	**84**
61	Détermination des espèces végétales contenues dans les fèces de *Brachytrupes megacephalus* dans le Site de Saoud en comparaison avec celles de l'épidermothèque de référence (G : X 40). (Originale 2014).	**86**
62	(A, B) Détermination des espèces végétales contenues dans les fèces de *Brachytrupes megacephalus* dans le site de Tamma en comparaison avec celles de l'épidermothèque de référence. (G : X 40) (Originale 2014).	**89**
63	Fréquences relatives des espèces végétales présentes dans les fèces des individus mâles de *B. megacephalus* (Station de Sidi Mehdi).	**92**
64	Fréquences relatives des espèces végétales présentes dans les fèces des individus femelles de *B. megacephalus* (Station de Sidi Mehdi).	**94**
65	Fréquences relatives des espèces végétales présentes dans les fèces des individus mâles de *B. megacephalus* (site Saoud).	**95**
66	Fréquences relatives des espèces végétales présentes dans les fèces des individus femelles de *B. megacephalus* (site Saoud).	**96**
67	Fréquences relatives des espèces végétales présentes dans les fèces des larves de *B. megacephalus* (site Tamma)	**68**
68	Taux de consommation de *B. megacephalus* (Originale 2014).	**99**
69	**A:** Aspect macroscopique et B: Aspect microscopique de *Metharizium anisopliae* (G: X 40) (Originale 2014).	**100**
70	Aspect macroscopique et B : Aspect microscopique de *Penicillium* sp. (G: X 40). (Originale 2014)	**101**
71	**A :** Aspect macroscopique et B : Aspect microscopique de *Aspergillus niger* (G : X 40) (Originale 2014)	**101**
72	**A :** Aspect macroscopique et B : Aspect microscopique d'*Aspergillus flavus* (Originale 2014) (X40)	**102**
73	**A:** Aspect macroscopique **B:** Aspect microscopique de *Beauveria bassiana* sp (G: X 40).(Originale 2014).	**102**

74	**A : Aspect macroscopique et B : Aspect microscopique de *Fusarium* sp. (G : X 40) (Originale 2014)**	**103**
75	Aspect de *Brachytrupes megacephalus* après traitement avec *Fusarium* sp (A: Attaque la tête ; B: Attaque le pronotum et partie abdominale) (Originale 2014).	**104**
76	Aspect de *Brachytrupes megacephalus* après traitement avec *Fusarium* sp (A : Attaque la tête ; B : Attaque le pronotum et partie abdominale) (Originale 2014).	**104**
77	Taux de mortalité des adultes de *B.megacephalus* traité par *Fusarium* sp. (Originale 2014).	**105**
78	Efficacité de *Fusarium* sp. dans le temps vis-à-vis des adultes de *B. megacephalus* traitées par D1(Originale 2014).	**107**
79	Efficacité de *Fusarium* sp. dans le temps vis-à-vis des adultes de *B. megacephalus* traitées par D2(Originale 2014).	**107**

Introduction

INTRODUCTION

La partie Sud-est algérienne connait ces deux dernières décennies un important développement surtout sur les plans social, industriel, culturel, éducatif mais aussi agronomique. Cette dernière spéculation a été encouragée par la mise en valeur de grandes superficies pour la production des dattes, des céréales ainsi que des cultures maraichères sous abris, de plein champ, de saison et d'arrière-saison. Néanmoins, l'agriculture dans cette région se trouve confrontée à plusieurs contraintes notamment d'ordre phytosanitaire. En effet, les maladies, les acariens et les insectes occasionnent de grandes pertes dans les rendements en stockage ainsi qu'en période de culture. Parmi le groupe des ravageurs se trouve le grillon *Brachytrupes megacephalus* Lefèbvre, 1827. Cet orthoptère a été signalé depuis les années quarante dans plusieurs localités dans le Sud algérien (CHOPARD, 1943 ; PASQUIER, 1951 cité par BELARBI, 1979). Cette espèce est également rencontrée dans les sols sableux du littoral méditerranéen et plus particulièrement dans les cultures irriguées, ce comportement lui a confié l'appellation du «grillon des sables» (VALDEYRON-FABRE, 1955).

La biologie de *Brachytrupes megacephalus* a été étudiée par FOREL (1893) et VALDEYRON-FABRE (1955) en Tunisie, SCORTECCI (1971) en Lybie et CALTABIANO *et al.* (1982) in CONTI *et al.* (2012) en Sicile. C'est un insecte phytophage, hygrophile, homochrome avec le substrat, crépusculaire et nocturne qui a une morphologie très remarquable (CHOPARD, 1938). Il est aussi doté d'un pouvoir spectaculaire de natation (CALTABIANO *et al.*, 1980). Ce même auteur note que *B. megacephalus* a un cycle de vie annuel (Cinq stades larvaires) avec une période de reproduction placée normalement entre la mi-mars et la fin avril.

Ces dernières années, plusieurs agriculteurs de la région de Sidi Mehdi (Daïra de Touggourt, région d'Oued Righ, Sud-est algérien) se sont plaints des dégâts provoqués par ce grillon (LAKHDARI, 2012). Ses dégâts sont généralement observés en automne au moment où *Brachytrupes megacephalus* est à l'état larvaire, stade extrêmement vorace (VALDEYRON-FABRE, 1955). Les dommages occasionnés par ce ravageur se caractérisent, en premier lieux, par la déviation et les pertes des eaux d'irrigation à cause des galeries (longues et profondes) creusées dans les parcelles des différentes cultures et la destruction des jeunes plants mis en place. Cependant, peu de données sont disponibles sur *Brachytrupes megacephalus* en Algérie excepté le travail de BELARBI (1979) et dans le monde entier. De plus, son régime alimentaire reste inconnu dans la région de notre étude.

C’est pourquoi nous avons jugé utile de lancer un travail de recherche sur le spectre et les préférences alimentaires de ce déprédateur par rapport à la diversité végétale du milieu dans les sites expérimentaux et d'étudier sa bio-écologie ainsi que d’essayer de mettre en place une méthode de lutte biologique, en utilisant des champignons entomopathogènes, contre cet orthoptère.

Pour cela dans le premier chapitre nous présenterons la région d’étude, Touggourt. Le second chapitre sera réservé à une synthèse bibliographique sur le *Brachytrupes megacephalus* et les champignons entomopathogènes utilisés. Le troisième chapitre est consacré à la présentation du matériel et des méthodes utilisés sur terrain et au laboratoire pour l’étude des divers paramètres bioécologiques. Les résultats obtenus sont regroupés dans un quatrième chapitre. Le cinquième et le dernier chapitre est réservé aux discussions des résultats obtenus en les comparant avec ceux des auteurs ayant travaillé sur la même thématique. Une conclusion générale et des perspectives clôtureront ce travail.

CHAPITRE I -
Présentation de la région d'étude

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE : TOUGGOURT

La connaissance des caractéristiques abiotiques et biotiques du site d'étude joue un rôle très important dans l'explication des phénomènes rencontrés dans l'expérimentation et l'interprétation des résultats obtenus. Dans cette partie, il nous a paru intéressant de décrire les aspects relatifs à la situation géographique et aux caractéristiques abiotiques et biotiques de la région d'étude.

1.1. Situation géographique de la région d'étude

L'étude a été menée dans la région de Touggourt qui se situe dans la partie sud-est de l'Algérie (Fig. 1). Elle s'étale sur une superficie de 1498,75 km^2 (BENABDELKADER, 1991) et elle se localise par des coordonnées géographiques de 33° 02' à 33° 12' N, 5° 59' à 6° 14' E et une altitude de 75 m. Elle est limitée au nord par les palmeraies de Mégarine, au sud et à l'est par le grand Erg oriental et à l'ouest par des dunes de sable. Cette localité constitue la partie haute de la vallée d'Oued Righ.

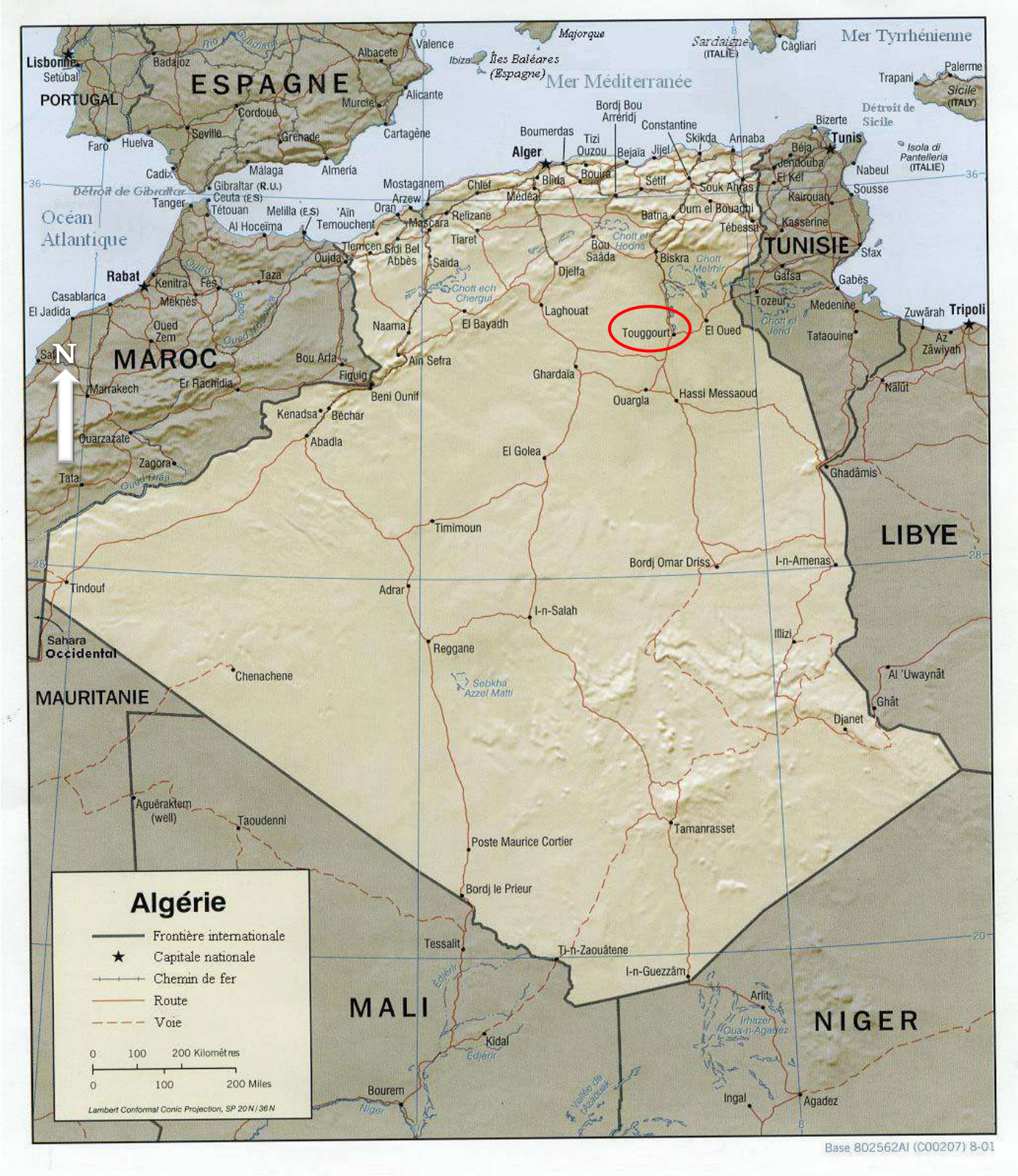


Figure 1 : Situation géographique de la région de Touggourt (https://www.google.com , 2015)

1.2. Facteurs abiotiques de la région de Touggourt

Les principaux facteurs abiotiques qui seront présentés dans cette partie sont le sol, l'eau et le climat.

1.2.1. Sol

Les insectes vivant dans le sol sont très influencés par ses qualités telles que la structure chimique minérale et organique, la pente, la profondeur et la granulométrie (DREUX, 1980). C'est le cas de *B. megacephalus* qui semble préférer les endroits sableux, profonds et aérés.

Les différentes analyses édaphiques effectuées sur la région de Touggourt, sur des échantillons d'un profil réalisé à 1 m^3 par l'équipe du laboratoire des analyses du sol de la station expérimentale de l'INRAA de Sidi Mehdi montrent que cette localité se caractérise par des sols sablo-limoneux avec 70 % de sable fin et traversés par des encroutements gypso-salins. Ils sont généralement meubles et bien aérés en surface, en majorité salés ou très salés (Tab. 1). La teneur en matière organique est inférieure à 0.5 % alors que la conductivité électrique est comprise entre 02 et 04 mmhos /cm (INRAA, 2012).

Tableau 1 - Analyses physico-chimiques du sol de la station de Sidi Mehdi (Touggourt)

Analyses	**Profil 1**	**Profil 2**	**Profil 3**	**Profil 4**
PH	7,67	7,70	7,77	**7,62**
CE mmhos/cm	4,43	2,76	3,14	**2,68**
Chlorure meq/l	17,5	6,5	7,5	**5,5**
Sulfate meq /l	32,53	36,38	34,67	**34,24**
Carbonate meq/l	1,00	1,00	0,5	**1,00**
Bicarbonate meq /l	0,00	0.00	0.00	**0.00**
Azote %	0.093	0.093	0.093	**0.00**
Gypse %	15,20	16,53	6,78	**2,81**
Matière organique %	0,10	0,07	0,07	**0,00**
Carbone organique %	0,04	0,03	0,03	**0,00**
Calcaire total %	6,70	6,70	5,76	**2,04**
alcaire actif %	4,50	4,37	//	//
hosphore P2O5 g/kg	**0.04**	**0.02**	**0.08**	**0.08**

La salinité de la zone d'étude est de type salé avec un pH alcalin (Tab. 1). Les teneurs en calcaire total, en chlorure et en sulfate sont élevées alors que celles en carbonate et bicarbonate sont négligeables. Le sol est pauvre en débris des végétaux, de ce fait la teneur en matière organique, source de matière azotée, est très faible.

1.2.2. Eau

La région de Touggourt s'étend sur de grandes quantités d'eau souterraine qu'elle partage avec les autres régions du Sahara (DUBOST, 2002). Ces eaux proviennent exclusivement de deux complexes aquifères :

- le continental intercalaire (albien) (- 1800 m) ; T° 58 ° C. salinité 2,5 à 3 g/l
- le complexe terminal constitue de 3 nappes : nappe phréatique ; nappe du moi-pliocène et la nappe du sénonien

1.2.3. Caractéristiques climatiques

Les facteurs climatiques présentés dans cette partie sont la température, la pluviométrie et le vent.

1.2.3.1. Température

La température est un élément principal du climat (DAJOZ, 2006) et constitue un facteur limitant pour toute vie floristique ou faunistique sur terre (RAMADE, 1984). En effet, c'est elle qui régule toutes les activités biologiques des êtres vivants (BROWN *et al*., 2004). Chez les insectes, organismes ectothermes, celle-ci détermine leur répartition géographique, la durée de leur cycle de croissance, le développement de leurs populations et leur survie (DREUX, 1980). Une faible variation de ce facteur peut entrainer une importante modification dans le métabolisme de ces arthropodes (HAMEL, 2011).

La région de Touggourt se caractérise par une amplitude thermique très particulière car les écarts des températures entre l'hiver et l'été sont très importants. En fait, deux saisons seulement, l'une froide et l'autre chaude, se distinguent dans cette partie du pays. Les valeurs relatives à ce facteur (Tab. 2), enregistrées durant l'année 2014, montrent que le mois d'août constitue le mois le plus chaud avec une moyenne mensuelle de 34,8 °C alors que décembre est le plus froid avec une moyenne de 11,6 °C.

Tableau 2 – Températures (°C) mensuelles moyennes, minima et maxima enregistrées en 2014 dans la région de Touggourt.

	Mois											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
M (°C.)	18,4	21,8	22,7	30,3	33,8	37,8	42,3	42,6	38,8	32,4	25,1	18,4
m. (°C.)	6,1	7,7	9,7	14,9	20,1	23,4	27	27	25	16,9	11,8	4,9
(M+m)/2	12,2	14,7	16,2	22,6	26,9	30,6	34,6	34,8	31,9	24,6	18,4	11,6

M : Moyenne mensuelle des températures maxima en °C. (Aéroport, Sidi Mehdi 2014)

m. : Moyenne mensuelle des températures minima en °C.

(M+m) / 2 : Moyenne mensuelle des températures en °C.

1.2.3.2. Pluviométrie

L'un des facteurs climatiques les plus importants pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres est la pluviométrie (RAMADE, 2003 ; FAURIE *et al.* , 1980). En fait, celle-ci joue un rôle important dans les activités biologiques et le comportement des organismes vivants. Chez les insectes par exemple, la pluie peut retarder ou interrompre la ponte et l'incubation des œufs de ces arthropodes. Dans le cas de *B. megacephalus*, plusieurs larves et œufs de celui-ci peuvent être détruits en immergeant totalement leurs galeries.

La région de Touggourt se caractérise par des pluies rares et mal réparties au cours de l'année. Les données pluviométriques de l'année 2014 (Tab. 3) montrent que les valeurs enregistrées sont très faibles. En fait, les précipitations maximales sont notées en novembre avec 7,5 mm seulement alors qu'elles sont nulles en mois de février, avril, juillet et août.

Tableau 3 – Précipitations mensuelles (mm) enregistrées durant l'année 2014 dans la région de Touggourt

	Mois												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
Précipitations (mm)	2,2	0	5,2	0	0,6	0,3	0	0	6,1	0,9	7,5	1,9	24,7

(Aéroport, Sidi Mehdi 2014)

1.2.3.3. Vent

Le vent constitue l'un des facteurs importants du climat (RAMADE, 1984). Dans les régions désertiques, dont la zone d'étude fait partie, il peut souffler toute l'année (OZENDA, 1958) et il joue ainsi un rôle primordial dans l'érosion de la terre, le déplacement des particules du sable et la formation des dunes. En ce qui concerne les insectes, les mouvements de l'air peuvent ralentir la recherche d'un biotope, former obstacle à leur envol ou même provoquer l'arrêt de la ponte ou le développement larvaire.

Dans la région de Touggourt, les vents d'ouest sont relativement fréquents en hiver. Alors qu'en printemps ils soufflent surtout du côté nord-est. Par contre en été, ils viennent notamment du sud-ouest (HAFOUDA, 2005 ; SOGETHA-SOGREAH, 1970). Les données concernant ce facteur, enregistrées durant l'année 2014, montrent que le maximum de vitesse de celui-ci est noté en mois de janvier et mars avec une valeur de 4 m/s et le minimum en décembre avec de 2,1 m/s (Tab. 4).

Tableau 4 – Vitesses moyennes des vents (m/s) enregistrées en 2014 dans la région de Touggourt.

	Mois											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
V moy. (m/s)	4	3,2	4	3	3,5	3,8	3,1	2,5	2,7	2,9	2,8	2,1

V moy. (m/s) : Vitesse moyenne du vent exprimée en mètres par seconde (Aéroport, Sidi Mehdi 2014)

1.3. Synthèse climatique

La synthèse de la caractérisation climatique de la région d'étude est rendue possible par le recours au diagramme ombrothermique de Gaussen et climagramme d'Emberger. Ceux-ci permettent de faire ressortir les périodes sèches et humides et déterminer l'emplacement de la zone expérimentale dans les étages bioclimatiques.

1.3.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Touggourt

Le diagramme ombrothermique est une représentation graphique qui est tracée en portant les précipitations et les températures en ordonnées et les mois de l'année en abscisses. Cette représentation permet de montrer les périodes sèches et humides de la région étudiée

(DREUX ,1980 ; GAUSSEN et BAGNOULS (1953) cités par DAJOZ, 1985). Un mois est qualifié de sec quand la courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations. Le diagramme ombrothermique de la région d'étude (Fig. 2) montre la présence d'une période sèche durant toute l'année.

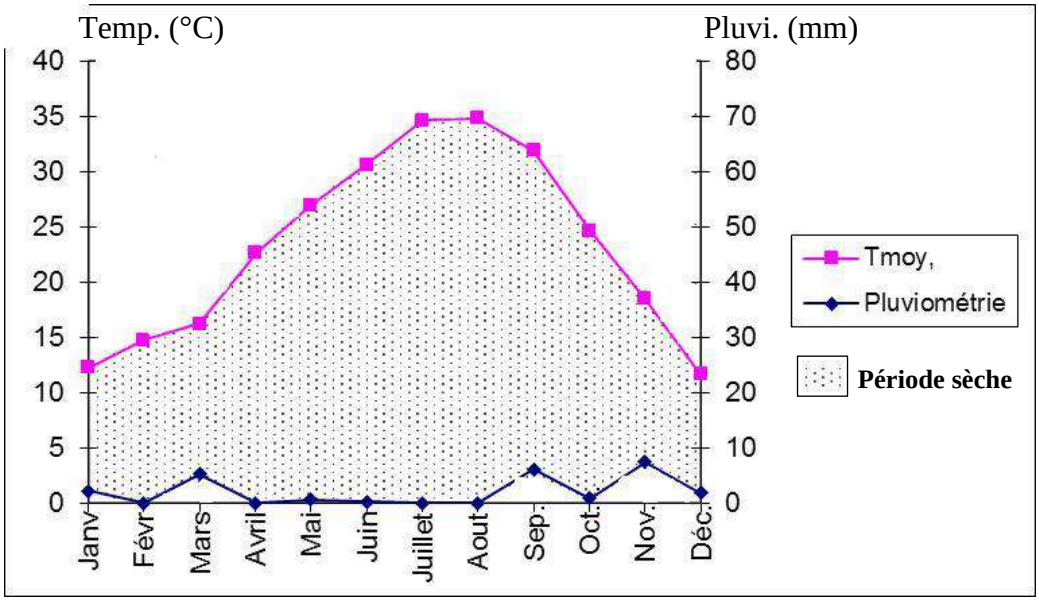


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Touggourt en 2014

1.3.2. Climagramme pluviothermique d'Emberger

Le climagramme d'Emberger est un quotient pluviométrique qui permet la distinction entre les différentes nuances du climat (MUTIN, 1977). Il a le privilège de situer une région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond (DAJOZ, 1971). Il est calculé grâce à la formule suivante (STEWART, 1969) :

$$Q_3 = \frac{3{,}43 \times P}{M - m}$$

Q_3 : Quotient pluviothermique d'Emberger

P. : Total pluviométrique annuel exprimé en millimètres.

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

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

Le Climagramme d'Emberger de la région de Touggourt (Fig. 3) calculé à l'aide de la formule décrite ci-dessus donne un **Q_3 = 04,06**, ce qui classe cette localité dans l'étage bioclimatique saharien à hiver tempéré. Sachant que M = 42,36 C° ; P = 44,7 mm et m = 04,6 C°.

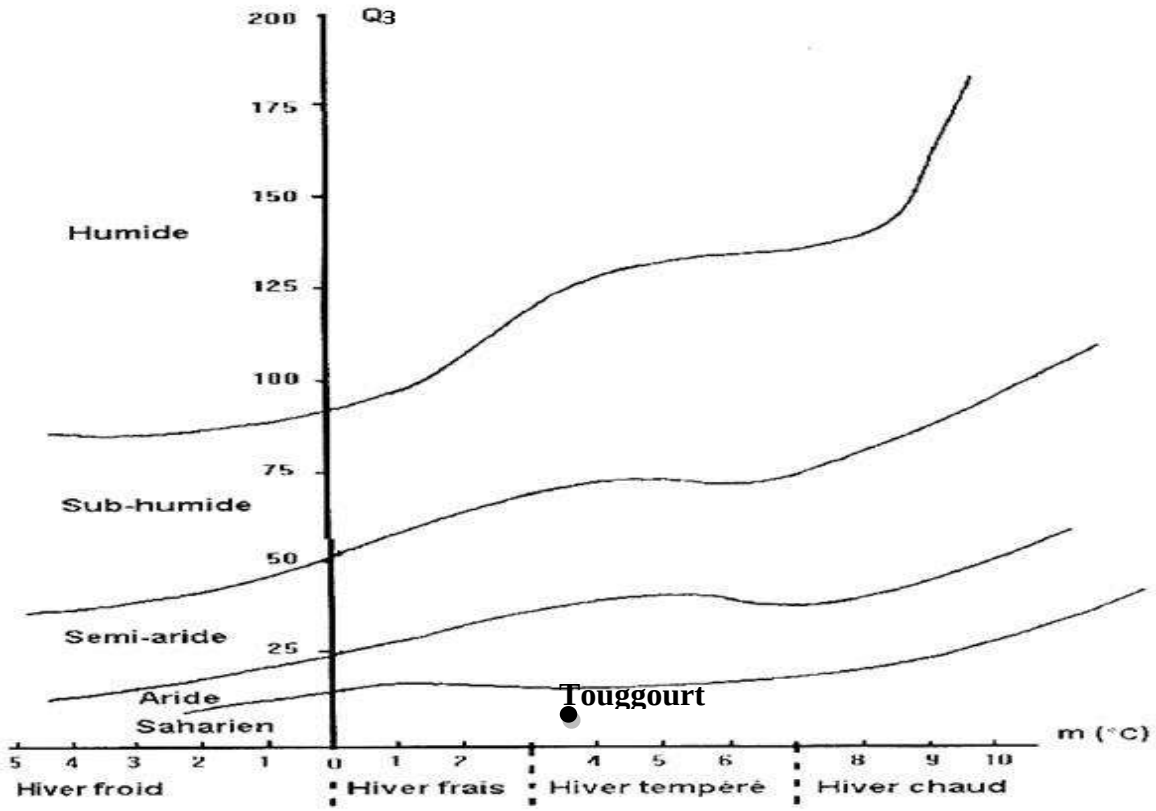


Figure 3 : Place de la région de touggourt dans le climagramme d'Emberger (2005-2014)

1.4. Facteurs biotiques de la région de Touggourt

Des données relatives à la flore et la faune de la région d'étude sont présentées dans cette partie. En effet, il parait intéressant de connaitre la diversité biologique du site expérimental pour pouvoir comprendre les différentes interactions de *B. megacephalus* avec ses hôtes et ses antagonistes.

1.4.1. Données bibliographiques sur la flore de la région d'étude

La flore de la région de Touggourt est constituée d'environ 57 espèces végétales (OZENDA, 1958 ; QUEZEL et SANTA, 1962). Cet écosystème qui se localise essentiellement au voisinage du canal d'Oued Righ est organisé dans un type oasien qui est formé en général de trois strates végétales : arborescente, arbustive et herbacée. Dans le premier groupe se trouve le palmier dattier, *Phoenix dactylifera* Linné (1793). Sous cet arbre se développent des arbustes notamment des essences fruitières tels que le grenadier (*Punica granatum* Linné), le figuier (*Ficus carica* Linné) et la vigne (*Vitis vinifera* Linné). Tout près du sol, s'installent différentes cultures maraichères allant jusqu'à 21

espèces appartenant à 08 familles botaniques (ALLAM *et al.,* 2013). A celles-ci s'ajoutent des spontanées tels que *Zygophyllum album, Convolvulus arvensis, Polygonum argyracoleum, Chenopodium murale* et *Tamarix gallica*. En s'éloignant des palmeraies, la végétation devient faible, dispersée et reste plus concentrée dans les lieux où la nappe est proche du sol. Elle est constituée notamment de quelques plantes arbustives (*Calligonum comosum* l'herit, *Ephedra alata* TRABUT, *Salsola tetragona* DEL.) et herbacées (*Aristida pungens* Desf., *Euphorbia guyoniana* B. & R, *Citrullus colocynthis* S., *Traganum nudatum* Del., *Sueda fructisosa* Forsk) (CHEHMA et *al*., 2005).

1.4.2. Données bibliographiques sur la faune de la région de Touggourt

La région de Touggourt est constituée d'une faune très riche et diversifiée qui se compose notamment des espèces sahariennes mais aussi exotiques. En effet, l'hiver tempéré de cette localité constitue un refuge à plusieurs animaux émigrants. Les arthropodes de cette zone sont représentés par plusieurs ordres tels que les Dictyoptères (*Blatta orientalis* L., *Heterogamodes ursina* Burmeister, *Eemiaphila barbara* Brisout, *Sphodromantis viridis* Forskal) les Orthoptères (*Gryllotalpa africana* Beauvois, *Brachytrupes megacephalus* Lefèbvre, *Acridella nasuta* Linné, *Pyrgomorpha conica* Olivier, les Dermaptères (*Labidura riparia* Pallas) (CHOPARD, 1943). Les Coléoptères (*Hyperaspis marmottani* Fairmaire, *Exochomus pubescent* Kûster, *Scymnus rufipes* Fabricius, *Hyperaspis algerica* Grotch) ont été cités par SAHARAOUI et GOURREAU, 2000. Il est intéressant de noter que peu d'études ont été menées sur ce groupe et il reste beaucoup de travail à faire.

Plusieurs espèces de poissons vivent dans le canal d'Oued Righ et les lacs réparties çà et là dans cette localité. Les espèces les plus abondantes sont *Clarias gareipinus* (Burchell), *Aphanius fasciatus* (H. et V.) et *Tilapia zillii* (Gervais) (LE BERRE, 1989).

Quant aux reptiles, les espèces les plus connues sont *Psammophis sibilans* (Linné), *Spalerosophis diadema* (Schlegel) et *Scincus scincus* (Linné) (LE BERRE, 1989).

En ce qui concerne les oiseaux, plus de 61 espèces ont été recensées dans cette zone. Les plus représentatives sont le héron cendré (*Ardea cinerea* Linné), le héron pourpré *(Ardea purpurea* Linné), (HEIM de BALSAC et MAYAUD, 1962 ; LEDANT et *al.*, 1981), l'hirondelle de cheminée (*Hirundo rustica* Linné), le guêpier d'Europe (*Merops apiaster* Linné), le guêpier de perse (*Merops persicus* Pallas), *Tyto alba* et *Otus scops* Linné.

Quant au groupe des mammifères, il est généralement composé de rongeurs tels que *Gerbillus gerbillus* (Olivier) et *Gerbillus nanus* (Blanford) et des hérissons comme le hérisson du désert (*Paraechinus aethiopicus* Loche) et le hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus* Lereboullet) (LE BERRE, 1990 ; KOWALSKI et RZEBIK-KOWALSKA, 1991).

CHAPITRE II -
Synthèse bibliographique

CHAPITRE II : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE : GRILLONS ET CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES

2.1. Généralités sur les grillons

Dans leur grande majorité, les grillons sont des insectes hygrophiles et terrestres beaucoup d'entre eux sont fouisseurs et se creusent un terrier dans lequel ils passent une partie de leur existence. Leur régime est mixte, plutôt à tendance phytophage. L'accouplement a été observé chez un certain nombre d'espèces, le mâle se glisse à reculons sous la femelle et fixe à la base de l'oviscapte un spermatophore petit et simple, ne comprenant pas de spermatophylax. La ponte se fait très souvent en terre, parfois aussi dans les plantes ; les œufs sont allongés, à extrémités, arrondies, chorion mince et blanchâtre (CHOPARD, 1943).

Selon le même auteur, les grillons ont une taille grande et un corps et fémur postérieur peu pubescents. La tête est très grosse, l'espace inter-antennaire est très large les ocelles sont disposés en ligne droite ou arquée. Le pronotum est transversal, plus ou moins dilaté en avant, l'angle antérieur des lobes latéraux emboitant les joues. Les pattes sont fortes à tibias des deux premières paires armés d'éperons courts et gros et les tibias antérieurs perforés sur les deux faces. Les fémurs postérieurs gros, épais, au moins aussi long que le tibia et le métatarse réunis. L'oviscapte est très court, presque rudimentaire.

Les grillons sont des insectes qui nous intéressent pour deux raisons, d'une part étant ravageurs de diverses cultures agricoles : les légumes, les pelouses, les plantes ornementales, les grains récoltés et d'autre part, étant prédateurs de petits insectes. Comme déprédateurs, un grillon tel que *Gryllus bimaculatus* s'alimente avec voracité sur les semences et les plants de coton, de millet et des graines oléagineuses causant des dégâts considérables au point où, chaque année, les agriculteurs sont obligés à refaire le semis de la culture deux ou même trois fois (YUNUS *et al*., 1980). Ces semis répétés causent d'immenses pertes de semences, d'eau, de travail et de temps.

Les grillons sont des insectes phytophages largement répandus en Afrique tropicale vivant dans des galeries souterraines étendues et rarement visibles le jour. La nuit, ils coupent les jeunes plants fraîchement mis en place au niveau du collet et traînent les feuilles ou les

plants entiers dans leurs terriers (HILL, 1983 ; SCHMUTTERER, 1969). Plusieurs espèces sont répandues dans le monde entier.

Presque tous les grillons stridulent fortement, leur chant étant souvent composé d'une seule note vibrante, répétée très rapidement ; les élytres sont soulevés obliquement et la nervure de l'élytre droit frotte sur le bord de l'élytre gauche, faisant vibrer le tambour de celui-ci (CHOPARD, 1943).

Le même auteur note que les jeunes gryllidés diffèrent assez peu des adultes, sauf naturellement pour l'absence des ailes ; le nombre des mues semble être plus important que pour les autres orthoptères.

Les grillons préfèrent les végétaux : des graminées, des plantes herbacées, des morceaux de fruits, de racines mais ils peuvent aussi manger de petits insectes (pucerons), ils sont même parfois cannibales.

Plusieurs grillons appartenant à la famille des Gryllidae peuvent causer des dégâts considérables, parmi ceux-ci les espèces suivantes :

2.1.5. *Brachytrupes membranaceus* (Drury)

C'est une espèce polyphage qui vit dans des galeries étendues. Les adultes, longs de 4,5 à 5 cm, sont de couleur noir-brillant. La partie postérieure de la tête est plus claire. Les tibias des pattes postérieures ont de puissants éperons. Cet insecte garde ses pontes et alimente ses jeunes dans son terrier avec des rameaux et des feuilles fraîches. Il sectionne les jeunes tiges au niveau du sol et dévore le bourgeon terminal (BIJLMAKERS et VERHOEK., 1995).

2.1.6. *Brachytrupes portentosus* (Licht.)

La vie de ce ravageur se déroule dans un terrier sous-sol et peut durer environ 9 mois. Il devient actif la nuit, il coupe les plants de coton et les entraîne à son terrier pour se nourrir (NANGPAL, 1948).

Le même auteur a décrit les œufs de cette espèce comme étant cylindriques, de 4 à 6,5 mm de long, d'une couleur jaune-blanc-crème lorsqu'ils sont fraîchement pondus. Ils sont disposés en grappes dans un trou dans le sol. Les larves du stade L5 sont brun-clair avec un pâle abdomen qui a une teinte sombre au milieu.

2.1.7. *Gryllus bimaculatus* (De Geer)

BIJLMAKERS et VERHOEK (1995) ont fait la description de cette espèce. L'adulte mesure 2 à 3 cm de long. Il est brun-foncé à noir, excepté une tache de couleur paille à jaunâtre à la base de chaque aile antérieure. Le pronotum est un peu plus large que la tête. Les fémurs des pattes postérieures sont élargis et sont utilisés pour sauter. Les antennes sont filiformes et ont à peu près la même longueur que le corps. Cet insecte très polyphage et s'attaque aux racines et au collet des plantes. Il peut couper des plantules. De plus, c'est un prédateur qui se nourrit d'autres insectes comme les chenilles.

2.1.8. *Gryllus campestris* (Linnaeus)

Le grillon champêtre a une stature massive, et mesure de 2 à 2,6 cm de long. Sa tête est plus large que le corselet. Son cycle biologique est annuel. L'adulte apparaît 9 à 10 mois après l'éclosion des œufs ; après dix mues. C'est le mâle adulte qui chante et sa stridulation porte à environ 50 mètres. C'est un insecte qui creuse un terrier, parfois allant jusqu'à 20 ou 30 cm de profondeur, d'où il sort quand le soleil chauffe pour manger, chanter à l'entrée, sur une petite terrasse bien entretenue, et s'accoupler. À la suite de quoi la femelle vient pondre dans le terrier du mâle. À l'automne, il s'y abrite et bouche l'entrée pour tout l'hiver (CLICHE, 2003).

2.1.5. *Brachytrupes megacephalus* (The animal diversity web, 2015)

2.1.5.1. Systématique de *Brachytrupes megacephalus*

Embranchement : Arthropoda
Classe : Insecta
Ordre : Orthoptera
Famille : Gryllidae
Sous-famille : Gryllinae (The animal diversity web)
Genre : *Brachytrupes*
Espèce : *Brachytrupes megacephalus* Lefebvre, 1827

Les synonymes suivants ont également été utilisés pour nommer cet insecte:

- *Gryllus megacephalus* Lefebvre (1827)
- *Brachytrupes megacephalus* Serville (1838)

2.1.5.2. Morphologie de *Brachytrupes megacephalus*

B. megacephalus est un grillon testacé plus ou moins fauve, un peu pubescent. Il a la tête très large, courte, aplatie en avant. Le pronotum est très court, élargi en avant, à bords antérieur et postérieur un peu liserés de brun. Les pattes sont jaunâtres, le 1er article des tarses antérieurs est égal au 3ème, presque double du 2ème. Les élytres atteignant l'extrémité de l'abdomen ; ailes caudées. Le mâle a une tête énorme ; miroir élytral petit, arrondi ; champ apical très grand. La femelle a un oviscapte presque avorté, à valves pointues (CHOPARD, 1943).

De tous les insectes nouveaux ou peu connus, ce grillon paraît très curieux. En effet, dans ce genre peu nombreux, et qui ne compte que quelques espèces en Europe et en Afrique, il est assez étonnant qu'un insecte d'une taille aussi remarquable, et dont le chant se fait entendre de si loin, n'ait jusqu'à présent connu une recherche approfondie. La tête de cet insecte est fortement comprimée d'avant en arrière, et qui dépasse beaucoup en largeur celle de l'abdomen à sa jonction avec le corselet, le distingue au premier coup-d' œil de tous ceux de son genre (LEFEBVRE., 1827). Le corselet va en s'élargissant, principalement sur les côtés qu'il porte assez renflés et presque au niveau de la tête. Alors que les élytres dépassent l'abdomen, et les ailes, qui sont beaucoup plus longues qu'elles, forment chez cet insecte deux longues queues, lorsqu'elles sont repliées. Les antennes sont minces et à peu près de la longueur du corps. Les deux premières paires de pattes sont légèrement pubescentes, les postérieures très-grosses et garnies de fortes épines courtes.

Selon LEFEBVRE (1827), le corps de cet insecte est d'un jaune-sale, hormis le front, où une bande d'un brun foncé, qui le couvre entièrement, se prononce et se découpe fortement entre et au-delà de la base des antennes, en se dilatant vers le sommet de la tête. Le chaperon est bordé d'un trait du même brun, la même bande, de même couleur, se fait sentir sur le dessus du corselet, dont les bords antérieurs et extérieurs sont fortement sillonnés transversalement. Les deux côtés de l'extrémité des cuisses postérieures, à l'articulation fémoro-tibiale, et la pointe des épines qui garnissent les jambes, sont du même brun.

Cette espèce habite principalement sur les sommets de sable, dans les places dépourvues d'arbustes, indifféremment à toutes les expositions, souvent jusqu'à la profondeur d'un mètre (3 pieds), et se fait parfois reconnaître par une espèce de butte analogue à celles qui indiquent le passage des taupes (LEFEBVRE., 1827). Vers le soir, il se met à chanter au bord de son trou, mais ce qui est très particulier dans cet insecte, c'est que sa stridulation, au lieu d'être

interrompue comme celle du *Gryllus campertris*, produit pendant près d'une demi-minute, un roulement continu et soutenu, tellement fort et sonore, qu'il est susceptible d'être entendu à près d'un mille. Loin d'être aussi craintif que ses analogues, il n'attend souvent que le moment où on va le saisir pour se cacher à l'instant, en creusant le sable avec beaucoup de promptitude, au fur et à mesure qu'on le poursuit (LEFEBVRE., 1827). Sa voracité est extrême, et la force de ses mâchoires non moins étonnante. Lorsque plusieurs individus sont laissés enfermés ensemble, peu d'instants, leur suffisent pour se dévorer mutuellement. Ils s'amputent alors presque toujours les cuisses d'un seul coup, les uns aux autres, bien que le volume de leurs mâchoires ne puisse en embrasser souvent la circonférence.

2.1.5.3. Biologie de *Brachytrupes megacephalus*

La biologie de *B. megacephalus* a été très bien étudiée par FOREL (1893) et VALDEYRON-Fabre (1955) en Tunisie, SCORTECCI (1971) en Lybie et CALTABIANO et *al.,* (1982) in CONTI *et* al (2012) en Sicile. Cette espèce a un cycle de vie annuel avec une période de reproduction qui se place généralement entre la mi-mars et la fin-avril. Au coucher du soleil, les mâles attirent les femelles dans leurs terriers par des sons intenses produits par le frottement, une contre les autres, des organes spéciaux placés sur les ailes antérieures. Les appels masculins sont amplifiés dans un petit élargissement créé à l'embouchure du terrier qui agit comme un résonateur (les femelles sont silencieuses et attendent la stridulation des mâles). Le son est très sonore et peut être entendu d'une distance considérable. L'accouplement se produit normalement dans le terrier du mâle. Après la réussite de cette opération, les femelles peuvent être observées dans les branches latérales du tunnel principal où elles pondent leurs œufs. Après la ponte, celles-ci ouvrent une nouvelle porte d'entrée vers l'extérieur. Le même phénomène est enregistré avec l'espèce *B. membranaceus* (COSTA *et al*., 1987 ; COSTA et PETRALIA, 1990).

2.1.5.4. Dégâts et importance agronomique des *Brachytrupes*

Les principaux insectes ravageurs de *Jatropha curcas* dans la région de Kinshasa (Congo) sont les grillons *Brachytrupes membranaceus* Drury (Orthoptera, Gryllidae) qui s'attaquent aux jeunes plantes lors de leur mise en place en saison pluvieuse ; octobre à décembre (MINENGU, 2014). Sa nuisibilité pour l'agriculture saharienne se caractérise par la destruction des jeunes plants en les coupant au niveau du collet et en consommant la partie aérienne (MINENGU *et al*. 2013).

Brachytrupes portentosus est un ravageur mineur de plants de coton en Inde. Outre le coton cet insecte a été observé se nourrir de l'indigo, du sésame, du jute, du tabac, du chou, du chou-fleur, de piments, de riz et de thé. En plus de ces plantes cultivées, il se nourrit également du Casuarina (NANGPAL, 1948).

Les larves et les adultes de *B. megacephalus* coupent les racines et les tiges des jeunes plantules au niveau du sol à l'aide de leurs puissantes mandibules. Parfois les grillons laissent flétrir les jeunes plantules coupées sur le sol pendant une journée avant de les tirer dans leur terrier. Les semis et les pépinières sont particulièrement menacés, surtout ceux des cultures de décrue (DJOCGOUE, 2014).

Brachytrupes megacephalus est principalement phytophage (CHOPARD, 1938). Il a toujours été signalé par les agriculteurs dans de nombreux territoires en raison des dommages qu'il cause aux différentes cultures.

En Sicile, ils préfèrent les lieux sableux principalement ceux cultivés en vigne et creusent de longues galeries rongeant et coupant les racines qu'ils rencontrent (SILVESTRI, 1934 in BELARBI ,1979).

Au Lybie, les individus de cet orthoptère font des dégâts sur les plantes des jardins, sur les cultures de tomate, de sorgho, de mais, d'oignon, de carotte et sur la menthe (VALDEYRON-FABRE, 1952 in BELARBI, 1979). Les dégâts sont généralement observés en automne au moment où il est à l'état larvaire et extrêmement vorace.

En Tunisie, VALDEYRON-FABRE 1955 cité par BELARBI (1979), avance que les agriculteurs ont signalé à maintes reprises ses dégâts :

1. En 1942, un pépiniériste de Sfax a eu des semis de bigaradier anéantis, un autre pépiniériste dans une autre région a signalé des dégâts divers.
2. En1948, des jeunes conifères étaient décapités à 2cm ou 3cm du sol et ne survivaient pas.
3. En1950, une plantation de jeunes pommiers était décimés, les arbres restaient debout mais séchaient.

Ce grillon attaque la plupart des plantes à différents stades, mais on l'aperçoit surtout sur les jeunes plants qui ne résistent pas à ses blessures.

En Algérie, plusieurs agriculteurs et phoéniciculteurs de la région de Sidi Mehdi (Touggourt) plaignaient, ces dernières années, les dégâts provoqués par ce grillon (LAKHDARI, 2012).

2.1.5.5. Répartition géographique de *Brachytrupes megacephalus*

2.1.5.5.1. Dans le monde

C'est Lefebvre (1827) qui a découvert cette espéce. Il a trouvé le mâle au mois d'avril en Sicile, dans la partie la méridionale.

- BONNET et FINOT 1885 (in BELARBI, 1979) l'ont signalé en Tunisie.
- SILVESTRI (1939) le retrouve en Sicile et le signale aussi en Afrique septentrionale.
- CHOPARD (1943) note que cette espèce s'étend dans le sud jusqu'au Niger et dans le nord jusqu'à la Sicile. Elle a été observée au Fezzan en 1948, en 1951 par PASQUIER cité in BALARBI,1979 et en 2009 par MASSA (Fig. 4).

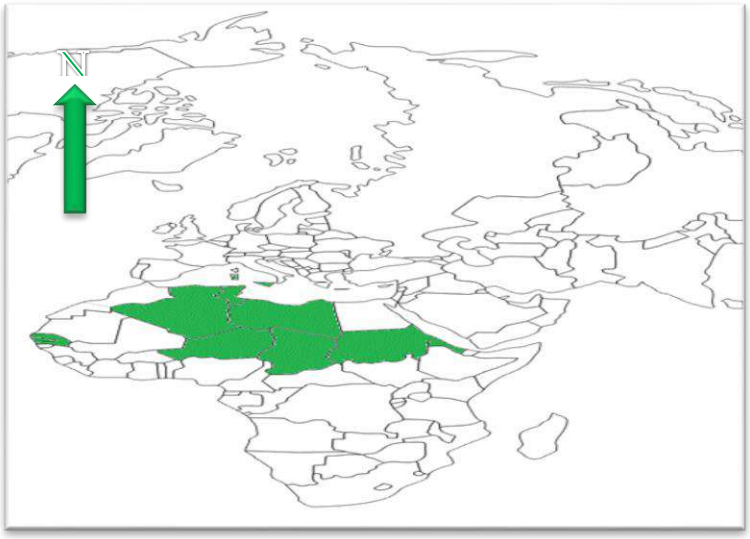


Figure 4 : Répartition géographique de *B. megacephalus* dans le monde (Carte réalisée à partir des données bibliographiques) (Originale 2014).

2.1.5.5.2. En Algérie

D'anciens travaux de quelques auteurs signalent la présence de *Brachytrupes megacephalus* dans plusieurs régions du sud Algérien .Il s'agit de :

- CHOPARD (1943) cite les régions de M'Ghair, Beldet Omar, N'Goussa, Ouargla, Témacine, Tabelbala, El-Oued et Djamaa pour le Sud et Annaba (Joanonville) pour le Nord.
- PASQUIER (1951) cité par BELARBI (1979) note la présence de cette espèce à Joanonville (Annaba) et au Sahara septentrionale : El-Oued, Oued Righ, Ouargla et Tabelbala.
- BALACHOWSKY cité par BELARBI (1979), l'a signalé dans les oasis de Touggourt et Ouargla (Fig. 5).

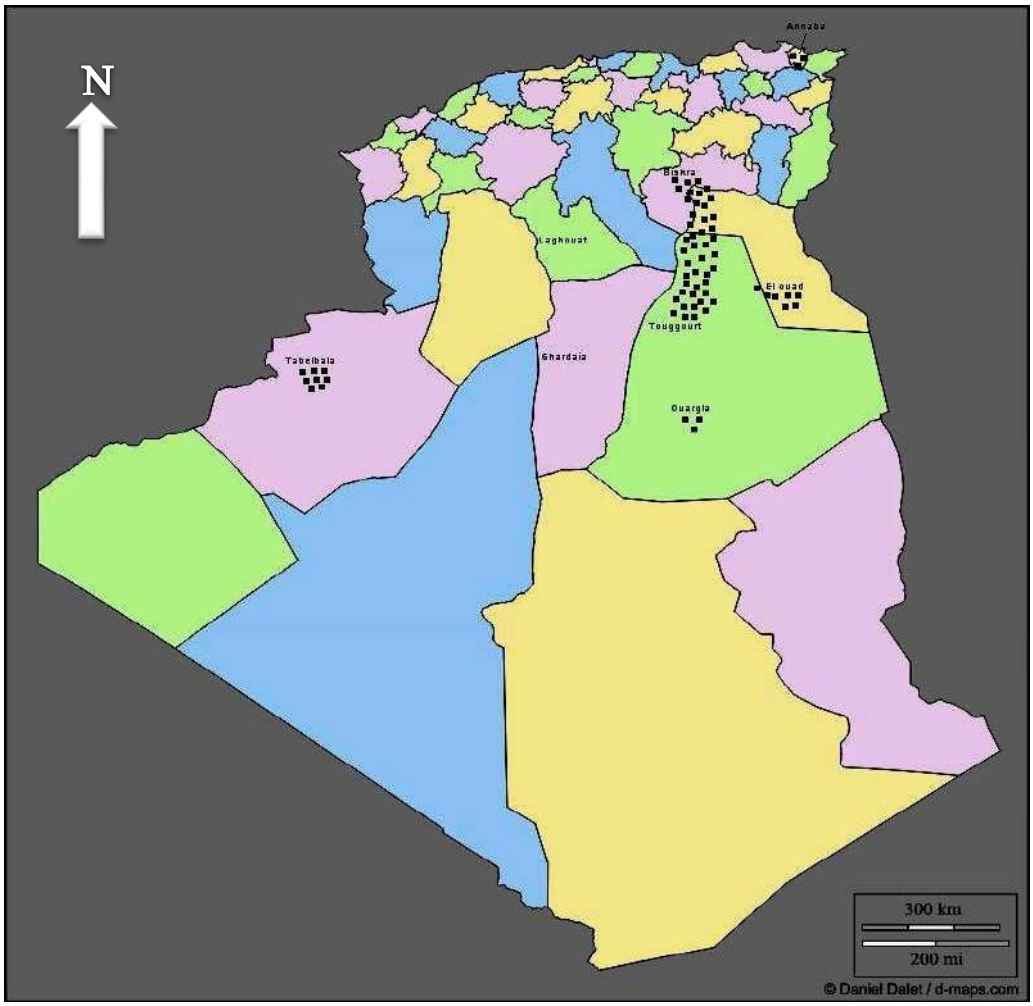


Figure 5 : Répartition géographique de *Brachytrupes megacephalus* en Algérie (Carte réalisée à partir des données bibliographiques) (Originale 2014).

2.2. Généralités sur les champignons entomopathogènes

Le mot « champignons entomopathogènes » ou « champignons qui provoquent des malades aux insectes » est limité aux genres ou aux espèces de champignons qui peuvent être des agents pathogènes d'arthropodes tels que des insectes ou des acariens. Les premières observations sur les maladies de ces invertébrés ont été faites en Chine et la plus ancienne publication sur ce sujet remonte à 1726 avec la description de l'espèce *Cordyceps sinensis* récoltée sur des larves d'un lépidoptère (SAMSON et *al*., 1988). Vers 1834, AGOSTINO BASSI démontre que l'espèce *Beauveria bassiana* est le principal agent de la maladie du ver à soie qui avait touché toute l'Europe. En 1879, Metschnikoff fait, pour la première fois, la description de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) comme agent de lutte biologique contre les larves d'*Anisoplia austiaca*. Quelques années plus tard, Petch fait la description de 74 nouvelles espèces de champignons entomopathogènes (SAMSON et *al*., 1988). Depuis, plusieurs études ont été menées sur ces agents de lutte biologique avec les travaux d'Evans, Hywel-Jones, Kobayasi, Mains, Samson et Spatafora. Aujourd'hui, plus de 750 espèces de champignons entomopathogènes sont décrites (ASENO *et al*., 2003).

2.2.1. Mécanisme de l'attaque

Les champignons entomopathogènes ont la capacité d'infecter leurs hôtes par plusieurs voies. Ces microorganismes peuvent pénétrer à l'intérieur de l'hôte par les ouvertures naturelles comme la bouche, notamment avec les aliments lors du prélèvement de la nourriture. Ils peuvent également se fixer sur la surface extérieure de l'insecte et procéder à la dégradation de l'exosquelette au moyen de leurs enzymes pour atteindre enfin, les organes internes de son hôte (HONG WAN, 2003). Malgré la présence d'un système de défense qui permet aux insectes de contrarier les attaques des champignons, ces derniers peuvent montrer une grande virulence qui se manifeste généralement par la rapidité de germination qui leur permet de surmonter ces obstacles et pénétrer à l'intérieur de l'hôte (BOUCIAS et *al*., 1988). Trois phases peuvent être observées lors du développement du champignon entomopathogène.

2.2.1.1. Fixation des spores sur l'hôte

L'infection de l'hôte est généralement assurée par les spores qui se fixent sur la cuticule au premier contact avec l'insecte. La réussite de l'infection dépend, entre autre, de la quantité de l'inoculum, des conditions climatiques et de la densité de l'hôte (BOUCIAS et *al*., 1988). Deux types de spores peuvent assurer l'infection des insectes, les spores sèches et les

spores visqueuses (SAMSON et *al.*, 1988). Le premier type utilise une combinaison de forces électrostatique et chimique pour s'adhérer à la cuticule de l'hôte (ST LEGER et *al*., 1992). Quant au deuxième type, il s'attache à son hôte à l'aide d'une substance visqueuse adhésive. L'infection peut être également assurée par les mycéliums (BOUCIAS et *al*., 1988).

2.2.1.2. Germination des spores sur la cuticule de l'hôte

La germination des spores dépend à la fois de la température et de l'humidité du milieu, ainsi que sur les substances nutritives contenues dans celles-ci (SAMUELS et PINNOCK, 1990). Après la fixation des spores sur l'hôte, ces dernières émettent un tube germinatif qui traverse les assises supérieures de l'insecte pour pénétrer à l'intérieur de celui-ci (HONG WAN, 2003). Des moyens physiques et enzymatiques facilitent la pénétration. Aussitôt pénétré, le champignon forme l'appressorium qui lui permet le prélèvement des substances nutritives nécessaires à son développement et à sa reproduction (SAMSON *et a*l, 1988). Cependant, il existe des champignons entomopathogènes qui ne pénètrent jamais à l'intérieur de l'hôte, mais ils forment leur appressorium sur la cuticule même et procèdent au prélèvement de la nourriture en employant une combinaison de substances enzymatiques leur permettant la dégradation de la cuticule de l'arthropode (GOETTEL et LEGER., 1990).

2.2.1.3. Développement du champignon à l'intérieur de l'hôte

A l'intérieur de l'hôte, le champignon commence son développement et sa propagation dans les tissus de l'arthropode. La réussite de l'attaque dépend, entre autre, de la capacité de l'enthomopathogène à dépasser les mécanismes de défense employés par l'hôte (quinines et mélanines) pour faire face à cette attaque (LATGE et MONSIGN., 1988). L'aptitude de surmonter le système humunitaire de l'insecte peut être facilitée par une rapide reproduction et formation de mycéliums par le champignon, ainsi qu'une forte production de toxines qui paralysent et tuent l'hôte (ST. LEGER et *al*., 1992). Rapidement, tous les tissus de l'hôte sont détruits et, si les conditions de l'environnement sont favorables, le champignon apparaîtra à la surface de l'hôte en formant des structures de reproduction qui engendreront des spores assurant ainsi l'infection d'autres individus. Aux conditions défavorables, le champignon peut rester inactif sous forme de différentes formes de résistance (chlamydospores, zygospores ou oospores) (MICHAEL et *al*., 1998).

2.2.1.4. Quelques champignons entomopathogènes

La taxonomie des champignons entomopathogènes a connu un grand intérêt à partir des années 1970. En effet, plus de 700 espèces entomopathogènes ont été décrites comme antagonistes d'insectes et d'acariens (SAMSON et *al.*, 1988). Ces espèces appartiennent aux Mastigomycotina, Zygomycotina ou Ascomycotina. Les espèces des genres *Cordyceps*, *Hypocrella* et *Torrubiella* représentent à elles seules environ 70 % des champignons entomopathogènes (ROMBACH ,1987).

L'ordre des Hyppocréales, qui appartient à la classe des Ascomycètes, regroupe pas moins de 80 genres entomopathogènes (SAMUELS et PINNOCK, 1990) dont 27 (Avec plus de 237 espèces) appartiennent à la famille des *Clavicipitaceae.* Les champignons de cette dernière infectent les adultes ou les stades larvaires de Coléoptères, de Lépidoptères, d'Hyménoptères ou d'Homoptères ; ainsi que des acariens. Parmi ces espèces, il y a *Hypocrella badia, H. palmicola* et *Aschero sonia placenta* (GOETTEL, 1992).

L'ordre des Entomophthorales renferme plusieurs espèces comme *Entomophtora plutellae, Entomophaga praxibulli* et *Zoophthora radicans*. Cette dernière espèce a constitué un important agent de lutte biologique contre les pucerons en Australie (AINSWORTH et GROVE, 1977).

Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae, *M. flavoviride*, *B. brogniarti* et *Verticillium lecanii* constituent les espèces des Deutéromycètes qui ont été largement étudiées et produites à grande échelle sous diverses formulations pour servir la lutte biologique (ASENO et *al*., 2003).

CHAPITRE III -
Matériel et méthodes

CHAPITRE III – MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le présent chapitre traite le matériel et les méthodes utilisés dans cette investigation ainsi que le choix et la description des stations d'étude. Pour chaque parcelle expérimentale choisie, un transect végétal a été réalisé. Les techniques d'échantillonnage de *B. megacephalus,* dans les trois stations (Sidi Mehdi, Saoud, Tamma), sont également décrites. La première partie sera consacrée à la bioécologie de l'insecte sur terrain et au laboratoire notamment la morphométrie et le régime alimentaire.

La deuxième partie traitera d'une part l'inventaire des champignons entomopathogènes récoltés sur les cadavres de *B. megacephalus* et d'autre part l'utilisation de *Fusarium* sp. en perspective d'une lutte biologique contre ce grillon.

3.1. Choix des stations d'étude

Nous avons choisi de faire cette étude dans la région de Sidi Mahdi suite aux plaintes des agriculteurs de cette localité qui signalaient que ce grillon occasionnait des dégâts considérables dans leurs palmeraies (LAKHDARI, 2012). Des visites sur le terrain, au moment de l'apparition de l'insecte, nous ont permis de noter que cette localité est l'une des plus touchées de la daïra de Touggourt. Ainsi, le choix des sites d'échantillonnage a été fait en prenant en considération l'abondance des terriers de *B.megacephalus* mais aussi en fonction de la richesse du couvert végétal.

3.2. Méthode du transect végétal

Pour représenter la structure végétale des stations d'étude, nous avons jugé utile d'utiliser la méthode du transect végétal de Mayer cité par MORDJI(1988). Pour cela, il a fallu délimiter une aire d'échantillonnage de 500m^2, soit 10 m sur 50 m.

Les taux de recouvrement sont calculés à partir de la formule du DURANTON *et al.* (1982) qui est comme suit :

$$T\ (\%) = \frac{[\pi\ (d/2)^2]\ N}{S}\ X\ 100$$

Où :**T(%) :** Taux de recouvrement.

d : Diamètre de la plante en projection orthogonale (en mètres).

N : Le nombre moyen de pieds de l'espèce végétale.

S : Surface de transect (500m²).

Pour l'identification des plantes, nous avons utilisé des clés de détermination des espèces végétales tel que :

- Flore du Sahara (OZENDA, 2004).
- Atlas floristique de la vallée de l'Oued Righ par écosystème (KHERRAZE et *al*.,2010).

3.3. Description des stations d'étude

3.3.1. Site de Sidi Mahdi

La station expérimentale de Sidi Mahdi se trouve à environ 7km de Touggourt sur la route qui mène à l'Aéroport. Elle s'étale sur une superficie totale de 52 ha, dont 26 ha sont réservés à la phoéniciculture (variété Deglet-Nour), un hectare à la collection des cultivars de palmiers dattiers des régions d'Oued Righ et d'Oued Souf et un hectare de palmiers mâles (Dockars).Elle possède également une collection de vitro-plants de palmiers dattiers (Variété Deglet Nour) de 0,25 ha et des parcelles de4ha destinées aux cultures fourragères et maraîchères.

Les espèces végétales recensées dans la station sont regroupées dans le tableau 5.

Tableau5– Espèces végétales recensées dans la station expérimentale de Sidi Mahdi et leurs taux de recouvrements.

Familles	**Espèces**	**Hauteur (m)**	**Diamètre (m)**	**Nbr de pieds**	**TR (%)**
Apocynaceae	*Nerium oleander*	2,10	4,6	9	29,90
Asteraceae	*Phoenix dactylifera*	8,60	5,5	7	33,24
	Chrysantemum	0,25	0,60	1	0,06
Myoporaceae	*Myoporum sandwicense*	1,64	1,60	15	6,03
Plumbaginaceae	*Arméria maritima*	0,2	0,15	210	0,74
	Limonium delicatulum	0,27	0,20	6	0,04
Polygonaceae	*Polygonum convolvulus*	0,60	0,30	10	0,14
				Total	70,15

3.3.1.1. Caractéristiques du transect végétal de la station de Sidi Mehdi

Sept espèces végétales ont été recensées dans la station de Sidi Mehdi. Le taux de recouvrement global du sol est de 70,15 %avec la dominance de *Phoenix dactylifera* (33,24%), suivi par *Nerium oleander* (29,90%) et *Myoporum sandwicense* (6,03%) (Fig. 6,7).

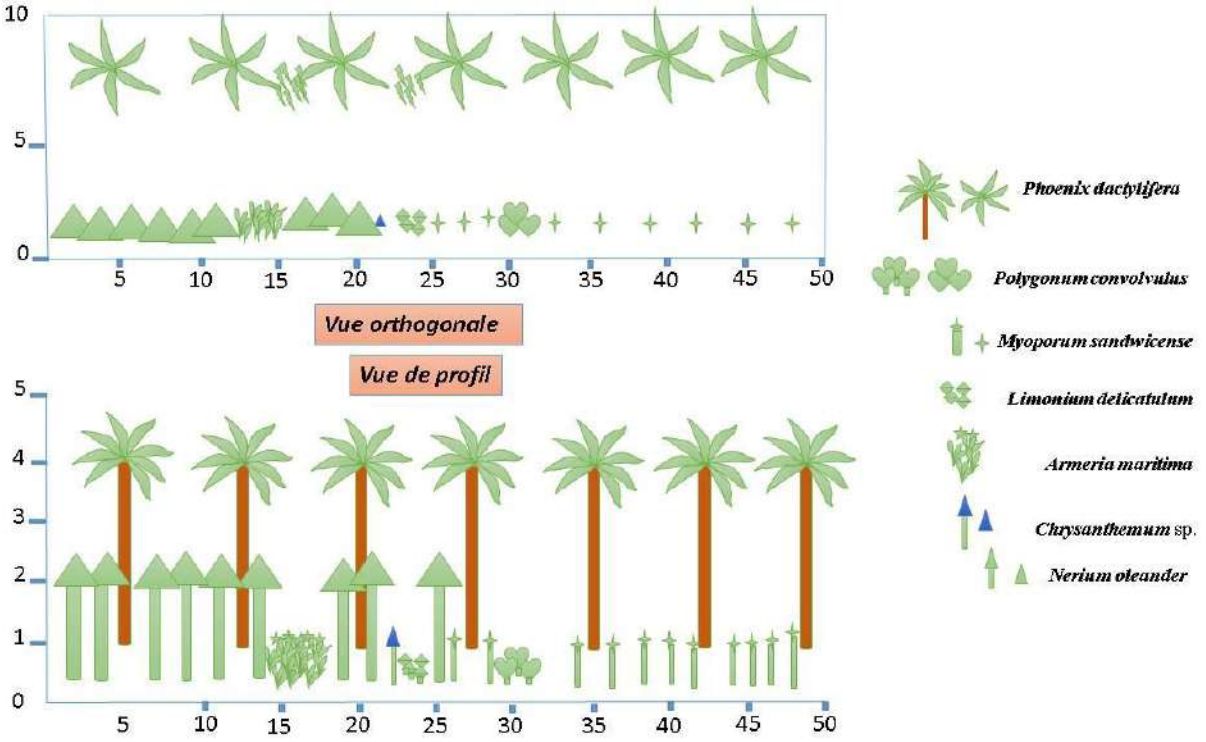


Figure 6 : Transect végétal de la station expérimentale de Sidi Mahdi (Originale 2014).

Figure 7 : La station expérimentale de Sidi Mahdi (Originale 2014).

3.3.2. Site de Saoud

Saoud est le nom de l'agriculteur dont son exploitation a été choisie pour former le deuxième site expérimental dans cette étude. C'est une jeune palmeraie où elles ont été installées plusieurs cultures sous-jacentes au palmier dattier. Le choix de ce site est fait dans le but d'identifier les plantes attaquées par *B. megacephalus*. Les espèces végétales recensées dans ce site sont regroupées dans le tableau 6.

Tableau 6– Espèces végétales recensées dans le site de Saoud et leurs taux de recouvrements

Familles	**Espèces végétales présentes dans le site**	**Hauteur (m)**	**Diamètre (m)**	**Nbr de pieds**	**TR (%)**
Asteraceae	*Phoenix dactylifera*	7	4,50	15	47,69
	Cynara cardunculus	0,12	0,04	2	0,003
	Chrysanthemum	0,82	0,60	9	0,51
Fabaceae	*Medicago sativa*	0,60	0,13	60	0,16
Lamiaceae	*Mentha piperitae*	0,10	0,04	2	0,0005
Plumbaginaceae	*Arméria maritima*	0,16	0,2	420	2,64
Portulacaceae	*Portulaca oleracea*	0,10	0,04	210	0,05
Rosaceae	*Prunus armeniaca*	2	4	1	2,51
Solanaceae	*Solanum lycopersicum*	0,15	0,05	25	0,01
Triochylaceae	*Cherry fantasia*	0,24	0,12	3	0,0068
	Kristina blanc	0,36	0,15	2	0,0071
				Total	53,59

3.3.2.1. Caractéristiques du transect végétal dans le site de Saoud

Onze espèces végétales ont été recensées dans le site de Saoud. Le taux de recouvrement global du sol est de 53,59 %avec la dominance de *Phoenix dactylifera* (47,69 %) suivie par *Armeria maritima* (2,64%) et *Prunus armeniaca* (2,51 %) (Fig. 8, 9).

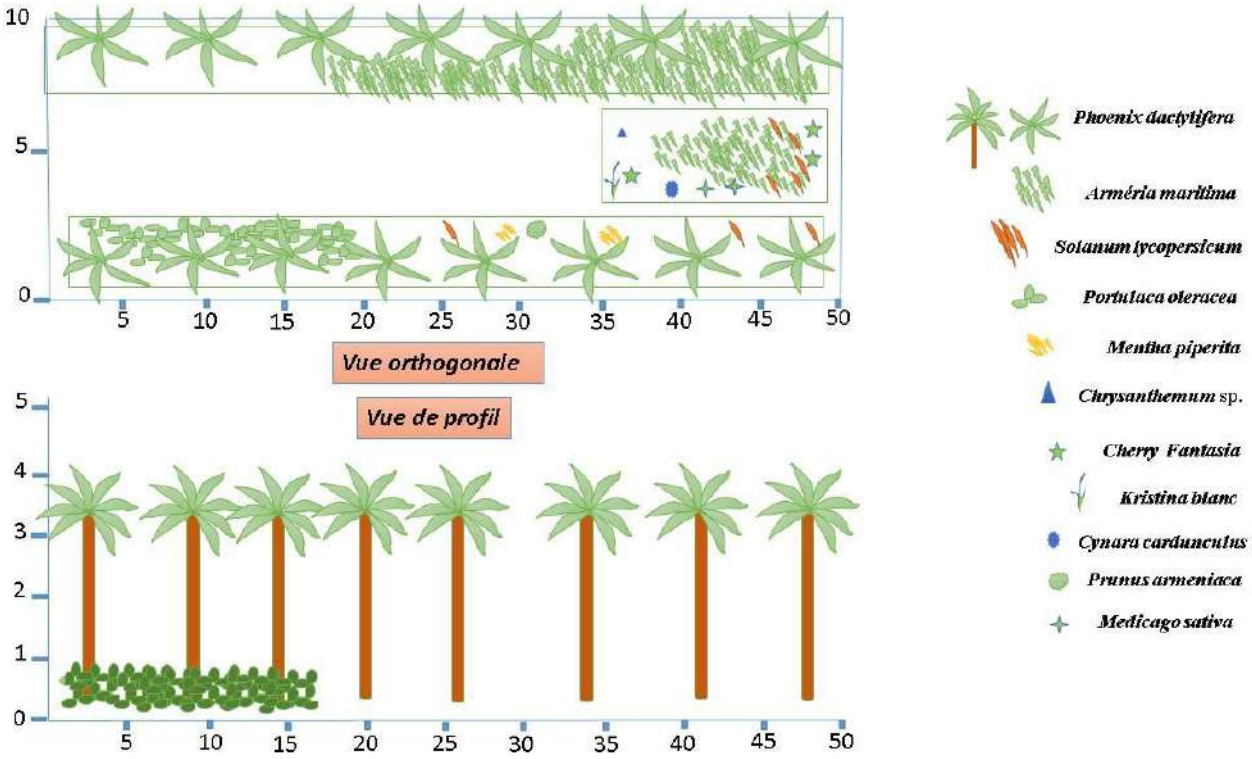


Figure 8 : Transect végétal du site de Saoud(Originale 2014).

Figure 9 : Site de Saoud (Originale 2014).

3.3.3. Site de Tamma

Ce site se situe dans la station expérimentale de l'INRAA de Sidi Mehdi. Il est composé de parcelles de différentes cultures installées dans le but de conduire des essais de recherche sur la biodiversité des cultures locales.

Les espèces végétales recensées dans ce site sont regroupées dans le tableau 7.

Tableau7– Espèces végétales recensées dans le site de Tamma et leurs taux de recouvrements

Familles	**Espèces végétales présentes dans le site**	**Hauteur (m)**	**Diamètre (m)**	**Nbr de pieds**	**TR (%)**
Amaranthacées	*Beta vulgaris L.*	0,2	0,17	20	0,091
	Beta vulgaris sup. sp.vulgaris	0,2	0,17	9	0,041
Apiaceae	*Apium graveolens*	0,2	0,04	36	0,009
	Foeniculum	1,4	0,08	13	0,013
Asteraceae	*Phoenix dactylifera*	5	3,5	1	1,92
	Onopordon macracanthum	0,7	0,2	23	0,14
	Carthamus tinctorius	0,9	0,3	32	0,45
	Helianthus annuus	1	0,10	2	0,003
Cucurbitaceae	*Lagenaria siceraria*	0,3	0,08	17	0,017
	Cucurbita maxim	0,6	0,06	17	0,01
Frankeniaceae	*Frankenia pulverulenta L.*	1,7	0,06	10	0,006
Lamiaceae	*Mentha spicata*	0,15	0,06	104	0,06
	Mentha piperita	0,20	0,08	5	0,005
Malvaceae	*Hibiscus esculentus*	0,9	0,19	5	0,028
Plumbaginaceae	*Arméria maritima*	0,19	0,1	70	0,11
Poaceae	*Cynodon dactylon*	0,3	0,75	16	1,41
	Phragmites communis	1,8	0,25	30	0,29
	Ampelodes mosmauritanicus	0,7	0,4	20	0,50
Portulacaceae	*Portula caoleracea*	0,07	0,04	3720	0,93
Solanaceae	*Solanum lycopersicum*	0,12	0,03	73	0,010
Zygophyllaceae	*Zygophyllum album L.*	0,8	0,06	08	0,45
				totale	6,52

3.3.3.1. Caractéristiques du transect végétal dans le site de Tamma

Un nombre de 21 espèces végétales a été recensé dans le site de Tamma. Le taux de recouvrement global du sol est de 6,52 %avec la dominance de *Phoenix dactylifera* (1,92%), suivi par *Cynodon dactylon* (1,41 %) et *Portulaca oleracea* (0,93 %) (Fig.10,11).

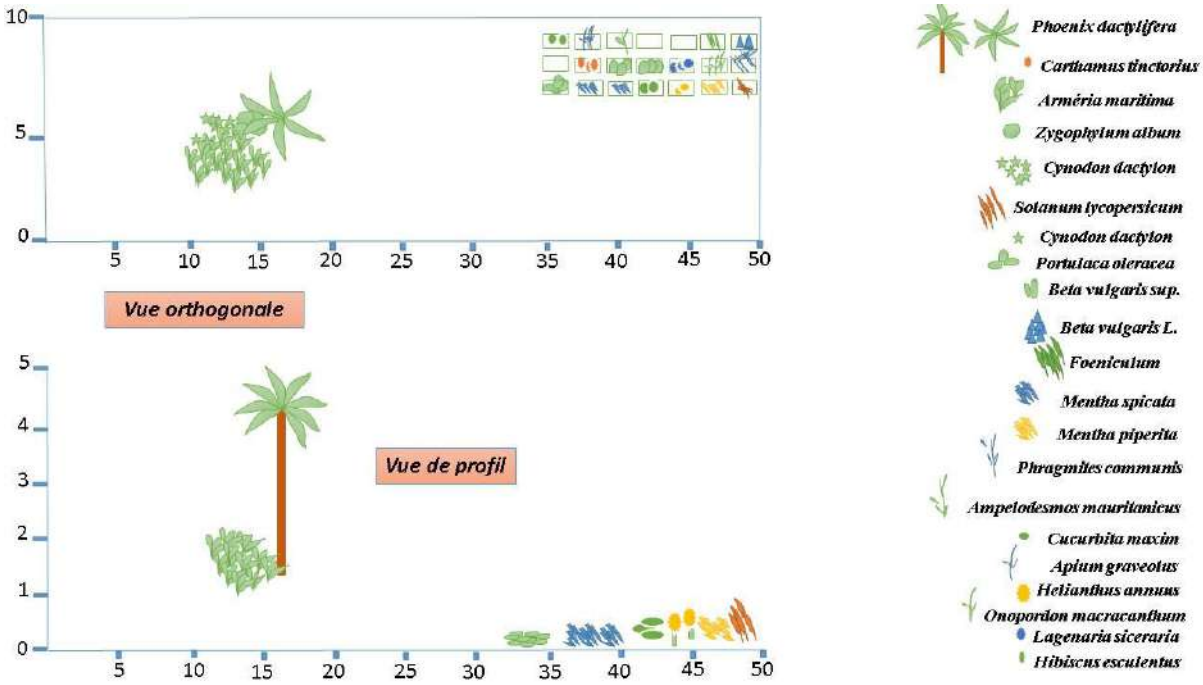


Figure 10 : Transect végétal du site de Tamma (Originale 2014)**.**

Figure 11 : Site de Tamma (Originale 2014)

3.4. Méthodes d'échantillonnage

Les captures de *B. megacephalus* ont été faites manuellement avec utilisation de lampes (pièges lumineux) de la mi-mars à la mi-avril, cette période correspond au moment de la sortie naturelle des individus. La méthode des pots Barber a été utilisée durant l'été pour récolter les stades larvaires (L1, L2). L'inondation des terriers de l'insecte par de l'eau en utilisant un tuyau et la submersion des parcelles ont été également utilisées, durant toute l'année, pour faire sortir l'insecte (toutes les méthodes sont décrites ci-dessous). Les individus

collectés ont été mis individuellement dans des flacons en verre pour éviter le phénomène de cannibalisme qui a été remarqué au cours d'élevage .Nous avons utilisé également un sécateur et des sachets en plastique pour les prélèvements floristiques .Un carnet de notes a servi pour mentionner toutes les observations et les informations concernant les échantillons.

L'étude du régime alimentaire a été effectué durant la période estivale (de la fin-juin au début-septembre2014) dans les trois sites.

3.4.1. Méthodes utilisées sur terrain pour capturer des individus

Les méthodes suivantes ont été utilisées pour la capture des individus de *B. megacephalus*.

3.4.1.1. Description de la méthode de submersion des parcelles.

La méthode de submersion consiste à laisser l'eau circuler jusqu'à l'inondation totale des parcelles pour submerger les terriers et faire sortir les insectes (Adulte et larve) (Fig. 12).

Figure 12 : Submersion des parcelles pour faire sortir les individus de *B. megacephalus* de leurs terriers (Originale 2014)

3.4.1.2. Description de la méthode d'inondation des terriers avec de l'eau

Cette méthode consiste à utiliser un tuyau et remplir le terrier d'eau afin d'obliger l'insecte de sortir de sa galerie, celui-ci est ensuite récupéré à la main. Cette technique a été employée durant toute l'année (Fig. 13).

Figure13 : Méthode de capture *B. megacephalus* par inondation des terriers avec de l'eau (Originale 2014)

3.4.1.3. Méthode de piégeage lumineux

D'après les paysans de la région de Sidi Mahdi, ce grillon est attiré par la lumière des maisons (Fig.14). C'est pour cela que des lampes ont été placées dans des sites expérimentaux dès la tombée de la nuit .Les individus de *B. megacephalus* se regroupaient au-dessous des pièges lumineux (Fig. 15). L'échantillonnage a été ainsi effectué à la main. Cette méthode a été utilisée notamment au printemps.

Figure 14 : Méthode de piégeage lumineux de *B. megacephalus* (Originale 2014).

Figure 15 : Regroupement des individus de *B. megacephalus* (Originale 2014)

3.4.1.4. Description de la méthode des pots Barber :

Un pot Barber est constitué tout simplement d'un récipient de toutes natures, soit un gobelet ou mieux encore des boîtes métalliques de conserve ayant un volume égal à 01 dm^3. Celles-ci sont enfoncées verticalement, de façon que leurs bords supérieurs se retrouvent au ras du sol à fin de faciliter la pénétration des larves de *B. megacephalus* qui circulent dans les parages. Selon BENKHELIL (1992) le remplissage des pots jusqu'aux 2/3 de leur contenu avec un liquide conservateur permettrait d'éviter la putréfaction des invertébrés tombés dans le piège. Le matériel biologique récupéré est ensuite amené au laboratoire pour l'analyser.

Figure 16 : Pots Barber (Originale 2014)

3.5. Dynamique des populations de *B. megacephalus*

La dynamique des populations des ravageurs constitue le meilleur moyen pour détecter la présence des insectes, suivre leurs comportements et connaitre l'ampleur des dégâts. Dans ce contexte, nous avons mené une étude sur *B. megacephalus* dans le but d'étudier sa dynamique des populations et d'établir un seuil de nuisibilité permettant d'intervenir contre ce déprédateur en se basant sur l'apparition des terriers de cet orthoptère. En effet, peu de travaux ont été réalisés sur cet insecte dans cette région. Cela peut être dû au mode de vie nocturne et souterrain de celui-ci.

L'expérimentation a été conduite dans la station expérimentale de l'INRAA de Sidi Mehdi (Touggourt) sur une période d'une année (janvier 2014/ janvier 2015). Trois sites de 500 m^2 pour chacun ont été choisis et trois sorties par semaine ont été effectués pour compter le nombre des terriers (Fig. 17). Après chaque comptage, ces derniers sont effacés.

Figure 17: Terriers de *Brachytrupes megacephalus* (Originale 2014)

3.5.1. Mesures des terriers

La hauteur, la largeur et la profondeur des terriers ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse et une règle graduée (Fig. 18).

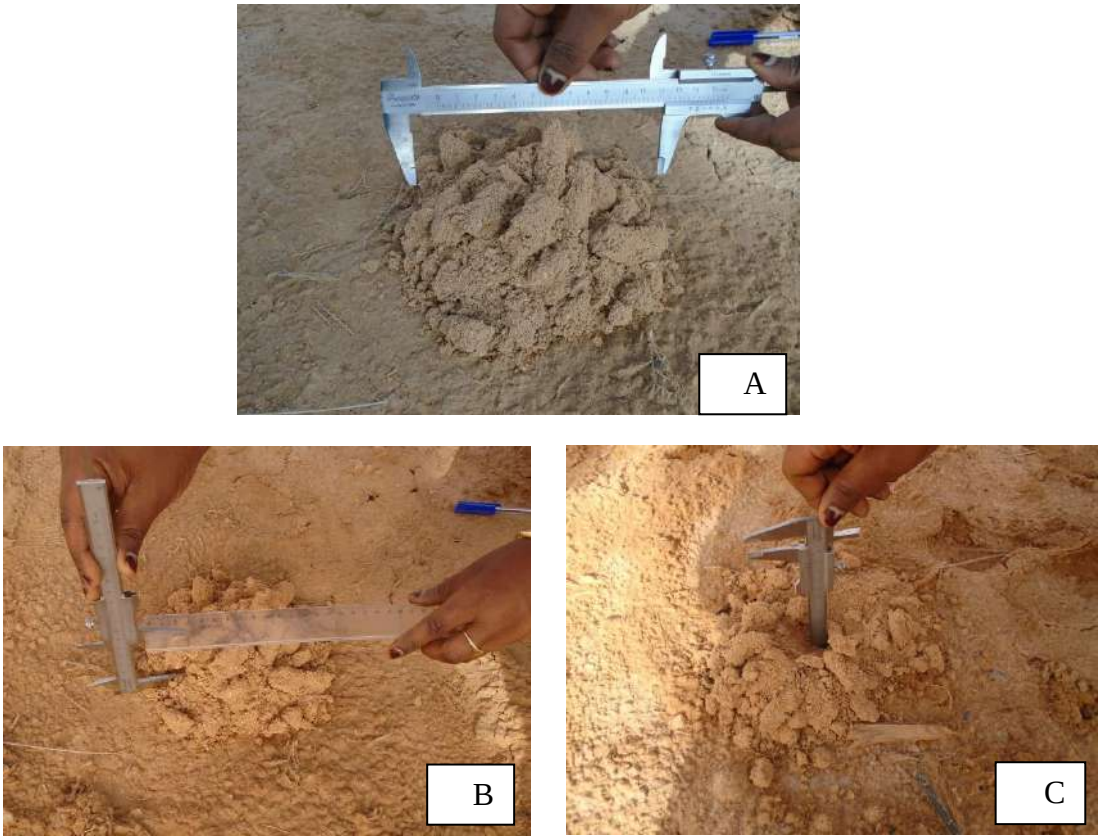


Figure 18: Mesures des terriers (A : largeur du terrier ; B : hauteur ;C : profondeur) (Originale 2014)

3.6. Méthodes d'élevage pour étudier le cycle biologique

L'élevage de *B. megacephalus* a été conduit en essayant plusieurs moyens et différentes méthodes. En effet, des combats commençaient(Fig.19) dès que deux individus ou plus sont placés en semble et leurs appendices se trouvaient cassés. Ce phénomène de "cannibalisme" (Fig. 20) a été remarqué avec des insectes du même genre ou de sexes différents, ce qui a mis à chaque fois l'expérimentation en échec. Pour cette raison, nous nous sommes orientés vers l'élevage individuel de l'orthoptère.

Figure 19: Combat entre les individus de *B. megacephalus* (Originale 2014)

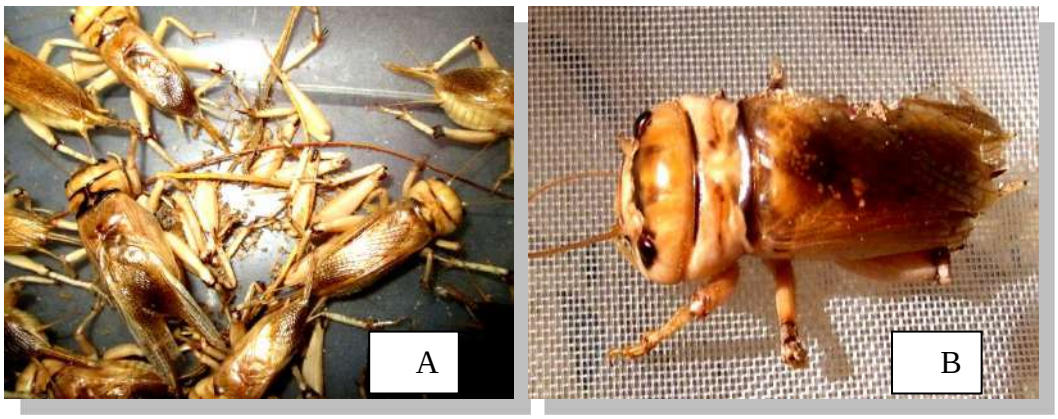


Figure 20 : Phénomène de cannibalisme chez *B. megacephalus* (A : des adultes se cassent les pattes ; B : partie du mâle dévoré) (Originale 2014)

3.6.1. Elevage dans des flacons en plastique

L'élevage de *B. megacephalus* dans des flacons en plastique (Fig. 21) n'a pas donné les résultats escomptés à cause de l'apparition de maladies (ex : trous noirs au niveau des extrémités abdominales) (Fig. 22). En conséquence, les individus ne s'attardaient pas à mourir.

Figure 21 : Elevage des adultes de *B. megacephalus* dans des récipients en plastique (Originale 2014)

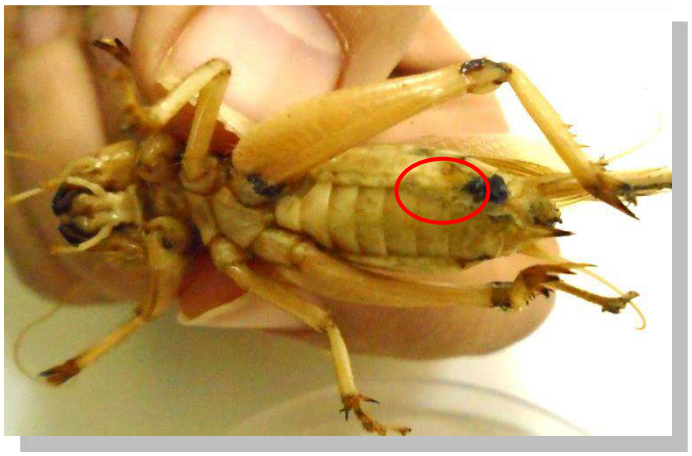


Figure 22 : Apparition des trous noirs sur le corps de *B. megacephalus* (Originale 2014)

3.6.2. Elevage de l'insecte dans une cage pleine de sable

Cette méthode n'a pas donné de bons résultats parce qu'elle a exigé un arrosage fréquent du sable et il a été difficile de contrôler les individus à cause de leur pénétration dans les terriers. Après quelques jours, les individus ont toujours été trouvés morts (Fig. 23).

Figure 23: Elevage de *B. megacephalus* dans une cage pleine de sable (Originale 2014)

3.6.3. Elevage dans des flacons en verre

C'était la méthode la plus pratique (Fig. 24) parce que nous avions eu la possibilité de contrôler les individus et de récupérer les fèces pour étudier leurs préférences alimentaires. Les insectes vivaient jusqu'à 4 mois. En plus, l'entretien des flacons étaient très facile et nous n'avons pas constaté l'apparition des maladies.

Figure 24: Elevage des adultes de *B. megacephalus* dans des flacons en verre (Originale 2014)

3.7. Méthodes utilisées au laboratoire

3.7.1. Observations au laboratoire

Dès leur capture, les individus de *B. megacephalus* sont amenés au laboratoire pour subir différentes mesures morphométriques, sous loupe binoculaire, en utilisant un papier

millimétrique pour les jeunes stades (L1, L2) et un pied à coulisse pour les adultes. Une centaine de larves et d'imagos ont été utilisés dans cette manipulation.

Pour tenter de rattacher les larves à un stade de leur cycle évolutif, les individus ont été d'abord séparés par sexe puis classés grossièrement selon leur taille apparente et en examinant l'état de développement des valves de l'oviscapte des futures femelles. Enfin, les insectes sont tués en les plaçant dans l'alcool à 90° (alcool dénaturé, dit alcool à bruler) et conservés individuellement en alcool dans des flacons numérotés sur lesquels sont précisés la date et le lieu de prélèvement.

3.7.2. Etude du régime alimentaire

La paroi cellulosique externe des cellules épidermiques végétales est recouverte d'une couche de polymères d'acides gras insaturés appelée cuticule qui les protèges en résistant très bien à la dégradation chimique, donc aux enzymes digestives (CHAPUIS, 1980 ; MAIZERET *et al.*, 1986). Il y a donc de forte probabilité de retrouver dans les fèces des insectes déprédateurs des fragments épidermiques du végétal consommé non ou partiellement altérés. Par ailleurs, chaque plante possède des cellules épidermiques caractérisées par une morphologie particulière : taille, forme, présence ou absence de stomates, agencement des cellules (PLANTON, 1987). Cette spécificité structurale permet ainsi de déterminer à partir d'un fragment épidermique l'espèce végétale ingérée par comparaison avec des structures épidermiques de référence. Ainsi, deux types de lames à savoir les lames de références et les lames-échantillons sont nécessaires pour une analyse micrographique des fèces.

La réalisation d'un épidermothèque de référence, l'analyse des fèces et l'exploitation des résultats sont développées dans ce qui suit.

3.7.2.1. Préparation d'épidermothèque de référence

L'épidermothèque de référence a été réalisée par le prélèvement des espèces végétales des sites d'étude sur une aire de 500 m^2 (50 m x 10 m) avec des conditions floristiques aussi homogènes que possible. Quelques plantes rencontrées dans la région de Sidi Mehdi ont également été utilisées. Différentes parties du végétal (tiges, feuilles, fleurs et racines) ont été employées pour la construction de celle-ci. Le matériel végétal a été préparé selon la technique classique (PRAT., 1932, 1935, 1960 ; GUYOT., 1966 ; LE BERRE et MAINGUET., 1974 ; BENHALIMA *et al*. 1984 ; BUTET, 1985, 1987 ; MOHAMED

SAHNOUN ,1995 ; KARA, 1997 ; OULD EL HADJ, 2004 et KHERBOUCHE, 2006). Les épidermes ont été délicatement détachées des tissus sous–jacents avec des pinces fines. Elles ont été ensuite mises à macérer dans de l'hypochlorite de sodium (Na O Cl) ou eau de Javel à 12° pendant quelques secondes pour les éclaircir et faciliter l'observation des parois cellulaires. Après un rinçage dans de l'eau distillée, suivi de bains de quelques secondes dans l'alcool à concentrations progressives (75°, 90° puis 100°pour un déshydrations),les échantillons ont été conservés dans un liquide de Faure ou dans du baume de Canada en les plaçant entre lames et lamelles et en les faisant passer au-dessus d'une plaque chauffante chaude pour éliminer les bulles d'air. L'examen des fragments a été ensuite assuré par un microscope photonique et des photos ont été prises à l'aide d'un appareil-photo numérique.

3.7.2.2. Récupération des fèces

Le régime alimentaire de *B. megacephalus* a été étudié en analysant les excréments de 50 mâles, 50 femelles et 20 larves. Les insectes ont été placés individuellement dans des boites aérées dès leur capture. Les fèces de ceux-ci (Fig. 25) ont été récupérées après 24 h, temps jugé suffisant pour qu'ils vident leurs tubes digestifs, puis conservées dans des carnets en papier portant la date, le lieu de capture et le sexe de l'individu.

Figure25 : Récupération des fèces de *B. megacephalus* (Originale 2014)

3.7.2.3. Analyse des fèces

La technique de traitement des fèces a été inspirée de la méthode de LAUNOIS–LUONG (1975). Elle consiste à ramollir dans un premier temps les échantillons pendant 24 heures dans l'eau, ce qui permet de libérer les fragments sans les abîmer. Cette opération est

suivie par un bain de quelques secondes dans de l'eau de Javel et un rinçage à l'eau distillée. Enfin, des bains d'alcool à différentes concentrations (75°,90°,100°) sont effectués pour assurer la déshydratation des fragments. Les montages des tissus se font dans une goutte de liquide de Faure entre lame et lamelle et les échantillons sont ensuite examinés au microscope photonique (Fig.26).

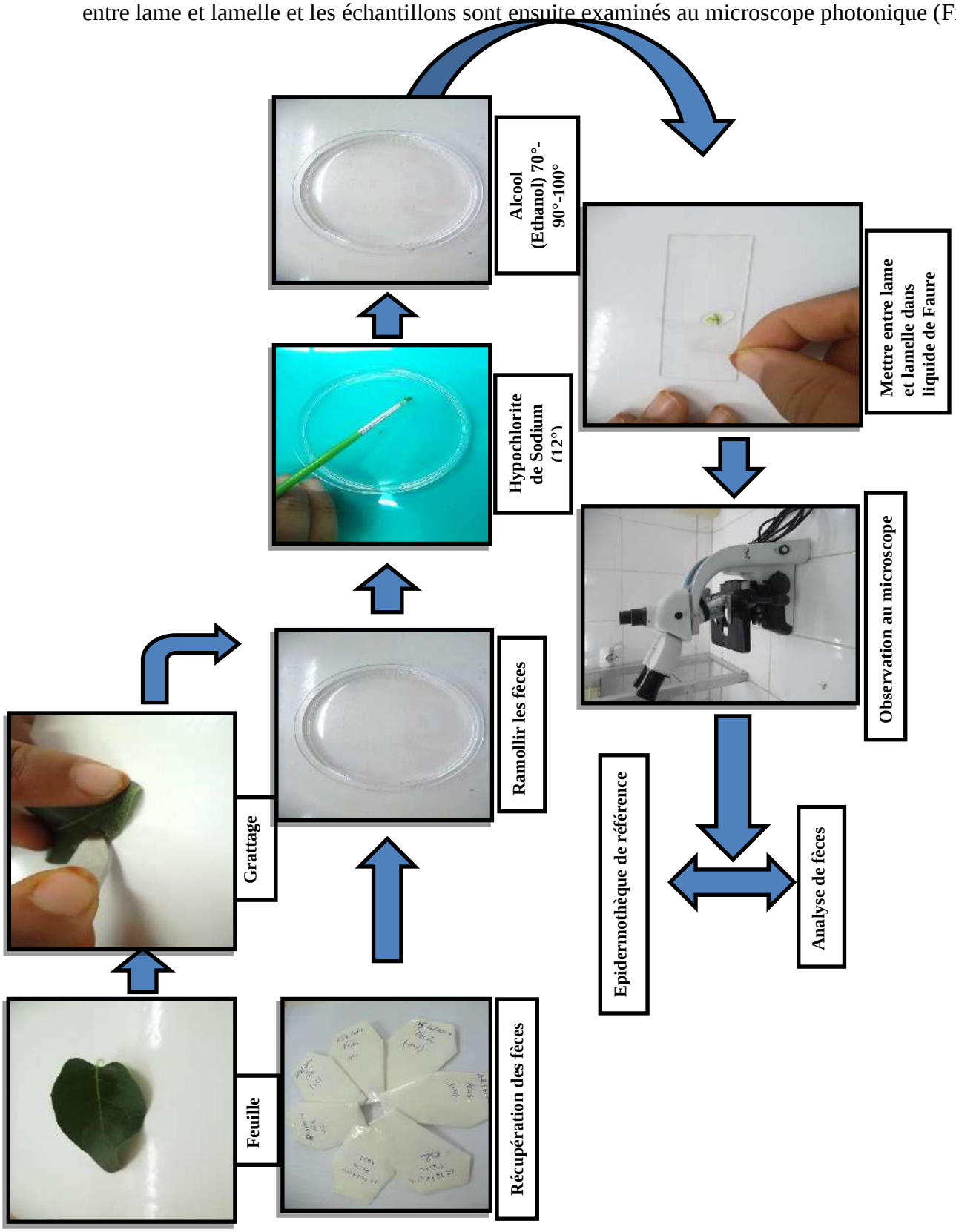


Figure 26 : Réalisation d'une épidermothèque de référence et analyse des fèces (Originale 2014)

3.8. Exploitation des résultats

3.8.1. Pour l'étude morphométrique

Différentes mesures sur les larves et les imagos de *B. megacephalus* ont été réalisées au laboratoire.

- La largeur de la tête (T) (Fig. 27).
- L'espace interoculaire (EIO) (Fig. 27).
- La longueur de la carène médiane du pronotum (P) (Fig. 28).
- La longueur du fémur (F) (Fig. 29).
- La longueur du corps (L) (Fig. 30).

Ces différentes parties du corps ont été choisies parce qu'elles sont fortement sclérifiées et ne subissent aucun accroissement pendant l'inter-mues (BELARBI ,1979).

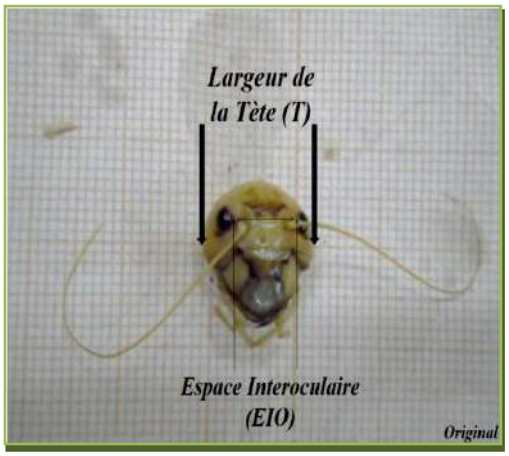


Figure 27: Largeur de la tête et de l'espace interoculaire de *B. megacephalus* (Originale)

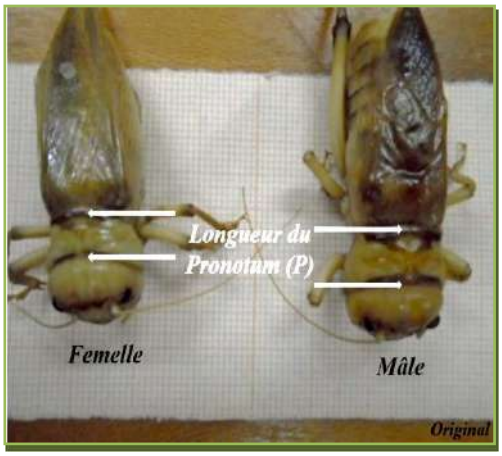


Figure 28: Longueur de la carène médiane du pronotum de *B. megacephalus* (Originale)

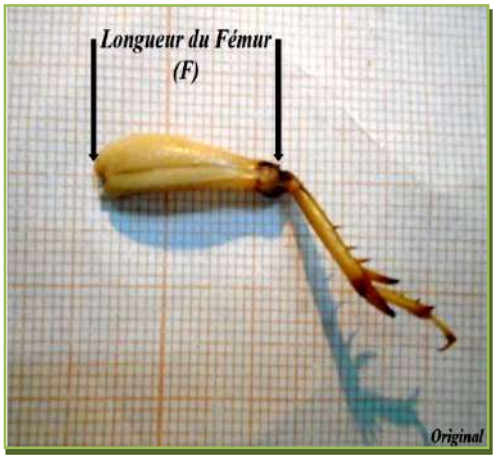


Figure29: Longueur du fémur de *B. megacephalus*(Originale)

Figure 30: Longueur du corps de *B. megacephalus* (Originale)

La mesure de la longueur totale du corps de *B. megacephalus*, souvent indiquée par des auteurs, a été négligée car l'abdomen de l'insecte peut se dilater ou être comprimé considérablement pendant la phase larvaire.

Par ailleurs, pour pouvoir déterminer les stades larvaires, il a été nécessaire de calculer la somme C+P+F et la comparer aux valeurs du tableau 8. Les chiffres qui se trouvaient entre ceux de deux stades respectifs sont placés dans le stade suivant lorsque celui-ci se rapproche plus de ce dernier.

Tableau 8 -Tableau de référence de désignation des stades larvaires (BELARBI, 1979)

Les stades larvaires	C+P+F
Im-5	15,8 mm
Im-4	18,26 mm
Im-3	22,6 mm
Im-2	27 mm
Im-1	33,7 mm

C : Largeur de la capsule céphalique ; **P** : Largeur du pronotum ; **F** : Largeur du fémur.

3.8.1.1. Analyses statistiques (pour la morphométrie)

Les variances (σ^2), les moyennes (x) et les écart-types (σ) des cinq caractères morphologiques des grillons (Pronotum, capsule céphalique, fémur, élytre et poids), ont été calculés et analysés par le logiciel statistique (STAT BOX 6.0.4., GRIMMERSOFT). Le dispositif est organisé en randomisation totale uni-factorielle (un seul facteur étudié : morphologie) par le test de Newman et Keuls à 5 % et 1 % ($P_{0.05}$ et $P_{0.01}$). L'unité expérimentale est la mesure des 5 caractères, le facteur étudié est la morphologie, les variables sont les 5 caractères (Pronotum, capsule céphalique, fémur, élytre et poids).

3.8.2. Etude du régime alimentaire adulte-larve (durant la période estivale) sur terrain

Pour l'exploitation des résultats, on fait appel à la richesse totale et moyenne, à la fréquence relative des espèces végétales enregistrées dans les fèces et sur le terrain, à la préférence alimentaire (pour les adultes) au laboratoire et aux méthodes statistiques.

3.8.2.1. Richesse totale

La richesse totale (S) est le nombre des espèces trouvées dans un échantillon (BLONDEL, 1975). En d'autres termes, elle consiste à quantifier le nombre de toutes les espèces végétales rencontrées dans le total des fèces analysées. Elle représente les paramètres fondamentaux d'un peuplement (MÜLLER, 1985).

3.8.2.2. Richesse moyenne

La richesse moyenne (Sm) correspond au nombre moyen des espèces présentes dans N relevés (RAMADE, 1984). Dans le cas de l'étude du régime alimentaire des grillons, le nombre de relevés N correspond au nombre des fèces pris en considération. Cependant, c'est le nombre moyen d'espèces contactées dans chaque fèces.

3.8.2.3. Fréquence relative des espèces végétales contenues dans les fèces

La fréquence relative est le rapport exprimé en pourcentage du nombre de fèces contenant l'espèce i prise en considération au nombre total des fèces (DAJOZ, 1982). OBRIEL et HOLISOVA cité par TARAI (1991), définissent la fréquence relative comme étant l'apparition d'un fragment végétal donné dans les échantillons. Selon BUTET (1985), le principe consiste à noter la présence ou l'absence des végétaux dans les fèces, elle est exprimée comme suit :

$$F(i)\% = \frac{n_i}{N} \times 100$$

F(i) % : Fréquence relative des épidermes végétaux contenus dans les fèces, exprimée en pourcentage.

n_i : Nombre de fois où les fragments de l'espèce végétale (i) est présent dans les fèces.

N : Nombre total des fèces examinés.

3.8.3. Préférences alimentaire au laboratoire

Pour étudier ce paramètre au laboratoire, des feuilles de 7 espèces végétales ont été présentées à *B. megacephalus*. Le choix d'*Armeria maritima, Phoenix dactylifera, Solanum lycopersicum, Phragmites cummunis, Prunus armeniaca* et *Nerium oleander* a été fait sur la

base de leur abondance dans les fèces de l'insecte. Pour ce qui est de *Vitis vinifera*, celle-ci a été choisie car elle a donné de bons résultats dans les élevages précédents de cet orthoptère. Huit adultes ont été utilisés dans ce test. Avant de commencer l'expérimentation, les individus ont été laissés à jeûne pendant 24 h afin de vider leurs tubes digestifs. Après cette période, une seule plante est placée dans les boites d'élevage comme alimentation aux insectes. Une quantité de 0,300 g de celle-ci est présentée à chaque individu. Après 24 h, le reste du végétal non consommé ainsi que les fèces déposées par chaque individu sont récupérés. La pesée de fèces et l'aliment qui reste a été effectuée chaque jour à l'aide d'une balance de précision, type 0,000 g (fig. 31). Le même essai a été effectué pour les sept espèces végétales. La préference alimentaire a été calculée avec une simple équation :

$$\mathbf{Tc = Pi – (Pr + Pf)}$$

Tc : Taux de consommation
Pi : Poids de feuille verte (0,300 g)
Pr : Poids du reste de la feuille
Pf : Poids de fèces

3.8.3.1. Analyse statistique :

Le dispositif expérimental utilisé dans cet essai est la randomisation totale uni-factorielle avec 08 répétitions. Le facteur étudié est la préférence alimentaire représentée par la consommation (%). L'analyse statistique utilisée est l'ANOVA (analysis of variance) par le logiciel Stat Box 6.4.0. Grimmer Soft. Pour tous les tests, le niveau de signification a été évalué aux seuils 5% et 1%. Le cas échéant, la comparaison des moyennes est faite sur la base du test de Student (t-test) de Newmann-Keuls afin de distinguer des groupes homogènes selon les valeurs des moyennes testées.

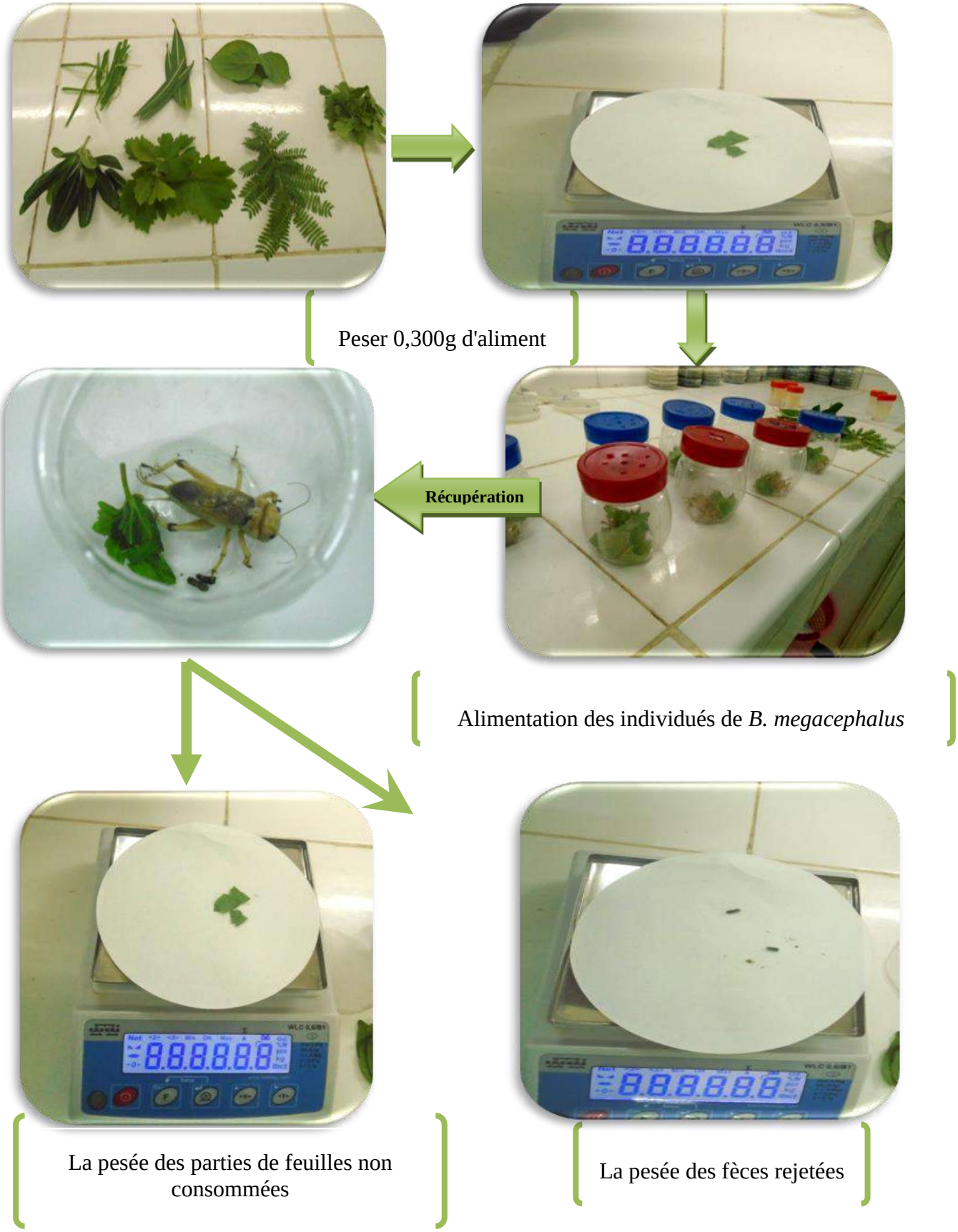


Figure 31 : Méthode d'estimation de la préférence alimentaire au laboratoire(Originale)

3.8.4. Etude de l'essai d'utilisation des champignons entomopathogènes

3.8.4.1. Isolements et identification des champignons entomopathogènes à partir des cadavres de *B. megacephalus*

3.8.4.1.1. Matériel biologique

Les individus de *B. megacephalus* utilisés dans cette étude proviennent d'un élevage au laboratoire d'entomologie dans la station de l'INRAA (Sidi Mahdi, Touggourt) qui a été établi à partir d'individus capturés, dans la région de Touggourt, durant la période allant de la fin-février au début-mars 2014

3.8.4.1.2. Matériel fongique

Le matériel fongique utilisé dans cette étude a été obtenu en récoltant des adultes de *B. megacephalus* morts et présentant des symptômes d'une attaque fongique (Fig. 32) de la station de l'INRAA de Sidi Mahdi durant quatre ans (2011-2014). Les champignons entomopathogènes responsables de l'agression des insectes prennent des aspects et des couleurs très variés. Le *Fusarium* sp. , l'*Aspergillus flavus*, l'*Aspergillus niger* et le *Penicillium* sp. par exemple recouvrent le corps de leurs hôtes avec des couches mycéliennes denses blanchâtres pour le 1er, poudreuses jaunâtres, noirâtres et bleuâtres pour les trois derniers respectivement (Fig. 32). En revanche, *Beauveria bassiana* possède des mycéliums cotonneux et blanchâtres qui enroulent entièrement le cadavre de l'insecte.

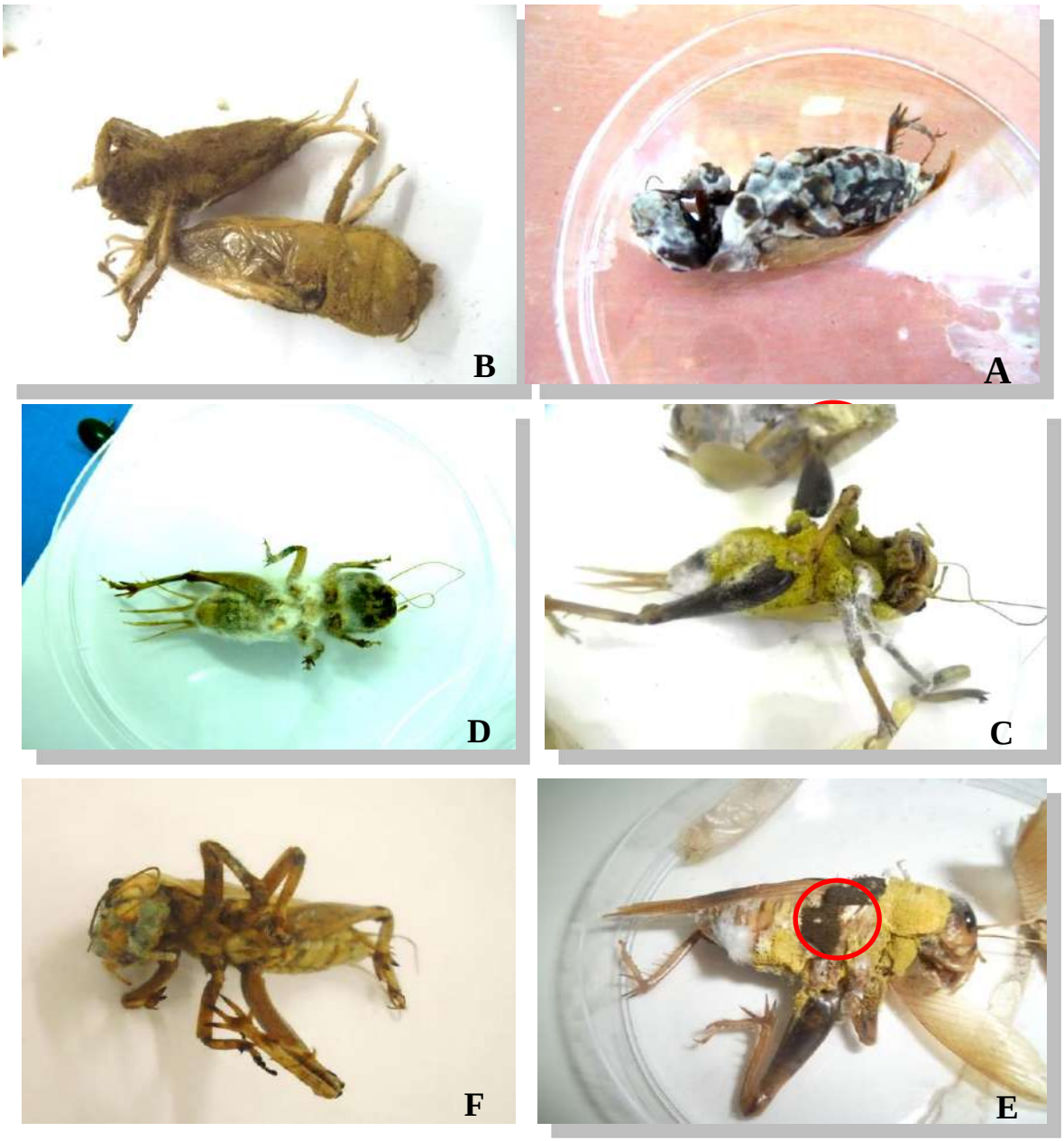


Figure 32 : Aspect des adultes de *B. megacephalus* attaqués par des champignons entomopathogènes (A : *Beauveria bassiana* ; B : *Metharizium anisopliae* ; C : *Aspergillus flavus* ; D : *Fusarium* sp.; E : *Aspergillus niger* ; F : *Penicillium* sp) (Originale 2014)

3.8.4.1.2.1. Isolement

Les sujets de *B. megacephalus* attaqués par des champignons ont été découpés et déposés directement sur le milieu gélosé sans désinfection préalable. Tandis que ceux d'apparence saine sont désinfectés à l'eau de javel titrée à 2%pendant deux minutes, rincés trois fois à l'eau distillée stérilisée puis séchés sur un papier buvard. Ils ont été ensuite

découpés, déposés sur un milieu de culture en boites de Pétri à raison de 4 fragments par boite puis incubés à une température de 20-25° C.

3.8.4.1.2.2. Purification

Les colonies mycéliennes développées autour de l'insecte n'étant pas toujours pures et dans la plupart des cas sont formées d'une association de plusieurs espèces de champignons et bactéries ce qui nécessite une opération de purification avant toute manipulation. Pour cela, nous avons réalisé des repiquages successifs de manière aseptique. Des explants de cultures ne présentant aucune contamination sont prélevés de la zone périphérique des colonies et réensemencés dans des boites de Pétri contenant le milieu P.D.A.

3.8.4.1.2.3. Identification

L'identification des champignons fait essentiellement appel aux caractères culturaux et à la morphologie, mais aussi à des propriétés biochimiques qui nécessitent l'utilisation de milieux standards favorisant le développement des colonies. Par conséquent, nous nous sommes basés sur les aspects macroscopiques et microscopiques pour la caractérisation des isolats.

a) Aspect macroscopique

Dans cette phase, nous nous sommes intéressés à l'examen de la forme, la taille et la couleur des colonies des champignons.

b) Aspect microscopique

L'identification microscopique des champignons a été faite en prenant en considération les caractères suivants :

- La forme du mycélium, la présence ou l'absence de cloisons ainsi que la couleur et le mode de ramification.
- La forme et la taille des spores.

Nous nous sommes basés pour l'identification des souches sur plusieurs clés de détermination (ELLIS, 1971 ; BARNETT et HUNTER, 1977 ; GEORGE et *al*., 1984).

3.8.4.1.2.4. Conservation des isolats

Après avoir identifié les isolats, des cultures pures sont transférées dans des tubes à essai inclinés contenant le milieu P.D.A. Leur conservation s'effectue à basse température entre 4 et 8° C (WRAIGHT et ROBERTS D., 1987).

3.8.4.1.3. Essai de pathogénicité de *Fusarium* sp. sur les adultes de *B. megacephalus*

Avant toute étude portant sur un agent pathogène, il faudrait au préalable vérifier, par des contaminations artificielles, la pathogénicité de ce dernier afin de confirmer sa causalité dans l'induction des symptômes observés sur l'hôte (Postulat de Kock). C'est le but de cette expérimentation qui consistait à tester l'effet des champignons préalablement isolés des insectes sur la mortalité des adultes de *B. megacephalus*.

3.8.4.1.3.1. Préparation et dosage des solutions entomopathogènes

Les solutions entomopathogène sont été préparées à partir de cultures de champignons âgées de 15 à 20 jours et ayant bien sporulé. Les colonies prélevées de celles-ci ont été introduites dans des Erlen Meyer contenant 100 ml d'eau distillée puis fermés hermétiquement afin d'éviter toute contamination. Après une agitation de 10 minutes pour permettre une libération maximale des spores, le mélange a été passé à travers une gaze. Le filtrat obtenu a constitué la solution mère. Le nombre de spores contenu dans celle-ci a été évalué à l'aide d'une cellule de Malassez.

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

100 spores ⟶ 10^6 spores/ml.

Nombre de spores comptées ⟶ X

$$C1 \text{ (spores / ml)} = (10^6 \times X) / 100$$

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

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

$$C1\ V_1 = C_2\ V_2$$

C1 : La concentration de la solution mère

V1 : Volume initial d'eau distillée mis dans l'Erlen Meyer (100ml)

C2 : La concentration voulue (à obtenir)

V2 : Volume d'eau correspondant à la concentration C2

$$V2 = (C1.\ V1) / C2$$

Le volume d'eau à ajouter sera alors : $V = V2 - V1$

3.8.4.1.3.2. Conduite du test de pathogénicité du champignon

L'inoculation des adultes de *B. megacephalus* par les suspensions de spores des champignons a été effectuée selon la méthode de pulvérisation directe. Le produit leur a été administré par voie tégumentaire au moyen d'un pulvérisateur à main en l'appliquant sur chaque individu pour assurer une bonne répartition et une meilleure pénétration des spores dans le corps des insectes. Les individus témoins ont été pulvérisés avec de l'eau distillée stérilisée.

Le champignon utilisé dans cet essai est le *Fusarium* sp. avec les doses 10^6 spores / ml et 10^4spores / ml, les deux DL_{50} obtenues par LAKHDARI (2009).Les individus adultes morts sont dénombrés après 24 heures de l'application des traitements afin de calculer le taux de mortalité des insectes.

3.8.4.1.3.3.Etude de l'effet de *Fusarium* sp. sur la mortalité des adultes

Cette étude consiste à comparer l'efficacité de deux doses (10^4 et 10^6 spores/ml) du champignon *Fusarium* sp. sur la mortalité des adultes de *B. megacephalus*. Trois répétitions ont été retenues à raison de 10 individus pour chacune. L'essai a été conduit pendant 13 jours.

Les mortalités sont exprimées en pourcentage en utilisant la formule suivante :

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

Les mortalités observées sont ensuite corrigées par la formule d'ABBOT, 1925

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

Soit :

M.C. : Pourcentage de mortalité corrigé.

M1 : Pourcentage de mortalité dans le lot témoin.

M2 : Pourcentage de mortalité dans le lot traité.

3.8.4.1.3.4. Analyse statistique

Le dispositif expérimental utilisé dans cet essai est la randomisation totale uni-factorielle avec 03 répétitions. Le facteur étudié est la mortalité, représentée par le taux de mortalité (%). L'analyse statistique utilisée est l'ANOVA (analysis of variance) par le logiciel Stat Box 6.4.0. Grimmer Soft. Pour tous les tests, le niveau de signification a été évalué aux seuils 5% et 1%. Le cas échéant, la comparaison des moyennes est faite sur la base de test de Student (*t-test*) de Newmann-Keuls .Le but était de distinguer des groupes homogènes selon les valeurs des moyennes des deux variables testées qui sont représentées par les doses 10^4 et 10^6 spores/ml de l'agent pathogène *Fusarium* sp.

3.8.5. Calcul du TL_{50}

Pour calculer le TL_{50}, il a fallu d'abord transformer le pourcentage des mortalités corrigées en probits et les temps en logarithme décimal pour obtenir une équation de type :

$$\mathbf{Y = ax + b}$$

Soit : Y : probits de mortalité corrigée

x : logarithme décimal du temps

a : pente de la droite qui se calcule par la formule suivante :

$$a = \frac{\sum (x - x')(y - y')}{\sum (x - x')^2} \qquad \mathbf{b = y' - ax'}$$

A partir de ces équations on a calculé le TL_{50} en remplaçant y par le probit de 5.

CHAPITRE IV - Résultats

CHAPITRE IV - RESULTATS

La première partie de ce chapitre expose les résultats relatifs à l'étude de la bioécologie de *B. megacephalus* (la dynamique des populations, la biologie et la morphométrie) alors que la deuxième présente ceux du régime alimentaire des larves et des adultes. Quant à la troisième, elle détaille ceux des essais de lutte biologique par l'utilisation de champignons entomopathogènes contre cet insecte.

4.1. Dynamique des populations de *Brachytrupes megacephalus*

L'étude de la dynamique des populations de *B. megacephalus* nous a permis de connaitre le mode de vie de l'insecte. En effet, cet orthoptère se caractérise par la réalisation d'une sorte de terriers (monticule, tas de sable ressemblant à des taupinières) dès l'arrivée du printemps jusqu'au début de l'été. Ces amas de sable de forme conique, cachant l'entrée de la galerie, trahit la présence de *B. megacephalus* (Fig. 34).

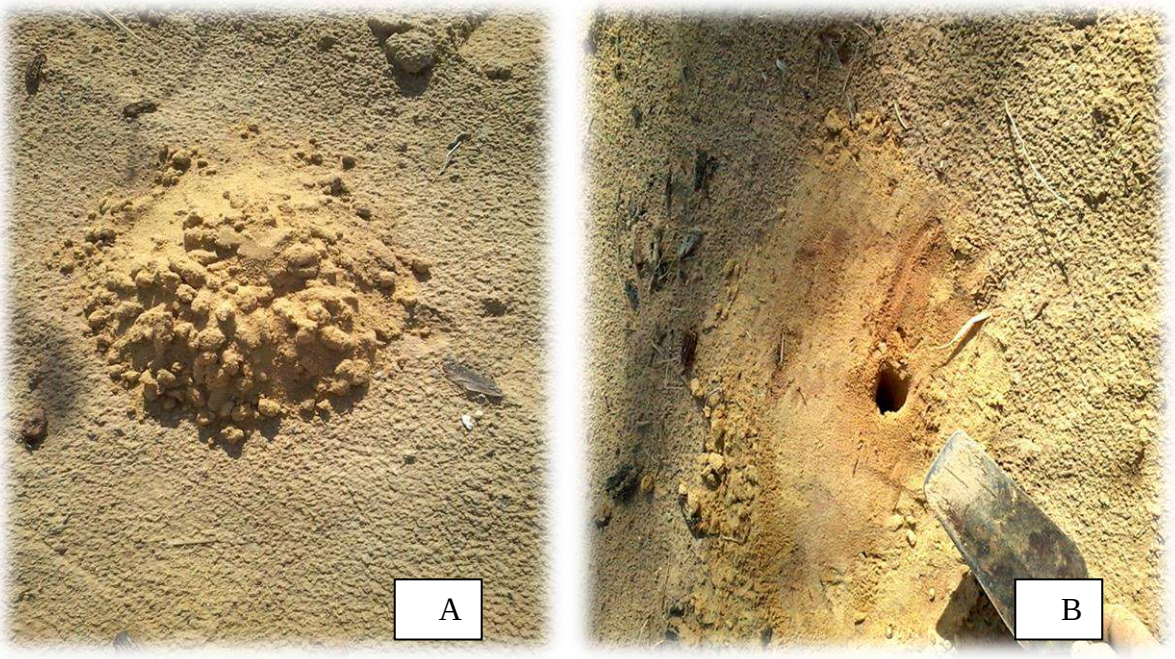


Figure 34 : Terrier et trou d'entrée des galeries de *B. megacephalus* caché par le sable (A : Terrier; B : trou d'entrée caché par le sable) (Originale 2014)

Lorsque le trou n'est pas recouvert, la galerie se trouve très souvent vide. Ces résultats sont identiques à ceux avancés par BELARBI (1979). L'insecte creuse ses galeries en utilisant la terre dégagée de celle-ci pour former des buttes de dimensions variables. Ces monticules ont une hauteur de 1,9 cm et un diamètre 9 cm pour les plus petits et une hauteur de 5,58 cm

et un diamètre de 20,5 cm pour les plus grands (Tab. 9). Le sable qui comble l'entrée du trou est d'une couleur légèrement différente de celui de la surface révélant une différence d'humidité. Les galeries sont suffisamment profondes de sorte que chacune peut contenir environ 10 L d'eau.

Tableau 9 -Dimensions des terriers de *B. megacephalus* (Juin-Aout)

	Nombre de terriers	Hauteur moyenne (cm)	Diamètre moyenne (cm)
Petits terriers	**53**	**1,9**	**9**
Grands terriers	**10**	**5,87**	**20,5**

La variabilité de la taille des monticules s'explique par le volume du sable dégagé qui est en rapport avec la longueur de la galerie, la taille et le stade de développement de *B. megacephalus.*

L'introduction d'une sonde à l'intérieur de la loge n'a pas permis d'avoir une idée sur sa forme donc, nous avons eu l'idée de la creuser (Fig. 35). Tout au moins ce qui est sûr, le terrier n'est jamais verticale, il s'enfonce dans le sol plus ou moins obliquement avec une allure sinueuse. En hiver, les terriers sont plus profonds, ils peuvent atteindre jusqu'à 2 m par contre, au printemps et en été, ils sont superficiels.

Figure 35 : Profondeur du terrier de *B. megacephalus* (Originale 2014)

En septembre, le nombre des grands terriers n'a pas changé alors que celui des petits a diminué, il a presque disparu, comparé à celui de juillet (Tab. 10).

Tableau 10 -Dimensions des terriers de *B. megacephalus* en automne (Septembre)

	Nombre de terriers	Hauteur moyenne (cm)	Diamètre moyenne (cm)
Petits terriers	**3**	**1,5**	**2**
Grands terriers	**27**	**6**	**8,5**

Les terriers ont probablement aussi augmenté de profondeur en raison de la quantité relativement élevée de sable rejeté à l'extérieur au moment où le grillon les confectionne. La figure ci-dessous permet de révéler la présence des terriers des adultes de *B. megacephalus* de la fin-mars jusqu'à la mi-avril (Fig. 36), après chaque apparition, un échantillon est pris en considération. Un pic de 378 terriers a été enregistré (dans les trois sites) la première semaine d'avril avec une moyenne de 42 ± 17,64 terriers/semaine/500 m^2 (par site) (Annexe 1).

Les résultats montrent également la présence de petits terriers (stades larvaires) avec un pic de 462 terriers (dans les trois sites) à partir du 17 au 22 juillet, enregistrant une moyenne maximale de 51,33 ± 15,58 terriers/semaine/500 m^2. Il a été également noté l'absence totale des terriers durant la période du 19 octobre au 6 janvier 2015. Ceci peut être expliqué par l'entrée de l'insecte en phase d'hivernation.

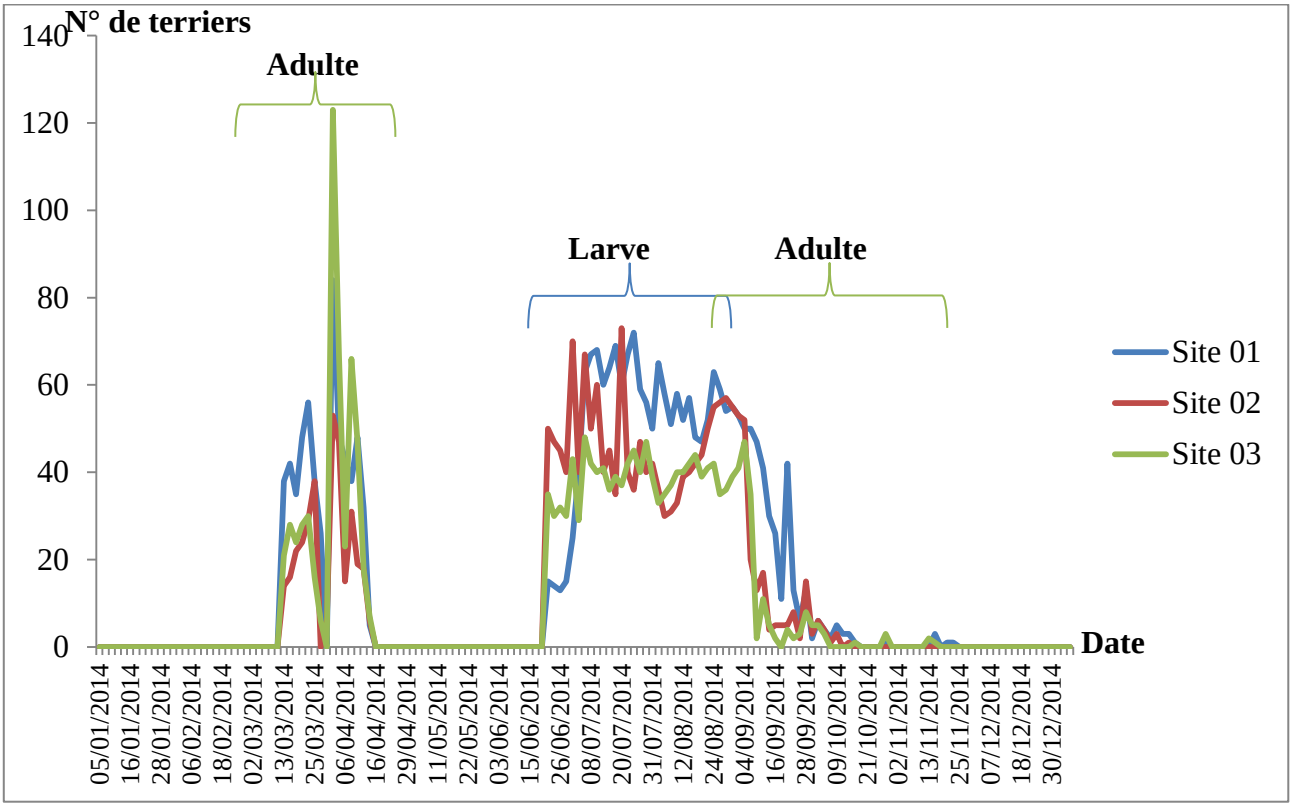


Figure 36 : Dynamique des populations de *B. megacephalus* par comptage des terriers dans les trois sites (Originale 2014)

4.2. Quelques éléments de la Bioécologie de *B. megacephalus*

De la mi-mars jusqu'à la mi-avril, les mâles ont commencé à striduler (stridulation continue sans coupure), ce comportement montre que les imagos sont sexuellement mûrs. C'est la saison d'accouplement. En fait, toutes les femelles capturées et disséquées en cette période ont des ovarioles pleins d'ovocytes avec une moyenne de 85 ovocytes/ovariole (Fig. 37). Les œufs sont pondus isolément (après 48 heures de l'accouplement) avec une moyenne de 10 œufs/jour. Durant cette période, la plupart des individus collectés sont des mâles (ex : 6 femelles/39 mâles).

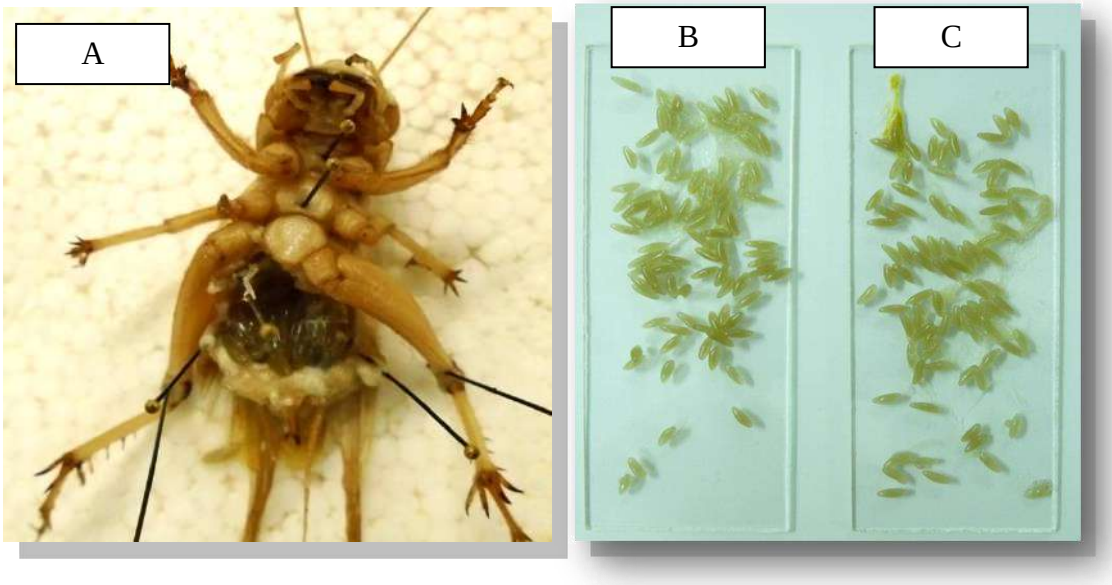


Figure 37 : A : Dissection d'une femelle mature, B : Ovocytes de l'ovariole1 ; C : Ovocytes de l'ovariole 2. (Originale 2014)

La stridulation des mâles adultes ne se fait plus entendre dès la mi-avril. Tous les individus masculins capturés au cours de cette période rejettent leurs spermatophores et meurent (Fig. 38, 39).

Figure 38 : Mâle de *B. megacephalus* qui rejette son spermatophore (Originale 2014)

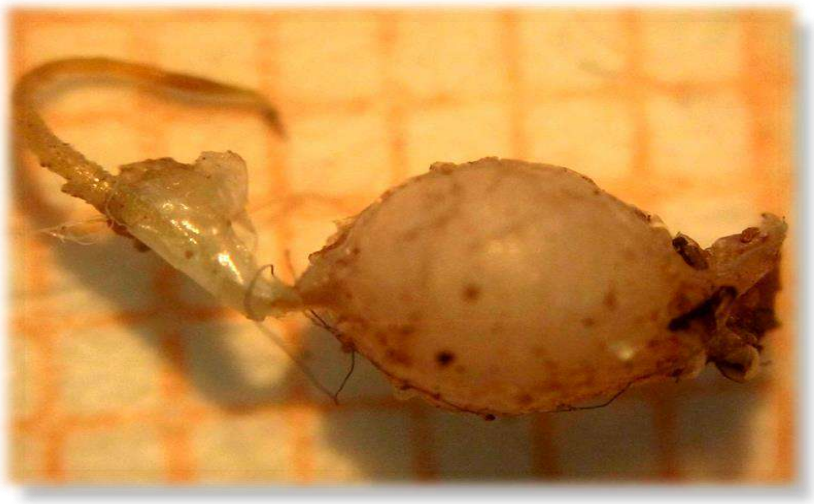


Figure 39 : Spermatophore d'un mâle mature de *B. megacephalus* (Originale 2014)

Les éclosions des œufs ont lieu à la fin-avril début-mai car plusieurs individus du stade L1 ont été capturés par les pots Barber en ce moment. Le développement post-embryonnaire se poursuit tout l'été jusqu'au mois de septembre, pendant lequel le grillon devient imago (Fig. 40).Tous les stades larvaires ont été observés durant la période qui s'étale de la fin-mai à la fin-août (Fig. 41). A la fin de septembre, il y a une absence totale des terriers sauf ceux qui apparaissent après une irrigation.

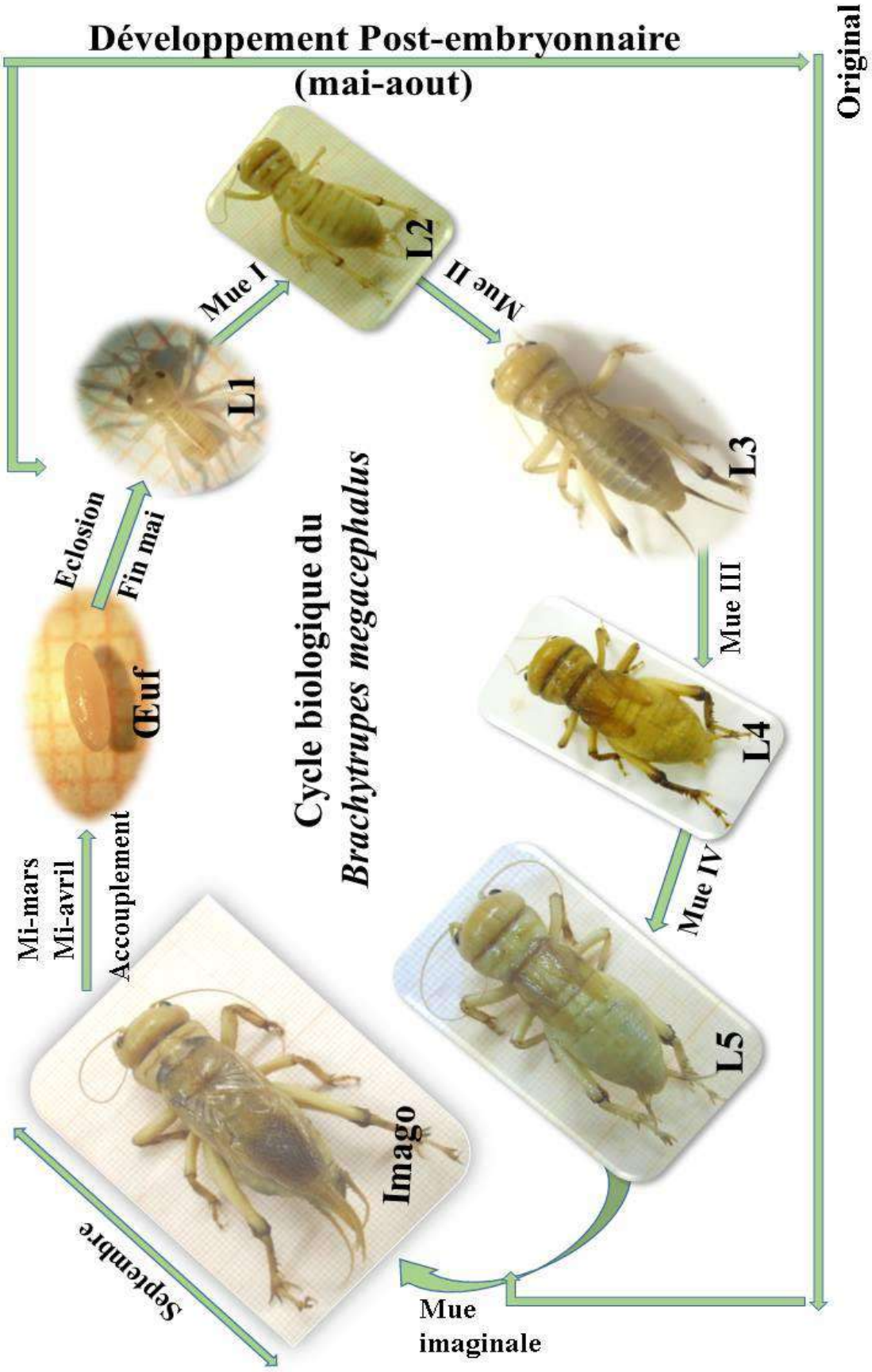


Figure 40 : Cycle biologique de *B. megacephalus* (Originale 2014)

Figure 41: Différents stades larvaires de *B. megacephalus* (Originale 2014)

Brachytrupes megacephalus mue et perd son exuvie pour s'accroitre (Fig. 42), (Fig. 43). Il sort de sa mue, sa cuticule est alors molle et claire, elle durcit et devient plus foncée et plus épaisse en quelques jours. Les ailes apparaissent à la deuxième mue. Le suivi des stades larvaires au laboratoire en se basant sur l'examen des exuvies des larves dégagées pendant la mue a été très difficile car celles-ci ne tardent pas à les dévorer. En fait, nous n'avons pu observer que la mue du troisième stade.

Figure 42 : Larve de *B. megacephalus* en pleine mue (Originale 2014)

Figure 43: Exuvie de la troisième mue larvaire de *B. megacephalus* (Originale 2014)

4.3. Etude morphologique

Ce travail s'est basé essentiellement sur les caractères morphologiques des individus de *B. megacephalus* étudiés. La morphologie est relativement standard (caractères de la tête, thorax, abdomen).

4.3.1. Aspect général des adultes

B. megacephalus de la région du sud-est algérienne (Sidi Mehdi) est un insecte d'une couleur jaunâtre avec quelques taches brunâtres sur les articulations des pattes et le pronotum. À l'état imaginal, il est d'une longueur variant entre 34 mm et 40 mm, avec un pronotum d'environ 4,17 mm et un fémur de 17,23 mm. Les ailes et les élytres sont bien développés avec une longueur de 27,8 mm. Le poids des adultes varie selon la saison ; au printemps, il est de 2,63 g, contrairement à l'été, il est d'environ 3,54 g.

D'après le tableau des analyses statistique (Annexe 2), il n'existe pas une différence entre la longueur du corps des mâles (39.6 mm) et des femelles (38.73 mm) (F. test $^{N.S}$ = 1,205; C.V = 7,51%). Par contre, il y a une différence hautement significative entre le poids des individus masculins (3,813 g) et féminins (3,332 g) (F. test = 14,321**; C.V = 13,78%).

4.3.2. Tête

La tête des adultes de *B. megacephalus* est bombée et fortement comprimée d'avant en arrière dans les deux sexes. Cette forme présente un caractère d'adaptation à l'enfouissement. La moyenne du rapport C/P = 2,80 (**C** : étant la plus grande largeur de la tête et **P** : la

longueur médiane du pronotum). Elle est généralement plus grande chez le mâle que chez la femelle (Fig. 44). En effet, es analyses statistiques (Annexe 2) montrent qu'il existe une différence hautement significative entre la largeur de la tête du sexe masculin (12,4 mm) et féminin (11,5 mm) (F. test= 9,693**; C.V = 9,37%).

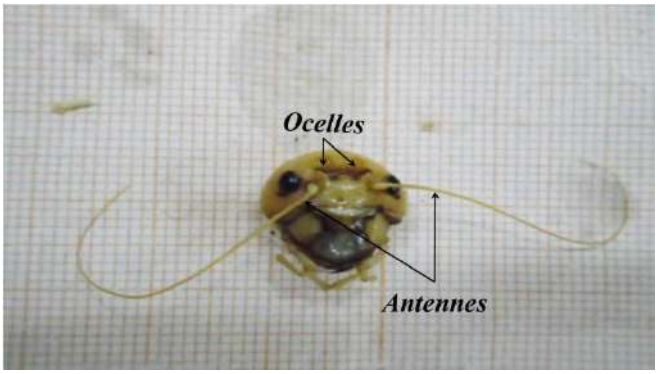


Figure 44: Tête de *B. megacephalus* femelle (Originale 2014)

4.3.3. Thorax

Le thorax qui porte des pattes et des ailes spécialisées pour la marche et le vol est composé de trois segments distincts : le prothorax, le mésothorax et le métathorax. La partie la plus évidente et la plus large est le pronotum. Une carène médiane plus ou moins prononcée en souligne la hauteur.

Les pattes sont insérées sur le thorax. Elles sont en nombre de six, réparties en trois paires. Les ailes sont les expansions dorsaux-latérales ; paires des deuxièmes et troisièmes segments thoraciques .Chez les adultes, les ailes antérieures appelées élytres ; sont portées par le segment mésothoracique. Elles sont étroites, rigides et ont un rôle de protection et accessoirement d'équilibrage en vol. Les ailes postérieures, qui assurent le vol, s'insèrent sur le métathorax et sont larges et membraneuses.

Le thorax est composé dorsalement de trois parties : pronotum, mésonotum et métanotum. Le 1er segment de celui-ci s'élargit transversalement et présente des lobes latéraux cachant les pièces pleurales prothoraciques, c'est sur celui-ci que s'insère la 1ère paire de pattes. Le 2ème porte les élytres et la 2ème paire de pattes alors que le 3ème soutient l'aile membraneuse et les pattes postérieures.

L'analyse statistique (Annexe 2) montre qu'il existe une différence entre la longueur du pronotum des mâles (0,548 mm) et des femelles (0,629 mm) (F. test = 5,8*; C.V = 12,5%). En

revanche, il n'y en a aucune pour la longueur du fémur (mâle : 19,7 mm, femelle : 19,16 mm) et des ailes (mâles : 38.33 mm, femelles : 37.9 mm) (F. test $^{N.S}$ = 0,996; C.V = 10,65% et F. test $^{N.S}$ = 0,452; C.V = 6,55% pour les mâles et les femelles respectivement).

4.3.4. Abdomen

L'abdomen contient une grande partie de l'appareil digestif et l'appareil reproductif. Il est composé de 10 segments. La face dorsale comprend, aussi bien chez le mâle que la femelle, 10 tergites dont 8 seulement sont simples. Le 10ème tergite présente latéralement 2 concavités où s'insèrent les cerques. Ces derniers, se fixent en position latéro-dorsale et sont abondamment équipés de soies sensorielles.

La face ventrale chez les femelles comporte 10 sternites, dont 8 seulement sont visibles, parmi lesquels cinq ont un développement normal. Elle diffère de celle du mâle par le nombre et la forme des segments. En fait, chez le sexe masculin, sur 9 sternites apparents 7 sont simples.

L'appareil génital des femelles se situe à l'extrémité de l'abdomen. Il se compose de deux paires de valves dont l'organe de ponte typique appelé oviscapte.

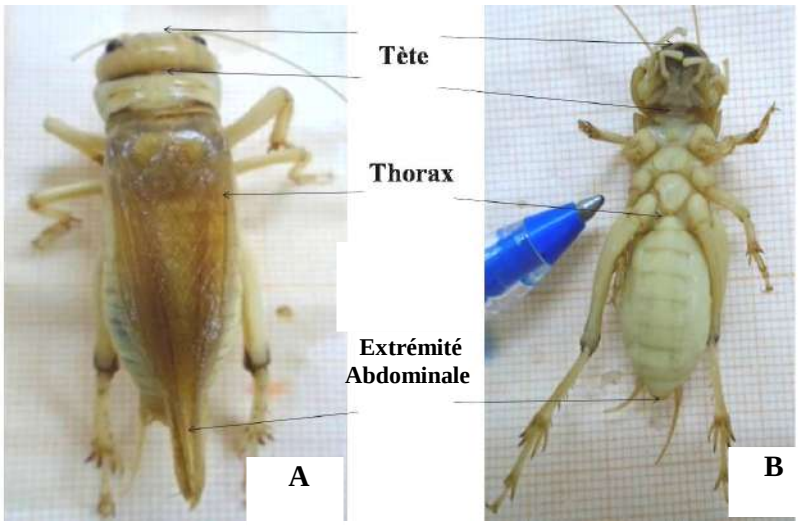


Figure 45 : Adulte mâle de *B. megacephalus* (A : Face dorsale, B : ventrale) (Originale 2014)

4.4. Description morphologique des différents stades de développement

4.4.1. Les œufs

Les œufs sont d'une forme ovoïde et d'une couleur verdâtre avec une longueur de 3,5 à 4 mm (Fig. 46).

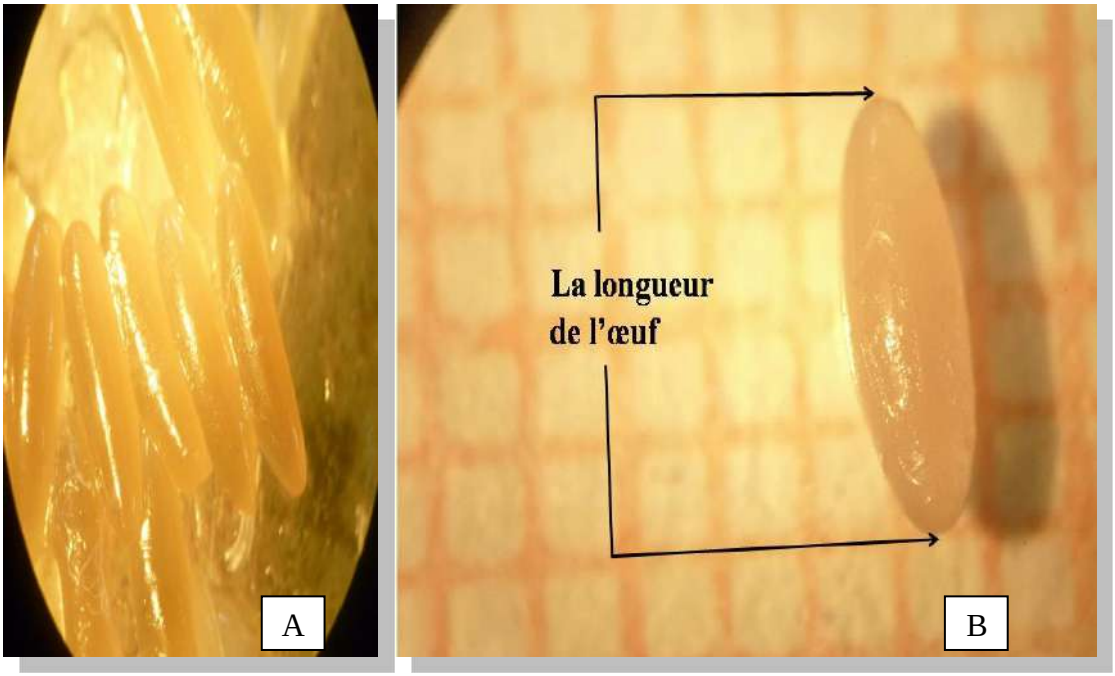


Figure 46: Œufs de *B. megacephalus* **(A**: amas d'Œuf; **B** : un seul Œuf) (Originale 2014)

4.4.2. La larve du stade L1

Ce sont les échantillons les plus petits de toutes les larves récoltées. La larve du stade L1 est d'une couleur presque transparente mise à part la tête qui est plus foncée que le reste. Le corps de celle-ci mesure en moyenne de 13,8 mm de long, la tête de 3 mm à 4,6 mm, le pronotum de 1.5 mm à 2,2 mm et le fémur de 5 mm à 8 mm (Fig. 47, Annexe 3).

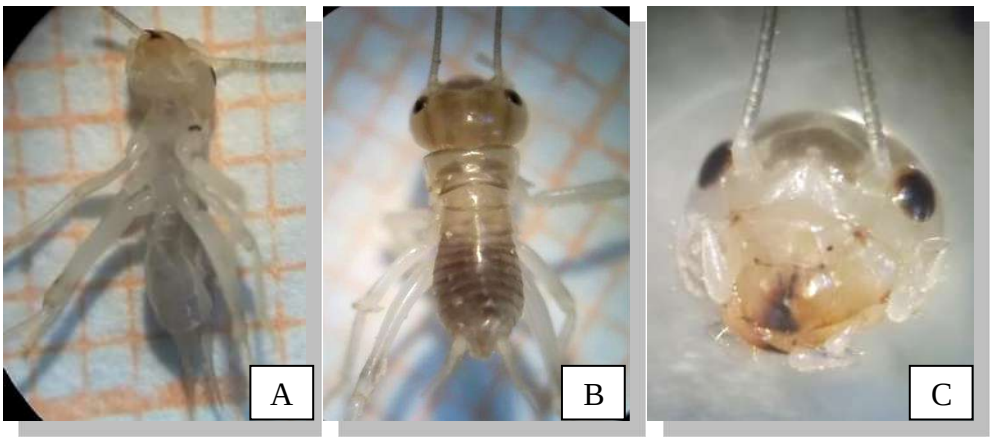


Figure 47 : Larve du stade L1 de *B. megacephalus* (**A:** Vue ventrale; **B:** Vue dorsale; **C:** Tête). (Originale 2014)

Les L1 futures femelles sont caractérisées par l'état rudimentaire des valves de l'oviscapte qui sont presque transparentes et translucides (Fig. 48).

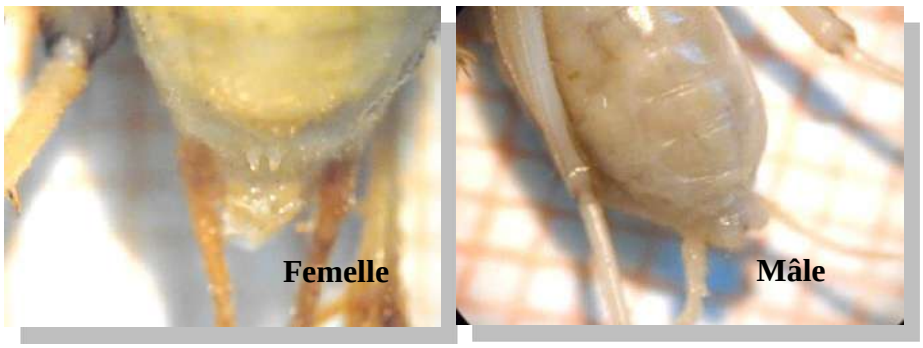


Figure 48: Extrémité abdominale d'une L1 future femelle et L1 future mâle de *B. megacephalus* (Face ventrale) (Originale 2014)

4.4.3. La larve du stade L2

Les larves du stade L2 sont d'une couleur jaune-orangé avec une tête plus foncée que le reste du corps. Elles mesurent en moyenne de 21,8 mm, la tête est de 6 mm à 7 mm, le pronotum de 2 mm à 3 mm et le fémur de 9 mm à 11 mm. Les pattes présentent des épines dont l'extrémité de la pointe est plus foncée que celle du premier stade (Fig. 49, Annexe 4).

Figure 49 : Face dorsale de la larve du stade L2 de *B. megacephalus* (Originale 2014)

Les ptérophyses de ce stade s'allongent et l'extrémité de la future aile membraneuse dépassant légèrement celle de l'élytre. La longueur de l'oviscapte chez la L2 future femelle est sensiblement plus grande que celle du stade précédent. Les valves ventrales sont plus petites que celles de la face dorsale (Fig. 50).

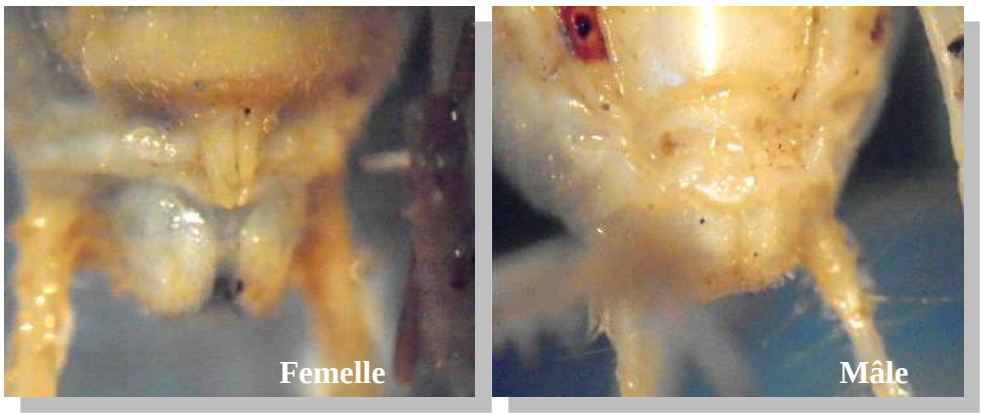


Figure 50: Extrémité abdominale d'une L2 future femelle et L2 future mâle de *B. megacephalus* (Face ventrale) (Originale 2014)

4.4.4. La larve du stade L3

Les L3 ont une coloration généralement plus foncée que celle des stades précédents. Le corps des larves de celui-ci mesure en moyenne de 22,75 mm, la tête entre 7 mm et 9 mm, le pronotum entre 2 mm et 3 mm et le fémur entre 11 mm et 13 mm. Les épines des pattes sont presque noires. Les valves des L3 futures femelles sont colorées (Fig. 51, Annexe 5).

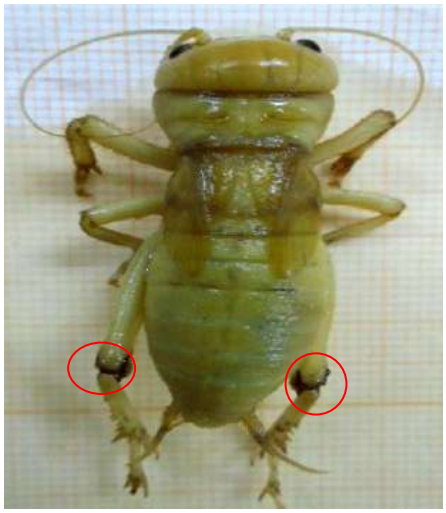


Figure 51 : L3 de *B. megacephalus* (Originale 2014)

Les ptérophyses de ce stade s'allongent encore et l'extrémité de l'aile atteint le prolongement du bord inférieur du pronotum. L'élytre qui est un peu plus court n'atteint que les ¾ de ce bord. Les valves ventrales des femelles se rapprochent des valves dorsales (Fig. 52).

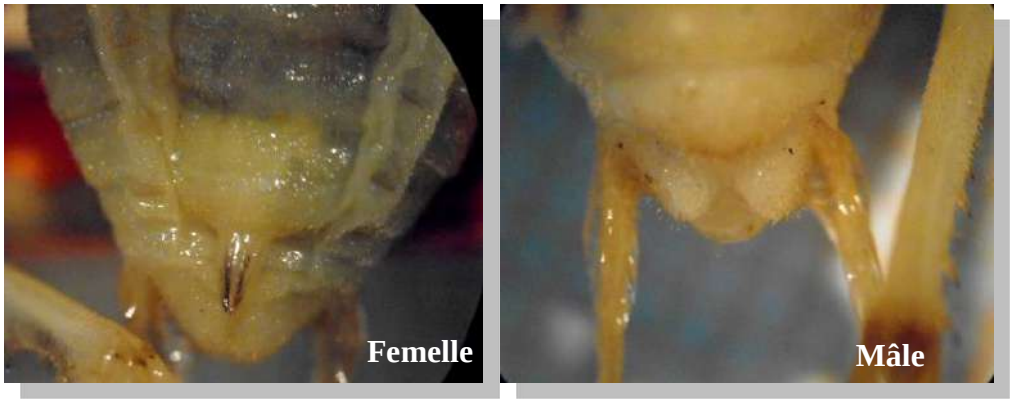


Figure 52: Extrémité abdominale d'une L3 future femelle et L3 future mâle de *B. megacephalus* (Face ventrale) (Originale 2014)

4.4.5. La larve du stade L4

La L4 a la même couleur générale mais elle est plus foncée. Le corps mesure en moyenne de 29,45 mm de long, la tête entre 9 mm et 11 mm, le pronotum entre 3 mm et 4 mm et le fémur entre 13 mm et 16 mm. Les épines des pattes sont presque noires. Les valves deviennent très foncées (Fig. 53, Annexe 6).

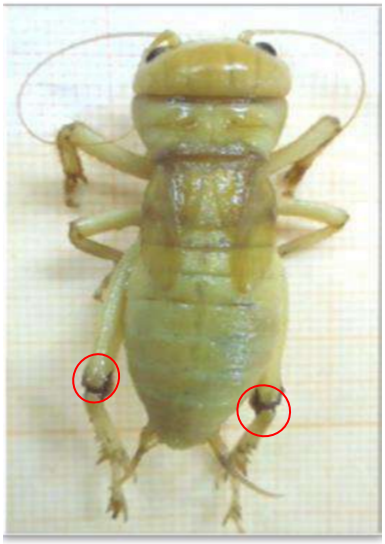


Figure 53 : Larve du stade L4 de *B. megacephalus* (Originale 2014)

A ce stade se produit le retournement des ptérophyses qui viennent s'appliquer sur la face dorsale du thorax. La distance entre les apex des ailes membraneuses est d'environ 4 mm (Fig.54).

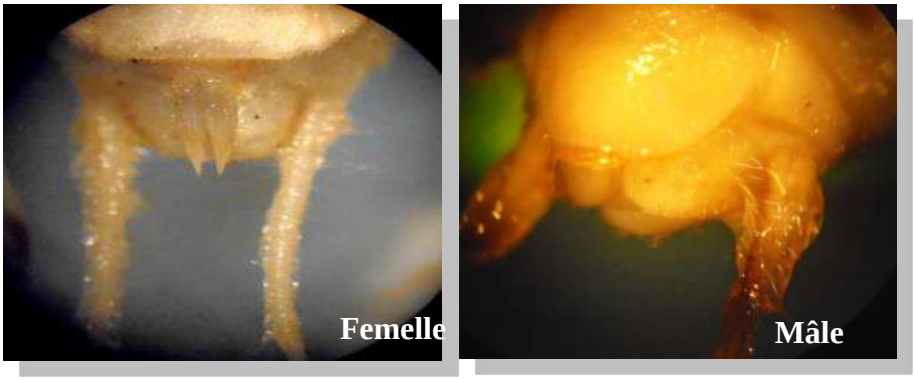


Figure 54: Extrémité abdominale d'une L4 future femelle et L4 future mâle de *B. megacephalus* (Face ventrale) (Originale 2014)

4.4.6. La larve du stade L5

La L5 a la même couleur générale mais elle est plus foncée. Le corps mesure en moyenne de 37,4 mm de long, la tête entre 8 mm et 12 mm, le pronotum entre 4 mm et 5 mm et le fémur entre 16 mm et 20 mm. Les épines des pattes sont presque noires. Les valves deviennent très foncées (Fig. 55, Annexe 7).

Figure 55 : Larve du stade L5 de *B. megacephalus.* (Originale 2014)

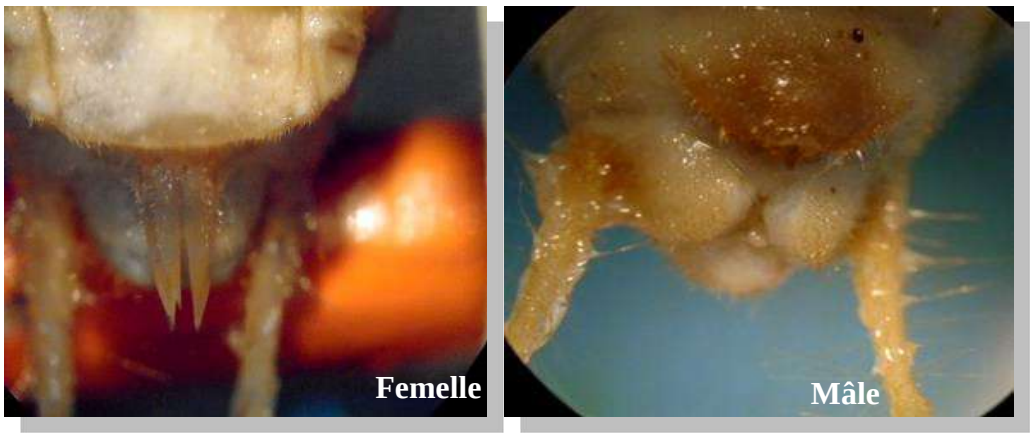


Figure 56: Extrémité abdominale d'une L5 future femelle et L5 future mâle de *B. megacephalus* (Face ventrale) (Originale 2014)

4.4.7. L'imago

La longueur moyenne du corps du stade imaginal est de 37,5 mm, la tête mesure de 13 mm à 14 mm, le pronotum de 5 mm à 6 mm et le fémur de 17mm à 22mm (Fig.57, 58).

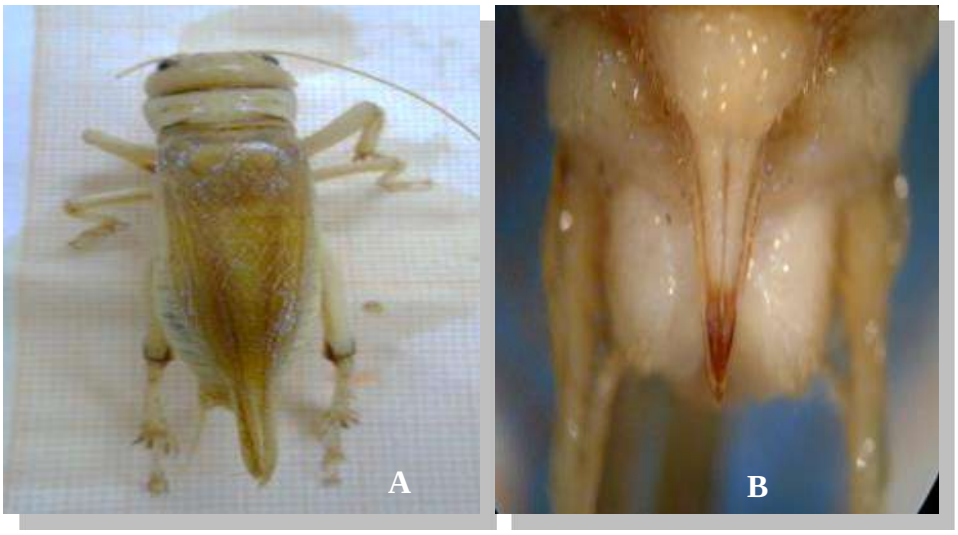


Figure 57 : Imago femelle de *B. megacephalus* (A : Face dorsale ; B : extrémité abdominale face ventrale (G : X10) (Originale 2014)

Figure 58 : Imago mâle de *B. megacephalus* (A : Face dorsale ; B : extrémité abdominale face ventrale (G : X10) (Originale 2014)

4.5. Etude de l'appareil digestif

En vue d'étudier le régime alimentaire de *B. megacephalus,* il nous a semblé intéressant de connaitre l'anatomie de son appareil digestif. Celui-ci est constitué d'un intestin antérieur ou stomodum (œsophage, jabot, gésier), d'un intestin moyen ou mésenteron, et d'un intestin postérieur ou proctodeum (ileion, colon, rectum et anus,) (Fig. 59). Les caecum gastriques séparent l'intestin antérieur de l'intestin moyen et les tubes de Malpighi séparent l'intestin moyen de l'intestin postérieur.

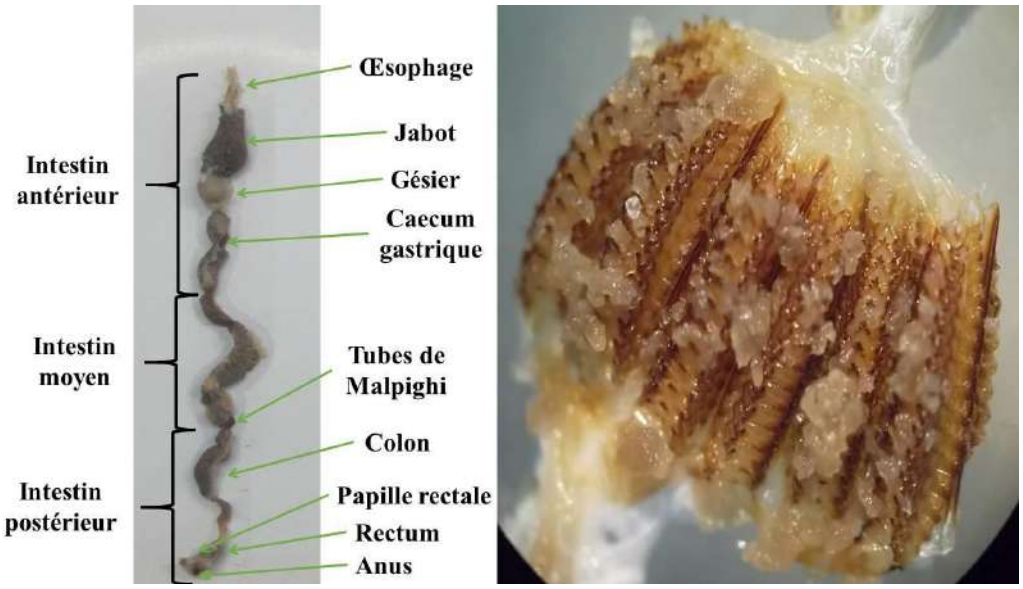


Figure 59 : A : Appareil digestif de l'adulte de *B. megacephalus* ; B: Coupe longitudinale de Gésier (G : X10) (Originale 2014)

4.6. Etude du régime alimentaire de *B. megacephalus*

La nourriture est un facteur écologique important. Suivant sa qualité et son abondance, elle interviendra en modifiant la fécondité, la vitesse de développement, la mortalité et le comportement des animaux. En outre, la diversification des régimes alimentaires est à l'origine de nombreuses adaptations morphologiques, physiologiques et écologiques (DAJOZ, 1971).

4.6.1. L'épidermothèque de référence pour l'étude du régime alimentaire

L'épidermothèque de référence réalisée au cours de l'étude du régime alimentaire de *B. megacephalus* est présentée dans la figure 60.

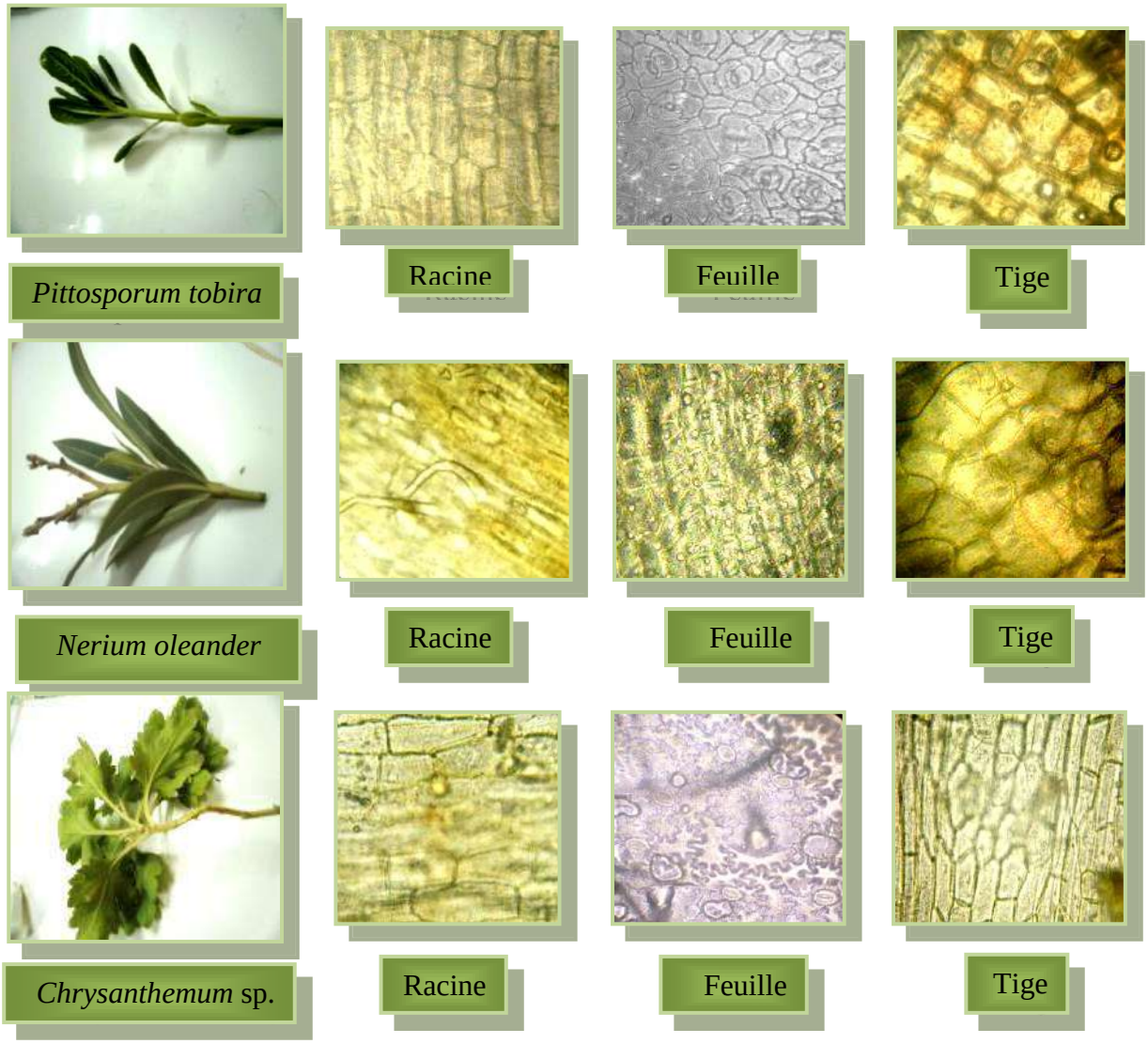


Figure 60 (A) : Epidermothèque de référence des plantes recensées dans les trois sites d'étude et d'autres plantes trouvées dans la région de Sidi Mehdi (G : X 40) (Originale 2014)

Figure 60 (B) : Epidermothèque de référence des plantes recensées dans les trois sites d'étude et d'autres plantes trouvées dans la région de Sidi Mehdi (G : X 40) (Originale 2014)

Figure 60 (C) : Epidermothèque de référence des plantes recensées dans les trois sites d'étude et d'autres plantes trouvées dans la région de Sidi Mehdi (G : X 40) (Originale 2014).

Figure 60 (D) : Epidermothèque de référence des plantes recensées dans les trois sites d'étude et d'autres plantes trouvées dans la région de Sidi Mehdi (G : X 40) (Originale 2014)

Figure 60 (E) : Epidermothèque de référence des plantes recensées dans les trois sites d'étude et d'autres plantes trouvées dans la région de Sidi Mehdi (G : X 40) (Originale 2014).

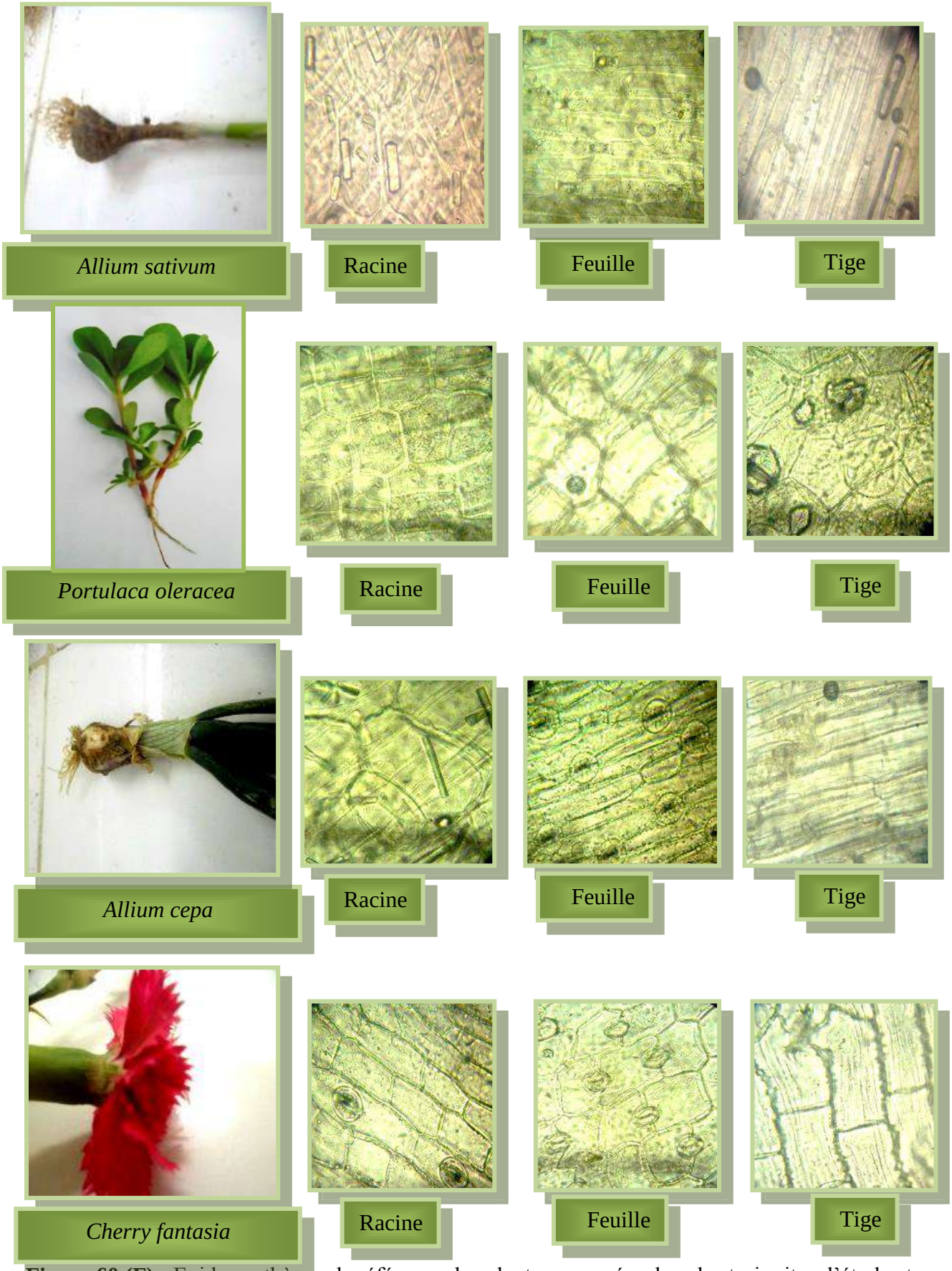


Figure 60 (F) : Epidermothèque de référence des plantes recensées dans les trois sites d'étude et d'autres plantes trouvées dans la région de Sidi Mehdi (G : X 40) (Originale 2014)

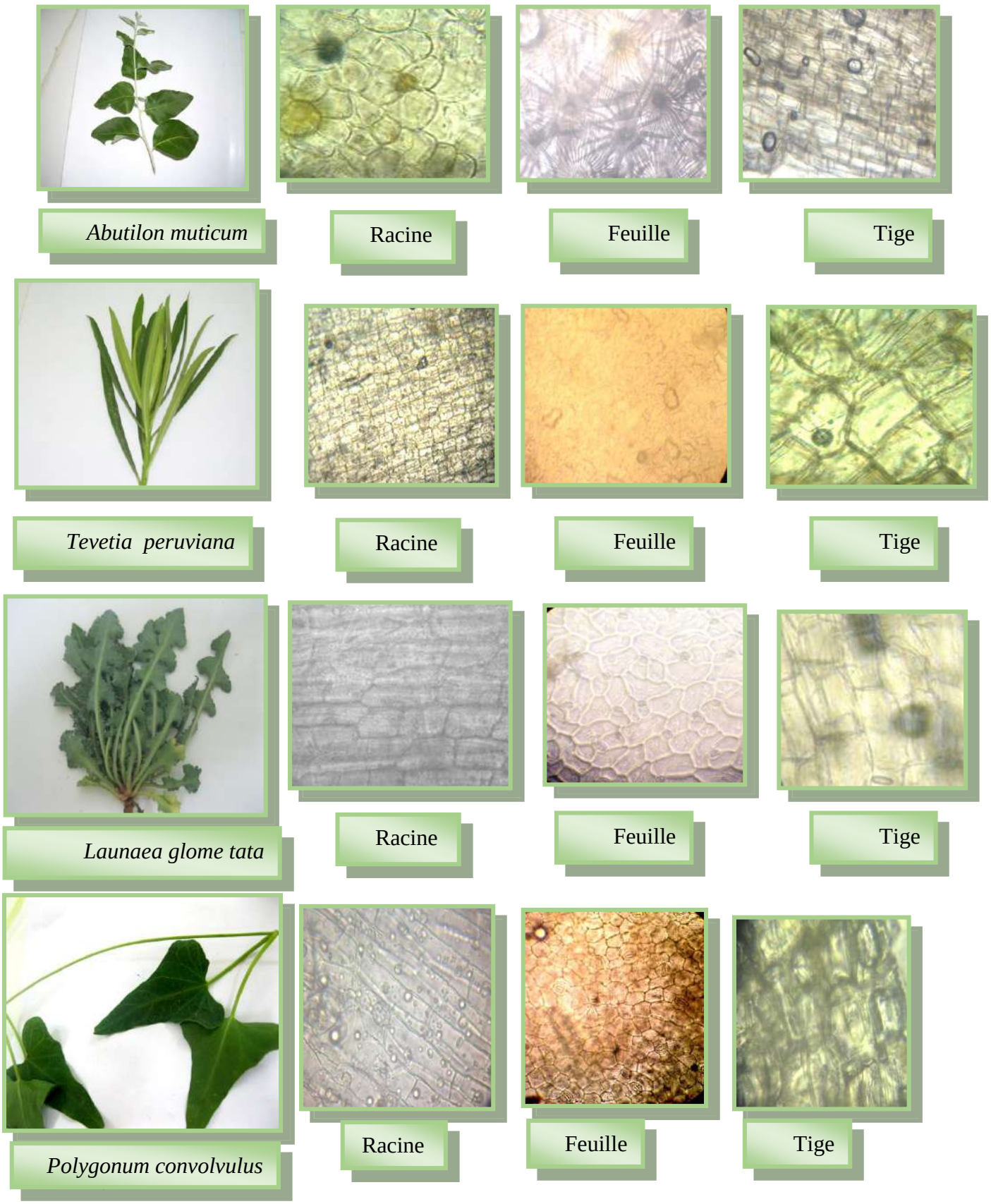


Figure 60(G) : Epidermothèque de référence des plantes recensées dans les trois sites d'étude et d'autres plantes trouvées dans la région de Sidi Mehdi (G : X 40) (Originale 2014)

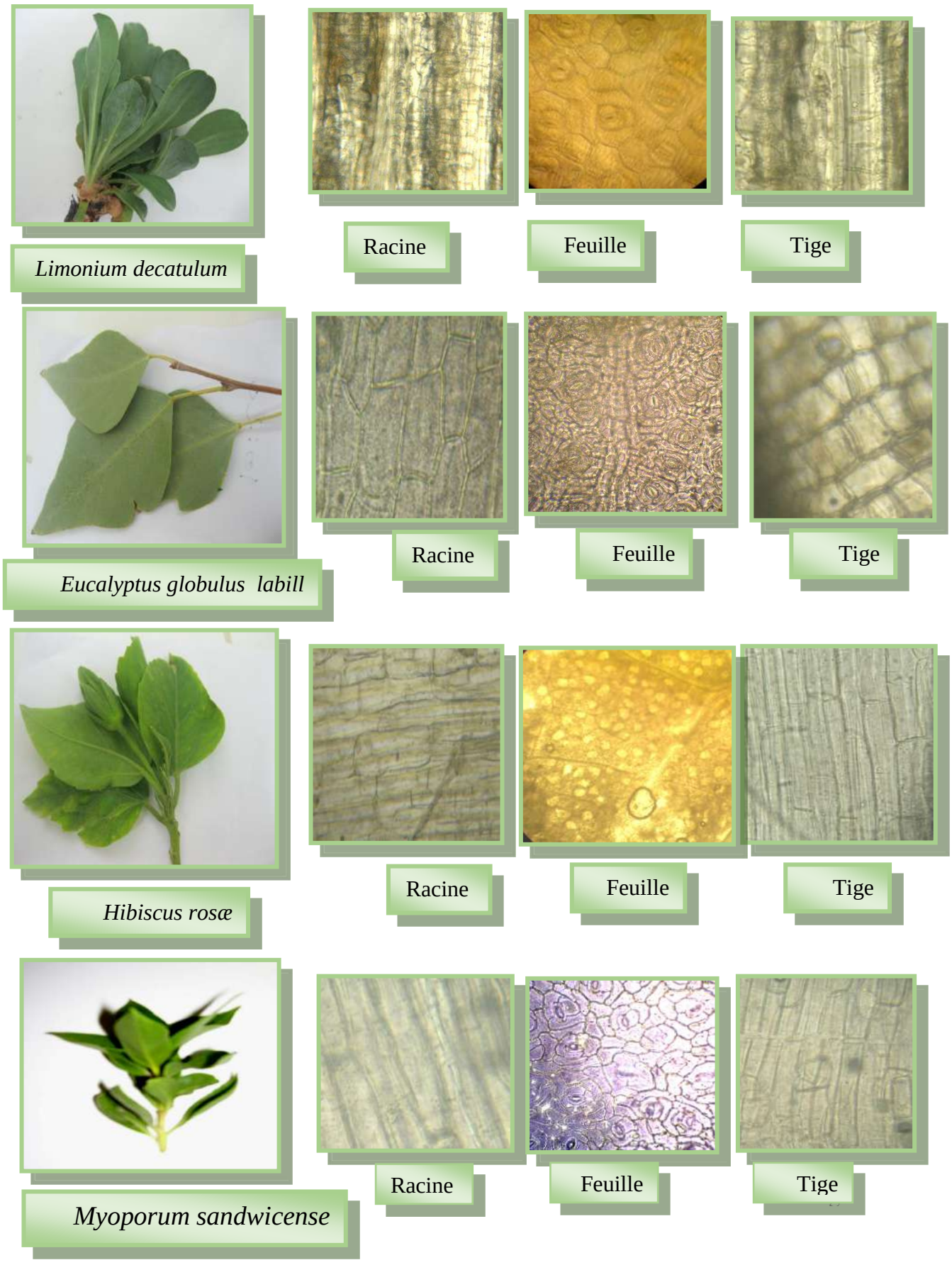


Figure 60 (H) : Epidermothèque de référence des plantes recensées dans les trois sites d'étude et d'autres plantes trouvées dans la région de Sidi Mehdi (G : X 40) (Originale 2014)

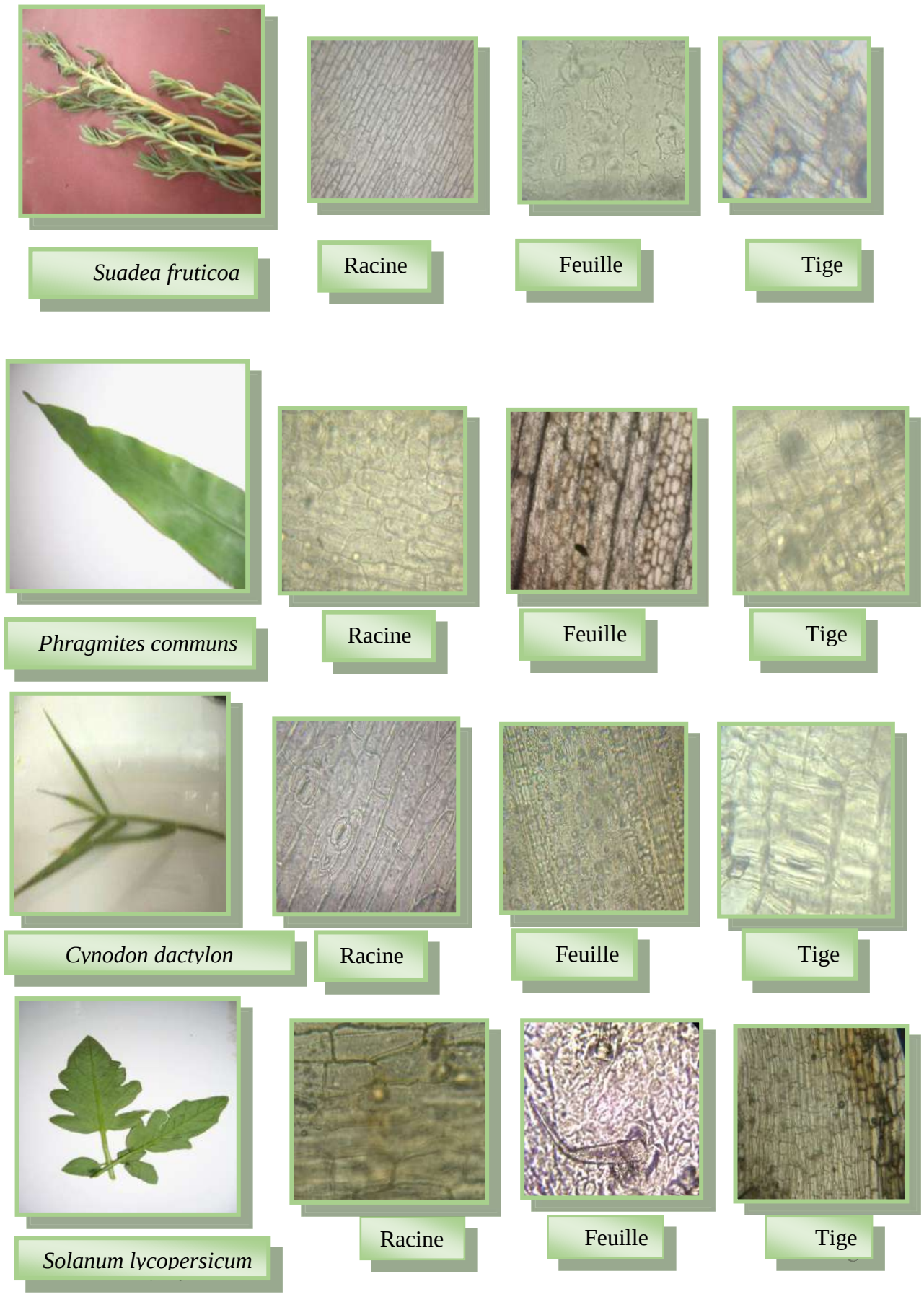


Figure 60 (I) : Epidermothèque de référence des plantes recensées dans les trois sites d'étude et d'autres plantes trouvées dans la région de Sidi Mehdi (G : X 40) (Originale 2014)

4.6.2. L'exploitation des résultats

Les résultats de la détermination de la richesse totale, la richesse moyenne et la fréquence relative des espèces présentes sur terrain et consommées par *B. megacephalus* sont présentés dans ce qui suit.

4.6.2.1. La richesse totale et moyenne des espèces végétales contenues dans les fèces des mâles, femelles et stades larvaires de *B. megacephalus* des sites d'étude

Dans la présente étude, effectuée dans trois sites différents dans la vallée d'Oued Righ, nous avons analysé les fèces de *B. megacephalus* de 40 mâles et 40 femelles de la station de l'INRAA, 10 mâles et 10 femelles du site de Saoud et 20 larves de celui de Tamma.

Le nombre d'espèces végétales consommées par les individus (adulte et larve) de *B. megacephalus*, la richesse totale et moyenne par site sont regroupés dans le tableau suivant.

Tableau 11 - La richesse totale et moyenne des espèces végétales contenues dans les fèces des mâles, des femelles et des larves de *B. megacephalus* dans les stations d'étude

Espèces végétales présentes sur terrain	**Station de Sidi Mehdi (INRAA)**		**Saoud**		**Tamma**
	40 mâles	**40 femelles**	**10 mâles**	**10 femelles**	**20 larves**
***Pittosporum tobira* L.**	-	-	-	-	-
***Armeria maritima* (WALLROTH)**	+	+	-	-	+
***Abutilon muticum* L.**	-	-	-	-	-
***Tevetia peruviana* L.**	-	-	-	-	-
***Launaea glometata* L.**	-	-	-	-	-
Polygonum convolvulus (LINNE,1753)	-	-	-	-	-
Nerium oleander (LINNE,1753)	+	+	-	-	-
Acacia berlandieri **(GUAJILLO)**	-	-	-	-	-
***Prunus armeniaca* L.**	-	-	+	+	-

+ : Présence dans les fèces, - : Absence dans les fèces.

***Prunus armeniaca* L.**	-	-	+	+	-
***Cucurbita moschata* Duchesne**	-	-	-	-	-
***Solanum melongena* L.**	-	-	-	-	-
***Chrysanthemum* sp. (CASSON & DURIEU, 1753)**	-	+	+	+	-
***Vitis vinifera* L.**	-	-	-	-	-
***Phoenix dactylifera* L.**	+	+	+	+	+
***Lantana camara* L.**	-	-	-	-	-
***Limonium decatulum* (MILLER)**	-	-	-	-	-
***Hibiscus rosœ* L.**	-	-	-	-	-
Eucalyptus globuluslabill	-	-	-	-	-
***Solanum lycopersicum* L.**	-	-	+	+	+
***Punica granatum* L.**	-	-	-	-	-
Beta vulgaris sup. sp. Vulgaris	-	-	-	-	-
Gossypium barbadense	-	-	-	-	-
Coriandrum sativum	-	-	-	-	-
***Beta vulgaris* L.**	-	-	-	-	-
Daucus carota	-	-	-	-	-
***Arundo arenaria* L.**	-	-	-	-	-
Raphanus sativus	-	-	-	-	-
Carum carvi L	-	-	-	-	-
Cucumis sativus	-	-	-	-	-
***Malva sylvestris* L.**	-	-	-	-	-
Petroselinum crispum	-	-	-	-	-
Allium sativum	-	-	-	-	-
Portulaca oleracea	-	-	-	-	-
Allium cepa	-	-	-	-	-
Chenopode blanc	-	-	-	-	-

Cherry fantasia	-	-	+	-	-
Kristina blanc	-	-	+	-	-
***Myoporum sandwicense* Gray.**	+	-	-	-	-
***Limonium delicatulum* L.**	-	-	-	-	-
***Apium graveolens* L.**	-	-	-	-	-
***Onopordon macracanthum* (LINNE, 1753)**	-	-	-	-	-
***Lagenaria siceraria* Standl.**	-	-	-	-	-
***Cucurbita maxim* Duchesne**	-	-	-	-	-
***Frankenia pulverulenta* L. (SPEG)**	-	-	-	-	-
***mentha spicata* L.**	-	-	-	-	-
***Mentha piperita* L.**	-	-	-	-	-
***Hibiscus esculentus* L.**	-	-	-	-	-
***Cynodon dactylon* (PERS., 1753)**	-	-	-	-	-
***Zygophyllum album* L. (COSSON)**	-	-	-	-	-
***Phragmites communis* L.**	-	-	-	-	+
***Ampelodesmos mauritanicus* L.**	-	-	-	-	+
Esp Ind1	+	-	-	-	-
Esp Ind2	+	-	-	-	-
(S) Richesse totale	6	4	6	4	5
(Sm) Richesse moyenne	2,08	1,6	2,72	1,21	1,75

+ : Présence dans les fèces, - : Absence dans les fèces.

Il est à noter que 52 espèces végétales ont été recensées et échantillonnées dans les trois sites d'étude et la région de Sidi Mehdi. Les résultats présentés dans le tableau 11 montrent que la richesse totale en espèces consommées dans la station de l'INRAA est de 6 chez les mâles (4 espèces végétales déterminées et deux espèces indéterminées), elles appartiennent à 4 familles botaniques différentes :

1) Plumbaginaceae : *Armeria maritima*
2) Apocynaceae: *Nerium oleander*
3) Arecaceae: *Phoenix dactylifera*
4) Myoporaceae: *Myoporum sandwicense*

Il reste à signaler que deux espèces indéterminées étaient présentes dans les fèces de *B. megacephalus* et n'étaient pas présentes sur terrain.

Les femelles de *B. megacephalus* ont consommées 4 espèces végétales appartenant à 04 familles botaniques différentes :

1) Plumbaginaceae : *Armeria maritima*
2) Apocynaceae: *Nerium oleander*
3) Asteraceae: *Chrysanthemum* sp
4) Arecaceae: *Phoenix dactylifera*

Dans le deuxième site de Saoud, il a été constaté que la richesse totale en espèces végétales consommées est de 6 chez les mâles et 4 seulement chez les femelles. Les plantes consommées par les individus masculins appartiennent à 5 familles botaniques :

1) Rosaceae: *Prunus armeniaca*
2) Asteraceae: *Chrysanthemum* sp
3) Arecaceae: *Phoenix dactylifera*
4) Solanaceae : *Solanum lycopersicum*
5) Triochylaceae : *Cherry fantasia et Kristina blanc*

Alors que les femelles ont consommées 4 espèces végétales appartenant à 4 familles botaniques:

1) Rosaceae: *Prunus armeniaca*
2) Asteraceae: *Chrysanthemum* sp
3) Arecaceae: *Phoenix dactylifera*
4) Solanaceae : *Solanum lycopersicum*

Les résultats obtenus dans le site de Tamma montrent que la richesse totale des plantes consommées par les larves est de l'ordre de 5. Ces espèces végétales appartiennent à 4 familles botaniques à savoir :

1) Plumbaginaceae *: Armeria maritima*
2) Arecaceae: *Phoenix dactylifera*
3) Solanaceae : *Solanum lycopersicum*
4) Poaceae : *Phragmites communis* et *Ampelodesmos mauritanicus*

Une richesse moyenne de 2,08 et 1,6 dans la station de l'INRAA et de 2,72 et 1,21 dans le site de Saoud a été obtenue pour les mâles et les femelles respectivement. Celle enregistrée au site de Tamma pour les larves est de 1,75.

4.6.2.2. Recouvrement des espèces végétales sur terrain et leur présence dans les fèces des adultes de *B. megacephalus*

4.6.2.2.1. Site de Sidi Mahdi (INRAA)

Les recouvrements des espèces végétales sur le terrain, leur présence ou leur absence dans les fèces de *B. megacephalus* obtenu du site de Sidi Mehdi de (INRAA) sont exposés ci-dessous (Tab. 12).

Tableau 12 – Taux de recouvrement des espèces végétales sur terrain et leur présence ou absence dans les fèces de *B. megacephalus* dans la station de Sidi Mehdi

Familles	**Espèces**	**TR (%)**	**Présence dans les fèces**	
			40 Mâles	**40 Femelles**
Apocynaceae	*Nerium oleander*	29,90	+	+
Arecaceae	*Phoenix dactylifera*	33,24	+	+
Asteraceae	*Chrysanthemum* sp	0,06	-	+
Myoporaceae	*Myoporum sandwicense*	6,03	+	-
Plumbaginaceae	*Armeria maritima*	0,74	+	+
	Limonium delicatulum	0,04	-	-
Polygonaceae	*Polygonum convolvulus*	0,14	-	-

Sur 7 espèces végétales présentes sur le terrain, 5 ont été retrouvées dans les fèces des mâles et des femelles de *B. megacephalus*. Celles-ci appartiennent à cinq familles botaniques. Il s'agit des Apocynaceae (*Nerium oleander),* des Plumbaginaceae (*Armeria maritima),* des Asteraceae *(Chrysanthemum* sp), des Arecaceae *(Phoenix dactylifera*) et des Myoporaceae (*Myoporum sandwicense).* Les taux de recouvrements les plus élevés des plantes présentes dans les fèces des

insectes appartiennent à *Phoenix dactylifera* et *Nerium oleander* avec des taux respectifs de 33,24 % et 29,90 % pour les deux végétaux (Fig.61).

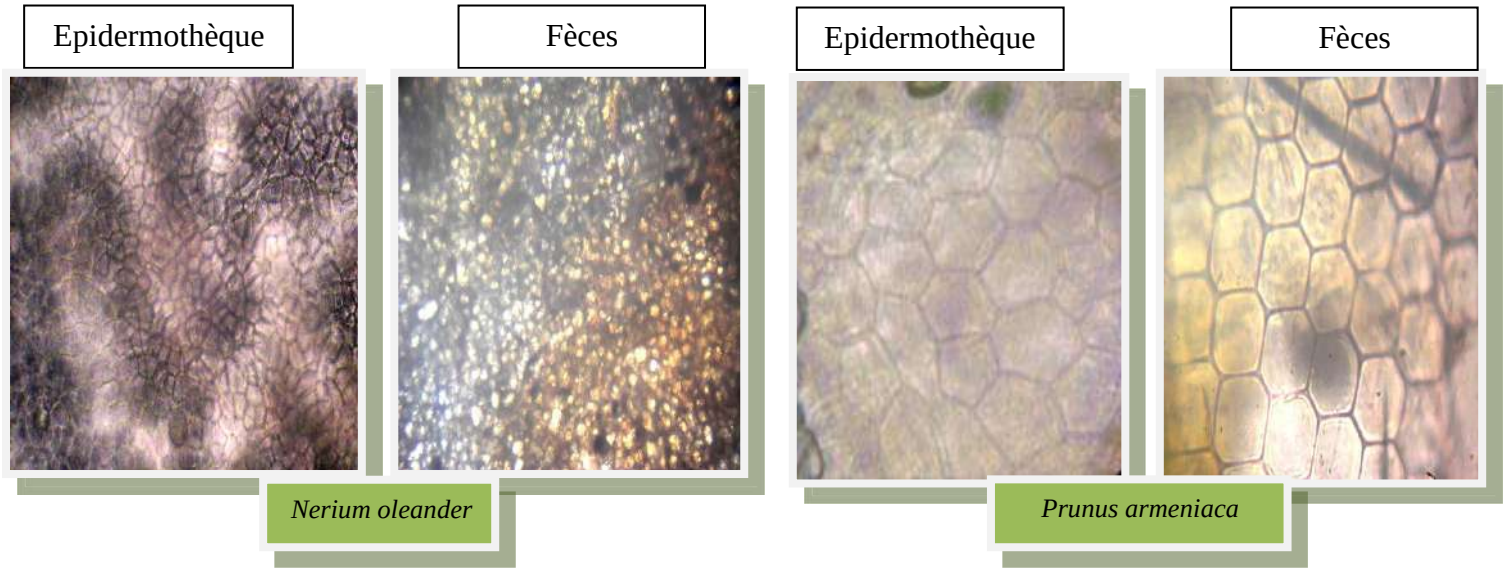
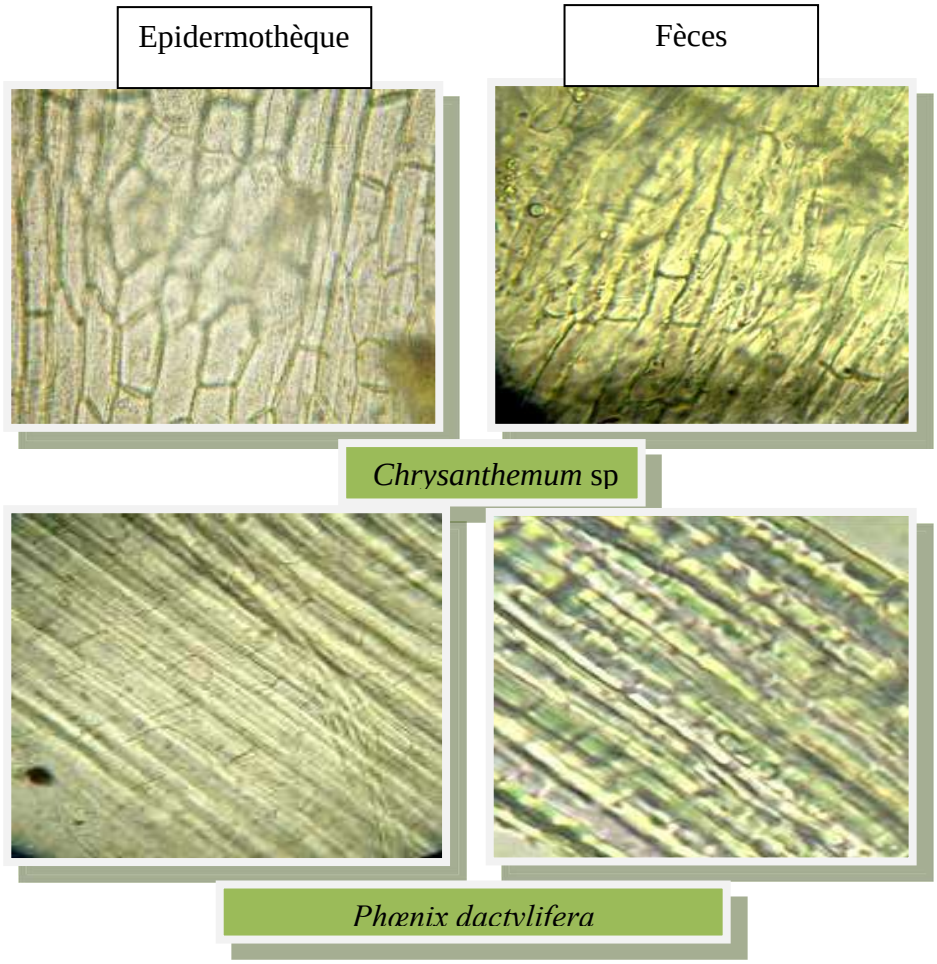


Figure 61 (A) : Détermination des espèces végétales contenues dans les fèces de *Brachytrupes megacephalus* de la station de Sidi Mehdi en comparaison avec celles de l'épidermothèque de référence (G : X 40) (Originale 2014)



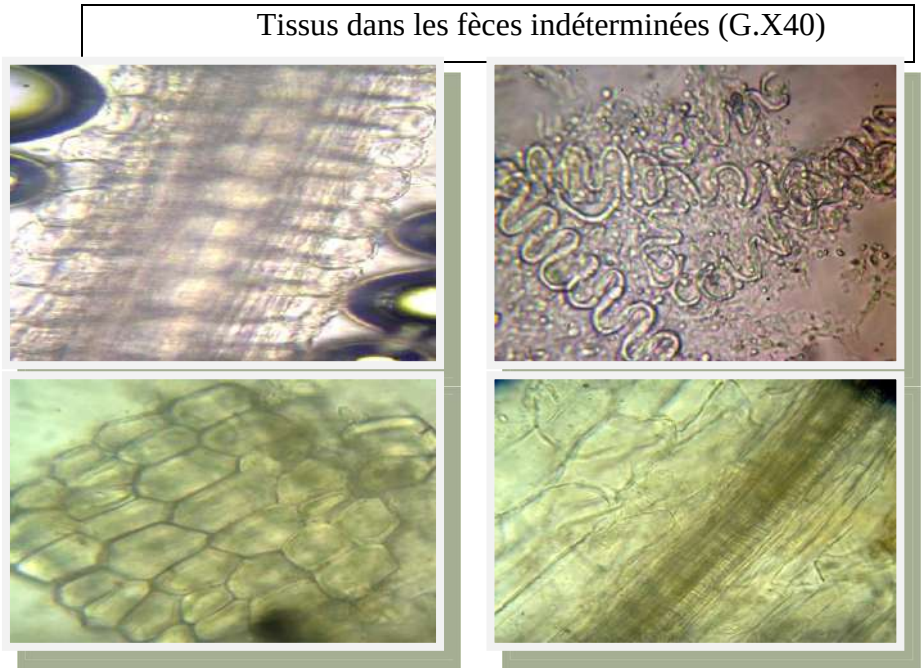


Figure 61 (B) : Détermination des espèces végétales contenues dans les fèces de *Brachytrupes megacephalus* de la station de Sidi Mehdi en comparaison avec celles de l'épidermothèque de référence. (G : X40) (Originale 2014)

4.6.2.2.2. Site de Saoud

Le recouvrement des espèces végétales sur le terrain, leur présence ou leur absence dans les fèces des *B. megacephalus* de ce site sont représentés ci-après (Tab. 13).

Tableau 13 - Taux de recouvrement des espèces végétales sur le terrain et leur présence ou absence dans les fèces de *B. megacephalus* dans le site de Saoud

Familles	**Espèces végétales présentes dans le site**	**TR (%)**	**Présence dans les fèces**	
			10 Mâles	**10 Femelles**
Arecaceae	*Phoenix dactylifera*	47,69	+	+
Asteraceae	*Cynara cardunculus*	0,003	-	-
	Chrysanthemum sp	0,51	+	+
Fabaceae	*Medicago sativa*	0,16	-	-
Lamiaceae	*Mentha piperitae*	0,0005	-	-
Plumbaginaceae	*Armeria maritima*	2,64	-	-
Portulacaceae	*Portulaca oleracea*	0,05	-	-
Rosaceae	*Prunus armeniaca*	2,51	+	+

Solanaceae	*Solanum lycopersicum*	0,01	+	+
Triochylaceae	*Cherry fantasia*	0,0068	+	-
	Kristina blanc	0,0071	+	-

T.R : taux de recouvrement ; + : présence ; - : absence.

Sur 11 espèces végétales présentes sur le terrain, 6 ont été retrouvées dans les fèces des mâles et 4 dans celles des femelles. Les plantes sollicitées par *B. megacephalus* appartiennent à 6 familles différentes dont deux Triochylaceae (*Cherry fantasia et Kristina blanc*), une Asteraceae *(Chrysanthème* sp), une *Arecaceae (Phoenix dactylifera),* une Solanaceae *(Solanum lycopersicum*) et une Rosaceae *(Prunus armeniaca)* (Fig.62). Les taux de recouvrement les plus élevés ont été enregistrés par *Phoenix dactylifera* (TR = 47,69%) et *Prunus armeniaca* (TR = 2,51%).

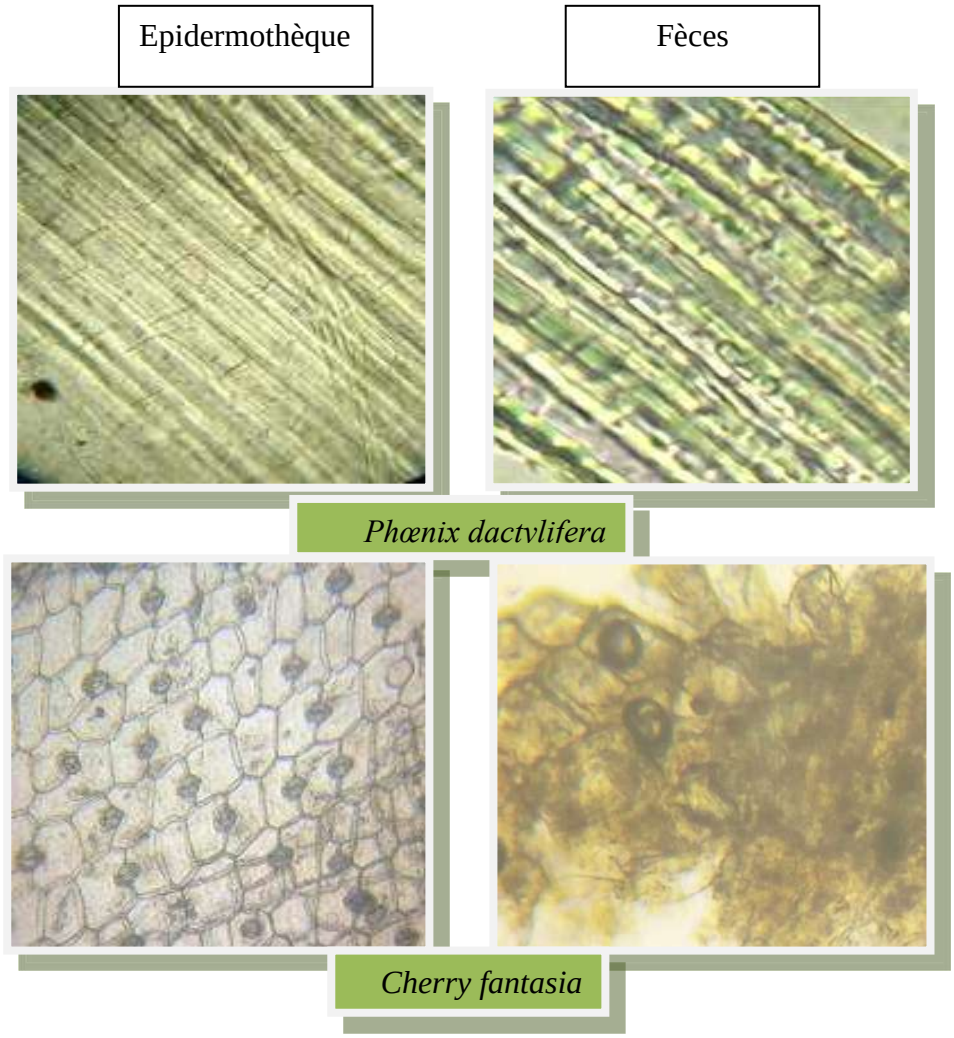


Figure 62 : Détermination des espèces végétales contenues dans les fèces de *Brachytrupes megacephalus* dans le Site de Saoud en comparaison avec celles de l'épidermothèque de référence (G : X40) (Originale 2014).

4.6.2.2.3. Site de Tamma

L'analyse des fèces des larves de *B. megacephalus* a été réalisée pour 20 sujets. Le recouvrement des espèces végétales sur le terrain, leur présence ou leur absence dans les excréments de cet insecte, du site de Tamma, sont répertoriés dans le tableau 14.

Tableau 14 -Taux de recouvrement des espèces végétales sur le terrain et leur présence ou absence dans les fèces de *B. megacephalus* dans le site de Tamma.

Familles	**Espèces végétales présentes dans le site**	**TR (%)**	**Présence dans les fèces**
			20 Larves
Amaranthacées	*Beta vulgaris L.*	0,091	-
	Beta vulgaris sup. sp. vulgaris	0,041	-
Apiaceae	*Apium graveolens*	0,009	-
	Foeniculum	0,013	-
Arecaceae	*Phoenix dactylifera*	1,92	+
Asteraceae	*Onopordon macracanthum*	0,14	-
	Carthamus tinctorius	0,45	-
	Helianthus annuus	0,003	-
Cucurbitaceae	*Lagenaria siceraria*	0,017	-
	Cucurbita maxim	0,01	-
Frankeniaceae	*Frankenia pulverulenta L.*	0,006	-
Lamiaceae	*Mentha spicata*	0,06	-
	Mentha piperita	0,005	-
Malvaceae	*Hibiscus esculentus*	0,028	-
Plumbaginaceae	*Armeria maritima*	0,11	+
Poaceae	*Cynodon dactylon*	1,41	-
	Phragmites communis	0,29	+
	Ampelodesmos mauritanicus	0,50	+
Portulacaceae	*Portulaca oleracea*	0,93	-
Solanaceae	*Solanum lycopersicum*	0,010	+
Zygophyllaceae	*Zygophyllum album L.*	0,45	-

T.R : taux de recouvrement ; + : présence ; - : absence.

Sur 21 espèces végétales présentes sur le terrain, 5 seulement ont été retrouvées dans les fèces des larves de *B. megacephalus*. Les plantes sollicitées appartiennent à 4 familles différentes: les Arecaceae *(Phoenix dactylifera*, fruits stade véraison et foliole), les Plumbaginaceae *(Armeria maritima*), les Poaceae *(Phragmites communis* et *Ampelodesmos mauritanicus*) et les Solanaceae *(Solanum lycopersicum).* Les taux de recouvrement les plus élevés ont été enregistrés par *Phoenix dactylifera* (TR = 1,92%) et *Ampelodesmos mauritanicus* (TR = 0,50%) (Fig.63)

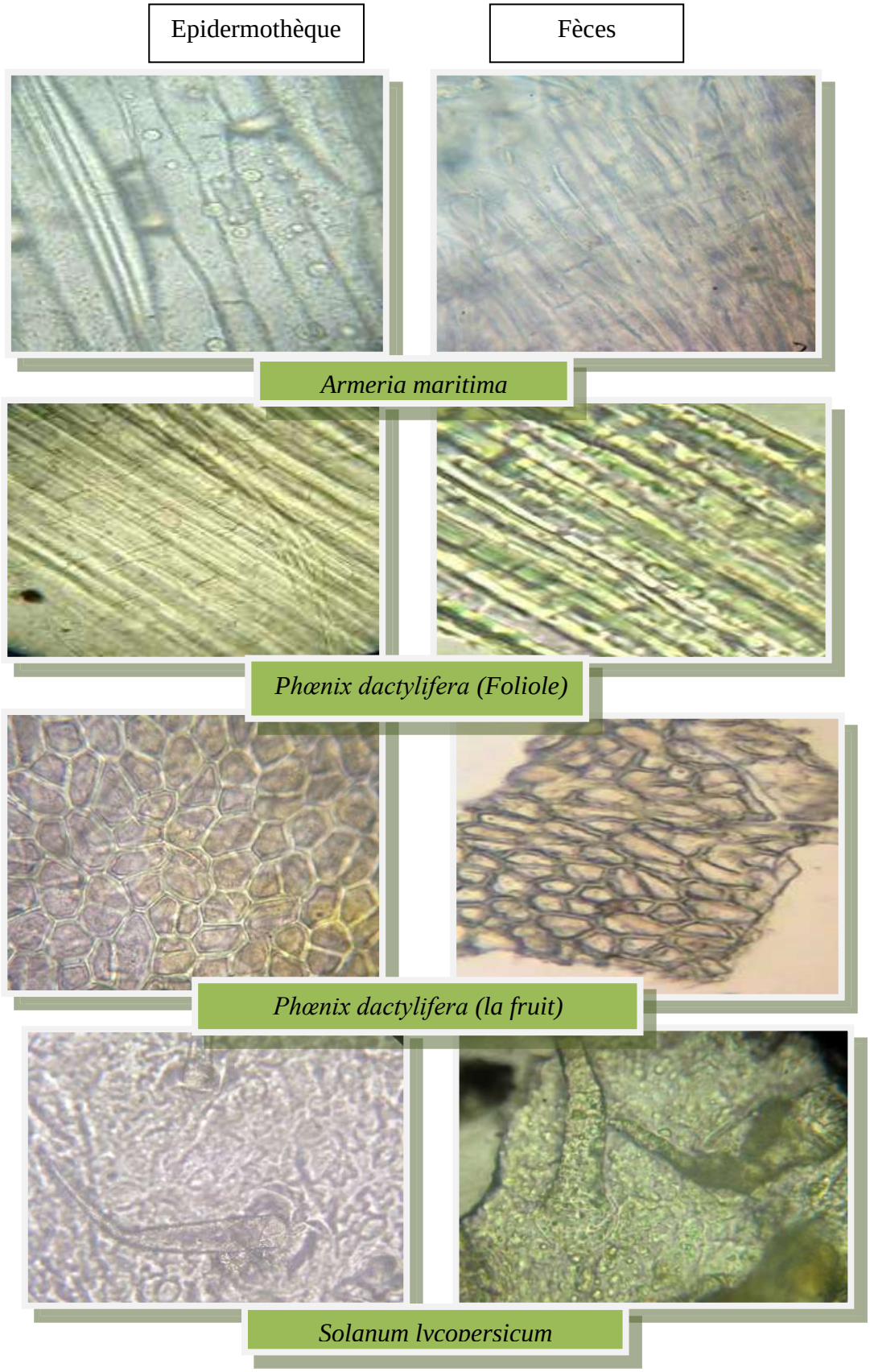


Figure 63 (A) : Détermination des espèces végétales contenues dans les fèces de *Brachytrupes megacephalus* dans le site de Tamma en comparaison avec celles de l'épidermothèque de référence (G : X 40) (Originale 2014)

Figure 63 (B) : Détermination des espèces végétales contenues dans les fèces de *Brachytrupes megacephalus* dans le site de Tamma en comparaison avec celles de l'épidermothèque de référence. (G : X40) (Originale 2014)

4.6.3. Etude qualitative du régime alimentaire de *B. megacephalus* dans les trois sites

4.6.3.1. Fréquence relative des espèces végétales contenues dans les fèces

4.6.3.1.1. Site de Sidi Mehdi (INRAA)

Les résultats concernant la détermination de la fréquence relative des espèces végétales présentes dans les fèces des individus de *B. megacephalus* sont présentés ci-dessous (Tab. 15 et 16).

Tableau 15 – Fréquence relative des espèces végétales présentes dans les fèces des mâles de *B. megacephalus* (Station de Sidi Mehdi)

mâle	**Espèces végétales**					
	A. maritima	*N. oleander*	*P. dactylifera*	*M. sandwicanse*	Ind. 1	Ind. 2
1	+	-	+	+	-	-
2	-	+	+	-	-	+
3	-	+	+	-	+	-
4	+	-	+	-	-	-
5	-	-	+	+	-	-
6	-	-	+	-	-	-
7	+	-	+	+	+	-
8	-	+	+	-	-	-
9	+	-	+	+	-	-

9	+	-	+	+	-	-
10	+	+	+	-	-	-
11	-	-	+	-	-	-
12	+	-	+	-	+	-
13	-	-	+	+	+	-
14	-	+	+	-	+	-
15	-	-	+	+	-	-
16	+	-	+	+	-	-
17	+	+	+	-	-	-
18	+	+	+	-	-	-
19	-	+	+	-	-	-
20	-	-	+	+	-	-
21	-	+	+	-	-	-
22	+	-	+	+	-	-
23	+	-	+	+	+	-
24	-	+	+	-	-	-
25	+	-	+	-	-	-
26	-	+	+	-	-	-
27	+	-	+	-	-	-
28	-	-	+	+	-	-
29	+	+	+	-	-	-
30	+	-	+	+	-	-
31	-	+	+	-	+	-
32	-	+	+	-	-	-
33	+	-	+	-	-	+
34	-	-	+	+	-	-
35	+	-	+	-	-	+
36	-	-	+	+	-	+
37	+	+	+	-	-	-
38	+	+	+	-	+	-
39	-	-	+	+	-	-
40	+	-	+	+	-	-
Fi(%)	50%	40%	100%	40%	20%	10%

Les résultats du tableau 15 montrent que l'espèce végétale consommée par le plus grand nombre de mâles est *Phoenix dactylifera* (Arecaceae) avec une Fi de 100%, suivie par *A. maritima* avec une fréquence de 50%, *M. Sandwicanse* et *N. oleander* avec une fréquence de 40% pour les deux plantes .Trois autres espèces ont des fréquences de 20, 10 il s'agit de deux espèces indéterminées (Fig.64).

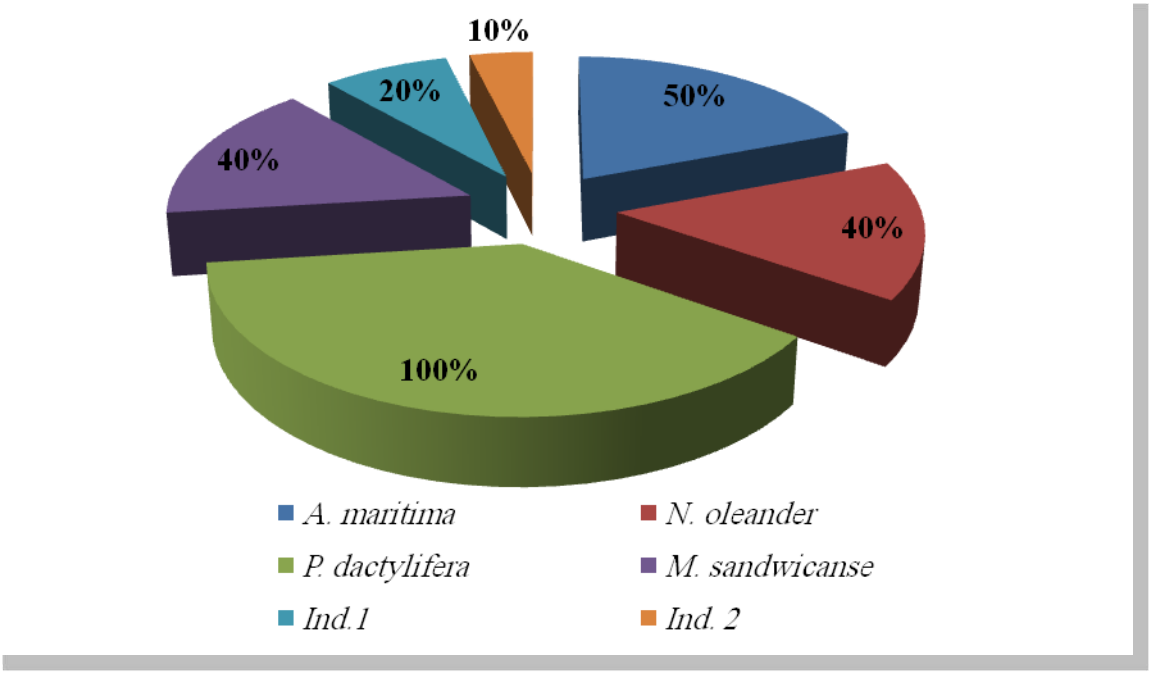


Figure 64: Fréquences relatives des espèces végétales présentes dans les fèces des individus mâles de *B. megacephalus* (Station de Sidi Mehdi).

Phoenix dactylifera est l'espèce la plus appréciée par les mâles de *B. megacephalus*, dans la station de Sidi Mehdi avec une fréquence relative de 100%.

Tableau 16 – Fréquence relative des espèces végétales présentes dans les fèces des femelles de *B. megacephalus* (Station de Sidi Mehdi)

Femelle	**Espèces végétales**			
	A. maritima	*N. oleander*	*P. dactylifera*	*Chrysantemum* sp
1	+	-	+	+
2	-	+	+	-
3	-	+	+	-

4	+	-	+	-
5	-	-	+	+
6	-	-	+	-
7	+	-	+	+
8	-	+	+	-
9	+	-	+	+
10	+	+	+	-
11	-	-	+	-
12	+	-	+	-
13	-	-	+	-
14	-	+	+	-
15	-	-	+	+
16	+	-	+	+
17	+	+	+	-
18	+	+	+	-
19	-	+	+	-
20	-	-	+	+
21	-	+	+	-
22	+	-	+	+
23	+	-	+	+
24	-	+	+	-
25	+	-	+	+
26	-	+	+	-
27	+	-	+	-
28	-	-	+	+
29	+	+	+	-
30	+	-	+	+
31	-	+	+	-
32	-	+	+	-
33	+	-	+	-
34	-	-	+	+

35	+	-	+	-
36	-	-	+	+
37	+	+	+	-
38	+	+	+	-
39	-	-	+	+
40	+	-	+	+
Fi(%)	50%	40%	100%	40%

Les résultats du tableau 16 et de la figure 65 montrent que l'espèce la plus consommée par les femelles est *Phoenix dactylifera* (Arecaceae) avec une Fi=100% suivie par *A. maritima* avec une fréquence de 50 %, *Chrysantemum* sp et *N. oleander* avec une fréquence de 40% pour les deux plantes.

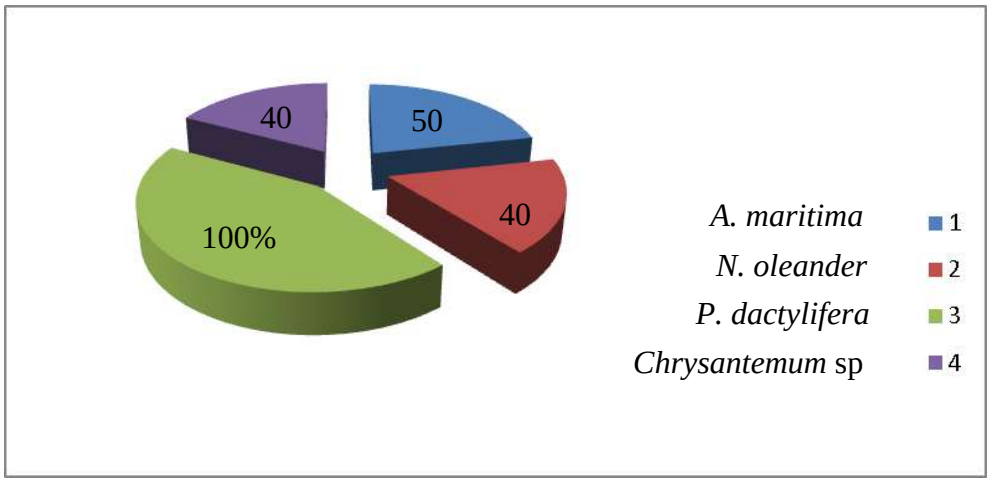


Figure 65 : Fréquences relatives des espèces végétales présentes dans les fèces des individus femelles de *B. megacephalus* (Station de Sidi Mehdi).

4.6.3.1.2. Site de Saoud

Les résultats des fréquences relatives des espèces végétales présentes dans les fèces des individus sont exposés ci-après (Tab. 17 et 18 ; Fig. 66 et 67).

Tableau 17 – Fréquence relative des espèces végétales présentes dans les fèces des mâles de *B. megacephalus* (site Saoud).

mâles	**Espèces végétales**					
	Chrysanthemum sp	*C. fantasia*	*P. dactylifera*	*P. armeniaca*	*S. lycopersicum*	*Kristina blanc*
1	+	-	+	-	-	-
2	-	+	+	-	-	-
3	-	-	+	-	+	+
4	+	-	-	+	-	-
5	-	-	+	-	+	-
6	+	+	-	+	+	+
7	-	-	+	-	-	+
8	+	+	-	+	-	+
9	-	+	+	+	-	-
10	-	-	+	-	+	-
Fi %	40%	40%	70%	40%	40%	40%

Les résultats du tableau 17 et de la figure 66 montrent que l'espèce consommée par le plus grand nombre de mâles est *Phoenix dactylifera* (Arecaceae) avec une Fi de70% suivie par *Chrysanthemum* sp, *Cherry fantasia, P. armeniaca*, *Kristina*, *Solanum lycopersicum* avec une Fi de 40% pour chacune de ces plantes.

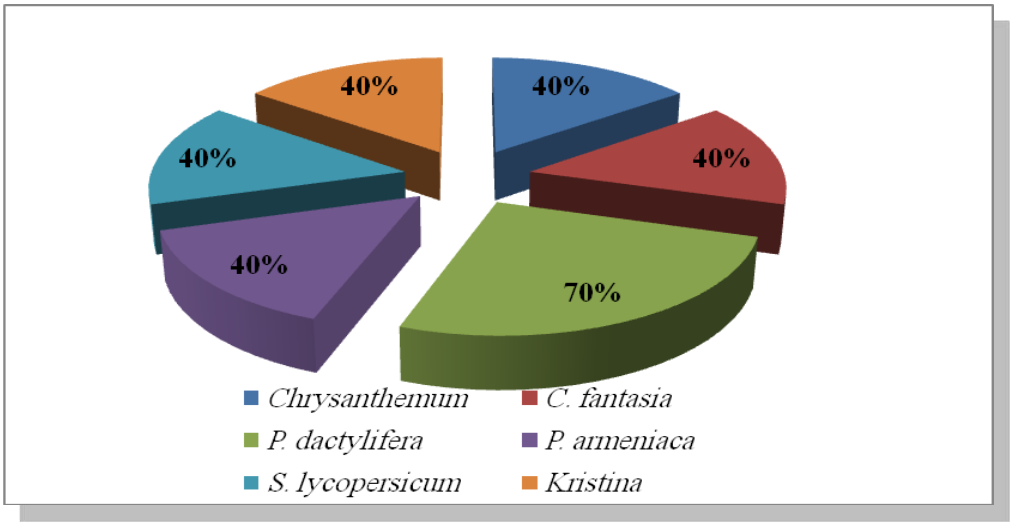


Figure 66: Fréquences relatives des espèces végétales présentes dans les fèces des individus mâles de *B. megacephalus* (site Saoud).

Tableau 18 – Fréquence relative des espèces végétales présentes dans les fèces des femelles de *B. megacephalus* (site Saoud)

Femelles	**Espèces végétales**			
	Chrysanthemum sp	*P. Armeniaca*	*P. dactylifera*	*S. lycopersicum*
1	-	+	+	-
2	-	+	+	-
3	-	-	+	-
4	+	-	+	-
5	+	-	+	-
6	-	+	+	-
7	+	-	+	-
8	-	-	+	+
9	-	+	-	-
10	+	-	+	-
Fi(%)	40%	40%	90%	10%

Les résultats du tableau 18 et de la figure 67 montrent que l'espèce consommée par le plus grand nombre de femelles est *Phoenix dactylifera* (Arecaceae) avec une Fi de 90% suivie par *Prunus armeniaca*, *Chrysanthemum* sp et *Solanum lycopersicum* avec une Fi de 40% pour les deux premières plantes et 10 % pour la troisième.

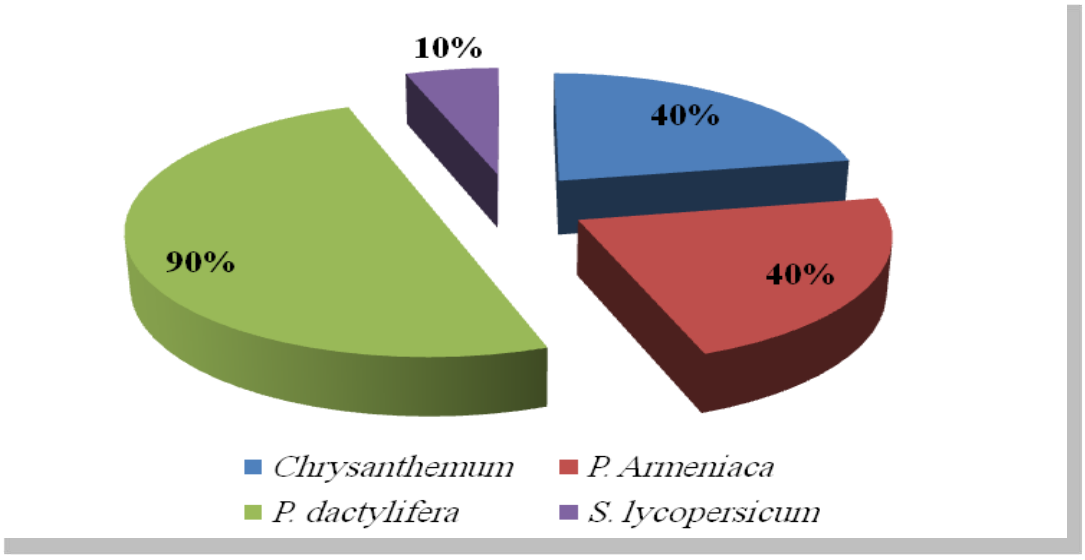


Figure 67 : Fréquences relatives des espèces végétales présentes dans les fèces des individus femelles de *B. megacephalus* (site Saoud).

4.6.3.1.3. Site de Tamma

Les résultats des fréquences relatives des espèces végétales présentes dans les fèces des larves de *B. megacephalus* obtenues du site de Tamma sont présentés ci-dessous (Tab.19 et Fig. 68).

Tableau 19 – Fréquence relative des espèces végétales présentes dans les fèces des larves de *B. megacephalus* (site Tamma)

Larves	**Espèces végétales**				
	A. mauritanicus	*S. lycopersicum*	*A. maritima*	*P. communis*	*P. dactylifera* (fruit)
1	-	-	+	-	+
2	-	-	-	-	+
3	-	+	-	-	+
4	+	-	-	+	+
5	-	-	-	-	+
6	-	-	-	+	+
7	+	-	-	-	+
8	-	-	+	+	+
9	-	-	-	-	+
10	-	-	-	+	+
11	-	-	-	-	+
12	-	-	+	+	+
13	+	-	-	+	+
14	-	-	-	-	+
15	-	-	+	-	+
16	+	-	-	-	+
17	-	-	-	+	+
18	-	+	-	-	+
19	-	-	-	+	+
20	-	-	-	-	+
Fi(%)	20%	10%	20%	40%	100%

Les résultats du tableau 19 et de la figure 68 montrent que l'espèce la plus consommée par les larves est *Phoenix dactylifera* (Arecaceae) avec une Fi de 100% suivie par *P. communis, Armeria maritima, A. mauritanicus* et *S. lycopersicum* avec des fréquences de 40%, 20%, 10% respectivement.

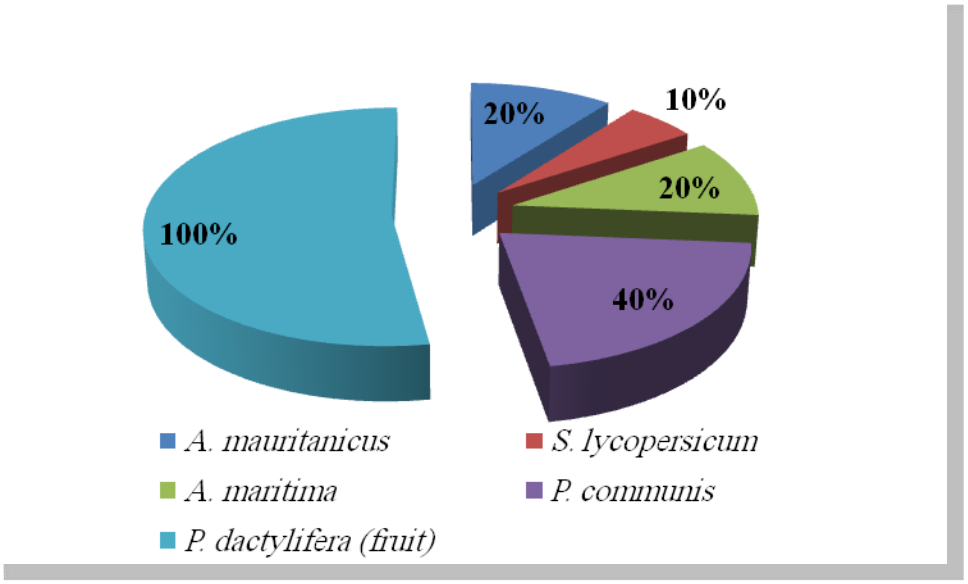


Figure 68: Fréquences relatives des espèces végétales présentes dans les fèces des larves de *B. megacephalus* (site Tamma)

4.6.3.2. Préférence alimentaire au laboratoire

Les résultats concernant la préférence alimentaire (Fig. 69, Annexe 8) montrent que les plantes les plus appréciées par *B. megacephalus* sont *Phoenix dactylifera, Solanum lycopersicum* et *Vitis vinifera* avec des taux de consommation de 85,87 %, 75,54%, 74,75% respectivement. L'étude statistique montre qu'il y a bien une différence hautement significative entre ces espèces (C.V. = 16.66% ; F =7,81**) (Tab. 20) (Lakhdari et *al.*, 2015).

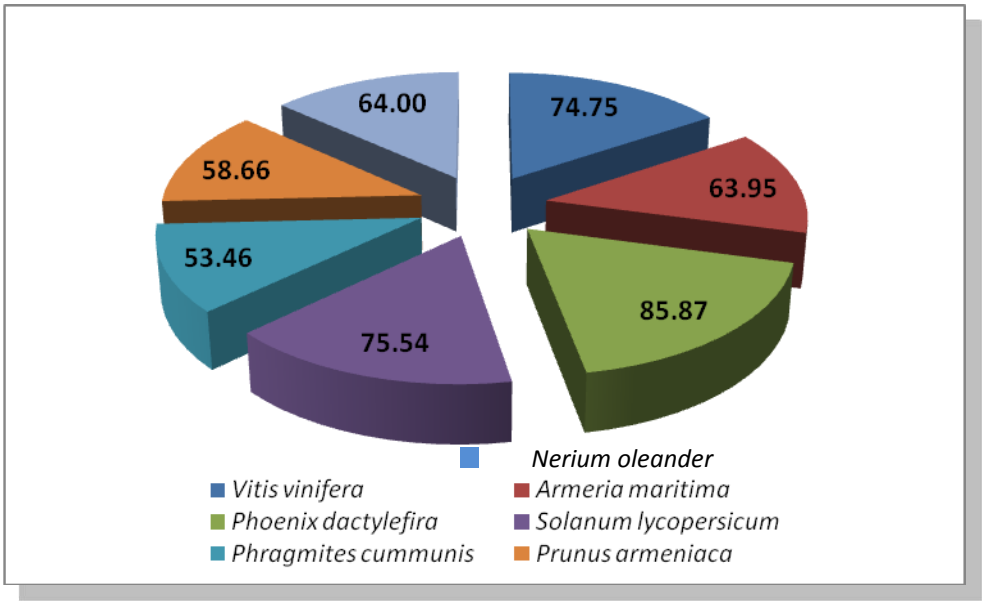


Figure 69 : Taux de consommation de *B. megacephalus* (Originale 2014).

Tableau 20 - Analyse statistique des taux de consommation

Plantes	X ±δ	F. calculé	C.V.
Vitis vinifera	74.74^{ab} ± 8.11	7.81**	16.16%
Armeria maritima	63.95^{bc} ± 13.8		
Phoenix dactylifera	85.87^{a} ± 9.46		
Solanum lycopersicum	75.53^{ab} ± 14.92		
Phragmites cummunis	53.45^{c} ± 7.42		
Prunus armeniaca	58.87^{c} ± 8.19		
Nerium oleander	63.99^{bc} ± 14.48		

**Effet Hautement significatif à P0.01; C.V.: Coefficient de variation (%); X: Taux de consommation; δ: Déviation standard

4.8.Isolement et identification des champignons entomopathogènes à partir des adultes de *B. megacephalus*

4.8.1. Aspect macroscopique et microscopique des isolats

L'identification des champignons isolés a été réalisée en examinant la couleur et la forme de la colonie ainsi que l'observation microscopique des conidies et mycéliums.

4.8.1.1.***Metarhizium anisopliae***

En masse, les colonies de ce champignon présentent une coloration vert-olive. Les conidies sont de forme allongée plus ou moins cylindriques. La fructification se fait sous forme de phialides, donnant naissance aux conidies ou phialospores, peuvent être uniques, en paire ou en groupes produits à partir d'une chaine basale. Elles sont compactées en colonnes longues ovoïdes voire cylindriques (Fig. 70).

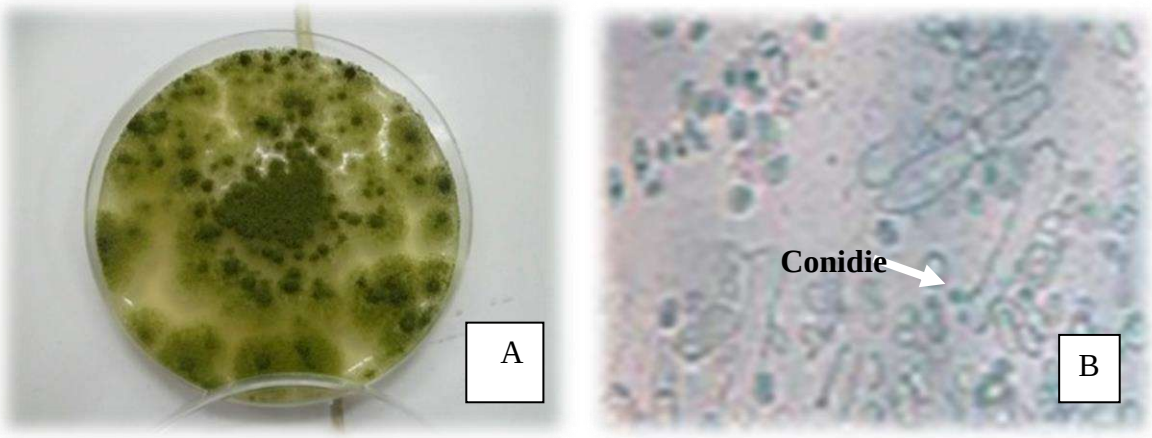


Figure 70 : A : Aspect macroscopique et B : Aspect microscopique de *Metharizium anisopliae* (G : X 40) (Originale 2014)

4.8.1.2.*Penicillium* sp.

La colonie de *Penicillium* sp. est sur le milieu de culture P.D.A, colorée en vert et sa croissance mycélienne est plus ou moins rapide.

L'observation microscopique de ce champignon a démontré la présence d'un mycélium cloisonné avec des conidiophores lisses ramifiés sur lesquels sont portés des phialides. Ces dernières présentent à leur tour des conidies hyalines ou de couleur vive lorsqu'elles sont en masse. Elles sont de forme sphérique assemblées en chaînettes (Fig. 71).

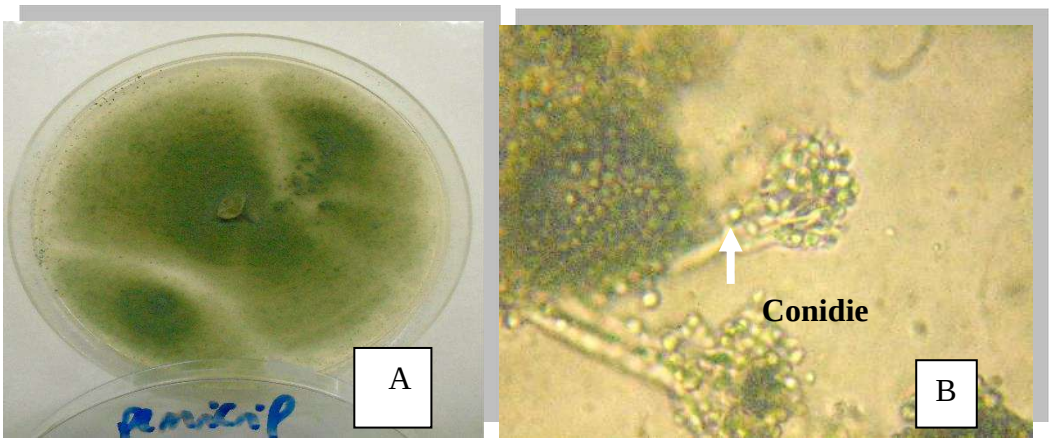


Figure 71 : A : Aspect macroscopique et B : Aspect microscopique de *Penicillium* sp.

(G : X 40) (Originale 2014)

4.8.1.3. ***Aspergillus niger***

Les têtes conidiennes, bisériées et radiées, sont disposées en plusieurs colonnes brunâtres ou noires. Les conidiophores sont longs, lisses, hyalins ou brunâtres à leur moitié supérieure. Les vésicules sont globuleuses et entièrement fertiles. Les conidies sont habituellement globuleuses, parfois légèrement aplaties. Les phialides, plus ou moins allongées, présentent plusieurs sites d'ébourgeonnement (polyphialides) (Fig. 72).

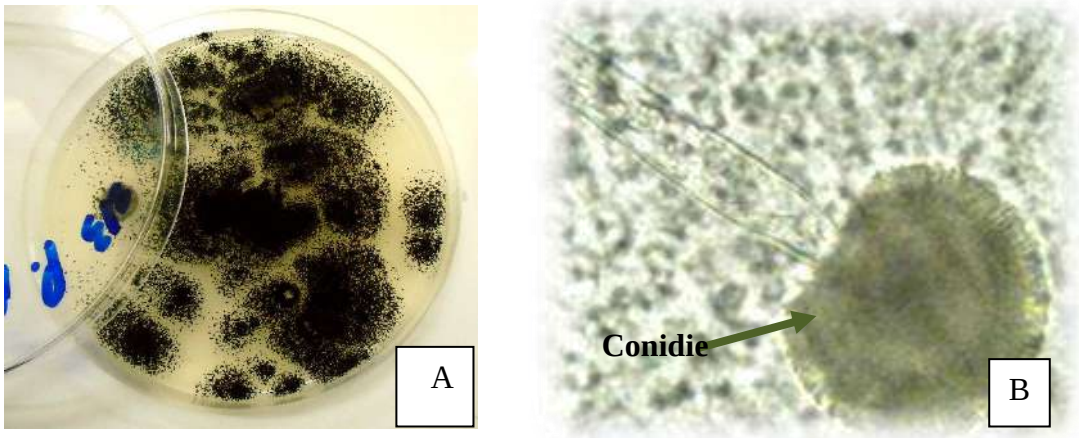


Figure 72 : A : Aspect macroscopique et B : Aspect microscopique de *Aspergillus niger*

(G : X 40) (Originale 2014)

4.8.1.4. *Aspergillus flavus*

Le champignon se développe rapidement sur le milieu PDA. Il forme des colonies duveteuses à poudreuses, d'abord blanches puis jaunes. La tête conidienne est d'abord radiée puis elle se répartit en

plusieurs colonies jaunâtres. Les conidiophores sont hyalins et les vésicules subglobuleux. Les phialides sont insérées directement sur ces dernières. Les conidies sont globuleuses et subglobuleuses (Fig. 73).

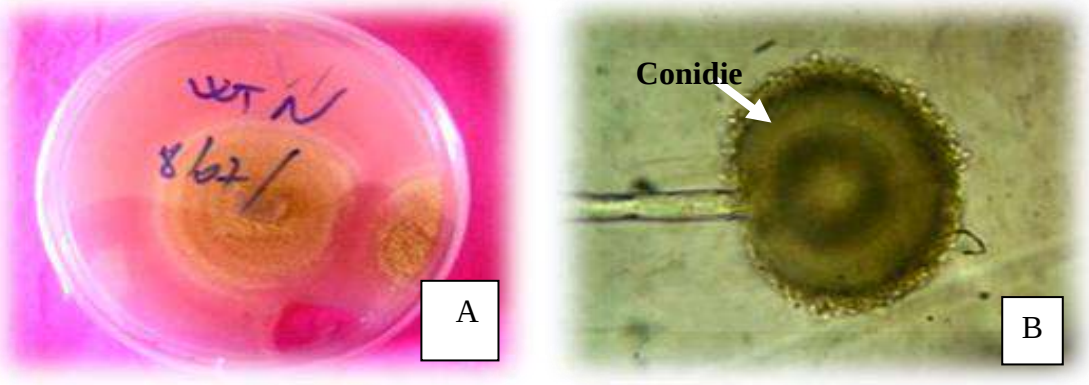


Figure 73 : A : Aspect macroscopique et B : Aspect microscopique d'Aspergillus *flavus*

(G : X 40) (Originale 2014)

4.8.1.5. *Beauveria bassiana* sp

Ce champignon forme des hyphes transparents et septaux et produit des colonies cotonneuses de couleur blanchâtre à jaunâtre. Le genre est caractérisé par un conidiophore à base renflée et à extrémité terminale en zigzag formant de façon sympodiale de petites spores unicellulaires(Fig.74).

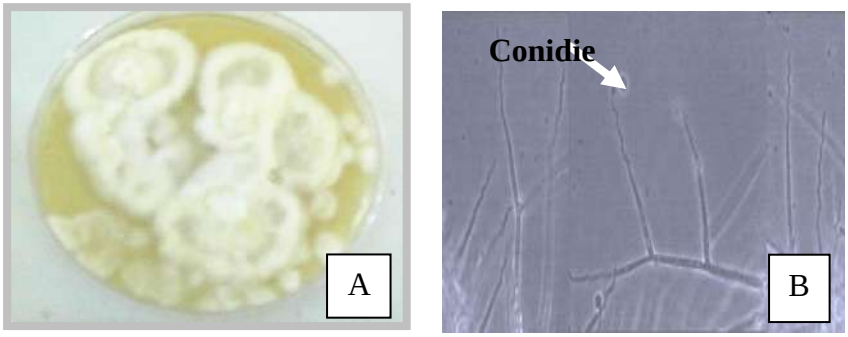


Figure 74 : A : Aspect macroscopique **B** : Aspect microscopique de *Beauveria bassiana* sp (G : X 40)

4.8.1.6. *Fusarium* sp.

Cette espèce forme des colonies duveteuses ou cotonneuses de couleur blanche qui deviennent rose-clair avec le temps. Le principal caractère morphologique des *Fusarium* est la présence de

macro-conidies fusiformes et cloisonnées. Les phialides sont courtes et larges et formées sur le mycélium aérien. (Fig. 75).

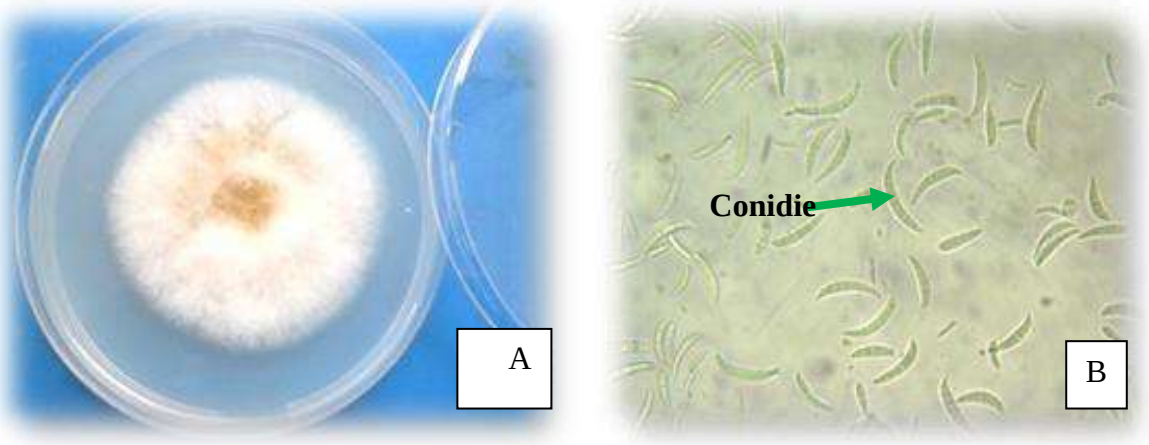


Figure 75 : A : Aspect macroscopique et B : Aspect microscopique de *Fusarium* sp. (G : X 40) (Originale 2014)

4.8.2. Le choix de *Fusarium* sp. comme agent de la lutte biologique

Suite aux résultats satisfaisants obtenus avec l'utilisation du *Fusarium* sp. sur un lépidoptère : la mineuse des agrumes (*Phyllocnistis citrella*), il nous a semblé intéressant de tester son effet sur un orthoptère *B. megacephalus.*

4.7.2.1 Symptomologie

Après le traitement par le *Fusarium* sp, les spores se fixent sur la cuticule de l'insecte. Son mycélium, de couleur blanchâtre, couvre toute la surface du corps en commençant par la tête, le pronotum puis toute la partie abdominale (Fig. 76 A et B).

Après dissection des individus traités, nous avons remarqué que le *Fusarium* sp. émet un tube germinatif traversant les assises supérieures et attaque les muscles du thorax (Fig.77 A). Après quelques jours, le cadavre devient sec à aspect brulé (Fig. 77 B).

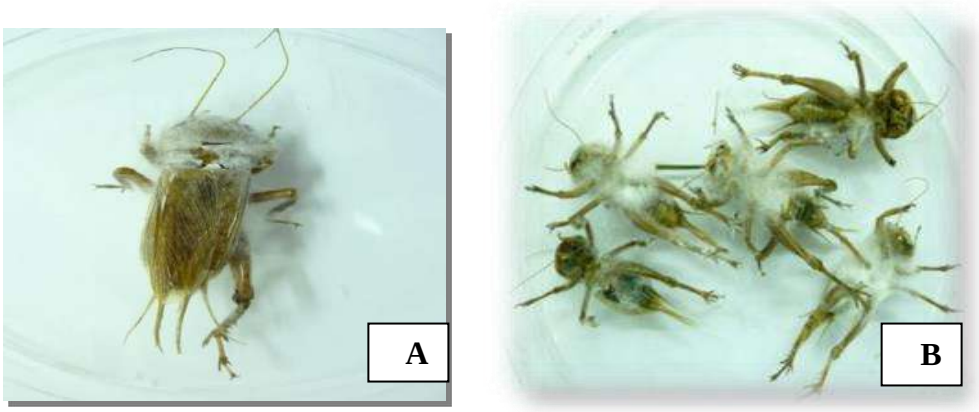


Figure 76 : Aspect de *Brachytrupes megacephalus* après traitement avec *Fusarium* sp. (A : Attaque la tête ; B : Attaque le pronotum et partie abdominale).(Originale 2014)

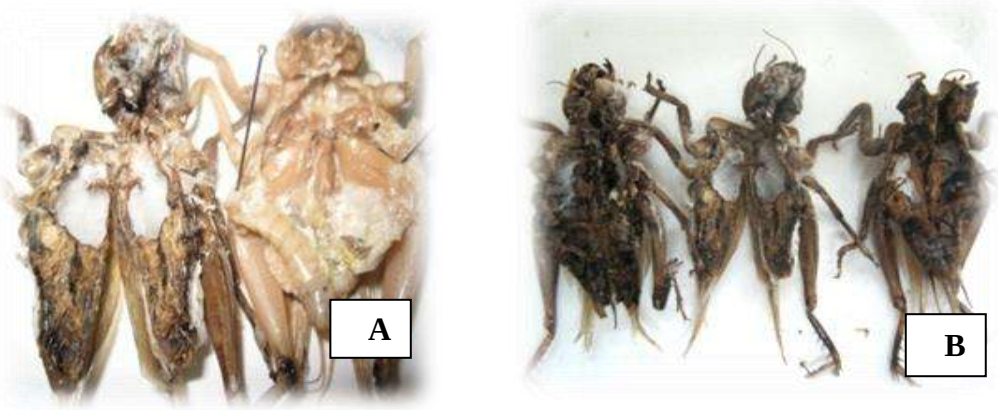


Figure 77 : Symptomatologie interne de l'attaque de *Fusarium* sp, 20 jours après traitement (A : Attaque les muscles de thorax ; B : le cadavre devient sec à aspect de brûlure).(Originale 2014)

4.7.3. Etude de l'effet de *Fusarium* sp. sur la mortalité de *B. megacephalus*

L'analyse de la figure 78, montre que les taux de mortalité chez les adultes traités augmentent en fonction du temps et de la dose utilisée (Annexe 9). Celle-ci a commencé, chez les adultes de ce grillon, après le 5ème jour de traitement par le champignon pour la dose D1 (10^6 spores/ml) et après le 6ème jour pour la dose D2 (10^4 spores/ml) en atteignant des taux de mortalité de 3,33% et 13,33% pour les 02 doses respectivement. Des taux de 100% ont été obtenus au 11ème jour pour la D1 et au 13ème jour pour la D2.

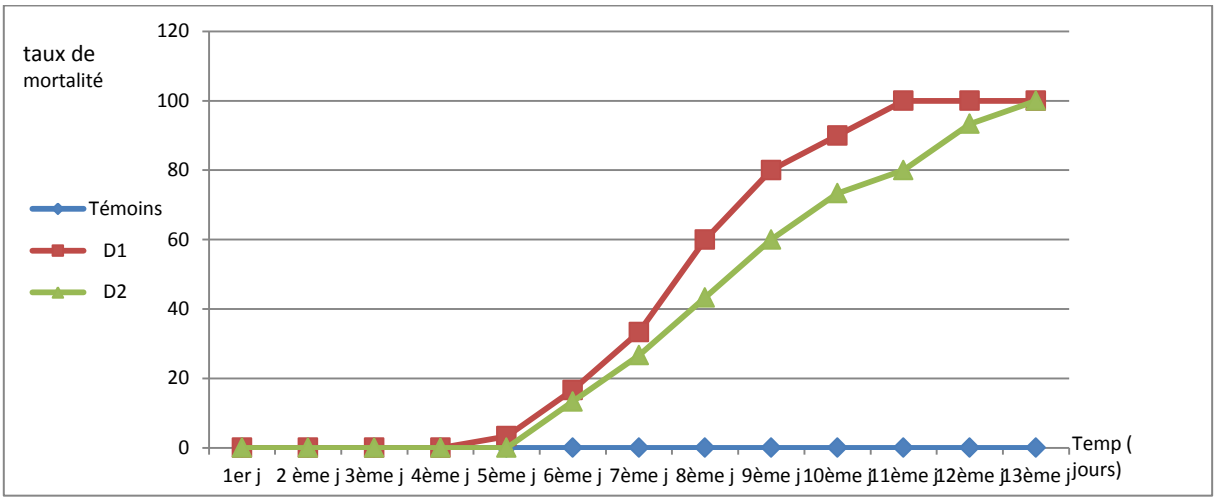


Figure 78 : Taux de mortalité des adultes de *B.megacephalus* traité par *Fusarium* sp. (2014).

D'après les analyses statistiques (Tab. 21), nous remarquons que les deux doses ont un effet hautement significatif sur la mortalité des adultes de *B. megacephalus*. Par contre, il n y a pas de différence significative entre les deux doses.

Tableau 21 -Effet de deux doses de *Fusarium* sp. sur la mortalité des adultes de *Brachytrupes megacephalus*

Jours	**Dose 1**	**Dose 2**
	Moyenne ± Ecart type	Moyenne ± Ecart type
Jour 1	0 d	0 i
Jour 2	0 d	0 i
Jour 3	0 d	0 i
Jour 4	0 d	0 i
Jour 5	3,33 d ± 5,77	0 i
Jour 6	16,67 d ± 5,77	13,33 h ± 5,77
Jour 7	33,33 c ± 5,77	26,66 g ± 5,77
Jour 8	60 b ± 17,32	43, 33 f ± 5,77
Jour 9	80 a ± 17,32	63,33 e ± 5,77
Jour 10	90 a ± 17,32	73,33 d ± 5,77
Jour 11	100 a	80 c
Jour 12	100 a	93,33 b ± 5,77
Jour 13	100 a	100 a
F calculé	75,8**	301,36**
C.V.	19,55%	10,34%

C.V. : Coefficient de variation ; ** : Effet hautement significatif à 1% ; a, b, c, d, e, f, g, h et i : Groupes homogènes.

4.7.2.2. Le TL50

Pour calculer le TL_{50} (temps létal au bout duquel on obtient 50 % de mortalité de la population traitée) de *Fusarium* sp., (tableau 22), nous avons transformé le pourcentage des mortalités corrigées en Probit et le temps en logarithme décimal (Fig. 79, 80).

A partir des équations des droites de régression, nous avons calculé les valeurs des TL_{50} pour chaque dose.

Tableau 22 - Logarithme décimal du temps et probits des pourcentages de mortalité par D1 et D2 de *Fusarium* sp. sur *Brachytrupes megacephalus*

Temps (jour)	**Logarithme décimal du temps**	***Fusarium* sp.**	
		Probit1 (D1)	Probit2 (D2)
1ier j	0	0	0
2ème j	0,3	0	0
3ème j	0,48	0	0
4ème j	0,6	0	0
5ème j	0,7	3,16	0
6ème j	0,78	4,03	3,88
7ème j	0,85	4,56	4,37
8ème j	0,9	5,25	4,82
9ème j	0,95	5,84	5,25
10ème j	1	6,28	5,61
11ème j	1,04	8,09	5,84
12ème j	1,08		6,5
13ème j	**1,11**		8,09

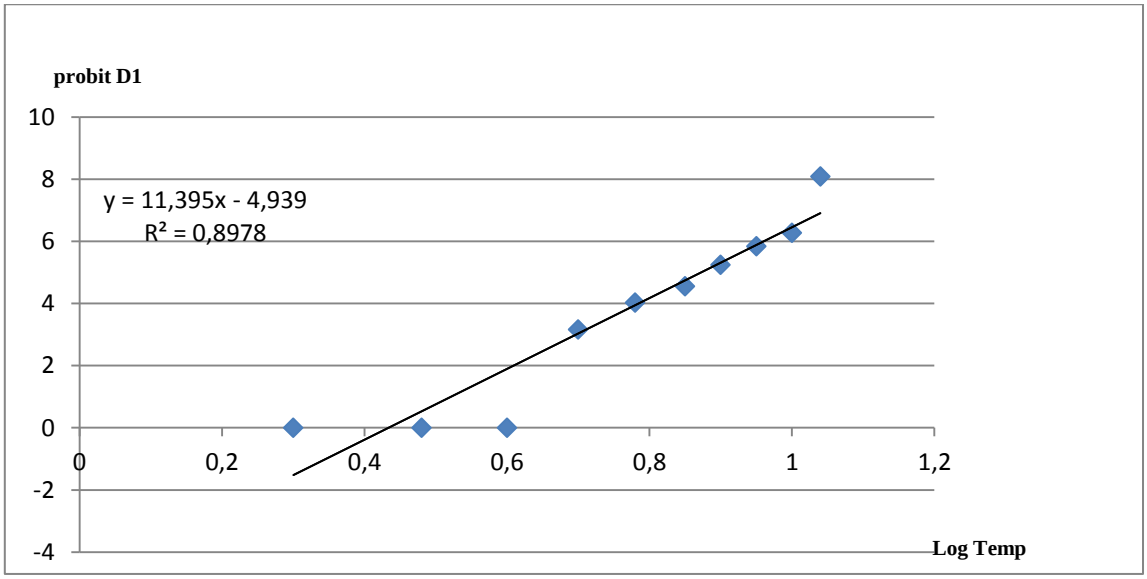


Figure 79 : Efficacité de *Fusarium* sp. dans le temps vis-à-vis des adultes de *B. megacephalus* traitées par D1.(2014).

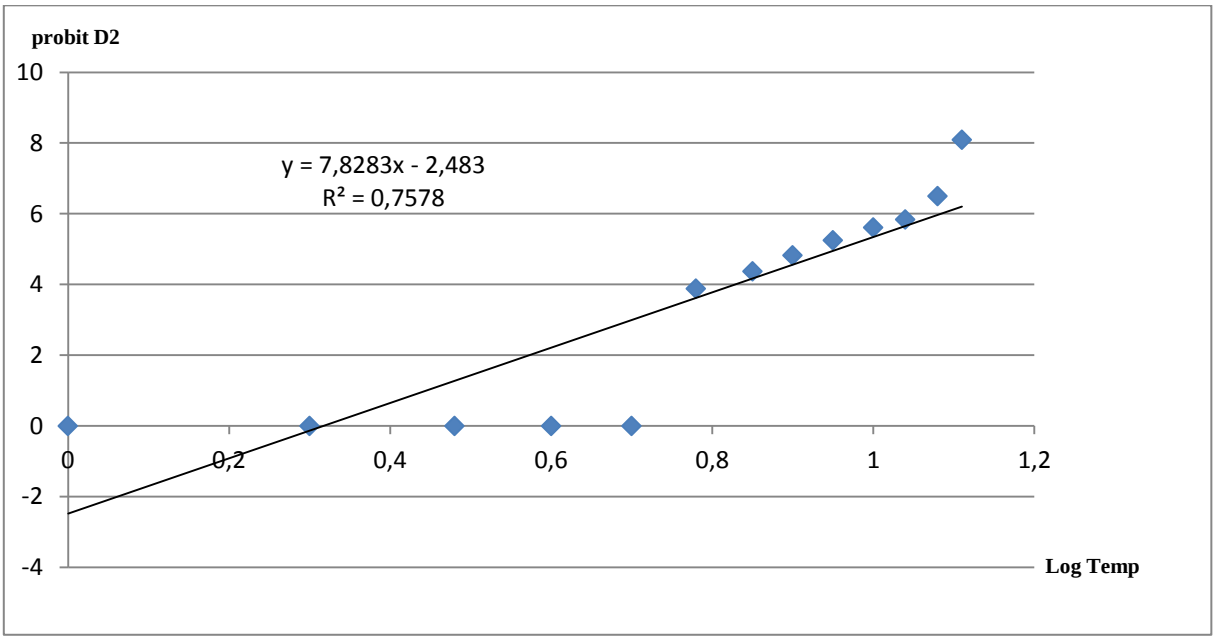


Figure 80 : Efficacité de *Fusarium* sp. dans le temps vis-à-vis des adultes de *B. megacephalus* traitées par D2.(2014).

Les résultats de la TL50, pour les adultes de *B. megacephalus*, montrent que la sensibilité des individus de ce grillon au champignon est en fonction du temps (Fig. 79, 80) et de la concentration de l'inoculum. Les adultes traités par la D1 (10^6 spores/ml.) ont un TL50 de 7 jours et 4 heures par rapport aux adultes traités par la D2 (10^4 spores/ml.) qui est de 8 jours et 9 heures.

CHAPITRE V - Discussion

CHAPITRE V – DISCUSSIONS

5.1. Dynamique des populations

Les résultats de la dynamique des populations de *B. megacephalus*, par le comptage des terriers de cet insecte durant la période 2014-2015, nous ont permis d'avoir des connaissances sur la période de sa manifestation. Aussi, le développement post-embryonnaire de ce déprédateur a été bien connu grâce l'étude de la différence entre la taille et la période d'apparition des monticules. Cette méthode a été inspirée des travaux de VALDEYRON-FABRE. (1955) en Tunisie et PETRALIA *et al.* (2003) en Sicile. Ces derniers, ont voulu connaitre la distribution de cet orthoptère dans plusieurs zones siciliennes, par des observations effectuées durant la saison de reproduction (entre la fin-mars et la fin-avril), sur plusieurs années (1997-2003). Afin d'évaluer la présence de cette espèce, deux indicateurs ont été utilisés : l'observation des terriers de sable et l'écoute des stridulations produits par les mâles pour attirer les femelles.

Le nombre élevé des grands terriers enregistrés en septembre s'explique par le fait que les larves de *B. megacephalus* sont devenues plus âgés. Ces observations ont déjà été notées par BELARBI (1979) dans le même site (station de Sidi Mehdi).

En revanche, le nombre élevé des grands terriers au printemps s'explique par l'arrivée de la période d'accouplement de l'insecte. En effet, un pic de 378 terriers (dans les trois sites) a été enregistré le premier avril avec une moyenne de 42 ± 17,64 terriers/semaine/500 m^2. CONTI *et al.* (2012) ont enregistré une forte activité du grillon vers la mi-avril. Cette différence de pullulation est probablement due aux conditions climatiques notamment la température qui est plus élevée à ce moment de l'année dans notre région d'étude. Quant à l'absence totale des monticules de sable (des terriers) durant la période du début octobre jusqu'au début mars, elle pourrait être expliquée par la diapause imaginale de l'insecte pendant la période froide, car celui-ci s'enfonce profondément dans le sol et hiverne jusqu'à la mi-mars. Ces résultat permettent de conclure que *B. megacephalus* est un insecte univoltin. En effet, en hiver, les terriers sont plus profonds et peuvent atteindre jusqu'à 2 m, par contre au printemps et en été, ils sont plus superficiels, ne dépassant pas les 30 cm. Nos résultats vont dans le même sens que ceux obtenus par CONTI *et al.* (2012) dans une étude sur les galeries de *B. megacephalus* en Sicile, celles-ci étaient très près de la surface du sol et articulés au printemps, plus

profondes et linéaires en hiver. Selon VALDEYRON-FABRE (1955), la disparition hivernale de *B. megacephalus* ne peut être due qu'à la mort ou à une vie ralentie en terre (une hivernation). PASQUIER (1951) in BELARBI (1979) note que la plupart des insectes sortant en fin d'hiver et au printemps sont des imagos ayant hiverné.

Selon CHOPARD (1943), ce grillon n'est pas rare dans les sables, surtout dans le nord de l'Afrique où il creuse des terriers dont la profondeur peut atteindre 2 m. D'après FOREL in BELARBI (1979), l'entrée du terrier est bouchée pendant le jour et se reconnait par la présence d'un petit monticule de sable. PASQUIER (1951) in BELARBI (1979) note que la taille variable des terriers s'explique par le volume de sable dégagé en rapport avec la longueur de la galerie et la taille de l'insecte.

B. megacephalus provoque également des dégâts indirects considérables en creusant des terriers qui causent des pertes d'eau d'irrigation par déviation. En fait, les galeries sont suffisamment profondes de sorte que chacune peut contenir environ 10 L d'eau. Ainsi, la méthode d'irrigation traditionnelle, par submersion, ne serait pas adéquate et il serait intéressant de la remplacer par d'autres systèmes tels que le goutte-à-goutte où l'irrigation localisée.

5.2. Quelques éléments de la bioécologie de *B. megacephalus*

Les grillons se caractérisent par une biologie particulière dans notre faune. Dans la région de Touggourt, durant la période de la mi-mars jusqu'à la mi-avril, la plupart des individus collectés appartenaient au sexe masculin (ex : 6 femelles/39 mâles). Ce résultat laisse supposer que les femelles restent pendant ce temps à l'intérieur des terriers pour pondre les œufs. Selon PETRALIA et *al*. (2003) et CONTI *et al.* (2012), celles-ci restent emprisonnées à l'intérieur des terriers des mâles jusqu'à ce qu'elles vident leurs ovaires. En fait, pendant la même période et après le coucher de soleil, de fortes stridulations continues sont émises par les mâles pour attirer les femelles dans leurs terriers. Les mêmes observations ont été notées dans la plupart des région où l'on a étudié ce grillon (VALDEYRON-FABRE 1955 ; PETRALIA *et al*., 2003 ; CONTI *et al.*, 2012).

Les éclosions des œufs de *B. megacephalus* ont généralement eu lieu à la fin-avril début-mai car les premières larves du stade L1 ont été capturées par les pots Barber au début-mai. Au mois de juin, tous les échantillons collectés sont des larves dans les trois sites expérimentaux.

Le développement post-embryonnaire se poursuit tout l'été jusqu'à septembre, mois pendant lequel le grillon devient imago. Ce dernier, s'enfonce profondément dans le sol, dès l'arrivée de la saison froide, où il hiverne jusqu'au début de mars. Ces résultats sont identiques à ceux enregistrés par VALDEYRON-FABRE (1955) en Tunisie ; BELARBI (1979) à Touggourt ; PETRALIA *et al.* (2003) et CONTI et *al.* (2012) en Sicile.

Ces résultats permettent de conclure que *B. megacephalus* est un insecte univoltin. CONTI et *al*. (2012) notent que *B. megacephalus* a un cycle annuel avec une saison de reproduction entre la mi-mars à la fin avril. VALDEYRON-FABRE (1955), dans une étude sur *B. megacephalus* en Tunisie, a avancé que cet orthoptère a un cycle annuel. Il s'accouple en avril et tous les mâles meurent, vers la fin de ce mois, avec un abdomen complètement aplaté et vidé après accomplissement de leur fonction. L'éclosion des œufs et l'apparition des jeunes larves ont eu lieu au mois de juin. Selon VICIDOMINI et PIGNATARO. (2006), pendant les mois de juin à septembre de la nouvelle génération de *B. megacephalus*, les insectes grandissent en consacrant la plupart du temps à la recherche de nourriture, qui est amené dans le terrier pour être consommée. Le cycle biologique de *B. megacephalus* est semblable au cycle d'*Anacridium aegyptium* . En effet, si l'on compare la biologie des deux insectes, il apparait que les larves L3 et L5 d'*Anacridium aegyptium aegyptium* apparaissent au mois de juillet, elles se développent pendant l'été et l'accouplement et la ponte ont lieu en printemps (GRASSE, 1922 in CHOPARD, 1943 ; SIMBARA, 1989). Les imagos émergent en automne, il est donc vraisemblable que le cycle soit univoltin avec une diapause imaginale en hiver.

B. megacephalus a une vie nocturne, souterraine et solitaire. Cette constatation rejoint les observations de PASQUIER (1951) in BALARBI ()1979, de RIGAUD (1953), BELARBI (1979) et CONTI *et a*l (2012).

Partout où *B. megacephalus* a été observé, le sable était légèrement humide ce qui laisse penser que l'insecte est hygrophile. Nos observations concordent avec celles de CONTI *et al* (2012).

5.3. Etude morphologique

La morphométrie est le moyen le plus direct et le plus aisé pour déterminer les stades larvaires de *B. megacephalus*. Dans notre recherche bibliographique, il ressort de cette étude que la méthode fondée principalement sur la mesure des trois paramètres classiques en Gryllidae (le fémur (F), le pronotum (P) et la capsule céphalique (C)) est pratique et suffisante.

Nos résultats sont identiques à ceux de CHOPARD (1943) qui a avancé que *B. megacephalus* est un insecte d'une couleur jaunâtre. Il a une longueur de 32 mm à 40 mm, à l'état imaginal ; le pronotum est de 5 mm à 6 mm ; son fémur postérieur a une longueur de 18 à 24 mm, les ailes et les élytres sont bien développés avec une longueur de 25 mm à 30 mm. D'après LEFEBVRE (1827), *B. megacephalus* à une longueur de 41 mm, le volume de la tête fortement comprimée d'avant en arrière et qui dépasse beaucoup en largeur celle de l'abdomen à sa jonction avec le corselet, le distingue au premier coup d'œil de tous ceux de son genre. Les deux premières paires de pattes sont légèrement pubescentes, les postérieures très-grosses, et garnies de fortes épines courtes. FINOT (1896) note que la tête de ce grillon est très large, plate antérieurement, bombée, souvent marbrée de brune. Ses ocelles sont grands, placés en ligne droite. Les antennes sont sétacées. Selon le même auteur, le grillon a une longueur de 37 mm à 40 mm pour le mâle et de 40 mm à 42 mm pour la femelle. Le pronotum est bien rétréci postérieurement. Les élytres sont bien développés atteignant l'apex de l'abdomen et les ailes dépassent les élytres. D'après SERVILLE (1939) in BALARBI 1979, *B. megacephalus* est un grillon curieux et grand avec une longueur plus de 40 mm de couleur fauve. D'après DJOCGOUE (2014), la tête de cet insecte est très large, courte, aplatie en avant, le pronotum est très court, plus large en avant. Nos résultats semblent être très proches de ceux obtenus par BELARBI (1979) qui a étudié l'extrémité abdominale des individus (mâles et femelles) de *B. megacephalus*.

5.4. Etude du régime alimentaire de *B. megacephalus*

La sélection des plantes consommées est rendue possible grâce à un équipement sensoriel très qualifié qui intervient depuis l'orientation de l'insecte vers le végétal, jusqu'à la morsure, la préhension et enfin l'ingestion (BENNET, 1970). C'est un instinct botanique infaillible que possèdent les insectes phytophages à la perception de l'information chimique émise par les plantes (PESSON, 1987).

Pour évaluer qualitativement et quantitativement le régime alimentaire de *B. megacephalus*, nous avons comparé les espèces végétales dans les sites étudiés occupés par des individus isolés de *B. megacephalus* avec celles observées dans leurs fèces. En fait, nous avons constaté que les plantes consommées par le ravageur appartiennent aux familles botaniques suivantes : Arecaceae, Apocynaceae, Asteraceae, Myoporaceae, Plumbaginaceae, Rosaceae, Solanaceae et Triochylaceae.

Dans la station expérimentale de l'INRAA, les grillons mâles ont consommé 6 espèces parmi 7 recensées, soit 85,71% de la flore présente sur le terrain par contre les femelles n'ont consommées que 4 seulement, soit 57,14%. Alors que dans le site de Saoud, les individus mâles de *B. megacephalus* ont consommé 06 espèces végétales sur 11 plantes recensées soit : 54,54% et les femelles ont consommé 4 espèces (36,36%). Par contre, les larves dans le site de Tamma ont consommé 6 espèces végétales sur 21 plantes recensées, soit : 28,57%. Nos résultats sont semblables à ceux trouvés par BENMADANI (2010) qui a étudié le régime alimentaire d'*Euryparyphes quadridentatus* qui a révélé la présence de 7 espèces végétales. Les fèces des mâles contiennent plus d'espèces végétales (S = 6) que celles des femelles (S = 5).

CHERIEF (2000) trouve que le spectre alimentaire des individus des deux sexes de *Schistocerca gregaria* ne présente pas une grande variabilité. La consommation chez les femelles dépend de leur état physiologique de reproduction.

Nous remarquons que l'espèce présentée avec des fréquences élevées est toujours celle appartenant à la famille des Asteraceae (*Phoenix dactylefira*) pour les mâles et les femelles (90%) ainsi que les larves (100%). Aussi, nous notons la présence de l'espèce *Armeria maritima* (Plumbaginaceae) dans les fèces des mâles et des femelles de *B. megacephalus* avec une fréquence de 50%. En plus des Apocynaceae, les Asteraceae sont aussi les mieux représentées dans les fèces de ce grillon représentées par *Nerium oleander*, avec une fréquence assez élevée bien qu'elle soit toxique pour d'autres insectes.

La préférence alimentaire a été étudié au laboratoire en choisissant des plantes qui ont déjà été trouvées dans les fèces (*Armeria maritima, Phoenix dactylifera, Solanum lycopersici, Phragmites cummunis, Prunus armeniaca* et *Nerium oleander)* en plus de *Vitis vinifera* qui a été signalée par CONTI *et al* (2003) comme étant très consommée sur terrain en Sicile. D'après l'étude statistique, il y a un effet hautement significatif entre les espèces données confirmant que la plante la plus appréciée est *Phoenix dactylifera* avec un taux de consommation de 85,87 %, suivie par *Solanum lycopersicum* et *Vitis vinifera* avec 75,53% et 74,74% respectivement. Ces résultats sont identiques à ceux enregistrés par KHERBOUCHE *et al* (2010) qui ont travaillé sur la variation du régime alimentaire de *Schistocerca gregaria* où les auteurs montrent que *Phoenix dactylifera* est l'espèce la plus appréciée

sur terrain avec 62,86% chez les mâles et 62,05% chez les femelles. Selon VALDEYRON-FABRE (1955), *B. megacephalus* a provoqué des dégâts sur la culture de tomate en Lybie (Fezzan) et SILVESTRI (1939) avance que ce grillon préfère les vergers de vigne en Sicile.

LAUNOIS-LUONG (1975) note que les proportions des plantes ingérées peuvent correspondre à la densité relative des espèces végétales observées sur le terrain, ou bien résulte d'un choix réel augmentant l'ingestion de certaines espèces qu'elles soient abondantes ou rares. D'après LEGALL (1989), la qualité première d'une source alimentaire est d'être convertible en nutriments utilisables dans le développement, le maintien de l'organisme et la reproduction. Dans une étude réalisée par VALDEYRON-FABRE (1952), l'auteur note que les *Brachytrupes* acceptent généralement tout ce qu'on leur offre mais si les aliments sont d'origine végétale, ils ont une préférence marquée pour les fruits : prunes, dattes, épluchure de pomme de terre. Dans la chambre de terrier de ces insectes, il a été trouvé des débris de plantes diverses environnantes, petites crucifères, légumineuses mais jamais de débris d'animaux. CALTABIANO *et al.* (1980) avancent que *B. megacephalus* est une espèce végétarienne qui consomme sa nourriture à l'intérieur des tunnels après avoir été perçu sur la surface du sol.

Quant aux deux espèces indéterminées qui ont été présentes dans les fèces de *B. megacephalus* et qui n'étaient pas sur terrain, il est probable qu'elles aient été consommées ailleurs. En effet, ce ravageur est très mobile et peut parcourir de longs trajets allant jusqu'à 7 km (PETRALIA *et al*, 2003).

De tout ce qui a été avancé, on peut dire que la nourriture de *B. megacephalus* est basée essentiellement sur les végétaux avec une préférence très marquée pour le palmier dattier car il a été observé que les adultes consomment les folioles et les larves consomment les dattes en stade de véraison. En effet, dans son environnement, l'insecte doit sélectionner les aliments nécessaires à ses fonctions physiologiques. Instinctivement, il augmente ou diminue sa prise de nourriture pour maintenir constant son poids en fonction de ses réserves. Bien d'autres facteurs interviennent dans les comportements alimentaires tels que la couleur, l'odeur, mais surtout la faim. Tous ces paramètres conditionnent la sélection de tel ou tel aliment (DECERIER *et al*., 1982).

Selon VICIDOMINI et PIGNATARO (2006), entre juin et septembre, la nouvelle génération de *B. megacephalus* grandit consacrant la plupart du temps à la recherche de nourriture, qui est amené dans le terrier pour être consommée.

Enfin, des études approfondies devraient être menées sur les dégâts provoqués par cet insecte sur sa plante hôte préférée, le palmier dattier. En effet, cet orthoptère s'attaque principalement aux racines et folioles ce qui peut constituer une source de contamination de la plante par des agents phytopathogènes tels que : *Fusarium* sp., *Phytophtora* sp., *Thialaviopsis paradoxa* très abondants dans la région d'étude (LAKHDARI *et al.* 2013).

5.5. Isolement et identification des champignons entomopathogènes à partir des adultes de *B. megacephalus*

La majorité des insectes sont sensibles aux microorganismes dont les champignons, les bactéries et les virus (SCHOLTE *et al*., 2004). Approximativement, 750 espèces de champignons décrites sont des pathogènes obligatoires ou facultatifs sur un ou plusieurs stades de développement des insectes dans des habitats aquatiques, terrestres et souterrains (MCCOY *et al.*, 1988). Six espèces de champignons entomopathogènes ont été isolées à partir des cadavres de *B. megacephalus*. Il s'agit d'*Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium* sp., *Beauveria bassiana*, *Penicillium* sp. et *Metharizium anisopliae*. Ces mêmes espèces ont été isolées à partir des chrysalides et des larves de *Phyllocnistis citrella* (SAIEH *et al*., 2010).

Les deux souches de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* ont été déjà isolées par plusieurs chercheurs à partir des cadavres de criquet (DOUMANDJI-MITICHE et *al*., 1997). GUESMI-JOUINI et *al.* (2011), ont isolé et identifié deux espèces de *Fusarium*: *F. sacchari* (Butler and Hafiz Khan) Gams (1971) et *F. semitectum* (Berkeley and Ravenel, 1875) à partir des cadavres de *Capitophorus elaeagni* (Del Guercio) (Hemiptera: Aphididae).

PADMANABAN et SATHIAMOORTHY (2001), ont isolé des champignons entomopathogènes tels que *Metarhizium anisopliae, Fusarium solani, Mucor heimalis, Aspergillus niger* et *Scopulariopsis brevicaulis* à partir des populations de charançons du pseudo tronc du bananier au champ.

5.6. L'effet de *Fusarium* sp. sur la mortalité de *B. megacephalus*

Nous avons comparé l'efficacité de deux doses (D1=10^{6} et D2=10^{4} spores/ml) d'une solution formée à base de *Fusarium* sp. sur les adultes de *B. megacephalus*. Nous avons constaté que les deux doses engendrent des mortalités parmi les adultes de celui-ci. Notons que D1 agit 24h avant D2, c'est-à-dire après 2 jours du traitement, avec 50% de mortalité atteint entre le 7ème et le 8ème jour. Alors que pour D2, la mortalité est enregistrée à partir du 3ème jour et les 50% des individus meurent entre le 8ème

et le 9ème jour du traitement. La mortalité complète des individus a été atteinte entre le 11éme et 13ème jour pour les deux doses. Dans un essai de lutte biologique contre les larves de *Phyllocnistis citrella* par plusieurs champignons, l'effet le plus marquant a été celui de *Fusarium* sp. qui a causé le taux de mortalité le plus élevé avec 75 % (LAKHDARI, 2009).

Plusieurs travaux de lutte biologique contre les Orthoptères par l'utilisation de champignons entomopathogènes ont été réalisés (DOUMANDJI-MITICHE *et al*., 1999 ; KAIDI, 2006 ; CHAOUCH, 2009 ; OUTTAR *et al*., 2014) et des résultats forts intéressants ont été obtenus..

Les présents résultats concordent avec ceux obtenus par KAIDI (2006) 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 10^6 spores/ml, D2= 10^6 spores/ml et D3= 2 x 10^6spores/ml) comparées aux témoins. HERNANDEZ-VELAZQUEZ *et al*. (2007) ont suivi la mortalité cumulée des ailés de *Schistocerca piceifrons piceifrons,* traités 7 jours après l'émergence, par injection avec une dose de 6×10^4 spores/insecte d'une souche mexicaine de *Metarhizium anisopliae var Acridum* (Ma PL40) dans des conditions thermiques de 28°C. Ces derniers, ont obtenu un taux de mortalité de 97,5% au bout de 12 jours seulement.

Des essais au laboratoire réalisés par DJEZZAR (2007), pour l'étude de l'effet de cette même souche sur des adultes de *Schistocerca gregaria*, ont révélé un taux de mortalité de 100 % après 13 jours du traitement, l'auteur a utilisé une dose de 10^3 spores/ml en pulvérisant un volume de 1ml sur chaque individu (HEMOUR, 2008).

Conclusion

CONCLUSION

Avant d'aborder des recherches concernant une stratégie de surveillance ainsi qu'un moyen de lutte efficace contre *Brachytrupes megacephalus*, il nous a paru utile d'essayer de comprendre son mode de vie avec la recherche d'une série de renseignements relatifs, en premier lieu, à sa bioécologie (biologie, morphométrie et régime alimentaire) dans le Sud-est algérien (région de Touggourt) et, en second lieu, à l'utilisation de champignons entomopathogènes comme moyen de lutte biologique préventive. Ce n'est qu'alors que des buts clairs ont pu être assignés et qu'une méthodologie a été mise en œuvre.

L'étude de la bioécologie de *B. megacephalus* a été étudiée durant la période 2012-2014 dans la région de Touggourt qui se localise dans la partie sud-est de l'Algérie. Trois sites ont été choisis, le 1er se situe dans une palmeraie d'un agriculteur privé (Saoud) et le 2ème et le 3ème à l'exploitation de la station expérimentale de l'institut national de la recherche agronomique d'Algérie (INRAA) de Sidi Mehdi.

L'étude de la dynamique des populations du grillon montrent que cette espèce a un cycle annuel, l'accouplement a lieu de la mi-mars à la mi-avril et que les larves apparaissent de la fin-mai jusqu'à la mi-août.

B. megacephalus confectionne des terriers très profonds en hiver qui peuvent atteindre jusqu'à 2 m. Par contre, ceux-ci sont superficiels et ne dépassant pas les 30 cm en printemps et en été. Les monticules formés par la terre dégagée pendant la réalisation des galeries apparaissent de mars à septembre, ils sont d'une hauteur de 5,87 cm et d'un diamètre de 20,50 cm. Ce mode de vie souterrain peut provoquer des pertes importantes dans l'eau d'irrigation car celle-ci se trouve déviée très loin dans le sol, hors de la portée des racines des plantes cultivées. Cela nous interpelle peut être à changer les systèmes d'irrigation traditionnels (par submersion) et songer à utiliser d'autres tels que le goutte-à-goutte.

La comparaison des éléments morphométriques des mâles et des femelles de *B. megacephalus*, à savoir la longueur du corps, du pronotum, du fémur et des ailes ne révèle aucune différence significative entre les deux sexes. Seule la capsule céphalique s'est montrée plus grande en faveur du sexe masculin.

L'étude du régime alimentaire nous a permis d'avoir des informations très utiles sur la richesse totale et moyenne et la fréquence relative des espèces végétales contenues dans les fèces de l'insecte. L'épidermothèque de référence, qui a été réalisée en utilisant les plantes sévissant dans les sites d'étude, nous a été utile pour identifier les plantes consommées par l'orthoptère. En fait, ce dernier manifeste un choix net parmi les végétaux rencontrés dans son milieu naturel pour son alimentation. En effet, il n'exploite que 28 % des espèces végétales recensées dans les sites d'étude. Les plantes les mieux appréciées par cette espèce appartiennent à 9 familles botaniques. Il s'agit des Arecaceae avec en tête *Phoenix dactylifera*, suivi par les Asteraceae (*Chrysanthemum* sp), les Triochylaceae avec *Cherry fantasia* et *Kristina blanc*, les Apocynaceae avec *Nerium oleander*, les Rosaceae avec *Prunus armeniaca*, les Myoporaceae avec *Myoporum sandwicense*, les Plumbaginaceae avec *Armeria maritima* et les Solanaceae avec *Solanum lycopersicum*.

B. megacephalus semble avoir un régime alimentaire très diversifié car il peut se nourrir de 14 espèces végétales appartenant à différentes familles botaniques et l'âge de cet insecte ne parait pas avoir une influence sur son comportement alimentaire. Par contre, ce grillon montre un choix très net par rapport au sexe. En effet, dans notre étude 6 espèces végétales n'ont été consommées que par les femelles et 14 autres espèces que par les mâles.

Malgré leur abondance dans les sites d'étude, un nombre important d'espèces végétales étaient absentes dans les fèces de l'insecte. Ce résultat montre que ce dernier a un régime alimentaire sélectif et qu'il parcourt des distances considérables à la recherche de sa nourriture préférée car des plantes ont été repérées dans ses fèces mais elles n'étaient pas retrouvées sur le terrain expérimental.

B. megacephalus peut devenir un ravageur potentiel du palmier dattier (*P. dactylifera*) car ces individus, notamment les mâles, manifestent une nette préférence pour cette culture. Les stades larvaires et les adultes s'attaquent aux différentes parties de la plantes telles que les folioles et les fruits mais aussi les racines qui peuvent être gravement endommagées par l'insecte ce qui pourrait affaiblir les arbres et réduire leur rendement. En plus, les blessures qu'engendrent les individus sur ceux-ci, lors du prélèvement de la nourriture, peuvent constituer des voies de pénétration de différents agents phytopathogènes telluriques comme le *Fusarium* et le *Phytophtora*.

Dans le cadre d'une contribution à l'amélioration de la lutte biologique, l'essai de lutte contre *B. megacephalus* par l'utilisation de champignons entomopathogènes qui a porté d'une part, sur l'isolement et l'identification des champignons autochtones présents sur des imagos de cet insecte récoltés dans les sites d'étude et d'autre part, sur l'étude de la pathogénicité de ces souches fongiques

sur les adultes de cet orthoptère nous a permis d'obtenir des résultats très intéressants. Les données obtenues révèlent l'existence de six espèces différentes de champignons entomopathogènes, il s'agit de : *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Fusarium* sp., *Beauveria bassiana*, *Penicillium* sp. et *Metharizium anisopliae*. Le test de pathogénicité des champignons en utilisant une souche de *Fusarium* sp. contre les adultes du ravageur met en exergue l'efficacité de celle-ci avec un taux de mortalité avoisinant les 100% au bout de 13 jours seulement.

Les données recueillies dans ce travail de recherche nous ont permis de connaitre le spectre alimentaire de *B. megacephalus*. Comme elles nous ont renseignés sur l'importance de ses pullulations et la période d'apparition de cet orthoptère dans la région du Sud-est algérien. Ces informations peuvent aussi nous orienter lors de la mise en place des différentes méthodes de lutte contre ce ravageur.

En perspectives il serait intéressant :

* D'étudier la répartition géographique de *B. megacephalus* sur tout le territoire algérien afin d'établir une carte de distribution.

* D'approfondir l'étude du cycle biologique sur le terrain et au laboratoire.

* D'estimer les dégâts (directs et indirects) causés par ce grillon.

* D'élargir l'étude bioécologique à la recherche d'éventuels ennemis naturels parasitoïdes et prédateurs de ce grillon.

* De tester les autres champignons entomopathogènes isolés sur ce Gryllidae au laboratoire et sur terrain.

* Mettre en place une stratégie de lutte intégrée adéquate contre ce ravageur en impliquant tous les moyens possibles.

Références bibliographiques

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ABBOTT W. B., 1925 - A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J.Econ.Ent*., (18), pp.265-267.
2. AINSWORTH, J. F. et GROVE J. F., 1977 - Cyclodepsipeptides from *Beauveria bassiana* Bals. Part 1. Beauverolides H and I. *J Chem Soc* [Perkin 1] 3: 270-3.
3. ALLAM AEK., TIRICHINE A., CHELOUFI H., ARIF Y., TAMA M. et MIMOUNI M.A., 2013 - Etude de la diversité biologique des espèces maraichères cultivées dans les palmeraies de la vallée d'Oued Righ (cas de la région de Touggourt). *Revue des BioRessource,* Vol 3. N 2. pp : 64-71.
4. ASENO L., CARBONNELL T., LOPEZ J. et LOPEZ L. V., 2003. Entomopathogenic fungi in soils from Alicante province. *Spanish Journal of Agricultural Research* 1(3), 37-45.
5. BARNETT H. L . et HUNTER B., 1977 -*Illustrated genera of imperfect fungi*. Second edition. Burgess Publishing Co. 180 p.
6. BELARBI B., 1979 - *Contribution à la connaissance de Brachytrupes megacephalus Lef.* En Algérie (Orthoptera; Gryllidae). Mém. Ing. Institut National Agronomique Agronomiques. Algerie, 76 p.
7. BENABDELKADER F., 1991 - *Contribution à l'étude de la fertilisation phosphatée sur le processus de la fixation biologique de l'azote moléculaire par quatre variétés locales de luzerne à la station INRAA de Touggourt*. Mémoire d'Ing. Agro., ITAS d'Ouargla, 106 p.
8. BENHALIMA T., LOUVEAUX A. et GILLON Y., 1984 – Utilisation des ressources trophiques par *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) (Orthoptera, Gomphocerinae). Choix des espèces consommées en fonction de leur valeur nutritive. *Acta écol. génér*., 5, (4) : 383 – 406.
9. BENKHELIL M., 1992 – *Les techniques de récolte et de piégeage utilisées en entomologie terrestre.* Ed. Office. Pub. Univ., n°11, Alger, 68p.
10. BENMADANI S., 2010 - *Biosystématique des Orthoptères dans la région de Djelfa et régime alimentaire de quelques espèces du genre Euryparyphes*. Thèse Mag. E.N.S.A. El-Harrach. Alger. P: 188.

11. BENNET D. F., 1970 - Insects attacking water hyacinth in the West indies. British Honduras and U.S.A. *Hyacinth control J*. (8) : 10-13.

12. BIJLMAKERS H.W.L. et VERHOEK B.A., 1995 - *Guide de Défense des Cultures au Tchad (Cultures Vivrières et Maraîchères).* Projet FAO/PNUD CHD/88/001. Rome.

13. BLONDEL J., 1975 – L'analyse des peuplements d'oiseaux, élément d'un diagnostic écologique I. La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P). *La Terre et vie*, 4 : 533–589.

14. BOUCIAS, D. G. et PENDLAND J. C.. 1988 - Nonspecific factors involved in the attachment of entomopathogenic deuteromycetes to host insect cuticle. *Appl. Environ. Microbiol. 54(7): 1795-1805.*

15. BROWN J. H., JAMES F., GILLOOLY A., ALLEN P. SAVAGE VAN M., et GEOFFREY B. W., 2004 -Toward a metabolic theory of ecology. *Ecological Society of America*. 85(7), 1771–1789.

16. BUTET A., 1985 – Méthode d'étude du régime alimentaire du rongeur polyphage *(Apodemussylvaticus* L., 1758). *Mammalia, T. 49, (4): 455 – 483.*

17. CALTABIANO A.M., COSTA G., PETRALIA A., 1982 - Ricerche eco-etologiche sulla fauna delle dune costiere di Portopalo (Siracusa). IV. Biologia comportamentale di *Brachytrupes megacephalus* (Lef.) (Orthoptera, Gryllidae). *Animalia, Catania,* 9:269-292.

18. CALTABIANO AM., COSTA G., PETRALIA A., 1980 - Ricerche sulla locomozione negli Insetti. V. I! nuoto in alcune specie di Coleotteri Carabidi. *Animalia*. 8: 105 -114

19. CHAOUCH A., 2009 - *Etats phasaires de Dociostaurus maroccanus Thunb, 1815 (Acrididae, Gomphocerinae) - Effets de deux champignons entomopathogènes, Beauveria bassiana (Balsamo) et Metarhizium anisopliae var. acridum sur quelques paramètres biophysiologiques,* Thèse Magister. Inst. Nat. Sci. Agr. El Harrach, 114 p. CHAPUIS J. L., 1980 - Méthodes d'étude du régime alimentaire du lapin de garenne *Oryctolagus cuniculus* (L.) par l'analyse micrographique des fèces. *Rev. Ecol., 34: 159-197.*

20. CHEHMA A. et HADJAIJI F., 2005 - *Les plantes spontanées (médicinale) du Sahara septentrional algérien, caractéristiques floristiques, répartition spatio-temporelle et abondance. Séminaire International sur la valorisation des Plantes Médicinales dans les zones arides*. Ouargla (Algérie), 1, 2 et 3 février 2005.

21. CHERIEF A., 2000 – *Etude bioécologique du criquet pèlerin Schistocerca gregaria Forskal, 1775 (Orthoptera, Acrididae) dans la région d'Adrar. Etude de la morphométrie, du régime alimentaire sur terrain et du photo–préférendum alimentaire au laboratoire*. Mag., Inst.Nati. Agro., El Harrach, 131 p.

22. CHOPARD L. 1943 – *Orthopteroïdes de l'Afrique du Nord*. Ed. Larose, Paris, ''Coll. Faune de l'empire français'', I, 450 p.

23. CHOPARD L., 1938 – *La biologie des Orthoptères*. Ed. Lechevalier, Paris, Vol. I., 402 p.

24. CLICHE R., 2003 - Le Grillon des bois s'alimente de débris végétaux de la litière forestière. *Insectes* 27. n°129 - (2)

25. CONTI E., COSTA G., PETRALIA A. and PETRALIA E., 2012 - Eco-ethology of *Brachytrupes megacephalus* (Orthoptera, Gryllidae), protected species in UE. Atti e Memorie Dell'Ente. *Fauna Siciliana* – Vol. XI - PP. 51-56.

26. COSTA G. et PETRALIA A. 1990 – Nuove ricerche sulla biologia comportamentale di *Brachytrupes membranaceus* (Drury), vivente nel Namib Desert nell'area di Gobabeb (Namibia). *Boll. Acc. Gioenia Sci.Nat., Catania*, 23: 293-316.

27. COSTA G., LEONARDI M.-E. et PETRALIA A., 1987 – Reproductive behaviour of the giant cricket *Brachytrupes membranaceus* (Drury) in the Namib. *Madoqua*, vol. 15:217-228.

28. DAJOZ R., 1971 – *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 434 p.

29. DAJOZ R., 1982 – *Précis d'écologie*. Ed. Gauthier–Villars, Paris, 503 p.

30. DAJOZ R., 1985 – *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 505 p.

31. DAJOZ R., 2006 – *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 631 p.

32. DECERIER M., ESCALIER J., GIRARD L., MARTIN J., NOARS P., TEYSSIER F. et THOMAS R., 1982 – *Biologie–géologie*. Ed. Fernand Nathan, Paris, 1ere collection J. Escalier, 291 p

33. DJEZZAR M., 2007 - *Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la biocœnose aquatique*. Thèse Magister, Inst. Nat. Agr., El Harrach, 155 p.

34. DJOCGOUE P. F., 2014 - Projet d'urgence d'assistance aux retournes de la république centrafricaine. Public Disclosure Authorized, Volume (2). 37:106.

35. 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,* 205 – 209.

36. DOUMANDJI-MITICHE B., HALOUANE F., CHAHBAR N., AGRANE S., MERABTI N., SEDDIK A. et DOUMANDJI S., 1997 -Note sur la présence de l'entomopathogène *Beauveria bassiana* (Hyphomycètes, Deuteromycotina) sur *Schistocerca gregaria* sur terrain à Adrar. Effet sur le rythme cardiaque et la respiration de cet acridien. *Med. Fac. Landbouww*. Univ. Gent., *62 / 2b, 499 – 506.*

37. DREUX P., 1980 – *Précis d'écologie*. Ed. Presses Univ. France (P.U.F.), Paris, 231 p.

38. DUBOST D., 2002 – *Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes*. Ed. Centre rech. sci. techn. rég. arides (C.R.S.T.R.A.), Biskra, 423 p.

39. DURANTON J.F., LAUNOIS M. et LAUNOIS-LUONG M.H., 1982 - *Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche*. Ed. CIRAD/PRIFAS, Départ. G.E.R.D.A.T., Paris, T. II, 1496 p.

40. ELLIS M.B., 1971 - *More Dematiaceous hyphomycetes common wealth*, Ed. Myccological Institute. Netherlands, 608 p.

41. FAURIE C., FERRA C. et MEDORI P., 1980 - *Ecologie*. Ed. J.B. Baillière, Paris, 168 p.

42. FINOT A., 1896 - Faune de l'Algérie et de la Tunisie. *Ann. Soc. Entom*. de France. Vol (65). Pp: 513-629.

43. GEORGE O., POIN J. et GERARD M.T., 1984 -*Laboratory Guide to insect Pathogens and Parasites.* Ed. Plenum Press, New York, 392 p.

44. GOETTEL, M. S. et ST LEGER R. J., 1990 - Pathogenicity and growth of *Metarhizium anisopliae* stably transformed to benomyl resistance. *Curr. Genet*. 17: 129-132.

45. GUESMI-JOUINI J., Boughalleb-M´hamdi N., et BEN HALIMA-KAMEL M. 2011 - Etudes préliminaires sur les champignons entomopathogènes des pucerons de l'artichaut en Tunisie. *Faunistic Entomology*. 63 (3) : 71-181

46. GUYOT M., 1966 – Les stomates des Ombellifères. *Bull. soc. bot. de France*, 115 (5–6) : 244 – 273.

47. HAFOUDA L., 2005 – *Caractérisation et quantification de la salinité du sol et de la nappe dans la vallée de l'Oued Righ*. Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 78 p.

48. HAMEL K., 2011 - *Contribution à L'étude de l'Influence de la température sur le développement des insectes nécrophages*. Thèse Magister. Univ. Constantine, 85p.

49. HEIM DE BALSAC H. et MAYAUD N., 1962 – *Les oiseaux du Nord-Ouest de l'Afrique*. Ed. Lechevalier, Paris, 485 p.

50. HILL D.S., 1983- Agricultural Insect Pests of de Tropics and their Control. Cambridge *J. Econ. Ent*., (18), 265-267.

51. HONG WAN, BRUCE E. ANKENMAN and BARRY L. NELSON, 2003 - Controlled Sequential Bifurcation: a New Factor -Screening Method for Discrete- Event Simulation. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, December 7-10, 565–573

52. https://www.google.com/search?q=la+carte+geographique+de+l%27Algerie&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=62omVd6SDYTLaJ6ygpgH&ved=0CB0QsAQ&biw=1366&bih=635#imgrc=XR2xSYhWvgvbCM%253A%3B9pEX6ZYxW88thM%3Bhttp%253A%252F%252Fupload.wikimedia.org%252Fwikipedia%252Fcommons%252Fthumb%252F0%252F06%252FCarte_de_l%2525E2%252580%252599Alg%2525C3%2525A9rie.jpg%252F280px-Carte_de_l%2525E2%252580%252599Alg%2525C3%2525A9rie.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Ffr.wikipedia.org%252Fwiki%252FG%2525C3%2525A9ographie_de_l%27Alg%2525C3%2525A9rie%3B280%3B336. 05/04/2015 à 10 :16.

53. INRAA. 2012 – Laboratoire du sol. INRAA (Station Sidi Mehdi, Touggourt), 67 p.

i. *J.Econ.Ent*., (18), pp.265-267.

54. KAIDI N., 2006 - *Bioécologie de Schistocerca gregaria Forskål, 1775 (Othoptera, Cyrtacanthacridinae) dans la région de l'Ahaggar. Essais de lutte biologique au moyen de champignons entomopathogènes : Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae var acridum*. Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 145 p.

55. KARA F.Z., 1997- *Etude de quelques aspects écologiques et régime alimentaire de Schistocerca gregaria (Forskål,* 1775*) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) dans la région d'Adrar et en conditions contrôlées*. Thèse Magister, Inst. Nati. Aro., El Harrach, 182 p.

56. KHERBOUCHE Y., 2006 – *Etude de quelques aspects bioécologiques de la sauterelle pèlerine SchistocercagrégariaForskäl (1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) dans la région d'Adrar (Sahara, Algérie).*Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 146 p.

57. KHERBOUCHE, Y., SEKOUR M., et DOUMANDJI–MITICH B., 2010 - Variation du régime alimentaire des mâles et des femelles de Schistocerca gregaria (Acrididae, Cyrtacantacridinae) dans le sahara centrale d'Algérie. *Revue des Bioressources*, Vol. (3). Pp: 3-10.

58. KHERRAZE M. E. H., LAKHDARI K., KHERFI Y., BENZAOUI T., BERROUSSI S., BOUHANNA M., et SEBAA A., 2010 – *Atlas floristique de la vallée de l'Oued Righ par écosystème*. Ed. C.R.S.T.R.A. Touggourt, 91 p.

59. KOWALSKI K. et RZEBIK-KOWALSKA B., 1991 – *Mammals of Algeria*. Ed. Ossolineum, Wroklaw, 353 p.

60. LAKHDARI W., 2009 - *Essai de lutte biologique contre la mineuse des agrumes Phyllocnistis citrella Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) par l'utilisation de champignons entomopathogènes. Thèse Magister,* Univ. Mostaganem, Pp: 25-30.

61. LAKHDARI W., 2012 – Maladies et ravageurs des palmiers dattiers. *Journée d'étude sur la protection des végétaux aux, INRAA, Touggourt.*

62. LAKHDARI W., DOUMANDJI-MITICHE B., DAHLIZ A., DOUMANDJI S., BENDIFELLAH L., BOUCHIKH Y. , HAMMI H., SOUD A., MLIK R., 2015 - Host plant determination of *Brachytrupes megacephalus* Lefebvre, 1827 (Orthoptera, Grillinae) using faeces analysis in the region of Oued Righ (Algerian Sahara). *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.,* 15 (2): 271-277.

63. LATGE, J. P. and MONSIGNY M., 1988 - Visualization of exocellular lectins in the entomopathogenic fungus Conidiobolus obscurus. *J. Histochem. Cytochem.* 36: 1419-1424.

64. LAUNOIS–LUONG, M.H. 1975 - Méthode d'étude dans la nature du régime alimentaire du criquet migrateur Locusta migratoria capito (Sauss.). *Annal Zoologie écologie animal,* 8 (1): 25–32.

65. LE -ERRE M., 1990 – *Faune du Sahara – Mammifères.* Ed. Lechevalier - R. Chabaud, Paris, coll. ‘’Terres africaines’’, T. 2, 359 p.

66. LE-BERRE J. R. et MAINGUET A. M., 1974 – Nutrition du Criquet migrateur *Locusta migratoria* L. (*Orthoptera, Acrididae*). Etude quantitative de l’ingestion et de l’absorption intestinale. *Ann. nutr. alim*., Série 28 : 437 – 462.

67. LE-BERRE M., 1989 – *Faune du Sahara – Poissons – Amphibiens - Reptiles.* Ed. Lechevalier - R. Chabaud, Paris, coll. ‘’Terres africaines’’, T. 1, 332 p.

68. LEDANT J.-P., JACOB J.-P., JACOBS P., MALHER F., OCHANDO B. et ROCHE J., 1981 – Mise à jour de l’avifaune algérienne. *Le Gerfaut-De-Giervalk,* (71) : 295 – 398.

69. LEFEBVRE M. A., 1827- Description de divers insectes inédit recueillis en Sicile. *VI volume des Annales de la Société Linnéenne de Paris* : 10-13.

70. LEGALL P., 1989 - Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoïdea (Orthoptera). *Bulletin écologie,* T. 20, (3): 245–261.

71. MAIZERET C., BOUTIN J.M. et SEMPERE A. 1986 - Intérêt de la méthode micrographique d’analyse des fèces pour l’étude du régime alimentaire du chevreuil *(Capreolus capreolou). Gibier et Faune Sauvage,* 3: 159-183.

72. MASSA B., 2009 - Check-List of Orthoptera of Libya. *Journal of Orthoptera Research*. Vol. 18, 1, 75-93.

73. MCCOY C.W., SAMSON R.A. et BOUCIAS D.G., 1988 - Entomogenous fungi. In Ignoffo C.M. & Mandava N.B. (éd.), Handbook of Natural Pesticides Microbial Pesticides. Entomogenous Protozoa and Fungi. Vol. V, p. 151-236. CRC Press, Inc.Boca Raton, *Finland*.

74. MICHAEL J. BIDOCHKA, JUNE E. KASPERSKI, et GEOFFREY A.M., 1998. Occurrence of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in soils from temperate and near-northern habitats. *Can. J. Bot*. 76(7): 1198–1204.

75. MINENGU J. D. D., 2014 - *Etude des possibilités de culture de Jatropha curcas L. dans la région de Kinshasa (République Démocratique du Congo).* Uni. de Liege- Gembloux agro-bio tech. 178 p.

76. MINENGU J.D.D., VERHEGGEN F. et MERGEAI G., 2013. Dynamique et impact des principaux insectes ravageurs de *Jatropha curcas* L. dans deux systèmes de culture aux caractéristiques contrastées de la province de Kinshasa (République Démocratique du Congo). *Tropicultura Journal*, Pp: 107-120.

77. MOHAMED-SAHNOUN A., 1995 – *Bioécologie du peuplement Orthoptérologique de la station du Col des Fougères (parc national de Chréa).* Thèse Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 158 p.

78. MORDJI D., 1988 - *Etude faunistique dans la réserve naturelle du Mont Babor*. Thèse Ing., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 96 p.

79. MÜLLER Y., 1985 – *L'avifaune forestière nicheuse des Vosges du nord, sa place dans le contexte medio–européen*. Thèse Doctorat sci., Univ., Dijon, 318 p.

80. MUTIN L. ,1977 : *La Mitidja , Décolonisation et espaces géographiques*. Ed. Office Publ. Univ., Alger, 607 p.

81. NANGPAL H. D., 1948 - *Insect pests of cotton in India*. Thèse Doctorat. indian central cotton committee. 81 p.

82. OULD EL HADJ M. D. 2004 - *Le problème acridien au Sahara Algerien*. Thèse Doctorat, Inst. Nat. Agro. El Harrach, 279p.

83. OUTTAR F., MAHDJOUBI D., BISSAD F., MOUHOUCH F., et DOUMANDJI-MITICHE B., 2014 - The interaction of L5 larvae of *Locusta migratoria* (Linnaeus, 1758) (Oedipodinae, Acrididae) with biopesticides, *Int. Jour. Agr. Sci. Res.*, Vol. 4, Issue 3,11p.

84. OZENDA P., 1958 – *Flore du Sahara septentrional et central*. Ed. Centre nati. rech. sci. (C.N.R.S.), Paris, 486 p.

85. OZENDA P., 2004 – *Flore et végétation du Sahara.* Ed 3. CNRS, Paris, 662 p.

86. PADMANABAN B. et SATHIAMOORTHY S., 2001 - Le charançon du pseudotronc du bananier *Odoiporus longicollis*. *Parasites et ravageurs des Musa* - fiche technique n° 5.

87. PESSON P., 1987 – Le royaume fabuleaux des insectes. *Rev. Sc. et Vie*. : 4 – 15.

88. PETRALIA A., RUSSO C., CARTARRASA S., (2003) - Topology of *Brachytrupes megacephalus* (Lefebvre, 1827) (Orthoptera, Gryllidae) in some Sicilian Natural reserves. Atti "Fifth International Symposium on GIS and Computer Cartography for Coastal Zone Management", Genova.

89. PLANTON L. 1987 - *Détermination de la composition botanique par analyse micro-histologique des épidermes présents dans des collectes du Berger des bols oesophagiens et des fecès*. Ed. IEMVT- CIRAD, 29 p.

90. PRAT H., 1932 – L'épiderme des graminées. Etude anatomique et systématique. *Ann. sc.nat., série* 10, 329 p.

91. PRAT H., 1935 – Sur l'étude microscopique des épidermes des végétaux. *Bull. Soc. bot. de micr., Vol.*4 (3) : 86 – 104.

92. PRAT H., 1960 – Vers une classification naturelle des Graminées. *Bull. Soc. bot.*, 107 (1–2) : 32 – 72.

93. QUEZEL P., 1962 - *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Ed. CNRS, Paris, *Vol. 1, 2.*, 566 p.

94. RAMADE F., 1984 – *Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale*. Ed. Mc Graw – Hill, Paris, 397 p.

95. RAMADE F., 2003 – *Eléments d'écologie - Ecologie fondamentale*. Ed. Dunod, Paris, 690 p.

96. ROMBACH, M.C, 1987 - *Insect fungi for the control of brown planthopper Nilaparvata lugens, and Malayan rice bug, Scotinophara coarctata.* PhD thesis, U.S.A., 87 p.

97. SAHARAOUI L. et GOURREAU J. M., 2000 - Les coccinelles d'Algérie : Inventaire et régime alimentaire (Coleoptera, Coccinellidae). *Recherche Agronomique*. 6, 1 l-27 INRAA.

98. SAIEH F., BENDAHMANE B. S., BENKADDA M. Y., BERKANI A., LAKHDARI W. et KOLAI N., 2010 - Isolement de champignons entomopathogènes à partir de *Phyllocnistis citrella Stainton* (Lepidoptera: Gracillariidae), *Faunistic Entomology* 63 (3), 199-202.

99. SAMSON R.A., EVANS H.C. et LATG J.P., 1988 - *Atlas of entomopathogenic fungi.* Ed. Springer, Berlin Heidelberg New York. 208 p.

100. SAMUELS K. D. Z., PINNOCK D. E., 1990 - Scarabeid larvae control in sugarcane using *M. anisopliae*. *Journal of invertebrate pathology*. 55 : 135-137.

101. SANTA S., 1963 - *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Ed. CNRS, Paris, *Vol. 1, 2*., 1170 *p.*

102. SCHMUTTERER H., 1969 - *Pests of crops in the Northeast and Central Africa with particular reference to the Sudan.* Ed. Fischer, Stuttgart. 301 p.

103. SCHOLTE E.J., KNOLS B.G.J., SAMSON R.A. & TAKKEN W., 2004 - Entomopathogenic fungi for mosquito control: A review. *Journal of Insect Science* 4, 19- 24.

104. SCORTECCI G., 1971 – *Animali: Insetti. I.* Ediz. Bolis, Bergamo. 65 p.

105. SILVESTRI F., 1939 - *Compendio di entomogia applicata.* Ed. Portici. Vol. I. 85 p.

106. SIMBARA A., 1989 – *Comparaison orthoptérologique des stations (Bamako – Mali) et de la Mitidja (Algérie).* Mem. Ing., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 79 p.

107. SOGETHA-SOGREAH, 1970 - *Participation à la mise en valeur de l'Oued-Righ Rapport : Etude agro-pédologique.* Ed. Ministère travaux publics construction, , Algérie, 201 p.

108. ST LEGER, R. J. et FRANK D. C., 1992- Molecular cloning and regulatory analysis of the cuticle-degrading- protease structural gene from the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Eur J Biochem* 204 (3): 991-1001.

109. STEWART P., 1969 – Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. natu., Afri. Nord*, (59) : 23-36.

110. TARAI N., 1991 – *Contribution à l'étude bioécologique des peuplements Orthoptérologiques dans la région de Biskra et régime alimentaire de Aïolopus thalassinus (Fabricius, 1781)*. Mém. Ing. Inst. Nat. Agro., El Harrach, 66 p.

111. THE ANIMAL DIVERSITY WEB (online). Accessed at http://animaldiversity.org.

112. VALDEYRON F. L., 1952 – Sur le parasitisme de *Brachytrupes megacephalus* LEF. Par un *Sphex xanthocerus* Guerin. *Bull. Soc. Sc. Nat de Tunis*. 107-108.

113. VALDEYRON FABRE L., 1955 – Observation sur la biologie *Brachytrupes megacephalus* Lef. en Tunisie. *Rev. Path. Vég. Et Entom. Agri. De France.* Tom. XXXIV, N°3, 136-158.

114. VICIDOMINI S. et PIGNATARO C., 2006 - Interessante acquisizione di reperti entomologici da parte del Museo Naturalistico degli Alburni (Corleto Monforte: SA): *Brachytrupes megacephalus* (Lefevre, 1827) (Orthoptera: Gryllidae). *Il Naturalista Campano*. n.22, 1-3.

115. WRAIGHT, R. J. et ROBERTS D., 1987 - Insect contrôle effort with fungi. *Devel. Industr. Microbiol.* 28 : 77-87.

116. YUNUS, M., YOUSUF M. et JILANI G., 1980 - *Insect and spider mite pests of cotton in Pakistan*. Final Report, P.L. 480 Project, Univ. Agric., Faisalabad, Pakistan. 15 p.

117 . الأخضري و .، أفروخ ع.، دهليز ع.، حمي ح .، سود ع .، بوشكيمة ن. 2013 - عزل و تشخيص الفطريات الممرضة لأشجار نخيل التمر بمرتفع وادي ريغ *Phoenix dactylifera L.* ورقلة -الجزائر) مجلة زراعة الرافدين . المجلد 41. الملحق 01. ص. 323-333 .

Annexes

Annexe 01 : Dynamique des Populations de *Brachytrupes megacephalus*

	Nombre des terriers					
	Site 01	Site 02	Site 03	Somme/semaine	Moy/Semaine	Ecartype/semaine
05/01/2014	0	0	0			
07/01/2014	0	0	0			
09/01/2014	0	0	0	0	0	0
12/01/2014	0	0	0			
14/01/2014	0	0	0			
16/01/2014	0	0	0	0	0	0
19/01/2014	0	0	0			
21/01/2014	0	0	0			
23/01/2014	0	0	0	0	0	0
26/01/2014	0	0	0			
28/01/2014	0	0	0			
30/01/2014	0	0	0	0	0	0
02/01/2014	0	0	0			
02/02/2014	0	0	0			
04/02/2014	0	0	0	0	0	0
06/02/2014	0	0	0			
09/02/2014	0	0	0			
11/02/2014	0	0	0	0	0	0
13/02/2014	0	0	0			
16/02/2014	0	0	0			
18/02/2014	0	0	0	0	0	0
20/02/2014	0	0	0			
23/02/2014	0	0	0			
25/02/2014	0	0	0	0	0	0
27/02/2014	0	0	0			
02/03/2014	0	0	0			
04/03/2014	0	0	0	0	0	0
06/03/2014	0	0	0			
09/03/2014	0	0	0			
11/03/2014	0	0	0	0	0	0
13/03/2014	38	14	21			

16/03/2014	42	16	28			
18/03/2014	35	22	24	240	26,6666667	9,81070844
20/03/2014	48	24	28			
23/03/2014	56	29	30			
25/03/2014	38	38	16	307	34,1111111	12,3130464
27/03/2014	26	0	6			
30/03/2014	0	6	0			
01/04/2014	84	53	123	298	33,1111111	44,5461683
03/04/2014	48	47	67			
06/04/2014	43	15	23			
08/04/2014	38	31	66	378	42	17,6422788
10/04/2014	48	19	47			
13/04/2014	32	18	18			
15/04/2014	5	6	7	200	22,2222222	16,6266186
16/04/2014	0	0	0			
20/04/2014	0	0	0			
22/04/2014	0	0	0	0	0	0
24/04/2014	0	0	0			
27/04/2014	0	0	0			
29/04/2014	0	0	0	0	0	0
30/04/2014	0	0	0			
04/05/2014	0	0	0			
06/05/2014	0	0	0	0	0	0
08/05/2014	0	0	0			
11/05/2014	0	0	0			
13/05/2014	0	0	0	0	0	0
15/05/2014	0	0	0			
18/05/2014	0	0	0			
20/05/2014	0	0	0	0	0	0
22/05/2014	0	0	0			
25/05/2014	0	0	0			
27/05/2014	0	0	0	0	0	0
29/05/2014	0	0	0			
01/06/2014	0	0	0			
03/06/2014	0	0	0	0	0	0

05/06/2014	0	0	0			
08/06/2014	0	0	0			
10/06/2014	0	0	0	0	0	0
12/06/2014	0	0	0			
15/06/2014	0	0	0			
17/06/2014	0	0	0	0	0	0
19/06/2014	0	0	0			
22/06/2014	15	50	35			
24/06/2014	14	47	30	191	21,2222222	20,0048605
26/06/2014	13	45	32			
29/06/2014	15	40	30			
01/07/2014	25	70	43	313	34,7777778	17,4340025
03/07/2014	40	40	29			
06/07/2014	63	67	48			
08/07/2014	67	50	42	446	49,5555556	13,4824989
10/07/2014	68	60	40			
13/07/2014	60	40	41			
15/07/2014	64	45	36	454	50,4444444	12,3502137
17/07/2014	69	35	39			
20/07/2014	60	73	37			
22/07/2014	67	40	42	462	51,3333333	15,5804365
24/07/2014	72	36	45			
27/07/2014	59	47	40			
29/07/2014	56	40	47	442	49,1111111	11,362707
31/07/2014	50	42	39			
03/08/2014	65	36	33			
05/08/2014	58	30	35	388	43,1111111	12,025436
07/08/2014	51	31	37			
10/08/2014	58	33	40			
12/08/2014	52	39	40	381	42,3333333	9,21954446
14/08/2014	57	40	42			
17/08/2014	48	42	44			
19/08/2014	47	44	39	403	44,7777778	5,44926091
21/08/2014	52	50	41			
24/08/2014	63	55	42			

26/08/2014	59	56	35	453	50,3333333	9,246621
28/08/2014	54	57	36			
31/08/2014	55	55	39			
02/09/2014	53	53	41	443	49,2222222	8,10521094
04/09/2014	50	52	47			
07/09/2014	50	20	35			
09/09/2014	47	13	2	316	35,1111111	18,7912509
11/09/2014	41	17	11			
14/09/2014	30	4	5			
16/09/2014	26	5	2	141	15,6666667	13,820275
18 /09/2014	11	5	0			
21/09/2014	42	5	4			
23/09/2014	13	8	2	90	10	12,6885775
25/09/2014	6	2	3			
28/09/2014	13	15	8			
30/09/2014	2	3	5	57	6,33333333	4,79583152
02/10/2014	6	6	5			
05/10/2014	4	4	3			
07/10/2014	2	1	0	31	3,44444444	2,12785756
09/10/2014	5	3	0			
12/10/2014	3	0	0			
14/10/2014	3	1	0	15	1,66666667	1,87082869
16/10/2014	1	0	1			
19/10/2014	0	0	0			
21/10/2014	0	0	0	2	0,22222222	0,44095855
23/10/2014	0	0	0			
26/10/2014	0	0	0			
28/10/2014	1	0	3	4	0,44444444	1,01379376
30/10/2014	0	0	0			
02/11/2014	0	0	0			
04/11/2014	0	0	0	0	0	0
06/11/2014	0	0	0			
09/11/2014	0	0	0			
11/11/2014	0	0	0	0	0	0
13/11/2014	0	0	2			

16/11/2014	3	0	1			
18/11/2014	0	0	0	6	0,66666667	1,11803399
20/11/2014	1	0	0			
23/11/2014	1	0	0			
25/11/2014	0	0	0	2	0,22222222	0,44095855
27/11/2014	0	0	0			
30/11/2014	0	0	0			
02/12/2014	0	0	0	0	0	0
04/12/2014	0	0	0			
07/12/2014	0	0	0			
09/12/2014	0	0	0	0	0	0
11/12/2014	0	0	0			
14/12/2014	0	0	0			
16/12/2014	0	0	0	0	0	0
18/12/2014	0	0	0			
21/12/2014	0	0	0			
23/12/2014	0	0	0	0	0	0
25/12/2014	0	0	0			
28/12/2014	0	0	0			
30/12/2014	0	0	0	0	0	0
01/01/2015	0	0	0			
04/01/2015	0	0	0			
06/01/2015	0	0	0	0	0	0

Annexe 02 : Analyses statistiques

Tableau d'analyse de moyenne

moyenne	fémur	Capsule céphalique	pronotum	poids	longueur	aile
male	19,7	12,4	4,9	3,813	39,567	38,333
femelle	19,167	11,5	4,533	3,332	38,733	37,9

Tableau d'analyse d'Ecarts-type

Ecarts-type	fémur	Capsule céphalique	pronotum	poids	longueur	aile
male	1,685	1,329	0,548	0,55	3,245	2,09
femelle	2,394	0,861	0,629	0,426	2,599	2,845

La variance :

Variable : Fémur

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	252.733	59	4.284				
VAR.FACTEUR 1	4.267	1	4.267	0.996	0.32343		
VAR.RESIDUELLE 1	248.467	58	4.284			2.07	10.65%

Variable: Pronotum

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	22.183	59	0.376				
VAR.FACTEUR 1	2.017	1	2.017	5.8	0.01833		
VAR.RESIDUELLE 1	20.167	58	0.348			0.59	12.50%

Variable: Tête

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	84.85	59	1.438				
VAR.FACTEUR 1	12.15	1	12.15	9.693	0.00298		
VAR.RESIDUELLE 1	72.7	58	1.253			1.12	9.37%

Variable: Poids

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	17.525	59	0.297				
VAR.FACTEUR 1	3.47	1	3.47	14.321	0.00045		
VAR.RESIDUELLE 1	14.055	58	0.242			0.492	13.78%

Variable: Ailes

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	364.183	59	6.173				
VAR.FACTEUR 1	2.817	1	2.817	0.452	0.51114		
VAR.RESIDUELLE 1	361.367	58	6.23			2.496	6.55%

Annexe 03 : Biométrie du stade L1 de *Brachytrupes megacephalus*

Pronotum	Tête	Longueur	Fémur	P+T+F	Stades
2	5	17	7	14	L1
1.5	3.5	13	5	10	L1
2.1	4.05	12	6.45	12.6	L1
1.5	3.5	13	5	10	L1
1.6	3.6	12.5	5	10.2	L1
1.7	3.5	12.6	5.1	10.3	L1
1.9	3.7	12.7	5.6	11.2	L1
2.2	4	13.7	7	13.2	L1
2	4.6	14	8	14.6	L1
2	3	12	5	10	L1
2	4	13,8	6	11	moyenne
0	1	1,923538	1,290994	2	Ecart standard

Annexe 04 : Biométrie du stade L2 de *Brachytrupes megacephalus*

Pronotum	**Tète**	**Longueur**	**Fémur**	**P+T+F**	**Stades**
3	7	23	11	21	L2
2	7	20	9	18	L2
2	7	23	11	20	L2
2	7	20	9	18	L2
3	6	21	9	18	L2
3	7	25	10	20	L2
2	7	22	9	18	L2
2	7	23	11	20	L2
2	7	20	9	18	L2

2	6	21	10	18	L2
2,3	**6,8**	**21,8**	**9,8**	**18,9**	Moyenne
0,483046	0,421637	1,686548	0,918937	1,197219	Ecart standard

Annexe 05 : Biométrie du stade L3 de *Brachytrupes megacephalus*

Pronotum	Capsule céphalique	Longueur	Fémur	P+C+F	Stades
3	8	25	13	24	L3
3	8	24	13	24	L3
3	8	24	13	24	L3
3	8	23	12	23	L3
3	8	25	13	24	L3
3	7	21	11	21	L3
3	8	24	12	23	L3
3	8	20	11	22	L3
3	8	23	12	23	L3
3	7	20	11	21	L3
3	8	24	12	23	L3
3	7	24	11	21	L3
3	7	23	12	22	L3
3	8	23	13	24	L3
2	7	20	12	21	L3
3	8	21	12	23	L3
2	8	25	12	22	L3
3	8	23	13	24	L3
3	8	21	13	24	L3
3	9	22	12	24	L3
2,9	7,8	22,75	12,15	22,85	moyenne
0,307794	0,523148	1,712954	0,74516	1,182103	Ecart standard

Annexe 06: Biométrie du stade L4 de *Brachytrupes megacephalus*

Pronotum	Tète	Longueur	Fémur	P+T+F	Stades
3	9	32	15	27	L4
3	9	29	15	27	L4
3	9	32	15	27	L4
3	10	31	15	28	L4
4	10	30	16	30	L4
4	10	30	16	30	L4
4	10	31	15	29	L4
3	11	31	16	30	L4
3	9	30	15	27	L4
4	11	32	15	30	L4
4	10	32	16	30	L4
4	9	27	13	26	L4
3	9	28	16	28	L4
4	10	28	15	29	L4
3	9	29	14	26	L4
4	10	26	15	29	L4
3	9	27	14	26	L4
3	9	28	13	25	L4
4	10	30	15	29	L4
3	10	26	14	27	L4
3,45	9,65	29 ,45	14,9	28	Moyenne
0,510418	0,67082	2,012461	0,91191	1,622214	Ecart stand

Annexe 07 : Biométrie du stade L5 de *Brachytrupes megacephalus*

Pronotum	Capsule céphalique	Longueur	Fémur	P+C+F	Stades
5	11	35	16	32	L5
4	11	32	16	31	L5
5	8	39	19	32	L5
4	11	38	17	32	L5
4	12	40	18	34	L5

4	11	40	17	32	L5
4	11	40	20	35	L5
5	11	41	16	32	L5
4	12	37	19	35	L5
4	10	37	19	33	L5
4	12	40	19	35	L5
5	12	38	17	34	L5
5	11	37	19	35	L5
4	11	37	17	32	L5
4	11	37	19	34	L5
4	11	36	19	34	L5
4	11	36	17	32	L5
4	11	35	19	34	L5
4	11	36	18	33	L5
4	12	37	16	32	L5
4,25	11,05	37,4	17,85	33,15	moyenne
0,444262	0,887041	2,18608	1,308877	1,308877	Ecart standard

Annexe 08 : Taux de consommation de *Brachytrupes megacephalus*

N°	*Vitis vinifera%*	*Armeria maritima%*	*Phoenix dactylifera%*	*Solanum lycopersicum%*	*Phragmites communis%*	*Abricot%*	*Nerium oleander%*
01	82.66	75.33	88	82.66	61.66	58.66	63
02	78.66	69.33	94	86.66	45.66	62	67.66
03	76.66	68.66	83	54	52	60.33	76.33
04	81.66	68.66	92.66	71.33	56	62.66	69
05	74.66	59.66	91.66	89.33	48	69	86
06	74	66.33	85.33	75	47.66	44	39
07	57	31.66	64.33	91.33	50	63.66	59
08	72.66	72	88	54	66.66	49	52

Espèces	X ±δ	F calculé	C.V.
Vitis vinifera	74.74^{ab} ± 8.11	7.81**	16.16
Armeria maritima	63.95^{bc} ± 13.8		
Phoenix dactylifera	85.87^{a} ± 9.46		
Solanum lycopersicum	75.53^{ab} ± 14.92		
Phragmites communis	53.45^{c} ± 7.42		
Abricot	58.87^{c} ± 8.19		
Nerium oleander	63.99^{bc} ± 14.48		

**Effet hautement significatif à $P_{0.01}$; C.V. : Coefficient de variation (%) ; X : Taux de consommation; δ : Déviation standa

GROUPES HOMOGENES

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	*Phoenix dactylifera*	85,873	A		
4.0	*Solanum lycopersicum*	75,539	A	B	
1.0	*Vitis vinifera*	74,745	A	B	
7.0	*Nerium oleander*	63,999		B	C
2.0	*Armeria maritima*	63,954		B	C
6.0	*Abricot*	58,664			C
5.0	*Phragmites communis*	53,455			C

Annexe 09 : Effet sur la mortalité

Variable : mortalité

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	71974,35	38	1894,062				
VAR.FACTEUR 1	69974,35	12	5831,196	75,806	0		
VAR.RESIDUELLE 1	2000	26	76,923			8,771	19,55%

			RISQUE de 1ere ESPECE		
ECARTS	ECARTS		5%	10%	20%
En %	V.Absolue		PUISSANCE A PRIORI		
5%	1.9		6%	11%	22%
10%	3.79		8%	15%	27%
			PUISSANCE A POSTERIORI		
	Moyennes observées		99%	99%	99%

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES						
13.0	Jour13	100	A						
12.0	Jour12	93.333		B					
11.0	Jour11	80			C				
10.0	Jour10	73.333				D			
9.0	Jour9	63.333					E		
8.0	Jour8	43.333						F	
7.0	Jour7	26.667							G
6.0	Jour6	13.333							
5.0	Jour5	0							
2.0	Jour2	0							
3.0	Jour3	0							
4.0	Jour4	0							
1.0	Jour1	0							

jour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Moyenne de mortalité	0	0	0	0	3,333	16,667	33,333	60	80	90	100	100	100

*-**Déférentes espèces du *Gryllidae*.**

***Gryllus bimaculatus* (De Geer)**

***Brachytrupes membranaceus* (Drury)**

***Brachytrupes portentosus* (Licht.)**

***Gryllus campestris*(Linnaeus)**

A :***Gryllus bimaculatus*(De Geer) :**

https://c1.staticflickr.com/9/8096/8536070172_9e0d36242f.jpg

B :*Brachytrupes membranaceus* (Drury)

:http://www.huntsearch.gla.ac.uk/zooimages/137266.JPG

C: *Brachytrupes portentosus* (Licht.):

http://4.bp.blogspot.com/-sSWvvbDyY1E/T-Wkx175jdI/AAAAAAAAAS0/uPSyGxWrSw0/s1600/%E0%B8%88%E0%B8%B4%E0%B9%82%E0%B8%9B%E0%B8%A1+%E0%B8%88%E0%B8%B4%E0%B8%A5%E0%B9%88%E0%B8%AD.jpg

D:***Gryllus campestris*(Linnaeus):**

http://denbourge.free.fr/Photos/Arthropodes/Insectes/Orthoptera/Gryllidae/Gryllus%20campestris%20-%20Foret%20de%20Saou%2002052007%20Hugues%20Mouret.jpg

Résumé

BIO-ECOLOGIE DE *BRACHYTRUPES MEGACEPHALUS* LEFEBVRE, 1827 (ORTHOPTERA, GRYLLINAE) ET LUTTE BIOLOGIQUE PAR L'UTILISATION DE CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES

Résumé

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que *B. megacephalus* confectionne des terriers très profonds (d'environ 2 m) en hiver et superficiels (30 cm) au printemps et en été. Cette espèce a un cycle annuel. L'accouplement a lieu de la mi-mars à la mi-avril. La femelle pond les œufs isolément (après 48 heures d'accouplement) et les larves apparaissent de la fin-mai jusqu'à la mi-août. L'étude morphométrique révèle qu'il n'y a pas une différence significative entre la longueur du corps, et du fémur des deux sexes contrairement à la capsule céphalique et au pronotum qui sont plus grands chez le mâle.

Les résultats obtenus sur le régime alimentaire de *B. megacephalus* montrent que les plantes sollicitées par celui-ci appartiennent à 8 familles botaniques. Il s'agit des Arecaceae (*Phoenix dactylifera*), Apocynaceae (*Nerium oleander*), Asteraceae (*Chrysanthemum*), Myoporaceae (*Myoporum sandwicense*), Plumbaginaceae (*Armeria maritima*), Rosaceae (*Prunus armeniaca*), Solanaceae (*Solanum lycopersicum*) et Triochylaceae (*Cherry fantasia* et *Kristina blanc*). Le palmier dattier (*P. dactylifera*) est l'espèce la plus appréciée par les adultes, dans la station de Sidi Mehdi avec une fréquence relative de (Fi =100%) pour les mâles ainsi que pour les femelles. Quant à la palmeraie de Saoud, des fréquences relatives de 70% pour les mâles et de 90% pour les femelles ont été enregistrées pour la même plante. Dans le site de Tamma cette espèce végétale a été retrouvée dans les fèces de toutes les larves de cet orthoptère.

Un autre essai a également été conduit dans le but de trouver un moyen de lutte contre *B. megacephalus*. Il a porté d'une part sur l'isolement et l'identification des champignons autochtones présents sur les imagos de cet insecte récoltés dans la station de l'INRAA de Touggourt et d'autre part, sur l'étude de la pathogénicité de ces souches fongiques sur les adultes de cet orthoptère. Les résultats obtenus dans cet essai ont montré l'existence de six espèces différentes de champignons entomopathogènes, il s'agit de : *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium* sp., *Beauveria bassiana*, *Penicillium* sp., et *Metharizium anisopliae*.

Le test de pathogénicité des champignons en utilisant la souche de *Fusarium* sp. sur les adultes de *B. megacephalus* met en exergue l'efficacité de cette souche sur les adultes du déprédateur, avec un taux de mortalité avoisinant les 100% au bout de 13 jours.

Mots clés : *Brachytrupes megacephalus*, Régime alimentaire, Bioécologie, Lutte biologique, Sud-Est algérien.

BIOECOLOGY OF *BRACHYTRUPES MEGACEPHALUS* LEFEBVRE, 1827 (ORTHOPTERA, GRYLLINAE) AND ITS BIOLOGICAL CONTROL BY ENTOMOPATHOGENIC FUNGI

Abstract

The results on this study show that *B. megacephalus* makes very deep burrows (about 02 m) in winter and shallow (30 cm) in spring and summer. This species has an annual cycle, mating occurs from mid-March to mid-April, the female lays eggs singly (after 48 hours of mating) and larvae emerge in late mid-May until mid-August. Morphometric study shows that there is no significant difference between the length of body, and femur of males and females in contrast to the width of the head capsule and the pronotum that are larger in males.

The results obtained in the diet of *B. megacephalus* show that plants consumed by this insect belong to 08 botanical families: Arecaceae (*Phoenix dactylifera*) Apocynaceae (*Nerium oleander*), Asteraceae (*Chrysanthemum*) Myoporaceae (*Myoporum sandwicense*) Plumbaginaceae (*Armeria maritima*), Rosaceae (*Prunus armeniaca*), Solanaceae (*Solanum lycopersicum*) and Triochylaceae (*Cherry fantasia* and *white Kristina*). The date palm (*P. dactylifera*) is the most appreciated species by adults in Sidi Mehdi station with relative frequency (fi = 100%) for males and females. As for the palm of Saoud, relative frequencies of 70% for males and 90% for females were recorded. The larvae of this orthopteran have a relative frequency of 100% in the site of Tamma. *Phoenix dactylifera* has a consumption rate of 100% in adults and larvae of this pest.

Another test was also conducted in order to find a biological control method against *B. megacephalus*. A part, on the isolation and identification of indigenous fungi on adults of this insect harvested in the INRAA station of Touggourt and author part, on the study of the pathogenicity of these fungal strains on adults of this orthopteran. The results obtained in this test showed the presence of six different species of entomopathogenic fungi, they are *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium* sp, *Beauveria bassiana*, *Penicillium* sp. and *Metharizium anisopliae*. The fungal pathogenicity test by using *Fusarium* sp. species on the adults of *B. megacephalus*, show that the efficiency of this species on this pest reaches a mortality rate of 100% in 13 days.

Keywords: *Brachytrupes megacephalus*, diet, Bioecology, Biological control, Southeastern of Algeria.

البيئة الحيوية لحشرة *Brachytrupes megacephalus* Lefebvre, 1827 (مستقيمات الأجنحة، Gryllidae)والمكافحة البيولوجية باستخدام الفطريات الممرضة للحشرات

الملخص.

نتائج هذا البحث تظهر أن *B. megacephalus* يقوم بصنع جحور عميقة جدا في فصل الشتاء (حوالي200 سم) وسطحية في فصلي الربيع والصيف (30 سم). هذا النوع لديه دورة سنوية، يحدث التزاوج في الفترة ما بين منتصف مارس إلى منتصف أبريل، حيث تضع الأنثى البيض فرديا (بعد 48 ساعة من التزاوج) و تظهر اليرقات في أواخر ماي حتى منتصف أوت. تظهر دراسة المظهر الخارجي لهده الحشرة أنه لا يوجد فرق كبير بين طول الجسم، وعظم الفخذ بين الذكور والإناث على النقيض من عرض كبسولة الرأس وpronotumحيث يكون أكبر عند الذكور

النتائج المتحصل عليها في النظام الغذائي لحشرة *B. megacephalus* تبين أن النباتات التي استهلكت تنتمي إلى 08 عائلات نباتية و هي الفوفلية (Phoenix dactylifera) الدفلية (*Nerium oleander*)،النجمية (*Chrysanthemum*) الرصاصية (Myoporaceae (*Myoporum sandwicense*)، الورديات (*Prunus armeniaca*)، الباذنجانية (*Solanum lycopersicum*) و Triochylaceae (*Cherry fantasia*و *Kristina* fi) *blanc*). شجرة النخيل (*P. dactylifera*) هي النوع الأكثر استهلاك من قبل البالغين في محطة سيدي مهدي بتكرار نسبي (100%=للذكور و للإناث أما في مستثمرة سعود، تم تسجيل التكرار النسبي 70٪ للذكور و 90٪ للإناث. كما سجلت يرقات هذه الحشرة تكرار نسبي قدر ب 100٪ في موقع تامة. لشجرة النخيل *Phoenix dactylifera* معدل استهلاك يبلغ 100٪ عند البالغين و كدا يرقات هده الحشرة.

كما أجرينا تجربة المكافحة البيولوجية لحشرة (*B. megacephalus*) و ذلك بعزل وتعريف الفطريات الممرضة الأصلية المنزوعة من الحشرة و كذا دراسة قدرة إمراضها على هذا المتلف.

تبين وجود ستة أنواع مختلفة من الفطريات الممرضة للحشرات و هي:

Aspergillus flavus, *Aspergillus niger, Fusarium* sp., *Beauveria bassiana*, *Penicillium* sp., et *Metharizium anisopliae*.

اختبار الفطريات الممرضة باستخدام ابواغ من فطرfusarium sp *سجل* مع معدل وفيات يقترب من 100٪ بعد13 يوما من استعمال الدواء.

الكلمات المفتاحية : *Brachytrupes megacephalus* ، النمط الغذائي،البيئة الحيوية، المكافحة البيولوجية، جنوب شرق الجزائر.