

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة - الحراش - الجزائر

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'AGRONOMIE D'EL HARRACH – ALGER

Thèse en vue de l'obtention du diplôme de

**Doctorat**

en Sciences Agronomiques

Option : Entomologie appliquée

**THEME**

**Bioécologie du criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* Thunberg, 1815 (Acrididae, Gomphocerinae) dans sa phase grégaire en Algérie et perspectives de lutte biologique**

Présentée par : Mr. CHAOUCH Abderrezak

Devant le jury :

Président :	M <sup>r</sup> DOUMANDJI S.	Professeur (E.N.S.A El Harrach)
Promoteur :	M <sup>me</sup> DOUMANDJI-MITICHE B.	Professeur (E.N.S.A El Harrach)
Examineurs :	M <sup>me</sup> MOUHOUCHE F.	Professeur (E.N.S.A El Harrach)
	M <sup>me</sup> GUENDOOUZ-BENRIMA A.	Professeur (Université de Blida)
	M <sup>me</sup> SAHIR-HALOUANE F.	Professeur (Université de Boumerdès)
	M <sup>me</sup> BISAAD F.Z.	Maître de conférences A (Université de Boumerdès)

Soutenue le 12/03/2015



## *Dédicace*

*A la mémoire de ma mère  
et de mon père*

*A ma femme*

*A mes filles Imene et Rym  
et mon fils adoré Mustapha*

*A mes frères et mes soeurs*

*A toute ma famille*

*A tous mes amis*

**Abderrezak**

# Remerciements

Je remercie, DIEU le tout puissant pour m'avoir accordé le courage et la patience de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à exprimer mes profonds remerciements à ma directrice de thèse, **M<sup>me</sup> DOUMANDJI-MITICHE Bahia**, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie d'El Harrach, pour avoir dirigé ce travail et pour l'intérêt qu'elle porte pour cette étude et pour ses encouragements et sa disponibilité durant toutes les étapes de ce travail.

Je remercie **Mr. DOUMANDJI Salaheddine**, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie d'El Harrach, pour m'avoir fait l'honneur de présider ce travail et pour ses précieux conseils et orientations.

Je voudrais également exprimer mes vifs remerciements aux membres de jury qui ont bien voulu examiner ce travail à savoir : **M<sup>me</sup> MOUHOUCHE F.** Professeur à l'E.N.S.A. d'El Harrach, **M<sup>me</sup> GUENDOZ-BENRIMA Atika**, Professeur à l'université de Blida, **M<sup>me</sup> SAHIR-HALOUANE Fouzia**, Professeur à l'université de Boumerdes, et **M<sup>me</sup> BISAAD Fatma**, Maître de conférences à l'université de Boumerdes.

Mes sincères remerciements à **M<sup>me</sup> BENFEKIH L.**, Professeur à l'université de Blida, pour ses orientations et son aide.

Il m'est très agréable de remercier également **Mr. Moumene Khaled**, Directeur Général de l'Institut National de la Protection des végétaux d'El Harrach, de m'avoir donné toute les facilités pour la réalisation de ce travail sur le terrain et au laboratoire, qu'il trouve ici l'expression de toute ma profonde gratitude.

Je remercie **Mr. LAZAR Mohamed**, Chef de Département de Lutte Antiacridienne, pour son aide et pour le soutien qu'il m'a apporté durant la réalisation de ce travail, ainsi que tous le personnel du Département de la lutte antiacridienne, je cite en particulier : **Mrs. BELAZZOGUI Mustapha**, **BENSAAD Hamid**, **M<sup>elle</sup> Aissaoui H**, **M<sup>elle</sup> Belguidoum A.** et **M<sup>elle</sup> Hamech D.**

Je tiens à remercier tous mes collègues enseignants de la section de biologie de l'Université de Yahia Farès de Médéa et en particulier le **Professeur Oumouna Mustapha**, Chef de Département de Biologie.

Je saisis cette opportunité pour remercier également **M<sup>me</sup> BEN HADDA Mahdjouba**, Inspectrice Phytosanitaire de la Wilaya de Saïda, **Mr. CHADLI Tarek**, Inspecteur Phytosanitaire de la Wilaya de Tiaret et **Mr. Maghraoui Sid Ahmed**, Inspecteur Phytosanitaire de Wilaya de Sidi Bel Abbes. Je suis très attristé par sa disparition que DIEU le tout puissant l'accueille dans son vaste paradis. Je remercie aussi **M<sup>me</sup> Ben Maghnia**, Directrice de la Station Régionale de la Protection des Végétaux de Mascara et **Mr. Ballout Toufik**, Directeur de la Station Régionale de la Protection des Végétaux de Tlemcen, qui m'ont accompagné et orienté sur le terrain.

Je ne saurais oublier de remercier tous mes collègues de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie d'El Harrach, pour leur esprit d'entente, ainsi qu'à tous mes amis et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1</b>	Traitements réalisés contre les pullulations de criquet marocain entre 2000 – 2012 (Rapports INPV) .....	31
<b>Tableau 2a</b>	Zones classiques de répartition de criquet marocain des wilayas de l'Ouest Algérien (INPV) .....	45
<b>Tableau 2b</b>	Zones classiques de répartition de criquet marocain des wilayas de Centre Algérien (INPV).....	45
<b>Tableau 2c</b>	Zones classiques de répartition de criquet marocain des wilayas de l'Est Algérien (INPV).....	45
<b>Tableau 3a</b>	Foyer actives de criquet marocain de l'Ouest algérien.....	46
<b>Tableau 3b</b>	actives de criquet marocain de Centre algérien.....	46
<b>Tableau 3c</b>	Foyer actives de criquet marocain de l'Est algérien.....	46
<b>Tableau 4</b>	Foyers grégarigènes de criquet marocain au niveau de la wilaya de Tlemcen.....	51
<b>Tableau 5</b>	Foyers grégarigènes de criquet marocain au niveau de la wilaya de Sidi Bel Abbes.....	52
<b>Tableau 6</b>	Foyers grégarigènes de criquet marocain au niveau de la wilaya de Saïda...	54
<b>Tableau 7</b>	Foyers grégarigènes de criquet marocain au niveau de la wilaya de Tiaret...	55
<b>Tableau 8</b>	Foyers grégarigènes de criquet marocain au niveau de la wilaya de Médéa..	56
<b>Tableau 9</b>	Foyers grégarigènes de criquet marocain au niveau de la wilaya de Batna..	60
<b>Tableau 10</b>	Liste des espèces végétales la station d'étude.....	63
<b>Tableau 11a</b>	Précipitations moyennes mensuelles (2001-2011) de la région de Marhoum	67
<b>Tableau 11b</b>	Précipitations moyennes annuelles (2001-2011) de la région de Marhoum.....	67
<b>Tableau 12</b>	températures mensuelles (°c) de la région de Khouifira (2000-2010).....	67
<b>Tableau 13</b>	Rapports morphométriques phasaires chez <i>Dociostaurus maroccanus</i> d'après PASQUIER, (1934).....	71
<b>Tableau 14</b>	Rapports morphométriques phasaires chez <i>D. maroccanus</i> d'après LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992).....	72
<b>Tableau 15</b>	Paramètres de traitement.....	81

<b>Tableau 16</b>	Moyennes et écartypes des rapports morphométriques E/F et F/P de la population du criquet marocain de la région de Marhoum, (SBA).....	100
<b>Tableau 17</b>	Indice morphométriques E/F et F/P des populations du <i>Dociostaurus maroccanus</i> de 06 régions grégarigaines en Algérie capturées en 2011.....	103
<b>Tableau 18</b>	Résultats de l'analyse de la variance (Modèle linéaire global, systat. Vers. 12) sur la variation des catégories de sensilles antennaires chez les mâles et les femelles grégaires du criquet marocain.....	107
<b>Tableau 19</b>	Analyse des interactions entre formes de sensilles selon les individus mâles et femelles (ANOVA, Systat vers.12) .....	108
<b>Tableau 20</b>	Analyse des interactions entre formes de sensilles antennaires selon les individus mâles et les individus femelles (ANOVA, Systat vers.12).....	110
<b>Tableau 21</b>	Taux de recouvrement des principales familles et espèces de plantes rencontrées dans la station de Marhoum. (2010).....	112
<b>Tableau 22</b>	Fréquences relatives de consommation (%) des plantes par les mâles et les femelles grégaires du criquet marocain dans la station de Marhoum.....	114
<b>Tableau 23</b>	Pourcentage de mortalité chez les larves traitées par D1 (25g/ha).....	118
<b>Tableau 24</b>	Pourcentage de mortalité chez les larves traitées par D2 (50g/ha).....	119
<b>Tableau 25</b>	Pourcentage de mortalité chez les larves traitées par D3 (75g/ha).....	120
<b>Tableau 26</b>	Résultats de l'analyse de la variance (Modèle linéaire global, systat. Vers. 12) sur la variation des doses en fonction de temps.....	121
<b>Tableau 27</b>	TL50 des larves du <i>Dociostaurus maroccanus</i> traités aux D1, D2 et D3 de <i>Metarhizium acridum</i> .....	123
<b>Tableau 28</b>	Action des formulations sur le taux de mortalité des individus du criquet marocain.....	124
<b>Tableau 29</b>	Tes de Fisher (L.S.D) : test de comparaison multiple avec un intervalle de confiance à 95%.....	126
<b>Tableau 30</b>	Taux de mortalité corrigée chez les larves de 2 <sup>ème</sup> stade de criquet marocain traitées par <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	127
<b>Tableau 31</b>	Taux de mortalité corrigée chez les larves de 3 <sup>ème</sup> stade L3 de criquet marocain traitées par <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	127

<b>Tableau 32</b>	Taux de mortalité corrigée chez les larves de 4 <sup>ème</sup> stade L4 de criquet marocain traitées par <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	128
<b>Tableau 33</b>	Taux de mortalité corrigée chez les larves de 5 <sup>ème</sup> stade L5 de criquet marocain traitées par <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	129
<b>Tableau 34</b>	Analyse de la variance sur l'efficacité de <i>M. anisopliae</i> appliqué sur les larves L2, L3, L4 et L5 de <i>D. marrocanus</i> .....	130
<b>Tableau 35</b>	Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L2 de <i>D. marrocanus</i> traitées au <i>M. anisopliae</i> .....	131
<b>Tableau 36</b>	pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L3 de <i>D. marrocanus</i> traitées au <i>M. anisopliae</i> .....	132
<b>Tableau 37</b>	Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L4 de <i>D. marrocanus</i> traitées au <i>M. anisopliae</i> .....	132
<b>Tableau 38</b>	Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L5 de <i>D. marrocanus</i> traitées au <i>M. anisopliae</i> .....	132
<b>Tableau 39</b>	Les valeurs des TL50 pour les larves L2, L3, L4 et L5 de <i>D. marrocanus</i> traitées au <i>M. anisopliae</i> .....	133
<b>Tableau 40</b>	Les valeurs des DL50 pour les larves L2, L3, L4 et L5 de <i>D.marrocanus</i> traitées au <i>M. anisopliae</i> .....	137
<b>Tableau 41</b>	Taux de mortalité corrigée chez les larves de 2ème stade L2 de criquet marocain traitées par Triflumuron.....	137
<b>Tableau 42</b>	Taux de mortalité corrigée chez les larves de 3 <sup>ème</sup> stade L3 de criquet marocain traitées par Triflumuron.....	138
<b>Tableau 43</b>	Taux de mortalité corrigée chez les larves de 4 <sup>ème</sup> stade L4 de criquet marocain traitées par Triflumuron.....	139
<b>Tableau 44</b>	Taux de mortalité corrigée chez les larves de 5 <sup>ème</sup> stade L5 de criquet marocain traitées par Triflumuron.....	139

<b>Tableau 45</b>	Analyse de la variance sur l'efficacité de Triflumuron appliqué sur les larves L2, L3, L4 et L5 de <i>D. marrocanus</i> .....	140
<b>Tableau 46</b>	Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L2 de <i>D. marrocanus</i> traitées au riflumuron.....	141
<b>Tableau 47</b>	Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L3 de <i>D. marrocanus</i> traitées au riflumuron.....	142
<b>Tableau 48</b>	Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L4 de <i>D. marrocanus</i> traitées au Triflumuron.....	142
<b>Tableau 49</b>	Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L5 de <i>D. marrocanus</i> traitées au Triflumuron.....	142
<b>Tableau 50</b>	Les valeurs des TL50 pour les larves L2, L3, L4 et L5 de <i>D. marrocanus</i> traitées au Triflumuron.....	144
<b>Tableau 51</b>	Les valeurs des DL50 pour les larves L2, L3, L4 et L5 de <i>D. marrocanus</i> traitées au Triflumuron.....	146
<b>Tableau 52</b>	Nombre total d'hémocytes chez le criquet marocain.....	148
<b>Tableau 53</b>	Nombre et le taux des plasmatocyte chez le criquet marocain.....	148
<b>Tableau 54</b>	Nombre et taux des préhémocytes chez le criquet marocain.....	148
<b>Tableau 55</b>	Pourcentage des mâles par rapport aux femelles d'une population grégaire de <i>Dociostaurus maroccanus</i> .....	149
<b>Tableau 56</b>	Pourcentage des mâles et des femelles d'une population grégaire de <i>D. maroccanus</i> dans les différents sites d'études.....	150
<b>Tableau 57</b>	Densité des oothèques de <i>D. maroccanus</i> .....	151
<b>Tableau 58</b>	Analyse de la variance des densités des oothèques de <i>D. maroccanus</i> dans les stations d'étude.....	152
<b>Tableau 59</b>	Analyse de la variance de nombre d'œufs par oothèque au niveau des trois sites de la région de Marhoum.....	153

<b>Tableau 60</b>	Analyse de la variance de nombre d'œufs par oothèque au niveau des trois sites de la région de Marhoum.....	153
<b>Tableau 61</b>	Fréquence centésimales des larvaires de <i>D. maroccanus</i> en fonction du temps dans la station N°1 de Marhoum, Wilaya de Sidi Bel Abbes (34 28 09 N 00 17 10 W) .....	155
<b>Tableau 62</b>	Fréquence centésimales des larvaires de <i>D. maroccanus</i> en fonction du temps dans la station N°2 de Marhoum, Wilaya de Sidi Bel Abbes (34 27 21 N 00 18 53 W) .....	155



## *Liste des figures*

<b>Fig. 1</b>	<i>Dociostaurus maroccanus</i> (Thunberg, 1815).....	4
<b>Fig. 2</b>	Cycle biologique du <i>D. maroccanus</i> .....	5
<b>Fig. 3</b>	L'accouplement et ponte chez <i>D. maroccanus</i> .....	6
<b>Fig. 4</b>	Oothèque de <i>D. maroccanus</i> .....	6
<b>Fig. 5a</b>	Larve de 5 <sup>ème</sup> stade.....	7
<b>Fig. 5b</b>	Bande larvaire de criquet marocain.....	7
<b>Fig. 6</b>	Répartition géographique de <i>D. maroccanus</i> dans le monde.....	11
<b>Fig. 7</b>	Répartition géographique de <i>D. maroccanus</i> en Algérie dans le monde.....	12
<b>Fig. 8</b>	Traitements réalisés contre les pullulations de criquet marocain durant entre années 2000 – 2012.....	13
<b>Fig. 9</b>	Conidies de <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	15
<b>Fig. 10</b>	Arbre de <i>Melia azedarach</i> .....	19
<b>Fig. 11</b>	Les feuilles de <i>M. azedarach</i> .....	19
<b>Fig. 12</b>	Les principaux types d'hémocytes.....	20
<b>Fig. 13</b>	Première carte des foyers grégarigènes de <i>D. maroccanus</i> en Algérie.....	27
<b>Fig. 14a</b>	Traitement traditionnel contre le criquet marocain.....	29
<b>Fig. 14b</b>	Ramassage des oothèques.....	29
<b>Fig. 15</b>	Organisation d'une campagne de lutte contre le criquet marocain en 1964 à l'Ouest d'Algérie.....	30
<b>Fig. 16</b>	Lutte chimique contre le criquet marocain.....	32
<b>Fig. 17</b>	Cadavres de criquet marocain après traitements.....	32
<b>Fig. 18</b>	Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2000.....	33
<b>Fig. 19</b>	Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2001.....	34
<b>Fig. 20</b>	Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2002.....	34
<b>Fig. 21</b>	Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2003.....	35
<b>Fig. 22</b>	Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2004.....	35
<b>Fig. 23</b>	Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2005.....	36
<b>Fig. 24</b>	Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2006.....	37
<b>Fig. 25</b>	Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2007.....	38
<b>Fig. 26</b>	Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2008.....	39
<b>Fig. 27</b>	Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2009.....	40
<b>Fig. 28</b>	Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2010.....	41
<b>Fig. 29</b>	Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2011.....	42
<b>Fig. 30</b>	Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2012.....	43
<b>Fig. 31</b>	Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2013.....	44
<b>Fig. 32</b>	Situation géographique des foyers de reproduction du criquet marocain au niveau de la Commune d'El Marsa (W. Chlef).....	47
<b>Fig. 33</b>	Nouveau foyer de criquet marocain « Phare de Colombé » .....	48
<b>Fig. 34</b>	Photographie satellitaire de la région du Phare de Colombé.....	48
<b>Fig. 35</b>	Nouveau foyer de criquet marocain « Z'Bib ».....	49
<b>Fig. 36</b>	Photographie satellitaire de la région du Phare de Colombé.....	49

<b>Fig. 37</b>	Zones de reproduction du <i>D. maroccanus</i> en Algérie.....	50
<b>Fig. 38</b>	Répartition des foyers grégarigène au niveau de la wilaya de Tlemcen.....	51
<b>Fig. 39</b>	Répartition des foyers grégarigène au niveau de Sidi Bel Abbes.....	53
<b>Fig. 40</b>	Répartition des foyers grégarigène au niveau de la wilaya de Saïda.....	54
<b>Fig. 41</b>	Répartition des foyers grégarigène au niveau de la wilaya de Tiaret.....	55
<b>Fig. 42</b>	Répartition des foyers grégarigène au niveau de la wilaya de Mascara.....	56
<b>Fig. 44</b>	Répartition des foyers grégarigène au niveau de la wilaya de Médéa.....	57
<b>Fig. 45</b>	Répartition des foyers grégarigène au niveau de la wilaya de Djelfa.....	58
<b>Fig. 46</b>	Répartition des foyers grégarigène au niveau de la wilaya de B.B.A.....	59
<b>Fig. 47</b>	Répartition des foyers grégarigène au niveau de la wilaya de Sétif.....	59
<b>Fig. 48</b>	Répartition des foyers grégarigène au niveau de la wilaya de Batna.....	60
<b>Fig. 49</b>	Région expérimentale.....	61
<b>Fig. 50</b>	Formation à <i>Stipa tenacissima</i> au Sud Est de la région de Sidi Bel Abbes.....	62
<b>Fig. 51</b>	Couvert végétal des sites expérimentaux.....	63
<b>Fig. 52</b>	Evolution des superficies céréalieres en 1999, 2002, 2005 et 2007 à Sidi Bel Abbes d'après DSA de SBA.....	65
<b>Fig. 53</b>	La céréaliculture à Sidi Bel Abbes.....	66
<b>Fig. 54</b>	Diagramme ombrothermique de la région de marhoum en 2011.....	68
<b>Fig. 55</b>	Climagramme d'Emberger (2001-2011) de la région de Marhoum.....	69
<b>Fig. 56</b>	Les trois parties de <i>Dociostaurus maroccanus</i> mesurées (F, E et P).....	70
<b>Fig. 57</b>	Foyers grégarigènes du criquet marocain étudiés.....	71
<b>Fig. 58</b>	Position des sensilles de type A sur la surface épipharyngale du labre de <i>D. maroccanus</i> .....	73
<b>Fig. 59</b>	Procédure de l'analyse des épidermes de plantes récoltées sur le terrain.....	74
<b>Fig. 60</b>	Site 1 (Khouifira, Marhoum).....	76
<b>Fig. 61</b>	Site 2 (Khouifira, Marhoum).....	76
<b>Fig. 62</b>	Site 3 (Khouifira, Marhoum).....	77
<b>Fig. 63</b>	Températures enregistrées pendant le transport de Green Muscle.....	77
<b>Fig. 64</b>	Micronaire AU7000 monté sur une Toyota LandCruiser.....	78
<b>Fig. 65</b>	Papiers Oléo-sensibles.....	79
<b>Fig. 66</b>	Site d'essai avec les 04 blocs.....	80
<b>Fig. 67</b>	Bloc expérimental.....	80
<b>Fig. 68</b>	Température ambiante enregistrée pendant l'expérimentation.....	81
<b>Fig. 69</b>	Cages d'élevage de criquet marocain.....	83
<b>Fig. 70</b>	Souche de <i>Metarhizium anisopliae</i> var <i>acridum</i> .....	83
<b>Fig. 71</b>	<i>Le Triflumuron</i> .....	84
<b>Fig. 72</b>	Protocole expérimental utilisé dans l'étude de l'effet de <i>M. azedarach</i> sur l'évolution pondérale des larves L4 de <i>D. maroccanus</i> .....	86
<b>Fig. 73</b>	Préparation des doses D1, D2 et D3 à base de spores de <i>M. anisopliae</i> .....	87
<b>Fig. 74</b>	Préparation des doses à base de Triflumuron.....	88
<b>Fig. 75</b>	Prélèvement de l'hémolymphe.....	91
<b>Fig. 76</b>	Microtubes Eppindrof contient de l'hémolymphe.....	91
	Localisation des stations d'étude de sex-ratio chez le criquet marocain dans la	

<b>Fig. 77</b>	région des Marhoum.....	92
<b>Fig. 78</b>	capture des ailés de criquet marocain par filet fauchoir.....	93
<b>Fig. 79</b>	Accouplement et ponte.....	94
<b>Fig. 80</b>	Localisation des stations d'étude de la densité des oothèques du criquet marocain dans la région des Marhoum.....	94
<b>Fig. 81</b>	recherche des oothèques.....	95
<b>Fig. 82</b>	Oothèques de criquet marocain récoltés.....	95
<b>Fig. 83</b>	Localisation des stations d'étude de développement larvaire du criquet marocain dans la région des Marhoum.....	96
<b>Fig. 84</b>	1 <sup>er</sup> Station de Marhoum (Sidi Bel Abbas) pour l'étude de développement larvaire.....	97
<b>Fig. 85</b>	2 <sup>ème</sup> Station de Marhoum (Sidi Bel Abbas) pour l'étude de développement larvaire.....	97
<b>Fig. 86</b>	Méthode de suivie de développement larvaire par l'utilisation des quadrats.....	99
<b>Fig. 87</b>	Projection des variables des organes mesurés des mâles sur le plan d'ordination composante 1 X composante 2 de l'ACP, accompagnée des corrélations de chaque variable sur chaque axe.....	102
<b>Fig. 88</b>	Projection des variables des organes mesurés des mâles sur le plan d'ordination composante 1 X composante 2 de l'ACP, accompagnée des corrélations de chaque variable sur chaque axe.....	102
<b>Fig. 89</b>	Projection des variables des organes mesurés des femelles sur le plan d'ordination composante 1 X composante 2 de l'ACP, accompagnée des corrélations de chaque variable sur chaque axe.....	104
<b>Fig. 90</b>	Variation du nombre et de forme de sensilles antennaires par catégorie chez les mâles et les femelles grégaires du criquet marocain dans la station de Khouifira (Marhoum, SBA).....	106
<b>Fig. 91</b>	Variation du forme de sensilles antennaires par catégorie chez les mâles et les femelles grégaires du criquet marocain dans la station de Khouifira (a et b) .....	106
<b>Fig. 92</b>	Variation du nombre de sensilles selon leurs différentes formes chez les males et les femelles grégaires du criquet marocain.....	107
<b>Fig. 93</b>	Variation comparée du nombre de chaque catégorie de sensilles antennaires chez les males et les femelles grégaires du criquet marocain.....	107
<b>Fig. 94</b>	Position des sensilles de type A sur la surface épipharyngale du labre de <i>D. maroccanus</i> à l'état grégaire de la station de Khouifira.....	108
<b>Fig. 95</b>	Variation du nombre de sensilles gustatives chez les males et les femelles grégaires du criquet marocain dans la station de Khouifira (Marhoum, W. Sidi Bel Abbas) .....	109
<b>Fig. 96</b>	Variation comparée du nombre de chaque catégorie de sensilles du labre chez les males et les femelles du criquet marocain.....	109
<b>Fig. 97</b>	Degrés de recouvrement des principales familles botaniques représentées sur le terrain dans la station de Marhoum. (2010).....	113
<b>Fig. 98</b>	Epiderme de référence pour certaines espèces végétales de la zone d'étude.....	115

<b>Fig. 99</b>	Diversité des familles botaniques consommées par <i>D. maroccanus</i> en phase grégaire dans la station de Marhoum.....	116
<b>Fig. 100</b>	Fréquences de consommation des principales Poaceae par les mâles et les femelles grégaires de <i>D. maroccanus</i> dans la station de Marhoum.....	116
<b>Fig. 101</b>	Mortalité enregistrée chez les larves traitées avec la dose 25g/ha.....	118
<b>Fig. 102</b>	Mortalité enregistrée chez les larves traitées avec la dose 50g/ha.....	119
<b>Fig. 103</b>	Mortalité enregistrée chez les larves traitées avec la dose 75g/ha.....	120
<b>Fig. 104</b>	Variation comparée des trois doses du champignon pulvérisé contre les larves du <i>D. maroccanus</i> par rapport aux témoins.....	121
<b>Fig. 105</b>	Efficacité de <i>Métarhizium</i> dans le temps vis-à-vis des larves du <i>D. maroccanus</i> traitées par dose 1 (25g/ha).....	122
<b>Fig. 106</b>	Efficacité de <i>Métarhizium</i> dans le temps vis-à-vis des larves du <i>D. maroccanus</i> traitées par dose 1 (50g/ha).....	122
<b>Fig. 107</b>	Efficacité de <i>Métarhizium</i> dans le temps vis-à-vis des larves du <i>D. maroccanus</i> traitées par dose 1 (25g/ha).....	122
<b>Fig. 108</b>	Effet de <i>Melia azedarach</i> (1000ppm) sur l'évolution pendérale des larves L4 de <i>D. maroccanus</i> .....	125
<b>Fig. 109</b>	Mortalité après l'arrêt de croissance des larves du <i>D. maroccanus</i> traitées par <i>M. azedarach</i> .....	125
<b>Fig. 110</b>	Variation des taux de mortalité chez les larves de 2 <sup>ème</sup> stade de <i>D. maroccanus</i> traitées par <i>M. anisopliae</i> .....	127
<b>Fig. 111</b>	Variation des taux de mortalité chez les larves de 3 <sup>ème</sup> stade de <i>D. maroccanus</i> traitées par <i>M. anisopliae</i> .....	128
<b>Fig. 112</b>	Variation des taux de mortalité chez les larves de 4 <sup>ème</sup> stade de <i>D. maroccanus</i> traitées par <i>M. anisopliae</i> .....	129
<b>Fig. 113</b>	Variation des taux de mortalité chez les larves de 5 <sup>ème</sup> stade de <i>D. maroccanus</i> traitées par <i>M. anisopliae</i> .....	130
<b>Fig. 114</b>	Droites de régression expriment le taux de mortalité des larves de 2 <sup>ème</sup> stade de <i>D. maroccanus</i> traitées au <i>M. anisopliae</i> en fonction du temps.....	134
<b>Fig. 115</b>	Droites de régression expriment le taux de mortalité des larves de 3 <sup>ème</sup> stade de <i>D. maroccanus</i> traitées au <i>M. anisopliae</i> en fonction du temps.....	135
<b>Fig. 116</b>	Droites de régression expriment le taux de mortalité des larves de 4 <sup>ème</sup> stade de <i>D. maroccanus</i> traitées au <i>M. anisopliae</i> en fonction du temps.....	136
<b>Fig. 117</b>	Variation des taux de mortalité chez les larves de 2 <sup>ème</sup> stade de <i>D. maroccanus</i> traitées par le Triflumuron.....	138
<b>Fig. 118</b>	Variation des taux de mortalité chez les larves de 3 <sup>ème</sup> stade de <i>D. maroccanus</i> traitées par le Triflumuron.....	138
<b>Fig. 119</b>	Variation des taux de mortalité chez les larves de 4 <sup>ème</sup> stade de <i>D. maroccanus</i> traitées par le Triflumuron.....	139
<b>Fig. 120</b>	Variation des taux de mortalité chez les larves de 5 <sup>ème</sup> stade de <i>D. maroccanus</i> traitées par le Triflumuron.....	140
<b>Fig. 121</b>	Droites de régression expriment le taux de mortalité des larves de 2 <sup>ème</sup> (a) stade et 3 <sup>ème</sup> (b) stade de <i>D. maroccanus</i> traitées au <i>M. anisopliae</i> en fonction du temps....	143

<b>Fig. 122</b>	Droites de régression expriment le taux de mortalité des larves de 4 <sup>ème</sup> (a) stade et 5 <sup>ème</sup> stade (b) de <i>D.marrocanus</i> traitées au <i>M. anisopliae</i> en fonction des concentrations.....	144
<b>Fig. 123</b>	Droites de régression expriment le taux de mortalité des larves L2, L3, L4 et L5 de <i>D.marrocanus</i> traitées au Triflumuron en fonction du temps.....	145
<b>Fig. 124</b>	Symptômes d'infection des larves de <i>D. maroccanus</i> par le <i>M. anisopliae</i> (a) et le Triflumuron (b).....	146
<b>Fig. 125</b>	Sex-ratio chez criquet marocain.....	149
<b>Fig. 126</b>	Sex-ratio chez criquet marocain au niveau des sites d'études .....	150
<b>Fig. 127</b>	Champ de ponte des femelles de criquet marocain.....	151
<b>Fig. 128</b>	Plusieurs mâles qui chevauchent une femelle.....	151
<b>Fig. 129</b>	Comparaison des densités des oothèques de <i>D. maroccanus</i> .....	152
<b>Fig. 130</b>	Comparaison de nombre d'œuf par oothèque au niveau les trois sites de la région de Marhoum.....	153
<b>Fig. 131</b>	Les stades du <i>Dociostaurus maoccanus</i> .....	154
<b>Fig. 132</b>	Duré du développement larvaire de <i>D. maroccanus</i> dans la station N°1 de Marhoum, .....	156
<b>Fig. 133</b>	Duré du développement larvaire de <i>D. maroccanus</i> dans la station N°2 de Marhoum, .....	156
<b>Fig. 134</b>	Analyse de la densité larvaire en fonction du temps par AFC dans la station n°1 de Marhoum.....	157
<b>Fig. 135</b>	Classification ascendante hiérarchique sur les 3 premiers axes de l'AFC.....	157
<b>Fig. 136</b>	Analyse de la densité larvaire en fonction du temps par AFC dans la station n°2 de Marhoum.....	158
<b>Fig. 137</b>	Classification ascendante hiérarchique sur les 3 premiers axes de l'AFC.....	159

# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre I : Données bibliographiques</b> .....	4
I.1 - Données bibliographiques sur le criquet marocain <i>Dociopterus maroccanus</i> (Thunberg, 1815) .....	4
I.1.1 - Position taxonomique du criquet marocain .....	4
I.1.2 - Description morphologique.....	4
I.1.3 - Cycle biologique .....	5
I.1.3.1 – L'oothèque .....	5
I.1.3.2 - Développement embryonnaire .....	6
I.1.3.3 - Développement larvaire .....	7
I.1.3.4 - Développement imaginal .....	8
I.1.4 - Polymorphisme phasaire .....	8
I.1.4.1 - Théorie des phases .....	8
a) Phase solitaire .....	9
b) Phase transiens .....	9
c) Phase grégaire .....	9
I.1.4.2 - Processus de transformation phasaire .....	9
a) Densation.....	9
b) Multiplication .....	10
c) Grégarisation .....	10
I.1.4.3 - Modifications phasaires .....	10
a) Modifications morphologiques .....	10
b) Modifications physiologiques .....	10
c) Modifications éthologiques .....	11
d) Modifications écologiques .....	11
I.1.5 - Répartition géographique de <i>Dociopterus maroccanus</i> .....	11
a) Dans le monde .....	11
b) En Algérie .....	12
I.1.6 - Importance économique .....	12
I.1.7 - Facteurs favorisant la pullulation du <i>Dociopterus maroccanus</i> .....	13
a) Facteurs biotiques .....	13

b) Facteurs abiotiques .....	13
I.2 - Données bibliographiques sur <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acidum</i> (Deuteromycotina : Hyphomycetes) .....	14
I.2.1 – Historique .....	14
I.2.2 - Position systématique et morphologie du <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	15
I.2.3 - Les voies d'infection par <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	15
I.2.4 - Symptomatologie et mode d'action des champignons entomopathogènes .....	16
I.2.5 - L'infectivité des champignons entomopathogènes .....	16
a) Phase d'adhésion .....	16
b) Phase de germination .....	16
c) Phase de pénétration .....	16
I.2.6 - Les facteurs limitants l'efficacité des champignons acridopathogènes comme agents de lutte biologique .....	16
a) Les facteurs de l'environnement .....	16
b) Les facteurs liés au pathogène .....	17
c) Les facteurs dépendants de l'hôte .....	17
I.2.7 - Production, formulation du <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	17
a) Production .....	17
b) Formulation .....	17
c) Conservation .....	17
I.2.8 - Gamme d'hôtes .....	18
I.3 - Données bibliographiques sur <i>Melia azedarach</i> L .....	18
I.3.1 - Origine et répartition dans le monde .....	18
I.3.2 - Classification botanique .....	18
I.3.3 - Description botanique .....	19
1.3.4 - Feuille .....	19
I.3.5 - Fleurs .....	20
I.4 - Données bibliographiques sur Triflumuron .....	20
1.4.1. Généralités sur les dérégulateurs de croissance.....	20
1.4.2. Les analogues d'hormones juvéniles .....	20
1.4.3. Les inhibiteurs de la synthèse de la chitine .....	21
1.5 - Données bibliographiques sur l'hémolymphe .....	22

<b>Chapitre II : Historique et synthèse bibliographique sur la lutte contre le criquet marocain et les zones de reproduction de cet acridien en Algérie.....</b>	<b>24</b>
II.1 - Organisation et de la lutte antiacridienne en Algérie .....	24
➤ En période d'accalmie .....	25
➤ En période de forte activité (invasion) .....	25
II.2 - Histoire de la lutte contre le criquet marocain en Algérie .....	26
II.2.1 - Travaux de Roger Pasquier .....	26
CONCLUSION .....	30
II.2.2 – Les Campagnes de lutte contre le criquet marocain en Algérie .....	31
II.2.3 - Genèse des campagnes de lutte contre le criquet marocain en Algérie : 2000 – 2013 .....	33
II.3 – L'aire grégarigène de criquet marocain en Algérie .....	44
II.3.1 – Zones classiques de reproduction de criquet marocain recensées par l'Institut National de la Protection des Végétaux (jusqu'à 1964) .....	44
II.3.2 – Zones actives de reproduction de criquet marocain (à partir de 1999).....	46
II.3.3 – Localisation de deux nouveaux foyers de reproduction du criquet marocain dans la Wilaya de Chlef.....	47
II.3.3.1 - Foyer du Phare de Colombé .....	47
II.3.3.2 - Foyer du Z'Bib .....	49
II.3.4 – Cartographie des zones de reproduction du criquet marocain .....	50
II.3.4.1 – Répartition des foyers grégarigènes de criquet marocain en Algérie .....	51
Chapitre III : Présentation de la région d'étude .....	61
III.1- Situation géographique de la région d'étude .....	61
III.2. Végétation .....	62
III.3 – Agriculture et espaces de parcours .....	64
III.4 - Géomorphologie de la région d'étude .....	66
III.4.1. Relief .....	66
III.4.2. Pédologie .....	66
III. 4.3. Climat de la région d'étude .....	66
III. 4.3.1. Précipitation .....	66
III. 4.3.2. Températures .....	67
III. 4.3.3. Le vent .....	67
III.4.3.4. Synthèse climatique .....	68



III.4.3.4.1. Diagramme Ombrothermique de la région d'étude .....	68
III.4.3.4.2. Climagramme d'emberger de la région d'étude .....	68
<b>Chapitre IV : Matériels &amp; Méthodes</b> .....	70
IV.1 - Etude de statut phasaire de <i>Dociostaurus maroccanus</i> (Thunb., 1815) ( <i>Orthoptera</i> , <i>Acrididae</i> ) dans son habitat permanent en Algérie.....	70
IV.1.1 - Méthode .....	70
a) Méthode d'échantillonnage des acridiens.....	70
b) Indices morphométriques .....	70
IV.1.1.3 – Comparaison de l'état phasaire des populations de <i>D. maroccanus</i> de l'Ouest, Centre et l'Est d'Algérie, sur la base des rapports morphométriques.....	71
IV.1.2- Méthode d'exploitation des résultats .....	71
IV.2 - Etude des sensilles olfactives et gustatives de <i>D. maroccanus</i> à l'état grégaire dans la région de Marhoum (Wilaya de Sidi Bel Abbes).....	72
IV.2.1 - Matériels et méthodes.....	72
IV.2.2 - Préparation des antennes.....	72
IV.2.3 - Préparation des labres.....	72
IV.3 - Régime et préférence alimentaire de <i>Dociostaurus maroccanus</i> Thunberg, 1815 ( <i>orthoptera</i> , <i>acrididae</i> ) dans sa phase grégaire.....	73
IV.3.1 - Matériels & Méthodes.....	73
IV.3.1.1. Etude de la végétation .....	74
IV.3.1.2. Constitution d'un herbier de référence.....	74
IV.3.1.3. Détermination des plantes.....	74
IV.3.1.4. Préparation des épidermes de référence .....	74
IV.3.1.5 -Préparation des épidermes contenus dans les fèces.....	75
IV.3.1.6. Détermination des fréquences de consommation.....	75
IV.4 - Application de <i>Métharizium anisopliae</i> var. <i>acidum</i> contre le criquet marocain sur le terrain.....	75
IV.4.1 - Matériels et méthodes .....	75
IV.4.1.2 – Population acridienne cible .....	75
IV.4.1.3 – Les sites d'étude.....	75
IV.4.1.3.1 – Site 1 (Khouifira, Marhoum) .....	76
IV.4.1.3.2 – Site 2 (Khouifira, Marhoum) .....	76
IV.4.1.3.3 – Site 3 (Khouifira, Marhoum) .....	77
IV.4.1.4 – Matériel utilisé .....	77

IV.4.1.5 – Suivi des larves traitées sur le terrain.....	79
IV.4.1.6 – Paramètres de traitement .....	80
IV.4.1.7 – Correction de la mortalité .....	81
IV.4.1.8 – Calcul de la TL50.....	82
IV.5 - Application au laboratoire d'un Bio-pesticides botanique, Triflumuron et un champignon entomopathogène sur les larves et les ailés du <i>D. maroccanus</i> .....	82
IV.5.1 – Effet de <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acidum</i> sur les larves de criquet marocain.....	82
IV.5.1.1 – Matériels .....	82
a) <i>Dociostaurus maroccanus</i> Thunberg 1815.....	82
b) <i>Melia azedarach</i> L. (Neem).....	83
c) <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acidum</i> .....	83
d) Triflumuron .....	84
IV.5.1.2 - Méthodes .....	84
IV.5.1.2.1 - Effet de <i>Melia azedarach</i> L. (Neem) sur l'évolution pondérale des larves L4 de <i>D. maroccanus</i> .....	84
a) Traitements préliminaires des grains utilisés .....	84
b) Extraction de l'huile végétale des grains de <i>Melia azedarach</i> L. par Soxhlet.....	84
c) Mode opératoire .....	85
d) Les formulations .....	85
e) Manipulation.....	85
f) Dispositif expérimental.....	85
g) Réalisation des traitements .....	85
IV.5.1.2.2 - Effet de <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acidum</i> sur la mortalité des larves de <i>D. maroccanus</i> .....	87
a) Préparation des doses (D1, D2 et D3) à base de spores de <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acidum</i> .....	87
b) préparation des doses de Triflumuron.....	88
c) Détermination de la concentration de la solution mère .....	89
d) Détermination de la concentration de solution filles .....	89
e) Mode d'application des traitements .....	89
f) Calcule des mortalités .....	89
g) Correction de la mortalité .....	90
h) Calcul de la TL <sub>50</sub> .....	90

i) Calcul de la DL50.....	90
IV.5.1.2.3 - Effet de <i>M. anisopliae</i> et Triflumuron sur l'hémogramme de <i>Dociostaurus maroccanus</i> .....	90
a) Réalisation du frottis sanguin.....	90
b) Comptage des hémocytes.....	91
IV.6 – Etude de quelques paramètres biologiques du criquet marocain en phase grégaire.....	91
IV.6.1 – Le sex-ratio chez le criquet marocain .....	91
a) Choix des stations.....	91
b) Méthode d'échantillonnage des acridiens .....	92
IV.6.2 - Densité des oothèques de criquet marocain en phase grégaire .....	93
a) Choix de station .....	93
b) Technique .....	94
c) Evaluation de la densité des oothèques .....	95
IV.6.3 – Nombre d'œuf par oothèque .....	95
IV.6.4 – Durée du développement larvaire de criquet marocain .....	96
a) Choix de la région d'étude .....	96
IV.6.4.1 – Méthode d'étude de la durée de développement larvaire .....	98
a) Évaluation de la densité des larves .....	98
b) Calcul de la densité larvaire.....	98
c) Les fréquences relatives ou centésimales .....	99
<b>Chapitre V : Résultats</b> .....	100
V.1 - Etude de statut phasaire de <i>Dociostaurus maroccanus</i> (Thunb., 1815) ( <i>Orthoptera, Acrididae</i> ) dans son aire habitat permanent en Algérie.....	100
V.1.1 - Evolution de statut phasaire des populations de criquet marocain dans la région de Marhoum (W. de Sidi Bel Abbès) durant trois ans 2010, 2011 et 2012.....	100
V.1.2 - Comparaison entre les populations mâles et femelles de <i>D. maroccanus</i> capturés en 2010 dans la région de Marhoum, sur la base des mesures morphométriques des organes.....	101
V.1.3 - Comparaison de l'état phasaire des populations de <i>D. maroccanus</i> des populations de l'Ouest, Centre et de l'Est d'Algérie, sur la base des rapports morphométriques en 2011.....	103
V.1.4 - Conclusion .....	105
V.2 - Etude des sensilles olfactives et gustatives de <i>Dociostaurus maroccanus</i> (Thunb., 1815) ( <i>Orthoptera, Acrididae</i> ) à l'état grégaire dans la région de Marhoum (Wilaya de Sidi Bel Abbès).....	105

V.2.1 - Approche de l'étude des sensilles des antennes et du labre au sein de la population grégaire.....	105
V.2.1.1 - Cas des sensilles olfactives.....	105
V.2.1.2 - Cas des sensilles gustatives.....	108
V.2.2 – Conclusion .....	110
V.3 – Régime et préférence alimentaire de <i>Doclostaurus maroccanus</i> thumberg, 1815 (orthoptera, acrididae) dans sa phase grégaire : Région de Marhoum, Sidi Bel Abbes.....	111
V.3.1 - Alimentation des populations grégaires de <i>D. maroccanus</i> de la station de Marhoum (Sidi Bel Abbes).....	111
a) Recouvrement des espèces végétales récoltées dans la station d'étude.....	111
b) Fréquences de consommation des plantes par les adultes du criquet marocain dans la station de Mrhoum (Sidi Bel Abbes).....	113
c) Préférences alimentaires des populations grégaires de la station de Marhoum.....	115
V.3.2 – Conclusion.....	117
V.4 - Application sur le terrain de <i>Métharizium anisopliae</i> var. acridum contre le criquet marocain <i>Dosiostaurus maroccanus</i> Thunb. 1815 (Marhoum, Sidi Bel Abbes).....	117
V.4.1 – Application des Dose 1 (25g/ha) .....	118
V.4.2 – Application de Dose 2 (50g/ha) .....	118
V.4.3 – Application de Dose 3 (75g/ha) .....	119
V.4. 4 – Analyse statistique .....	121
V.4.5 – Calcule de TL 50 .....	121
V.4.6 – Conclusion.....	123
V.5 - Application au laboratoire d'un Bio-pesticides botanique, Triflumuron et champignon entomopathogène sur les larves du <i>D. maroccanus</i> .....	124
V.5.1 – Effet de <i>Melia azedarach</i> L. (Neem) sur l'évolution pondérale des larves L4 de <i>D.maroccan</i> .....	124
V.5.1.1 – Traitement par contact .....	124
V.5.1.2 – Traitement par ingestion .....	124
V.5.1.3 – Conclusion.....	126
V.5.2 – Effet de <i>M. anisopliae</i> et de Triflumuron sur la mortalité des larves du <i>D. maroccanus</i> .....	126
V.5.2.1 - Effet de <i>M. anisopliae</i> : .....	126
a) Mortalité.....	126
b) Calcul des TL50.....	131
c) Calcul des DL50.....	136

V.5.2.2 - Effet de Triflumuron .....	137
a) Mortalité .....	137
b) Calcul des TL50.....	141
c) Calcul des DL50.....	145
V.5.3 - Effet de <i>M. anisopliae</i> et de Triflumuron sur l'hémogramme de <i>D. maroccanus</i> .....	147
V.6 – Etude de quelques paramètres biologiques du criquet marocain en phase grégaire .....	148
V.6.1 – Le sex-ratio chez le criquet marocain.....	148
V.6.1.1 – Analyse statistique .....	149
V.6.2 – Densité des oothèques de criquet marocain en phase grégaire .....	150
V.6.1.2 – Analyse statistique .....	152
V.6.3 – Nombre d'œuf par oothèque .....	152
V.6.3.2 – Analyse statistique.....	153
V.6.4 – Durée de développement larvaire de criquet marocain .....	154
Conclusion générale .....	173
Références bibliographiques .....	177
<b>Chapitre VI : Discussions</b> .....	160
VI.1 - Etude de statut phasaire de <i>Dociostaurus maroccanus</i> (Thunb., 1815) ( <i>Orthoptera, Acrididae</i> ) dans son habitat permanent en Algérie.....	160
V.2 - Etude des sensilles olfactives et gustatives de <i>D. maroccanus</i> (Thunb., 1815) ( <i>Orthoptera, Acrididae</i> ) à l'état grégaire dans la région de Marhoum (Sidi Bel Abbes).....	161
VI.3 – Régime et préférence alimentaire de <i>Dociostaurus maroccanus</i> Thunberg, 1815 ( <i>Orthoptera, Acrididae</i> ) dans sa phase grégaire : Région de Marhoum, Sidi Bel Abbes.....	162
VI.4 - Application sur le terrain de <i>Métharizium anisopliae</i> var. <i>acidum</i> contre le criquet marocain <i>Dociostaurus maroccanus</i> Thunb. 1815 (Marhoum, Sidi Bel Abbes).....	163
VI.5 – Application au laboratoire d'un Bio-pesticide botanique, du Triflumuron et du champignon entomopathogène sur les larves du <i>D. maroccanus</i> .....	164
V.5.1 – Effet de <i>Melia azedarach</i> L. (Neem) sur l'évolution pondérale des larves L4 de <i>D. maroccanus</i> .....	164
VI.5.2 – Effet de <i>M. anisopliae</i> et de Triflumuron sur la mortalité des larves du <i>D. maroccanus</i> .....	165
VI.5.2.1 - Effet de <i>M. anisopliae</i> .....	165
VI.5.2.2 - Effet de Triflumuron .....	166
VI.5.3 - Effet de <i>M. anisopliae</i> et de Triflumuron sur l'hémogramme de <i>D. maroccanus</i> .....	167
VI.6 – Etude de quelques paramètres biologiques du criquet marocain en phase grégaire.....	168

V.6.1 – Le sex-ratio chez le criquet marocain .....	168
V.6.2 – Densité des oothèques de criquet marocain en phase grégaire.....	168
VI.6.3 – Nombre d’œuf par oothèque .....	169
V.6.4 – Durée de développement larvaire de criquet marocain.....	169
<b>Conclusion générale &amp; Perspectives.....</b>	<b>171</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>175</b>

## *Introduction générale*

La sécurité alimentaire, hormis les facteurs abiotiques particulièrement d'ordre climatique, dépend essentiellement de la protection des cultures souvent objet d'attaques endémiques par les insectes déprédateurs.

La production végétale agricole est soumise régulièrement à des déprédations pouvant atteindre parfois des proportions considérables. Les dégâts causés par les insectes sont évalués, par les instances internationales spécialisées, dont la FAO, à 30 % dans les pays en voie de développement. Parmi les insectes, les acridiens occupent une place prépondérante notamment dans les pays abritant de vastes zones arides et semi-arides. En Algérie, de nombreuses espèces acridiennes endémiques peuvent pulluler par année favorable et constituer de ce fait une menace sérieuse pour les cultures.

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

L'importance des pullulations de ce ravageur, qui affectionne des milieux pâturés donc très dégradés, est étroitement liée aux facteurs climatiques. Les hivers rigoureux et pluvieux favorisent l'accomplissement du cycle biologique de cet insecte univoltin (1 génération/an). En effet, les basses températures permettent une bonne conservation des œufs diapausant et limitent les niveaux de prédation et de parasitisme. Par contre, les pluies, surtout celles intervenant au début du printemps favorisent l'embryogenèse et facilitent les éclosions et l'émergence des larves du sol. Certaines années météorologiquement favorables permettent la pullulation de l'espèce, les changements de phase puis la formation des bandes larvaires et des essaims. Cet acridien constitue alors une menace importante pour les pâturages et les cultures.

En Algérie, plusieurs foyers grégarigènes de *Doclostaurus maroccanus* sont définis par PASQUIER (1934 – 1937) et DOUMANDJI-MITICHE et *al* (1992), à l'Ouest au Centre et à l'Est du pays.

L'Algérie a connu plusieurs situations d'invasion de criquet marocain dont la dernière remonte aux années 1963-1964. Toutefois des recrudescences mineures ont été enregistrées à partir des années 1999. Aussi, le dispositif de surveillance et de lutte déployé par l'Institut National de la Protection des Végétaux durant ces dernières années, a permis de circonscrire les habitats infestés. Ce dispositif vise l'intervention au niveau des zones où pullule le criquet marocain et l'engagement des traitements dès que le seuil d'intervention est atteint. Les superficies infestées varient de quelques dizaines à quelques centaines de milliers d'hectares et ont porté sur : 32.000 ha (1999), 62.580 ha (2000), 21.008 ha (2001), 13.870 ha (2002), 40.392 ha (2003), 45.941 ha (2004), 136.060 ha (2005), 53.826 ha (2006), 66.742 ha (2007),

33.400 ha (2008), 24.561 ha (2009), 25.381 ha (2010), 13.864 ha (2011) et 1.940 ha (2012). (INPV, 2013).

Les opérations de lutte chimique mobilisent chaque année des moyens humains et matériels colossaux et une enveloppe financière conséquente. Par ailleurs, les importantes quantités de pesticides utilisés ne peuvent rester sans effets sur la santé humaine, animale et l'environnement. Pour cela, il est donc nécessaire d'explorer d'autres formes de lutte alternative comme la lutte biologique. C'est dans ce sens que nous avons réalisé un essai sur terrain par la pulvérisation d'un champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* var *acridum* au niveau des foyers grégarigènes du criquet marocain, pour entrevoir les possibilités de son utilisation à grande échelle. Ce travail a été réalisé en Mai 2011 dans la région de Marhoum (Wilaya de Sidi Bel Abbas) abritant les zones potentielles de reproduction du criquet marocain. Nous avons aussi appliqué au laboratoire le même champignon entomopathogène, ainsi un bio-pesticides botanique extraits de *Melia azedarach* L. (Neem) et un dé-régulateur de croissance et Triflumuron. Plusieurs travaux de recherche ont été faits en Algérie. Citant ceux de HALOUANE (1997), BENSSAAD (1999), BISSAAD (1998), (2001), HADDADJ (2001), KAIDI (2004), HEMOUR (2005), OUTTAR (2006), DJEZZAR (2007). Ils ont étudié dans les conditions contrôlées l'effet des champignons entomopathogènes sur les acridiens, notamment le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) et le criquet migrateur africain *Locusta migratoria* (R & F, 1850), mais jamais sur le criquet marocain.

Considérant l'importance économique de cet acridien, nous avons entrepris, en milieu naturel en Juin et Juillet 2010, une étude de régime et préférences alimentaires de criquet marocain dans sa phase grégaire. Ce présent travail a été réalisé dans la région de Marhoum (Wilaya de Sidi Bel Abbas). Peu de travaux de recherche ont été faits en Algérie sur l'étude du régime alimentaire des acridiens. Citant ceux de : BENFEKIH (1993), BENRIMA A., (1993) et BOUANANE (1993), HASSANI (2013), (KAREM, 1989 in HADRAOUI Z. et OUANOUI Y., 2001). (CHARA, 1987).

La gustation est un sens essentiel à tous les insectes, leur permettant de détecter aussi bien des substances à valeur alimentaire (sucres, sels, lipides, acides aminés) que des substances potentiellement toxiques dissoutes en solution aqueuse ou adsorbées sur des surfaces. Contrairement à l'olfaction qui détecte des substances volatiles diffusées dans l'air ambiant, la gustation est étroitement liée à une localisation spatiale des stimuli, impliquant un positionnement très précis de l'organe sensitif. C'est dans ce sens que nous avons apporté notre contribution par l'étude des organes intervenant dans la chimio-réception : les sensilles olfactives et gustatives au niveau des labres et des antennes, chez le criquet marocain à l'état grégaire de la région de Marhoum Wilaya de Sidi Bel Abbas) en 2010.

Chez les locustes, la description morphométrique sert à préciser le statut morphométrique des individus, puisque sous l'effet du groupement, toutes les parties du corps des larves et des ailés ne se développent pas dans les mêmes proportions. Les rapports morphométriques, s'ils sont pris en considération sur plusieurs années, peuvent donner des indications sur la tendance générale de la population évoluant soit vers l'état transiens congregans soit vers l'état transiens degregans. Dans ce sens nous avons étudié l'état phasaire des populations de



plusieurs zones potentielles de reproduction de *D. maroccanus* au niveau de l'Ouest (Sidi Bel Abbes, Saïda, Tiaret et Chlef) au Centre (Médéa) et à l'Est (Batna). Les auteurs ayant travaillé sur les mesures morphométriques des acridiens sont : BENFEKIH (1993 & 2006), CHAOUCH (2009), KARA (2010)

Ce n'est qu'au début des années 1980, que les chercheurs algériens ont soulevé l'importance à l'étude bioécologique des orthoptères. Nous citons à titre d'exemples les travaux de : KHELIL (1984), FELLAOUINE (1984 et 1989), CHARA (1987), KOUCHA (1997), HAMDI (1989, 1992), DOUMANDJI et al (1991, 1992, 1993, 1994....), MESLI (1991, 1997, 2005, 2007), MEKKIOUI (1997), HASSANI et al.(2010). Pour mieux comprendre la biologie de criquet marocain en phase grégaire, le présent travail s'articule sur l'étude de quelques aspects de la biologie de cet acridien dans la région de Marhoum (Wilaya de Sidi Bel Abbes). La première étude a concerné la densité des oothèques afin de connaître le nombre d'oothèques pondus pour la mise au point d'une prévision pour l'année prochaine et de prendre les mesures nécessaires pour faire face à d'éventuelle situations. La 2<sup>ème</sup> étude porte sur la durée du développement larvaire de criquet marocain. Il y a très peu de données exactes sur les durées de développement larvaire en élevage à cause, probablement, de la difficulté d'obtenir des pontes en laboratoire, les femelles étant très exigeantes sur la qualité du substrat des pondoires. La 3<sup>ème</sup> étude a été consacrée au sex-ratio chez le criquet marocain pour savoir le taux des mâles par rapport aux femelles.

Le présent travail comprend cinq chapitres. Le premier chapitre portera sur les données bibliographiques du criquet marocain, du champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, du Neem *Melia azedarach* L et sur Triflumuron. Le second concerne un historique et une synthèse bibliographique sur la lutte contre le criquet marocain avec la répartition géographique de cet acridien en Algérie. Le troisième chapitre porte sur la présentation des régions d'étude. Le quatrième porte sur le matériel et les méthodes de travail adoptés. Le cinquième chapitre est consacré aux résultats portant sur :

- ✓ Le statut phasaire de *D. maroccanus* dans son aire habitat permanent en Algérie
- ✓ L'étude des sensilles olfactives et gustatives de *D. maroccanus*
- ✓ Le régime et préférence alimentaire de *D. maroccanus*
- ✓ L'application de *M. anisopliae* contre *D. maroccanus* sur le terrain
- ✓ L'effet du Neem sur la mortalité des larves du *D. maroccanus*.
- ✓ L'effet de *M. anisopliae* et Triflumuron sur la mortalité des larves du *D. maroccanus*.
- ✓ L'effet de *M. anisopliae* et Triflumuron sur l'hémolymphe *D. maroccanus*.
- ✓ Etude de quelques paramètres biologiques du criquet marocain en phase grégaire
  - Le sex-ratio chez le criquet marocain
  - Densité des oothèques de criquet marocain en phase grégaire
  - Nombre d'œuf par oothèque
  - Durée de développement larvaire de criquet marocain

Le sixième chapitre traite de la discussion des résultats obtenus on les comparant à ceux des différents auteurs ayant travaillé sur les mêmes thèmes. Une conclusion générale et des perspectives.

## Chapitre I : Données bibliographiques

### I.1 - Données bibliographiques sur le criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815)

#### I.1.1 - Position taxonomique du criquet marocain :

Le criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) est une espèce qui appartient selon CHOPARD (1943), LOUVEAUX et BENHALIMA (1987) à l'ordre des Orthoptera, au sous ordre de Caelifera, la famille des Acrididae et à la sous famille des Gomphocerinae.

#### I.1.2 - Description morphologique :

Cette espèce présente une taille moyenne, la longueur du corps chez le mâle est de 1,65 à 2,85 cm, alors que chez la femelle elle varie de 2,05 à 3,80 cm. La coloration du corps est gris jaunâtre avec des taches plus sombres, grises ou jaune pâle. Il présente un signe sous forme de croix sur la partie supérieure du pronotum et trois taches sombres sur la face interne des fémurs postérieurs, (fig. 1).



*Original*

**Fig. 1 :** *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815)

### I.1.3 - Cycle biologique

Le cycle biologique de *Dociostaurus maroccanus* passe par trois états successifs comme tous les autres acridiens : le développement embryonnaire, le développement larvaire et le développement imaginal (fig.2).

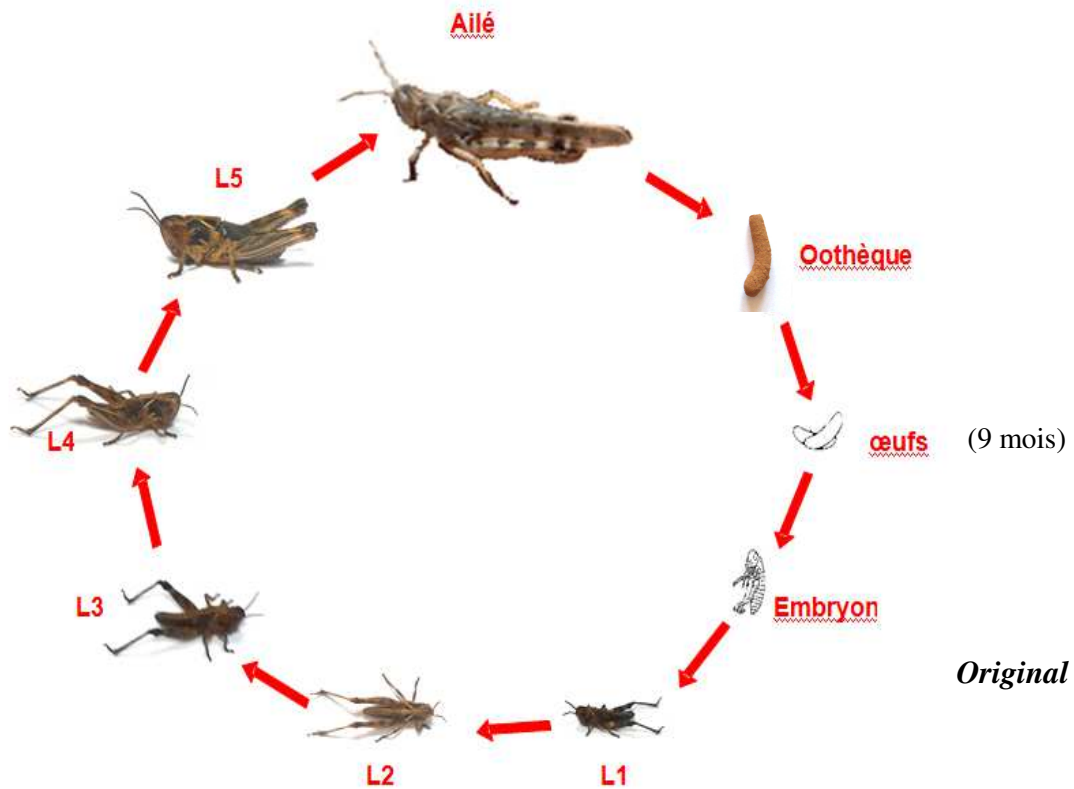


Fig. 2 : Cycle biologique du *D. maroccanus* (modifier)

#### I.1.3.1 – L'oothèque :

Après l'accouplement des adultes de *Dociostaurus maroccanus* (fig.3), les œufs sont pondus dans une oothèque (fig.4). Le criquet marocain présente une diapause embryonnaire extrêmement longue car la partie hypogée de son cycle dure 9 mois environ chaque année.

L'oothèque du Criquet marocain (Fig. 4) se présente comme un tube cylindrique solide, droit ou faiblement recourbé si des obstacles sont rencontrés au cours de la ponte. Elle mesure entre 16-24 mm et 32-42 mm de long, selon l'état de développement des œufs, avec un diamètre de 4 à 6 mm. L'oothèque peut être un peu épaissie à sa base (LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1992).

La ponte est protégée par une paroi de 0,3 à 1,0 mm d'épaisseur, constituée de particules de terre ou de petits grains de silice cimentés par les sécrétions des voies génitales femelles au moment de la ponte. La paroi est extrêmement dure dans la partie inférieure où se trouve la grappe ovigère. Elle est plus mince et fragile au niveau du bouchon spumeux (DURANTON *et al*, 1982).

### I.1.3.2 - Développement embryonnaire

Le développement embryonnaire est régi par un complexe polyfactoriel thermohydrique et édaphique. La température élevée accélère la croissance de l'embryon au printemps, après la levée de la diapause.

L'action défavorable des pluies d'automne sur les œufs de *D. maroccanus* est également signalée par UVAROV (1977).

Au printemps, le développement des œufs est soumis aux mêmes facteurs principaux : la température et l'humidité du sol.



*Original*

**Fig. 3 :** Accouplement et ponte chez *D. maroccanus*



*Original*

**Fig. 4 :** Oothèques de *D. maroccanus*

### I.1.3.3 - Développement larvaire

Le développement larvaire de *D. maroccanus* se fait en cinq stades (fig. 2, 5a et 5b). La durée de développement de ces stades est en moyenne de 28 à 38 jours selon les facteurs du milieu, notamment la température élevée qui accélère le développement des larves tandis que l'augmentation de l'humidité relative de l'air leur est néfaste. LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992), constate qu'une forte mortalité (55 à 80 %) résulte des conditions écologiques défavorables pendant la vie des deux premiers stades, notamment la grêle qui est particulièrement fatale aux néonates.



*Original*

**Fig. 5a** : Larve de 5<sup>ème</sup> stade



*Original*

**Fig.5b** : Bande larvaire de criquet marocain

### **I.1.3.4 - Développement imaginal.**

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

D'après LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992), la femelle s'accouple au moins quatre fois avant de déposer sa première oothèque. Les individus ne s'accouplent que pendant le jour, entre 9 h et 20 h.

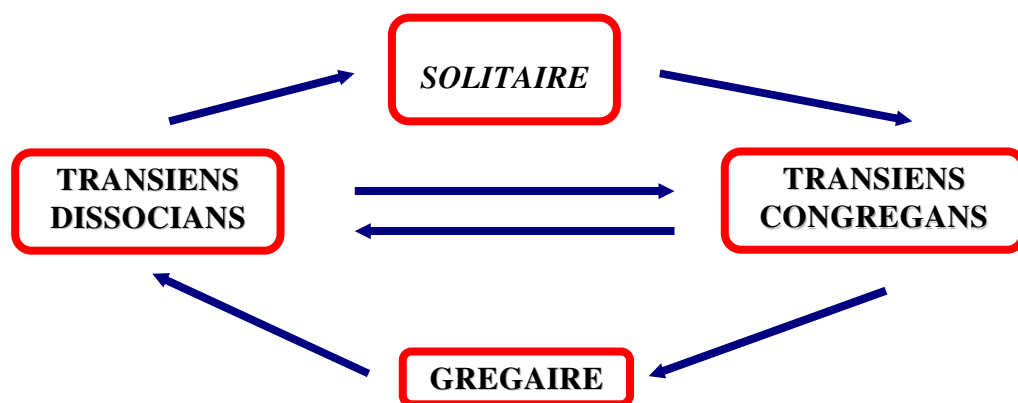
BENHALIMA (1983) et BENFEKIH (1993), signalent que les femelles de Criquet marocain pondent deux à trois fois.

### **I.1.4 - Polymorphisme phasaire**

#### **I.1.4.1 - Théorie des phases**

La définition de la théorie des phases peut s'énoncer de la façon suivante : Une espèce caélifère grégariapte donnée peut se trouver dans la nature sous deux états extrêmes appelés phases, très différentes l'une de l'autre (MOUMENE, 2002), (DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE, 1994).

Chez une population de criquet grégariapte, la grégarisation s'accomplit progressivement; il faut plusieurs générations pour qu'elle s'installe d'une manière durable (CHARA, 1995b). Dès que le grégarisme s'amorce, l'insecte commence à subir des transformations sur le plan morphologique, et au bout d'un certain temps, il aura la forme d'un individu complètement grégaire.



Les différentes phases sous lesquelles peuvent se présenter les locustes ont été décrites par UVAROV et ZOLOTAREVSK in CHOPARD (1930).

### **a) Phase solitaire**

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

### **b) Phase transiens**

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

### **c) Phase grégaire**

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

Le passage d'une phase à une autre est lent et ne peut s'effectuer que sur plusieurs générations successives. Lors de la transformation phasaire, l'insecte subit des changements morphologiques, éthologiques, écologiques, anatomiques et physiologiques; ces changements sont régis essentiellement par le facteur densité des individus (CHARA, 1995b).

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

## **I.1.4.2 - Processus de transformation phasaire**

Le passage des acridiens de la phase solitaire à la phase grégaire se réalise dans la nature suivant trois étapes successives : densation, multiplication et grégarisation.

### **a) Densation**

ALBERCHT (1967), a montré que lorsqu'il y a des dessèchements progressifs du tapis végétal, les criquets se dirigent vers les taches de végétation qui persistent dans des zones d'accumulation des eaux, se traduisant par la suite par une concentration des individus. Le processus de concentration peut conduire à une augmentation de la densité; c'est le principal facteur déclenchant le grégarisme. D'après DURANTON et *al* (1982a), les individus grégaires ou solitaires peuvent être obtenus à partir d'une même ponte simplement en élevant les larves nouveau-nées en groupes ou isolées.

Les premières modifications divergentes sont renforcées si la même contrainte est imposée à la génération suivante.

## **b) Multiplication**

La reproduction des individus est réalisée selon trois étapes : La maturation des adultes, le développement embryonnaire et le développement larvaire. D'après DURANTON et *al* (1987), la multiplication est favorisée par le maintien de conditions écologiques favorables à l'espèce durant toutes ses étapes.

## **c) Grégarisation**

Le contact entre individus augmente et déclenche le grégarisme qui conduit les criquets à des mutations par transformations morphologique, biologique, anatomique, physiologique, écologique et éthologique.

D'une manière générale, le conditionnement à l'agrégation et au déplacement des larves solitaires exige un entraînement plus prolongé chez *Locusta migratoria*. Il faut 4 heures à peine pour regrouper des individus de *Locusta migratoria* alors que 30 minutes suffisent pour apparaître les premières manifestations du comportement grégaire chez *Schistocerca gregaria* (ALBRECHT, 1967).

### **I.1.4.3 - Modifications phasaires**

Les différences phasaires s'expriment dans la couleur, la morphologie et le comportement ainsi que dans les aspects relevant de la biologie et de la physiologie des larves et des ailés (ALBRECHT, 1967; SKAF, 1972 ; DURANTON et *al*, 1982b ; LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1992 ; CHARA, 1995a).

#### **a) Modifications morphologiques**

Lors du passage de la phase solitaire à la phase grégaire plusieurs transformations morphologiques interviennent, telle que la taille des individus, car les grégaires chez *Dociostaurus maroccanus*, *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria*, ont généralement une taille moindre que les solitaires. Les variations de taille sont à rapprocher des différences du métabolisme de croissance des œufs, des larves et des ailés.

Pour ce qui est de la pigmentation, il y a une distinction chromatique entre les individus solitaires et les individus grégaires, car ces derniers ont une pigmentation plus claire que les solitaires chez *Dociostaurus maroccanus* contrairement à *Schistocerca gregaria* et à *Locusta migratoria*.

#### **b) Modifications physiologiques**

Les individus grégaires ont un métabolisme plus élevé que les solitaires. Les grégaires consomment davantage de nourriture chaque jour, produisent des œufs plus gros et en nombre plus restreint que les solitaires.



### c) Modifications éthologiques

Les formes grégaires occupent une aire géographique plus étendue que celle des solitaires. Ces derniers mènent une vie isolée tandis que les grégaires se rassemblent pour former des essaims d'ailés ou de bandes larvaires à l'intérieur desquels les individus adoptent le même comportement que leurs congénères.

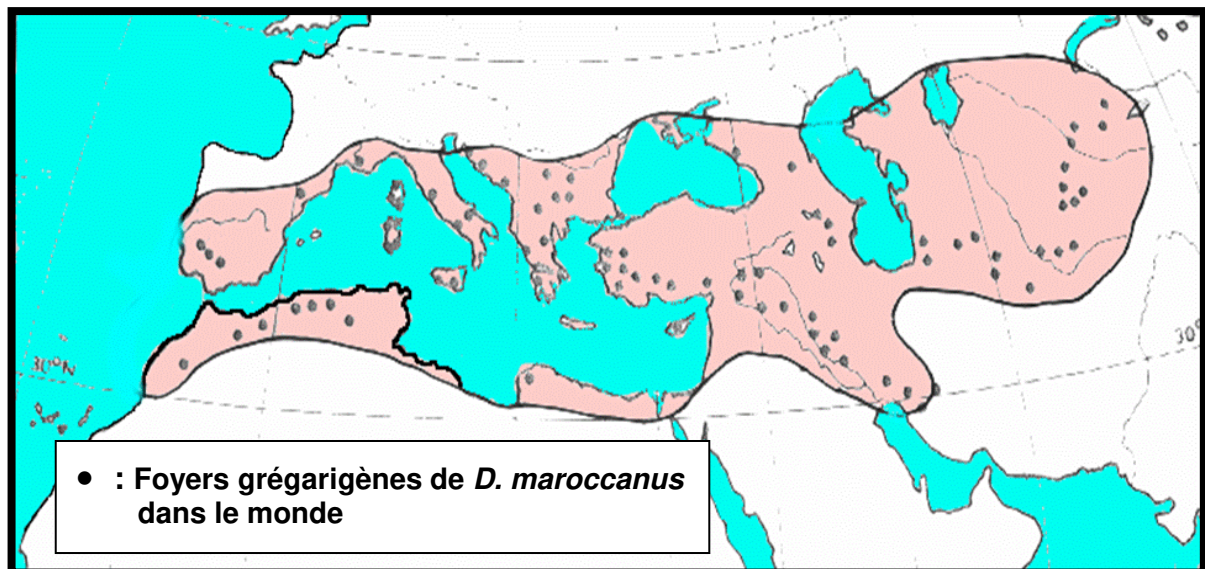
### d) Modifications écologiques

Les exigences écologiques des individus sont plus marquées chez les solitaires. En effet ils ne se rencontrent en période de rémission que dans des régions limitées dans l'espace. Par contre, en période d'invasion, les criquets grégaires ont une plasticité écologique plus large, ce qui leur permet de coloniser des territoires très étendus.

## I.1.5 - Répartition géographique de *Dociostaurus maroccanus*

### a) Dans le monde

Le criquet marocain est réparti dans l'ensemble du pourtour méditerranéen et en Russie. On peut l'observer également au niveau des Iles Canaries jusque l'Asie centrale soviétique en passant par le Maroc, l'Algérie, la France, l'Espagne, la Turquie, la Syrie, l'Irak, l'Iran et l'Afghanistan. (Fig. 6)



**Fig. 6 :** Répartition géographique de *D. maroccanus* dans le monde d'après LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1992

## b) En Algérie

L'aire de répartition est très grande en Algérie, il est présent dans les étages bioclimatiques sub-humide et semi aride, notamment les hauts plateaux dont la pluviométrie est comprise entre 250 et 400 mm/an. Tous les foyers grégarigènes de criquet marocain sont définis par PASQUIER (1934 – 1937), DOUMANDJI-MITICHE B. et *al* (1992) et répertoriés par l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El Harrach (ANONYME, 2007). Il se trouve dans les Wilayate de Tlemcen, Sidi Bel Abbes, Saïda, Mascara, Tiaret, Chlef, Tissemsilt, Médéa, Djelfa, M'Sila, Bordj Bou Arreridj, Sétif et Batna (Fig. 7)

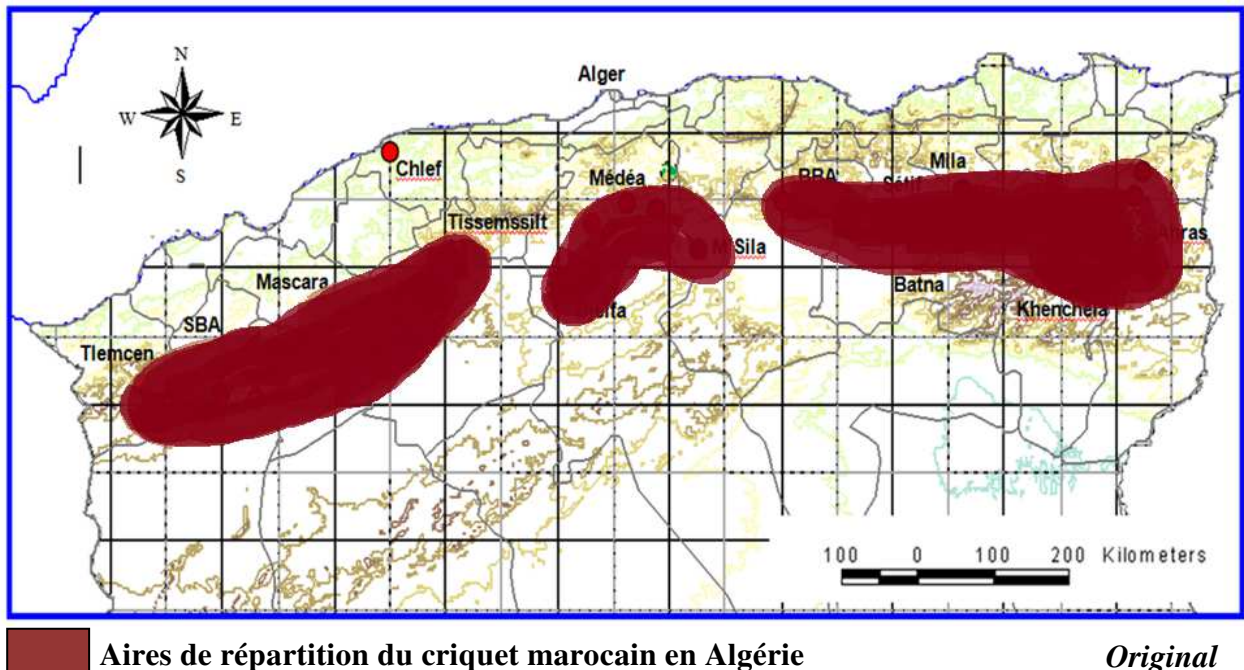


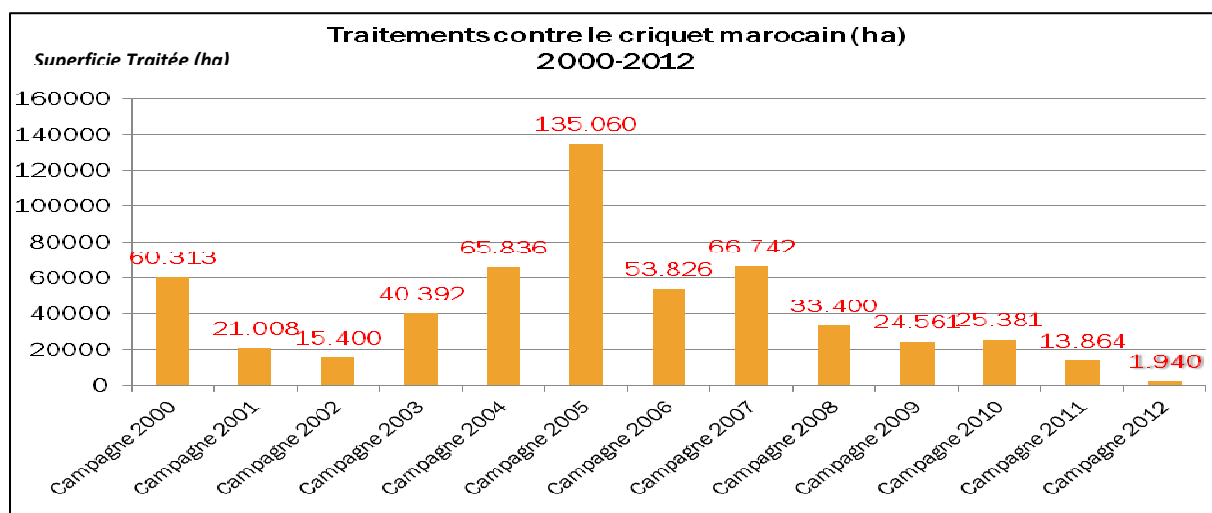
Fig. 7 : Répartition géographique de *D. maroccanus* en Algérie

### I.1.6 - Importance économique

C'est l'extrême polyphagie du Criquet marocain qui l'a placé parmi les importants ravageurs des cultures, parce que les larves comme les imagos peuvent attaquer une cinquantaine d'espèces végétales, les pâturages et les cultures céréalières sont toujours les plus endommagés.

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

Les superficies infestées varient de quelques dizaines à quelques centaines de milliers d'hectares. En Algérie les Wilayas les plus touchées par des pullulations de criquet marocain sont celles de l'Ouest (INPV, 2002 et 2007), cette infestation est traduite par des superficies traitées (Fig. 8).



**Fig. 8 :** Traitements réalisés contre les pullulations de criquet marocain durant entre années 2000 – 2012 (INPV, 2013)

### I.1.7 - Facteurs favorisant la pullulation du *Dociostaurus maroccanus*

#### a) Facteurs biotiques

➤ **Facteurs nutritionnels :** Ils influent sur la fécondité des femelles car cette dernière est largement conditionnée par :

##### ❖ La disponibilité de la nourriture

Une végétation qui persiste verte très longtemps, permet aux femelles d'augmenter leur longévité et par conséquent de se reproduire plusieurs fois au cours de leur vie.

##### ❖ La qualité de la nourriture

Une nourriture de qualité permet aux femelles d'optimiser leur rendement ovarien, c'est-à-dire de produire le maximum d'œufs par ponte. Cet effort de production d'œufs peut également se maintenir pendant plusieurs pontes.

##### ➤ Facteurs de mortalité :

En dehors des composants climatiques, les autres facteurs de mortalité qui tendent à limiter les effectifs de populations d'orthoptères sont soit des agents causant des maladies, soit des prédateurs invertébrés ou vertébrés (DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE, 1994).

#### b) Facteurs abiotiques

Ce sont surtout les pluies, les températures et les vents qui influent le plus sur la dynamique des populations acridiennes.

#### ◆ Pluies :

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

#### ◆ Température :

Quand les températures sont très basses, elles ralentissent le développement des acridiens aux différents stades de leur cycle, elles peuvent même devenir létales (CHARA, 1995a).

#### ◆ Vents :

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

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

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

## **I.2 - Données bibliographiques sur *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* (Deuteromycotina : Hyphomycetes)**

### **I.2.1 - Historique**

En Algérie, ce champignon a été isolé la première fois à partir d'un criquet pèlerin capturé au niveau d'un pivot à la station de Zaouiet Kounta dans la région d'Adrar. L'isolement a été réalisé au niveau du département de Botanique de l'Institut National Agronomique d'Alger (DOUMANDJI - MITICHE *et al.*, 1997a).

D'après AMOURIQ (1973), le genre *Metarhizium* est le premier champignon entomopathogène utilisé par METCHNIKOFF en 1879, contre les insectes nuisibles à l'agriculture.

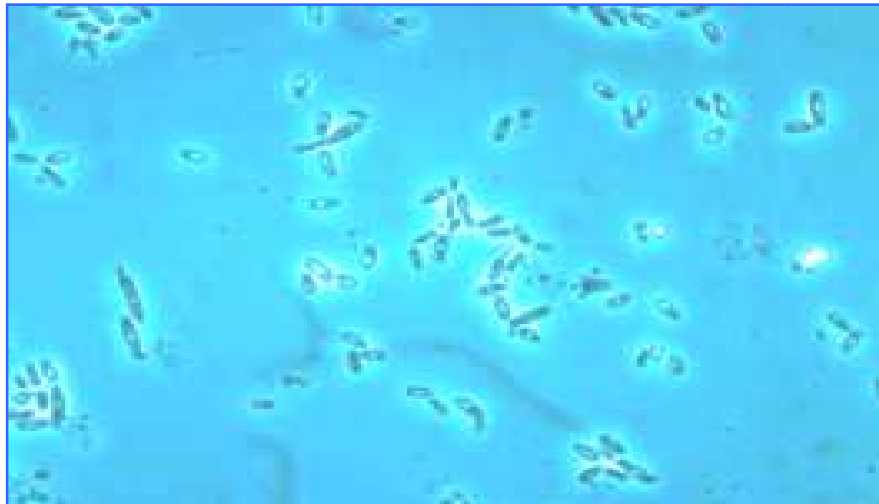
Dans le but de recherche des méthodes alternatives à la lutte chimique, le projet LUBILOSA (Lutte biologique contre les Locustes et les Sauteriaux) a mis au point un mycopesticide appelé GREEN MUSCLE®. Il s'agit d'un champignon entomopathogène, *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* Gams & Rozsypal (Deuteromycotina : Hyphomycetes) obtenu à partir des spores d'un insecte mort. Ce champignon spécifique aux espèces de criquet à antenne courtes (Acridoidea : Acrididae et Pyrgomorphidae), il est préparé sous forme de poudre sèche ou en forme de concentration huileuse des spores. Les spores de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* peuvent être facilement produites en masse.

### I.2.2 - Position systématique et morphologie du *Metarhizium anisopliae* :

*Metarhizium acridum* est un champignon imparfait qui présente d'après GREATHEAD *et al.* (1994) la classification suivante :

- Sous embranchement : Deuteromycotina
- Sous classe : Deutéromycètes
- Ordre : Moniliales
- Famille : Moniliaceae
- Série : Sympodulosporae
- Genre : *Metarhizium*
- Espèce : *M. anisopliae*

D'après ZIMMERMAN (1993), *Metarhizium anisopliae* peut être aisément identifié par les conidies cylindriques vertes de longueur variant de 5 à 8 µm, qui sont produites en chaînes et qui forment une couche compacte de spores. Les souches de ce champignon forment des conidies particulièrement allongées (AMOURIQ, 1973), (Fig. 9)



(KOUASSI, 2001)

**Fig. 9 :** Conidies de *Metarhizium anisopliae*

### I.2.3 - Les voies d'infection par *Metarhizium anisopliae*

L'infection par les champignons entomopathogènes se fait par la pénétration des conidies dans l'hôte par les différentes voies : par la cuticule, les stigmates et par voie digestive. La mort de l'insecte survient en générale après l'infiltration des différents tissus par les filaments mycéliens (AMOURIQ, 1973, INGLIS *et al.*, 1997). D'après PAILLOT (1933) *ces champignons* infectent le système respiratoire et le système alimentaire.

#### **I.2.4 - Symptomatologie et mode d'action des champignons entomopathogènes**

Les symptômes d'un criquet atteint par *Beauveria* ont été décrites par NOURZHANOV *et al.*, 1987 in LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992). L'insecte s'alimente peu, perd le contrôle de ses mouvements, ses pattes sont agitées de tremblement puis une paralysie générale survient. Une teinte cramoisie se surimpose à la coloration générale du corps. Le criquet meurt intoxiqué par des toxines produites par les blastospores qui se sont multipliées dans l'hémocoel. La tête, le pronotum et l'extrémité abdominale se couvrent d'un mycélium de couleur blanchâtre et d'aspect velouté.

#### **I.2.5 - L'infectivité des champignons entomopathogènes**

L'infection des champignons entomopathogènes passe par trois phases successives :

##### **a) Phase d'adhésion**

Certains auteurs, PAILLOT (1933), FERRON *et al.* (1991); montrent que les spores des champignons entomopathogènes se fixent sur le tégument de l'insecte et germent lorsque les conditions du milieu optimales sont favorables.

##### **b) Phase de germination**

Elle dépend directement des caractéristiques thermohydriques (24 à 29°C et 50 à 58 % d'humidité).

##### **c) Phase de pénétration**

D'après FERRON *et al.* (1991), le mode de pénétration des champignons entomopathogènes est finalement très comparable à celui de la plupart des champignons phytopathogènes. Ce processus faisant intervenir des forces mécaniques et hydrolyses enzymatiques.

#### **I.2.6 - Les facteurs limitant l'efficacité des champignons acridopathogènes comme agents de lutte biologique**

##### **a) Les facteurs de l'environnement**

Parmi les facteurs interagissant dans les écosystèmes du sol, la matière organique et inorganique, la microflore et la microfaune antagonique et le pH peuvent affecter la persistance des pathogènes fongiques (FERRON *et al.*, 1991).

AMOURIQ (1973), a montré que la température et l'humidité du milieu jouent un rôle important dans la conservation du pouvoir germinatif des spores, leur dissémination et leur germination. D'après PAILLOT (1933), les conidies de *Beauveria bassiana* conservées à l'air sec ne perdraient le pouvoir germinatif qu'au bout de 3 ans environ.

## **b) Les facteurs liés au pathogène**

PICARD in PAILLOT (1933), a montré que la virulence des champignons pour une espèce d'insecte déterminé est variable. Elle peut être atténuée par repiquage successif sur milieu artificiel, ou la renforce par passage à travers l'organisme nuisible. La capacité de survie a également une influence. De nombreux champignons entomopathogènes formant des structures de résistance peuvent être importants pour la survie et la régénération de la population du pathogène (FERRON *et al.*, 1991).

## **c) Les facteurs dépendants de l'hôte**

Selon FERRON *et al* (1991), il existe une sensibilité des populations envers *Beauveria bassiana* chez plusieurs ordres d'insectes. Tous les stades de développement de l'insecte depuis l'œuf jusqu'à l'adulte sont généralement sensibles à l'infection par les champignons mais cette sensibilité dépend du stade de l'infection et varie au sein d'une même espèce hôte.

### **I.2.7 - Production, formulation du *Metarhizium anisopliae***

#### **a) Production**

Comme tous les champignons entomopathogènes, *B. bassiana* et *M. anisopliae* sont cultivés sur un milieu soit naturel ou artificiel, soit en culture de surface ou submergé. La meilleure méthode économique de production en masse, demeure celle réalisée en milieu liquide qui permet d'obtenir des blastos (KLEESPIES et ZIMMERMAN, 1992).

#### **b) Formulation**

Il y a plusieurs formulations, soit de substance aqueuse, huileuse à base végétale, soit une formulation faite à base de poudre d'argile avec de l'eau. Cette dernière formulation est inappropriée pour la lutte contre les Locustes. Elle se dessèche rapidement dans les conditions semi-arides (PRIOR, 1993). Dans ce cas on utilise des huiles végétales ou minérales, car les champignons entomopathogènes sont beaucoup plus efficaces à l'égard de leurs hôtes dans une suspension huileuse qu'aqueuse (BATEMAN, 1991).

#### **c) Conservation**

Selon SWEARINGER (1993), la conservation des spores de *B. bassiana* et *M. anisopliae* est faite en formulation à base de poudre d'argile avec de l'eau. D'après LOMER et PRIOR, (1991), la conservation de ces champignons est meilleure en formulation huileuse car elle évite la nécessité traditionnelle de maintenir une humidité élevée pour le champignon.

## **I.2.8 - Gamme d'hôtes**

D'après FERRON et *al.* (1991); GEOTTEL (1991), il existe plus de 700 espèces d'insectes dans le monde qui peuvent être attaquées par ces champignons. En effet, il y a plusieurs espèces à partir desquelles des isollements de *B. bassiana* et de *M. anisopliae* ont été effectués. Ces champignons sont donc largement répandus.

## **I.3 - Données bibliographiques sur *Melia azedarach* L**

### **I.3.1 – Origine et répartition dans le monde :**

Le Neem est un arbre « miracle », « universel » et « aux milles vertus » (VALLET, 2006). C'est un arbre de la famille des Méliacées originaire d'Inde orientale (BELANGER et MUSABYIMANA, 2013) et plus précisément de l'Himalaya. Ce genre d'une unique espèce, très variable, couvre toute l'Asie, de l'Irak jusqu'au Japon et vers le sud, l'Australie (BOSSARD et CUISANCE, 1984).

Il est utilisé depuis des milliers d'années, pour ces extraordinaires propriétés insecticides, médicinales et cosmétiques. Un texte de médecine traditionnelle Indienne (Brihat Samhita de Varrahmihira) recommandé même de planter un neem près de chaque maison.

Des textes sacrés hindous parlent du « sarve roga nirvarini », qui signifie « Celui qui guérit toutes les maladies ». En langage populaire le neem s'appelle « la pharmacie du village » car tout est bon en lui : feuilles, fruits, écorce, grains et racines.

### **I.3.2 – Classification botanique :**

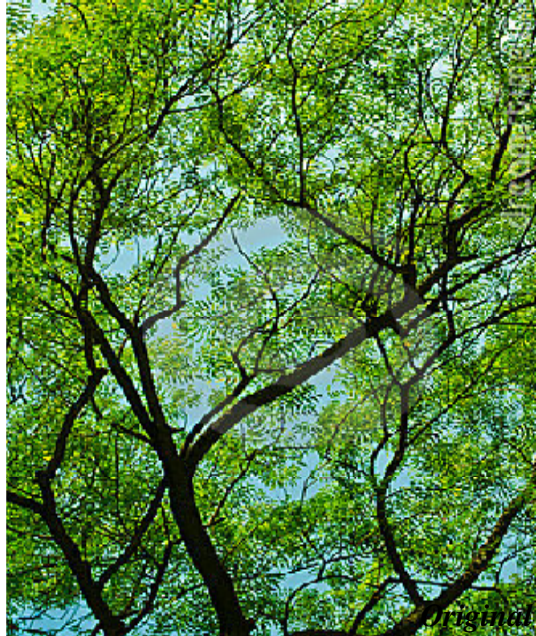
Selon GUIGNARD (1994), *Melia azedarach* fait partie de :

- Règne : Plantae
- Embranchement : Spermaphytes
- Sous embranchement : Angiospermes
- Classe : Magnolopsida
- Sous classe : Rosidae
- Ordre : Sapindales
- Famille : Meliaceae
- Espèce : *Melia azedarach*



### I.3.3 – Description botanique :

Le Neem est un arbre sauvage de 6 à 8 m (fig. 10), cime étalée, à tronc crevassé dont la croissance est rapide et la durée de vie très longue puisqu'il peut vivre deux siècles (SAGOUA, 2009).



**Fig. 10 :** Arbre de *Melia azedarach*

### I.3.4 – Feuille :

Le Neem présente des feuilles alternes, pétiolées et bipennées, de 30 à 70 cm de longueur (fig. 11). De nombreuses folioles, glabres, ovales à lancéolées, dissymétriques à la base, longuement acuminées, de 3 à 5 cm de longueur, bords dentés ou lobés (BOSSARD et CUISANCE, 1984).



*Original*

**Fig. 11 :** Les feuilles et fruits de *M. azedarach*

### **I.3.5 – Fleurs :**

Odorantes, elles sont longuement pédonculées de 1.5 à 2 cm de diamètre (BOSSARD et CUISANCE, 1984), (Fig. 12)



**Fig. 12 :** Les fleurs de *M. azedarach*

## **I.4 – Données bibliographiques sur le Triflumuron**

### **1.4.1 – Généralités sur les dérégulateurs de croissance (IGRs ou Insect growth regulators)**

Les dérégulateurs de croissance des insectes sont classés en deux catégories : les analogues d'hormones juvéniles et les inhibiteurs de la synthèse de la chitine (GORDON *et al.*, 1989 cité par ALLACHE, 2005).

### **1.4.2 – Les analogues d'hormones juvéniles**

L'action la plus commune des analogues d'hormones juvéniles est l'inhibition de la métamorphose. Cette perturbation se présente par une augmentation ou une diminution artificielle des titres de l'hormone à des stades de développement où ces titres sont normalement faibles ou élevés (CUSSON et PALLI, 2000 cité par ALLACHE, 2005).

D'après DORN *et al.*, (1994), des études menées en laboratoire ont montré qu'une série de substances analogues aux hormones juvéniles, dont notamment le fenoxycarbe, sont des agents efficaces de lutte contre les locustes migrateurs *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria*. Elles accroissent le taux de mortalité et interrompent la métamorphose. Leur impact est considérable sur la morphologie phasaire des locustes «grégaires», ainsi que sur leur comportement phasaire et les processus du métabolisme lipidique qui y sont liés. Nombre

de ces effets peuvent être interprétés comme un décalage de la phase grégaire à la phase solitaire.

### **1.4.3 – Les inhibiteurs de la synthèse de la chitine**

Ces produits organiques de synthèse, de la famille des benzoyl urées (téflubenzuron, triflumuron, diflubenzuron, etc.), inhibent, chez les insectes, le processus d'élaboration de la chitine, principale composante de la cuticule. Ils agissent essentiellement par ingestion et tuent les larves au moment de la mue. L'action acridicide est différée, en revanche, la rémanence du produit peut atteindre quelques semaines. Susceptibles d'être appliqués en ultra bas volume (UBV), les IGRs peuvent être préconisés contre les jeunes bandes larvaires de locustes, en traitements en barrières (LUONG-SKORMAND *et al.*, 1999).

D'après GRAF *et al.*, (1989), ils sont essentiellement des larvicides d'ingestion, mais ils ont aussi une action ovicide par contact. Ils perturbent le dépôt de chitine dans la cuticule en provoquant les lésions graves du tissu endocuticulaire. Par conséquent, la cuticule ne résiste pas à la tension musculaire au moment de la mue, les larves ne peuvent pas évoluer, elles meurent. Du fait de son mode d'action sur la mue, ils ne sont pas efficaces vis-à-vis des adultes.

DOBSON (2001), signale qu'ils ne présentent pas de danger pour les mammifères (l'OMS les classe dans la catégorie « Risque aigu improbable dans des conditions normales d'utilisation ») et ont peut d'effet sur d'autres organismes vivants tels que les oiseaux et les poissons. Ils sont également très sélectifs puisque leur action se fait principalement par ingestion. Les insectes phytophages reçoivent donc une dose plus élevée que les insectes utiles comme les guêpes ou les abeilles prédatrices. Les inhibiteurs de croissance sont rémanents et restent actifs sur la végétation pendant plusieurs semaines; ce sont donc des produits efficaces pour les traitements en barrières. Cependant, leur action est lente, ils tuent certaines espèces d'arthropodes d'eau douce et ils ne sont pas efficaces contre les ailés puisque leur mue est achevée.

Les inhibiteurs de la croissance ne peuvent être utilisés que contre les bandes larvaires, les ailés n'étant guère touchés. Leur action lente les rend impropres à la protection des cultures menacées. Leur spectre d'activité assez étroit (=sélectivité) les rend intéressants au point de vue de l'environnement, mais en raisons de leurs effets adverses sur les crustacés, il faut éviter les pulvérisations des eaux de surface. Les benzoyl-urées ont une rémanence importante sur le feuillage qui permet d'effectuer des opérations de lutte très efficaces en pulvérisation en barrière propre à éliminer les larves. La pulvérisation en barrière présente l'avantage que seule une partie des zones importantes doit être traitée pour limiter la survie de bandes larvaires non identifiées. La sélectivité et l'étendue des zones non traitées entre les barrières réduisent l'impact sur les espèces non visées SCHERER et CELESTIN (1997).

Selon le même auteur (1995), la lutte par pulvérisation en barrière est complexe car il faut optimiser davantage un plus grand nombre de variables que dans le cas de la pulvérisation

globale. Le dosage et la largeur des intervalles, la direction des barrières sont des facteurs qui doivent être soigneusement pesés et qui dépendent du type de végétation, de la direction du vent et du stade de développement.

D'après SCHERER et CELESTIN (1997), de bons résultats ont été obtenus avec des traitements de diflubenzuron et de triflumuron à Madagascar sur *L. migratoria* dans une végétation éparses. Ils ont montré que ces benzoyl urées ont un effet rémanent suffisamment long pour être utilisés en traitement par barrières contre des bandes larvaires de cet acridien.

DOBSON *et al.*, (1997), signalent que l'application manuelle de ces dérégulateurs de croissance est supérieure aux épandages aériens en barrière pour les surfaces contaminées inférieures à 10000 hectares en raison de son moindre coût, du fait que le produit se dépose de manière plus uniforme et que les agricultures participent ainsi eux-mêmes à la lutte antiacridienne.

### **1.5 – Données bibliographiques sur l'hémolymphe**

Selon DURANTON *et al.* (1982a), le sang des acridiens ou hémolymphe n'est pas entièrement canalisé dans les vaisseaux comme chez les vertébrés. Il remplit la cavité générale du corps (hémocoèle) et la lumière centrale des appendices. Le sang circule sous faible débit grâce aux pressions engendrées par les mouvements du corps et les effets d'un vaisseau dorsal pulsatile, appelé par rapprochement avec les vertébrés « coeur ».

L'hémolymphe des insectes, qui comprend le plasma et de nombreux types d'hémocytes nucléés est le seul liquide extracellulaire circulant dans le corps. Son volume est extrêmement variable selon les espèces : le sang peut représenter entre 1 à 45 % du poids total de l'insecte. L'augmentation en volume de l'hémolymphe à la fin de l'intermue favorise la rupture de la vieille cuticule avant qu'elle ne durcisse. Peu après la mue, le volume de l'hémolymphe diminue nettement (RACCAUD-SCHOELLER, 1980).

Le plasma est un mélange d'eau, de protéines, de glucides et d'acide urique. Il contient quelques éléments non organiques : du potassium, du sodium, du manganèse, du calcium et plus rarement du cuivre. Sa densité est supérieure à celle de l'eau : 1,02 à 1,03 g/ml. La pression osmotique oscille entre 4 et 13 atmosphères. Les hémocytes sont les principales cellules en suspension dans le plasma auxquels s'ajoutent quelques cellules adipeuses et des débris tissulaires. La densité cellulaire varie de 7000 à 20000 cellules par mm<sup>3</sup> de plasma. Les hémocytes ne sont pas distribués au hasard mais assemblés pour l'essentiel en agrégats en particulier sur le diaphragme dorsal. Certaines cellules ont un rôle dans la coagulation du plasma en cas de blessure, la lutte contre l'infection bactérienne ou certains parasites internes. On connaît au moins quatre types principaux d'hémocytes selon la taille du noyau, la forme général du cytoplasme, les qualités tinctoriales, mais il s'agit vraisemblablement d'une suite ontogénique, c'est-à-dire des différentes phases d'évolution d'une même cellule (DURANTON *et al.*, 1982) (fig.19).

RACCAUD-SCHOELLER (1980), signale que la composition glucidique de l'hémolymphe est présentée par de faibles quantités de sucres réducteurs, mais par contre des quantités importantes de tréhalose. Parmi les constituants azotés du sang, peuvent se trouver parfois en quantité élevée, des produits terminaux du métabolisme : acide urique, allantoïne, acide allantoïque, urée, ammoniac. Mais surtout, l'acido-aminoacidémie très élevée apparaît. La concentration en protéines est comparable à celle observée chez les vertébrés.

Les protéines de l'hémolymphe sont essentiellement synthétisées par le corps gras, sous le contrôle des cellules neurosécrétrices de la pars intercerebralis et des corpora allata. Chez les femelles, les protéines serviront lors de la vitellogenèse, étant absorbées par les ovocytes et incorporées dans le vitellus. Il faut noter parmi les protéines de l'hémolymphe, une forte proportion de protéines enzymatiques : amylases, estérases, enzymes protéolytiques et oxydoréductases.

Selon DURANTON *et al.* (1982), l'hémolymphe est généralement blanchâtre, jaune ou verte chez les criquets, bien qu'elle puisse être rouge chez d'autres insectes comme les larves de chironomes (Diptères). Elle ne sert pratiquement pas aux échanges gazeux. Elle assure certaines fonctions du métabolisme intermédiaire et transporte des substances chimiques nutritives ou porteuses d'information. Le PH varie de 6,0 à 7,5. Ses principales fonctions sont d'ordre :

- **Trophique** : transport des nutriments, aliments directement utilisables par les cellules.
- **Hormonal** : transport des hormones des organes producteurs aux organes cibles, destinés à en subir les effets en modifiant leur activité.
- **Mécanique** : maintien de la turgescence de l'acridien et des organes en place,
- **Immunitaire** : défense contre les bactéries, les virus ou autres agressions internes,
- **Cicatrisante et réparatrice** en cas de lésions.

## **Chapitre II : Historique et synthèse bibliographique sur la lutte contre le criquet marocain et les zones de reproduction de cet acridien en Algérie.**

### **II.1 - Organisation et de la lutte antiacridienne en Algérie :**

Jusqu'au début des années 1930, l'Algérie était soumise à de très graves invasions d'acridiens, dont le mécanisme n'était pas élucidé (MAUREL & DEFAUT, 2012).

Après l'indépendance, la lutte antiacridienne a été confiée au Ministère de l'Agriculture. En effet, durant les premières années de l'indépendance, la lutte antiacridienne qui comprend la lutte contre le criquet pèlerin et la lutte contre le criquet marocain, était assurée par la Sous-Direction de la Protection des végétaux relevant de la Direction de la Production Végétale du Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire. Cette Sous-Direction était chargée de définir une stratégie à même de contenir le fléau acridien et d'organiser toutes les opérations de prospection et de lutte nécessaires. A cette époque, la gestion des moyens humains et matériels était centralisée au niveau d'une structure, existante déjà dans les années cinquante, appelée Dépôt de Lutte Antiacridienne (MAUREL & DEFAUT, 2012).

Le fléau acridien nécessite une intervention rapide avec des moyens considérables pas toujours disponibles au niveau de la structure en charge. Pour cela, la collaboration et l'implication de structures appartenant à d'autres Ministères que celui de l'Agriculture ont été jugées indispensables. C'est dans ce cadre qu'un Comité Interministériel de Lutte Antiacridienne (CILA) a été créé par décret présidentiel n° 67-177 du 31 Août 1967, portant création du Comité Interministériel de lutte Antiacridienne. Ce Comité, composé de représentants de différents ministères, était présidé par le Directeur de la Production Végétale du Ministère de l'Agriculture de la Réforme Agraire. La principale mission du CILA était de faciliter la lutte antiacridienne en proposant toutes mesures de nature à contribuer à la rapidité et l'efficacité de l'intervention des services compétents du Ministère de l'Agriculture et en veillant à leur exécution immédiate.

Avec la création du CILA, l'Algérie venait de se doter d'un important organe de décision qui allait permettre, par la suite, de rendre les opérations de lutte plus efficaces. Quelques années plus tard, l'importance stratégique de la protection des végétaux a conduit les Autorités compétentes à revoir son organisation de manière générale. C'est ainsi qu'au mois de Février 1975, fut créé l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) auquel était confiée la responsabilité de la lutte antiacridienne. Au sein de l'INPV, la gestion du problème acridien a été confiée au Département d'Intervention et Coordination (DIC). Après réaménagement des statuts par décret n°93-139 du 14 Juin 1993, les missions de l'INPV, pour ce qui est de la lutte antiacridienne ont été réaffirmées comme suit :

- organiser et conduire en période de rémission les opérations de surveillance et de lutte contre le criquet pèlerin en zones sahariennes ;
- élaborer et coordonner en période d'invasion la mise en œuvre et l'exécution des programmes de lutte notamment contre le criquet pèlerin et le criquet marocain.

➤ **En période d'accalmie**

La lutte préventive est assurée par des équipes spécialisées de l'INPV qui sillonnent le Sahara pour le criquet pèlerin et les zones de reproduction au niveau des hauts plateaux pour le criquet marocain, mobilisant de moyen de véhicules légers tous terrains et des véhicules lourds équipés d'appareils de traitement. Le déploiement des équipes de surveillance et de lutte sur le terrain s'opère en fonction des conditions écologiques qui sévissent dans les zones abritant le criquet pèlerin et le criquet marocain.

➤ **En période de forte activité (invasion)**

En période d'invasion, la lutte est placée sous le patronage du Comité Interministériel de Lutte Antiacridienne (CILA). Ce comité présidé par le Ministre chargé de l'Agriculture, regroupe neuf départements ministériels chargés de définir le programme national de lutte antiacridienne et de réunir les moyens nécessaires à son exécution. L'organisation de la lutte est régie par une instruction interministérielle n°1 du 13 Juillet 1988, relative à la prévention et à la lutte contre le criquet en période d'invasion. Au niveau central, l'organisation des opérations de lutte contre l'invasion a été assurée par le Poste de Commandement Central créé par décision ministérielle n°945 SM du 28 Juillet 1993. Le PCC est composé des représentants des Ministères suivants :

- Agriculture et du développement rural ;
- Défense nationale ;
- Intérieur et des collectivités locales ;
- Transports ;
- Santé, de la Population et de la Reforme Hospitalière ;
- Aménagement du Territoire et de l'Environnement ;
- Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique ;
- Poste et des Technologies de l'Information et la Communication ;
- Énergie et des mines

Le poste de commandement central de lutte antiacridienne s'est appuyé pour son fonctionnement, sur douze cellules opérationnelles regroupant les représentants des Ministères. Il a pour mission la mise à l'exécution des décisions du Comité Interministériel de Lutte Antiacridienne. A ce titre, il est chargé entre autres de concevoir et de mettre en œuvre le dispositif de prévention et de lutte contre l'invasion acridienne en Algérie. Pour la réalisation de ses missions, le PCC est relayé sur le terrain par des postes de commandement de wilaya (PCW). Ce dernier est institué par arrêté du Wali et placé sous son autorité directe et conduit les opérations de lutte et de prévention. Pour ce faire, il s'appuie sur les cellules communales placées sous l'autorité du président de l'Assemblée Populaire Communale.

## II.2 - Histoire de la lutte contre le criquet marocain en Algérie :

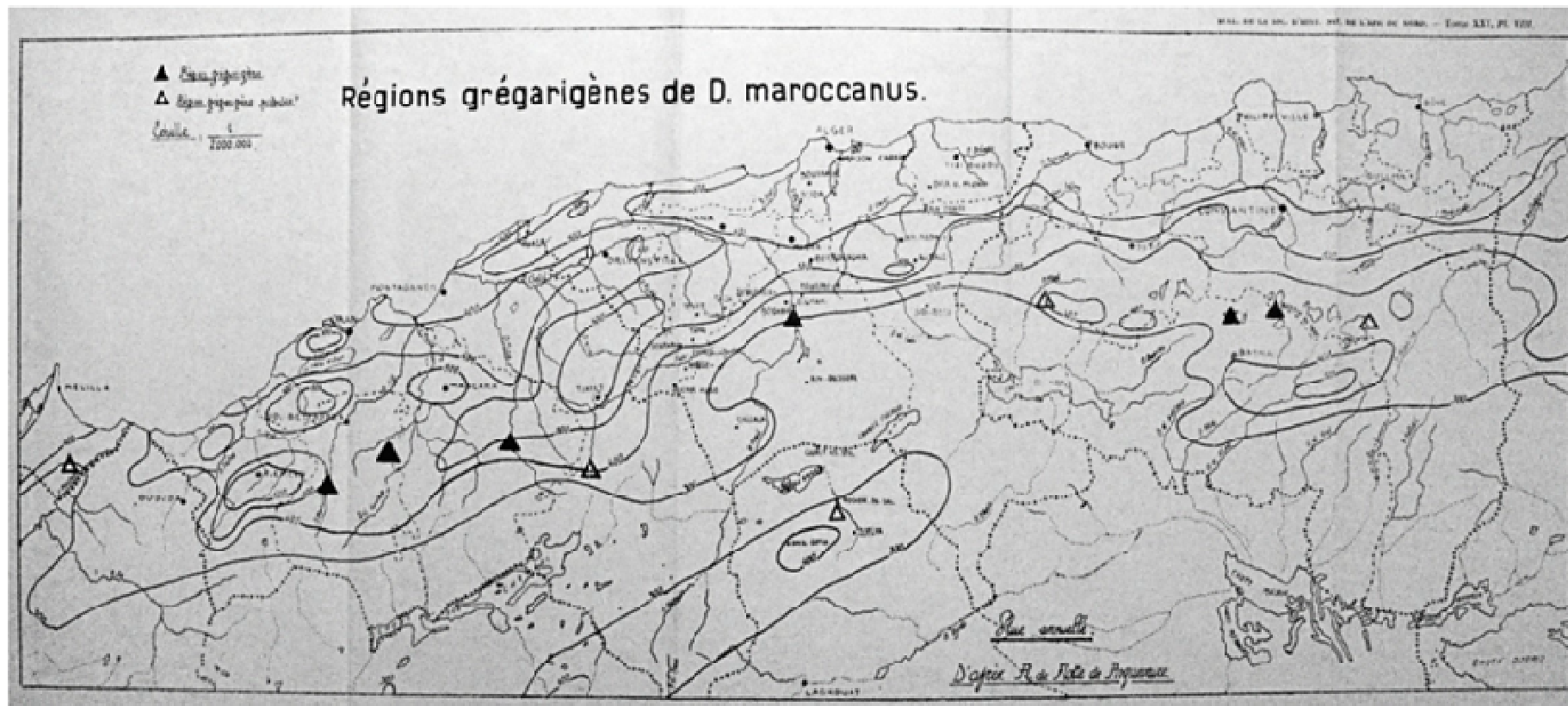
### II.2.1 - Travaux de Roger Pasquier :

Roger PASQUIER (12 janvier 1901 – 2 mars 1973) est le premier pionnier de l'acridologie appliquée à l'agriculture en Afrique du Nord et en Algérie. Pendant près de cinquante ans il a mené de front à l'*École d'agriculture* d'Alger l'enseignement de la zoologie agricole et des recherches en acridologie appliquée à l'agronomie.

Dans son milieu professionnel il s'est imposé rapidement par l'étendue de son savoir ; en toutes circonstances il était omniprésent, mais sans jamais se mettre en avant. C'était aussi un caractère entier, peu enclin à accepter les critiques. Il a été le premier à appliquer aux cultures algériennes les découvertes des entomologistes russes portant sur les phases chez les acridiens migrants. C'est dans la région de Ksar-el-Boghari (secteur des Hauts Plateaux) que R. Pasquier a été intrigué par des populations larvaires du criquet marocain, *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815), non homogènes du point de vue de la coloration. Il a fait la relation avec la découverte des phases chez *Locusta migratoria* Linnaeus (1758) par UVAROV (1922), et il a décidé d'étendre ses prospections dans les régions qui subissaient régulièrement des dégâts, d'abord les Hauts-Plateaux, ensuite la région de Djelfa, dans l'Atlas Saharien. Il a tout de suite réalisé l'importance de l'étude du milieu sur les pullulations et la grégarisation des insectes, et il a poursuivi des recherches tant administratives (surtout les rapports de Künckel d'Herculais) que scientifiques (botanique et climatologie). Il a alors déduit que ses premières observations se rapportaient vraisemblablement à des populations allochtones de *D. maroccanus* (PASQUIER, 1933).

En 1934, l'étude de la bioécologie du Criquet marocain dans les régions soupçonnées grégarigènes de Pasquier, aboutit à l'établissement d'une première carte des foyers grégarigènes (figure 13), situés de part et d'autre de l'isohyète 450 mm, c'est-à-dire dans les régions steppiques, et à l'instauration en Algérie de la « lutte rationnelle » : surveillance régulière des foyers de grégarisation, destruction des populations larvaires lorsqu'elles présentent une coloration sombre, annonciatrice de bandes grégaires (MAUREL, 2006).





Echelle : 2/1000 000

- ▲ Foyer grégarigène forte
- △ Foyer grégarigène faible

**Fig.13** : Première carte des foyers grégarigènes de *Dociostaurus maoccanus* en Algérie (Pasquier, 1934)

Pasquier a divisé l'aire grégarigène du criquet marocain en trois départements :

1°) Zone oranaise (Ouest algérien) : Cette zone comprend quatre régions grégarigènes assez largement séparées :

- a) Région grégarigène des Oueds Melrir et Sefioun. C'est vers le Nord de celle-ci (E. de M'Gid, S.E. de Mercier-Lacombe) que l'activité grégaire a été la plus marquée. Dans le Sud aux environs de l'Ain Tiddès.
- b) Région grégarigène de l'Oued El Abd (Secteur W. de Tagremaret)
- c) Région grégarigène de Slissen et de Magenta.
- d) Région grégarigène du massif de Tlemcen, se poursuit en territoire marocain.

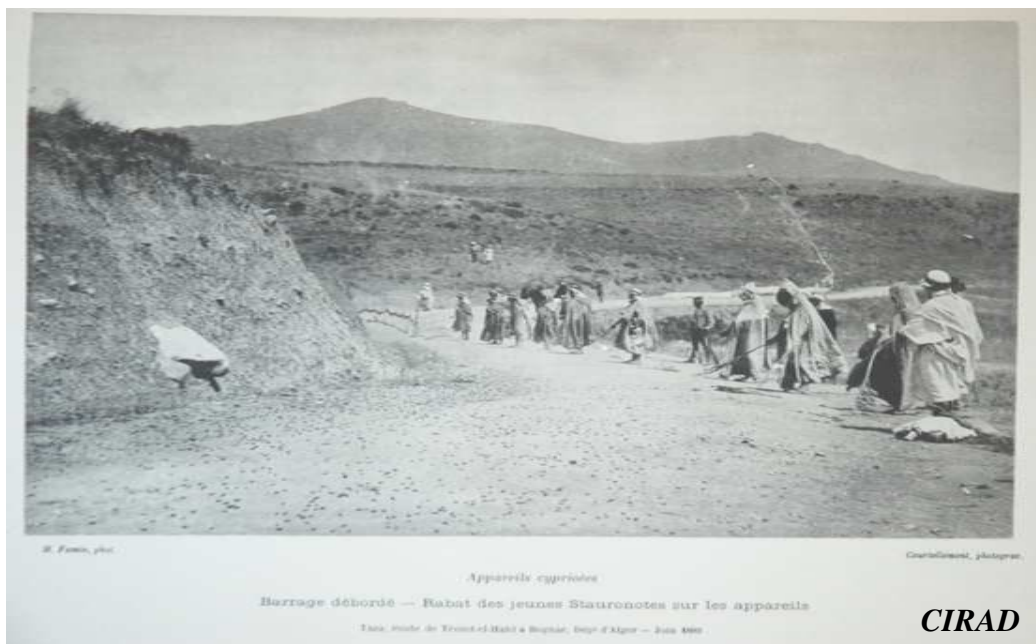
2°) Zone algéroise : Elle est séparée par les hauts plaines du Sersou. Cette zone comprend deux régions :

- a) Région grégarigène du Haut-Chlef. C'est la seule existant dans le Nord de la steppe de Boghari.
- b) Région grégarigène des Zahrez. Située au Sud de la steppe algéroise

3°) Zone Constantinoise (Est algérien) : Elle comprend deux régions grégarigènes :

- a) Région grégarigène supposée des Lacs : Chott Tinecilt et Sebkret ez Zemoul (Sud d'Ain M'Lila, Est de Bouget de l'Isle).
- b) Région grégarigène supposée : comprenant une partie des territoires des communes mixtes de Bélezma, Barika et Rhila.

La lutte sur l'aire grégarigène algérienne a été menée contre les larves et les ailés afin d'éviter la formation de grégaire. Les traitements touchent toutes les agglomérations de larves présentant une certaine densité. Les travaux de destruction ont souvent porté sur les solitaires et grégaire (fig. 14a et b). Dans la majorité, la lutte a été conduite avec les appâts empoisonnés, à base de son plus Mélasse et l'Arséniale de soude le tout mélangé dans de l'eau, (PASQUIER, 1937).



**Fig.14a** : Traitement traditionnel contre le criquet marocain (Teniet El Had, Juin 1889)



**Fig.14b** : Ramassage des oothèques (Ain M'Lila, Septembre 1888)

A partir d'une surveillance régulière il a été possible de juguler les invasions par des essais d'individus ailés en traitant ses populations larvaires « lutte rationnelle » ; les surfaces traitées étaient très limitées. Dès lors ces régions furent indemnes de toute invasion importante pendant 20 ans. Malheureusement, des circonstances historiques venues contrarier la surveillance : à partir de 1955, les combats de la guerre d'Algérie mettaient en danger la vie des agents. La prospection a été interrompue jusqu'en 1962. Pendant ces sept années rien n'a entravé les pullulations et les grégariations de l'espèce, avec pour conséquence une invasion très importante en 1962, entre Ksar-el-Boghari et Tlemcen (MAUREL & DEFAUT, 2012).

En 1963, R. Pasquier devenu conseiller du gouvernement algérien, il a organisé dans l'urgence la destruction des populations envahissantes (larves et adultes). Le matériel entomologique qui a pu être recueilli de 1961 à 1963 montre l'état de grégarosité atteint par ce ravageur en 5 ou 6 générations. Aussitôt il a conseillé aux autorités algériennes de rétablir la lutte rationnelle, dont la principale composante était la formation d'un personnel spécialisé (MAUREL & DEFAUT, 2012), (Fig. 15)

Dès le premier septembre 1963, à l'Institut National d'Agronomie (ex-Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie), à El Harrach, plusieurs dizaines de jeunes algériens de toutes les régions, surtout des agents issus du Service de la Protection des Végétaux et des Services Forestiers, furent réunis en stage de formation. Par la suite, les responsables du Service de la Protection des Végétaux, conscients de l'importance de l'enjeu, ont appliqué scrupuleusement la lutte rationnelle (MAUREL & DEFAUT, 2012).



**Fig. 15 :** Organisation d'une campagne de lutte contre le criquet marocain en 1964 à l'Ouest d'Algérie

## CONCLUSION

Roger PASQUIER est le premier pionnier de l'acridologie appliquée à l'agriculture en Afrique du Nord et en Algérie. Il a fait la 1<sup>ère</sup> carte des foyers grégarigène de criquet marocain en Algérie et il a divisé l'aire grégarigène du criquet marocain en trois départements : Zone oranaise (Ouest algérien), Zone algéroise et la Zone Constantinoise (Est algérien).

Au début du XXe siècle, la méthode de lutte contre les acridiens ravageurs des cultures était essentiellement curative, et se ramenait à une destruction massive par des procédés chimiques. PASQUIER a innové en instaurant une méthode préventive, basée sur les relations du ravageur avec son milieu. Ce mode d'action est davantage respectueux de l'environnement et économe en moyens matériels et humains.

## II.2.2 – Les Campagnes de lutte contre le criquet marocain en Algérie :

L'Algérie a connu plusieurs situations d'invasion de criquet marocain dont la dernière remonte aux années 1963-1964. Toutefois des recrudescences mineures ont été enregistrées à partir des années 1999.

Le dispositif de surveillance et de lutte déployé par l'Institut National de la Protection des Végétaux durant ces dernières années, a permis de circonscrire les habitats infestés.

Ce dispositif vise l'intervention au niveau des zones où pullulent le criquet marocain et l'engagement des traitements dès que le seuil d'intervention est atteint, (Fig.16 et 17).

Les superficies infestées varient de quelques dizaines à quelques centaines de milliers d'hectares (Tableau 1).

**Tableau 1 :** Traitements réalisés contre les pullulations de criquet marocain entre 2000 – 2012 (Rapports INPV)

Wilaya	Superficies traitées (ha)												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Saïda	15.625	9.160	13.870	29.726	43.346	75.533	24.536	25.014	17.771	12.225	6330	4.050	514
S.B.A	20.108	9.988	1.530	8.162	15.196	17.778	7.074	19.396	8.487	10.610	10179	7.195	390
Tiaret	19.550	1.660	-	1.500	2.500	37.560	19.786	20.710	4.715	-	5388	1.969	1.022
Tlemcen	25	180	-	1.000	1.500	395	-	622	370	620	1492	650	14
Mascara	1.705	20	-	04	2.400	2.627	2.230	1000	653	-	-	-	-
Chlef	-	-	-	-	894	320	200	-	-	-	-	-	-
Médéa	-	-	-	-	-	90	-	-	-	-	-	-	-
B.B.A	1.705	-	-	-	-	1.725	-	-	1.404	-	1400	-	-
Batna	950	-	-	-	-	24	-	-	-	600	170	-	-
Djelfa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	480	422	-	-
	-	-	-	-	-	08	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>60.313</b>	<b>21.008</b>	<b>15.400</b>	<b>40.392</b>	<b>65.836</b>	<b>136.060</b>	<b>53.826</b>	<b>66.742</b>	<b>33.400</b>	<b>24.561</b>	<b>25381</b>	<b>13864</b>	<b>1940</b>



**Fig.16** : Lutte chimique contre le criquet marocain *Original*



*Original*

**Fig.17** : Cadavres de criquet marocain après traitements.

### II.2.3 - Genèse des campagnes de lutte contre le criquet marocain en Algérie : 2000-2013.

La lutte contre le criquet marocain est sous la responsabilité de l'Institut National de la Protection des Végétaux sous la coupe de Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Il mobilise des moyens humains et matériels colossaux pour intervenir contre les infestations du criquet marocain au niveau des zones potentielles de reproduction dans les hauts plateaux (INPV, 2002, 2007, 2013).

#### ➤ Campagne 2000 :

Les opérations des traitements contre les infestations du criquet marocain, ont touché au cours de cette campagne 7 Wilayas : Saïda, Sidi Bel Abbès, Tiaret, Tlemcen, Mascara, Bordj Bou Arreridj et Batna.

Durant cette campagne, la superficie totale traitée s'élève à 60.313 ha. (Fig.18)

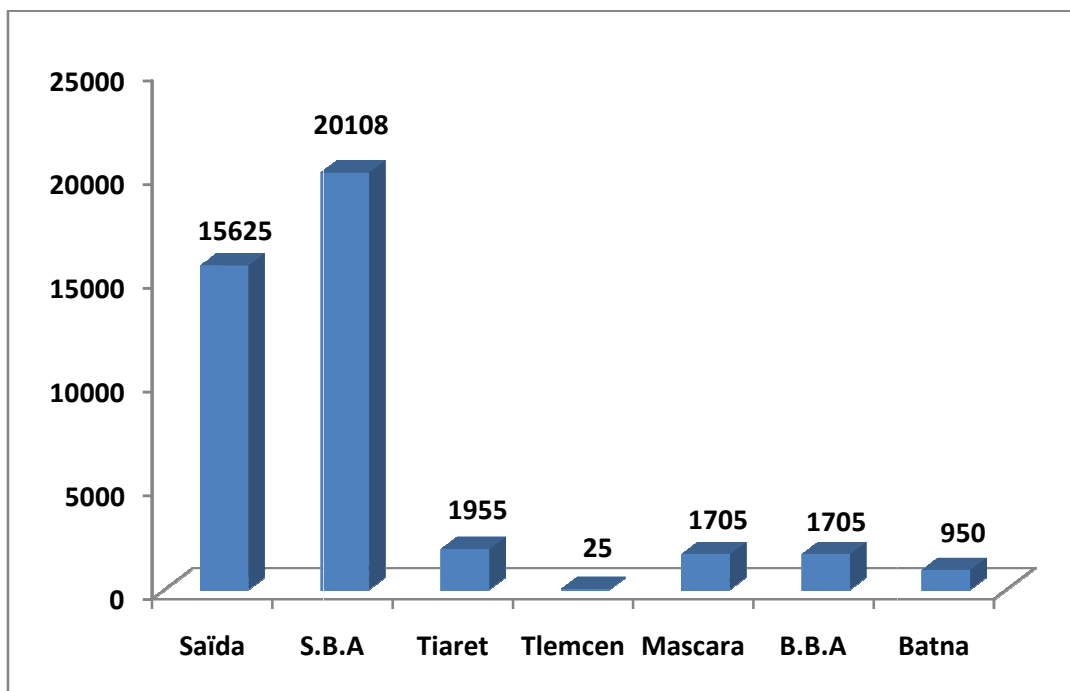
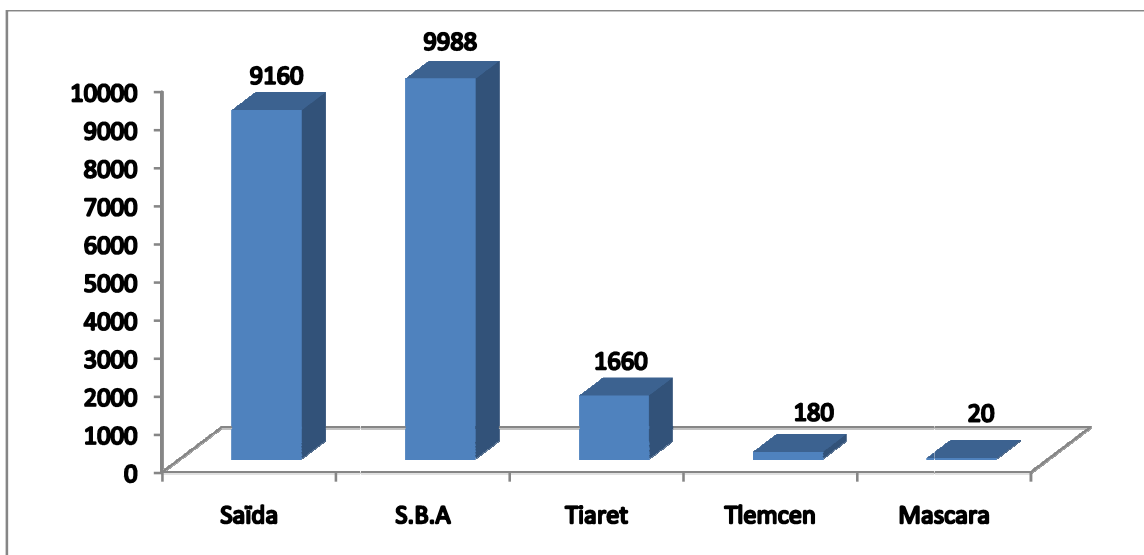


Fig.18 : Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2000

#### ➤ Campagne 2001 :

Les premières opérations de traitements ont été déclenchées dès la détection de premières taches larvaires au niveau des champs de ponte par les équipes de l'INPV, à l'aide des pulvérisateurs à dos motorisés. Pour les grandes superficies, l'INPV a mobilisé des engins portés sur véhicules lourds.

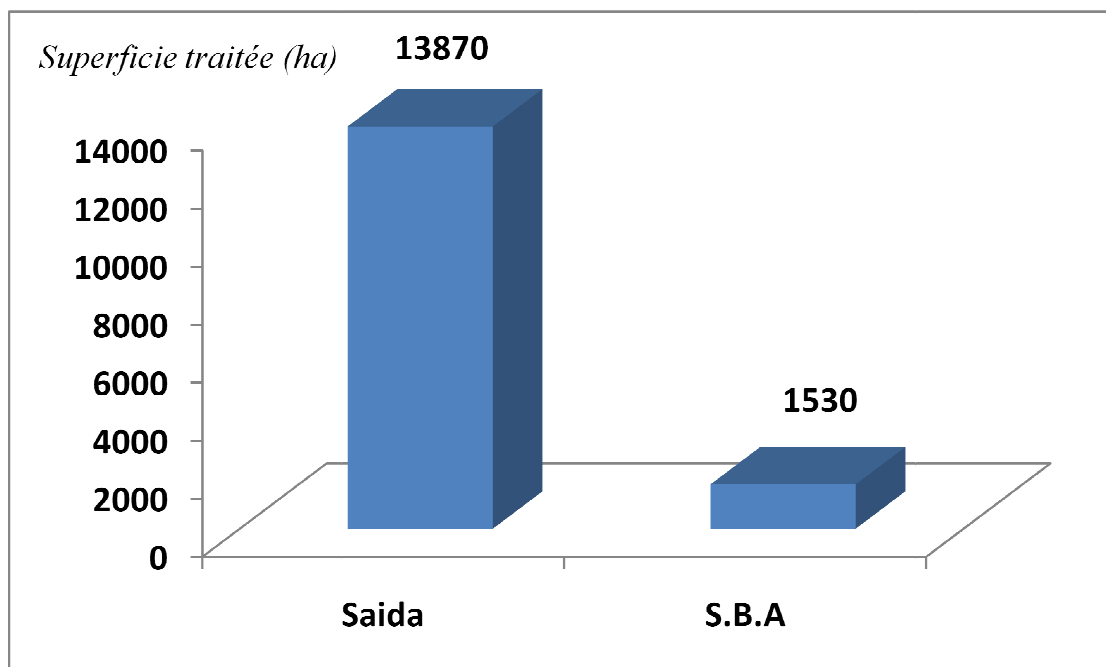
Les opérations de traitement contre les infestations du criquet marocain, ont touché au cours de cette campagne une superficie de 21.008 ha au niveau de 5 Wilayas : Tlemcen, Sidi Bel Abbès, Saïda, Tiaret et Mascara. (Fig.19)



**Fig.19** : Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2001

➤ **Campagne 2002 :**

Les opérations de traitement contre les infestations du criquet marocain, ont touché au cours de cette campagne une superficie de 15.400 ha au niveau de 2 Wilayas : Sidi Bel Abbès et Saïda. (fig.20)

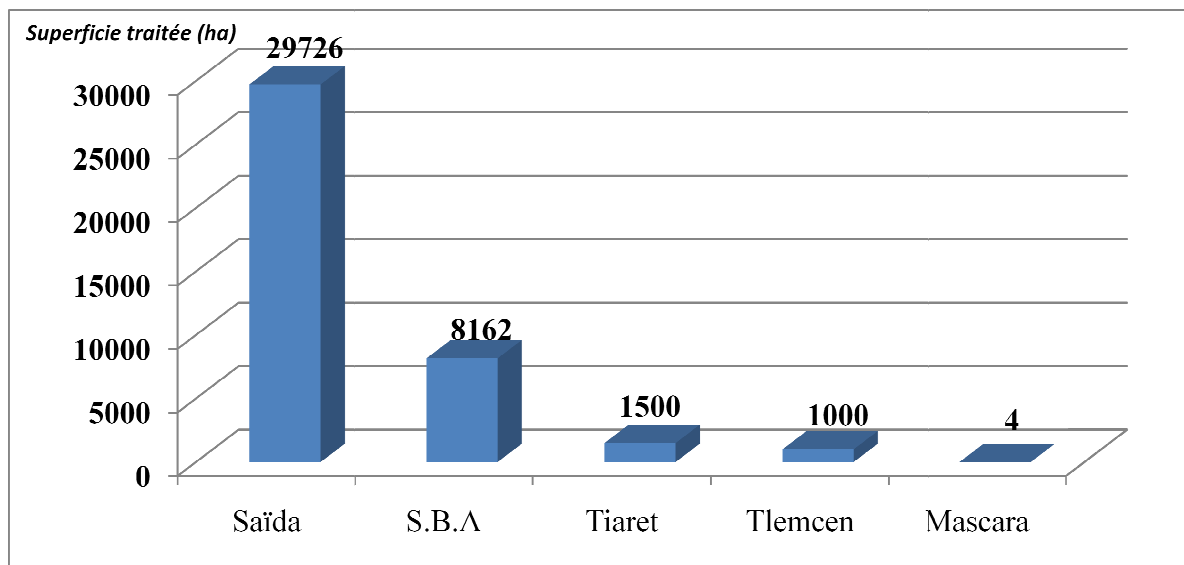


**Fig.20** : Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2002



➤ **Campagne 2003 :**

Durant la campagne 2003, certaines Wilayas de l'Ouest algérien (Saïda, Sidi Bel Abbes, Tiaret, Tlemcen et Mascara) ont connu une activité importante du criquet marocain, qui a engendré des traitements sur une superficie de plus de 40.000 ha, (fig.21).

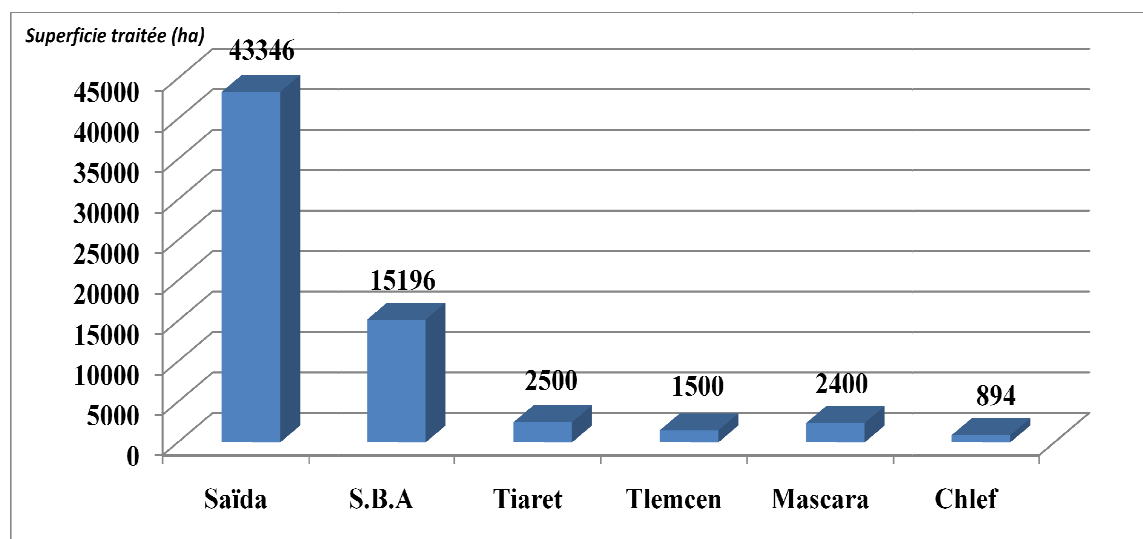


**Fig.21:** Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2003

➤ **Campagne 2004 :**

Les premières opérations de traitements ont été déclenchées par les équipes de l'INPV le 11 Avril 2004 dans la Wilaya de Saïda contre les premières taches larvaires et se sont achevées le 20 Juin 2004 dans les Wilayate de Sidi Bel Abbes et Tiaret.

Les opérations de traitement ont touché 6 Wilayas de l'Ouest : Tlemcen, Sidi Bel Abbès, Saïda, Mascara, Tiaret et Chlef. La superficie globale traitée s'élève à 65.836 ha, (fig.22)



**Fig.22 :** Traitements (ha) contre les pullulations de criquet marocain en 2004

### ➤ Criquet marocain 2005

Le réseau de surveillance mis en place par l'INPV a révélé des infestations de Criquet marocain dans dix wilayas : Tlemcen, Saïda, Tiaret, Sidi Bel Abbès, Mascara, Chlef, Médéa, Sétif, Batna et Bordj Bou Arréridj.

Les premières infestations ont été signalées le 4 Avril dans la wilaya de Saïda (commune de Maâmora). La surface totale déclarée infestée est de 136.060 ha.

Il est à noter que cette campagne est marquée par l'entrée en activité d'anciens foyers grégarigènes à Mascara, Médéa, Bordj Bou Arréridj, Batna et Sétif, d'une part et l'apparition de nouveaux foyers d'infestation à Sidi Bel Abbès (Sidi Khelifa, daïra de Marhoum), d'autre part.

Les opérations de lutte chimique contre le criquet marocain ont été déclenchées le 11 Avril dans la wilaya de Saïda, sur des populations larvaires de deuxième stade et se sont achevées le 18 Juillet 2005, dans la wilaya de Sidi Bel Abbès et de Saïda, sur des adultes. (Fig.23)

La surface totale traitée s'élève à 136.060 ha dont 84,5% par voie terrestre et 14,5 % par voie aérienne.

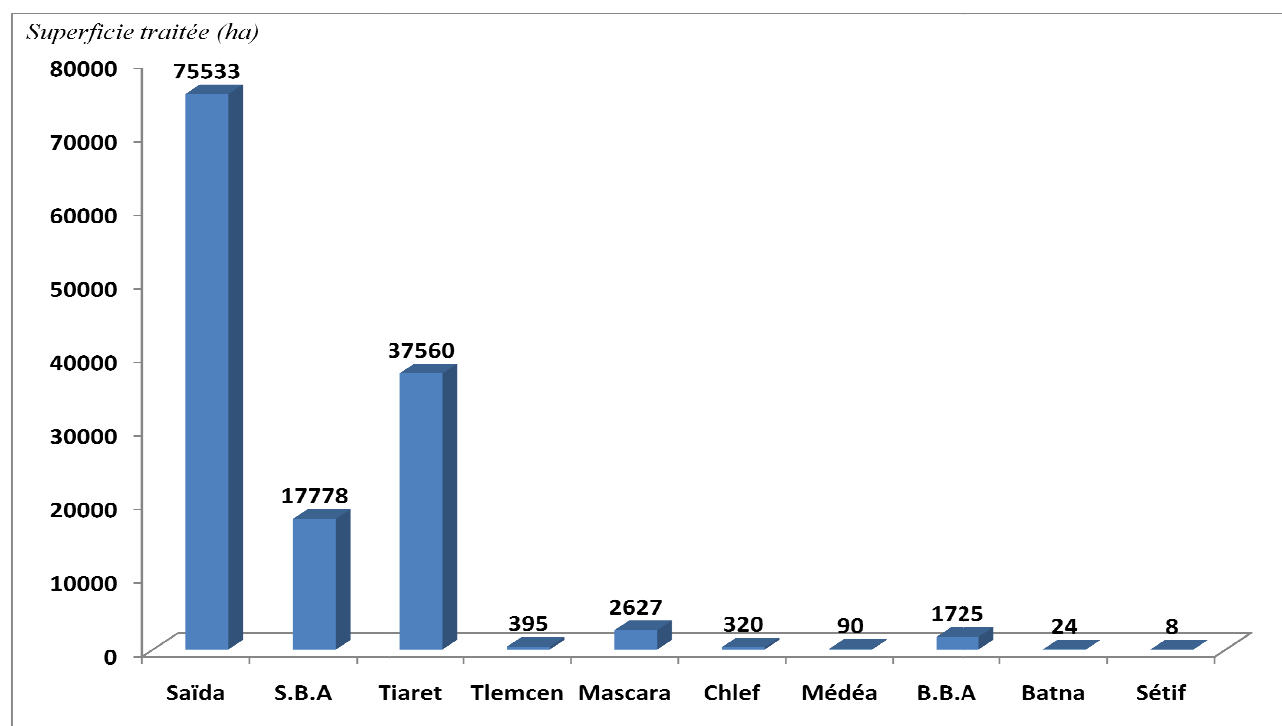


Fig.23 : Traitements (ha) contre le criquet marocain en 2005

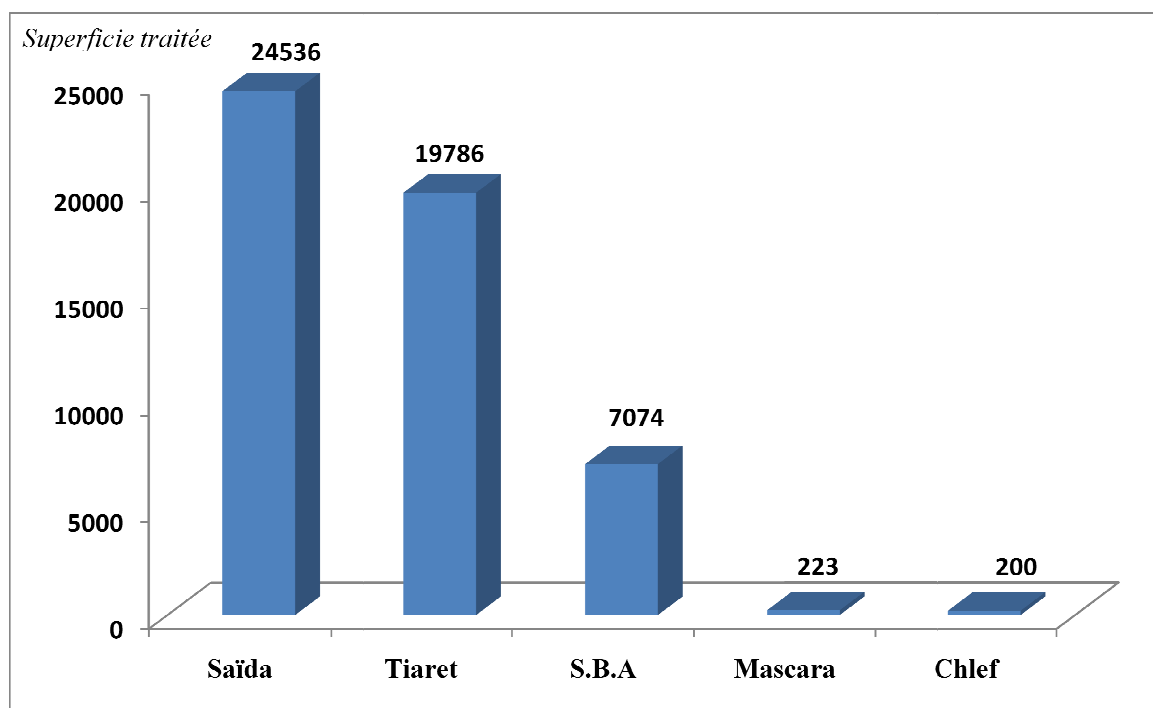
➤ **Campagne 2006 :**

Au cours de cette campagne, 5 Wilayas ont réalisé des traitements contre les infestations du criquet marocain. Il s'agit de la Wilaya de Saïda, Sidi Bel Abbès, Tiaret, Mascara et Chlef. Les premières opérations de lutte ont été déclenchées le 12 Avril dans la wilaya de Sidi Bel Abbès, sur des populations larvaires de deuxième stade et se sont achevées le 23 Juillet 2006, dans la Wilaya de Chlef.

Durant cette campagne, la superficie totale traitée s'élève à 53.826 ha dont 46.618 ha contre les larves et 7.208 ha contre les ailés.

La majorité des interventions a été réalisée dans les foyers grégariques du criquet marocain en dehors des cultures.

La Wilaya de Saïda a traité la plus grande superficie soit 24.536 ha de la superficie totale, suivie par Tiaret (19.786 ha), Sidi Bel Abbès (7.074 ha), Mascara (2.230 ha) et Chlef (200 ha), (Fig.24)



**Fig.24 :** Traitements (ha) contre le criquet marocain en 2006

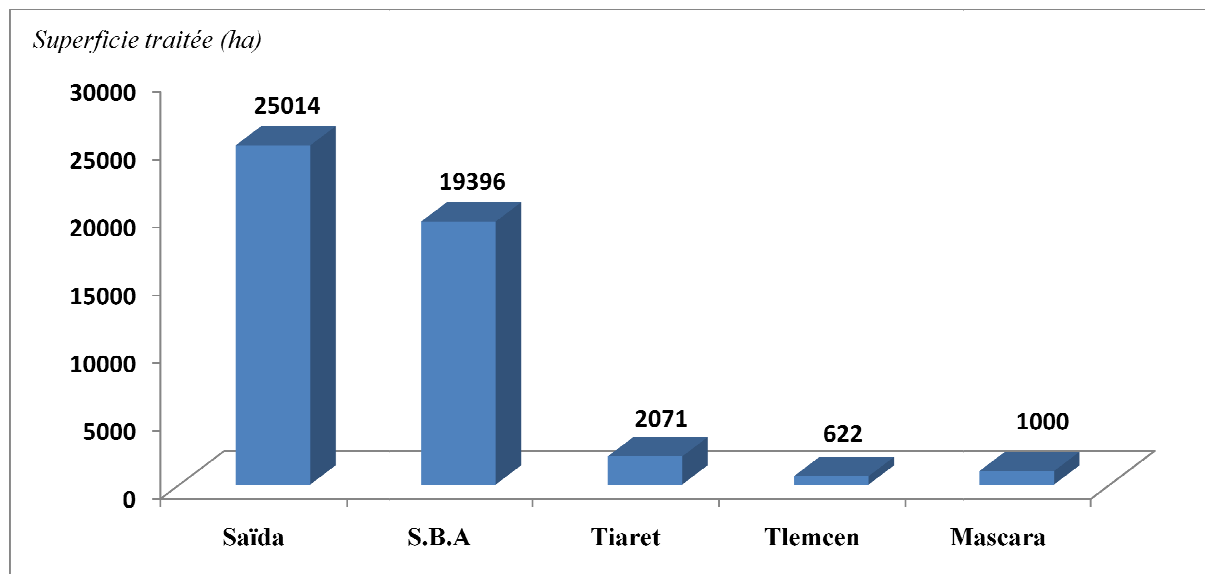
➤ **Campagne 2007 :**

Les opérations des traitements contre les infestations du criquet marocain, ont touché au cours de cette campagne 5 Wilayas : Saïda, Sidi Bel Abbès, Tiaret, Tlemcen et Mascara.

Les premières opérations de lutte ont débuté le 15 Avril dans les wilayate de Tiaret et Sidi Bel Abbès, sur des populations larvaires de deuxième stade et se sont achevées le 4 Août 2007, dans la Wilaya de Sidi Bel Abbès.

Durant cette campagne, la superficie totale traitée s'élève à 66.742 ha dont 30.453 ha contre les larves et 36.289 ha contre les ailés, (fig.25).

Toutes les interventions ont été réalisées en dehors des cultures sur des sites constituant des foyers grégarigènes endémiques du criquet marocain.



**Fig.25 :** Traitement contre le criquet marocain en 2007

➤ **Campagne 2008 :**

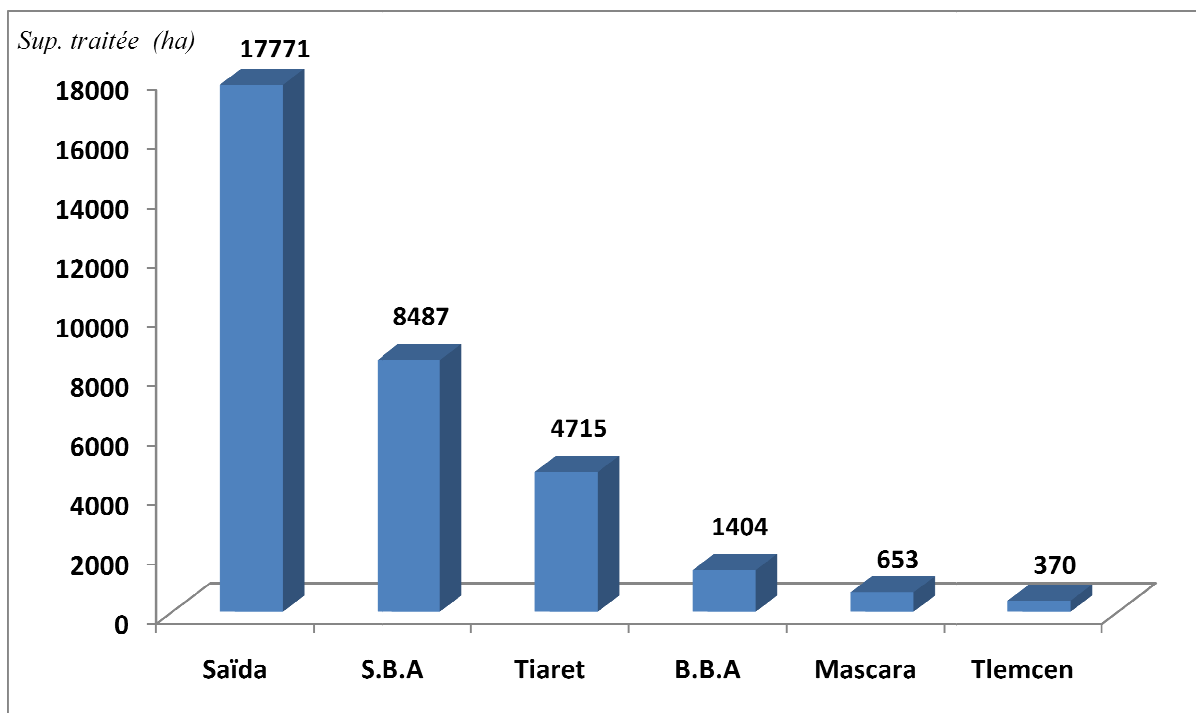
Les premières opérations de traitements ont été déclenchées dès la détection de premières taches larvaires au niveau des champs de ponte par les équipes de l'INPV, à l'aide des pulvérisateurs à dos motorisés. Pour les grandes superficies, l'INPV a mobilisé des engins portés sur véhicules lourds.

Les opérations de traitement contre les infestations du criquet marocain, ont touché au cours de cette campagne 6 Wilayate : Tlemcen, Sidi Bel Abbès, Saïda, Tiaret, Mascara et Bordj Bou Arreridj.

Durant cette campagne, la superficie totale traitée s'élève à 33.400 ha répartis comme suit : (Fig. 26)

- ❖ Saïda : 17.771 ha
- ❖ Tiaret : 4.715 ha
- ❖ Sidi Bel Abbès : 8.487 ha
- ❖ Tlemcen : 370 ha
- ❖ Mascara : 653 ha
- ❖ Bordj Bou Arreridj : 1.404 ha

Toutes les interventions ont été réalisées en dehors des cultures sur des sites constituant des foyers grégarigènes endémiques du criquet marocain.



**Fig.26 : Traitement contre le criquet marocain en 2008**

La plus grande superficie traitée a concerné la Wilaya de Saïda avec 17.771 ha soit 53,2 % de la superficie totale traitée. La plus faible se situe à Tlemcen avec 370 ha soit 1,1 %.

➤ **Campagne 2009 :**

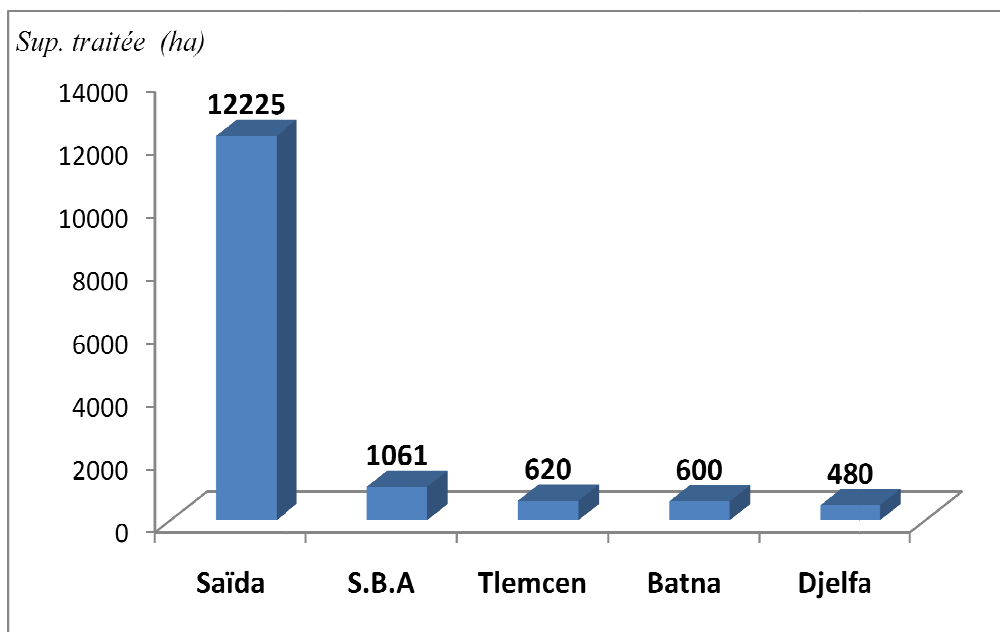
Les premières opérations de traitements ont été déclenchées par les équipes de l'INPV le 20 Avril 2009 dans la Wilaya de Sidi Bel Abbas contre les premières taches larvaires au niveau des champs de ponte et se sont achevées le 18 Juillet 2009 dans la même Wilaya.

Les opérations de traitements contre les infestations du criquet marocain, ont touché au cours de cette campagne **5** Wilayate : Tlemcen, Sidi Bel Abbas, Saïda, Djelfa et Batna.

Toutes les interventions ont été réalisées en dehors des cultures sur des sites constituant des foyers grégarigènes endémiques du criquet marocain.

Durant cette campagne, la superficie global traitée s'élève à **24.561 ha** répartis comme suit : (Fig. 27)

- Tlemcen : **620 ha**
- Sidi Bel Abbas : **10.610 ha**
- Saïda : **12.251 ha**
- Djelfa : **480 ha**
- Batna : **600 ha**



**Fig. 27 :** Traitement contre le criquet marocain en 2009

➤ **Campagne 2010 :**

Toutes les opérations de traitement ont été exécutées exclusivement par les équipes des Stations Régionales de la Protection des Végétaux moyennant des appareils portés sur véhicules lourds.

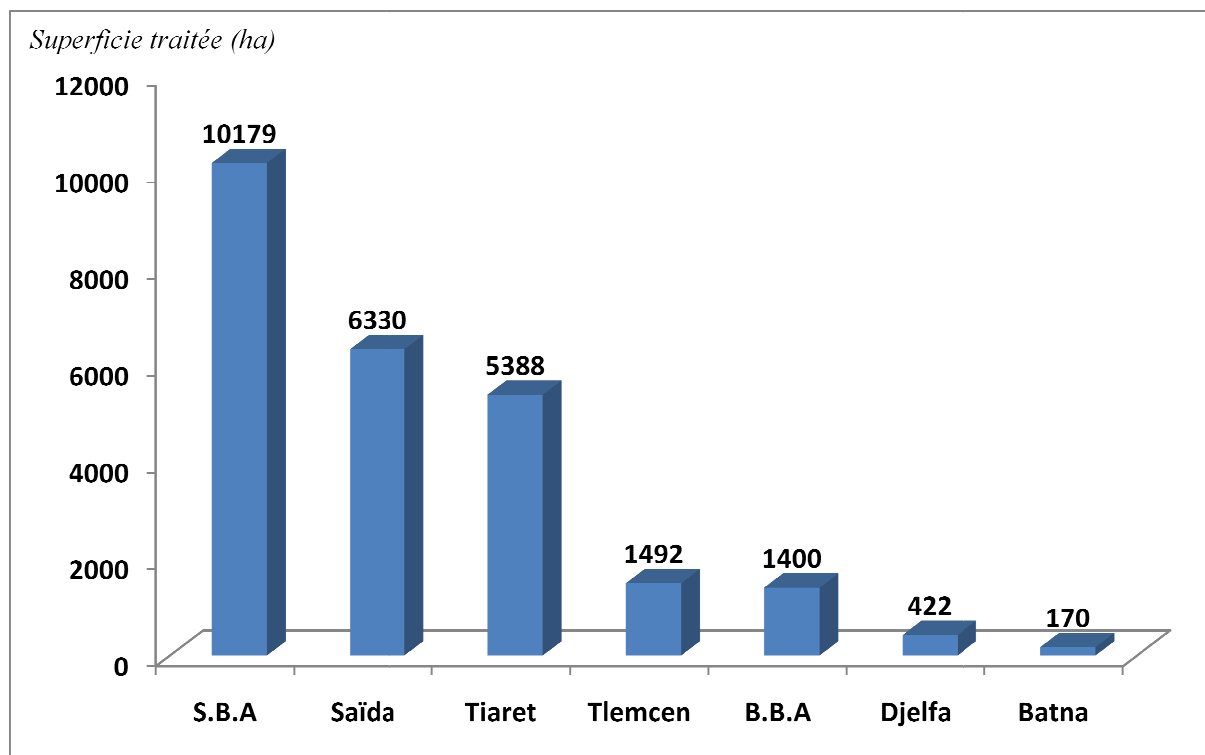
Les premières opérations de traitements ont été déclenchées le 6 Avril 2010 dans les Wilaya de Sidi Bel Abbès et de Saïda contre les premières taches larvaires au niveau des champs de ponte et se sont achevées le 30 Juin 2010 dans la Wilaya de Sidi Bel Abbès.

Les opérations de traitements contre les infestations du criquet marocain, ont touché au cours de cette campagne 7 Wilayas : Saïda, Tiaret, Sidi Bel Abbès, Tlemcen, Djelfa, Bordj Bou Arreridj et Batna.

Tous ces traitements ont été réalisés sur jachères loin des cultures sur des sites constituant des foyers grégaires endémiques du criquet marocain.

Durant cette campagne, la superficie globale traitée s'élève à 25.381 ha répartie comme suit : (Fig. 28)

- Saïda : **6.330 ha**
- Tiaret : **5.388 ha**
- Sidi Bel Abbès : **10.179 ha**
- Tlemcen : **1.492 ha**
- Djelfa : **422 ha**
- Bordj Bou Arreridj : **1.400 ha**
- Batna : **170 ha**



**Fig.28** : Traitement (ha) contre le criquet marocain en 2010

Comme chaque campagne, la plus grande superficie traitée a été enregistrée dans les Wilayas de l'Ouest : Sidi Bel Abbas (10.179 ha), Saïda (6.330 ha) et Tiaret (5.388 ha) soit 86,3 % de la superficie globale traitée. La plus grande superficie traitée a été enregistrée dans les Wilayate de Saïda (12.251 ha) et de Sidi Bel Abbas (10.610 ha) soit 93 % de la superficie globale traitée.

➤ **Campagne 2011 :**

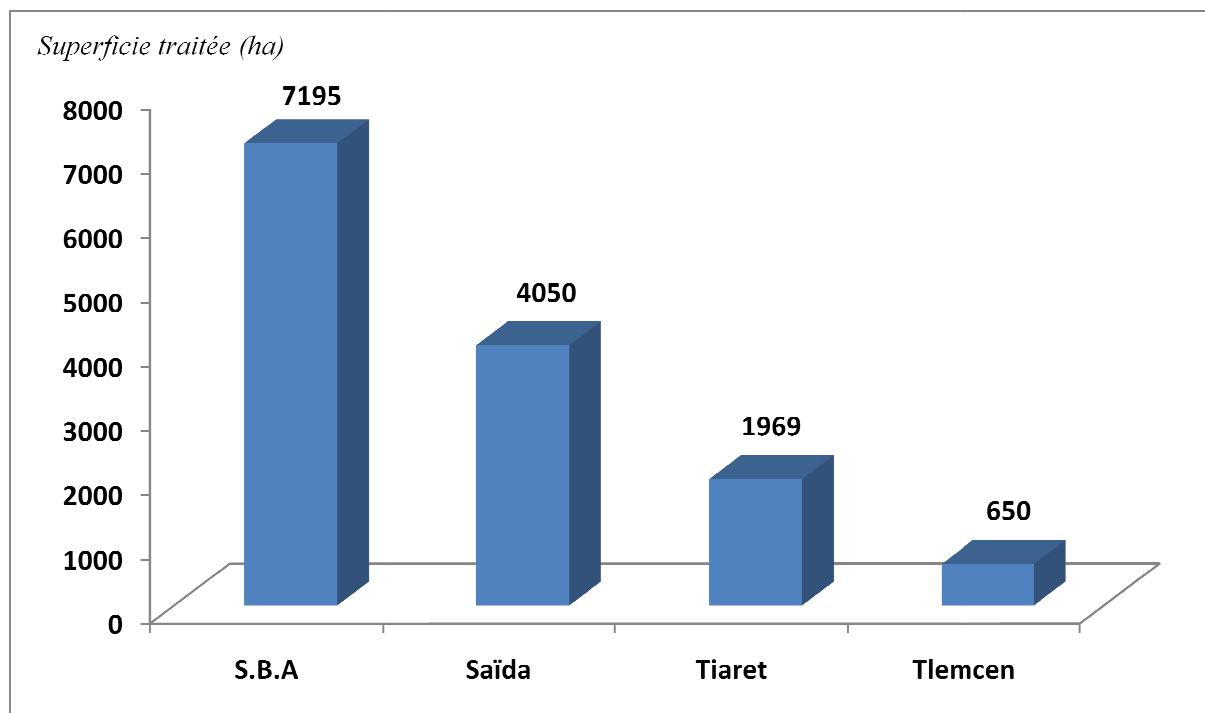
Les premières opérations de traitements ont été déclenchées moyennant des appareils légers et des appareils lourds, le 11 Avril 2011 dans la Wilaya de Sidi Bel Abbas contre les premières taches larvaires et se sont achevées le 20 Juin 2011 dans les Wilayate de Saïda et Tiaret.

Les opérations de traitement ont touché 4 Wilayas de l'Ouest : Tlemcen, Sidi Bel Abbès, Saïda et Tiaret.

Tous ces traitements ont été réalisés sur jachères loin des cultures sur des sites constituant des foyers grégarigènes endémiques du criquet marocain, (Fi.29).

La superficie globale traitée s'élève à 13.864 ha répartis par Wilaya comme suit :

- Sidi Bel Abbas : 7.195 ha
- Saïda : 4.050 ha
- Tiaret : 1.969 ha
- Tlemcen : 650 ha



**Fig.29 : Traitement contre le criquet marocain en 2011**

Au cours de cette campagne, les traitements contre les populations larvaires du criquet marocain ont touché **12.426 ha** soit **90%** de la superficie totale traitée.

➤ **Campagne 2012 :**

Les premières opérations de traitements ont été déclenchées par les équipes de l'INPV le 4 Mai 2012 dans la Wilaya de Sidi Bel Abbas contre les premières taches larvaires au niveau des champs de ponte et se sont achevées le 3 Juillet 2012 dans la Wilaya de Tiaret.

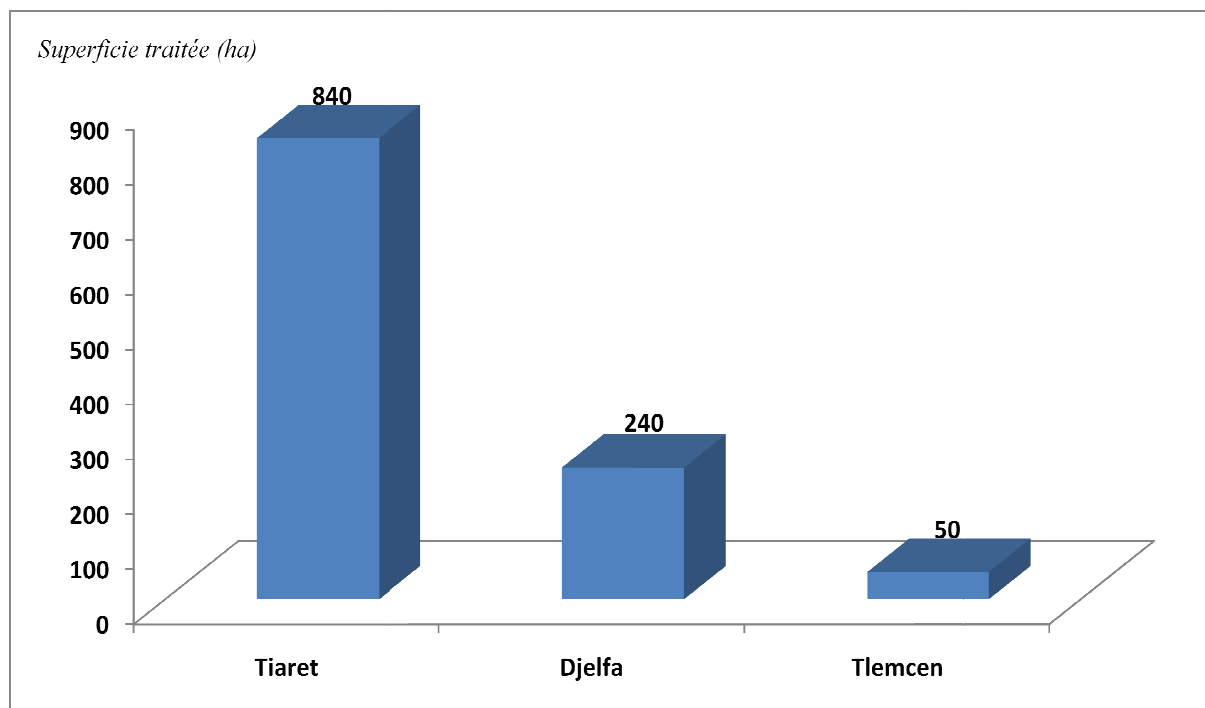
Les opérations de traitements contre les infestations du criquet marocain, ont touché au cours de cette campagne 4 Wilayas : Tlemcen, Sidi Bel Abbas, Saïda et Tiaret.

Toutes les interventions ont été réalisées en dehors des parcelles de céréales sur des sites constituant des foyers grégarigènes endémiques du criquet marocain.

Durant cette campagne, les traitements ont touché une superficie globale de 1.940 ha répartis comme suit : (Fig. 30)

- |                                  |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| ➤ Tlemcen : <b>14 ha</b>         | ➤ Saïda : <b>514 ha</b>    |
| ➤ Sidi Bel Abbas : <b>390 ha</b> | ➤ Tiaret : <b>1.022 ha</b> |





**Fig.30** : traitement contre le criquet marocain en 2012

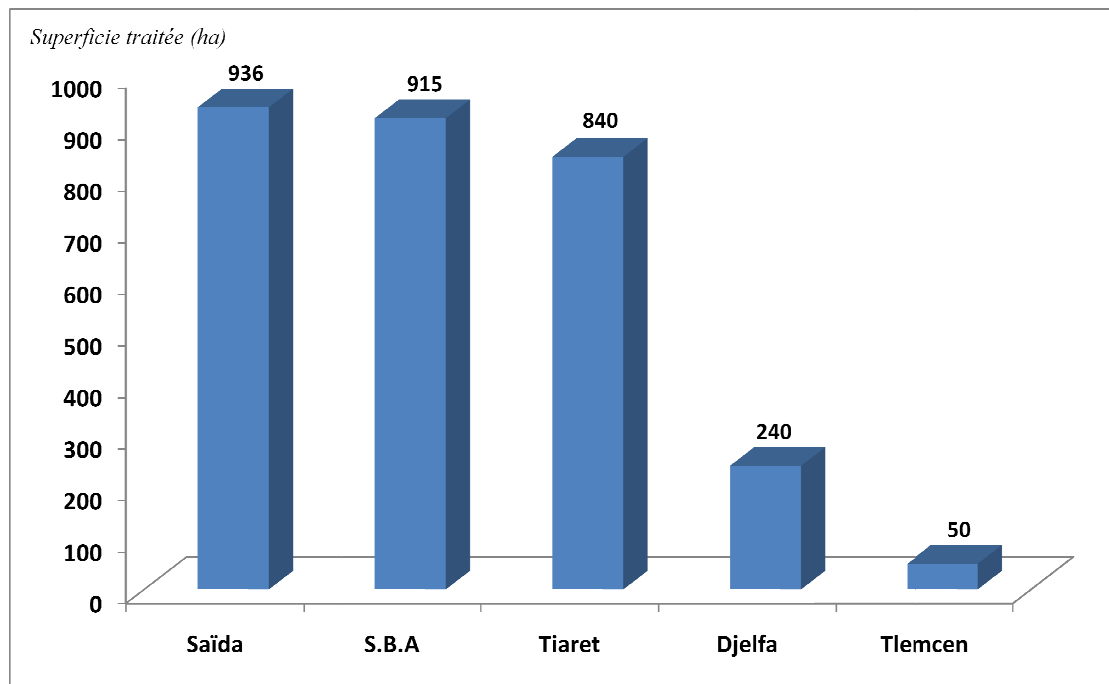
➤ **Campagne 2013 :**

Les premières opérations de traitements ont été déclenchées par les équipes de l'INPV la première semaine du mois de Mai 2013 dans la Wilaya de Sidi Bel Abbes contre les premières taches larvaires au niveau des champs de ponte et se sont achevées le 3 Juillet 2013 dans la Wilaya de Djelfa.

Les opérations de traitements contre les infestations du criquet marocain, ont touché au cours de cette campagne 5 Wilayas : Tlemcen, Sidi Bel Abbes, Saïda, Tiaret et Djelfa.

Toutes les interventions ont été réalisées en dehors des parcelles de céréales sur des sites constituant des foyers grégarigènes endémiques du criquet marocain.

Durant cette campagne, les traitements ont touché une superficie globale de 2.981 ha répartis comme suit : Tlemcen : 50 ha, Sidi Bel Abbes : 915 ha, Saïda : 936 ha, Tiaret : 840 ha et Djelfa : 240 ha, (Fig.31)



**Fig.31 : Traitement contre le criquet marocain en 2013**

### **II.3 – L’aire grégarigène de criquet marocain en Algérie :**

En Algérie, plusieurs foyers grégarigènes de *Dociopterus maroccanus* sont définis par PASQUIER (1934 – 1937) et DOUMANDJI-MITICHE *et al* (1992) et répertoriés par l’Institut National de la Protection des Végétaux d’El Harrach (Alger), à l’Ouest au Centre et à l’Est du pays.

#### **II.3.1 – Zones classiques de reproduction de criquet marocain recensées par les services de la protection des végétaux (jusqu’à 1964) :**

Les zones de reproduction classique du criquet marocain étaient réparties sur 17 wilayas des hauts plateaux, dont 6 wilayas de l’Ouest (Tlemcen, Sidi Bel Abbes, Saïda, Mascara, Tiaret et Tissemsilt), 3 au Centre (Médéa, Djelfa et M’Sila) et 8 wilayas à l’Est Algérien (Bordj Bou Arreridj, Sétif, Batna, Khenchela, Tébessa, Souk Ahras, Oum El Bouaghi et Mila), (Tableau 2 a,b,c)

**Tableau 2 a : Zones classiques de répartition de criquet marocain des wilayas de l'Ouest Algérien (INPV, 1983)**

<b>Wilaya</b>	<b>Zones classiques de reproduction</b>
Tlemcen	Fellaoucen, Hounaine, Ramchi.
Sidi Bel Abbès	Ain Tindamine, Morsot, Mezaourou, Ain Chafia, Remailia, Ténira, Télagh, Téghalimet, Sfisef, Oued Séfioun, moulay Slicène, Zégla, Hounet , Dinar, Houssainette.
Saïda	Sidi Boubker, Oued s' gir, Youb, Oued M'Harigh, Sidi Gacem, Faidh N'Djor, Oued Taga, Tighirine, Sidi Haroune, Hadjra Touila, Ain El Hdjar, Doui Thabet, Hassasna, Tircine, Saïda, Aioun Branis, Hassna Ghrraba.
Tiaret	Ain D'Heb, Oued El Abed, Takhamaret, Sougueur, Feidja, kcelna, Ain Tzarit, Ben Halima, Ghercha, Beni Ouindjel, Ain Kermes, Ghouadi, Médriassa, Médéna, Chellala.
Mascara	Sig, Douad de Khroub.
Tissemssilt	Boca Aïchir, Yousoufia, Ain Dzarit, Sahari, Teniet El Haad, Taza,

**Tableau 2 b : Zones classiques de répartition de criquet marocain des wilayas de Centre Algérien (INPV, 1983)**

<b>Wilaya</b>	<b>Zones classiques de reproduction</b>
Médéa	Ain Boucif, Sidi Ziane, Oued Djâafria, Oued El Karza, Yachir, oum Djellil, ouled Antar, Ouled Hael, Aziz, Bouaich, Ouled M'Fatha, Chahbounia, M'Fateh, Ouled Maaref, Kef Lakhdar, Birine, Chalalet El Adaoura.
Djelfa	Hassi El Euch, Dia Chioukh, Ouled Ghouni, Zaafrane, Abaziz, Hassi Bahbah, Zénina, Snalba, Ouled Khenatsa, Ouled Sidi Younès.
M' Sila	Ain Melah, Belaïda, Ain Ograb, Djebel, Grouz, Gueffa, Sidi Aïssa, Melouza, Ouanougha, Merouane, Mammam Dalla, Ouled Mansour, Barhoun, Dehanna, Koudiat, Amor, El Baat, Ouled Deradj, Ouled Addi, Maâdid, Beni Ilmene.

**Tableau 2 c : Zones classiques de répartition de criquet marocain des wilayas de l'Est Algérien (INPV, 1983)**

<b>Wilaya</b>	<b>Zones classiques de reproduction</b>
Bordj Bou Arreridj	Bir Hamouda, Ouled Amara, Châala, El Achir, El Euch, Hasnaoua, Mejdana, Zemoura, Bordj Ghdir, Ras El Oued, Rabta, Ain Tghrout, Sidi M'Barek.
Sétif	Hammadi, Boutaleb, Ain Eualmen, Ain Azel, Ksar El Abtal, Salah Bay, Kherrata, Beni Chaabane.
Batna	Ain Touta, Theniet El Abed, Arris, Guerza, Tazoult, Tin Zgagh.
Khenchela	Bouhamama, Kaïs, Babar.
Tébessa	Cheria, El Aouinet, Mechta, Bekkaria, Gouraya, Douar fouara, Morsotte.
Souk Ahras	Sedrata
Oum El Bouaghi	Ain M'Lila, Ain Fekroun, Ain El beida, Meskiana, Ain Touila, F'Kirina.
Mila	M'Chira, Chelghoum Laïd, Teleghma, Sidi Merouane, Tadjenanet.

### II.3.2 – Zones actives de reproduction de criquet marocain (à partir de 1999) :

Après une période d'accalmie du criquet marocain au niveau des zones classiques de reproduction des hauts plateaux algériens, un début d'activité a été enregistré dès 1999 avec l'apparition des nouveaux foyers de reproduction notamment à l'Ouest et la disparition d'autres foyers à cause de plusieurs facteurs biotiques et abiotiques. Sur les 17 wilayas abritant les zones de reproduction de criquet marocain, il y a que 11 wilayas (tableau 3 a,b,c) qui ont connu une activité remarquable à partir de 1999, dont 6 wilayas de l'Ouest (Tlemcen, Sidi Bel Abbès, Saïda, Tiaret, Mascara et Chlef), 2 wilayas au Centre (Médéa et Djelfa) et 3 Wilayas à l'Est du pays (Bordj Bou Arreridj, Sétif et Batna).

**Tableau 3a** : Foyers actifs du criquet marocain du l'Ouest algérien

Wilaya	Foyers actifs depuis 1999
Tlemcen	Tadjmount, Ain Tallout, Sidi Djillali, Beni Boussaïd, El Gor
Sidi Bel Abbès	Ténira, Télagh, Dinar, Oued Séfioun, Ben Achiba, Louza, Sidi Chaïb, Téghalimet, Mézaourou, , El Hassaïba, Ouled Sbaâ, Hassinet, Moulay Slissen, Dhaya, Benachaïba, Ain Tindamine, H'Caïba, Oue Taourira, Mérine, Taoudmout, Bir H'Mam, Zerouala.
Saïda	Youb, Hassasna, Ain El Hdjar, Doui Thabet, sidi Boubker, Maamoura, Ain Soltane, Sidi Ahmed, Tircine
Tiaret	Ain El Hdid, Takhmaret, Rosfa, Medroussa
Mascara	Aouf, oued El Abtal, El Bordj, Ain Fekane, Hachem.
Chlef	El Marssa

**Tableau 3b** : Foyers actifs du criquet marocain du Centre algérien

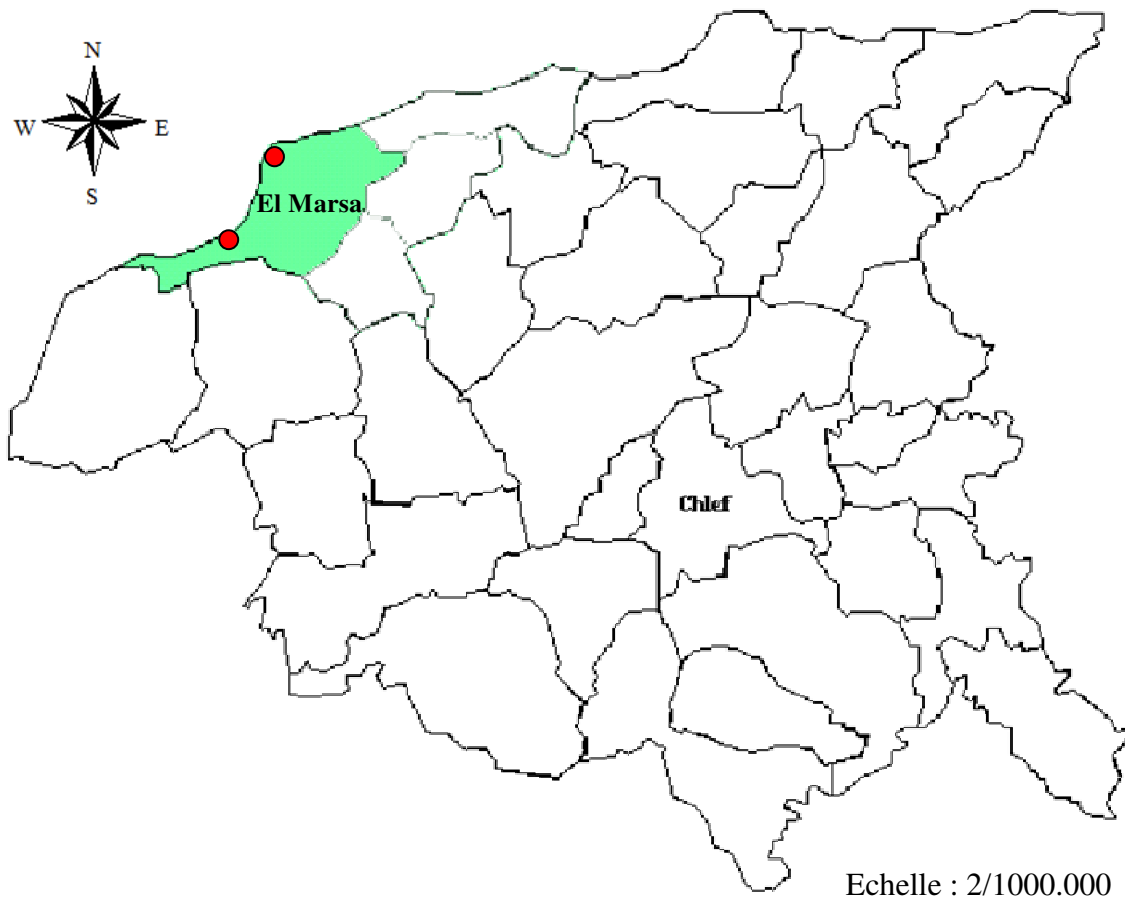
Wilaya	Foyers actifs depuis 1999
Médéa	Ain Boucif, Kef Lakhder, M'Fatha
Djelfa	Benhar, Ouassara, Hassi Bahbah

**Tableau 3c** : Foyers actifs du criquet marocain du l'Est algérien

Wilaya	Foyers actifs depuis 1999
Bordj Bou Arreridj	Ras El Oued, Bordj Ghedir, El Euch, Medjina, Ghailassa, Hammadia, Rabta, Ras El Oued, Manssoura, El Achir
Sétif	Ain Azel, Beida Bordj.
Batna	Ouled Chaaba, Ouled Taga, Ghir, Ain Djasser, El Hassi, Ras Laâyoun, Ouled Sellam.

### II.3.3 – Localisation de deux nouveaux foyers de reproduction du criquet marocain dans la Wilaya de Chlef.

Suite aux sorties de prospection et d'étude en 2000-2001 au niveau de la Wilaya de Chlef, on a localisé 2 nouveaux foyers de reproduction de criquet marocain. Ces foyers n'ont jamais été signalés ou connu une activité de criquet marocain dans le passé. Ils sont situés près de littorale de la Commune d'El Marsa, loin du chef lieu de la Wilaya d'environ 80 km. Le 1<sup>er</sup> foyer est situé au lieu dit « Phare de Colombé » et le 2<sup>ème</sup> au lieu dit « Z'Bib » (Fig. 32).



**Fig. 32 :** Situation géographique des foyers de reproduction du criquet marocain au niveau de la Commune d'El Marsa (W. Chlef)

#### II.3.3.1 - Foyer du Phare de Colombé :

Il est situé à 5 km à l'Est du chef lieu de la Commune d'El Marsa. Ce lieu dit Phare de Colombé, se trouve au point géographique 36° 26' 27'' Nord 00° 56' 19'' Est et à une altitude de 47 m, (figure 33 et 34).

Il est caractérisé par des étendues vastes avec un sol en jachère et une texture limoneuse, couvert par un tapis végétal très diversifié, avoisinant des vignobles et une zone forestière.



*Original*

**Fig. 33 :** Nouveau foyer de criquet marocain « Phare de Colombé »  
(Commune d'El Marsa, W. de Chlef)



**Photo de google**

**Fig. 34 :** Photographie satellitaire de la région du Phare de Colombé

### II.3.3.2 - Foyer du Z'Bib :

Ce foyer se trouve dans la même Commune d'El Marsa, à 12 km du chef lieu. Il est situé à Lieu dit Z'Bib au point géographique 36° 21' 54'' Nord 00° 48' 17'' Est à 23 m d'altitude, (fig.35 et 36). Il est caractérisé par un sol en jachère à texture argileux limoneux recouvert par un tapis végétale diversifié



*Original*

**Fig.35** : Nouveau foyer de criquet marocain « Z'Bib »  
(Commune d'El Marsa, W. de Chlef)



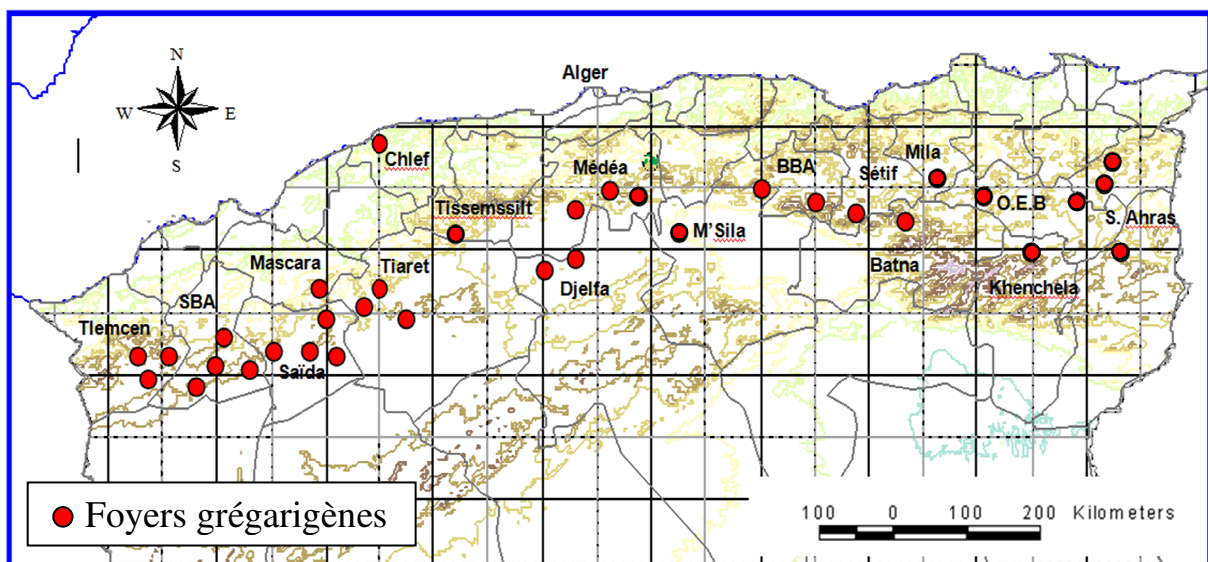
**Photo de google**

**Fig. 36** : Photographie satellitaire de la région du Z'Bib

### II.3.4 – Cartographie des zones de reproduction du criquet marocain :

L'aire grégarigène du criquet marocain en Algérie s'étend, en région semi-aride, à des altitudes variables de 400 à 1000 mètres, à proximité des isohyètes 350 et 400 dont la pluviométrie est comprise entre 250 et 400 mm/an. Elle correspond aux zones dans lesquelles s'intriquent la steppe et les formations forestières ou frutescentes xérophiles plus ou moins dégradées. Elle se trouve ainsi liée à l'association de l'alfa, à ses dérivés ou remplaçants édaphiques : association du *Lygeum spartum*, *Salsola vermiculata* var. *villosa*, *Artemisia herba alba* (Chih), *Artemisia campestris* (T'goufet) et aux associations forestières ou de broussailles qui viennent à son contact : Ils sont de callitraie (ass. à *Callitris articulata* = thuya d'algérie = arar) ass. à genévrier de Phénicie = arar, à *Pinus halepensis*, à *Pistacia atlantica*, à *Ziziphus lotus* (j jubier), quelquefois à *Quercus ilex*, rarement à l'olivier et lentisque (PASQUIER, 1937).

La figure 37, illustre toutes les zones de reproduction du criquet marocain en Algérie qui s'étendent du 32<sup>ème</sup> jusqu'au 36<sup>ème</sup> parallèle de l'hémisphère Nord. Parmi ces zones, la plupart, ont connu des activités relativement importantes à partir des années 1999 à 2000 selon le tableau n°1. D'autres foyers classiques (en couleur verte) au nombre de 10, n'ont connu aucune activité depuis les années 1994. Ils sont situés à Tissemsilt, M'Sila, Mila, Oum El Bouagui, Khenchela et Souk Ahras. La carte montre également que le nombre le plus important de foyers d'environ 16 sont des zones actives, se trouvant à l'Ouest du pays, au niveau des Wilayas de Tlemcen, Sidi Bel Abbes, Saïda, Tiaret et Chlef. Au Centre, il y a 4 foyers situés à Médéa et Djelfa et 4 zones à l'Est d'Algérie, situées au niveau des Wilayas de Bordj Bou Arreridj, Sétif et de Batna.



Original

Fig. 37 : Carte des zones de reproduction du *D. maroccanus* en Algérie



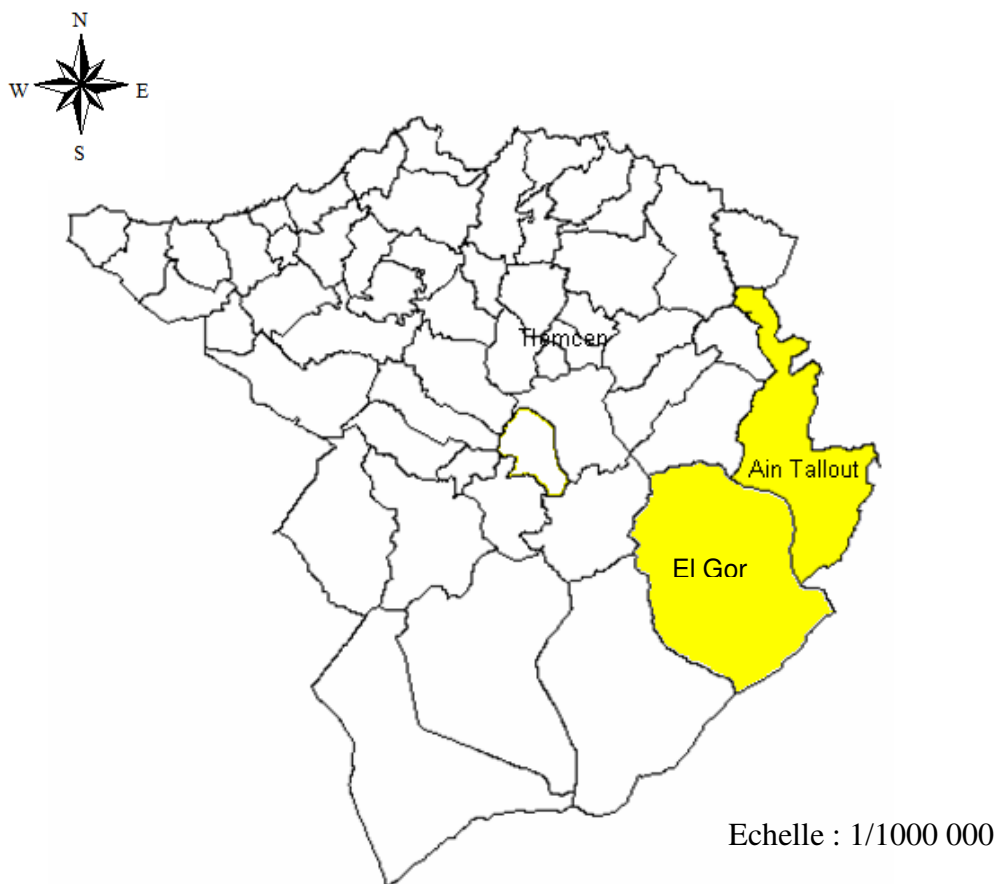
### II.3.4.1- Répartition des foyers grégarigènes de criquet marocain en Algérie :

#### Wilaya de Tlemcen :

Les foyers grégarigènes sont réparties au niveau de deux Communes : El Gor et Ain Tallout (tableau 4 et fig. 38)

**Tableau 4 :** Foyers grégarigènes de criquet marocain au niveau de la wilaya de Tlemcen

Daïra	Commune	Lieu dit	Coordonnées géographiques
Ain Tallout	Ain Tallout	Tadjmout	34°42'38"N 00°58'04"W
			34°42'34"N 00°58'08"W
			34°42'30"N 00°58'15"W
			34°42'41"N 00°58'12"W
Sebdou	El Gor	Mzi	34°37'35"N 00°58'12"W
			34°35'36"N 00°58'82"W
			34°34'39"N 00°57'44"W



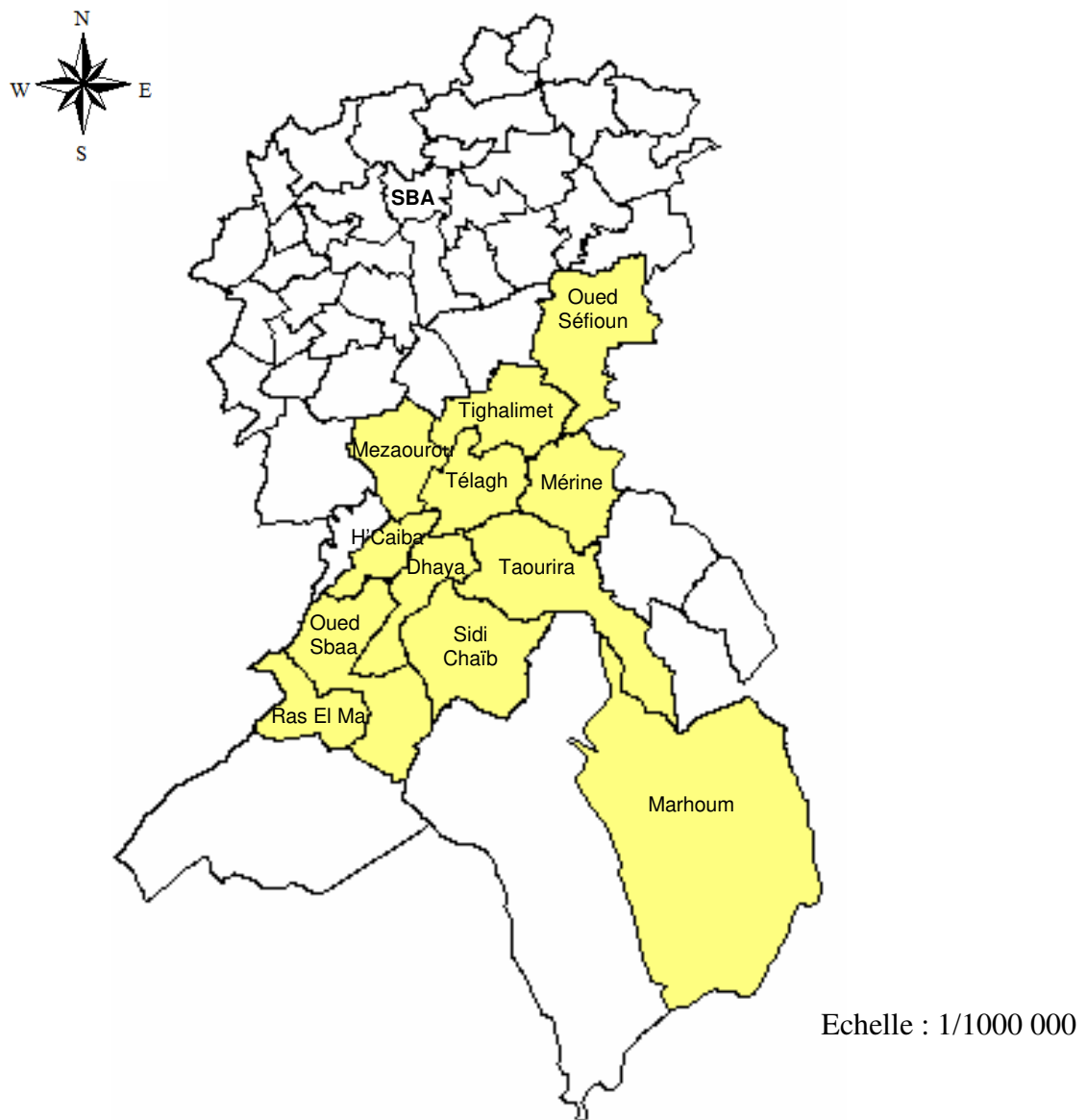
**Fig. 38 :** Répartition des foyers grégarigènes au niveau de la wilaya de Tlemcen.

## Wilaya de Sidi Bel Abbès :

Au niveau de cette wilaya, il existe le plus grand nombre des foyers grégarigènes qui sont situés au niveau de 12 communes (tableau 5 et fig.39).

**Tableau 5 :** Foyers grégarigènes de criquet marocain au niveau de la wilaya de Sidi Bel Abbès (Bilans INPV)

Daïra	Commune	Lieu dit	Coordonnées géographiques
Télagh	Télagh	Feguigue	34 51 17 N 00 30 03 W
	Mézaourou	Morsot	34 49 28 N 00 42 19 W
		Mézaourou	34°52'00"N00°36'04"W
		Dhayet khelifa	34°49'27"N00°42'18"W
	Téghalimet	Rmilia	34°52'08"N00°28'23"W
		Harrich	34°54'16"N00°32'14"W
		DAS .Assouli	34°52'52"N00°54'32"W
		DAS.Massani	34°59'27"N00°51'11"W
		Goug	34°52'18"N00°34'43"W
		Goug	34°51'33"N00°34'00"W
		Tigamoura	34°46'24"N00°33'12"W
	Ténira	Oued Séfioun	Remilia
Bouitas			35°00'33"N00°22'42"W
Bouitas			34°58'36"N00°20'21"W
Bouitas			35°01'09"N00°25'00"W
Bhira			34°59'53"N00°22'25"W
Dakhla			35°00'16"N00°20'09"W
Dakhla		34°59'44"N00°19'55"W	
Ben Achiba		Louza	34 56 41 N 00 33 54 W
		Ténizara	34 57 58 N 00 38 13 W
Ténira		Sid Ahmed	34 59 12 N 00 31 19 W
	Guenadza	34 56 41 N 00 32 29 W	
Mérine	Taourira	Béni Slimen	34 50 36 N 00 53 43 W
	Mérine	Tigamoura	34 46 13 N 00 30 02 W
		Khodida	34 46 13 N 00 31 06 W
M. Slissen	Mlou Slissen	Zebboudj	34 55 39 N 00 59 55 W
	Ain Tindamine	A. Tindamine	34 41 40 N 00 43 48 W
Marhoum	Marhoum	Khouifira	34 24 16 N 00 19 14 W
		Faydh Soug	34 24 22 N 00 19 17 W
	Sidi Chaïb	Zergua	-
		Dhalaat	-
		Charef	-
		Djbel bguiri Malha	-



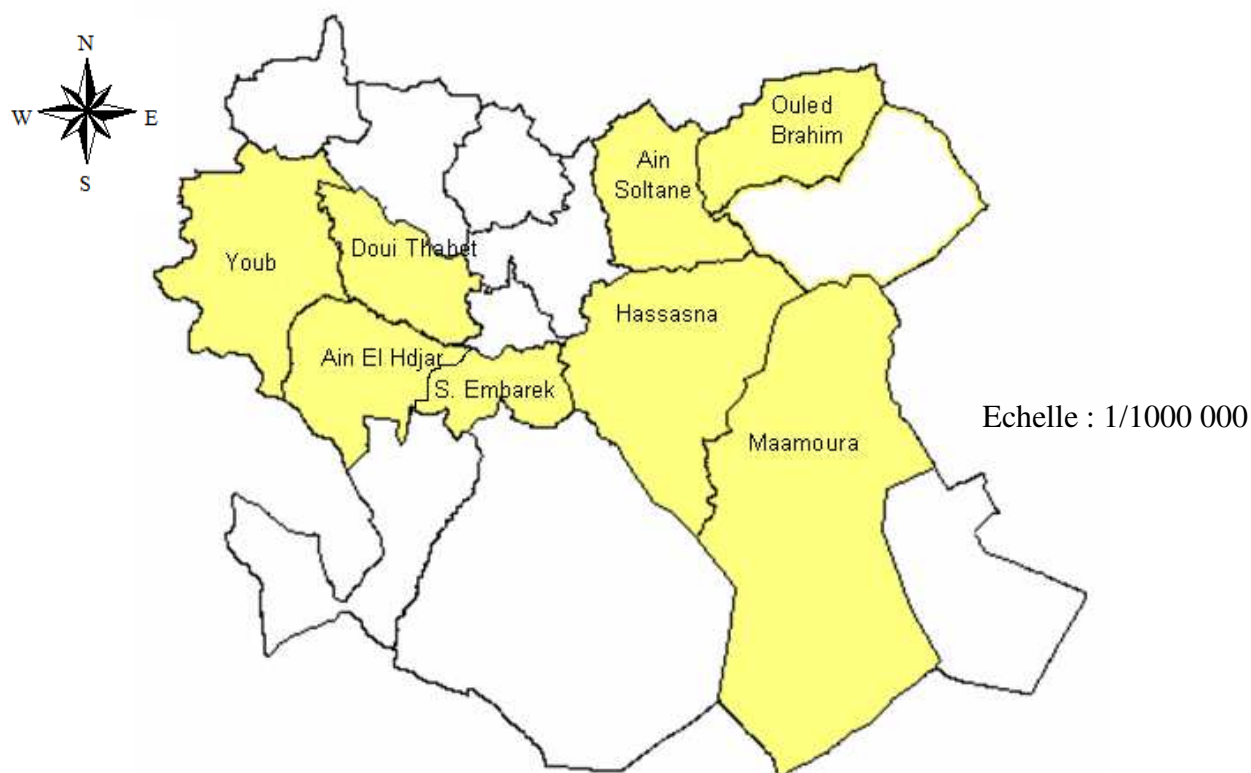
**Fig.39 :** Répartition des foyers grégarigènes au niveau de la wilaya de Sidi Bel Abbes

**Wilaya de Saïda :**

La wilaya de saïda est caractérisée par présence de 6 Communes qui abritent des foyers potentiels de reproduction de criquet marocain. (Tableau 6 et fig. 40)

**Tableau 6 :** Foyers grégarigènes de criquet marocain au niveau de la wilaya de Saïda (Bilans INPV)

Lieu de signalisation			Coordonnées géographiques
Daïra	Commune	Lieu dit	
Hassasna	Maamora	Sebdou	34° 40' 12" N 00° 25' 54" E
		O. Halouf	34° 42' 11" N 00° 20' 15" E
	Hassasna	Deloulia	34° 46' 53" N 00° 21' 27" E
Ain Hadjar	Ain Hadjar	Djebabra	34° 48' 58" N 00° 00' 54" E
		Ain Manaa	34° 47' 57" N 00° 01' 50" E
	Sidi M'Barek	Bordj Boulanouar	34° 41' 20" N 00° 03' 14" E
		Zerrouki	34° 42' 29" N 00° 03' 12" E
Youb	Doui Thabet	Rmel	34° 49' 05" N 00° 01' 29" E
	Youb	DAS Chabane	34° 56' 24" N 00° 14' 39" E
		Hassi El Abed	34° 55' 20" N 00° 13' 19" E
		O. Bakhti	34° 57' 54" N 00° 18' 29" E
		Barbour	34° 52' 13" N 00° 07' 43" E
Ouled Brahim	Ain Soltane	Ain Soltane	35° 01' 21" N 00° 18' 54" E
	O. Brahim	Guibren	35° 13' 09" N 00° 29' 29" E
		Maarad	35° 02' 10" N 00° 42' 24" E
		Zaouia	35° 02' 12" N 00° 34' 28" E



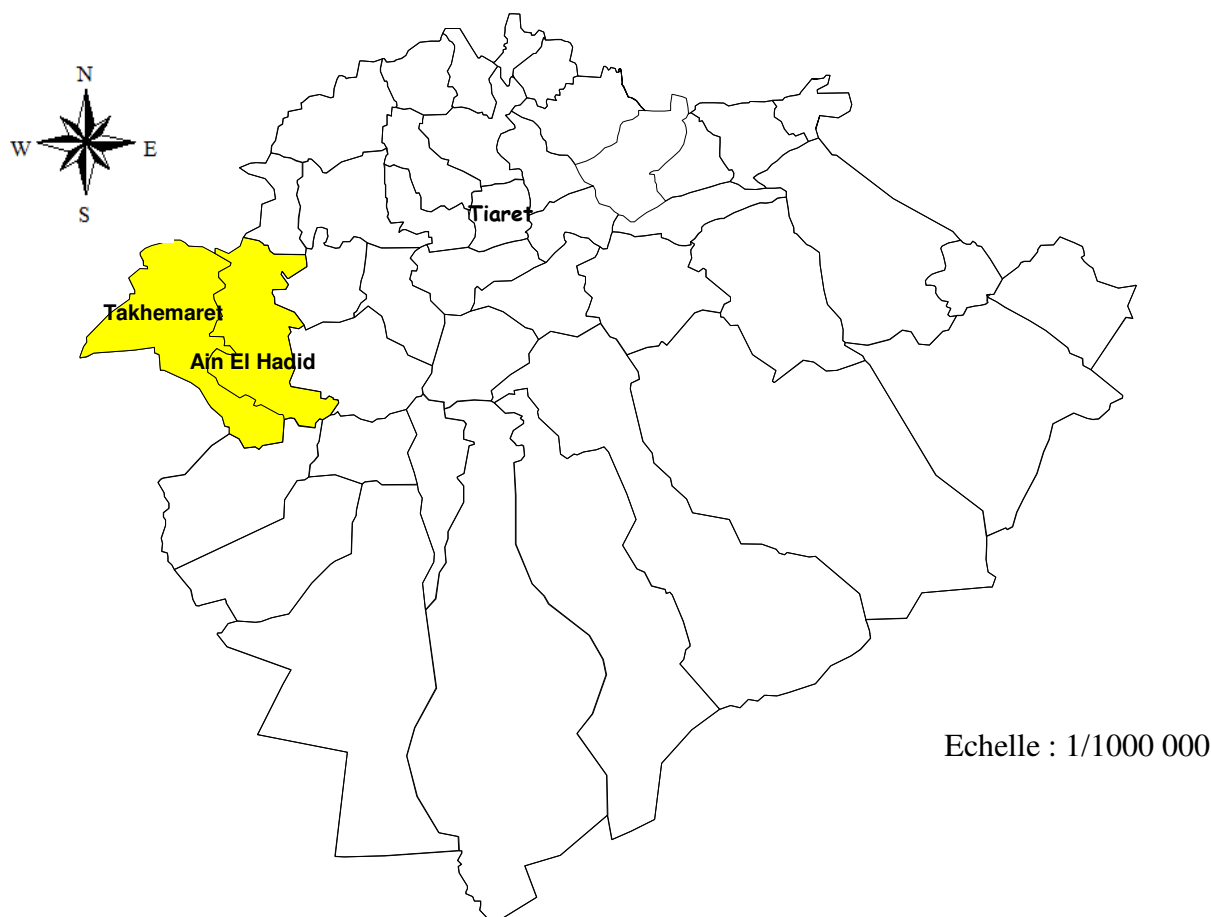
**Fig 40 :** Répartition des foyers grégarigène au niveau de la wilaya de Saïda

#### Wilaya de Tiaret

Trois communes au niveau de la wilaya de Tiaret abritant les foyers grégarigènes de criquet marocain (tableau 7 & fig.41)

**Tableau 7 :** Foyers grégarigènes de criquet marocain au niveau de la wilaya de Tiaret (Bilans INPV)

Daïra	Commune	Lieu dit	Coordonnées géographiques
Frenda	Ain El Hadid	El Jdaile	34 58 42 N 00 49 51 E
		Ouled Yahya	35 04 41 N 00 48 18 E
		Si Oumari	35 04 04 N 00 51 46 E
		Si Jabar	35 02 36 N 00 50 44 E
		Bouardia	35 01 10 N 00 46 57 E
		Sidi Smail	35 01 30 N 00 41 29 E
		El Machia	35 08 25 N 00 55 40 E
		Harire	35 02 48 N 00 55 34 E
	Takhmert	Ouled Boudjamaa	35 08 35 N 00 38 22 E
		Nadrouma	35 05 53 N 00 43 58 E
		Guercha	35 05 26 N 00 46 07 E
		Sidi Belouafa	35 05 41 N 00 43 31 E
		Bouchaba	35 08 48 N 00 38 25 E
		Bouazid	35 02 50 N 00 48 40 E



**Fig. 41 :** Répartition des foyers grégarigènes au niveau de la wilaya de Tiaret

#### **Wilaya de Mascara :**

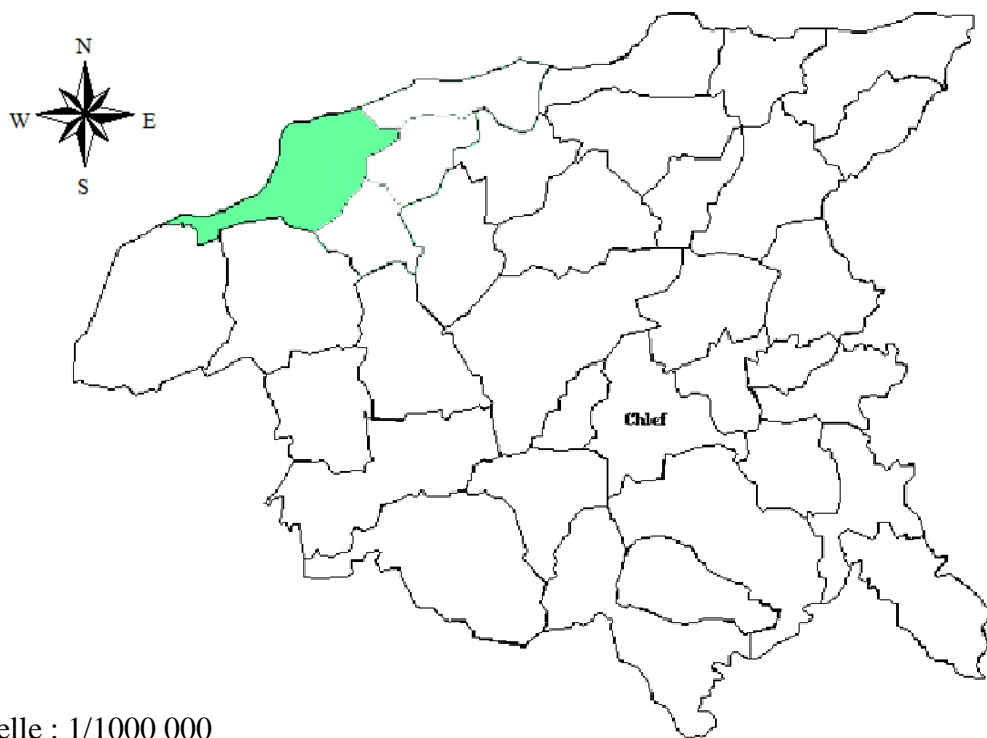
Au niveau de la wilaya de Mascara, les foyers de reproduction de criquet marocain se trouvent au niveau de 2 Communes de Zelamta et Aouf. (fig.42)



**Fig. 42 :** Répartition des foyers grégarigène au niveau de la wilaya de Mascara

#### **Wilaya de Chlef :**

A travers nos sorties sur terrain au niveau de la wilaya de Chlef, on a localisé en 2001 pour la première fois 02 foyers de reproduction de criquet marocain au niveau de littorale dans la Commune d'El Marsa. (fig.43)



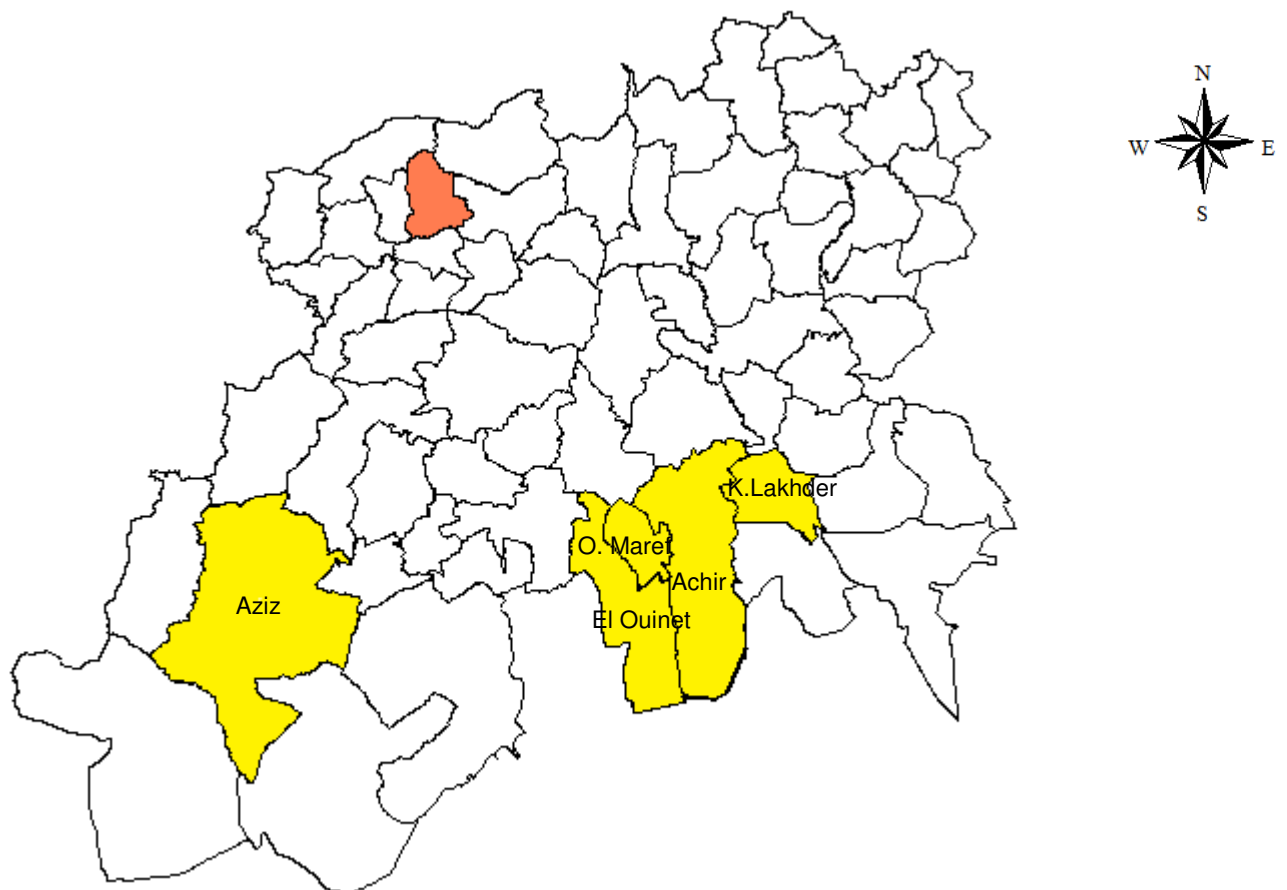
**Fig.43 :** Répartition des foyers grégarigène au niveau de la wilaya de Chlef

## Wilaya de Médéa :

Au niveau de la wilaya de Médéa, un ensemble de 4 Communes abritent les foyers de reproduction de criquet marocain, (tableau 8, Fig.44).

**Tableau 8 : Foyers grégarigènes de criquet marocain au niveau de la wilaya de Médéa (Bilans INPV)**

Daïra	Commune	Coordonnées géographiques
Aïn Boucif	Kaf Lakhdar	35° 56' 37" N 3° 17' 08" E
		35° 55' 08" N 3° 16' 23" E
	Aouinet	35° 53' 37" N 3° 02' 01" E
	Achir	35° 55' 15" N 3° 16' 27" E
		35° 54' 38" N 3° 16' 58" E
	Ouled Mâaref	35° 48' 55" N 3° 01' 58" E
Aziz	Aziz	35° 49' 24" N 2° 27' 08" E

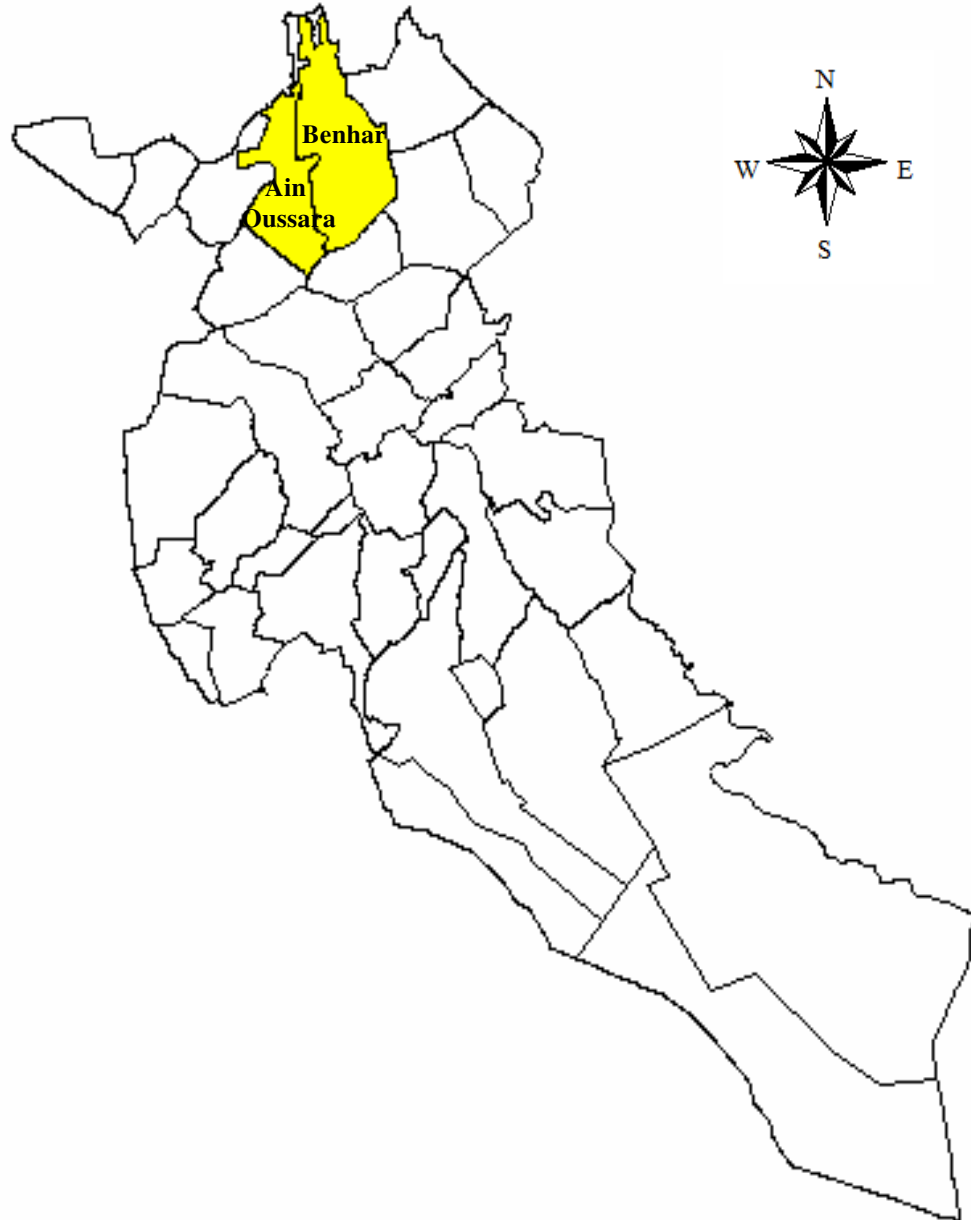


Echelle : 1/1000 000

**Fig.44 : Répartition des foyers grégarigène au niveau de la wilaya de Médéa**

### Wilaya de Djelfa :

Deux Communes au niveau de la wilaya de Djelfa abritent les foyers de reproduction de criquet marocain, il s'agit de la Commune de Benhar et de Ain Ouassara, (Fig.45).



**Fig.45** : Répartition des foyers grégarigènes au niveau de la wilaya de Djelfa

Echelle : 1/1000 000

### Wilaya de Bordj Bou Arreridj :

Un total de 4 Communes abritant les foyers grégarigènes de criquet marocain au niveau de la wilaya de Bordj Bou Arreridj : El Euch, Rabta, Bordj et Ghaliss, (Fig.46).





Echelle : 1/1000 000

**Fig.46 :** Répartition des foyers grégarigènes au niveau de la wilaya de Bordj Bou Arreridj

**Wilaya de Sétif :**

Au niveau de la wilaya de Sétif, deux Communes abritent les foyers de reproduction de criquet marocain : Ain Azel, Beida Bordj, (Fig.47)

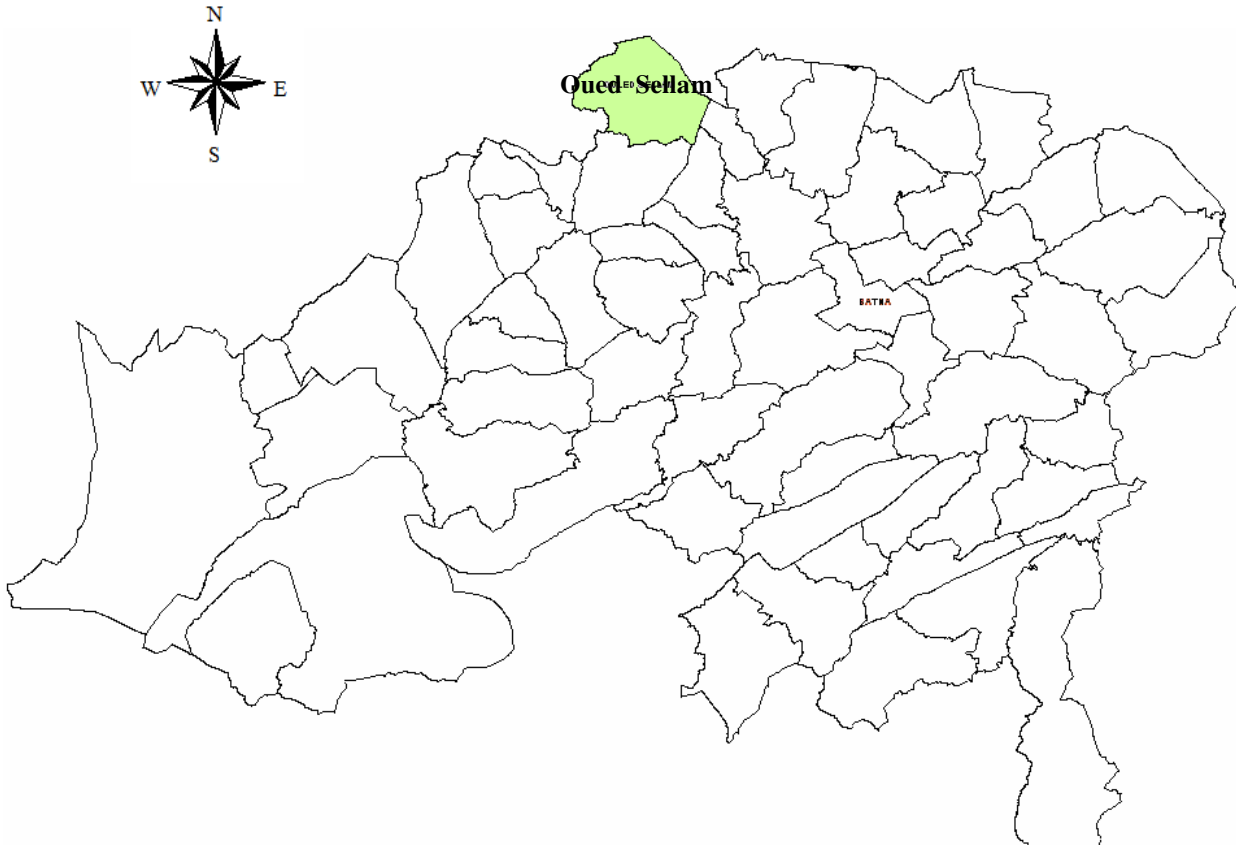


Echelle : 1/1000 000

**Fig.47 :** Répartition des foyers grégarigènes au niveau de la wilaya de Sétif

## Wilaya de Batna :

Une seule Commune d'Oued Celam au niveau de la wilaya de Batna qui abrite quelque foyer actif de reproduction de criquet marocain, (Fig.48).



Echelle : 1/1000 000

**Fig.48 :** Répartition des foyers grégarigènes au niveau de la wilaya de Batna

**Tableau 9 :** Foyers grégarigènes de criquet marocain au niveau de la wilaya de Batna (Bilans INPV)

<b>Daïra</b>	<b>Commune</b>	<b>Coordonnées géographiques</b>
Oued Sellam	Oued Sellam	35° 50' 29'' N 5° 47' 36'' 35° 50' 27'' N 5° 47' 33''

### Chapitre III : Présentation de la région d'étude

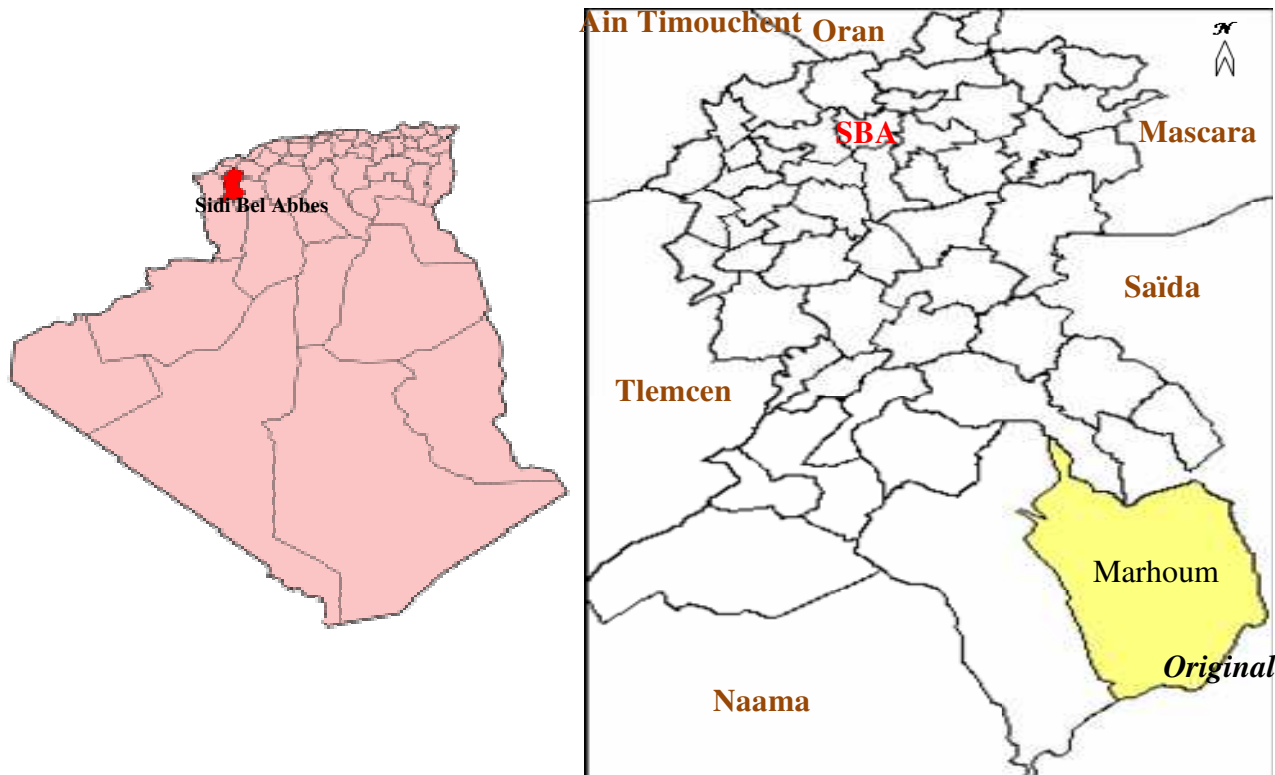
Le présent travail a été réalisé dans la région de Marhoum (W. Sidi Bel Abbès), sur une population grégaire du *Dociostaurus maroccanus* Thunb. 1815. Il a porté sur l'étude de l'état phasaire du criquet marocain, la dynamique de population, la densité des oothèques, le nombre d'œufs par oothèque, le sexe ratio ainsi que la réalisation d'un essai sur terrain à grande échelle pour étudier de l'effet d'un champignon entomopathogène «*Metarhizium acridum*» dont le nom commercial est « Green Muscle » sur des larves du *D. maroccanus*.

Ce site d'étude est l'un parmi les foyers grégarigènes du criquet marocain définies par PASQUIER (1934 – 1937), DOUMANDJI-MITICHE B. *et al* (1992) et répertoriés par l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El Harrach. Ces foyers ont enregistré une activité très importante depuis 1999 notamment.

#### III.1- Situation géographique de la région d'étude :

L'étude a été réalisée au niveau de la Commune de Marhoum située au Sud de la Wilaya de Sidi Bel Abbès situé à 450 km d'Alger. Elle est limitée au Nord par la Wilaya d'Oran, au Nord-Est par la Wilaya de Mascara, à l'Est par la Wilaya de Saïda et El Bayadh, au Sud par la Wilaya de Naâma et à l'Ouest par les Wilayate de Tlemcen et de Aïn Témouchent (Fig.49).

La région de Marhoum est une zone steppique à climat semi aride, caractérisée par des cultures céréalières.



**Fig.49** : Situation géographique de la région d'étude (Echelle : 1/1000 000). La région de Marhoum abrite plusieurs foyers grégarigènes ayant connu une activité très importante à partir de 1999 notamment.

### III.2. Végétation

La végétation de la zone d'étude est représentée essentiellement par la steppe à alfa (*Stipa tenacissima*) (Figure 50) notamment dans la zone méridionale de la wilaya. Nous notons aussi quelques formations forestières basses dégradées et hétérogènes (forêt, matorral et maquis bas à base de pin d'Alep, chêne vert, genévrier et quelques espèces buissonnantes du *Pinetum halepensis* et du *Quercetum*).

Les travaux entrepris par BOUANANE (1993) ; BOUCHETTATA (2002), CHAOUCH (2009) et mettent en évidence des groupements à *Stipa tenacissima*, *Artemisia herba alba* et *Lygeum spartum* qui sont rattachés au Lygeostipetalia avec des espèces dominantes *Lygeum spartum*, *Thymelea microphila*, *Peganum harmala*, *Helinathemum lipii*, *Aristida pungens*, *Stipa lagascae*, *Helinathemum hirtum* et *Thymelea microphylea*.

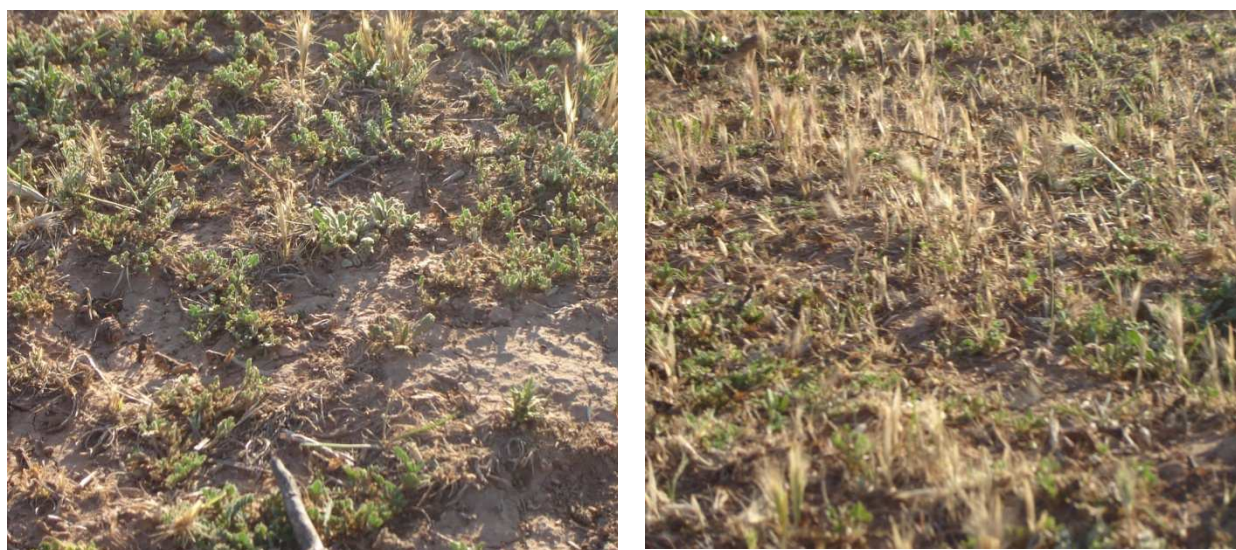
La composition et la diversité du couvert végétal varient selon un gradient nord-sud. Au nord, se développent les formations graminéennes dominées par l'alfa (*Stipa tenacissima*) présente dans la partie nord de la commune de Marhoum. D'autres groupements floristiques, associant des espèces psammophiles, *Stipa parviflora*, *Noaea mucronata*, *Peganum harmala* (ces deux dernières étant indicatrices de dégradation de la steppe et d'ensablement), et des espèces halophiles, *Atriplex halimus* et *Salsola vermiculata*, se développent au sud de Marhoum et prédominent dans l'environnement immédiat du chott Chergui.



*Original*

**Fig. 50.** Formation à *Stipa tenacissima* au sud est de la région de Sidi Bel Abbès.

Le couvert végétal (Fig. 51) qui est surpâturé et très bas avec une hauteur qui ne dépasse pas les 10 cm, est composé essentiellement par des graminées et des composées (tableau 10). Le sol est caillouteux à texture argilo limoneuse. Le sol de la région est constitué de la roche mère calcaire, compacte et caillouteuse.



**Fig. 51** : Couvert végétal des sites expérimentaux

*Original*

**Tableau. 10** : Liste des espèces végétales la station d'étude

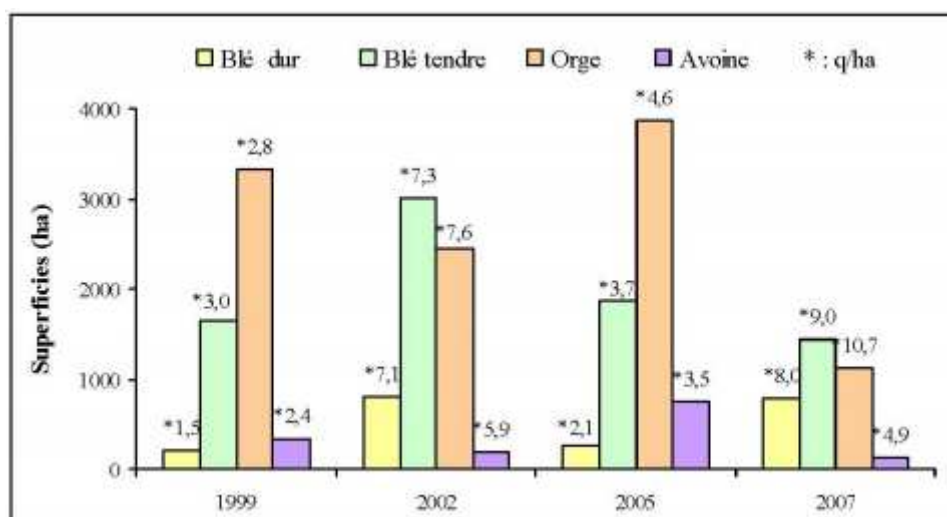
Familles	Espèces
Graminée (Poacées)	<i>Hordeum murinum L.</i> <i>Stipa parviflora Desf</i> <i>Triticum turgidum</i> <i>Poa bulbosa L.</i> <i>Lolium temulentum L.</i> <i>Avena longissima</i> <i>Bromus rubenis</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Dactylis glomerata H.lindb</i> <i>Lolium multiflorum</i> <i>Stipa sp</i> <i>Dactylis glomerata H.lindb</i> <i>Phalaris arundinacea</i> <i>Anisantha fasciculata</i> <i>Avena longiglumis</i>
Composées (Astéracées)	<i>Xeranthemum inapertum L.</i> <i>Carlina lanata L.</i> <i>Anacyclus latealatus Hub.Mor</i> <i>Scorzonia laciniata</i> <i>Carthamus lanatus L.</i> <i>Hedypnois cretica L.</i> <i>Mantisalca salmantica L.</i> <i>Filago spathulata L.</i> <i>Centaurea maroccana</i> <i>Anacyclus depressus</i> <i>Stemomacantha acaulis L</i> <i>Axycylus clavitus (Desf)</i> <i>Carduncellus pinçons (Desf)</i> <i>Hedypnois creticaL.</i> <i>Centaurea grincana</i> <i>Centurea involocrata Desf</i> <i>Launaea nudicaulis</i> <i>Lasiopogon muscoides desf</i> <i>Sanchus oleraceus</i>

	<i>Carthamus lanatus</i> <i>Scorzonera laciniata</i> L. <i>Artemisia herba-alba</i> Asso <i>Filago spathulata</i> L. <i>Anacyclus valentinus</i> L. <i>Atractylis capitosa</i>
Fabacées	<i>Astragalus sp native chilean</i> <i>Vicia sativa</i> L
Résédacées	<i>Reseda decursiva forss</i>
Aizoacées	<i>Aizoon hispanicum</i>
Renarculacees	<i>Delphinium peregrinum</i> L.
Plantaginacées	<i>Plantago valtorcanus</i>
Cistacées	<i>Helianthemum</i>
Chénopodiacées	<i>Beta macrocarpa</i> Guss
Papavéracées	<i>Glaucium corniculatum</i> L. <i>Hypecoum pendulum</i> L.
Géraniacées	<i>Erodium guttatum</i>
Caryophyllacées	<i>Minuartia meditenarea</i> Link <i>Minuartia cismontana</i> <i>Herniaria hirsuta</i> L. <i>Vaccaria pyramidata</i> <i>Dianthus gaditanus</i> Boiss
Malvacées	<i>Malva parviflora</i> Garden sage
Lamiacées	<i>Salvia sp jpg</i> <i>Marrubium sp L.</i>
Borraginacées	<i>Echium sp Jpg</i>
Liliacée	<i>Muscari neglectum</i> Guss

### III.3 – Agriculture et espaces de parcours

La surface agricole totale de la région de Sidi Bel Abbes couvre 52.504 ha et représente seulement 13,25 % de la superficie totale. Elle occupe le tiers des zones du nord et un peu moins du dixième des zones du sud. Cette superficie agricole est répartie entre 1985 exploitations dont 45 % relèvent du domaine public (Exploitation Agricole Collective). Elle est dominée par les céréales (1420 hectares avec 450 ha de blé dur, 840 ha de blé tendre, 1400 ha d'orge et 111 ha d'avoine).

La céréaliculture a connu son apogée en 1996 (27430 ha), mais une baisse brutale s'est produite ensuite, la superficie tombant à 5507 ha dès 1999, pour atteindre 5178 ha en 2009. Cette chute résulte, d'une part, de l'augmentation de plus de 200 % en moins de cinq ans du prix d'achat des intrants (BOUCHETTATA, 2002) et, d'autre part, de rendements souvent très faibles (Fig. 52).



**Figure 52.** Evolution des superficies céréalières en 1999, 2002, 2005 et 2007 à Sidi Bel Abbès, d’après Direction des Services Agricoles (2002).

Sur quatre campagnes agricoles après 1999 (1999-2000, 2002-2003, 2005-2006 et 2007-2008), l’orge couvre 48,5 % des superficies céréalières, avec un rendement moyen de 6,4 q/ha, le blé tendre 35,8 %, avec un rendement de 5,7 q/ha, le blé dur 9,3 %, avec un rendement de 4,6 q/ha, et l’avoine 6,4 %, avec un rendement de 4,1 q/ha.

La jachère est très largement représentée et constitue des terrains de parcours très recherchés dans la région ce qui justifie la surface qu’elle occupe et qui avoisine les 1385 hectares (DSA SBA, 2009).

L’espace de parcours agricole est temporaire et se limite à une exploitation des terres à vocation agricole par les troupeaux après la récolte, c’est la céréaliculture qui domine (Fig. 53). Ce type de parcours dont les pailles et les chaumes fournissent environ 100 unités fourragères mais ne retiennent les troupeaux que 3 mois au maximum (entre juillet et septembre). Les jachères qui occupent près de 20% de la surface agricole utile constituent des “prairies” mis à la disposition des troupeaux pendant quelques mois. Elles sont en liaison directe avec la céréaliculture dans le cadre de la rotation et de l’assolement (METERFI *et al.*, 2011).

C’est le domaine de la steppe à *Stipa tenacissima* qui est utilisée durant toute l’année. Le parcours est intense durant les mois de mars à juin pour la strate herbacée colonisant les microdépressions entre les touffes d’alfa et durant toute l’année sur les plantes dominantes que sont *Stipa tenacissima* ou *Artemisia herba alba*. Le parcours forestier constitue toutes les formations forestières généralement très dégradées et ne représentent qu’une très faible superficie, inférieure à 2% de la surface totale BENABDELLI (2000).



**Fig. 53 :** La céréaliculture à Sidi Bel Abbas

### **III.4 - Géomorphologie de la région d'étude**

#### **III.4.1. Relief**

Le relief de la région d'étude est dans l'ensemble très aéré, peu élevé et assez uniforme. Il est constitué en grande partie par les collines,

Le relief est accidenté dans la grande partie de la région, le reste de la circonscription est constitué par les surfaces homogènes ou sont cultivées les céréales secondaires, orge et avoine.

#### **III.4.2. Pédologie**

Le sol de la région est constitué de la roche mère calcaire, compacte et caillouteuse.

#### **III. 4.3. Climat de la région d'étude**

Le climat de la région d'étude est considéré comme un climat semi-aride, à hiver frais et chaud en été avec quelques journées de sirocco.

##### **III. 4.3.1. Précipitations**

La pluviométrie moyenne de la région est de 395 mm selon SELTZER (1946). Depuis ces dernières années, il est enregistré une baisse très sensible des précipitations (tableau 11 a,b), engendrant des déficits importants surtout les cultures vivrières.



**Tableau. 11a** : Précipitations moyennes mensuelles (2001-2011) de la région de Marhoum

Mois	Sep	Oct	Nov	déc	Janv	fév	Mars	avr	mai	juin	Juil	aout	Total
Précipitations moyennes (mm)	18.59	42.96	56.16	43.21	47.02	35.94	30.30	30.31	23.85	4.64	1.59	5.28	339.85

**Tableau. 11b** : Précipitations moyennes annuelles (2001-2011) de la région de Marhoum  
O.N.M (2012)

Année	Précipitations moyennes (mm)
2000	251
2001	357.6
2002	241.
2003	375.4
2004	413.4
2005	244.6
2006	290.4
2007	354.9
2008	415.1
2009	331.5
2010	422.3
Moyenne	336.1

### III. 4.3.2. Températures

Les températures se caractérisent par une moyenne assez élevée en été (32°C à 37°C) dans les régions de nord et (35°C à 38°C) dans les zones steppiques du sud. Les températures minimales sont de l'ordre de (2°C à 3°C) dans le nord et de 0°C à 1°C dans le sud.

Le tableau 12, représente les températures : minimales, maximales et moyennes de la région d'étude, pour la période du 2001 à 2011.

**Tableau. 12** : températures mensuelles (°c) de la région de Marhoum (2000-2010)  
O.N.M (2012)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	jan	Fev	mar	avr	mai	Juin	Juil	Aout
Tmax	30,5	26,4	19,3	15.9	15.2	16.8	19.4	21.8	26	32.2	35.9	35.4
Tmini	15,6	12,1	7,1	4.7	3	4	6.1	7.5	11.4	15.6	19	18.8
Tmoy	23	19,2	13,2	10.3	9.1	10.4	12.9	14.6	18.7	23.9	27.5	23

### III. 4.3.3. Le vent

Les vents dominants, sont ceux du Nord-Ouest, ils soufflent en toute saison pendant 10 à 15 jours par mois. Les vents des Nord, également repartis sur toute l'année, soufflent de 4 à 5 jours par mois. Tandis que ceux d'Ouest, ils soufflent pendant 7 à 10 jours par mois et sont caractéristique de l'hiver. Ceux du Nord soufflent sur une période de 7 à 8 jours par mois de l'été. Le Siroco souffle environ 15 jours par an lors des mois de juillet et Août.

### III.4.3.4. Synthèse climatique

#### III.4.3.4.1. Diagramme Ombrothermique de la région d'étude

C'est la représentation graphique de la période sèche et humide de la région d'étude, en se basant sur la relation :  $P = 2t$

**P** : pluviométrie du lieu

**T** : la température moyenne  $(M+m)/2$

D'après le diagramme ombrothermique de la région d'étude pour l'année 2010 (fig. 54) on constate 2 périodes bien distinctes, une période sèche débutant au début de mois de mars jusqu'au mois de octobre soit 7 mois et une période humide de 5 mois s'étendant de début du mois novembre jusqu'à la fin du mois de mars.

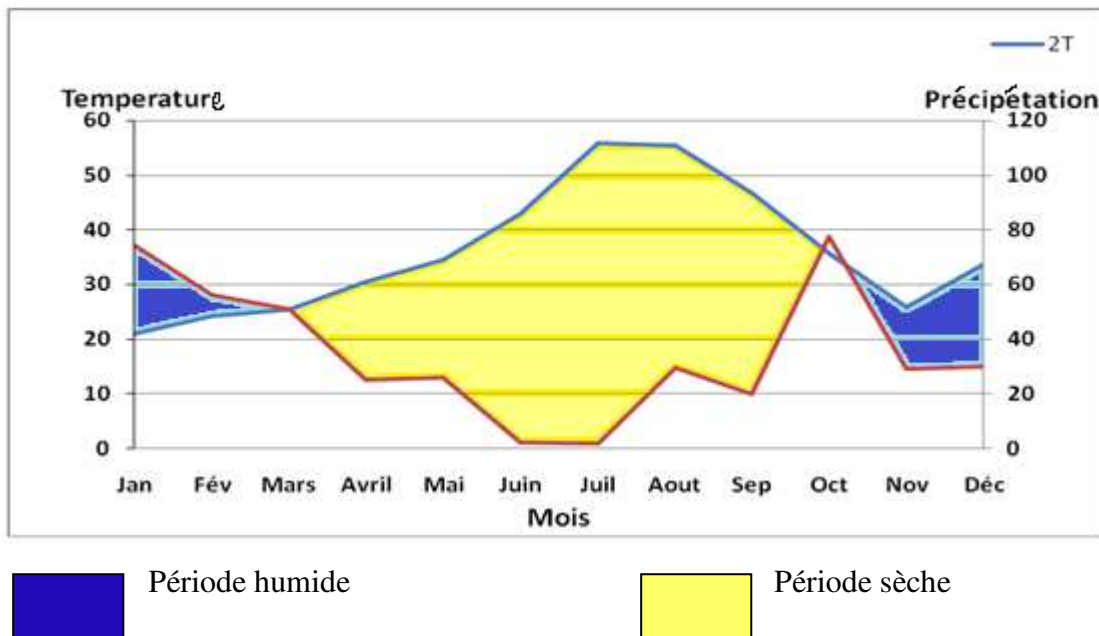


Fig.54: Diagramme ombrothermique de la région de Marhoum en 2011

#### III.4.3.4.2. Climagramme d'emberger de la région d'étude

Le climagramme d'emberger permet de caractériser le climat d'une région donnée et de la classer par rapport aux autres régions. Ainsi il nous permet de localiser l'étage bioclimatique de notre région d'étude. Ceci en utilisant les données de SELTZER (1946), s'étalant sur 15 ans (1923-1938), avec lesquelles on calcule le Q2 par la formule :

$$Q2 = 3.43 \times \frac{P}{(M-m)}$$

$Q_2$  = quotient pluviométrique

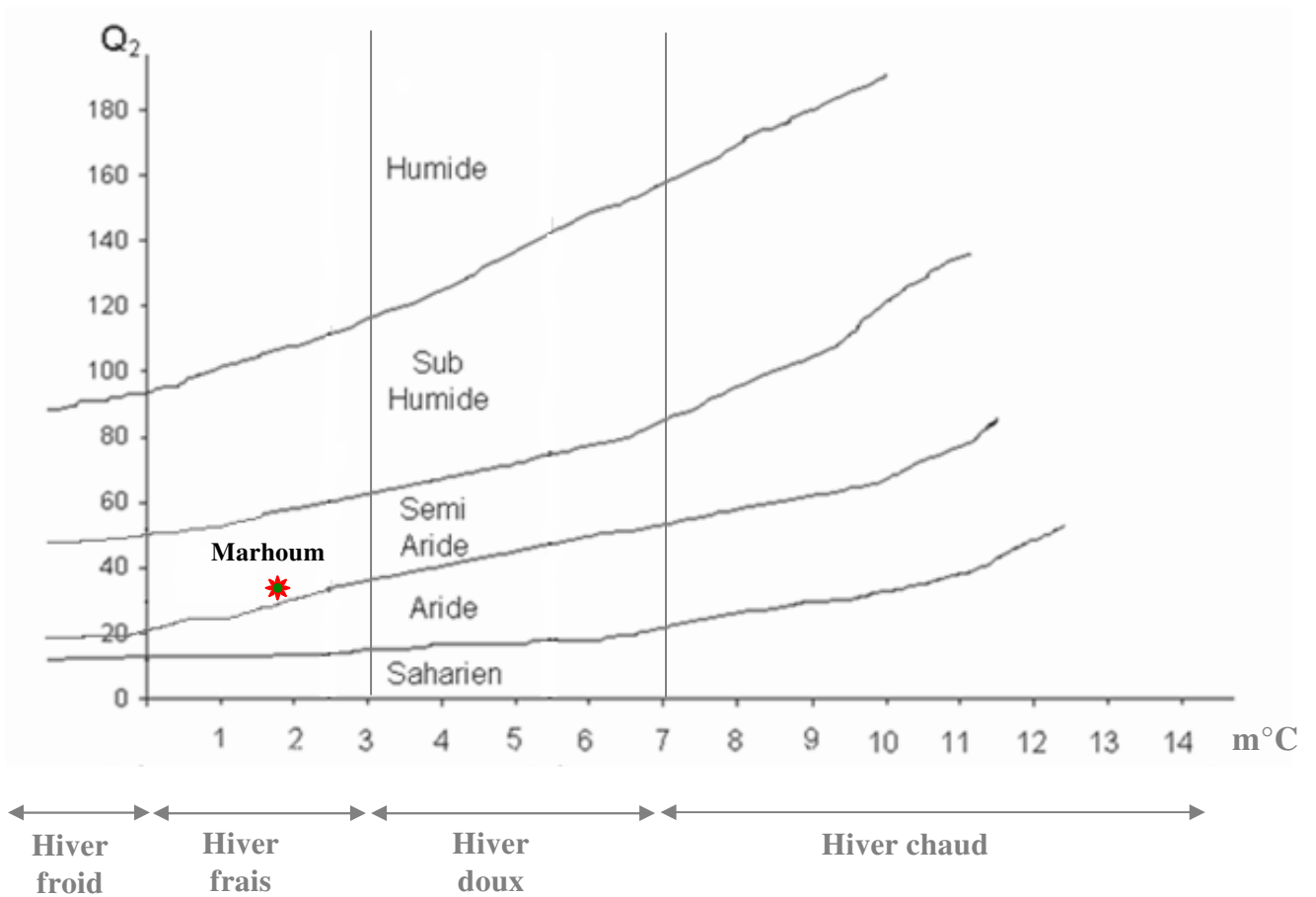
P = précipitations moyennes annuelles

M = moyenne de températures maximales du mois le plus chaud

m = moyenne des températures minimales du mois le plus froid

$Q_2 = 35,04$

En reportant la valeur de  $Q_2$  qui est de **35,04** sur le climagramme, il en ressort que la station d'étude se localise dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais, (Fig. 55).



**Fig. 55** : Climagramme d'Emberger (2001-2011) de la région de Marhoum

## Chapitre IV : Matériel & Méthodes

### IV.1 - Etude de statut phasaire de *Dociostaurus maroccanus* (Thunb., 1815) (Orthoptera, Acrididae) dans son habitat permanent en Algérie

#### IV.1.1 - Matériel

Pour étudier l'état phasaire de la population de *Dociostaurus maroccanus* par le calcul des indices morphométriques, nous avons utilisé le matériel suivant :

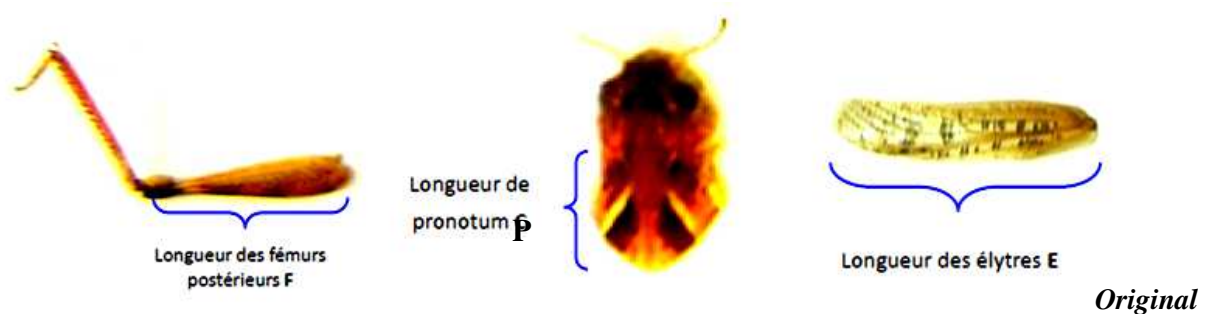
- Matériel de capture : Pour capturer les criquets nous avons utilisé un filet fauchoir.
- Cages : Les individus ailés et larves, capturés sont mis dans des cages afin des les transporter au laboratoire pour l'étude. En laboratoire, le matériel utilisé pour l'étude des indices morphométriques est composé de :
  - Un pied à coulisse
  - Du papier millimétré
  - Un microscope stéréoscopique ou loupe binoculaire

#### a) Méthode d'échantillonnage des acridiens.

Pour l'étude des indices morphométriques, nous avons choisi la méthode de Shull (1913) in Uvarov (1977). Elle consiste à récolter aléatoirement les individus à l'aide d'un filet-fauchoir en vue de leurs mensurations en laboratoire.

#### b) Indices morphométriques

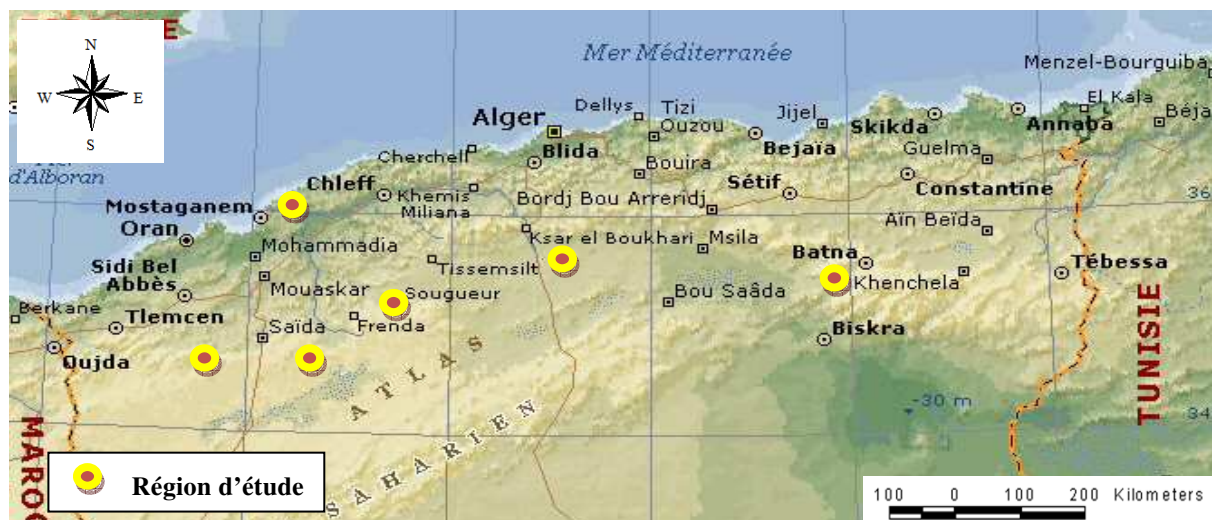
Pour étudier l'état phasaire des populations adultes de criquet marocain, nous avons effectué des mesures à l'aide d'un pied à coulisse : longueur des fémurs postérieurs F, longueur des élytres E et longueur des pronotum P (Fig. 56). L'échantillon est composé de 40 ailés mâles et 40 femelles, capturés durant le mois de juin de 2010, 2011 et 2012. Nous avons ainsi calculé les moyennes des rapports F/P, E/F et E/P. Chaque moyenne est accompagnée de l'écart-type correspondant.



**Fig. 56** : Les trois parties de *Dociostaurus maroccanus* mesurées (F, E et P)

#### IV.1.1.3 - Comparaison de l'état phasaire des populations de *D. maroccanus* de l'Ouest, Centre et l'Est d'Algérie, sur la base des rapports morphométriques.

Des mesures morphométriques (longueur des fémurs postérieurs F, longueur des élytres E et longueur des pronotum P) ont été réalisées sur plusieurs populations de criquet marocain (40 individus pour chaque site) capturées dans la même période (juin 2011) au niveau de l'aire d'habitat permanent du criquet marocain à l'Ouest (Sidi Bel Abbès, Saïda, Tiaret et Chlef), Centre (Médéa) et à l'Est (Batna) d'Algérie, (Fig.57)



Original

Fig. 57 : Foyers grégariques du criquet marocain étudiés

#### IV.1.2- Méthode d'exploitation des résultats

Pour savoir l'état phasaire de la population du *D. maroccanus*, nous avons comparé nos résultats avec ceux obtenus par PASQUIER (1934) et ceux de LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992) qui ont présenté les rapports entre la longueur des élytres sur la longueur des fémurs postérieurs (E/F), la longueur des fémurs postérieurs sur la longueur de pronotum (F/P) et la longueur des élytres sur la longueur du pronotum (E/P). (Tableaux 13 et 14).

Tableau 13. Rapports morphométriques phasaires chez *Dociostaurus maroccanus* d'après PASQUIER, (1934).

Les phases	Phase solitaire		Phase grégaire	
	Mâles	Femelles	Males	Femelles
Les rapports morphométriques				
E/F	1,48	1,55	1,76	1,81
F/P	3,03	-	2,69	-

**Tableau 14.** Rapports morphométriques phasaires chez *D. maroccanus* d'après LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992)

Principales étapes d'un cycle d'invasion	Rapports morphométriques E/F		Longueur de l'élytre (E) des males en (mm)
	Mâles	Femelles	
Rémission (solitaires)	De 1,4 à 1,5	De 1,4 à 1,55	<22
Essor (transiens congregans)	<1,6	<1,62	De 22 à 24
Invasion generalisée (grégaire)	De 1,65 à 1,75	De 1,66 à 1,72	>24
Déclin (Transiens dissocians)	<1,60	<1,62	De 22 à 24

## IV.2 - Etude des sensilles olfactives et gustatives de *D. maroccanus* à l'état grégaire dans la région de Marhoum (Wilaya de Sidi Bel Abbas)

### IV.2.1 - Matériel et méthodes

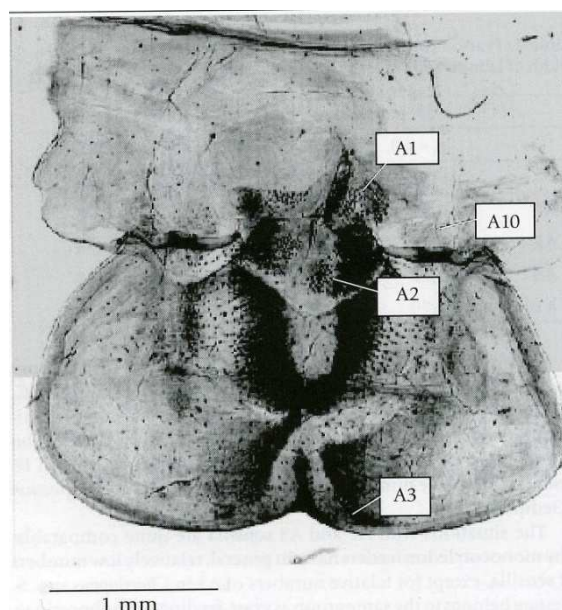
Nous avons récolté des criquets adultes pour l'étude de la population de la station de Khouifira (Marhoum, Sidi Bel Abbas) pour une approche d'une étude comportementale de la quête de la nourriture. Des individus secs, ou en alcool ont été étudiés tant pour les sensilles des antennes que celles du labre.

### IV.2.2 - Préparation des antennes (selon la méthode préconisée par El Ghadraoui *et al.*, 2002)

On prend 20 individus de *D. maroccanus* : 10 mâles et 10 Femelles. On coupe les antennes de chacun qu'on met dans de la potasse pour les rendre clairs, puis on les monte entre lames et lamelles dans une goutte de liquide de Faure sur chaque face supérieure et inférieure. Le nombre de sensilles de chaque catégorie antennaire de chaque face est compté pour chaque segment antennaire à savoir 25 segments par antenne.

### IV.2.3 - Préparation des labres (selon la méthode préconisée par El Ghadraoui *et al.*, 2002)

Nous avons considéré 20 individus du criquet marocain : 10 mâles et 10 femelles. Les labres de chaque individu ont été disséqués sous le microscope photonique, puis immergés dans une solution de 50% de KOH pendant 5 à 6 heures, afin d'éliminer toute matière adipeuse et de rendre plus claires les pièces chitinisées. Ensuite nous les avons rincé dans de l'eau distillée pendant 15 mn et montés entre lame et lamelle dans une goutte de liquide de Faure. Les différents types de sensilles (Zone A1, A2, A3 et A10) ont été comptés dans chaque zone par individu, (figure 58).



**Fig.58** : Position des sensilles de type A sur la surface épipharyngale du labre de *D. maroccanus* (El Ghadraoui *et al.*, 2002).

### **IV.3 - Régime et préférence alimentaire de *Dociostaurus maroccanus* Thumberg, 1815 dans sa phase grégaire**

#### **IV.3.1 - Matériel & Méthodes**

L'étude du régime alimentaire a été réalisée par la méthode d'analyse des contenus des fèces, qui se base sur la reconnaissance des fragments d'épidermes des plantes consommées contenus dans les fèces, à l'aide d'un microscope photonique. La détermination se fait par comparaison aux épidermes de référence, préparés à partir des végétaux frais prélevés de la région d'étude. Les caractères épidermiques n'ayant pas tous la même importance, nous avons étudié plus particulièrement la forme et la position des poils, des stomates et des cristaux. La forme des cellules épidermiques, des nervures et l'aspect du bord du limbe sont des caractères secondaires qui peuvent éventuellement permettre de différencier deux espèces entre elles (PRAT, 1932 ; LAUNOIS-LUONG, 1975).

Pour appréhender les préférences alimentaires, nous avons effectué sur le terrain des relevés de recouvrement et de l'abondance - dominance de chaque espèce végétale. Ensuite nous avons récupéré les fèces de chaque individu échantillonné sur le terrain au cours du mois de juin – Juillet 2010.

Chaque individu capturé est mis dans un pilulier pendant 24 heures jusqu'à ce qu'il vide le contenu de son tube digestif. Les *egesta* sont alors séchés et stockés jusqu'à leur préparation entre lame et lamelle. Selon l'importance des *egesta* produits lors de la captivité, une à plusieurs lames ont été préparées pour un même individu.

#### IV.3.1.1. Etude de la végétation

L'inventaire des espèces est indispensable pour une analyse structurale d'une station. Notre travail a deux objectifs complémentaires : la contribution à la réalisation d'un inventaire floristique des différentes formations végétales et la préparation d'épidermes de référence.

#### IV.3.1.2. Constitution d'un herbier de référence

La récolte de la plante sur le terrain est la prospection qui vise à connaître la totalité de la flore de la région. Dans ce cas, il est indispensable de visiter la région d'étude pendant toutes les saisons pour récolter le maximum de plantes de différentes espèces. Au cours des prospections, on utilise des sachets en plastique. Les échantillons récoltés sont ensuite séchés et placés dans des chemises en papier avec une étiquette, mentionnant la date, lieu et d'autres observations intéressantes. Toutes les espèces ont été conservées en herbier.

#### IV.3.1.3. Détermination des plantes

La détermination des espèces végétales a été effectuée à l'aide de la Nouvelle Flore de l'Algérie (QUEZEL & SANTA, 1962-1963), la Flore du Sahara (OZENDA, 1977) et la Florure des biotopes du criquet pèlerin en Afrique de l'Ouest et du Nord-Ouest (DURANTON, 2012).

#### IV.3.1.4. Préparation des épidermes de référence (Epidermothèque)

Les épidermes sont traités selon la méthode préconisée par BENHALIMA (1983). Les fragments des plantes sont ramollis dans un tube à essai contenant 10 ml d'eau distillée chaude pendant une dizaine de minutes (fig. 59). Une fois l'épiderme isolé, il est trempé pendant cinq minutes, selon sa consistance dans de l'eau javellisée diluée pour détruire les contenus cellulaires. Il est ensuite rincé à l'eau puis trempé dans des bains d'alcool de 50°, 75° puis de 100° respectivement pour le déshydratation. Les différents épidermes sont ensuite montés entre lame et lamelle dans une goutte de liquide de Faure.



**Fig.59** : Procédure de l'analyse des épidermes de plantes récoltées sur le terrain.



#### **IV.3.1.5 - Préparation des épidermes contenus dans les fèces**

Le premier traitement c'est la réhydratation des égesta pendant 24 heures dans de l'eau. Les fèces sont ensuite trempées pendant cinq à dix minutes dans de l'eau javellisée pour éclaircir les épidermes. Les fragments d'épidermes sont ensuite rincés abondamment à l'eau distillée puis déshydratés progressivement comme pour les épidermes de plantes du terrain, dans des bains d'alcool (50°, 75° et 100° de dilution). Les différents épidermes sont ensuite séparés à l'aide de pince sous la loupe binoculaire, puis placés entre lame et lamelle, en utilisant du liquide de Faure pour la conservation de la préparation.

Les espèces végétales consommées par le criquet marocain sont déterminées, sous le microscope photonique en comparant les fragments d'épidermes contenus dans les égesta aux épidermes de référence des plantes récoltées dans la station étudiée. Il est fréquent qu'un égesta contienne des débris végétaux appartenant à plusieurs espèces. Les principes d'identification sont les mêmes, la proportion relative de chaque plante est estimée sur l'ensemble de la préparation.

#### **IV.3.1.6. Détermination des fréquences de consommation**

Pour chaque espèce déterminée, nous avons calculé la fréquence relative suivant la formule  $Fr \% = (ni/N) \times 100$  avec ni qui est le nombre de fragments du végétal observés dans les fèces, et N le nombre total des échantillons examinés. La détermination des fragments végétaux, s'appuie sur plusieurs critères ; la taille et la forme des cellules, le type de paroi (lisse ou sinueuse), la forme et la densité des stomates, la présence ou l'absence des poils et des épines et le nombre de cellules constituant les poils (unicellulaire, bicellulaire ou pluricellulaire).

### **IV.4 - Application de *Metarizium anisopliae* var. *acridum* contre le criquet marocain sur le terrain.**

#### **IV.4.1 - Matériel et méthodes :**

##### **IV.4.1.2 – Population acridienne cible :**

L'étude consiste à appliquer d'un champignon entomopathogène « *Metarizium anisopliae* var. *acridum* » sur des bandes larvaires de criquet marocain, composées en majorité par des 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> stade.

##### **IV.4.1.3 – Les sites d'étude :**

Pour réaliser cette étude, nous avons choisi trois sites différents situées loin du chef lieu de la Commune de Marhoum à 25 km. La distance entre chaque site varie de 1 km à 1,5 km.

Un site témoin qui présente les mêmes caractéristiques, a été choisi pour comparer les sites expérimentaux.

#### IV.4.1.3.1 - Site 1 (Khouifira, Marhoum) :

Il se trouve au point 34 28 40 N 00 17 45 W sur une altitude 1195 m. C'est un bas fond, limoneux à 80% humide à partir de 5 cm en dessous du sol. Le tapis végétal est composé essentiellement par des légumineuses et des graminées, (Fig. 60).



**Fig. 60** : Site 1 (Khouifira, Marhoum)

*Original*

#### IV.4.1.3.2 - Site 2 (Khouifira, Marhoum) :

Il se trouve au point géographique 34 28 09 N 00 17 10 W avec une altitude de 1200 m. Il est caractérisé par des étendues vastes avec un sol en jachère (Fig. 61), couvrant par un tapis végétal composé essentiellement par des graminées et des composées avec une prédominance du *Poa bulbosa*.



**Fig. 61** : Site 2 (Khouifira, Marhoum)

*Original*

#### IV.4.1.3.3 - Site 3 (Khouifira, Marhoum) :

Il est situé au point géographique 34 29 12 N 00 17 42 W et une altitude de 1194 m. C'est un bas font caractérisé par un sol a texture limoneuse à 80%. Le couvert végétal est composé principalement par des graminées (Fig. 62).



Fig. 62 : Site 3 (Khouifira, Marhoum)

*Original*

#### IV.4.1.4 – Matériel fungique utilisé :

Le produit utilisé est un champignon entomopathogène « *Metharhizium anisopliae* var *acridum* » ; dont le nom commercial est le Green Muscle. Il se trouve en formulation poudreuse ( $5 \times 10^{10}$  spore/g) emballé dans des sachets de 1 kg. Il a été transporté par véhicule à partir d'Alger vers le lieu de l'essai dans une glacière. Lors du transport la température a été enregistrée par un enregistreur de température Data Logger Log32. La moyenne des températures était de 4,81°C (Fig. 63).

Un test de viabilité a été fait avant l'utilisation du bio-pesticide, qui a montré que ce produit avait une viabilité de spores de 97%.

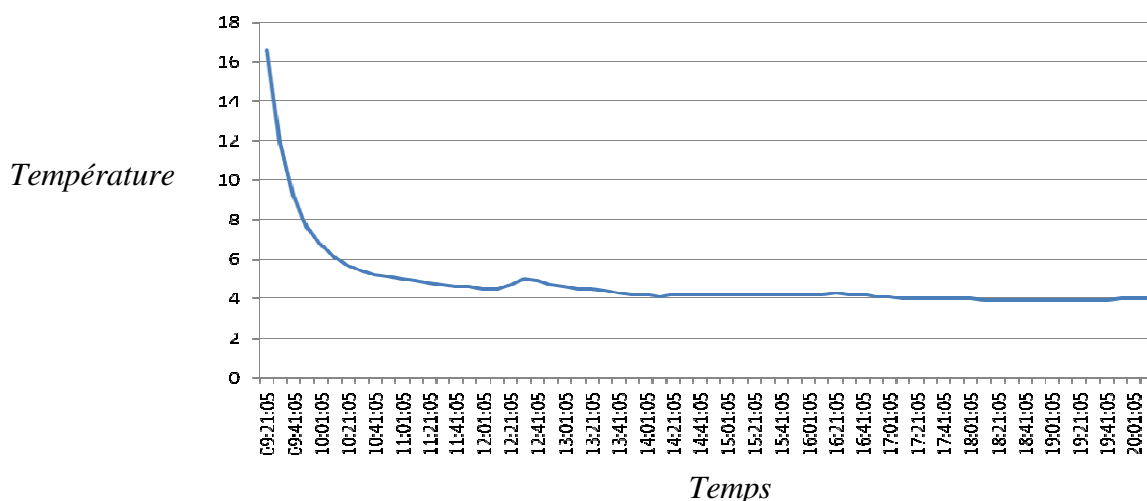


Fig. 63 : Températures enregistrées pendant le transport de Green Muscle

Le *Metarhizium* a été pulvérisé par voie terrestre à l'aide d'un appareil de traitement de type Micronaire AU7000, monté sur une Toyota Landcruiser (Fig. 64), qui était calibrée avant le traitement pour un volume d'utilisation de 2 litres par hectare.

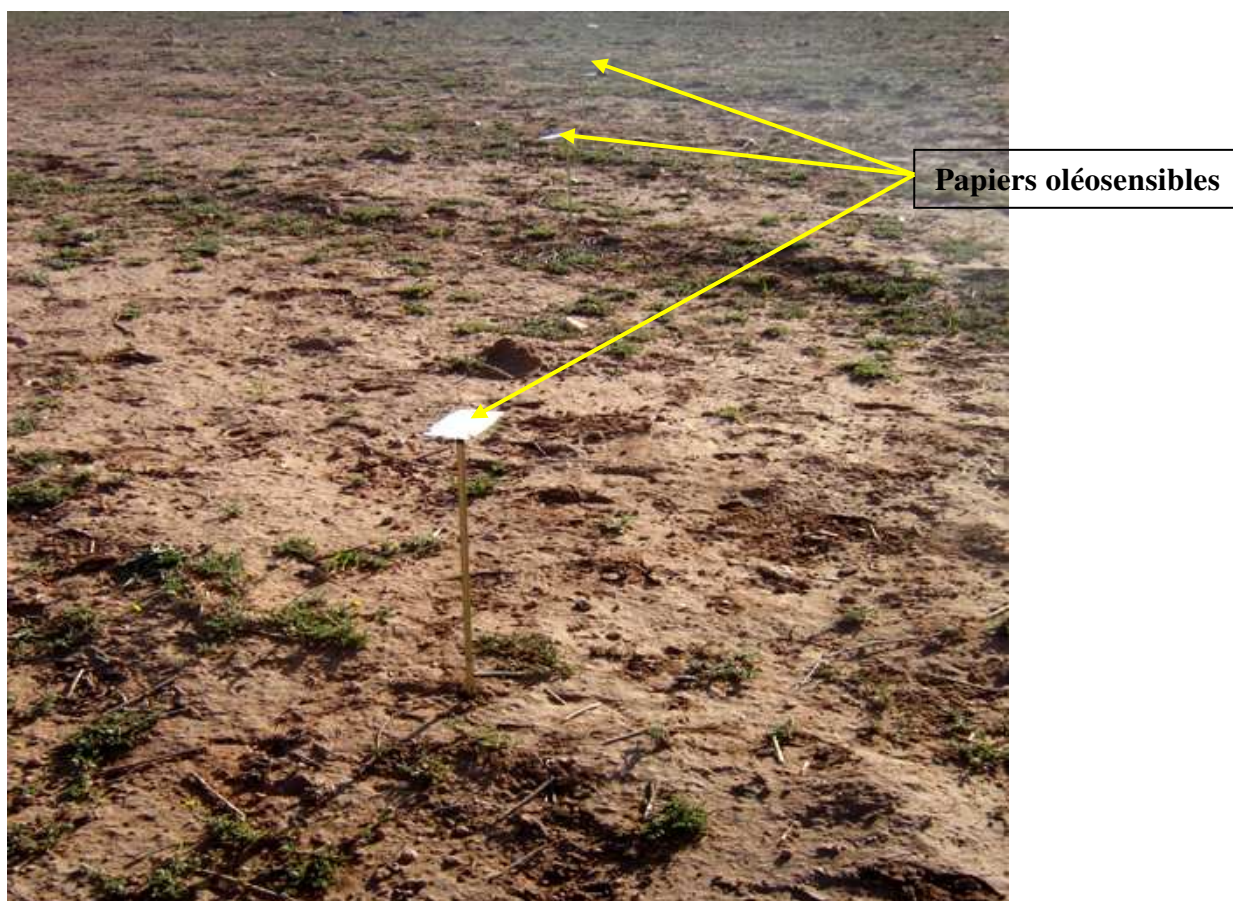


*Original*

**Fig. 64 :** Micronaire AU7000 monté sur une Toyota LandCruiser

Pour cette étude, on a utilisé trois doses de *Metharhizium* sur les larves du criquet marocain respectivement 25g/ha, 50g/ha et 75g/ha. La première a été testée au niveau du site 1 et 2 au niveau du site n° 2 et la 3<sup>ème</sup> au niveau du site n° 3. Pour chaque dose, les traitements ont été réalisés sur une superficie de 10 ha qui contient plusieurs bandes larvaires composées de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> stade. Les spores de *Metarhizium* ont été mélangés avec du gasoil selon la notice.

Pour contrôler le dépôt des gouttelettes, des papiers Oléo-sensibles ont été mis dans chaque bloc traité. Ils étaient attachés à des supports spéciaux à 50 cm du sol. Les supports ont été placés sur des lignes perpendiculaires à la direction de passage du véhicule de traitement (Fig. 65).



*Original*

**Fig. 65 :** Papiers Oléo-sensibles

Après récupération des papiers Oléo-sensibles, nous avons constaté que le produit est bien réparti sur la totalité des feuilles où un nombre moyen de 85 gouttelettes a été compté qui est très suffisant pour toucher la cible d'après RACHADI (1991).

#### **IV.4.1.5 –Suivi des larves traitées sur le terrain :**

Il ya trois méthodes de suivi des larves traitées sur le terrain. Soit on laisse les larves traitées libre sur le site traité et on les suit tout le temps jusqu'à la mortalité totale des larves, cette méthode a été utilisé par KOOYMAN *et al* (2005) lors de son essai d'entomopathogène contre le criquet pèlerin, cette méthode est très difficile vue la mobilité des larves sur toute la journée. La deuxième méthode utilisée par RACHADI *et al* (1990 et 2005) lors de l'essai d'un régulateur de croissance sur les larves du criquet pèlerin et OULD AHMADOU (2001) pour l'étude d'efficacité des champignons entomopathogènes sur les larves du criquet pèlerin en Mauritanie, c'est une méthode qui consiste à mettre les larves traitées dans des cages et de laisser ces cages sur le terrain afin de faciliter le suivi. La troisième méthode du quadrat, que nous avons préféré, a été utilisée par STOWER et GRETHEAD (1969) qui consiste à utiliser une enceinte carré de 1m<sup>2</sup> à 10m<sup>2</sup> , sans toit avec des côtés de 40 cm de hauteur.

Au niveau de chaque site, on a délimité après les traitements des quadrats, à l'aide d'un film en plastique de 1 m de hauteur, 4 blocs d'une superficie de 4m<sup>2</sup> chacun, pour empêcher les larves traitées du criquet marocain de sortir vers l'extérieur du bloc (Fig. 66 et 67).

Pour avoir la même densité au niveau de tous les blocs, on a capturé à l'aide d'un filet fauchoir des larves existant dans le même site pour les mettre à l'intérieur du bloc.



*Original*

**Fig. 66** : Site d'essai avec les 04 blocs



*Original*

**Fig. 67** : Bloc expérimental

Puisque la température ambiante et l'humidité jouent sur la vitesse d'action du *Metharhizium*, celles-ci ont été mesurées régulièrement tous les jours et chaque heure à l'aide d'un enregistreur automatique de température Data Logger Log32.

Au niveau de chaque site, un comptage a été effectué avant les traitements, par l'estimation de la surface et de la densité de chaque bande larvaire. Après les traitements, chaque 24 heures et au niveau de chaque site, on a fait des notations pour l'ensemble des blocs jusqu'à la mortalité totale de la population larvaire. Les notations ont porté sur : Evolution de la densité, comportement des larves et la mortalité et la présence des cadavres.

Le comptage a été effectué chaque jour et à la même heure.

#### **IV.4.1.6 – Paramètres de traitement :**

Les paramètres de traitement sont mentionnés dans le tableau 15

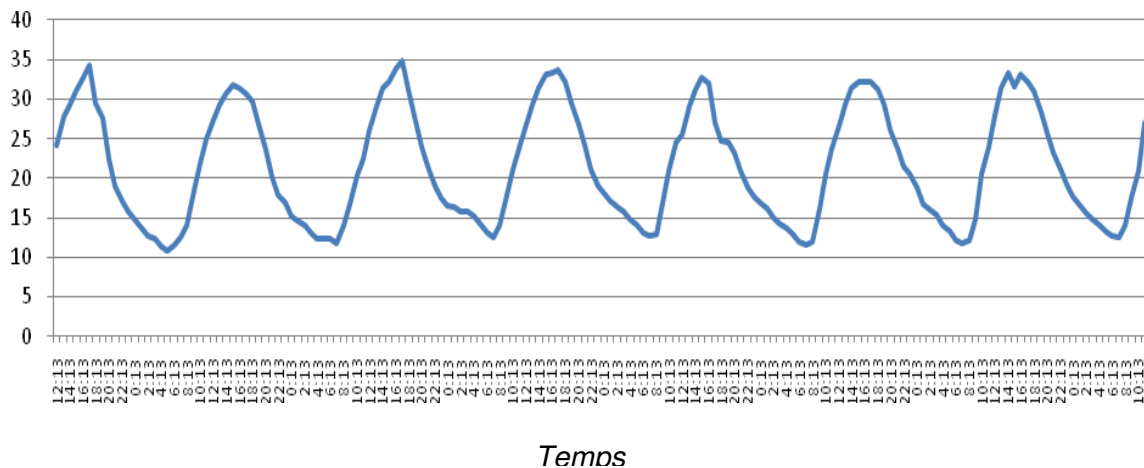
**Tableau 15** : Paramètres de traitement

Paramètres	Site 1	Site 2	Site 3
Dose utilisée	25g/ha	50g/ha	75g/ha
Volume d'application	2 litre/ha	2 litre/ha	2 litre/ha
Date de traitement	08/05/2011	08/05/2011	09/05/2011
Début de traitement	16H55	7H50	8H05
Fin de traitement	17H35	8H25	8H35
T° Max	27°C	14,7°C	21°C
T° Min	14,6°C	10,8°C	9,8°C
T° Max au sol	26°C	17,2°C	22°C
T° Min au sol	14°C	12,7°C	11,9°C
Humidité à 2 m de hauteur	30,20%	62,40%	23%
Humidité au sol	48,50%	57,70%	34%
Vitesse de vent	3 à 4 m/s	3 m/s	2,5 à 3 m/s
Direction de vent	NE	NE	E

Il est à noter que les traitements ont été réalisés dans de bonnes conditions météorologiques.

La courbe de la température enregistrée (Fig. 68), a montré une évolution approximative de la température pendant le jour commençant de 20°C pour atteindre 30°C à 34°C pendant toute la période d'essai, ce qui représente la température idéale pour le développement du champignon. La nuit, les températures étaient basse, d'environ 10°C à 15°C, pouvant ralentir le développement du *Metharhizium*.

Températures



**Fig. 68** : Température ambiante enregistrée pendant l'expérimentation

#### IV.4.1.7 – Correction de la mortalité

On utilise la formule d'ABBOT (1925), pour corriger le pourcentage de la mortalité comme suit :

**Mc** : Le pourcentage de mortalité corrigée

**M<sub>1</sub>** : Le pourcentage de mortalité chez les témoins

**M<sub>2</sub>** : Le pourcentage de mortalité chez les individus traités

$$Mc = \frac{M_2 - M_1}{100 - M_1} \times 100$$

#### IV.4.1.8 – Calcul de la TL<sub>50</sub>

Pour calculer la TL<sub>50</sub>, il faut d'abord transformer le pourcentage de mortalités corrigées en probits et des temps en logarithme décimal du temps et on obtient une équation de type :

$$Y = ax + b$$

Soit :            **Y** : probits de mortalité corrigée  
                     **x** : logarithme décimal du temps  
                     **a** : pente de la droite qui se calcule par la formule suivante :

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

A partir de ces équations on calcule la TL<sub>50</sub> en remplaçant **y** par le probit de 5.

### IV.5 - Application au laboratoire d'un Bio-pesticides botanique, Triflumuron et un champignon entomopathogène sur les larves et les ailés du *D. maroccanus*

#### IV.5.1 – Effet de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* sur les larves de criquet marocain.

##### IV.5.1.1 – Matériels :

###### a) *Dociostaurus maroccanus* Thunb. 1815

Nos expériences ont été réalisées sur une population de criquet marocain *D. maroccanus* en phase grégaire, au laboratoire d'acridologie de l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El Harrach. Les ailés et les larves des stades L2, L3 ont été capturés à l'Ouest du pays (Wilaya de Sidi Bel Abbes). Par la suite les larves ont été élevées dans des cages jusqu'à l'apparition des ailés (Fig.69). L'élevage a été soumis à une température de 30 à 32°C, avec une photopériode de 12 heures de lumière par jour et une humidité relative de 80%. L'alimentation était à base de graminées et de chou, laitue et un complément de son de blé.





**Fig. 69** : Cages d'élevage de criquet marocain

**Original**

**b) *Melia azedarach* L. (Neem) :**

La plante utilisée dans le cadre de notre travail est *Melia azedarach* L. (Neem), dont les grains et les feuilles ont fait l'objet de notre étude.

**c) *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* (GREEN MUSCLE®)**

L'entomopathogène *Metarhizium anisopliae* var. *acidum*, industriel, dont le nom commercial est GREEN MUSCLE®, est un mycopesticide, avec lequel nous avons réalisé notre expérimentation au laboratoire. Il est fabriqué par LUBILOSA (Lutte biologique contre les Locustes et les Sauteriaux), qui a été mis au point courant des années 90. Il a été obtenu à partir de spores d'insectes morts. Ce champignon est spécifique aux espèces de criquet à antenne courtes (Acridoidea : Acrididae et Pyrgomorphidae). Il est préparé sous forme de poudre sèche emballée dans des sachets de 100g (Fig.70). C'est la formulation que nous avons utilisé pour notre essai. Les spores de *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* peuvent être facilement produites en masse.



**Original**

**Fig. 70** : Souche de *Metarhizium anisopliae* var *acidum* (GREEN MUSCLE®) conservé en sachet avec la fiche technique

#### d) Triflumuron :

Le triflumuron a été fourni par laboratoire de département de la lutte antiacridien de l'INPV (fig.71)



Fig. 71 : *Le Triflumuron*

#### IV.5.1.2 - Méthodes :

##### IV.5.1.2.1 - Effet de *Melia azedarach* L. (Neem) sur l'évolution pondérale des larves L4 de *D. maroccanus* :

###### a) Traitements préliminaires des grains utilisés :

1. **Récolte** : l'échantillon expérimental a été récolté de l'université de Blida.
2. **Séchage** : Après lavage, les fruits sont mis aux conditions de séchages à l'abri de la lumière et de l'humidité, à une température ambiante en couche mince pendant 4 semaines.
3. **Broyage** : les fruits décortiqués ont séchés à une température ambiante et à l'ombre. Ils sont d'abord broyés à l'aide d'un mortier maison puis à l'aide d'un broyeur cuisine, une farine plus au mois fine est obtenue.
4. **Pesage** : à l'aide d'une balance analytique, 764.54 g de poudre de grains de Mélia ont été pesées.

###### b) Extraction d'huile végétale des grains de *Melia azedarach* L. par Soxhlet :

Notre travail a été réalisé au niveau de la faculté des sciences agronomiques, vétérinaires et biologiques de l'université de Saad Dahleb de Blida.

### **c) Mode opératoire :**

La méthode d'extraction adoptée et proposée par WOLFF (1988) consiste à préparer et utiliser des cartouches en papiers filtres de poudre finement broyée.

- Prélèvement d'une quantité de 100g de poudre dans une cartouche qu'on place dans l'appareil de Soxhlet avec 200 ml de Cyclohexane comme solvant, (en annexe)
- La même opération est répétée avec l'hexane
- Ainsi, au bout de quatre heures d'extraction, le produit obtenu est placé dans un évaporateur rotatif afin d'obtenir l'évaporation complète du solvant, (en annexe).
- L'huile essentielle obtenue après évaporation est récupérée dans un flacon opaque et conservé à 4°C.

### **d) Choix de la dose :**

SBRAHMANYAM et RAO (1986), travaillant sur *Schistocerca* et *Locusta* ont utilisé 2µg d'azadirachtine par gramme de poids corporel. Selon VALLET (2006), l'application de l'huile de neem à 50 ppm d'azadirachtine sur la cuticule de *Locusta* affecte la consommation d'oxygène. De même, SCHMIDT *et al.*, (1997), ont utilisé 10, 15, 100 et 1000 ppm d'azadirachtine sur *Spodoptera littoralis* et *Agrotis ipsilon*.

Pour notre expérience, nous avons utilisé une seule dose : 1000ppm.

### **e) Les formulations :**

La formulation que nous avons utilisée est appelée S, elle est constituée de 6.666g d'huile pour 100g d'acétone qui selon la bibliographie correspond à 1000 ppm (0,1%) d'azadirachtine.

### **f) Dispositif expérimental :**

Un nombre de 40 individus de criquet marocain de stade larvaire L4, ont été répartis en 4 lots, chaque lot contient 10 individus suivant le protocole ci-dessous dans la figure 73 :

- Premier lot traité par contact avec la solution S (1000ppm)
- Deuxième lot traité par ingestion avec la solution S (1000ppm)
- Troisième témoins traité avec l'acétone par contact
- Quatrième lot témoins traité par ingestion.

### **g) Réalisation des traitements :**

Deux types de traitement sont préconisés, (Fig. 72) :

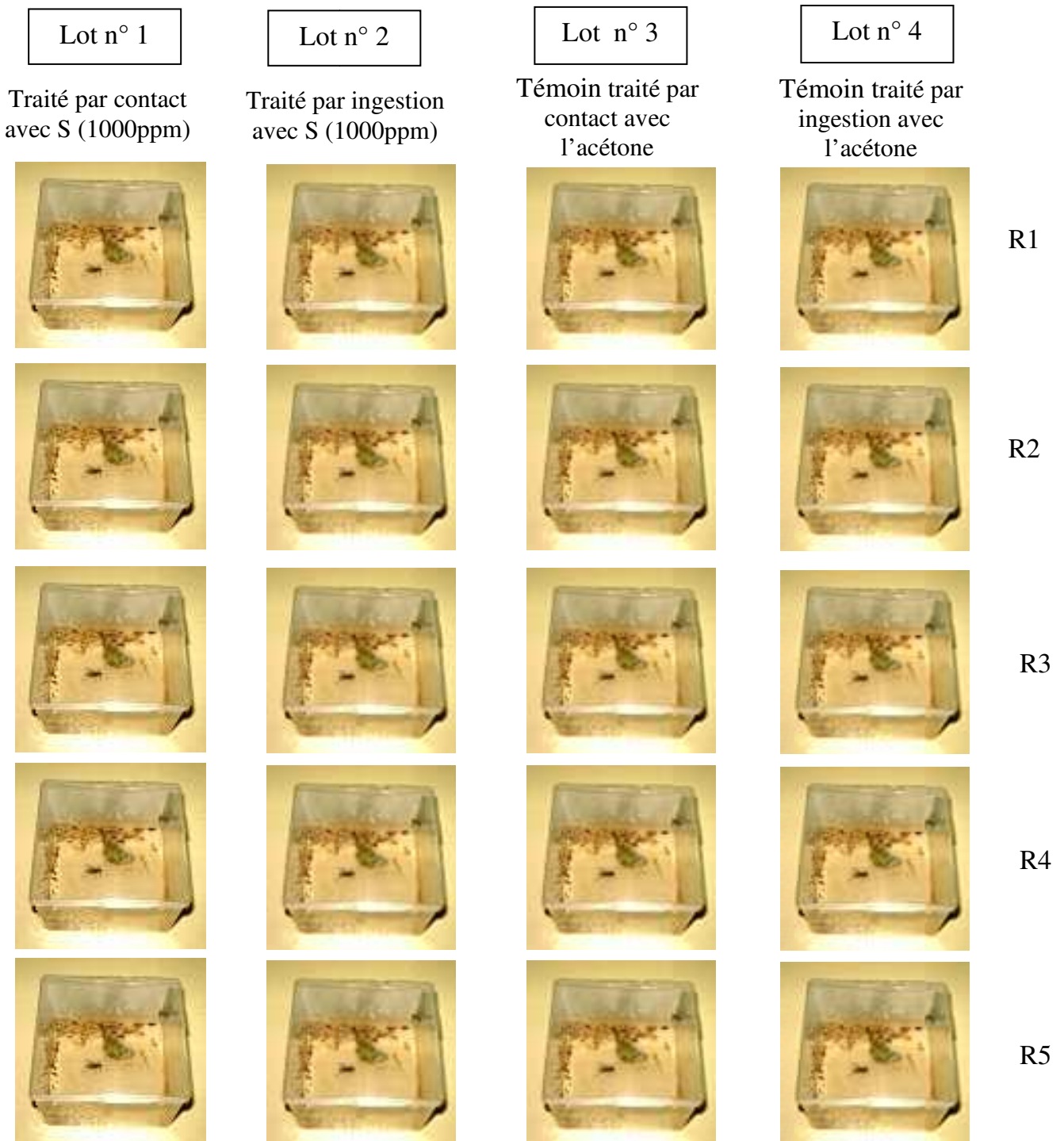
#### **1 – Traitement par contact :**

A l'aide d'un pulvérisateur, on pulvérise la solution préparée sur tout le corps de l'acridien. Les individus traités ont été mis ensemble dans la boîte en présence d'aliment.

## 2 – Traitement par ingestion :

Concernant ce 2<sup>ème</sup> type de traitement, la solution est administrée dans l'aliment mis à la disposition de l'acridien. Afin de la répandre dans l'aliment (gazon), on pulvérise la solution sur ce dernier chaque fois qu'on donne l'aliment.

Les larves traitées et les témoins, ont été pesés toutes les 24 heures à partir du premier jour de traitement jusqu'à la mortalité totale des larves.



**Fig. 72 :** Protocole expérimental utilisé dans l'étude de l'effet du *M azedarach* sur l'évolution pondérale des larves L4 de *D. maroccanus*

**IV.5.1.2.2 - Effet de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* sur la mortalité des larves de *D. maroccanus* :**

**a) Préparation des doses (D1, D2 et D3) à base de spores de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum***

A base de spores de *Metarhizium anisopliae*, qui étaient prêtes à l'emploi, et à l'aide d'une "cellule de Malassez" et sous un microscope optique, nous avons préparé trois doses (D1, D2 et D3) dans l'eau distillée : D1 =  $12,5 \times 10^7$  spores /ml, D2 =  $12,5 \times 10^5$  spores /ml et D3 =  $12,5 \times 10^3$  spores /ml. (Fig. 73)

Pour calculer la concentration voulue nous avons appliqué la relation suivante :

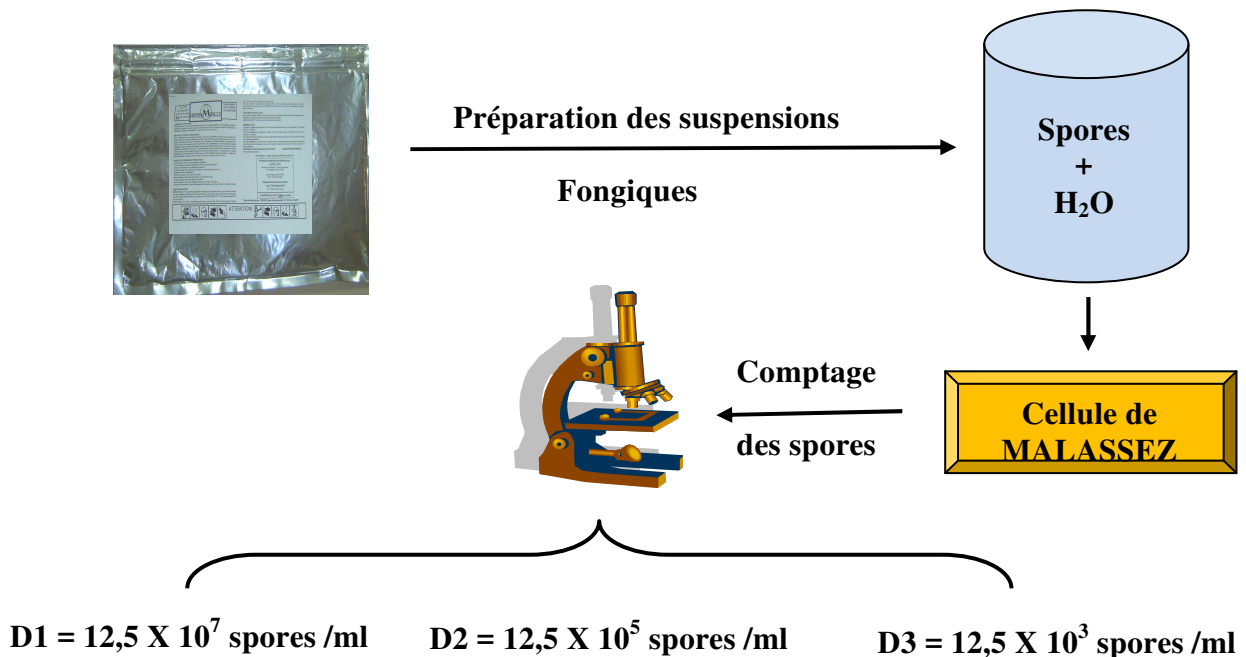
100 spores	—————→	$10^6$ spores/ml
Nombre de spores comptées	—————→	X

X = concentration de la solution mère.

Une fois, la concentration de la solution mère calculée, on déduit les autres concentrations que l'on veut obtenir à l'aide de la loi d'équilibre :

<b><math>C1 \times V1 = C2 \times V2</math></b>
---

- C1 = Concentration de la solution mère
- V1 = Volume de la solution mère
- C2 = Concentration choisie
- V2 = Volume d'eau distillée pour obtenir C2



**Fig. 73 :** Préparation des doses D1, D2 et D3 à base de spores de *M. anisopliae*

## b) préparation des doses de Triflumuron :

Trois doses ont été préparées à partir de la solution mère de triflumuron. Nous avons utilisé 6 tubes à essai, chacun contient 9 ml d'eau distillé stérile. Ensuite nous avons réalisé des dilutions successives à partir de la solution mère préalablement préparée. En prenant 1 ml de cette dernière et en l'introduisant dans un tube contenant 9 ml d'eau distillé stérile, et on obtient la dilution  $10^{-2}$  et ainsi de suite jusqu'à l'obtention de la dernière dilution  $10^{-6}$  (Fig.74).

Concentration massique : 480g/l

Masse molaire : 358,7001 mol/l

Détermination de la concentration de la solution initiale :

$$\text{Concentration molaire} = \frac{\text{Concentration massique}}{\text{Masse molaire}}$$

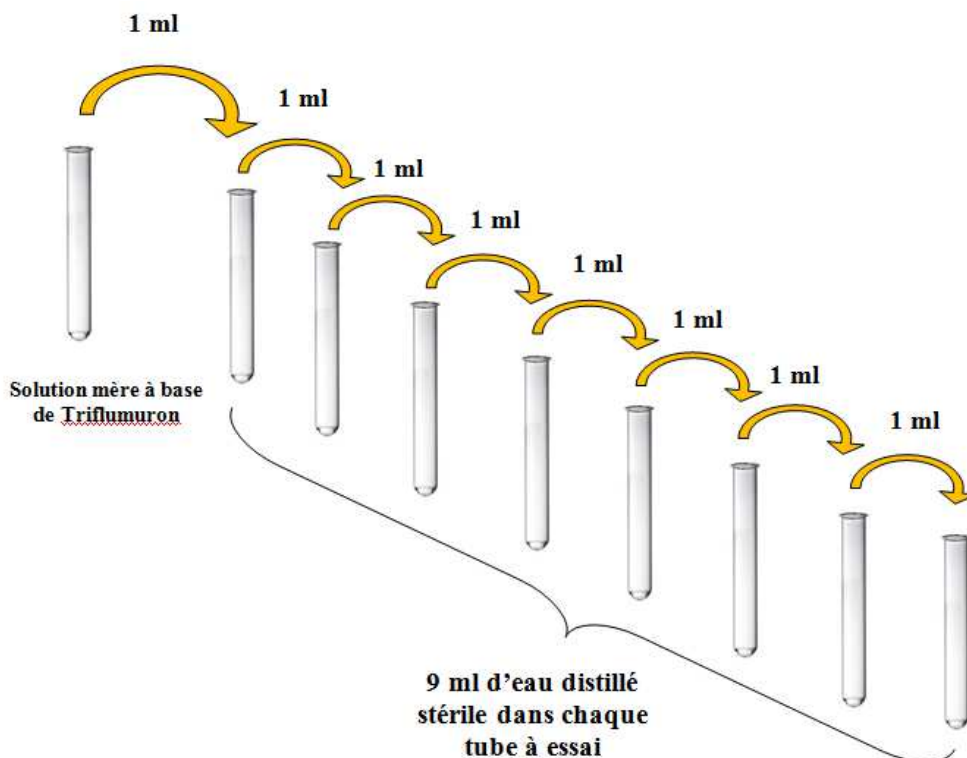


Fig. 74 : Préparation des doses à base de Triflumuron

**c) Détermination de la concentration de la solution mère :**

$$C1V1 = C2V2$$

**d) Détermination de la concentration de solution filles :**

$$\text{Concentration de la solution fille} = \frac{\text{Concentration de la solution mère}}{\text{Facteur de dilution}}$$

Sachons que la dose initiale du produit = 1,34 mol/l, à partir de cette dose on a pu calculer les concentrations suivantes :

$$D1 = 0,34 \text{ mol/l}$$

$$D2 = 0,11 \text{ mol/l}$$

$$D3 = 0,04 \text{ mol/l}$$

**e) Mode d'application des traitements :**

Des traitements par contact ont été réalisés avec trois doses du *M. anisopliae* et du Triflumuron contre des larves de 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> stade réparties en 9 lots en deux répétitions pour chaque dose. Après avoir préparé les solutions de Triflumuron et de *M. anisopliae*.

Nous avons reparti les larves de criquet marocain dans des boites selon le dispositif expérimental suivant : on a traité 10 larves par chacune des 3 dilutions et pour le témoin. Ces larves sont réparties en 2 lots avec 2 répétitions à raison de 5 larves par lot. On signale qu'avant l'introduction des larves dans les cages, ces dernières contiennent l'aliment qui est constitué des graminées.

**f) Calcul des mortalités :**

Chaque jour nous avons calculé le taux de mortalité pour les larves L2, L3, L4 et L5 traitées par Triflumuron et le champignon. Le dénombrement des cadavres ont été effectué jusqu'à la mort de l'ensemble des larves traitées par les deux produits.

Les cadavres des larves traitées par le champignon sont mis par la suite dans des boites de Pétri contenant du coton imbibé d'eau sur lesquelles on peut voir le développement mycélien de *M. anisopliae*.

Le taux de mortalités est déterminé également pour les témoins pour confirmer l'efficacité des deux produits utilisés.

Le taux de mortalité est calculé selon la formule suivante :

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

### **g) Correction de la mortalité**

On utilise la formule d'ABBOT (1925), pour corriger le pourcentage de la mortalité (formule déjà donnée pour les traitements sur terrain).

### **h) Calcul de la TL<sub>50</sub>**

Formule déjà donnée pour les traitements sur terrain.

### **i) Calcul de la DL50 :**

La DL50 est la dose nécessaire pour tuer la moitié d'une population.

### **IV.5.1.2.3 - Effet de *M. anisopliae* et Triflumuron sur l'hémogramme de *Dociostaurus maroccanus* :**

#### **a) Réalisation du frottis sanguin :**

Selon la méthode de GUZO et STOLTZ, (1987) in COULLIBALLY, 2002) le frottis sanguin se réalise de la façon suivante :

- On prélève 5 µl d'hémolymphe fraîche sur les larves de criquet marocain à l'aide d'une micropipette suite à une incision entre la patte postérieure et le thorax (MAHMAT et al. 1997). Celui ci est déposé dans des microtubes Eppendorf (fig. 75 et 76)
- On étale ce volume en couche mince sur une lame, puis on fait sécher la lame à l'air libre.
- Après séchage, on dépose sur la lame 20 gouttes de May-Grunwald non dilué pendant 3 minutes, on ajoute quelques gouttes l'eau distillé sur la lame.
- Après une minute, on enlève l'excès du colorant avec de l'eau distillée par rinçage.
- On ajoute après 40 gouttes de Giemsa sur la lame.
- Après 10 minutes, on rince la lame avec de l'eau courante.
- Après séchage de la lame à l'air libre, on réalise le montage entre lame et lamelle.
- Le montage consiste à appliquer une fine couche du liquide de Faure aux extrémités de la lamelle qui est ensuite collée sur la lame puis séchée.





*Original*

**Fig. 75 :** Prélèvement de l'hémolymphe



*Original*

**Fig. 76 :** Microtubes Eppindrof contenant de l'hémolymphe

#### **b) Comptage des hémocytes :**

L'observation et l'examen des lames préparées se font au microscope optique. Le comptage de différents types d'hémocytes est facilité en utilisant un compteur à main.

### **IV.6 – Etude de quelques paramètres biologiques du criquet marocain en phase grégaire :**

#### **IV.6.1 – Le sex-ratio chez le criquet marocain :**

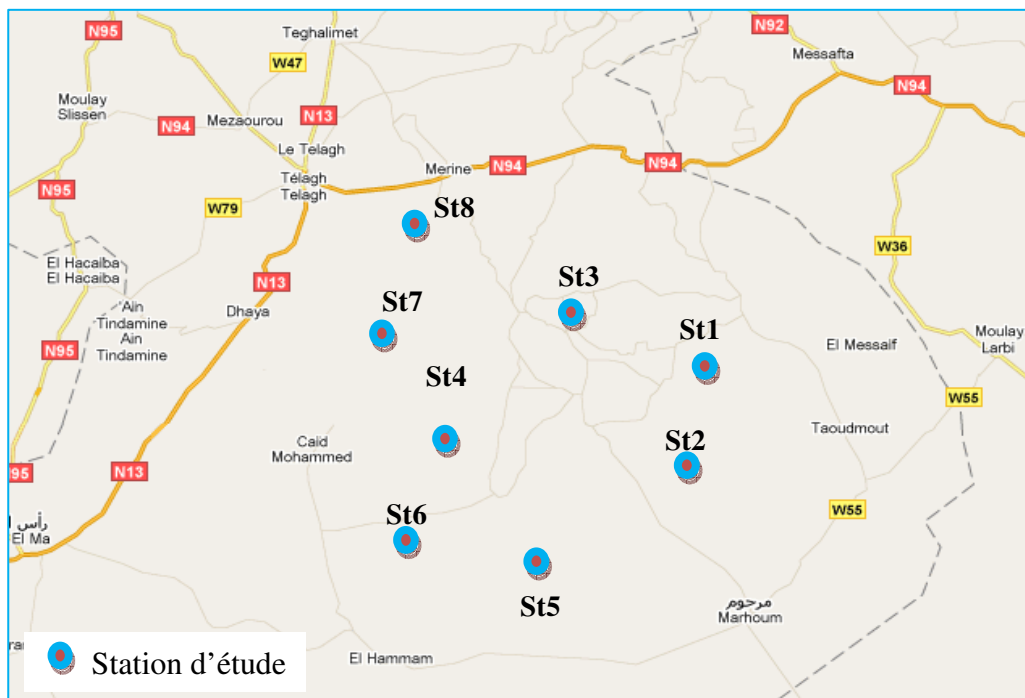
##### **a) Choix des stations :**

Pour la réalisation de cette étude, nous avons choisis en Mai 2010, 8 stations situées dans la région de Marhoun, abritant des zones potentielles de reproduction de *D. maroccanus* répertoriées par l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El Harrach.

Ce sont des foyers classiques grégarigènes de *D. maroccanus* ayant enregistré de fortes activités de populations grégaires. Cette activité résulte des conditions éco-météorologiques particulièrement favorables notamment en 2010.

Les 8 sites choisis, sont situées au niveau de la région de Marhoum, de la Wilaya de Sidi Bel Abbès située aux points géographiques : (fig. 77)

**Station 1** : 34 28 53 N 00 17 04 W    **Station 2** : 34 28 40 N 00 16 59 W  
**Station 3** : 34 29 03 N 00 17 33 W    **Station 4** : 34 28 54 N 00 18 25 W  
**Station 5** : 34 28 25 N 00 18 11 W    **Station 6** : 34 28 34 N 00 18 52 W  
**Station 7** : 34 29 40 N 00 18 41 W    **Station 8** : 34 29 44 N 00 19 02 W



**Fig. 77** : Localisation des stations d'étude de sex-ratio chez le criquet marocain dans la région de Marhoum

#### b) Méthode d'échantillonnage des acridiens :

Pour l'étude de sexe ratio, nous avons choisi la méthode de SHULL (1913) in UVAROV (1977). C'est une méthode simple qui consiste à récolter aléatoirement les individus à l'aide d'un filet fauchoir (fig. 78) en vue de les compter et calculer le pourcentage des mâles par rapport aux femelles. Au niveau de chaque site, nous avons capturé 100 individus avec 5 répétitions, et nous avons noté le nombre des mâles et le nombre des femelles. Par la suite nous avons calculé le pourcentage de mâles et les femelles suivant la formule :

$$\% \text{ des mâles ou femelles} = \frac{\text{Nbre des mâles ou femelles}}{\text{Nbre total dénombré}} \times 100$$



*Original*

**Fig. 78 :** Capture des ailés de criquet marocain par le filet fauchoir

#### **IV.6.2 - Densité des oothèques de criquet marocain en phase grégaire :**

##### **a) Choix de station :**

Ce travail a été concrétisé en 2011 dans la région de Marhoum (Sidi Bel Abbas). Trois stations ont été choisies ayant connue une forte activité par des populations de criquet marocain à l'état grégaire, où nous avons enregistré et repérer des champs de ponte, suite à des observations des accouplements et des pontes de cette population, (Fig. 79). La 1<sup>ère</sup> station se trouve au point géographique 34 28 53 N 00 17 04 W à une altitude de 1200 m ; la 2<sup>ème</sup> station au point 34 29 03 N 00 17 33 W et une altitude de 1195 m et la 3<sup>ème</sup> située au point géographique 34 34 28 54 N 00 18 25 W et une altitude de 1205 m. Les trois stations sont caractérisées par des étendues vastes avec un sol en jachère constitué de la roche mère calcaire, compacte et caillouteuse, (fig. 80).



*Original*

**Fig. 79 :** Accouplement et ponte



 Station d'étude

**Fig. 80 :** Localisation des stations d'étude de la densité des oothèques du criquet marocain

**b) Technique :**

Pour évaluer la densité des oothèques au niveau des champs de pontes répertoriés l'année précédente, nous avons délimité un carré de 1 m<sup>2</sup> avec 10 répétitions au niveau de chaque station suivant la méthode du DURANTON *et al* (1982). On décape légèrement la couche superficielle du sol à l'aide d'une pelle au niveau de chaque carré afin de rechercher les oothèques, (Fig. 81).



*Original*

**Fig. 81 :** recherche des oothèques

**c) Evaluation de la densité des oothèques :**

La densité des oothèques est calculée par la formule suivante (DURANTON, 1982 et LECOQ, 1978) :

$$D = n / N$$

*D* : Densité

*n* : nombre total d'oothèques découvertes

*N* : nombre de m<sup>2</sup> prospectés

**IV.6.3 – Nombre d'œuf par oothèque :**

Les oothèques repérées lors de l'étude de la densité des oothèques, sont prélevées délicatement et conservées intactes. Par la suite on les ouvre au laboratoire pour calculer le nombre d'œufs par oothèque, (Fig. 82).



*Original*

**Fig. 82 :** Oothèques de criquet marocain récoltés

#### IV.6.4 – Durée de développement larvaire du criquet marocain :

##### a) Choix de la région d'étude :

Pour d'étudier la durée de développement larvaire de criquet marocain nous avons choisi la région de Marhoum (Wilaya de Sidi Bel Abbès) qui abrite les foyers grégaires de *D. maroccanus*. Au niveau de cette région nous avons choisi 2 stations d'étude (Fig. 83). La 1<sup>ère</sup> station est une colline située au versant Est au point géographique :  $34^{\circ} 28' 40''$  N  $00^{\circ} 16' 59''$  W à une altitude de 1200 m à une superficie de 10 ha environ (Fig. 84) ; la 2<sup>ème</sup> station est située au versant Ouest au point  $34^{\circ} 29' 40''$  N  $00^{\circ} 18' 41''$  W à une altitude de 1190 m. Elle est caractérisée par un sol à texture limoneuse à 80% est occupée une superficie d'environ de 10 ha, (Fig. 85).



Fig. 83 : Localisation des stations d'étude de développement larvaire du criquet marocain



*Original*

**Fig. 84 :** 1<sup>er</sup> Station de Marhoum (Sidi Bel Abbas) pour l'étude du développement larvaire



*Original*

**Fig. 85 :** 2<sup>ème</sup> Station de Marhoum (Sidi Bel Abbas) pour l'étude du développement larvaire

#### IV.6.4.1 – Méthode d'étude de la durée de développement larvaire :

De nombreuses techniques existent pour évaluer l'abondance des populations de criquets. Pour compléter la description d'un peuplement, en plus de sa diversité et de sa richesse, il convient d'évaluer sa densité en nombre d'individus par unité de surface (DAJOZ, 1985). Pour notre étude de la durée de développement larvaire, nous avons utilisé la méthode de quadrat. Le but de cette méthode est obtenir une idée sur la densité des larves en comptant le nombre d'individus de l'espèce présents sur une surface déterminée «quadrat» (BARBAUT, 1981 ; DURANTON *et al* 1982). La méthode des quadrats c'est la méthode la plus classique employée pour l'étude du peuplement des écosystèmes terrestre (FAURIE *et al*, 1980). Pour obtenir une estimation satisfaisante de la densité de la population, on répète la mesure n fois sur autant de parcelles échantillons.

Cette étude a été réalisée sur le terrain, elle consiste à évaluer la densité de chaque stade larvaire depuis l'éclosion jusqu'à la mue imaginale et l'apparition des ailés. A cet effet, on a dénombré l'ensemble des larves qui existe sur un carré imaginaire de 1 m de côté (1m<sup>2</sup>) avec plusieurs répétitions pour chaque station et faire des captures des larves afin de vérifier le stade larvaire.

Cette technique a été utilisée dans l'étude de la densité des acridiens par plusieurs auteurs : DURANTON *et al* (1982) ; LECOQ (1978) ; BARATAUD (2005) ; SIMON (2011) ; MOUSSI (2012) et HASSANI (2013).

##### a) Évaluation de la densité des larves :

L'évaluation repose à un comptage à vue sur un quadrat imaginaire comme suit :

- Délimiter un carré imaginaire de 1 m de côté (1 m<sup>2</sup>) ;
- L'évaluation est faite tous les jours afin de faire le comptage après chaque mue larvaire ;
- Marcher en direction de ce carré en comptant toutes les larves qui s'en échappent suite à notre approche ;
- Bien prospecter le m<sup>2</sup> en partant de la périphérie vers le centre ;
- Noter le nombre de larves observées ;
- Répéter cette opération au hasard, en divers endroits, 10 à 20 fois en fonction du type d'habitat (Fig.86).

##### b) Calcul de la densité larvaire :

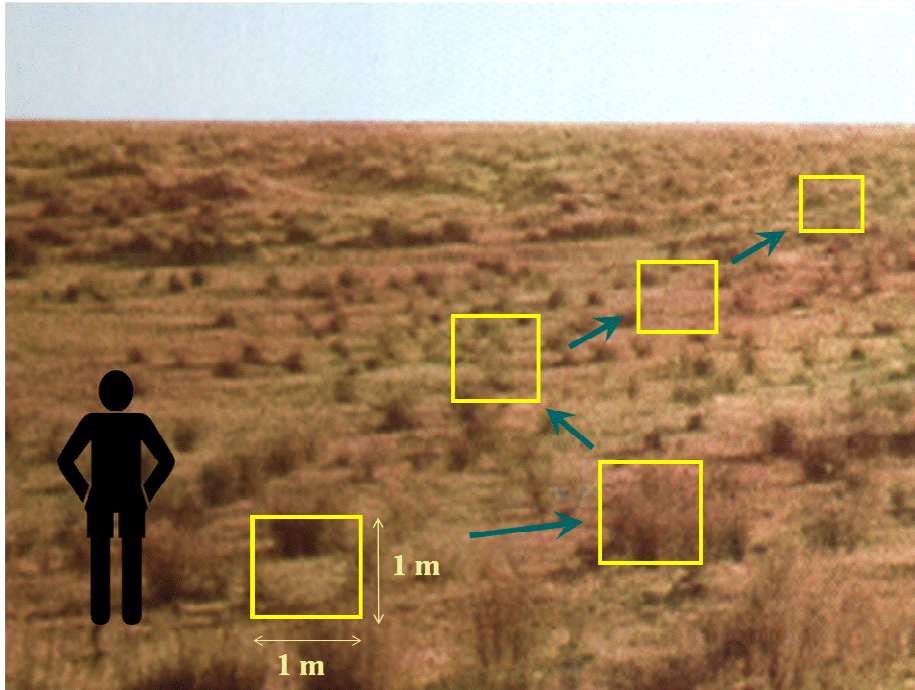
La densité c'est le nombre des individus présents par unité de surface ou volume (BARBAUT, 1981).

$$D = \frac{N}{S}$$

*N* : le nombre d'individus présents,

*S* : la surface dans laquelle se trouvent les individus.





*Original*

**Fig. 86 :** Méthode de suivi de développement larvaire par utilisation des quadrats

**c- Les fréquences relatives ou centésimales :**

Selon DAJOZ (1982), la fréquence relative est le pourcentage d'individus d'une espèce par rapport au total des individus. Elle peut être calculée pour un prélèvement ou pour l'ensemble des prélèvements d'une biocénose.

Elle est désignée par le pourcentage suivant :

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

$n_i$  : le nombre d'individus de chaque espèce,  
 $N$  : le nombre total des individus.

## Chapitre V : Résultats

### V.1 - Etude de statut phasaire de *Dociostaurus maroccanus* (Thunb., 1815) (Orthoptera, Acrididae) dans son habitat permanent en Algérie

#### V.1.1 – Evolution de statut phasaire des populations de criquet marocain dans la région de Marhoum (W. de Sidi Bel Abbas) durant trois ans 2010, 2011 et 2012

Pour appréhender le statut phasaire de la population du criquet marocain, nous avons réalisé des travaux de morphométrie « classique » à l'aide d'un pied à coulisse et du papier millimétré sur un échantillon de 40 ailés mâles et 40 femelles, capturés dans la région de Marhoum (SBA) en 2010, 2011 et 2012. Nous avons calculé les moyennes et les écartypes des rapports entre la longueur des fémurs postérieurs sur la longueur du pronotum (F/P), la longueur des élytres sur la longueur des fémurs postérieurs (E/F) (tableau 16), pour voir l'évolution de statut phasaire.

**Tableau 16.** Moyennes et écartypes des rapports morphométriques E/F et F/P de la population du criquet marocain de la région de Marhoum (SBA).

Rapports morphométriques	Elytre/fémur postérieur (E/F)		Fémur postérieur/pronotum (F/P)	
	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
Années				
2010	1,681 ± 0,11	1,726 ± 0,10	2,809 ± 0,18	2,788 ± 0,16
2011	1,710 ± 0,10	1,747 ± 0,11	2,899 ± 0,15	2,868 ± 0,10
2012	1,604 ± 0,9	1,614 ± 0,10	2,824 ± 0,11	2,888 ± 0,14

Les valeurs des rapports morphométriques moyens obtenus durant 2010 et 2011 (tableau 16), correspondent à ceux des populations grégaires, comparativement aux données de PASQUIER (1934) et de LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992) (tableaux 13 et 14), car le rapport E/F chez les populations grégaires doit être entre 1,65 et 1,75 pour les mâles. C'est ce que nous avons constaté et confirmé pour notre population en 2010 et en 2011. Notons que les valeurs des rapports morphométriques E/F sont comprises entre 1,68 et 1,71 respectivement chez les mâles en 2010 et 2011. Alors que les rapports morphométriques F/P varient entre 2,80 à 2,89 pour les mâles et 2,78 à 2,86 pour les femelles respectivement en 2010 et 2011, se rapprochant ainsi des données obtenues par PASQUIER (1934).

Les résultats des mensurations morphométriques de population du criquet marocain en 2012 (tableau 16), ont révélé que cette population est à l'état transiens dissociés, comparativement aux données de PASQUIER (1934) et de LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992) notamment le rapport E / F où les valeurs sont inférieures à 1,60 chez les mâles et inférieures à 1,61 chez les femelles. C'est ce que nous avons constaté et confirmé pour notre population en 2012.

**V.1.2 – Comparaison entre les populations mâles et femelles de *D. maroccanus* capturés en 2010 dans la région de Marhoum, sur la base des mesures morphométriques des organes**

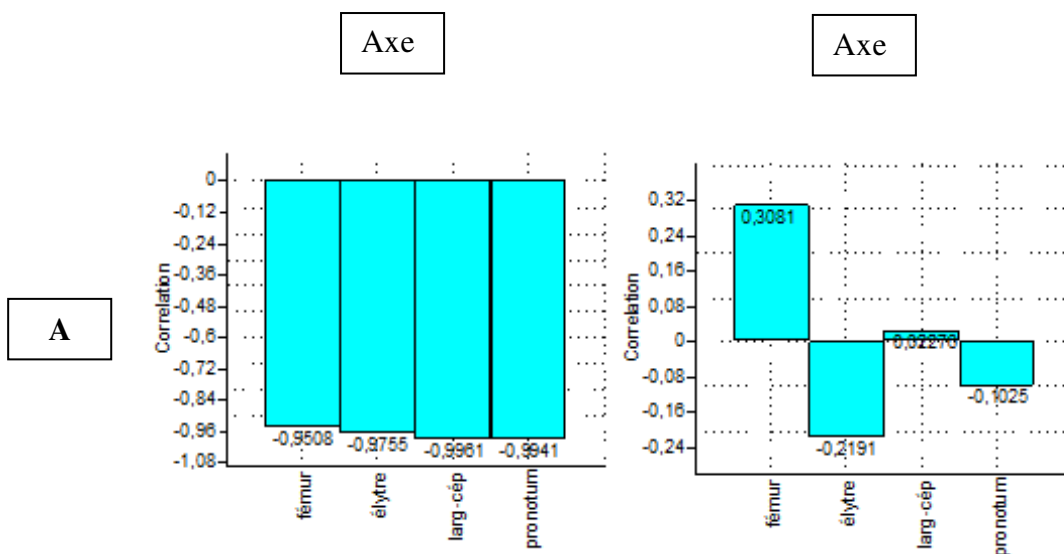
Nous avons considéré 4 échantillons de la population du criquet marocain évoluant au courant de tout le mois de juin 2010, à raison de 40 spécimens par sexe (mâle et femelle). Une analyse en composantes principales a été réalisée sur l'ensemble des mesures (longueur de l'élytre, longueur du fémur postérieur, longueur du pronotum et largeur céphalique), aussi bien pour les populations des mâles que les populations des femelles.

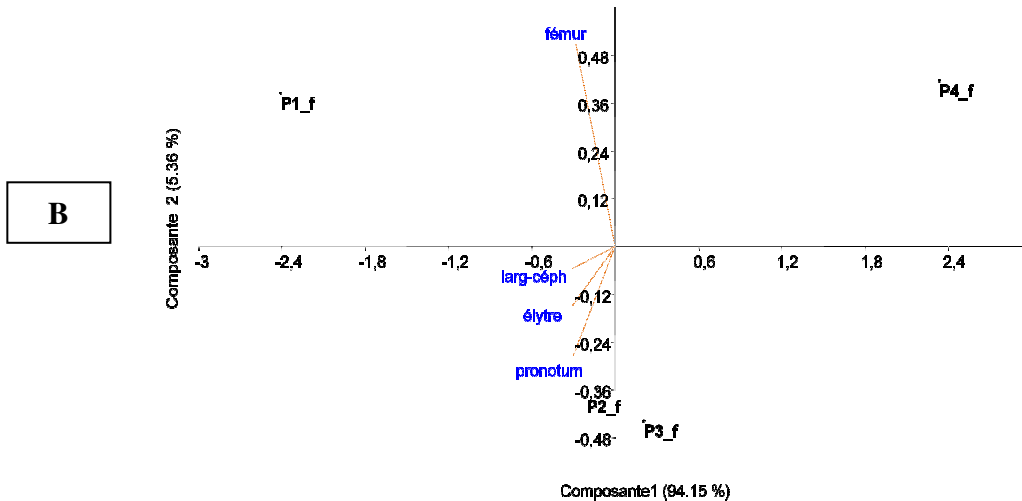
Pour le cas des mâles de *D. maroccanus*, nous avons choisi l'axe 1 et l'axe 2 de l'ACP car ils contribuent à un maximum de pourcentage de contribution des variances aux informations, avec 95,90% et 3,84% respectivement (fig. 87 A&B). Les 4 variables sont corrélées négativement à l'axe 1, néanmoins les vecteurs de la longueur du fémur et le vecteur de la largeur céphalique ont des corrélations positives sur l'axe 2.

Il résulte de cette analyse que la population 1 des mâles (p1\_m) est caractérisée par des fémurs et une largeur céphalique plus grands par opposition aux populations p2 et p3 qui ont des longueurs du pronotum et de l'élytre plus petits (figure 87 A&B). La population 4 est à part car elle est caractérisée par des individus plus petits que ceux des autres échantillons de populations par rapport à tous les organes mesurés.

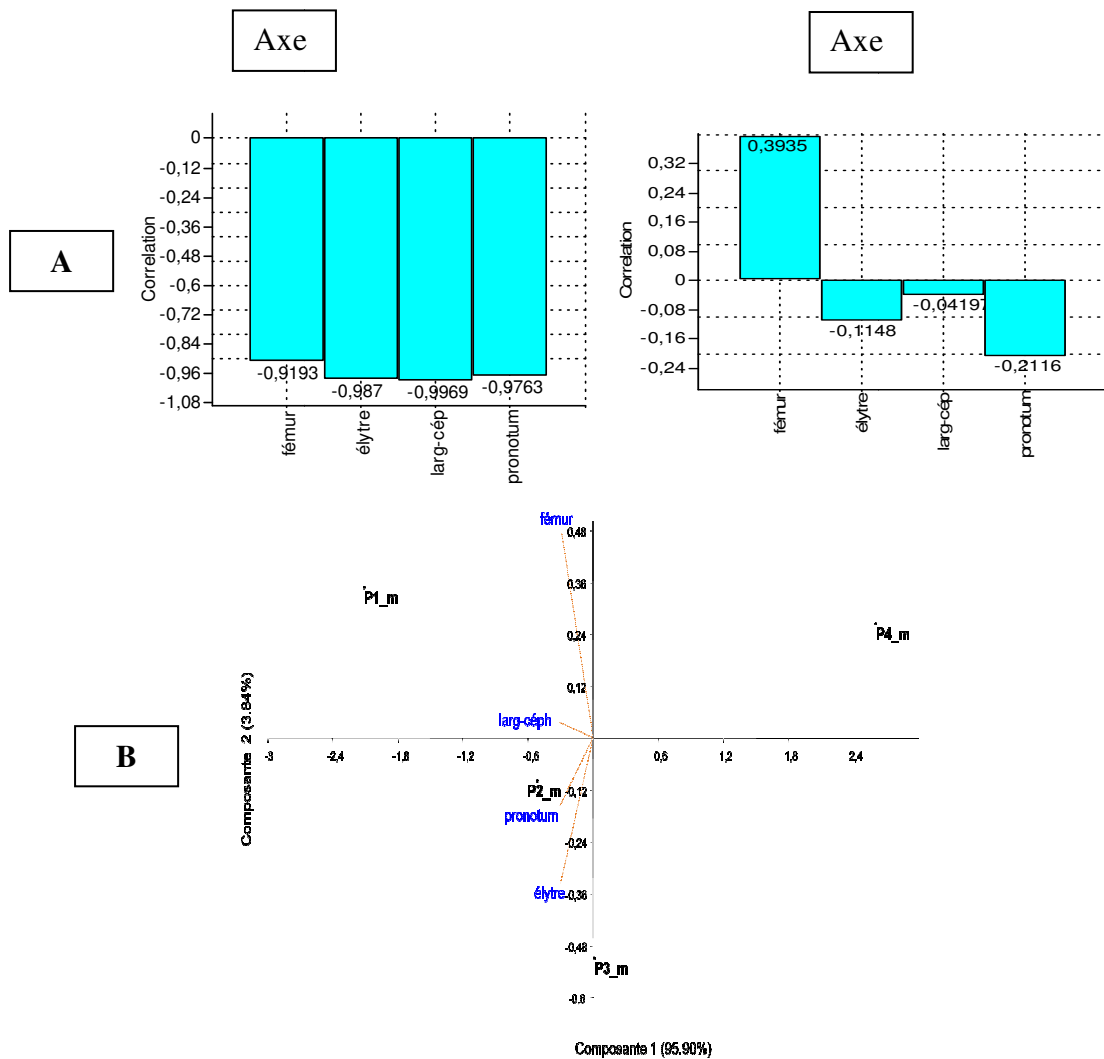
Il semble donc que l'ensemble de la population étudiée présente une certaine hétérogénéité, ce qui pourrait s'expliquer par des conditions environnementales favorables ou défavorables plus stressantes durant le développement larvaire.

Pour le cas des femelles, l'axe 1 (94,15% de contribution des informations) et l'axe 2 (5,36% de contribution des informations) ont été choisis (figure 88)





**Fig. 87 :** Projection des variables des organes mesurés des mâles sur le plan d'ordination composante 1 X composante 2 de l'ACP, accompagnée des corrélations de chaque variable sur chaque axe.



**Fig. 88 :** Projection des variables des organes mesurés des femelles sur le plan d'ordination composante 1 X composante 2 de l'ACP, accompagnée des corrélations de chaque variable sur chaque axe.

Comme pour les mâles, les variables des 4 organes mesurés sont corrélés négativement à l'axe 1. La variable longueur du fémur est la seule corrélée positivement à l'axe 2. La population p1 est la plus grande par rapport à tous les organes mesurés mais leurs fémurs sont plus petits. Quant aux populations p2 et p3, elles sont plus homogènes. Les femelles de la population 4 comprennent des individus relativement petits par rapport à ceux des autres populations.

### V.1.3 - Comparaison de l'état phasaire des populations de *D. maroccanus* des populations de l'Ouest, Centre et de l'Est d'Algérie, sur la base des rapports morphométriques en 2011.

Les valeurs des rapports morphométriques caractérisant la phase grégaire chez les mâles du criquet marocain sont de 1,76 pour l'indice E/F et de 2,69 pour l'indice F/P, (PASQUIER, 1934) et compris entre 1,65 et 1,75 (LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1992). Les femelles grégaires sont caractérisées par des rapports E/F compris entre 1,66 et 1,72 avec des longueurs des élytres supérieures à 22 mm (LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1992) (tableau 14).

La population des mâles et des femelles de Marhoum (Sidi Bel Abbes), ont des rapports E/F, caractéristiques des grégaires de 1.683 et 1.758 et le rapport F/P de 2.979 et 2.863 respectivement pour les mâles et les femelles (tableau 17) ainsi que le rapport F/P est de 2.899 pour les mâles et 2.863 pour les femelles, se rapprochant ainsi des données obtenues par PASQUIER (1934).

**Tableau 17** : Indices morphométriques E/F et F/P des populations du *Dociostaurus maroccanus* de 6 régions grégarigaines en Algérie capturées en 2011.

Rapports morphométriques	Elytre/fémur postérieur (E/F)		Fémur postérieur/pronotum (F/P)	
	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle
Sidi Bel Abbes	1,710 ± 0,1	1,747 ± 0,11	2,899 ± 0,15	2,868 ± 0,10
Saïda	1,683 ± 0,11	1,758 ± 0,22	2,979 ± 0,14	2,863 ± 0,12
Tiaret	1,664 ± 0,15	1,726 ± 0,10	2,987 ± 0,11	2,947 ± 0,15
Chlef	1,513 ± 0,75	1,525 ± 0,70	3,066 ± 0,10	2,938 ± 0,11
Médéa	1,51 ± 0,17	1,554 ± 0,12	3,172 ± 0,20	3,077 ± 0,25
Batna	1,625 ± 0,22	1,649 ± 0,25	3,055 ± 0,10	3,117 ± 0,75

Les résultats des mesures morphométriques de la population de criquet marocain capturé au niveau de région de Youb (Saïda), ont révélé que cette population est à l'état grégaire. Les rapports E/F pour les mâles sont égaux à 1,683 et 1,758 pour les femelles, alors que le rapport F/P est 2,979 pour les mâles et de 2,863 pour les femelles (tableau 17).

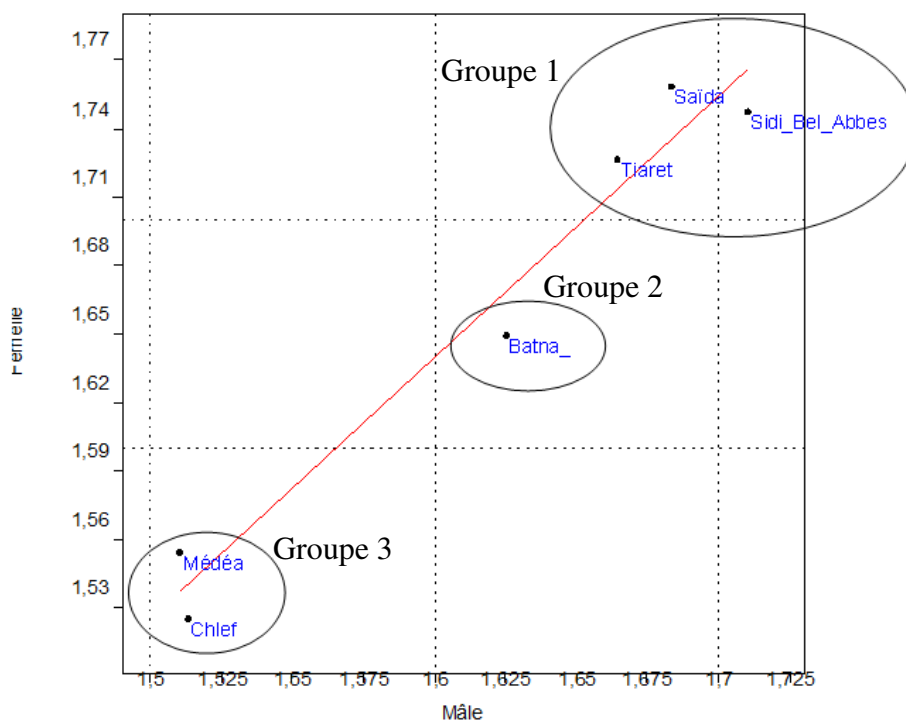
Au niveau de la région d'Ain El Hadid (Tiaret), les indices morphométriques E/F et F/P (tableau 17), montrent que cette population est également à l'état grégaire comparativement aux données de PASQUIER (1934) et à ceux de LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992).

D'après le tableau 17, les rapports morphométriques moyens E/F et F/P, de la population d'El Marsa (Chlef), correspondent à ceux de la phase solitaire, car le rapport entre l'élytre et fémur postérieur pour les mâles est égal à 1,513 et pour les femelles est 1,525 ; pour le rapport F/P des mâles et 3,066 et 2,938 chez les femelles.

Une population à l'état solitaire, a été localisée dans la région de Bouguazoule (Médéa), et ce conformément aux données de PASQUIER (1934) et à ceux de LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992). (Tableau 17), car le rapport E/F des mâles et des femelles sont respectivement 1,51 et 1,55 alors que le rapport E/P est égal à 3,17 pour les mâles et 3,07 pour les femelles.

Pour la 6<sup>ème</sup> population de la région d'El Ghadjati (Batna), les mesures morphométriques ont révélé que cette population est à l'état transiens degregans. En effet, l'indice E/F est de 1,625 et 1,649 respectivement pour les mâles et les femelles alors que l'indice F/P est de 3,055 chez les mâles et 3.117 chez les femelles.

La figure 89 montre l'apparition de trois groupes homogènes. Le premier groupe renferme les populations grégaires des trois régions de Sidi Bel Abbès, Saïda et Tiaret. Le deuxième représente la population transiens de la Wilaya de Batna. Le troisième groupe est composé par des populations solitaires de Médéa et de Chlef.



**Fig. 89 :** Indices morphométriques des populations adultes mâles et femelles de *D. maroccanus* de 6 régions grégarigènes en Algérie calculer sur la base des rapports E/F. (PAST)

#### **V.1.4 - Conclusion :**

Notre étude consiste à étudier l'état phasaire du *Dociostaurus maroccanus* au niveau de l'Ouest (Sidi Bel Abbès, Saïda, Tiaret et Chlef), Centre (Médéa) et à l'Est (Batna). Les valeurs morphométriques des rapports moyens des populations de *D maroccanus* de la région de Marhoum (Sidi Bel Abbès), montrent que cette population est à l'état grégaire en 2010 et 2011, alors qu'elle a devenue transiens dissociés en 2012.

L'étude comparative de l'état phasaire sur la base des mesures morphométriques, de plusieurs populations de criquet marocain capturées dans la même période (juin 2011) au niveau d'aire d'habitat permanent du criquet marocain à l'Ouest (Sidi Bel Abbès, Saïda, Tiaret et Chlef), Centre (Médéa) et à l'Est (Batna). A montré suite aux rapports E/F et F/P, que les populations capturées à Sidi Bel Abbès, Saïda et Tiaret sont des populations homogènes à l'état grégaire et les populations de la région de Chlef et de Médéa, capturés dans la même période sont à l'état solitaire, alors que la population de Batna est à l'état transiens dégrégans.

En perspectives, si l'aspect morphométrique est pris en considération durant plusieurs années, il pourrait donner des indications sur la tendance générale de la population évoluant soit vers l'état transiens congregans ou vers l'état transiens dégrégans. Des prévisions minimales pourraient alors être faites, portant sur un éventuel renforcement des surveillances et l'adoption de mesures nécessaires pour faire face aux pullulations acridiennes.

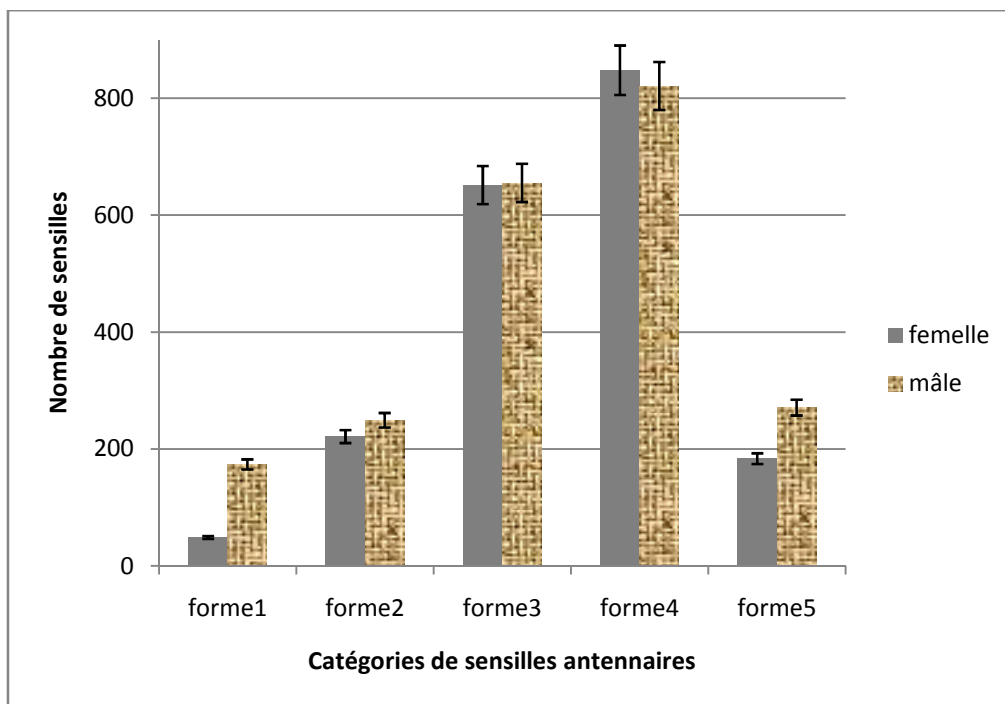
#### **V.2 - Etude des sensilles olfactives et gustatives de *D. maroccanus* (Thunb., 1815) (*Orthoptera, Acrididae*) à l'état grégaire dans la région de Marhoum (Sidi Bel Abbès)**

##### **V.2.1 – Approche de l'étude des sensilles des antennes et du labre au sein de la population grégaire.**

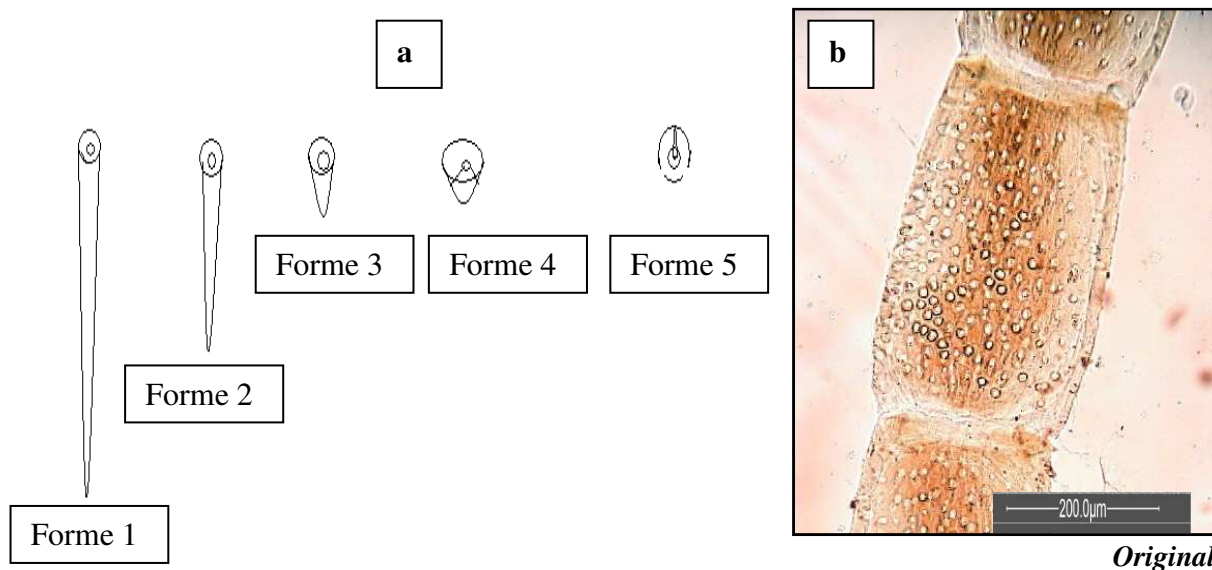
###### **V.2.1.1 – Cas des sensilles olfactives**

L'étude des différentes catégories de sensilles montre que les sensilles les plus importantes sont les sensilles des formes 3 et 4 (figure 90 et 91a et 91b) en comparaison avec l'autre forme 1, 2 et 5.

Nous remarquons que le nombre de sensilles antennaires des mâles est sensiblement supérieur à celui des femelles (figure 90) mais la différence n'est pas significative ( $p = 0.5, > 5\%$ ) (Tableau 18). Ainsi, quand on examine les résultats de l'analyse de la variance concernant l'interaction sexe X catégorie de sensilles (figure 91), on remarque que les sensilles des formes 1 et 5 sont plus nombreuses chez les mâles et les nombres des sensilles antennaires des autres formes 2, 3 et 4 sont similaires aussi bien chez les mâles que chez les femelles.



**Fig. 90 :** Variation du nombre et de forme de sensilles antennaires par catégorie chez les mâles et les femelles grégaires du criquet marocain dans la région de Marhoun (SBA).



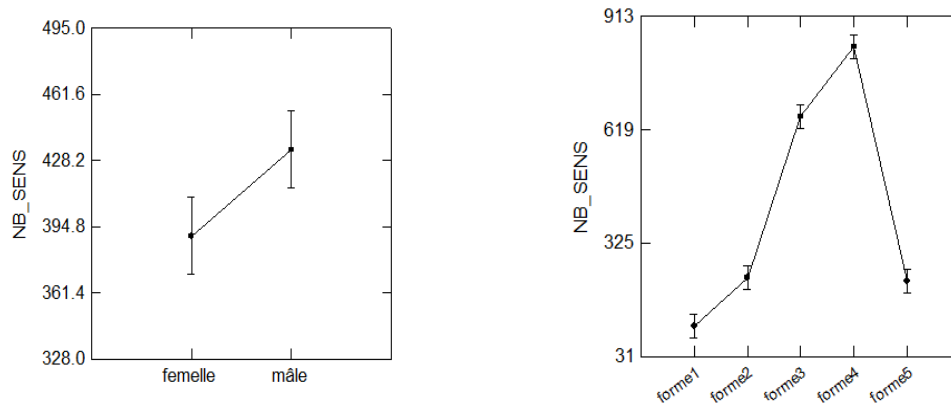
**Figure 91.** Variation du forme de sensilles antennaires par catégorie chez les mâles et les femelles grégaires du criquet marocain dans la région de Marhoun (a et b).

Que ce soit avec l'analyse de variance tenant compte de chaque facteur (catégorie antennaire, sexe) séparément ou avec l'analyse de variance avec interactions entre les facteurs, on constate qu'il y a une différence très hautement significative ( $p < 1\%$ ) entre les différentes catégories de sensilles antennaires (tableau 18 et 19) mais l'interaction catégorie antennaire X sexe n'est pas significative ( $p=0.91$ ) (tableau 18, Fig. 92, 93)

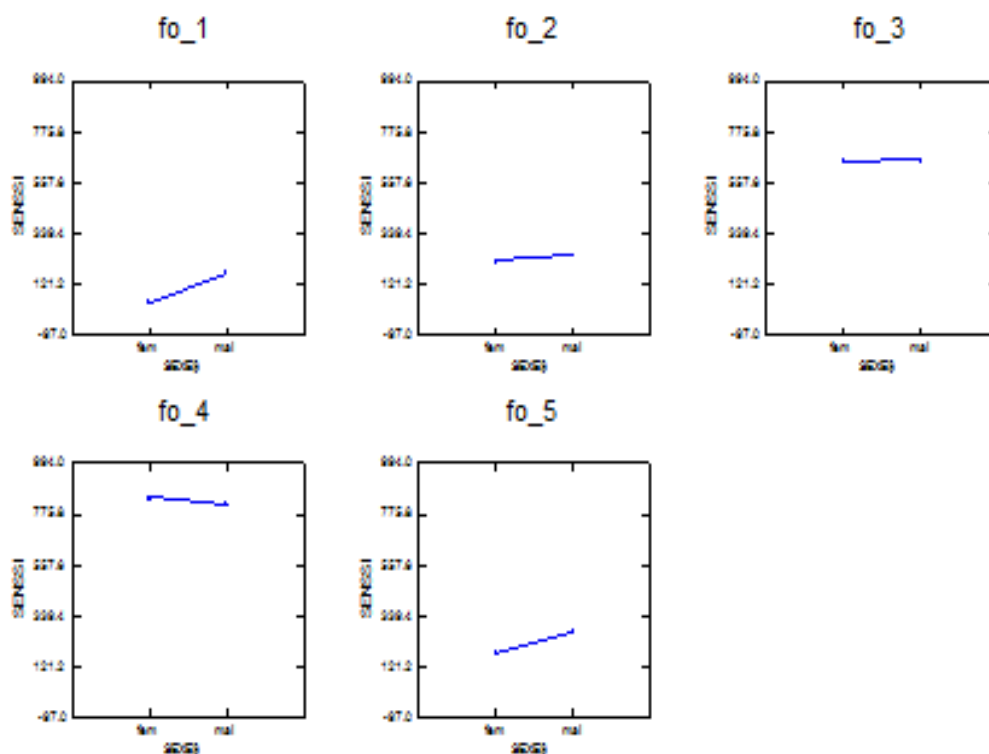


**Tableau 18.** Résultats de l'analyse de la variance (Modèle linéaire global, systat. Vers. 12) sur la variation des catégories de sensilles antennaires chez les mâles et les femelles grégaires du criquet marocain

Source	Somme des carrés	ddl	Carrés moyens	F-ratio	P
Sexe	4752.4	1	4752.400	2.470	0.191
Catégorie	786087	4	196521.750	102.134	0.000
Erreur	7696.6	4	1924.150		



**Figure 92.** Variation du nombre de sensilles selon leurs différentes formes chez les mâles et les femelles grégaires du criquet marocain.



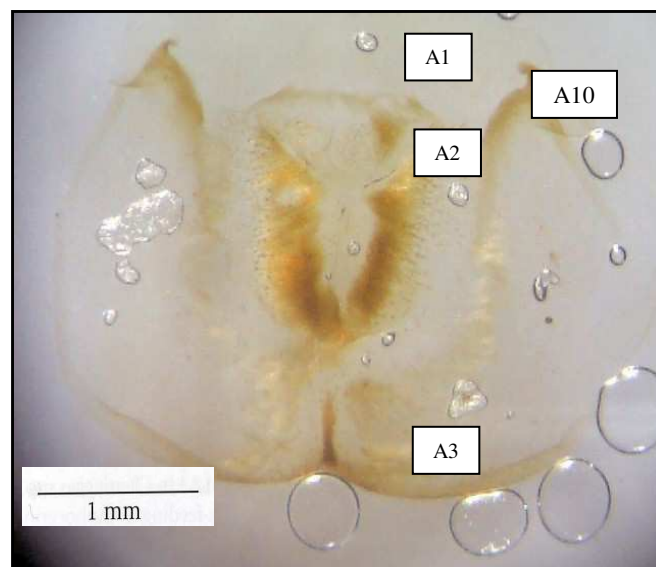
**Figure 93.** Variation comparée du nombre de chaque catégorie de sensilles antennaires chez les mâles et les femelles grégaires du criquet marocain

**Tableau 19.** Analyse des interactions entre formes de sensilles antennaires selon les individus males et les individus femelles (ANOVA, Systat vers.12).

Source	somme des carrés	ddl	carrés moyens	F-ratio	P
Sexe	14126.700	1	14126.700	0.465	0.503
Forme	2355848.467	4	588962.117	19.391	0.000
Sexe X forme	23041.133	4	5760.283	0.190	0.941
Erreur	607454.667	20	30372.733		

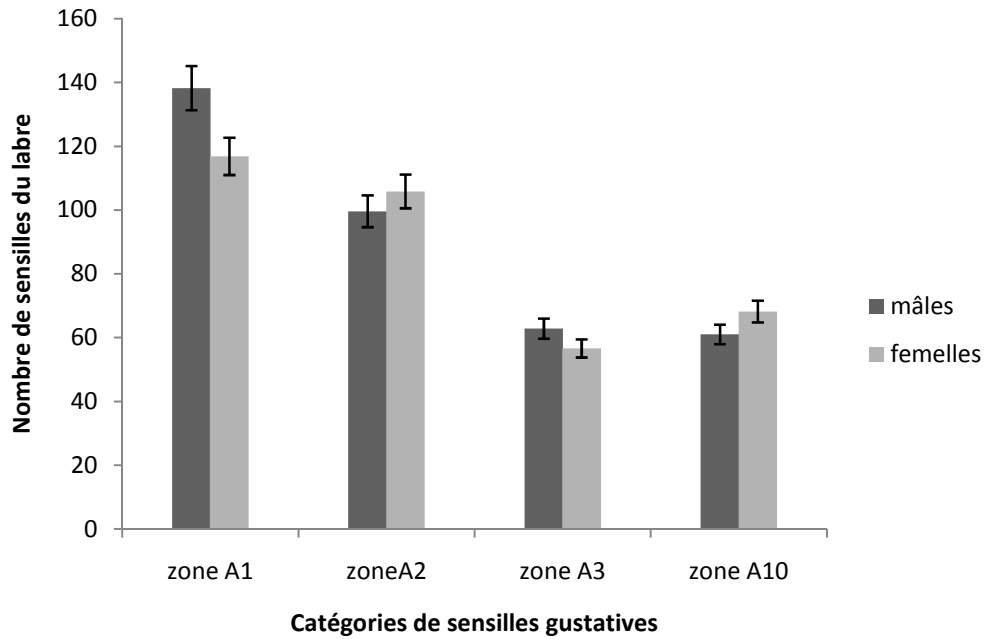
### V.2.1.2 – Cas des sensilles gustatives

De manière générale, on peut observer qu'il ya deux catégories de sensilles prépondérantes (zone A1 et zone A2) et deux autres catégories de sensilles antennaires (zone A3 et Zone A10) qui sont moins représentées (figure 94 et 95). On peut noter aussi une certaine similarité des nombres de sensilles de chaque catégorie chez les mâles et les femelles.



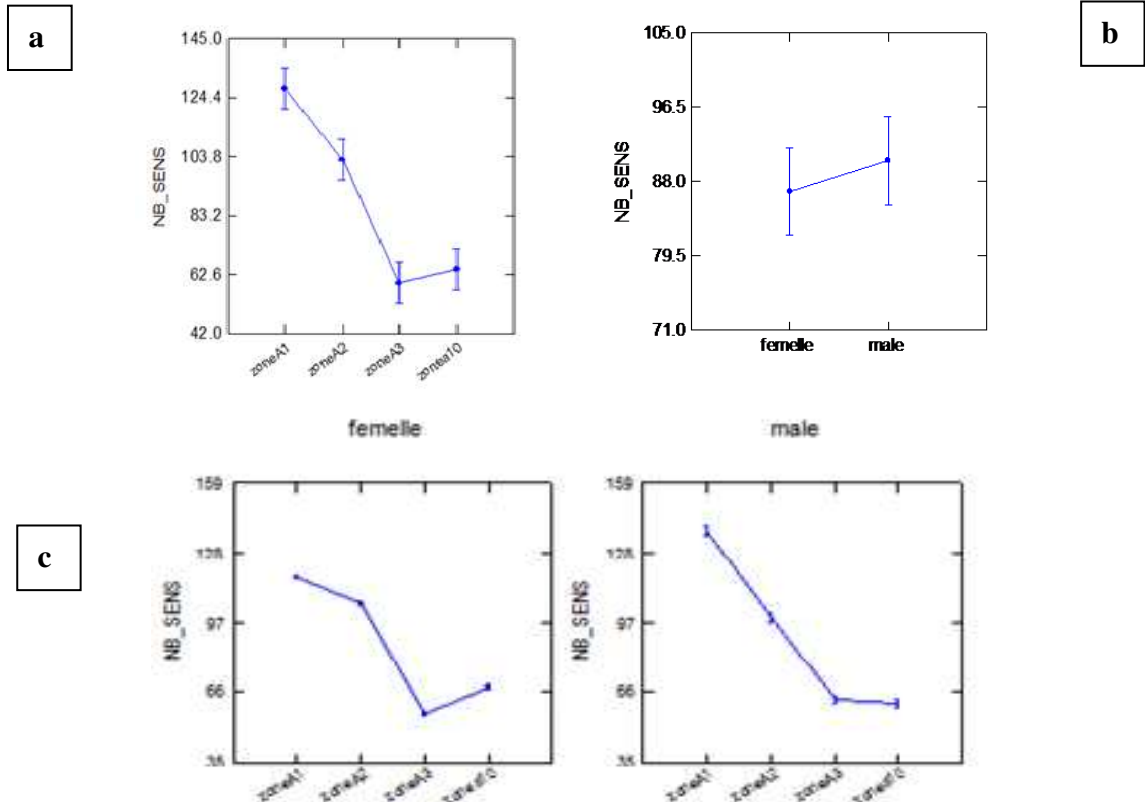
*Original*

**Figure 94.** Position des sensilles de type A sur la surface épipharyngale du labre de *D. maroccanus* à l'état grégaire de la région de Marhoum



**Figure 95.** Variation du nombre de sensilles gustatives chez les mâles et les femelles grégaires du criquet marocain dans la région de Marhoum (W. Sidi Bel Abbès).

Les analyses de variance indiquent que la variation du nombre de sensilles des différentes catégories est très hautement significative ( $p=0, <1\%$ ), mais l'interaction catégorie des sensilles gustatives X sexe n'est pas significative (figure 96 et tableau 20).



**Figure 96.** Variation comparée du nombre de chaque catégorie de sensilles du labre chez les mâles et les femelles du criquet marocain

**Tableau 20.** Analyse des interactions entre formes de sensilles du labre selon les individus males et les individus femelles (ANOVA, Systat vers.12)

Source	somme des carrés	ddl	moyenne des carrés	F-ratio	P
zone	31232.275	3	10410.758	20.378	0.000
sexe	126.025	1	126.025	0.247	0.623
zone X sexe	1340.675	3	446.892	0.875	0.464
Erreur	16348.400	32	510.888		

Nous pouvons émettre l'hypothèse qu'il ya une relation entre la variation du nombre de sensilles gustatives et le régime alimentaire des criquets. Selon EL GHADRAOUI *et al.*, (2002), l'augmentation du nombre relatif des sensilles de la zone A10 des individus solitaires du criquet marocain serait en rapport avec la diversification du spectre alimentaire des adultes et leur polyphagie. Cependant, nos résultats ont mis en évidence que les grégaires ce sont chez les sensilles des zones A2 et A3 qui sont les plus nombreuses. La question reste posée sur l'étude des relations entre les fréquences des plantes consommées et les variations interspécifiques des sensilles au sein de populations homogènes de solitaires et de grégaires.

### V.2.2 – Conclusion :

L'étude des sensilles de différentes catégories olfactives et gustatives au niveau des labres et des antennes, chez le criquet marocain à l'état grégaire, a montré que les sensilles les plus importantes sont les sensilles des formes 3 et 4, en comparaison avec l'autre forme 1, 2 et 5. Aussi, le nombre de sensilles des mâles est supérieur à celui des femelles. Notre étude a montré également que les sensilles des formes 1 et 5 sont plus nombreuses chez les males et les nombres des sensilles des autres formes 2, 3 et 4 sont similaires aussi bien chez les males que chez les femelles.

On constate, qu'il y a deux catégories de sensilles prépondérantes (zone A1 et zone A2) et deux autres catégories de sensilles antennaires (zone A3 et Zone A10) qui sont moins représentées. On peut noter aussi une certaine similarité des nombres de sensilles de chaque catégorie chez les mâles et les femelles.

Nous pouvons émettre l'hypothèse qu'il ya une relation entre la variation du nombre de sensilles gustatifs et le régime alimentaire des criquets.

En perspectives, il serait intéressant d'étudier les relations entre les fréquences des plantes consommées et les variations interspécifiques des sensilles au sein de populations homogènes de solitaires et de grégaires.

### **V.3 – Régime et préférence alimentaire de *Dociostaurus maroccanus* Thumberg, 1815 (Orthoptera, Acrididae) dans sa phase grégaire : Région de Marhoum, Sidi Bel Abbas.**

#### **V.3.1 – Alimentation des populations grégaires de *D. maroccanus* de la station de Marhoum (Sidi Bel Abbas).**

Les fréquences de consommation des plantes trouvées dans les fèces de 30 individus analysés par sexe ont été comparées par rapport à leur abondance relative sur le terrain.

##### **a) Recouvrement des espèces végétales récoltées dans la station d'étude**

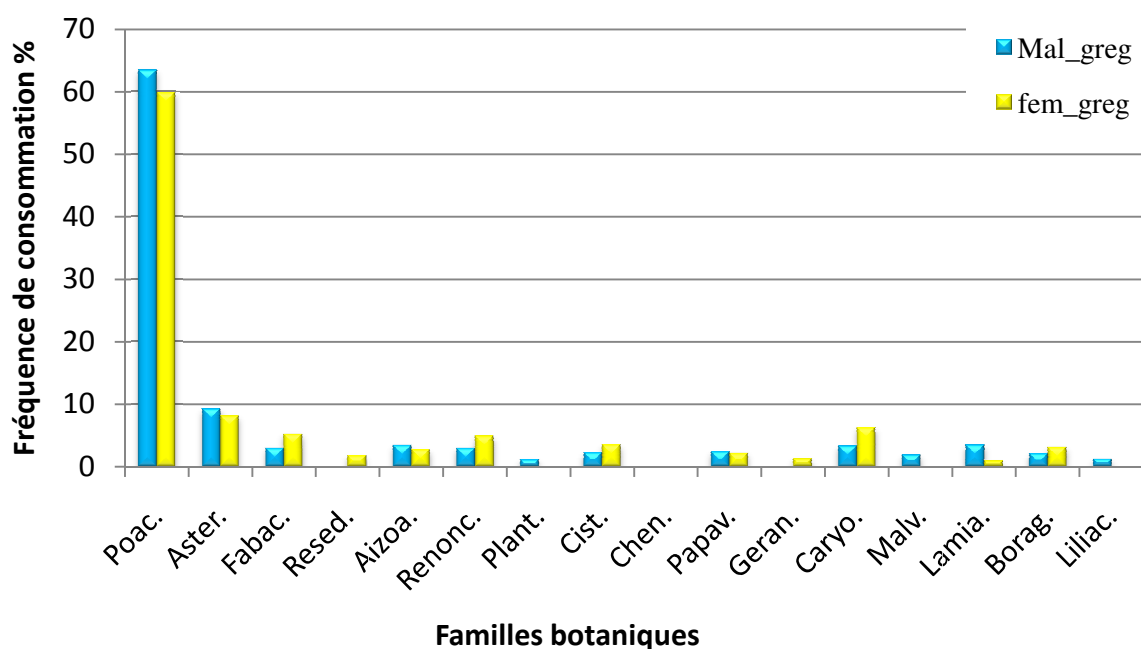
Le tapis végétal de la station de Marhoum totalise une richesse de 58 espèces de plantes appartenant aux familles respectives des Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Resedaceae, Aizoaceae, Renonculaceae, Papaveraceae, Plantaginaceae, Caryophyllaceae, Geraniaceae, Malvaceae, Lamiaceae, Boraginaceae et Liliaceae (tableau 21, Figure 97).

Nous constatons que les familles de plantes les plus représentées sont les Poaceae (39,65 % de recouvrement) et celle des Asteraceae (25,15 % de recouvrement). Elles sont suivies de loin par le reste des familles dont les Papaveraceae et les Lamiaceae avec des taux de recouvrement de 2,55% et 2,95% respectivement (tableau 21). La famille des Asteraceae compte à elle seule 25 espèces ayant un taux très faible d'occupation du sol, les plus représentées étant *Artemisia herba alba* (4,2%) et *Carlina lanata* (2,1%).

Les Poaceae sont représentées par une richesse de 14 espèces seulement mais à des taux d'occupation du sol supérieurs à ceux des Asteraceae bien que beaucoup plus présentes. On peut remarquer la présence de *Poa bulbosa* graminée caractéristique de l'habitat permanent du criquet marocain. Cependant, une autre graminée *Hordeum murinum* est plus abondante avec un recouvrement de 15% (tableau 21).

**Tableau 21** : Taux de recouvrement des principales familles et espèces de plantes rencontrées dans la station de Marhoum. (2010)

Familles botaniques	Especies	Degré de recouvrement %
Asteraceae (25,15 %)	<i>Xeranthemum inapertum</i>	1,75
	<i>Carlina lanata</i>	2,1
	<i>Anacyclus latealatus</i>	1,05
	<i>Scorzonea laciniata</i>	0,5
	<i>Carthamus lanatus</i>	1,2
	<i>Hedypnois cretica</i>	0,35
	<i>Mantisalca salmantica</i>	1,2
	<i>Filago spathulata</i>	0,5
	<i>Centaurea maroccana</i>	0,3
	<i>Anacyclus depressus</i>	1,1
	<i>Stemomacantha acaulis</i>	0,2
	<i>Anacyclus clavitus</i>	1,3
	<i>Carduncellus pinnatus</i>	1,17
	<i>Hedypnois cretica</i>	0,35
	<i>Centaurea grincana</i>	0,4
	<i>Centaurea involucrata</i>	0,02
	<i>Launaea nudicaulis</i>	1,95
	<i>Lasiopogon muscoides</i>	1,8
	<i>Sonchus oleraceus</i>	0,14
	<i>Carthamus lanatus</i>	0,17
	<i>Scorzonera laciniata</i>	0,1
<i>Artemisia herba-alba</i>	4,2	
<i>Helianthemum sp</i>	1,85	
<i>Anacyclus valentinus</i>	1,05	
<i>Atractylis capitosa</i>	0,4	
Poaceae (39,65 %)	<i>Hordeum murinum L.</i>	15
	<i>Stipa parviflora</i>	2,6
	<i>Triticum turgidum</i>	1,05
	<i>Poa bulbosa L.</i>	3,7
	<i>Lolium temulentum</i>	3,45
	<i>Avena longissimus</i>	0,9
	<i>Bromus rubens</i>	2,45
	<i>Lolium perenne</i>	0,9
	<i>Dactylis glomerata</i>	0,5
	<i>Lolium multiflorum</i>	0,2
	<i>Stipa sp</i>	0,25
	<i>Phalaris arundinacea</i>	2,25
	<i>Anisantha fasciculata</i>	0,2
<i>Avena longiglumis</i>	6,2	
Fabaceae (0,9 %)	<i>Astragalus sp</i>	0,45
	<i>Vicia sativa</i>	0,45
Resedaceae (0,1%)	<i>Reseda decursiva</i>	0,1
Aizoaceae (0,01 %)	<i>Aizoon hispanicum</i>	0,01
Renonculaceae (0,01 %)	<i>Delphinium peregrinum</i>	0,01
Plantaginaceae (0,3 %)	<i>Plantago valtorcanus</i>	0,3
Cistacées	<i>Helianthemum</i>	0.12
Chénopodiacées	<i>Beta macrocarpa Guss</i>	0.15
Caryophyllaceae (1,8%)	<i>Minuartia cismontana</i>	0,15
	<i>Minuartia meditenarea</i>	0,1
	<i>Herniaria hirsuta</i>	0,2
	<i>Vaccaria pyramidata</i>	0,05
	<i>Dianthus gaditanus</i>	1,3
Papaveraceae (2,55%)	<i>Glaucium corniculatum</i>	0,45
	<i>Hypecoum pendulum</i>	2,1
Geraniaceae (1,95 %)	<i>Erodium guttatum</i>	1,95
Malvaceae (0,45 %)	<i>Malva parviflora</i>	0,45
Lamiaceae (2,95 %)	<i>Salvia sp</i>	2,25
	<i>Marrubium sp</i>	0,7
Boraginaceae (0,5 %)	<i>Echium sp</i>	0,5
Liliaceae (0,01%)	<i>Muscari neglectum</i>	0,01



**Fig. 97 :** Pourcentages de recouvrement des principales familles botaniques représentées sur le terrain dans la station de Marhoun, (2010).

**b) Fréquences de consommation des plantes par les adultes du criquet marocain dans la station de Marhoun (Sidi Bel Abbas).**

En comparant les fragments d'épidermes contenus dans les égesta aux épidermes de référence des plantes récoltées dans la station étudiée (Fig. 98), nous avons constaté que le spectre alimentaire des adultes grégaires de la population de Marhoun est très diversifié puisqu'il comprend tout un cocktail de plantes à dominance de Poaceae et d'Asteraceae ainsi que d'autres familles de Dicotylédones variées n'ayant pas une importance spécifique (tableau 22). Les fréquences de consommation les plus élevées sont celles des plantes de Poaceae (entre 60.6% et 63,5%) suivies par celles des Asteraceae nettement moins importantes (entre 8,1% et 9,2%).

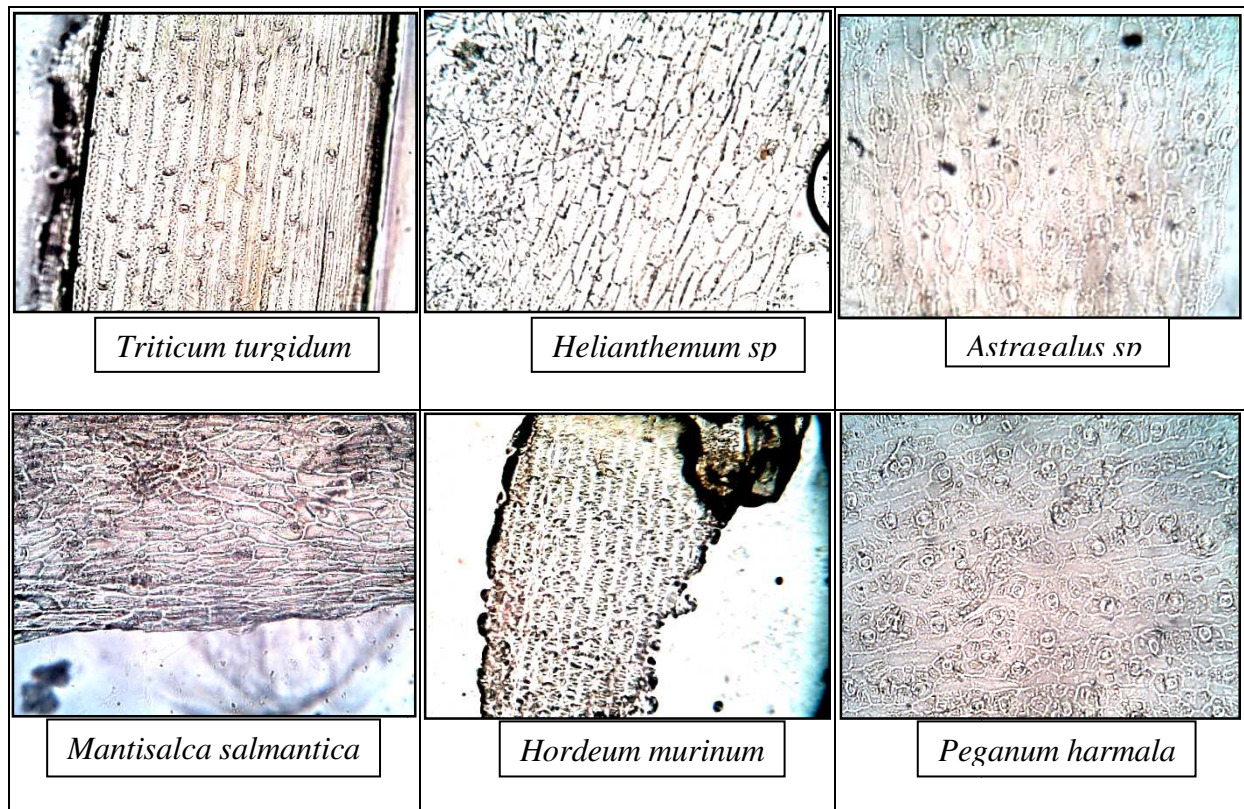
De toutes les espèces végétales inventoriées, certaines plantes ne sont pas du tout consommées. Il s'agit de *Anisantha fasciculata* (Poaceae), *Carlina lanata*, *Anacyclus clavatus*, *Carduncellus pinnatus* et *Lasiopogon muscoïdes*, *Scorzonera laciniata*, *Atractylis capitosa*, *Mantisalca salmantica*, *Filago spathulata* et *Centaurea grincana* (Asteraceae), ainsi que *Minuartia cismontana* (Caryophyllaceae) qui n'ont pas été appréciées ni par les mâles, ni par les femelles (tableau 22).

**Tableau 22.** Fréquences relatives de consommation (%) des plantes par les mâles et les femelles grégaires du criquet marocain dans la station de Marhoum.

Familles	Espèces	Mâle grégaires	Femelle grégaires
Poaceae	<i>Hordeum murinum L. (15%)</i>	4,9	2,13
	<i>Stipa parviflora (2.6%)</i>	0,91	8,18
	<i>Triticum turgidum (1.05%)</i>	3,86	1,5
	<i>Poa bulbosa L (3.07%)</i>	0	1,91
	<i>Lolium temulentum (3.45 %)</i>	8,24	4,5
	<i>Avena longissimus (0.9 %)</i>	0	0,98
	<i>Bromus rubens (2.45 %)</i>	5,91	3,43
	<i>Lolium perenne (0.9 %)</i>	5	2,89
	<i>Lolium multiflorum (0.2 %)</i>	21,7	24,1
	<i>Stipa sp (0.25 %)</i>	7,1	5,5
	<i>Dactylis glomerata (0.5 %)</i>	3,75	1,1
	<i>Phalaris arundinacea (2.25 %)</i>	0	0,18
	<i>Anisantha fasciculata (0.2 %)</i>	0	0
	<i>Avena longiglumis (6.2 %)</i>	2,13	0
Asteraceae	<i>Xeranthemum inapertum</i>	0	0,27
	<i>Carlina lanata</i>	0	0
	<i>Anacyclus latealatus</i>	0,86	1,12
	<i>Scorzonea laciniata</i>	0	0,11
	<i>Carthamus lanatus</i>	0	0,31
	<i>Hedypnois cretica (0.35 %)</i>	2,1	2,2
	<i>Mantisalca salmantica</i>	0	0
	<i>Filago spathulata</i>	0	0
	<i>Centaurea maroccana</i>	0	0,91
	<i>Anacyclus depressus</i>	0,89	0,75
	<i>Stemomacantha acaulis</i>	0	0,31
	<i>Anacyclus clavatus</i>	0	0
	<i>Carduncellus pinnatus</i>	0	0
	<i>Hedypnois cretica</i>	0,91	0
	<i>Centaurea grincana</i>	0	0
	<i>Centurea involucrata</i>	0	0,3
	<i>Launaea nudicaulis</i>	0,11	0
	<i>Lasiopogon muscoides</i>	0	0
	<i>Sonchus oleraceus</i>	0	0,16
	<i>Carthamus lanatus</i>	1,71	0
	<i>Scorzonera laciniata</i>	0	0
	<i>Artemisia herba-alba</i>	1,12	0
	<i>Filago spathulata</i>	0,44	1,56
	<i>Anacyclus valentinus</i>	1,13	0,13
<i>Atractylis capitosa</i>	0	0	
Fabaceae	<i>Astragalus sp</i>	0,9	2,5
	<i>Vicia sativa</i>	2,1	2,73
Resedaceae	<i>Reseda decursiva</i>	0	1,81
Aizoaceae	<i>Aizoon hispanicum</i>	3,43	2,75
Renarculaceae	<i>Delphinium peregrinum</i>	3	4,91
Zygophyllaceae	<i>Peganum harmala</i>	1,83	2
Plantaginaceae	<i>Plantago valtorcanus</i>	1,13	0
Caryophyllaceae	<i>Minuartia cismontane</i>	0	0
Cistaceae	<i>Helianthemum sp</i>	2,25	3,52
Chenopodiaceae	<i>Beta macrocarpa</i>	0	0
Papaveraceae	<i>Glaucium corniculatum</i>	1,7	2,15
	<i>Hypocoum pendulum</i>	0,7	0
Geraniaceae	<i>Erodium guttatum</i>	0	1,31
Caryophyllaceae	<i>Minuartia meditenarea</i>	1,17	0,99
	<i>Herniaria hirsuta</i>	0	2,51
	<i>Vaccaria pyramidata</i>	0	2,76
	<i>Dianthus gaditanus</i>	2,13	0
Malvaceae	<i>Malva parviflora</i>	1,9	0
Lamiaceae	<i>Salvia sp</i>	2,5	0
	<i>Marrubium sp</i>	0,97	0,91



Boraginacees	<i>Echium sp</i>	2,1	3,12
Liliaceae	<i>Muscari neglectum</i>	1,22	0



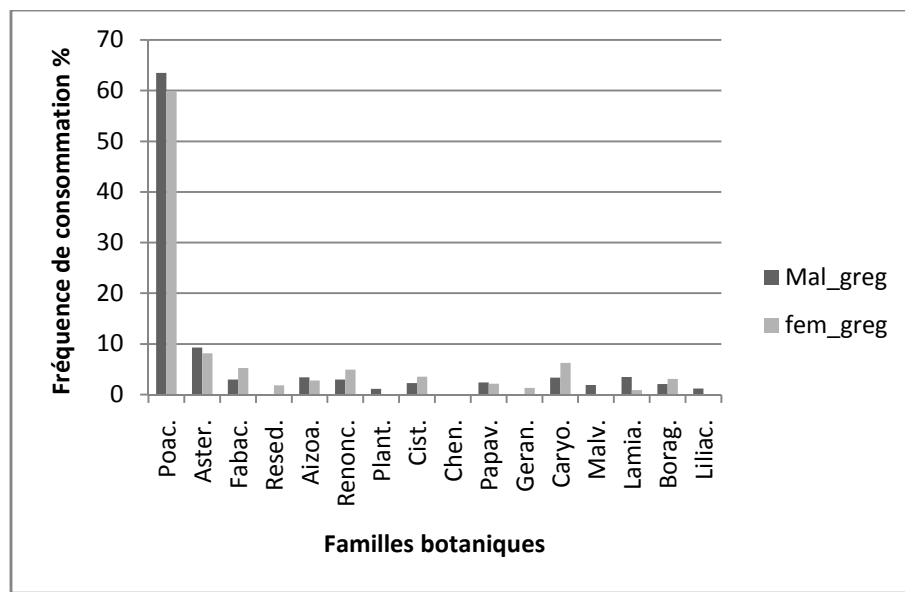
**Original**

**Fig.98** : Epiderme de référence pour certaines espèces végétales de la zone d'étude

### c) Préférences alimentaires des populations grégaires de la station de Marhoum.

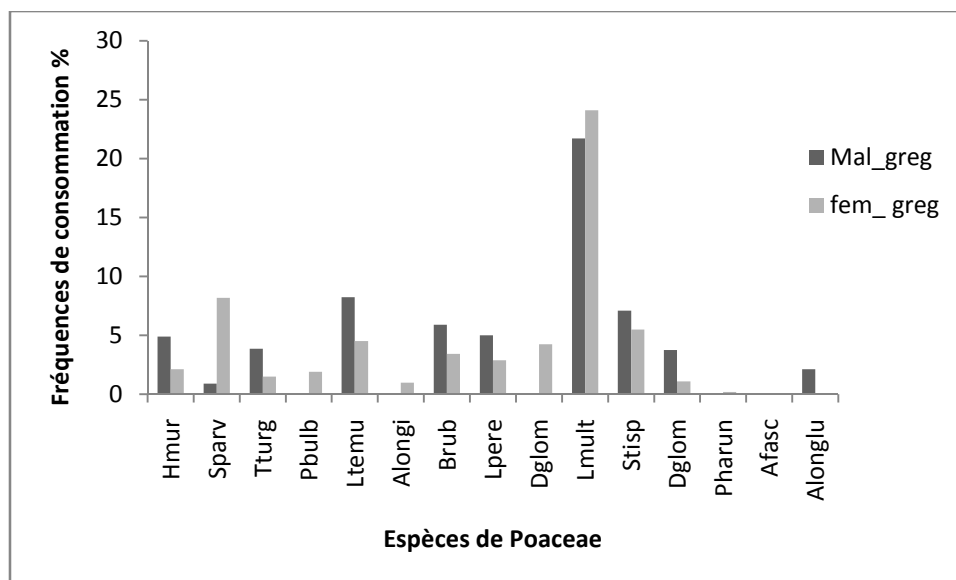
Cette étude nous a permis de mener une étude du régime alimentaire de *D. maroccanus* en fonction des disponibilités trophiques locales. Nous analysons ici l'exploitation des ressources à l'échelle de la population grégaire. Nous avons comparé par la suite l'alimentation en Poaceae chez des grégaires de la population de Marhoum en 2010 avec celle de la population solitaire étudiée par BENHALIMA (1983) au Maroc et BENFEKIH (1993) à Médéa.

Nous remarquons que les Poaceae sont les plantes les plus appréciées aussi bien chez les mâles que chez les femelles avec des fréquences de consommation supérieures à 60 %, ce qui montre que cette famille de plantes occupe presque la totalité du spectre alimentaire des grégaires (figure 99). Les Asteraceae avec les autres dicotylédones sont nettement moins appréciées avec des fréquences de consommation très faibles inférieures à 5% globalement (figure 99).



**Figure 99 :** Diversité des familles botaniques consommées par *D. maroccanus* en phase grégaire dans la station de Marhoum

Les espèces de Poaceae préférées par les mâles sont *Lolium multiflorum* (21,7%), *L. tementulum* (8,24%), *Stipa sp* (7,1%), *Bromus rubens* (5,91%), *Hordeum murinum* avec *Lolium perenne* (4,9%) et *Triticum turgidum* avec *Dactylis glomerata* (3,86% et 3,75%) respectivement. Contrairement à ce qui est signalé chez les solitaires par BENHALIMA (1983) et BENFEKIH (1993). Les *Poa bulbosa* n'a pas été appréciée par les mâles grégaires au courant du mois de juin 2010 (tableau 22 et figure 100). Par ailleurs, *Avena longissimus* et *Phalaris arundinacea* n'ont pas été consommés également.



**Figure 100 :** Fréquences de consommation des principales espèces Poaceae par les mâles et les femelles grégaires de *D. maroccanus* dans la station de Marhoum.

Les femelles grégaires ont consommé 12 espèces de Poaceae sur 14 espèces représentatives sur la station (tableau 22). Néanmoins, les espèces de Poaceae préférées sont *Lolium multiflorum* (24,1%), *Stipa parviflora* (8,18%), *Lolium temulentum* (4,5%) et *Bromus rubens* (3,43%) (Tableau 22 et figure 100). La plante *Poa bulbosa* n'a été appétée qu'avec une fréquence de 1,91% seulement.

Les différentes Poaceae ont toutes été surconsommées par rapport à leur abondance sur le terrain (les taux de recouvrement respectifs de chaque plante figurent entre parenthèses) (tableau 22). A l'exception de l'espèce *Hordeum murinum* qui est sous consommé par rapport à son recouvrement dans la station.

### V.3.2 - Conclusion

Les Poaceae interviennent pour une grande part dans l'alimentation des adultes mâles et femelles des populations grégaires avec plus de 60% du spectre alimentaire total, par rapport aux autres familles de plantes consommées qui sont très diversifiées mais dont les fréquences de consommation sont très faibles. Quelque soit l'espèce végétale, les mâles et les femelles ne présentent pas de choix alimentaire spécifique, notamment dans la consommation des dicotylédones. Parmi les espèces de Poaceae, l'espèce *Lolium multiflorum* présente une consommation très élevée par rapport aux autres espèces tant chez les mâles que chez les femelles, à l'exception de *Stipa parviflora* dont la fréquence de consommation est différente.

Les résultats de cette étude montrent que *D. maroccanus* est une espèce polyphage dont les adultes, expriment une véritable tendance à la surconsommation des Poaceae (graminées) et présentent de ce fait un véritable risque pour les céréales cultivées notamment en périodes de fortes pullulations.

L'espèce *Dociostaurus maroccanus* présente un intérêt pratique et un intérêt théorique. Pratique, car il est utile de connaître les conditions d'existence et de prolifération d'un ravageur; théorique, car l'utilisation du milieu par une espèce polyphage a rarement été entreprise en raison des difficultés à surmonter, du fait même de la variété des ressources à prendre en considération.

### V.4 - Application sur le terrain de *Métharizium anisopliae* var. *acidum* contre le criquet marocain *Dosiostaurus maroccanus* Thunb. 1815 (Marhoum, Sidi Bel Abbes).

Lors des traitements, les papiers oléosensibles ont reçu pour chaque dose, un nombre suffisant de gouttelettes qui varient entre 30 à 40 gouttelettes/cm<sup>2</sup>. Il est à noter que pour chaque dose, le volume de pulvérisation était de 2 litres/ha sur une superficie de 10 ha pour chaque site.

Le suivi des larves sur le terrain a duré 9 jours après traitement. Les résultats se présentent par dose comme suit :

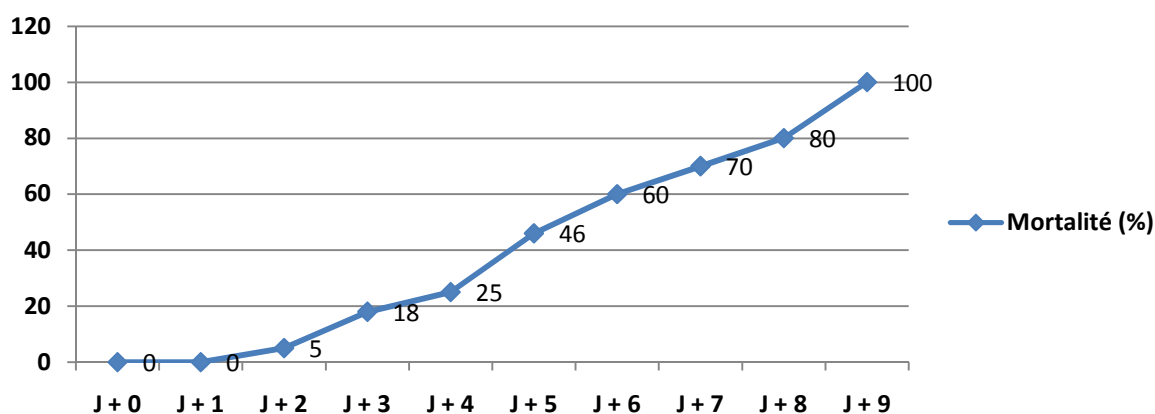
#### V.4.1 – Application de Dose 1 (25g/ha) :

Les premiers cadavres de larves traitées par la faible dose 25g/ha, ont été observés à partir du quatrième jour après traitement. La mortalité est accélérée avec le temps pour arriver à 70% le 7<sup>ème</sup> jour après traitement et 100% de mortalité au 9<sup>ème</sup> jour (Tableau 23, fig. 101).

Les cadavres récoltés, incubés dans des boites de Pétrie sur coton imbibé d'eau, ont montré la sporulation du champignon un ou deux jours plus tard.

**Tableau 23** : Pourcentage de mortalité chez les larves traitées par D1 (25g/ha)

Temps	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)	R4 (%)	Total (%)
J + 0	0	0	0	0	0
J + 1	0	0	0	0	0
J + 2	8	10	0	2	5
J + 3	18	15	20	19	18
J + 4	25	25	20	30	25
J + 5	53	45	44	42	46
J + 6	58	65	60	57	60
J + 7	65	72	73	70	70
J + 8	75	78	82	85	80
J + 9	100	100	100	100	100



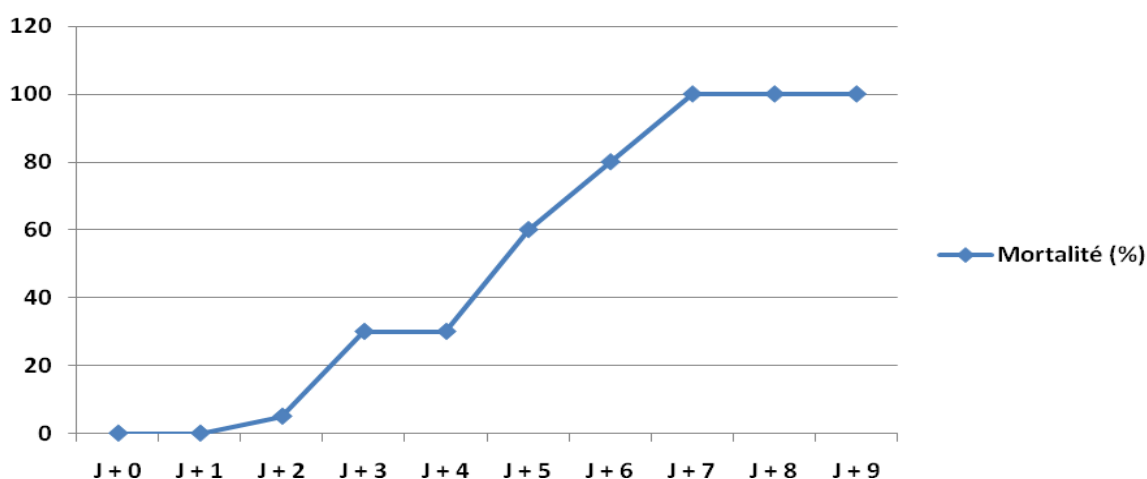
**Fig. 101** : Mortalité enregistrée chez les larves traitées avec la dose 25g/ha

#### V.4.2 – Application de Dose 2 (50g/ha) :

Pour la dose moyenne (50g/ha), le début de mortalité a été enregistré à partir du 3<sup>ème</sup> jour après traitement. La diminution des populations larvaires se poursuit pour atteindre les 50% de mortalité au 5<sup>ème</sup> jour avec des larves moribondes, 80% au 7<sup>ème</sup> jour et la mortalité totale des populations larvaires au niveau des blocs traités au 8<sup>ème</sup> jour après le traitement (Tableau 24, fig. 102).

**Tableau 24 :** Pourcentage de mortalité chez les larves traitées par D2 (50g/ha)

Temps	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)	R4 (%)	Total (%)
J + 0	0	0	0	0	0
J + 1	0	0	0	0	0
J + 2	8	4	5	3	5
J + 3	29	31	31	29	30
J + 4	29	31	31	29	30
J + 5	65	55	59	61	60
J + 6	82	87	78	73	80
J + 7	100	100	100	100	100
J + 8	100	100	100	100	100
J + 9	100	100	100	100	100



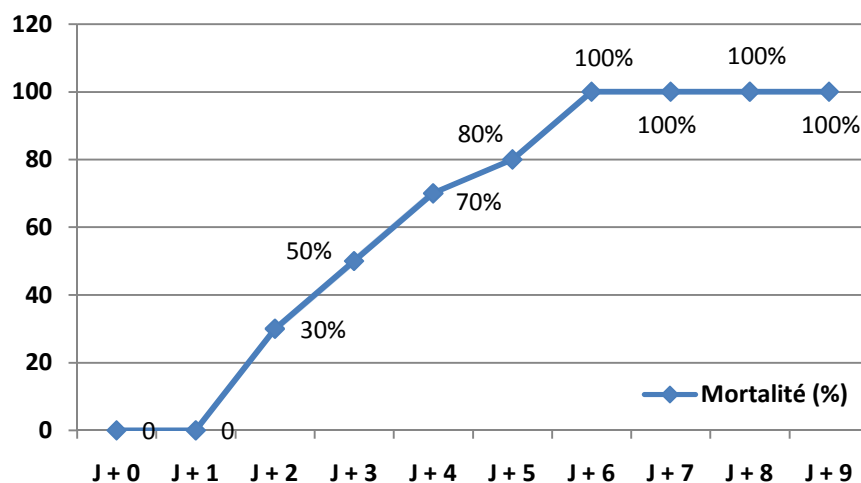
**Fig. 102:** Mortalité enregistrée chez les larves traitées avec la dose 50g/ha

#### V.4.3 – Application de Dose 3 (75g/ha) :

Le début de mortalité a été observé au 3<sup>ème</sup> jour après traitement avec une diminution considérable de la densité de la population larvaire au niveau des blocs expérimentaux. Le taux de mortalité atteint 70% au 5<sup>ème</sup> jour pour arriver à 100% au 7<sup>ème</sup> jour (Tableau 25, fig. 103)

**Tableau 25** : Pourcentage de mortalité chez les larves traitées par D3 (75g/ha)

Temps	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)	R4 (%)	Total (%)
J + 0	0	0	0	0	0
J + 1	0	0	0	0	0
J + 2	30	29	30	31	30
J + 3	47	51	47	55	50
J + 4	71	68	73	68	70
J + 5	82	83	80	75	80
J + 6	100	100	100	100	100
J + 7	100	100	100	100	100
J + 8	100	100	100	100	100
J + 9	100	100	100	100	100

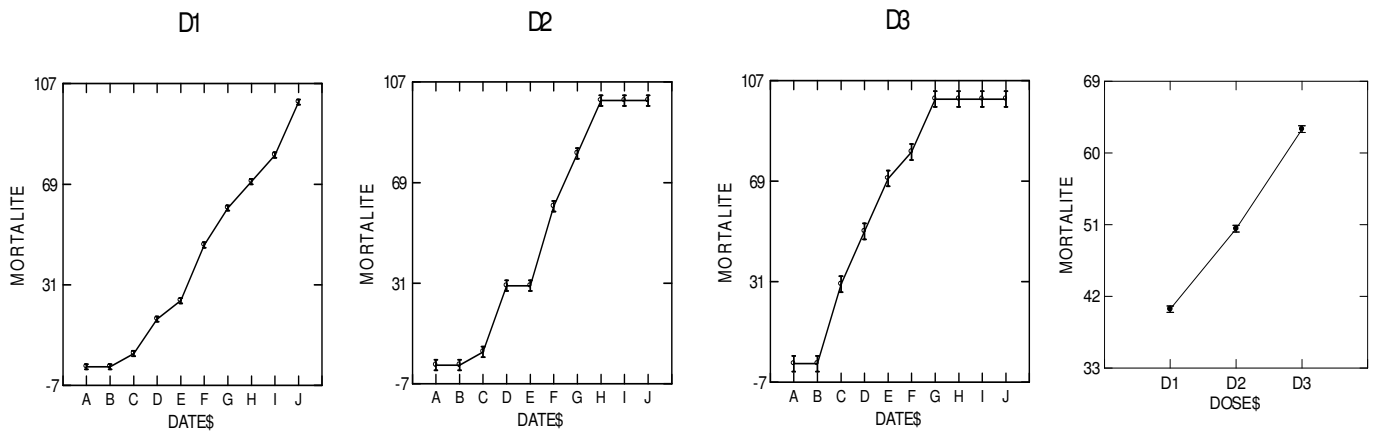


**Fig. 103** : Mortalité enregistrée chez les larves traitées avec la dose 75g/ha

Dans la plupart des blocs traités, on a observé que les larves sont devenues faibles avec des mouvements lents à partir du 3<sup>ème</sup> jour de traitement ainsi que des larves moribondes au sol ou sans têtes. Les mutilations peuvent avoir été causées par cannibalisme, un phénomène commun chez les criquets malades, ce qui a été confirmé par la présence des crottes rouges (Annexe). Des cadavres de coloration rougeâtre ont été souvent trouvés parmi les populations traitées (Annexe 2). Par ailleurs, plusieurs ennemis naturels existent sur les sites expérimentaux, comme quelques rapaces notamment les corbeaux (*Corvus corax*) qui se trouvent en nombre très important, des oiseaux comme de courvites isabelles (*Cursorius cursor*), de cochevis de Thékla (*Galerida theklae*) ont été observés en attrapant des larves malades (Annexe). De plus, il y avait des lézards, des coléoptères, des Fourmies et des araignées, qui se sont nourris des larves malades (Annexe). Par contre, les bandes témoins sont restées en bon état jusqu'à la fin de l'expérimentation, sans compter bien sûr, une certaine mortalité causée par les ennemis naturels.

#### V.4.4 – Analyse statistique :

D'après les analyses statistiques (Fig. 104 et tableau 26), nous avons remarqué que les trois doses D1 (25 g/ha), D2 (50 g/ha) et D3 (75 g/ha) ont un effet hautement significatif contre les larves du criquet marocain en comparaison avec les témoins.



**Fig. 104 :** Variation comparée des trois doses du champignon pulvérisé contre les larves du *D. maroccanus* par rapport aux témoins.

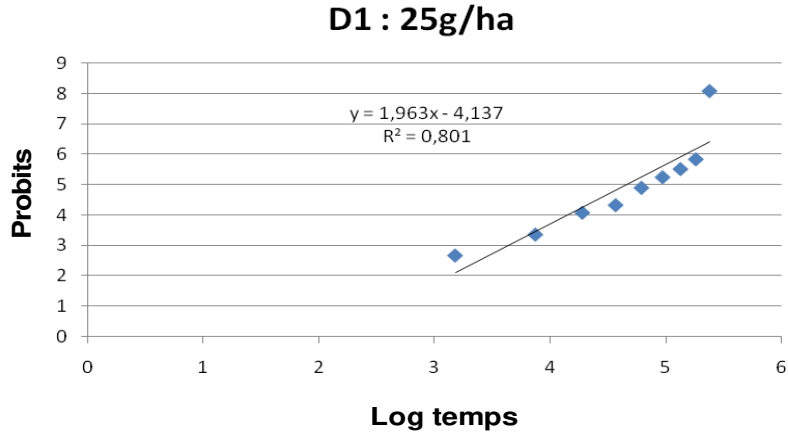
**Tableau 26.** Résultats de l'analyse de la variance (Modèle linéaire global, systat. Vers. 12) sur la variation des doses en fonction de temps.

Source	Sum-of-Squares	Df	Mean-Square	F-ratio	P
DOSE	10253.600	2	5126.800	746.621	0.000
DATE	164630.533	9	18292.281	2663.924	0.000
DOSES X DATES	7373.067	18	409.615	59.653	0.000

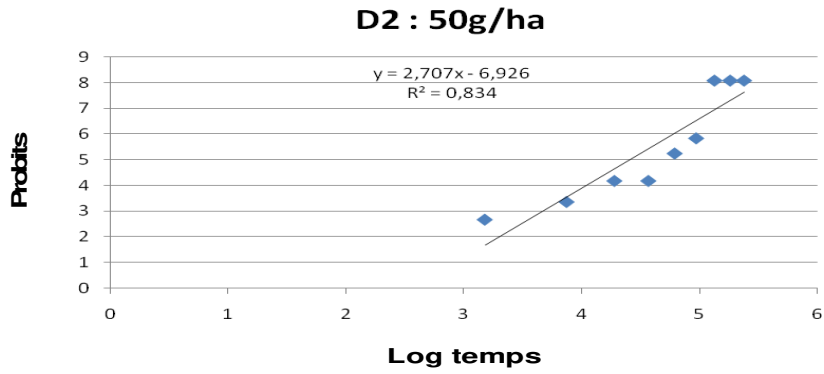
#### V.4.5 – Calcul de TL 50 :

Pour calculer la TL<sub>50</sub> (temps léthal au bout duquel on obtient 50 % de mortalité de la population traitée) de *Metarhizium acridum*, nous avons transformé le pourcentage des mortalités corrigées en probit et le temps en logarithme décimal.

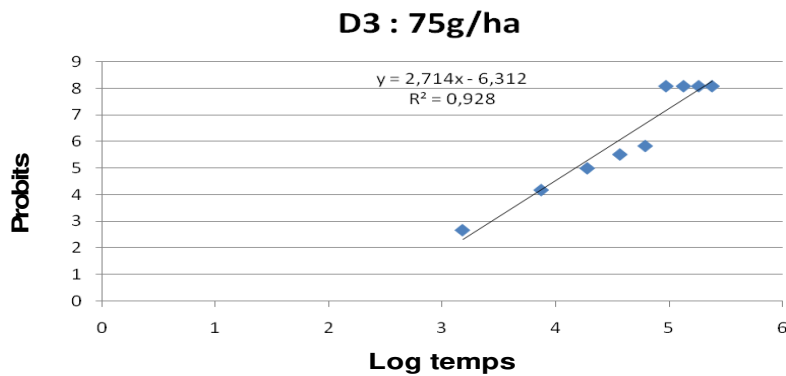
A partir des équations des droites de régression (Fig. 105, 106 et 107) nous avons calculé les valeurs des TL<sub>50</sub> portées sur le tableau 27 pour chaque dose.



**Fig. 105** - Efficacité de *Métarhizium* dans le temps vis-à-vis des larves du *D. maroccanus* traitées par dose 1 (25g/ha)



**Fig. 106** - Efficacité de *Métarhizium* dans le temps vis-à-vis des larves du *D. maroccanus* traitées par dose 1 (50g/ha)



**Fig. 107** - Efficacité de *Métarhizium* dans le temps vis-à-vis des larves du *D. maroccanus* traitées par dose 3 (75g/ha)



**Tableau 27** : TL50 des larves du *Dociostaurus maroccanus* traités aux D1, D2 et D3 de *Metarhizium acridum*

Dose	TL50 (heures)
D1	105,442235
D2	82,6665309
D3	64,9379199

Les résultats du TL50 pour les larves, montrent que la sensibilité des larves du criquet marocain, est en fonction du temps et la concentration de l'inoculum.

Les larves traitées par la D1 (25g/ha.), ont un TL<sub>50</sub> de 4 jours et 9 heures. Celles traitées par D2 (50g/ha), le TL<sub>50</sub> est de 3 jours et 10 heures. Tandis que les larves traitées par la dose D3 (75g/ha) le TL<sub>50</sub> est de 2 jours et 17 heures.

#### V.4.6 - CONCLUSION

L'essai a montré que les trois doses du *Metarhizium*, affectent significativement les larves du criquet marocain en fonction de la concentration de l'entomopathogène. Les premières mortalités sont enregistrées au 3<sup>ème</sup> jour respectivement pour les D1 (25g/ha), D2 (50g/ha) et D3 (75g/ha). Les larves traitées atteignent 100% de mortalité au 9<sup>ème</sup> jour pour D1, 8<sup>ème</sup> jour pour D2 et au 7<sup>ème</sup> jour pour D3. La mortalité chez les différents stades (L3-L4) du criquet marocain est bien incriminée à l'action du champignon qui a sporulé sur les cadavres.

Il est à constater que les larves traitées sont devenues vulnérables aux attaques des oiseaux au niveau des blocs traités et la disparition par la suite des cadavres des larves traitées suite à l'intervention des ennemis naturels notamment les fourmis. Par contre les larves témoins sont restées saines.

Il est à noter que les conditions météorologiques étaient très favorables pour le bon déroulement de l'essai, notamment les températures ambiantes enregistrées le jour pendant toute la période d'essai, ce qui a favorisé le bon développement du champignon.

Cependant pour que le produit soit efficace il est nécessaire de l'utiliser dans les conditions techniques optimales, à savoir, opérer lorsque les conditions météorologiques (températures et humidité) sont optimales.

Ce champignon reste un outil fiable dans la stratégie de lutte préventive contre le criquet marocain au niveau des foyers grégarigènes de cet acridien

## V.5 – Application au laboratoire d’un Bio-pesticide botanique, du Triflumuron et du champignon entomopathogène sur les larves du *D. maroccanus*

### V.5.1 – Effet de *Melia azedarach* L. (Neem) sur l’évolution pondérale des larves L4 de *D. maroccanus*.

#### V.5.1.1 – Traitement par contact

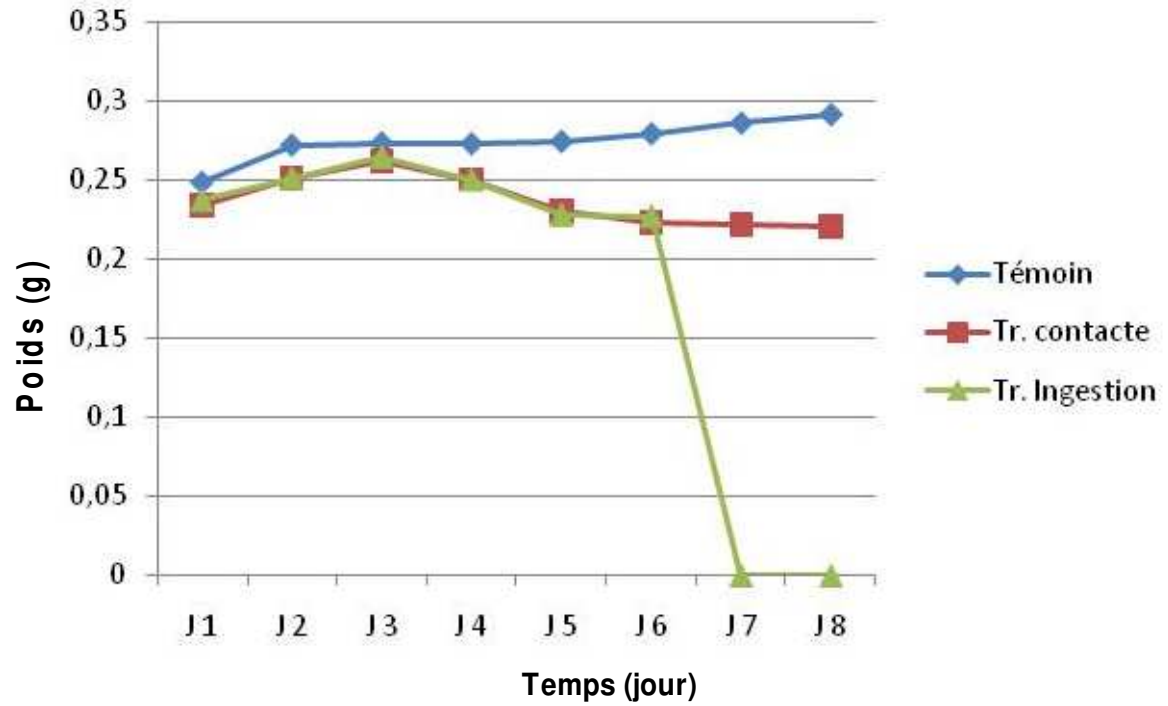
Le tableau 28 et la figure ci-après (108), montrent que le poids initial des larves témoins augmente durant les 8 jours, il passe de 0,2482 g à 0,2911 g, Le poids initial des larves traitées par contact continue à évoluer très lentement de 0,2335 g le 1<sup>er</sup> jour à 0,2620 g le 3<sup>ème</sup>, après cela on note une régression marquée du poids à partir du J4 de 0,2501 g jusqu’à 0,2201 g au J8 puis la mort après que les larves soient devenues rougeâtres. (Fig. 109)

#### V.5.1.2 – Traitement par ingestion

Les mêmes observations ont été notées pour les larves traitées par ingestion. En effet, leurs poids initial continue à évoluer de 0,2372 g le J1 à 0,2645 g au troisième jour, puis il chute à 0,2272 g au 6<sup>ème</sup> jour, et la mort des larves est enregistrée le 8<sup>ème</sup> jour car l’effet de Neem par ingestion était relativement rapide par rapport au traitement par contacte (fig. 108).

**Tableau 28 :** Variation pondérale (g) des larves L4 de *D. maroccanus* traitées par l’huile de Neem (1000ppm)

Temps	Poids en gramme		
	Témoin	Tr. Contacte	Tr. Ingestion
<b>J 1</b>	0,2482 ± 0,0301	0,2335 ± 0,0112	0,2372 ± 0,0205
<b>J 2</b>	0,2718 ± 0,0202	0,2512 ± 0,0123	0,2512 ± 0,0328
<b>J 3</b>	0,2732 ± 0,02424	0,2620 ± 0,0127	0,2645 ± 0,0578
<b>J 4</b>	0,2727 ± 0,0275	0,2501 ± 0,0601	0,2502 ± 0,0303
<b>J 5</b>	0,2741 ± 0,0421	0,2301 ± 0,0412	0,2280 ± 0,0402
<b>J 6</b>	0,2789 ± 0,0043	0,2224 ± 0,0351	0,2272 ± 0,0412
<b>J 7</b>	0,2857 ± 0,0208	0,2212 ± 0,0157	-
<b>J 8</b>	0,2911 ± 0,0208	0,2201 ± 0,0256	-



**Fig. 108 :** Effet de *Melia azedarach* (1000ppm) sur l'évolution pondérale des larves L4 de *D. maroccanus*.



**Fig. 109 :** Mortalité après l'arrêt de croissance des larves du *Dociostaurus maroccanus* traitées par *Melia azedarach*.

D'après le test de Fisher (tableau 29), nous avons constaté que la différence des poids des larves témoins par rapport aux larves traitées est significative. Alors que la différence entre le traitement par contact et le traitement par ingestion est non significative.

**Tableau 29** : Test de Fisher (LSD) : Test de comparaison multiple avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Moyenne	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Témoins – Tr. Contacte	-1,745	-0,0512	0,000	0,887	Oui
Témoins – Tr. Ingestion	-0,832	-0,0052	0,000	0,925	Oui
Tr. Contacte - Tr. Ingestion	-2,425	-0,253	2,001	0,815	Non

### V.5.1.3 – CONCLUSION

L'effet de *Melia azedarach* par contacte ou par ingestion, inhibe la prise de nourriture chez les larves de *Dociostaurus maroccanus* et par conséquent, bloque la croissance des larves traitées et même influe sur la mue comparativement aux témoins.

### V.5.2 – Effet de *M. anisopliae* et de Triflumuron sur la mortalité des larves du *D. maroccanus* :

#### V.5.2.1 - Effet de *M. anisopliae* :

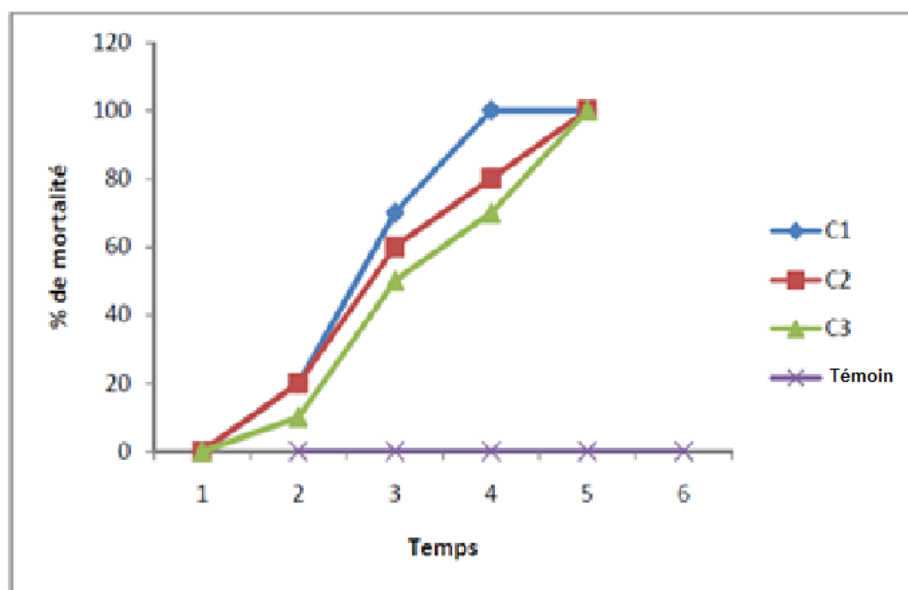
##### a- Mortalité

La lecture des résultats concernant l'effet *M. anisopliae* sur les larves du criquet marocain, montre que le taux de mortalité augmente avec l'augmentation des concentrations utilisées et l'avancement des stades larvaires. Nous avons remarqué que le stade avancé (L5) est très résistant vis-à-vis au *M.anisopliae*, ce qui a permis d'obtenir une diminution du taux de mortalité dans le temps (figure : 110, 111, 112 et 113).

Chez les larves de deuxième stade (tableau 30), l'application de la forte concentration C1 a permis d'obtenir une mortalité totale dans un délai de 4 jours alors que la concentration moyenne C2 et la faible concentration C3 les 100% de mortalité sont obtenues au 5<sup>ème</sup> jour après traitement. Les stades les plus avancés L3, L4, L5 (tableau 31, 32 et 33) apparaissent plus résistants à la moyenne et faible concentration. En effet, chez les L3, le *M.anisopliae* a provoqué 100% de mortalité le 5<sup>ème</sup> jour après le traitement par la forte concentration contre 60% de mortalité avec la faible concentration au 5<sup>ème</sup> jour après traitement. Chez les L4, les 100% de mortalité sont obtenues au 6<sup>ème</sup> jour après traitement par application de la forte concentration C1. Alors qu'avec la faible et la moyenne concentration, les mortalités totales sont enregistrées le 7<sup>ème</sup> jour après traitement (Tableau 32). De même, chez les L5, l'application de la forte et moyenne concentration C1 et C2 nous a permis d'obtenir les 100% de mortalité au 8<sup>ème</sup> jour. Avec la faible concentration C3, tous les insectes sont succombés au 9<sup>ème</sup> jour après traitement.

**Tableau 30:** Taux de mortalité corrigée chez les larves de 2<sup>ème</sup> stade de criquet marocain traitées par *Metarhizium anisopliae*.

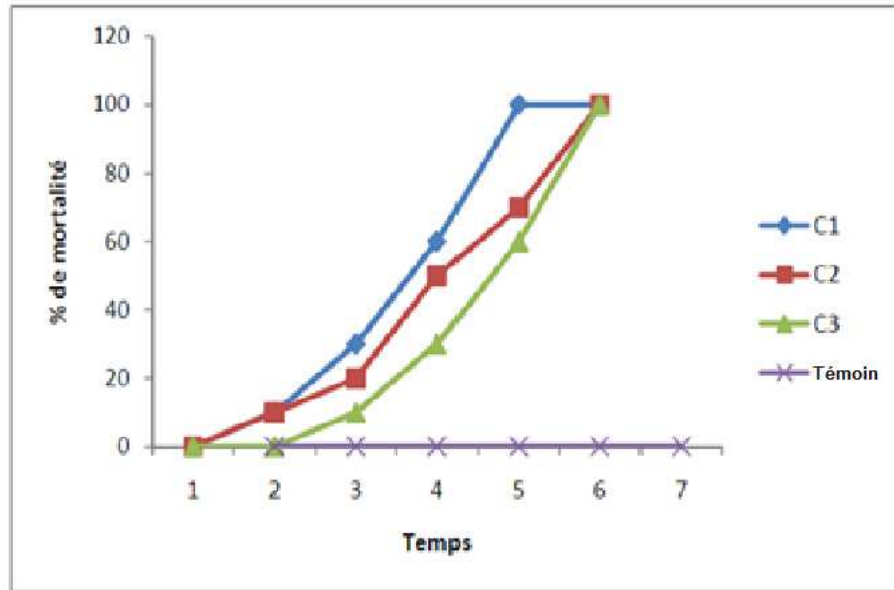
Temps	Témoin	<i>Metarhizium anisopliae</i>		
		C1 ( $12,5 \times 10^7$ sp/ml)	C2 ( $12,5 \times 10^5$ sp/ml)	C3 ( $12,5 \times 10^3$ sp/ml)
J1	0	0	0	0
J2	0	20	20	10
J3	0	70	60	50
J4	0	100	80	70
J5	0	100	100	100



**Fig. 110 :** Variation des taux de mortalité chez les larves de 2<sup>ème</sup> stade de *D. maroccanus* traitées par *M. anisopliae*.

**Tableau 31:** Taux de mortalité corrigée chez les larves de 3<sup>ème</sup> stade L3 de criquet marocain traitées par *Metarhizium anisopliae*.

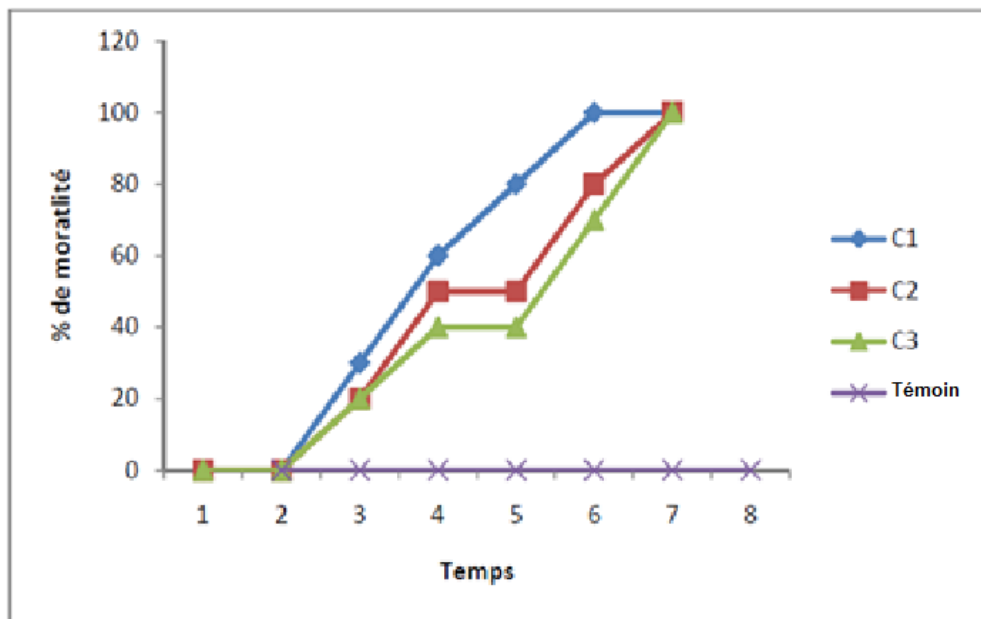
Temps	Témoin	<i>Metarhizium anisopliae</i>		
		C1 ( $12,5 \times 10^7$ sp/ml)	C2 ( $12,5 \times 10^5$ sp/ml)	C3 ( $12,5 \times 10^3$ sp/ml)
J1	0	0	0	0
J2	0	10	10	0
J3	0	30	20	10
J4	0	60	50	30
J5	0	100	70	60
J6	0	100	100	100



**Figure .111 :** Variation des taux de mortalité chez les larves de 3<sup>ème</sup> stade de *D. maroccanus* traitées par *M. anisopliae*.

**Tableau 32:** Taux de mortalité corrigée chez les larves de 4<sup>ème</sup> stade L4 de criquet marocain traitées par *Metarhizium anisopliae*.

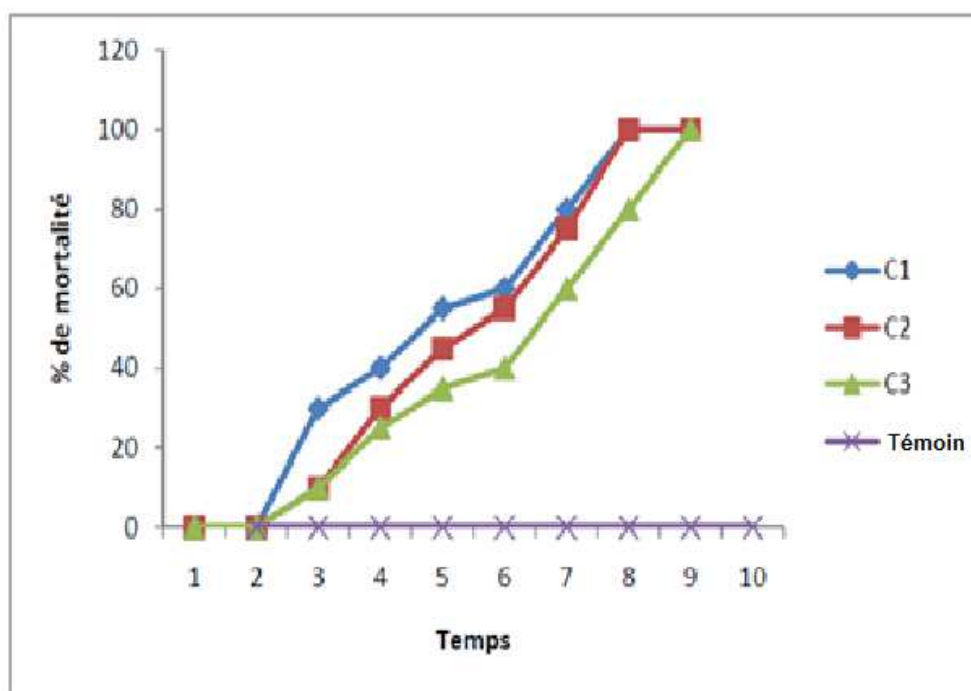
Temps	Témoin	<i>Metarhizium anisopliae</i>		
		C1 ( $12,5 \times 10^7$ sp/ml)	C2 ( $12,5 \times 10^5$ sp/ml)	C3 ( $12,5 \times 10^3$ sp/ml)
J1	0	0	0	0
J2	0	10	0	0
J3	0	30	20	20
J4	0	60	50	40
J5	0	80	50	40
J6	0	100	80	70
J7	0	100	100	100



**Figure. 112 :** Variation des taux de mortalité chez les larves de 4<sup>ème</sup> stade de *D. maroccanu* traitées par *M. anisopliae*.

**Tableau 33 :** Taux de mortalité corrigée chez les larves de 5<sup>ème</sup> stade L5 de criquet marocain traitées par *Metarhizium anisopliae*.

Temps	Témoin	<i>Metarhizium anisopliae</i>		
		C1 ( $12,5 \times 10^7$ sp/ml)	C2 ( $12,5 \times 10^5$ sp/ml)	C3 ( $12,5 \times 10^3$ sp/ml)
J1	0	0	0	0
J2	0	10	0	0
J3	0	30	10	10
J4	0	40	30	25
J5	0	55	45	35
J6	0	60	55	40
J7	0	80	75	60
J8	0	100	100	80
J9	0	100	100	100



**Figure 113 :** Variation des taux de mortalité chez les larves de 5<sup>ème</sup> stade de *D. maroccanus* traitées par *M. anisopliae*.

Afin de préciser l'efficacité de notre traitement, on a fait appel à une analyse de la variance à trois critères de classification (tableau 34).

- > Facteur 1 : est le facteur dose avec 4 niveaux : (3 concentrations de traitement et le témoin).
- > Facteur 2 : est le facteur temps avec 9 niveaux du temps d'observation
- > Facteur 3 : est le facteur stade avec 4 niveaux.

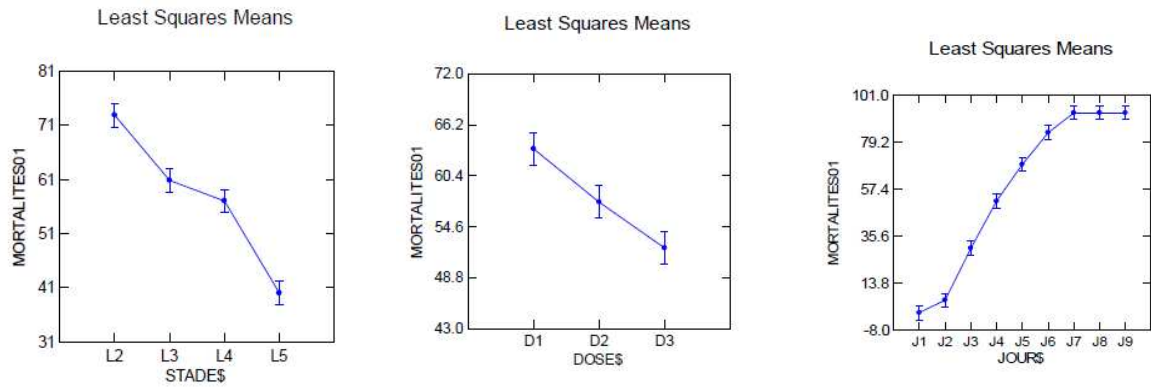
**Tableau 34 :** Analyse de la variance sur l'efficacité de *M. anisopliae* appliqué sur les larves L2, L3, L4 et L5 de *D. marrocanus*.

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
<b>Concentrations</b>	2304.142	2	1152.071	9.328	0.000
<b>JOIRS</b>	136153.581	8	17019.198	137.796	0.000
<b>STADES</b>	14947.790	3	4982.597	40.342	0.000
<b>Error</b>	11609.944	94	123.510		

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence hautement significative entre les concentrations de traitement, les stades d'insectes et les temps d'exposition ( $p < 0,05$ ).



### Test de Scheffe :



Le test Scheffe a montré que les stades les plus sensibles sont les jeunes stades par rapport aux stades avancés. Les fortes concentrations ont donné une meilleure efficacité comparativement à la faible concentration. Ce test a permis aussi de constater que les pourcentages de mortalités augmentent avec le temps.

### b- Calcul des TL50 :

Les temps létaux au bout desquels 50% des individus de criquet marocain meurent sont obtenus à partir des droites de régression des logarithmes décimaux des temps (tableaux 35, 36, 37 et 38) en fonction des taux de mortalité corrigés chez les larves L2, L3, L4 et L5 de *D. marrocanus* traitées au *M. anisopliae*.

**Tableau 35 :** Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L2 de *D. marrocanus* traitées au *M. anisopliae*.

Concentrations		C1 ( $12,5 \times 10^7$ sp/ml)		C2 ( $12,5 \times 10^5$ sp/ml)		C3 ( $12,5 \times 10^3$ sp/ml)	
Temps	Log temps	MC%	Probits	MC%	Probits	MC%	Probits
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	0,30	20	4,16	20	4,16	10	3,72
3	0,48	70	5,52	60	5,25	50	5
4	0,60	100	8,9	80	5,84	70	5,52
5	0,70	100	8,9	100	8,9	100	8,9

**Tableau 36 :** Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L3 de *D. marrocanus* traitées au *M. anisopliae*.

Concentrations		C1 (12,5x 10 <sup>7</sup> sp/ml)		C2(12,5x10 <sup>5</sup> sp/ml)		C3 (12,5x 10 <sup>3</sup> sp/ml)	
Temps	Log	MC%	Probits	MC%	Probits	MC%	Probits
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	0,30	10	3,72	10	3,72	0	0
3	0,48	30	4,48	20	4,16	10	3,72
4	0,60	60	5,25	50	5	30	4,48
5	0,70	100	8,9	70	5,52	60	5,25
6	0,78	100	8,9	100	8,9	100	8,9

**Tableau 37 :** Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L4 de *D. marrocanus* traitées au *M. anisopliae*.

Concentrations		C1 (12,5x 10 <sup>7</sup> sp/ml)		C2(12,5x10 <sup>5</sup> sp/ml)		C3(12,5x 10 <sup>3</sup> sp/ml)	
Temps	Log	MC%	Probits	MC%	Probits	MC%	Probits
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	0,30	0	0	0	0	0	0
3	0,48	30	4,48	20	4,16	20	4,48
4	0,60	60	5,25	50	5	40	4,75
5	0,70	80	5,84	50	5	40	4,75
6	0,78	100	8,6	80	5,84	70	5,52
7	0,85	100	8,6	100	8,6	100	8,6

**Tableau 38 :** Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L5 de *D. marrocanus* traitées au *M. anisopliae*.

Concentrations		C1(12,5x 10 <sup>7</sup> sp/ml)		C2(12,5x10 <sup>5</sup> sp/ml)		C3(12,5x 10 <sup>3</sup> sp/ml)	
Temps	Log	MC%	Probit	MC%	Probits	MC%	Probits
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	0,30	0	0	0	0	0	0
3	0,48	30	4,48	10	3,72	10	3,72
4	0,60	40	4,75	30	4,48	25	4,3
5	0,70	55	4,72	45	4,86	35	4,6
6	0,78	60	5,25	55	5,11	40	4,75
7	0,85	80	5,84	75	5,65	60	5,25
8	0,90	100	8,9	100	8,9	80	5,84
9	0,95	100	8,9	100	8,9	100	8,9

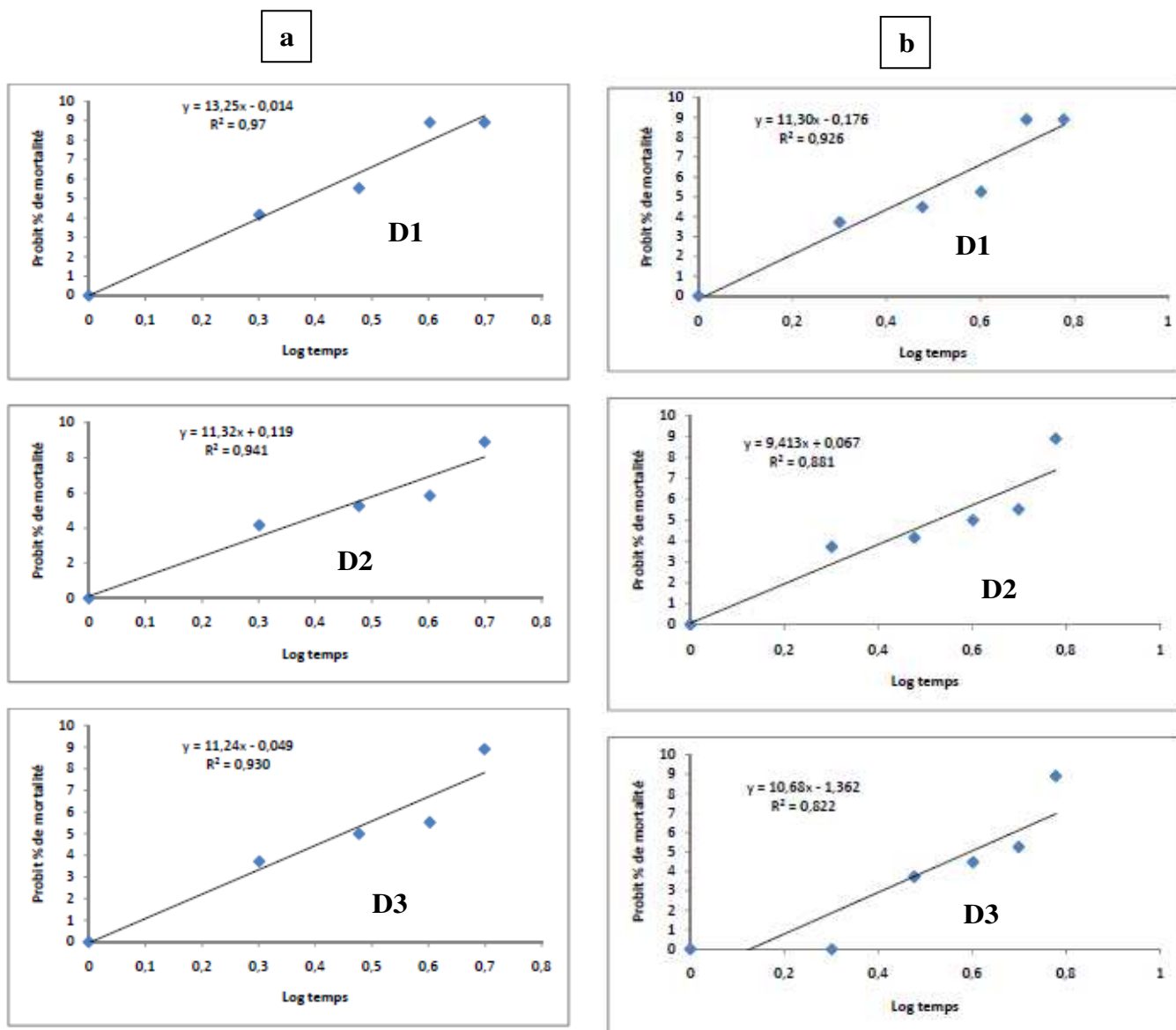
A partir des droites de régressions mentionnées sur les (figures 115, 116, 117, 118) on a pu calculer les temps létaux 50 (tableau 39).

**Tableau 39** : Les valeurs des TL50 (en jours) pour les larves L2, L3, L4 et L5 de *D. marrocanus* traitées au *M. anisopliae*.

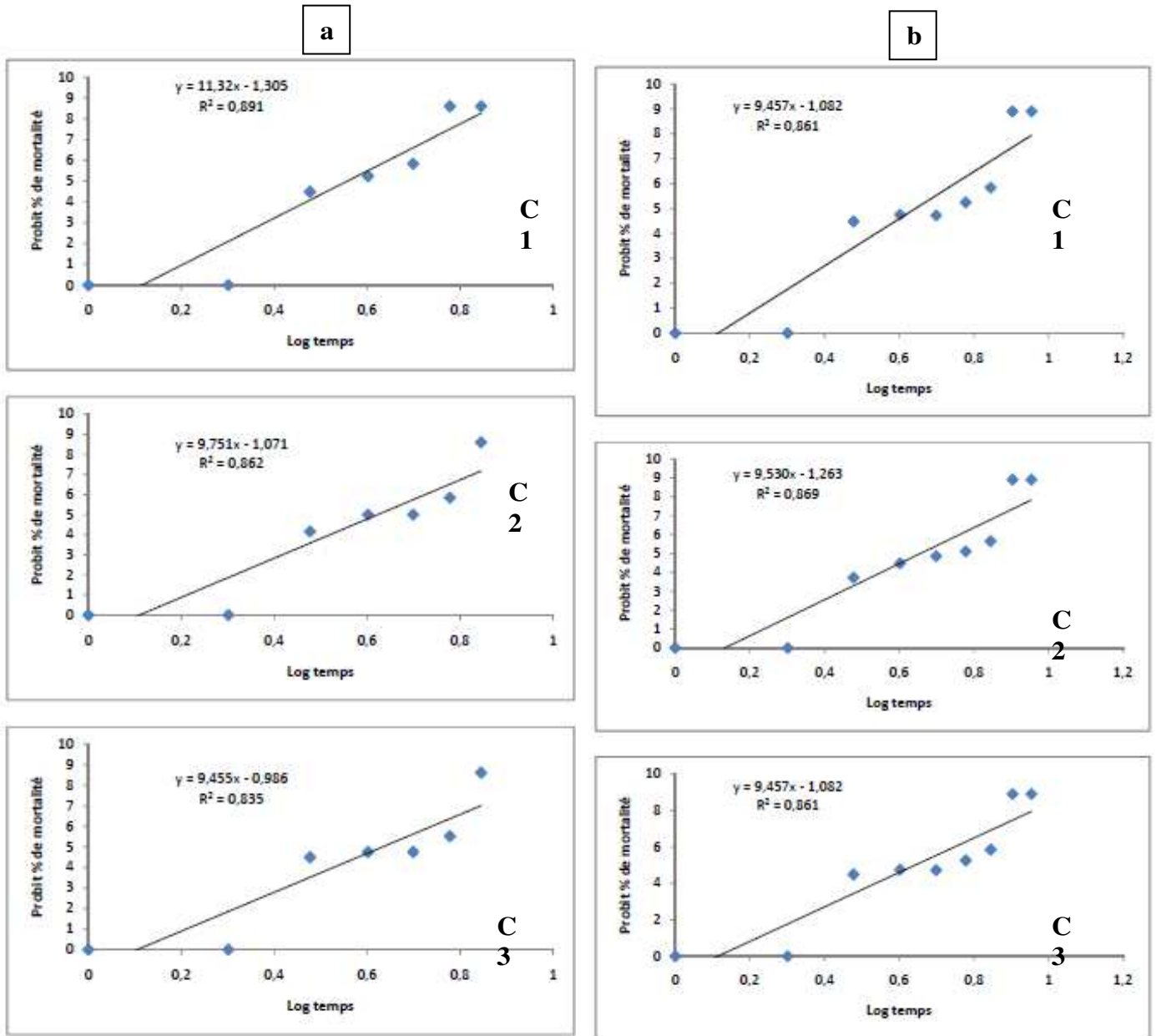
Stades larvaires	C1 ( $12,5 \times 10^7$ sp)	C2 ( $12,5 \times 10^5$ sp)	C3 ( $12,5 \times 10^3$ sp/ml)
L2	2,39 j	2,83 j	2,81 j
L3	2,87 j	3,45 j	3,94 j
L4	3,6 j	4,19 j	4,29 j
L5	4,39 j	4,54 j	4,89 j

Le tracé de la droite de régression exprimant les probits des pourcentages de mortalité en fonction des logarithmes décimaux des concentrations (figures 114 et 115) montre qu'il existe une liaison étroite entre les différentes concentrations, les stades larvaires et les taux de mortalité. Ce qui est approuvé par le coefficient de corrélation compris entre 0 et 1 ( $0 < R < 1$ ) donc la corrélation est dite positive, les taux de mortalité et les doses varient dans le même sens.

Le calcul des TL50 (temps létaux occasionnant 50% de mortalité) de *M. anisopliae* testé par rapport aux concentrations nous renseigne sur l'importance de l'effet du champignon dans le temps, provoqué par une variation de concentration. Les valeurs des TL50 relative à chaque concentration sont tirées directement à partir des équations de régressions. Les temps létaux calculés, varient d'une concentration à une autre. Les temps les plus élevés : 4,89 j sont obtenus chez les L5 en appliquant la plus faible concentration, alors que les temps les plus courts sont enregistrés chez les L2 pour la plus forte concentration C1: 2,39 j.



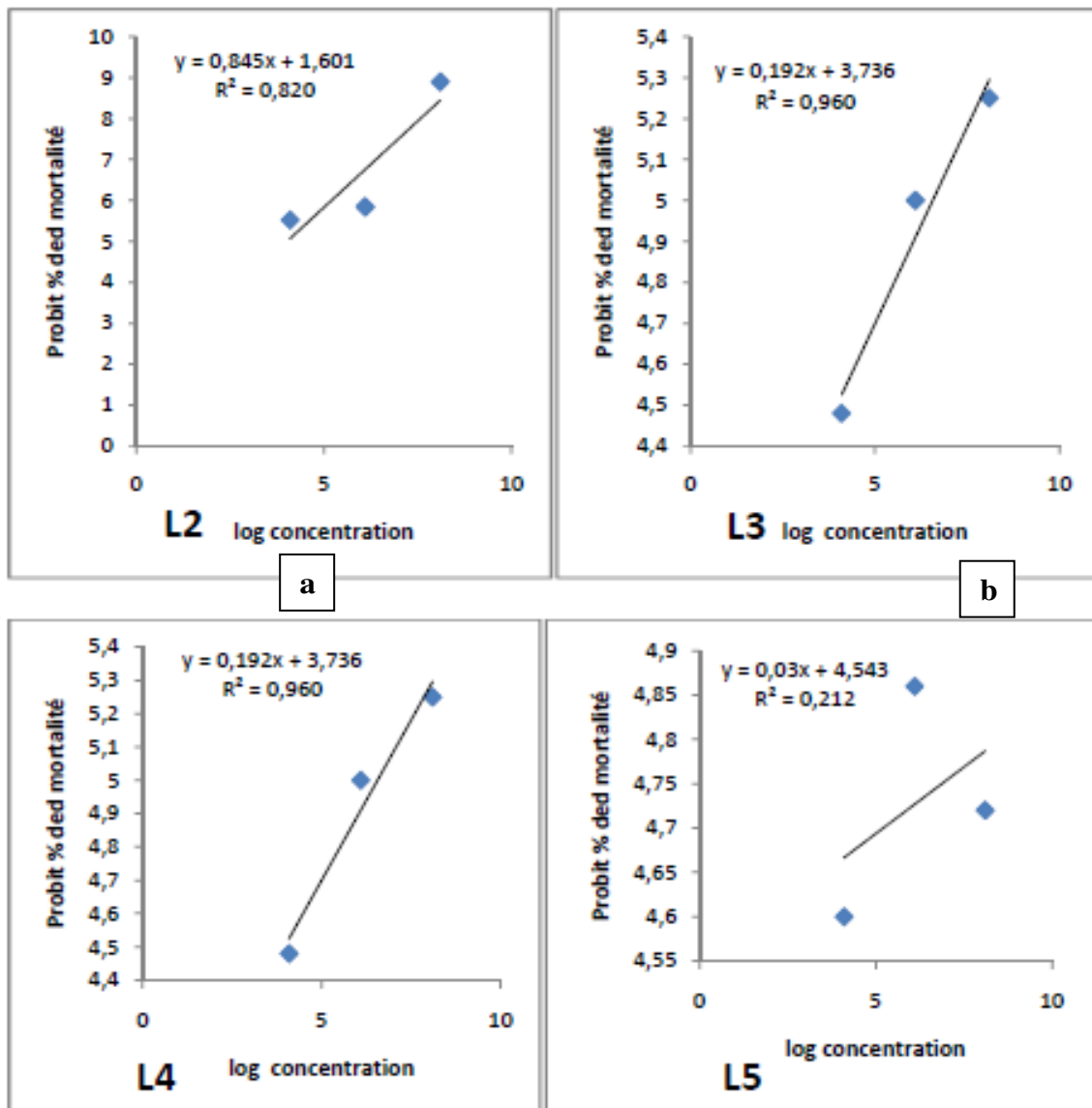
**Fig. 114** - Droites de régression exprimant le taux de mortalité des larves de 2<sup>ème</sup> (a) et 3<sup>ème</sup> stade (b) de *D.marrocanus* traitées au 3 doses de *M. anisopliae* en fonction du temps



**Fig. 115** - Droites de régression expriment le taux de mortalité des larves de 4<sup>ème</sup> (a) et 5<sup>ème</sup> stade (b) de *D.marrocanus* traitées au 3 doses de *M. anisopliae* en fonction du temps

### c - Calcul des DL50

Les doses létales au bout desquelles 50% des individus de criquet marocain sont morts sont obtenues à partir des droites de régression (Figures 116) des logarithmes des concentrations en fonction des taux de mortalité corrigés chez les larves L2, L3, L4 et L5 de *D.marrocanus* traitées *M. anisopliae*.



**Figure 116-** Droites de régression expriment le taux de mortalité des larves L2, L3 L4 et L5 de *D.marrocanus* traitées au *M. anisopliae* en fonction des concentrations.

A partir des droites de régressions mentionnées sur les figures (114 & 115) on a pu calculer la DL50 (tableau 40).

**Tableau 40 :** Les valeurs des DL50 pour les larves L2, L3, L4 et L5 de *D.marrocanus* traitées au *M. anisopliae*.

Stades larvaires	DL50 (spores/ml)
L2	12,74x10 <sup>2</sup>
L3	38,31 x10 <sup>5</sup>
L4	38,3 1x10 <sup>5</sup>
L5	12,71x10 <sup>6</sup>

Le calcul de la DL50 nous a permis de constater que cette dernière varie en fonction des stades larvaires. La DL50 la plus élevée est obtenue chez les L5 (12,71x10<sup>6</sup>sp/ml) alors que la plus faible est enregistrée chez les L2 (12,74 x1 0<sup>2</sup> sp/ml).

### V.5.2.2 - Effet de Triflumuron

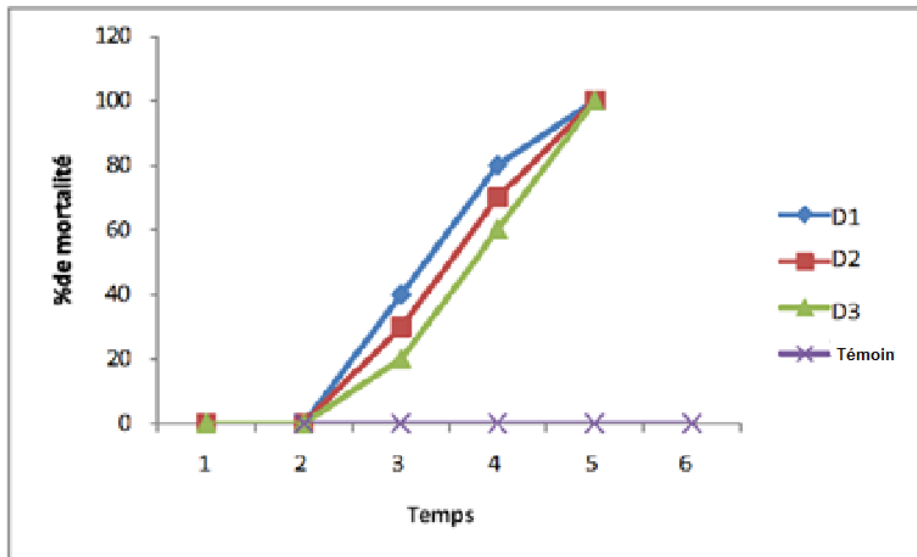
#### a- Mortalité

Les résultats de taux de mortalité journalière corrigée des larves L2, L3, L4 et L5 traitées au Triflumuron par contact sont portés sur les tableaux (41, 42, 43,44) et illustrés par les figures (117, 118, 119,120). L'application du traitement à base de Triflumuron sur les larves du criquet marocain montre que les mortalités sont observées au moment de la mue imaginale des individus.

La mortalité de tous les individus est obtenue au 4ème jour pour L2 avec les trois doses (tableau 41), au 5ème jour pour les L3 avec les trois doses appliquées (tableau 42). Au 7ème jour pour L4 avec D1, D2 et D3 respectivement (tableau 43) et au 9ème jour pour les L5 (tableau 44). Alors que chez les larves témoins, on a signalé un taux de mortalité qui varie de 0 à 20 %.Ce dernier reste stable jusqu'à la mort des individus traités.

**Tableau 41 :** Taux de mortalité corrigée chez les larves de 2ème stade L2 de criquet marocain traitées par Triflumuron.

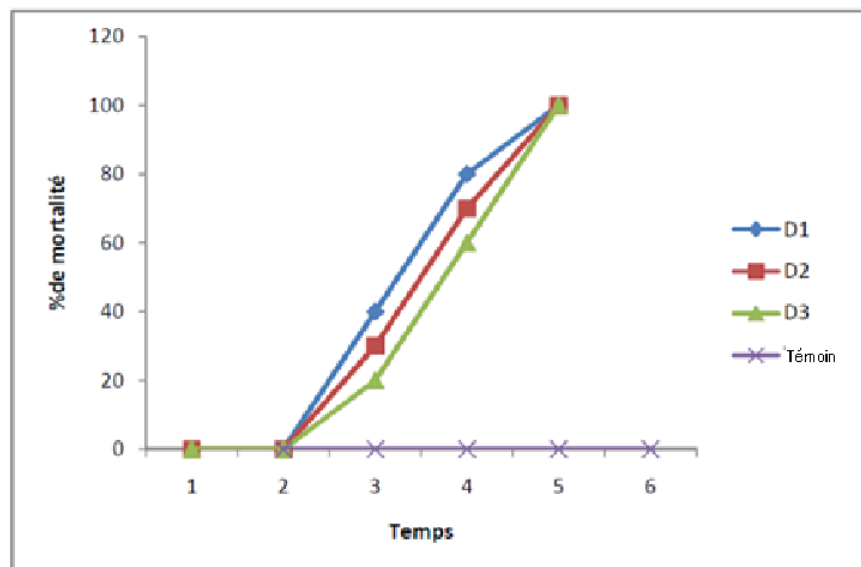
Temps	Témoin	Triflumuron		
		D1 (0,34 mol/l)	D2 (0,11 mol/l)	D3 (0,06mol/l)
J1	0	0	0	0
J2	0	0	0	0
J3	0	60	50	40
J4	0	100	100	100



**Fig. 117 :** Variation des taux de mortalité chez les larves de 2<sup>ème</sup> stade de *D.maroccanus* traitées par le Triflumuron.

**Tableau 42 :** Taux de mortalité corrigée chez les larves de 3<sup>ème</sup> stade L3 de criquet marroccain traitées par Triflumuron.

Temps	Témoin	Triflumuron		
		D1 (0,34 mol/l)	D2 (0,11 mol/l)	D3 (0,06mol/l)
J1	0	0	0	0
J2	0	0	0	0
J3	0	40	30	20
J4	0	80	70	60
J5	0	100	100	100

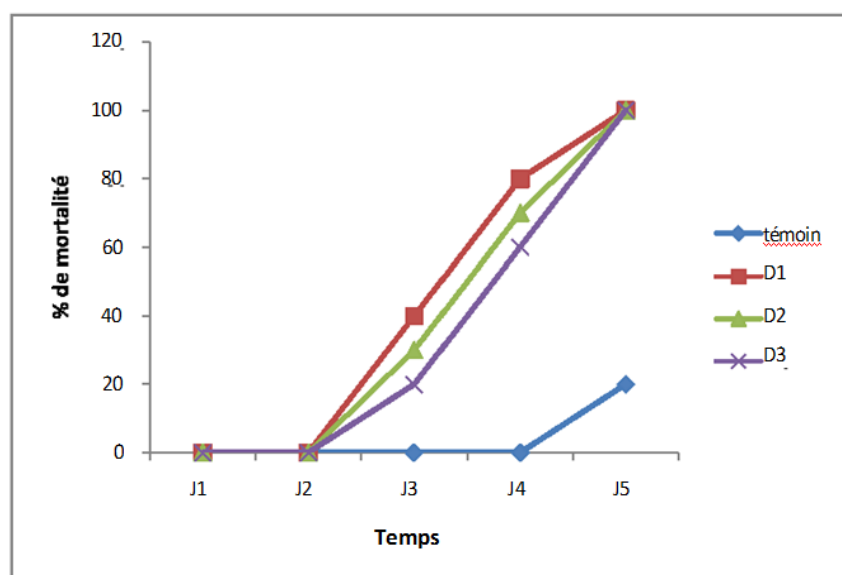


**Figure.118:** Variation des taux de mortalité chez les larves de 3<sup>ème</sup> stade de *D. maroccanus* traitées par le Triflumuron.



**Tableau 43:** Taux de mortalité corrigée chez les larves de 4<sup>ème</sup> stade L4 de criquet marocain traitées par Triflumuron.

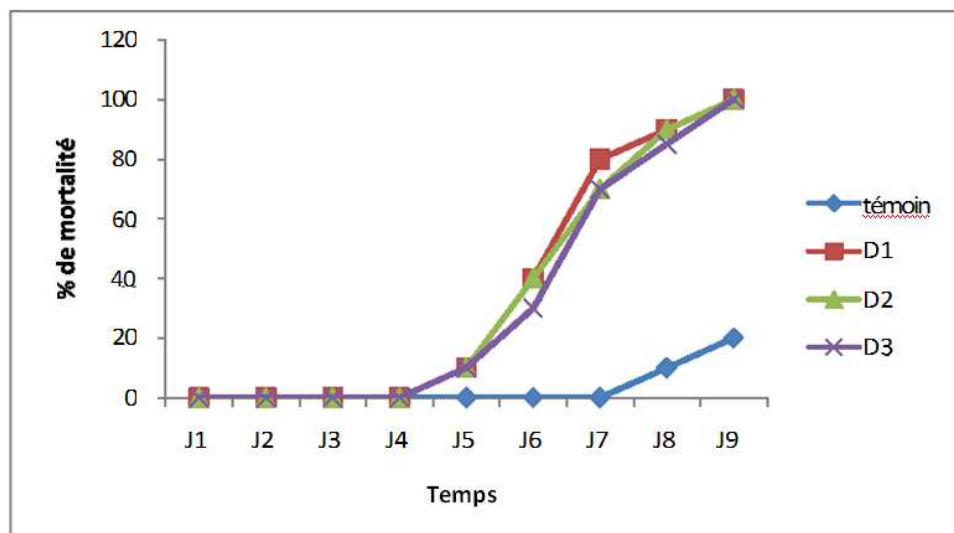
Temps	Témoin	Triflumuron		
		D1 (0,34 mol/l)	D2 (0,11 mol/l)	D3 (0,06mol/l)
J1	0	0	0	0
J2	0	0	0	0
J3	0	20	10	0
J4	0	60	70	65
J5	20	80	80	70
J6	20	90	85	70
J7	20	100	100	100



**Figure 119 :** Variation des taux de mortalité chez les larves de 4<sup>ème</sup> stade de *D. maroccanus* traitées par le Triflumuron.

**Tableau 44:** Taux de mortalité corrigée chez les larves de 5<sup>ème</sup> stade L5 de criquet marocain traitées par Triflumuron.

Temps	Témoin	Triflumuron		
		D1 (0,34 mol/l)	D2 (0,11 mol/l)	D3 (0,06mol/l)
J1	0	0	0	0
J2	0	0	0	0
J3	0	0	0	0
J4	0	0	0	0
J5	0	10	10	10
J6	0	40	40	30
J7	0	80	70	70
J8	10	90	90	85
J9	20	100	100	100



**Figure. 120:** Variation des taux de mortalité chez les larves de 5<sup>ème</sup> stade de *D. marrocanus* traitées par le Triflumuron

Pour évaluer l'efficacité de Triflumuron, on a fait appel à une analyse de la variance à trois critères de classification (tableau 45).

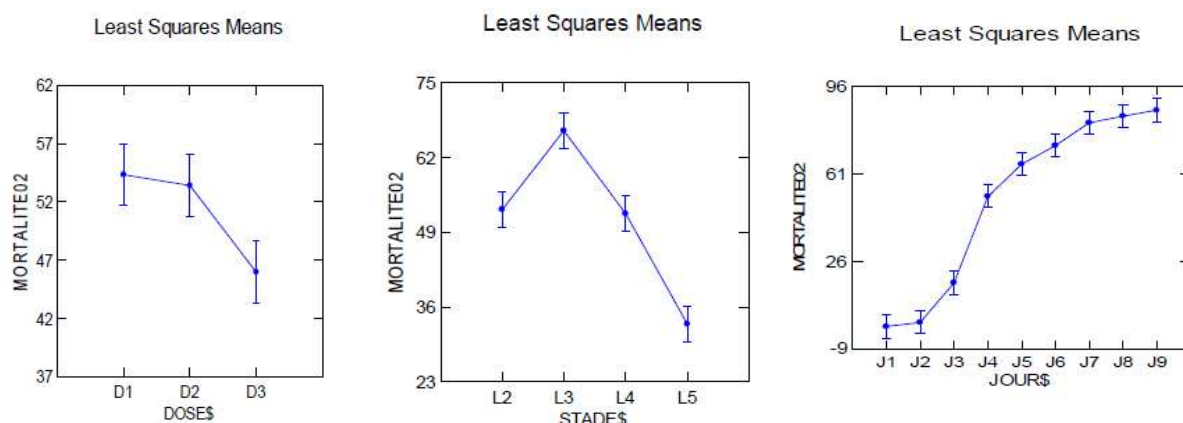
- > Facteur 1: est le facteur dose avec 4 niveaux: (3 doses de traitement et le témoin).
- > Facteur 2 : est le facteur temps avec 9 niveaux du temps d'observation
- > Facteur 3 : est le facteur stade avec 4 niveaux.

**Tableau 45 :** Analyse de la variance sur l'efficacité de Triflumuron appliqué sur les larves L2, L3, L4 et L5 de *D. marrocanus*.

Source	Sum-of-Squares	Df	Mean-Square	F-ratio	P
<b>DOSES</b>	1507.893	2	753.947	2.979	0.056
<b>JOURS</b>	121421.662	8	15177.708	59.972	0.000
<b>STADES</b>	15471.111	3	5157.037	20.377	0.000
Error	253.080	94	23789.489		

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence hautement significative entre les doses de traitement, les stades d'insectes et les temps d'exposition ( $p < 0,05$ ).

## Test de Scheffe :



Le test Scheffe a montré que les fortes doses ont données une meilleure efficacité comparativement à la faible dose. Aussi, les pourcentages de mortalités augmentent avec le temps et le stade larvaire..

### b- Calcul des TL50 :

Les temps létaux au bout desquels les 50% des individus de criquet marocain meurent sont obtenus à partir des droites de régression (Figures 121 et 122) des logarithmes décimaux des temps (tableaux. 46, 47, 48, 49) en fonction des taux de mortalité corrigés chez les larves L2, L3, L4 et L5 de *D. marrocanus* traitées au Triflumuron.

**Tableau 46 :** Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L2 de *D. marrocanus* traitées au Triflumuron.

Doses		D1 (0,34 mol/l)		D2 (0,11 mol/l)		D3 (0,06 mol/l)	
Temps	Log temps	MC %	Probits	MC %	Probits	MC %	Probits
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	0,30	0	0	0	0	0	0
3	0,48	60	5,25	50	5	40	4,75
4	0,60	100	8,9	100	8,9	100	8,9

**Tableau 47 :** Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L3 de *D. marrocanus* traitées au riflumuron.

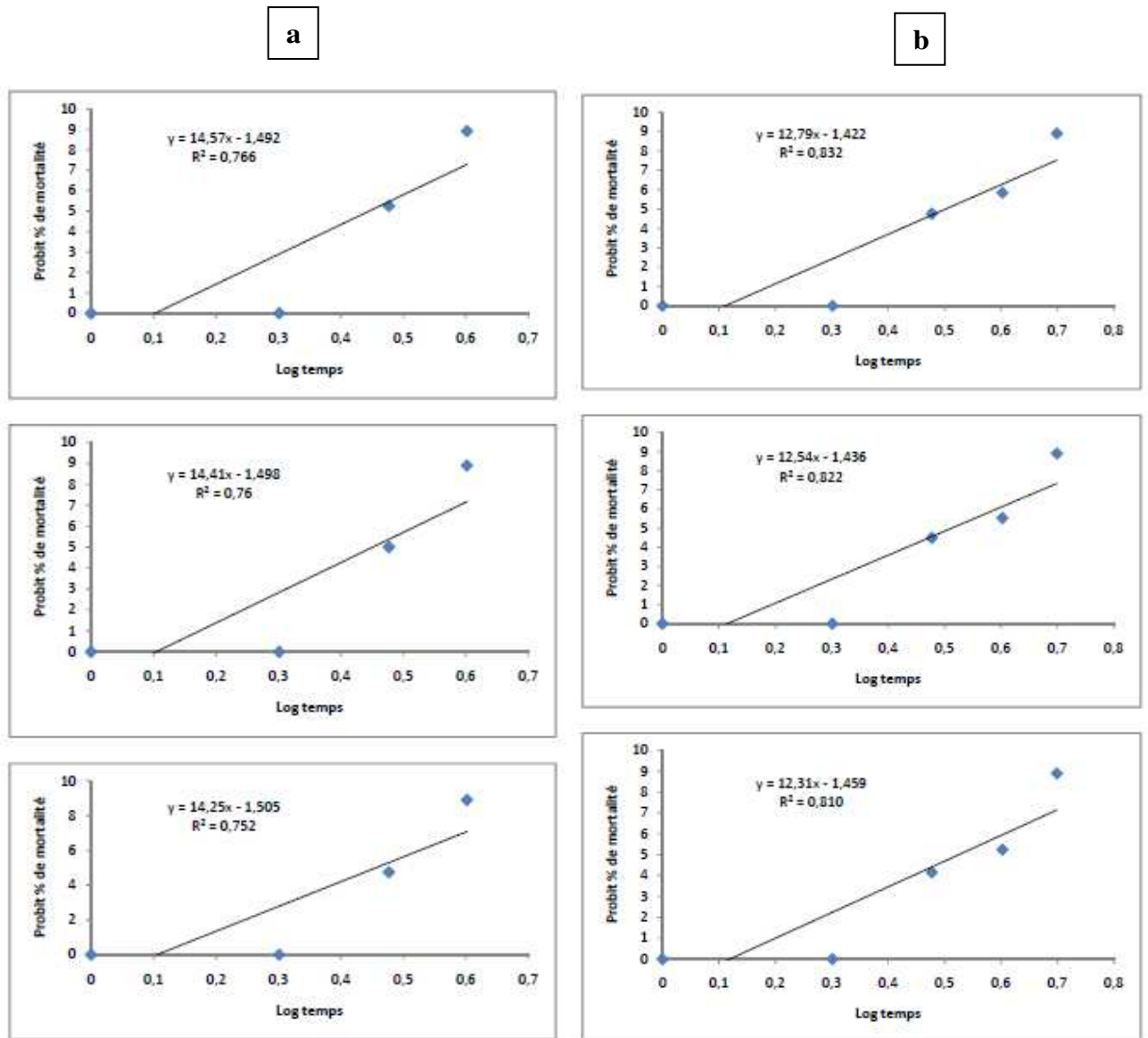
Doses		D1 (0,34 mol/l)		D2 (0,11 mol/l)		D3 (0,06 mol/l)	
Temps	Log temps	MC %	Probits	MC %	Probits	MC %	Probits
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	0,30	0	0	0	0	0	0
3	0,48	40	4,75	30	4,48	20	4,16
4	0,60	80	5,84	70	5,52	60	5,25
5	0,69	100	8,9	100	8,9	100	8,9

**Tableau 48 :** Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L4 de *D. marrocanus* traitées au Triflumuron.

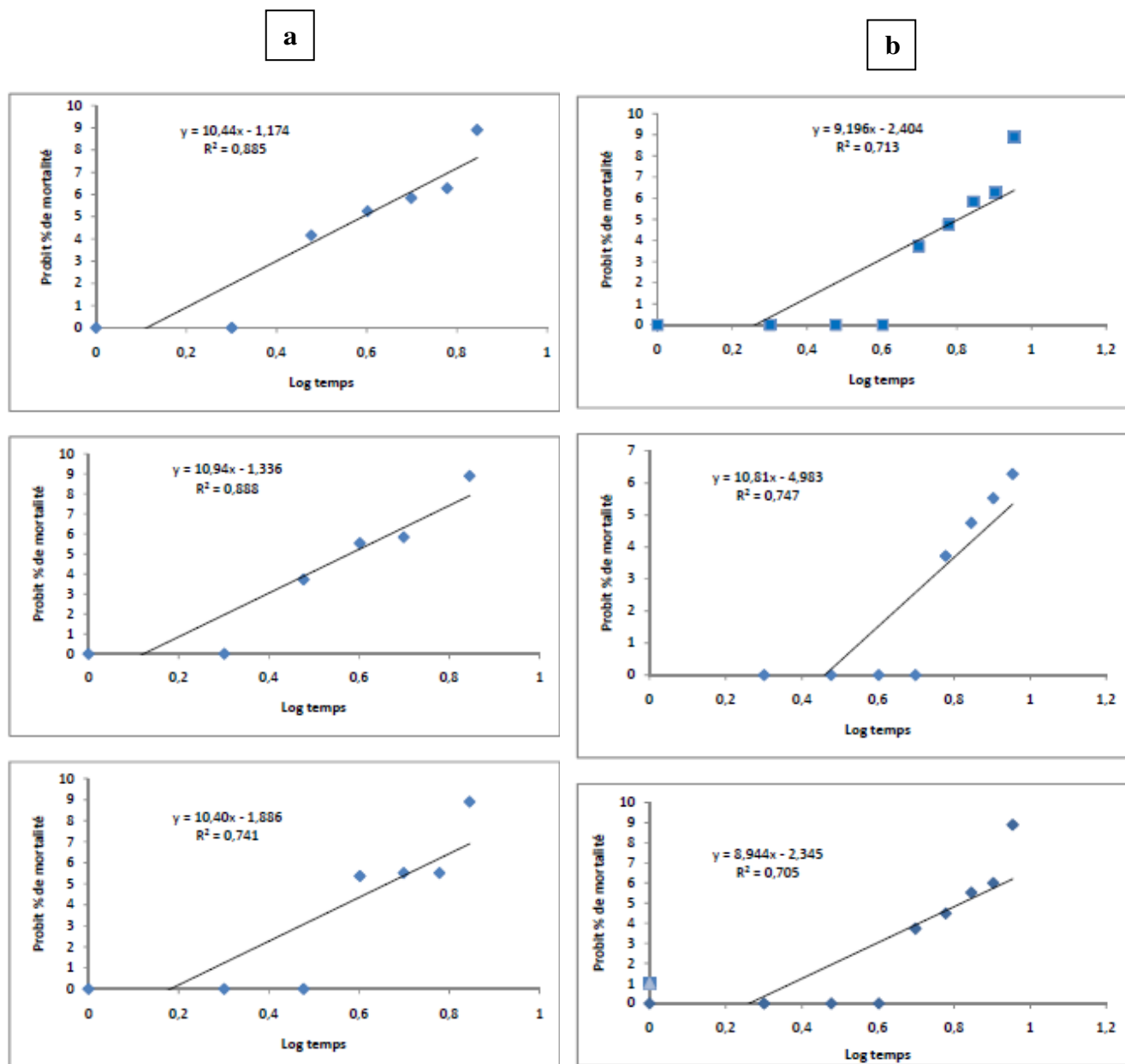
Doses		D1 (0,34 mol/l)		D2 (0,11 mol/l)		D3 (0,06 mol/l)	
Temps	Log temps	MC %	Probits	MC %	Probits	MC %	Probits
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	0,30	0	0	0	0	0	0
3	0,48	20	4,16	10	3,72	0	0
4	0,60	60	5,25	70	5,52	65	5,37
5	0,69	80	5,84	80	5,84	70	5,52
6	0,77	90	6,28	85	6,33	70	5,52
7	0,84	100	8,9	100	8,9	100	8,9

**Tableau 49 :** Probits des pourcentages de mortalité corrigée et les logarithmes décimaux des temps chez les larves L5 de *D. marrocanus* traitées au Triflumuron.

Doses		D1 (0,34 mol/l)		D2 (0,11mol/l)		D3 (0,06 mol/l)	
Temps	Log temps	MC %	Probits	MC %	Probits	MC %	Probits
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	0,30	0	0	0	0	0	0
3	0,48	0	0	0	0	0	0
4	0,60	0	0	0	0	0	0
5	0,69	10	3,72	10	3,72	10	3,72
6	0,77	40	4,75	40	4,75	30	4,48
7	0,84	80	5,84	70	5,52	70	5,52
8	0,90	90	6,28	90	6,28	85	6
9	0,95	100	8,9	100	8,9	100	8,9



**Figure 121-** Droites de régression exprimant le taux de mortalité des larves de 2<sup>ème</sup> (a) et 3<sup>ème</sup> stade (b) de *D.marrocanus* traitées au Triflumuron en fonction du temps



**Figure 122-** Droites de régression exprimant le taux de mortalité des larves de 4<sup>ème</sup> (a) et 5<sup>ème</sup> stade (b) de *D.marrocanus* traitées au Triflumuron en fonction du temps

A partir des droites de régressions mentionnées sur les figures (121 & 122) on a pu calculer les temps létaux 50 (tableau 50).

**Tableau 50 :** Les valeurs des TL50 pour les larves L2, L3, L4 et L5 de *D. marrocanus* traitées au Triflumuron.

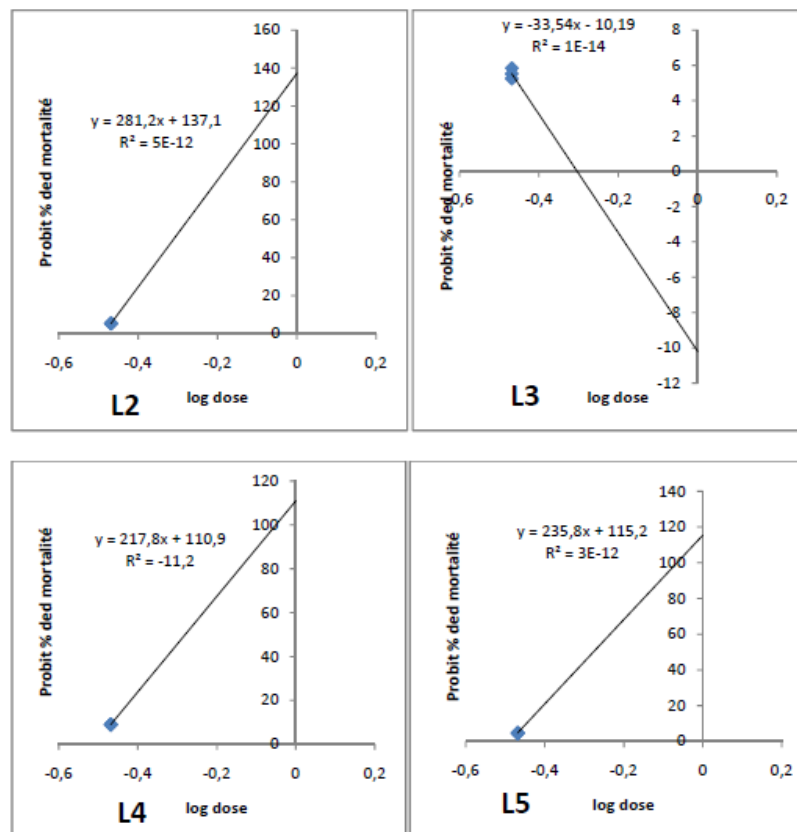
Stades	D1 (0,34 mol/l)	D2 (0,11 mol/l)	D3 (0,06 mol/l)
L2	2,79 j	2,82 j	2,86 j
L3	3,18 j	3,26 j	3,34 j
L4	3,85 j	3,79 j	4,6 j
L5	6,38 j	6,38 j	6,62 j

Le tracé de la droite de régression exprimant les probits des pourcentages de mortalité en fonction des logarithmes décimaux des doses (Figure 124) montre qu'il existe une liaison étroite entre les différentes doses, les stades larvaires et les taux de mortalité. Ce qui est approuvé par le coefficient de corrélation compris entre 0 et 1 ( $0 < R < 1$ ) donc la corrélation est dite positive, les taux de mortalité et les doses varient dans le même sens.

Le calcul des TL50 (temps létaux occasionnant 50% de mortalité) de Triflumuron testé par rapport aux doses nous renseigne sur l'importance de l'effet du triflumuron dans le temps, provoqué par une variation de dose. Les valeurs des TL50 relative à chaque dose sont tirées directement à partir des équations de régressions. Les temps létaux calculés, varient d'une dose à une autre. Les temps les plus élevés : 6,62 j sont obtenus chez les L5 en appliquant la plus faible dose D3, alors que les temps les plus courts sont enregistrés chez les L2 pour le plus forte dose D1: 2,79 j.

### c. Calcul des DL50

Les doses létales au bout desquelles 50% des individus de criquet marocain meurent sont obtenues à partir des droites de régression (Figures.121, 122) des logarithmes décimaux des doses (tableau 46, 47, 48, 49) en fonction des taux de mortalité corrigés chez les larves L2, L3, L4 et L5 de *D.marrocanus* traitées par Triflumuron.



**Fig. 123** - Droites de régression expriment le taux de mortalité chez les L2, L3, L4 et L5 de *D.marrocanus* traitées au Triflumuron en fonction doses

A partir des droites de régressions mentionnées sur les figures (123) on a pu calculer la DL50 (tableau 51).

**Tableau 51 :** Les valeurs des DL50 pour les larves L2, L3, L4 et L5 de *D. maroccanus* traitées au Triflumuron.

STADES	DL50 (mol/l)
L2	0,29
L3	0,30
L4	0,33
L5	0,37

Nous avons remarqué que les valeurs des DL50 varient en fonction des stades larvaires. La DL50 la plus élevée est enregistrée chez les L5 (0,37mol/l) alors que la plus faible est notée chez les L2 (0,29mol/l).

#### **Symptomatologie d'infection par *M. anisopliae* et le Triflumuron:**

Après le traitement par *M. anisopliae*, nous avons constaté que les larves perdent l'appétit et deviennent moins actives. Juste après la mort les larves prennent la coloration rougeâtre. En présence d'humidité le corps de l'insecte sera recouvert d'un duvet verdâtre (Fig. 124 a).

Concernant les larves traitées par Triflumuron : On note une déformation de corps de l'insecte au moment de la mue (Fig. 124 b).



**Fig. 124 :** Symptômes d'infection des larves de *D. maroccanus* par le *M. anisopliae* (a) et le Triflumuron (b).



### V.5.3 - Effet de *M. anisopliae* et de Triflumuron sur l'hémogramme de *D. maroccanus*

Après l'examen des frottis sanguins réalisés à partir d'un volume de 5µl d'hémolymphe, on a pu déterminer deux types de cellules sanguines de taille et de forme variable qui sont :

- Prohémocytes : ce sont des cellules de petite taille avec un noyau plus au moins volumineux.
- Plasmatoctes ou phagocytes : ce sont des cellules de forme fusiforme, pourvues d'un noyau circulaire dans un cytoplasme contenant quelques granulations.

Le frottis sanguin a été réalisé le 4<sup>ème</sup> jour après traitement des individus de criquet marocain par le *M. anisopliae* et le Triflumuron avec les 3 concentrations comparativement au témoin. Les résultats de cette étude sont mentionnés dans les tableaux 52, 53, 54 respectivement pour le nombre total d'hémocytes, le nombre et le taux des plasmatoctes, ainsi le nombre et le taux des prohémocytes chez les individus témoins et traités.

Le tableau 52 a montré que le nombre total des hémocytes a été influencé par le traitement. Nous avons enregistré chez le témoin un nombre de 207,5 ce dernier a été réduit à 49, 100 et 139,5 chez les traitées par Triflumuron respectivement en appliquant la D1, D2 et D3. De même, pour le *M. anisopliae* ce nombre abaissé jusqu'à 38,5, 58 et 115 respectivement avec la D1, D2 et D3.

Concernant les plasmatoctes, nous avons constaté que le nombre chez les témoins est de 46,5. Chez les larves traitées avec le Triflumuron le nombre est de 25, 34 et 36,5 respectivement avec la D1, D2 et D3. Avec le *M. anisopliae* il est de 27, 28,5 et 31,5 respectivement en appliquant la dose D1, D2 et D3 (tableau 53).

Pour les prohémocytes, nous avons constaté que le nombre total moyen chez les témoins est de 160. Chez les individus traités par Triflumuron il est de 24 (D1), 56,5 (D2) et 102,5 (D3). Il est égal à 11,5 (D1), 28,5 (D2) et 84 (D3) chez les traitées par le *M. anisopliae*, (Tableau 54).

Ces résultats nous ont permis aussi de constater que la forte baisse des cellules sanguines est généralement obtenue chez les individus traités au *M. anisopliae* comparativement à ceux traités au Triflumuron.

**Tableau 52 :** Nombre total d'hémocytes chez le criquet marocain.

Répétition	Témoins	Triflumuron			<i>M. anisoplaie</i>		
		D1	D2	D3	D1	D2	D3
R1	195	43	105	143	37	56	120
R2	220	55	95	136	40	60	110
M±S	207,5±67,51	49±34,72	100±29,75	139,5±40,26	38,5±27,99	58±22,83	115±3,53

**Tableau 53 :** Nombre et le taux des plasmatocytes chez le criquet marocain.

R	Témoin		Triflumuron						<i>M. anisoplaie</i>					
			D1		D2		D3		D1		D2		D3	
	N	Taux	N	Taux	N	Taux	N	Taux	N	taux	N	Taux	N	Taux
R1	45	23,07	23	53,48	33	31,42	41	28,67	29	78,37	25	44,64	31	25,83
R2	48	21,18	27	49,09	35	36,84	32	23,52	25	62,5	32	53,33	32	29,09
M±	46,5±	22,13	25±	51,29	34±	34,13	36,5±	26,1±	27±	70,44±	28,5±	48,99	31,5±	27,46
S	2,12	±1,34	2,83	±3,1	1,41	±3,83	6,36	3,64	2,83	11,22	4,95	±6,14	0,71	±2,31

**Tableau 54 :** Nombre et taux des préhémocytes chez le criquet marocain.

R	Temoins		Triflumuron						<i>Metarhizhuim anisopliae</i>					
			D1		D2		D3		D1		D2		D3	
	N	Taux	N	Taux	N	taux	N	taux	N	Taux	N	Taux	N	taux
R2	148	93,08	20	46,51	60	57,14	110	76,92	8	21,62	31	55,35	89	74,16
R1	172	78,18	28	50,9	53	55,78	95	69,85	15	37,5	28	46,7	78	70,9
M	160	85,63	24±	48,71	56,5±	56,46	102,5	73,39	11,5	29,56	28,5±	52±	84±	72,53
± S	± 52	±27,4	27	±23,4	24,11	±25,2	±34,2	±25,2	±28	±22,7	23,44	15	6,3	±1,33

N : nombre, R: répétition, M : moyenne, S : Ecart type

## V.6 – Etude de quelques paramètres biologiques du criquet marocain en phase grégaire :

### V.6.1 – Le sex-ratio chez le criquet marocain :

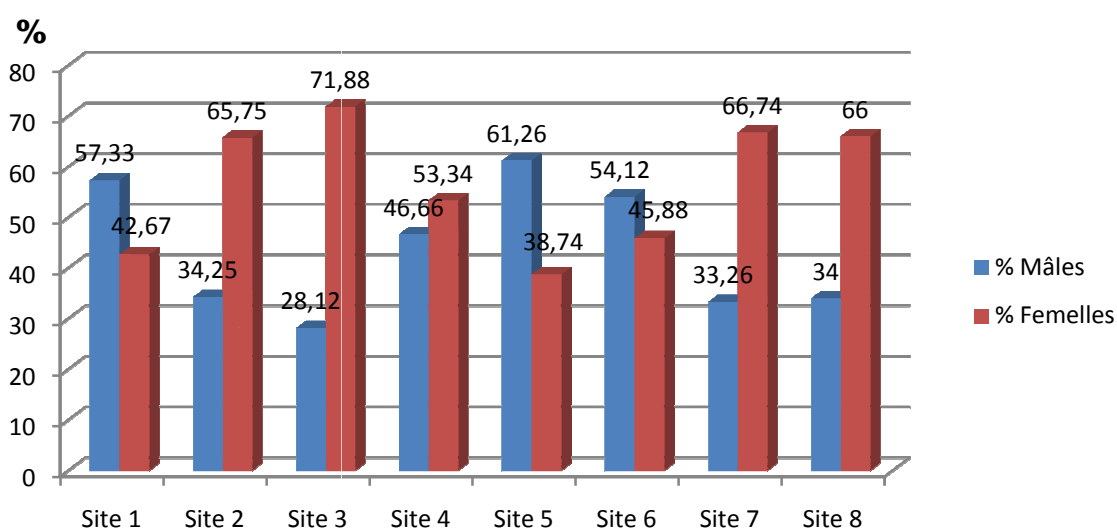
D'après le tableau 55, et la figure 129, sur le sex-ratio de *D. maroccanus*, nous avons constaté que le pourcentage des femelles est plus élevé par rapport aux mâles chez le criquet marocain dans sa phase grégaire, dans les huit sites étudiés atteignant respectivement 56% et 44%.

Sur l'ensemble des sites, nous avons remarqué uniquement trois sites (1, 5 et 6), où le pourcentage des mâles est légèrement supérieur par rapport au pourcentage des femelles qui est respectivement : 57% mâles et 43% femelles, 61% mâles et 39% femelles et 54% mâles devant 46% femelles.

Au niveau des sites 2, 3, 7 et 8, la différence est très nette, le pourcentage des femelles dépasse largement le pourcentage des mâles notamment au niveau de 3<sup>ème</sup> site où nous avons trouvé 28% de mâles contre 72% de femelles.

**Tableau 55** : Pourcentage des mâles par rapport aux femelles d'une population grégaire de *Dociostaurus maroccanus* :

N° site	% Mâles	% Femelles
1	57,33	42,67
2	34,25	65,75
3	28,12	71,88
4	46,66	53,34
5	61,26	38,74
6	54,12	45,88
7	33,26	66,74
8	34	66
<b>Moyenne</b>	<b>43,625</b>	<b>56,375</b>



**Fig. 125** : Sex-ratio chez criquet marocain

#### V.6.1.1 – Analyse statistique : (SYSTAT version 7.0)

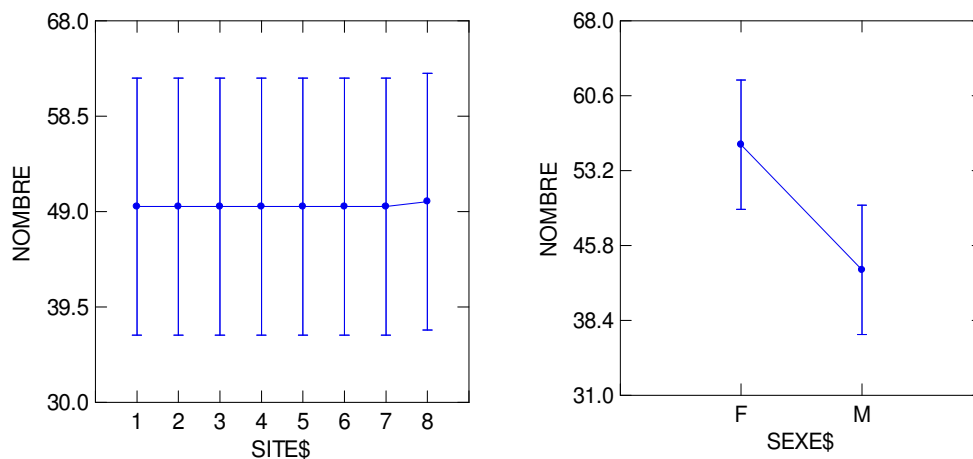
L'analyse de la variance selon le model GLM (tableau 56) appliqué aux pourcentages des mâles et des femelles d'une population grégaire de *D maroccanus* dans les différents sites d'étude, a montré que malgré la différence entre le taux des mâles et par rapport aux femelles

qui apparaît dans le tableau 55, cette différence est non significative entre les deux sexes, car le  $p=0.214$ , il est  $> 0.05$ . Également l'analyse a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les 8 sites d'étude.

**Tableau 56 :** Pourcentages des mâles et des femelles d'une population grégaire de *D.maroccanus* dans les différents sites d'étude :

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
SITE	0.438	7	0.063	0.000	1.000
SEXE	612.562	1	612.562	1.872	0.214
Error	2290.938	7	327.277		

Les résultats représentés dans la figure (130) montrent que le sex-ratio du criquet marocain est presque similaire au niveau des 8 sites d'échantillonnage. Alors que le pourcentage des mâles par rapport aux femelles varie sensiblement en fonction des sexes.



**Figure 126 :** Sex-ratio chez criquet marocain aux niveaux des sites d'études

### V.6.2 – Densité des oothèques de criquet marocain en phase grégaire :

D'après le tableau 57 de densité des oothèques chez le criquet marocain, nous avons constaté que la densité moyenne des trois stations est égale à 71,33 oothèques par m<sup>2</sup>. Elle est presque la même pour les trois stations choisies : 70,8 ; 73,9 et 69,33 oothèques par m<sup>2</sup>.

Nous avons observé au niveau des champs de pontes, les femelles sont regroupées, car elles préfèrent les sites ouverts et chauds dans les plaines ou les avant-monts avec une végétation d'éphémérophytes et un sol très compact. Elles sont extrêmement exigeantes dans sa recherche d'un pondoir (Fig. 131). On a observé également plusieurs mâles qui chevauchent une femelle entrain de pondre, (fig.127)

Une fois trouvé le site de ponte convenable, les femelles se mettent à sonder la couche superficielle du sol en testant ses qualités physiques et chimiques. Souvent, la ponte est précédée par de nombreux forages comme l'attestent les trous vides dans le sol.

**Tableau 57** : Densité des oothèques de *D. maroccanus*

N <sup>2</sup> de carré	Station 1 Nbr oothèques/m <sup>2</sup>	Station 2 Nbr oothèques/m <sup>2</sup>	Station 3 Nbr oothèques/m <sup>2</sup>
1	76	47	98
2	96	102	66
3	33	75	72
4	107	38	46
5	62	85	88
6	46	91	72
7	85	74	69
8	57	65	57
9	78	85	49
10	68	77	76
<b>Moyenne/station</b>	<b>70,8</b>	<b>73,9</b>	<b>69,3</b>
<b>Densité</b>	<b>71,33</b>		



*Original*

**Fig. 127** : Champ de ponte des femelles de criquet marocain



*Original*

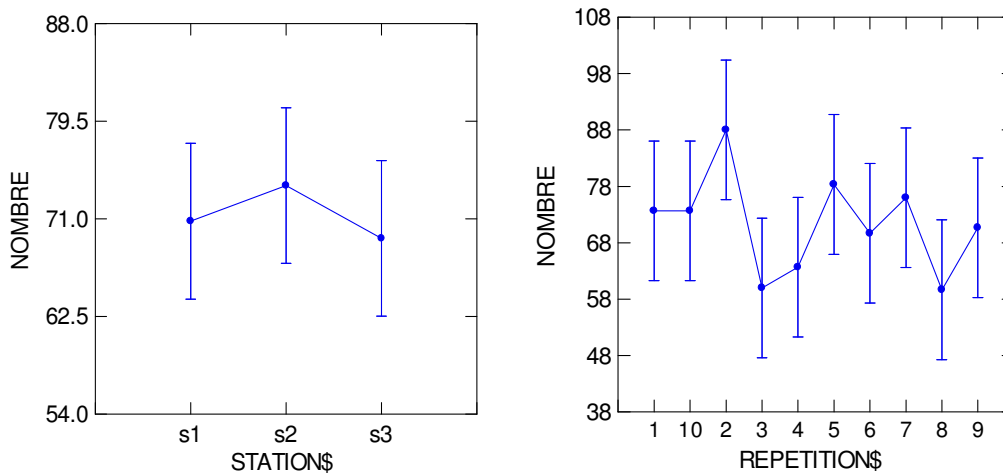
**Fig. 128** : Plusieurs mâles qui chevauchent une femelle

### V.6.1.2 – Analyse statistique : (SYSTAT version 7.0)

D'après le tableau 58 de la variance selon le model GLM et la figure 129, relatifs à la densité des oothèques de criquet marocain dans la région de Marhoum, nous avons constaté qu'il n'y a pas de différence significative entre le nombre d'oothèques sur les 10 sites échantillonnés ( $P = 0.888$ ) et même à l'intérieur de chaque site ( $P = 0.857$ ).

**Tableau 58** : Analyse de la variance des densités des oothèques de *D. maroccanus* dans les stations d'étude

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
REPETITION	2058.000	9	228.667	0.498	0.857
STATION	110.067	2	55.033	0.120	0.888
Error	8268.600	18	459.367		



**Fig. 129** : Comparaison des densités des oothèques de *D. maroccanus*

### V.6.3 – Nombre d'œuf par oothèque :

D'après le tableau n°59, nous avons trouvé que le nombre moyen d'œufs par oothèque est égale à 30,2. Il est de 29,2 pour le 1<sup>er</sup> site, 30,2 au niveau de 2<sup>ème</sup> site et 30,5 pour le 3<sup>ème</sup> site. Dans les trois sites échantillonnés, il y a presque le même nombre d'oothèque. Il varie du 29,2 pour le 1<sup>er</sup> site à 30,9 œuf / oothèque.

Nous avons observé d'après le même tableau qu'au niveau de 1<sup>er</sup> site le nombre varie entre 16 et 34 œufs par oothèque et varie entre 28 à 33 pour le site 2 alors que pour le 3<sup>ème</sup> site, le nombre varie entre 27 et 34 œufs par oothèque.

**Tableau 59** : Analyse de la variance de nombre d'œufs par oothèque au niveau les trois sites de la région de Marhoum

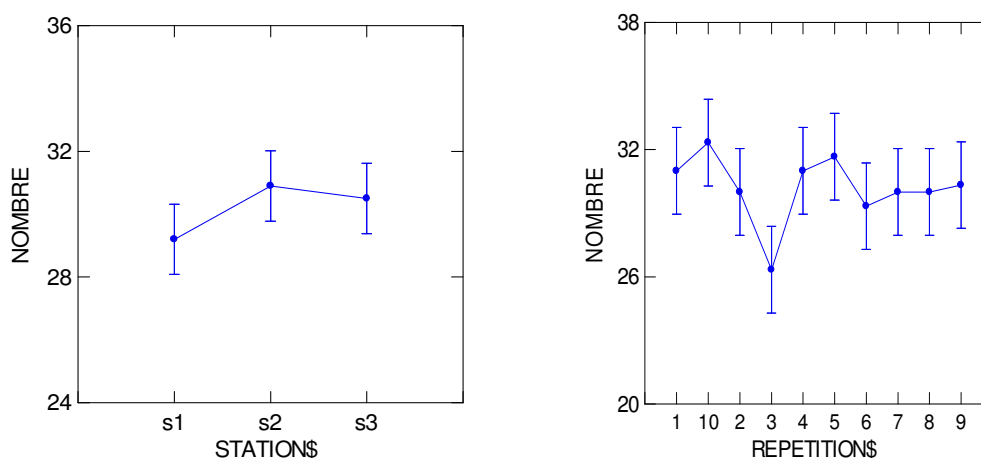
Site1		Stie2		Site3	
R	Nbr	R	Nbr	R	Nbr
1	28	1	32	1	33
2	31	2	30	2	29
3	16	3	33	3	30
4	34	4	28	4	31
5	32	5	30	5	33
6	32	6	29	6	27
7	30	7	32	7	28
8	28	8	32	8	30
9	31	9	30	9	30
10	30	10	33	10	34
<b>Moyenne</b>	<b>29,2</b>	<b>Moyenne</b>	<b>30,9</b>	<b>Moyenne</b>	<b>30,5</b>
<b>Moyenne générale</b>	<b>30,2</b>				

**V.6.3.2 – Analyse statistique :** (SYSTAT version 7.0)

Le tableau 60 de l'analyse de la variance entre le nombre d'œufs par oothèque au niveau des trois sites de la région de Marhoum, et la figure 130, ont montré que le nombre d'œufs dans chaque oothèque est presque le même et la différence est non significative soit entre les trois sites d'étude ou au sein de chaque oothèque.

**Tableau 60** : Analyse de la variance de nombre d'œuf par oothèque au niveau les trois sites de la région de Marhoum

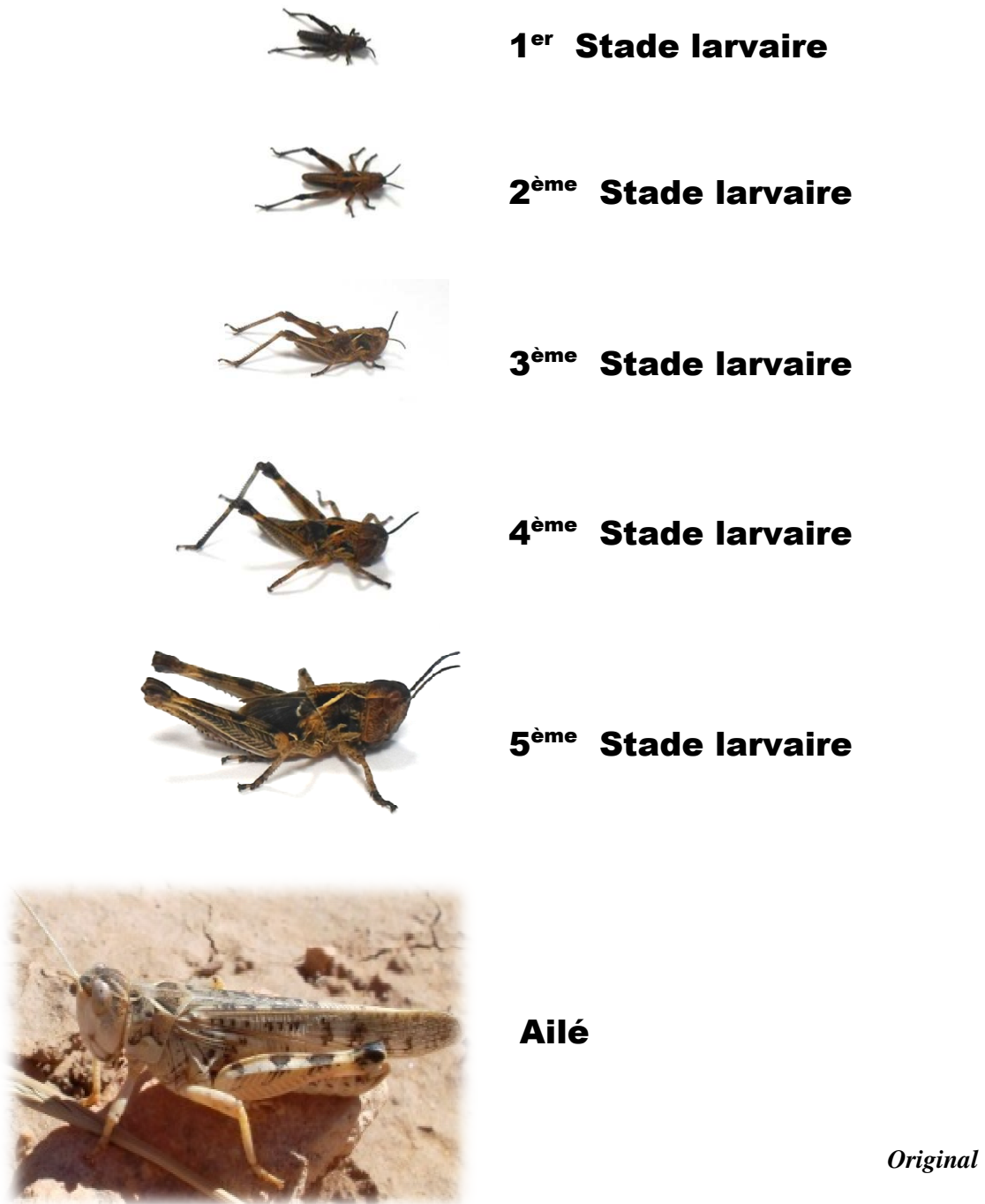
Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
REPETITION	71.467	9	7.941	0.634	0.754
STATION	15.800	2	7.900	0.631	0.544
Error	225.533	18	12.530		



**Fig. 130** : Comparaison de nombre d'œuf par oothèque au niveau les trois sites de la région de Marhoum

#### V.6.4 – Durée de développement larvaire de criquet marocain :

Cette étude est basée sur des observations des larves depuis l'apparition des 1<sup>ers</sup> stades jusqu'à la mue imaginale et la sortie des ailés (fig. 131). Il est difficile de suivre avec précision le développement larvaire sur le terrain vue la mobilité des bandes larvaires et leurs déplacement dans la journée. Nos résultats restent des estimations approximatives.



1 cm

**Fig. 131** : Les stades biologiques du *Dociostaurus maroccanus*



D'après les tableaux 61 et 62 des fréquences centésimales des larves de *D. maroccanus* en fonction du temps et les figures 132 et 133, qui représentent le taux d'évolution des larvaires de *D. maroccanus* en fonction du temps dans les deux stations d'étude, nous avons pu calculer la durée du développement du criquet marocain dans la région d'étude, qui varie entre 32 jours et 34 jours, depuis le 1<sup>er</sup> stade larvaire jusqu'à la mue imaginale.

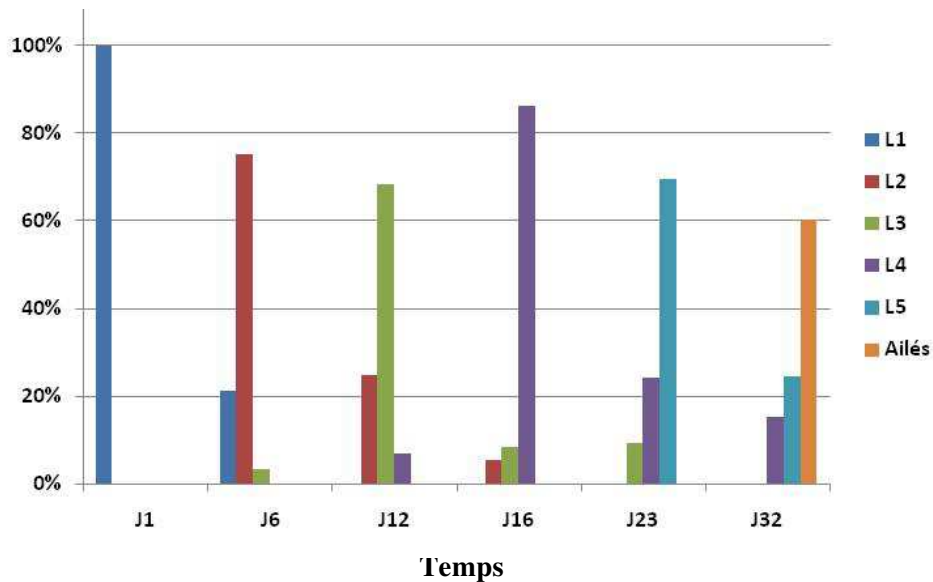
Pour la première station située au versant Est, la durée du développement des larves est respectivement pour L1, L2, L3, L4 et L5 est égale à 5 jours, 6 jours, 4 jours et 7 jours et 9 jours pour les L5 (Fig. 132), alors que pour la durée du développement larvaire pour la 2<sup>ème</sup> station nous avons enregistré un décalage de deux jours par rapport à la première station, vu qu'elle est située versant Ouest où on a remarqué qu'il y a une différence de température de 1 à 2°C. Pour les L1 leur développement a duré 5 jours, 07 jours pour les L2 et 07 jours pour les L3, L4 et L5 (Fig. 133)

**Tableau 61** : Fréquences centésimales des larves de *D. maroccanus* en fonction du temps dans la station n°1 de Marhoum (34 28 09 N 00 17 10 W)

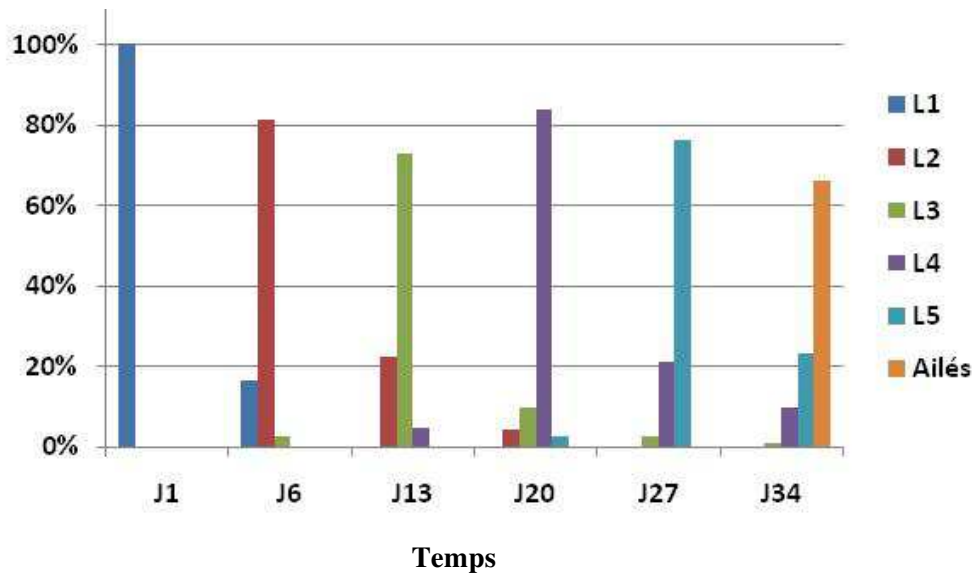
Temps	L1	L2	L3	L4	L5	Ailés
<b>J1</b>	100%	0	0	0	0	0
<b>J6</b>	21.25%	78.74%	0	0	0	0
<b>J12</b>	0	24.66%	68.33%	7.01%	0	0
<b>J16</b>	0	5.26%	8.27%	86.33%	0	0
<b>J23</b>	0	0	3,23%	22,35%	74.41%	0
<b>J32</b>	0	0	0	10.24%	24.33%	65.42%

**Tableau 62** : Fréquences centésimales des larves de *D. maroccanus* en fonction du temps dans la station n°2 de Marhoum (34 27 21 N 00 18 53 W)

Temps	L1	L2	L3	L4	L5	Ailés
<b>J1</b>	100%	0	0	0	0	0
<b>J6</b>	16.33%	83,67%	2.31%	0	0	0
<b>J13</b>	0	22.31%	73.01%	4.66%	0	0
<b>J20</b>	0	4.49%	9.32%	86.18%	0	0
<b>J27</b>	0	0	2.64%	21.12%	76.22%	0
<b>J34</b>	0	0	0	9.58%	23.33%	67,09%

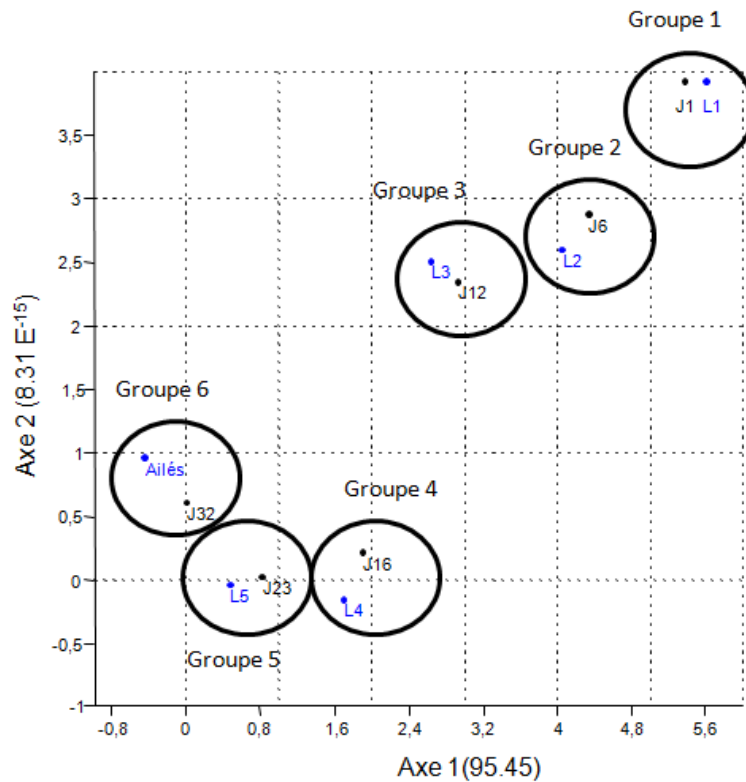


**Fig. 132 :** Duré du développement larvaire de *D. maroccanus* dans la station n°1 de Marhoum (34 28 09 N 00 17 10 W)



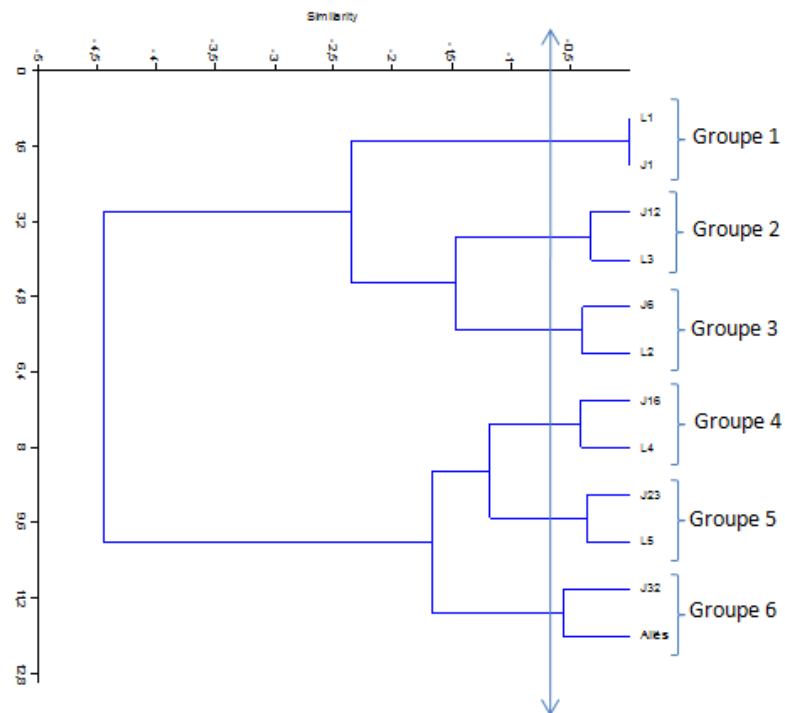
**Fig. 133 :** Duré du développement larvaire de *D. maroccanus* dans la station n°2 de Marhoum (34 27 21 N 00 18 53 W)

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) de la densité larvaire en fonction du temps dans la station n°1 de Marhoum (Fig.134), montre une organisation plus ou moins structurée en fonction de ces deux facteurs (les densités de chaque stade larvaire et le temps). Elle fait ressortir six groupes homogènes. Le premier groupe représente les larves du 1<sup>er</sup> stade qui ont apparu le 1<sup>er</sup> jour, le 2<sup>ème</sup> groupe les L2 au j6, le 3<sup>ème</sup> groupe les L3 dans le j12, le 4<sup>ème</sup> groupe les L4 au j16, le 5<sup>ème</sup> groupe les L5 au j23 et enfin le 6<sup>ème</sup> groupe des ailés qui ont apparu le 32<sup>ème</sup> jour.



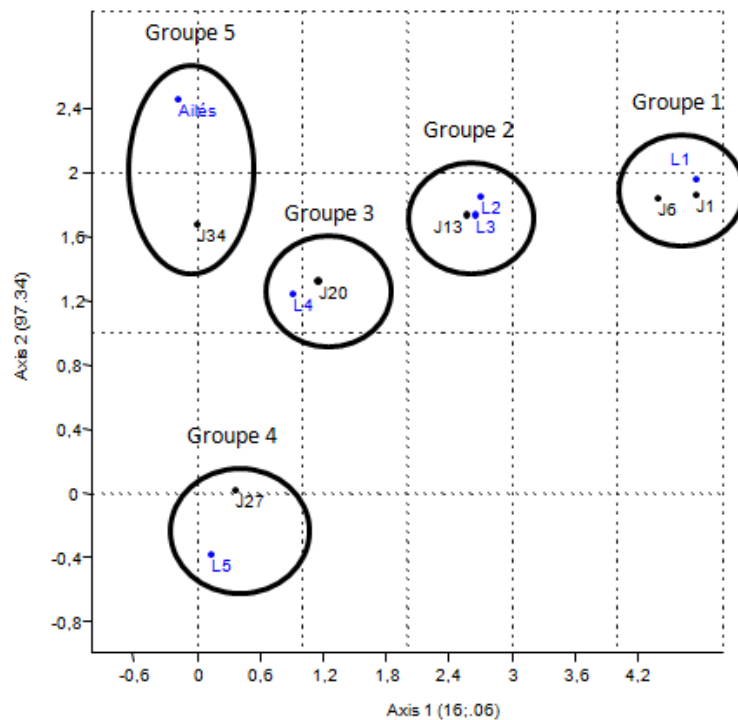
**Fig. 134 :** Analyse de la densité larvaire en fonction du temps par AFC dans la station n°1 de Marhoum (34 28 09 N 00 17 10 W)

La classification ascendante hiérarchique sur les 3 premiers axes de l'AFC et le calcul de Distance Euclidienne sur la base de similarité de (-0.7), ont confirmé la présence de six groupes en fonction de la densité et le temps, (fig. 135).



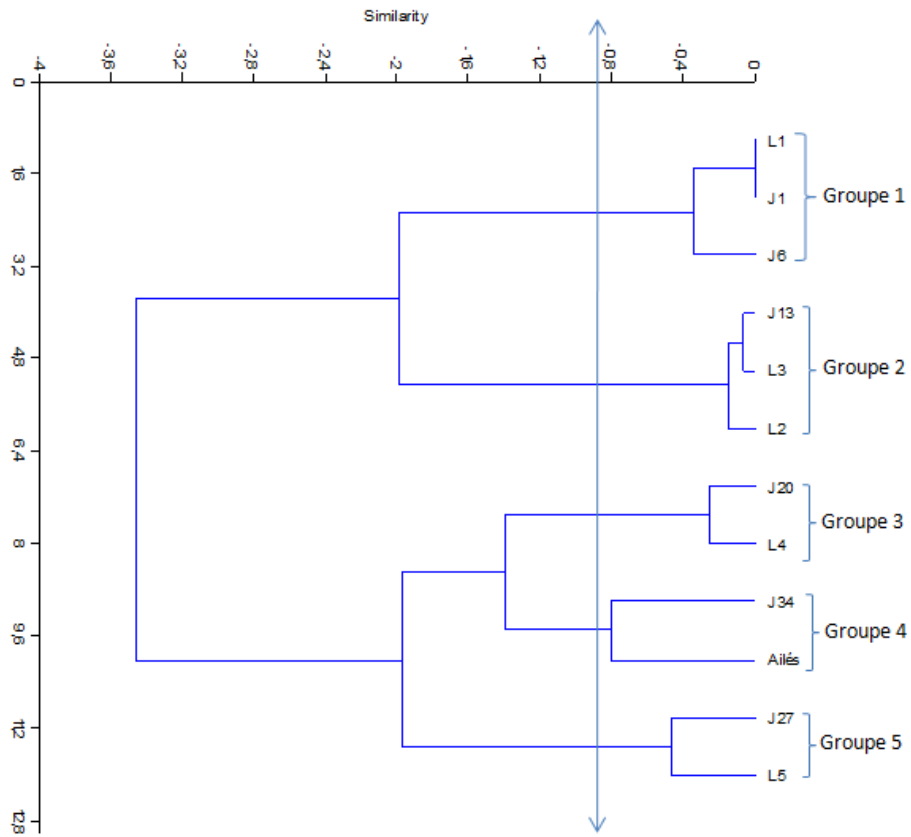
**Fig. 135 :** Classification ascendante hiérarchique sur les 3 premiers axes de l'AFC  
Les 6 groupes mis en évidence sont matérialisés par des accolades.

Pour le deuxième site de Marhoum (34 27 21 N 00 18 53 W), et d'après l'analyse factorielle des correspondances (AFC) de la densité larvaire en fonction du temps (fig. 136), nous révèle cinq groupes bien distincts et bien homogènes. Le 1<sup>er</sup> regroupe les larves de 1<sup>er</sup> stade au jour 1, le 2<sup>ème</sup> les L2 et les L3 au jour 13. Alors que le 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> regroupent les larves L4, L5 et les ailés respectivement au jour 20, jour 27 et jour 34 à partir de l'éclosion des œufs de criquet marocain.



**Fig. 136 :** Analyse de la densité larvaire en fonction du temps par AFC dans la station n°2 de Marhoum (34 27 21 N 00 18 53 W)

La classification ascendante hiérarchique sur les 3 premiers axes de l'AFC et le calcul de Distance Euclidienne sur la base de similarité de (-0.9), ont également montré la présence de cinq groupes en fonction de la densité et le temps. (fig. 137)



**Fig. 137 :** Classification ascendante hiérarchique sur les 3 premiers axes de l'AFC  
 Les 5 groupes mis en évidence sont matérialisés par des accolades.

## Chapitre VI : Discussions

### VI.1 - Etude de statut phasaire de *Dociostaurus maroccanus* (Thunb., 1815) (*Orthoptera, Acrididae*) dans son habitat permanent en Algérie

La connaissance de l'état phasaire des populations acridiennes par des indices morphométriques suite aux calculs des rapports moyens E/F et F/C, a été décrite par plusieurs auteurs notamment PASQUIER (1934), (1937), SKAF (1972), BEN HALIMA (1983), LATCHININSKY *et al* (1992) et HASSANI (2013).

D'après les données de PASQUIER (1937) et de ZOLOTAREVSKY (1946), les processus essentiels de la grégarisation sont de nature physiologique et éthologique. Les valeurs morphométriques des rapports moyens des populations de *D maroccanus* de la région de Marhoum (Sidi Bel Abbes), montrent que cette population est à l'état grégaire durant 2010 et 2011, alors qu'elle est devenue transiens degregans en 2012.

Nos résultats ont été justifiés également par le degré d'infestation par les populations de criquet marocain enregistré durant les trois années 2010, 2011 et 2012 et les superficies traitées par les services de la protection des végétaux au niveau de cette région. En effet, les opérations de traitement ont touché une grande superficie en 2010 et 2011 respectivement de 10.179 ha et 7.195 ha qui correspond aux populations grégaires, alors qu'en 2012 la superficie infestée par le criquet marocain a diminué à 390 ha, qui représentent au population transiens degregans.

L'hiver des années d'avant (2009 et 2010) a été particulièrement favorable au développement de *D. maroccanus* ce qui a eu pour conséquence une bonne conservation des œufs tout en limitant le taux de prédation et de parasitisme. Les températures relativement basses, ainsi que la pluviométrie et les chutes de neige dans la région (Info Pers. Et services de la protection des Végétaux de la Direction des Services Agricoles de la Wilaya de Sidi Bel Abbes), ont contribué à la réussite du cycle de développement du criquet marocain et à une multiplication des niveaux de populations de l'insecte.

L'expression du polymorphisme phasaire est surtout liée aux conditions de l'environnement social de l'acridien grégariapte. Le principal facteur déclenchant est la densation (PASQUIER et GERBINOT, 1945). Plus la surface occupée par les solitaires est vaste, plus l'hétérogénéité de l'habitat est importante et plus la densation est intense (Pasquier, 1956). L'accroissement de la densité est du soit à une augmentation du nombre qui est le fait d'une diminution dans la valeur des facteurs limitant la descendance tels que le parasitisme ou d'une pullulation de la forme solitaire sous l'influence de facteurs favorables, soit à une restriction des facteurs habitables (Pasquier, 1937).

Les mesures morphométriques réalisées sur plusieurs populations de criquet marocain capturées dans la même période (juin 2011) au niveau d'aire d'habitat permanent du criquet marocain à l'Ouest (Sidi Bel Abbes, Saïda, Tiaret et Chlef), Centre (Médéa) et à l'Est (Batna)

du pays, ont montré suite aux rapports morphométriques E/F et F/P, que les populations capturées à Sidi Bel Abbès, Saïda et Tiaret ce sont des populations homogènes à l'état grégaire. Les populations de la région de Chlef et de Médéa, capturés dans la même période sont à l'état solitaire. Alors que la population de Batna est à l'état transiens degressifs.

BEN HALIMA (1983), a utilisé le rapport morphométrique E/F afin de caractériser la population de *D.maroccanus* de la Gada Debdou au Maroc, montrant que la population étudiée possède les caractères des solitaires.

Comparativement aux études antérieures réalisées par BENFEKIH (1993) et BOUANANE, (1993) durant les années 1990 au niveau de l'habitat permanent du criquet marocain dans les régions centrale, et de l'est algérien, il s'est avéré que les populations étudiées sont homogènes constituées de solitaires types. Les populations analysées par BENFEKIH 1993, en juin, juillet et août des années 1991 et 1992 à Aïn Boucif montrent globalement des valeurs des indices E/F caractéristiques des solitaires et comprises dans l'intervalle 1,4-1,5 (LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1992). Mais les valeurs des indices F/P indiquent selon les résultats obtenus une tendance vers un état transiens.

CHAOUCH (2009), a montré suite aux valeurs morphométriques des rapports moyens E/F et F/P que l'état phasaire de *D. maroccanus*, de la région de Youb (Wilaya de Saïda) et d'Oued Séfioun (Wilaya de Sidi Bel Abbès), capturés durant les deux périodes de juin et juillet 2002, est grégaire, tandis que la population de la région de Aïn El Hadid (Wilaya de Tiaret) est à l'état transiens degressifs.

## **V.2 - Etude des sensilles olfactives et gustatives de *D. maroccanus* (Thunb., 1815) (*Orthoptera, Acrididae*) à l'état grégaire dans la région de Marhoum (Sidi Bel Abbès)**

Les antennes des insectes jouent un rôle important dans le centre nerveux pour leur orientation, le choix de nourriture et la sélection du site d'oviposition. Il est généralement reconnu que les sensilles sur les antennes de l'insecte ne soient pas aléatoirement distribués (ZACHARUK 1985). Leur modèle peut refléter l'effet de d'interactions dans lesquelles la taille de l'individu, le sexe, les étapes développementales, les habitudes d'alimentation et les habitats ont de considérables significations (CHAPMAN, 1982).

La signification de la présence d'antennes renflées chez certains criquets a été abordée par l'étude du répertoire de sensilles chez 15 espèces de Gomphocerinae (PLOOMI et al., 2003). Les influences du type de régime alimentaire (graminivore ou polyphage) et de la présence d'un renflement apical antennaire ont été testées. Ce renflement a un impact plus fort que le régime alimentaire sur les nombres de sensilles. Les espèces portant des antennes renflées sont globalement pauvres en sensilles olfactives et de contact, mais sont plus riches en mécanorécepteurs, sans doute pour assurer un meilleur contrôle du mouvement des antennes. Le changement du type de régime alimentaire de l'oligophagie vers la polyphagie ne s'accompagne pas d'une augmentation des sensilles olfactives ou de contact. En revanche, le nombre élevé de ces sensilles chez une espèce monophage se nourrissant sur des buissons d'*Ulex* est interprété comme une adaptation à la détection des alcaloïdes (PLOOMI et al., 2003).

Pendant les trois dernières décennies, la communication des insectes à travers les sensilles antennaires a suscité un intérêt substantiel (THOMAS, 1966). Les sensilles sont impliquées dans la reconnaissance de l'hôte ou le choix de microhabitats par le biais de la réception de phéromones (CHAPMAN, 2003 ; PLOOMI *et al.*, 2003 ; GANGWERE *et al.*, 1973). Un certain nombre d'études a été entrepris sur les sensilles d'insectes Coléoptères, *Phyllotetra cruciferae* (DALY et RYAN, 1979 ; GIGLIO *et al.*, 2008 ; JUBERTHIE *et al.*, 1980), et sur *Ciniflo* (HARRIS, 1977).

La densité des sensilles au niveau des segments distaux de l'antenne explique que la palpation est réalisée à ce niveau. Sur le scape, le pédicelle et les trois flagellomères de l'antenne (d'abord du 1<sup>er</sup> au 3<sup>ème</sup>). Les mâles ont sensiblement un nombre plus grand de sensilles par unité de surface que les femelles. En revanche, les femelles ont un plus grand nombre de sensilles par unité de surface que les mâles du quatrième au neuvième flagellomère selon (HASKELL *et al.*, 1969 ; GANGWERE *et al.*, 1973)

### **VI.3 – Régime et préférence alimentaire de *Dociostaurus maroccanus* Thumberg, 1815 (Orthoptera, Acrididae) dans sa phase grégaire : Région de Marhoum, Sidi Bel Abbas.**

L'analyse des fragments d'épiderme contenus dans les fèces a été utilisée par plusieurs auteurs sur divers acridiens sur *Locusta migratoria* à Madagascar par LAUNOIS (1976), sur les orthoptères de dunes littorales (HAMDI, 1992), sur le genre *Calliptamus* (CHARA, 1987 ; TOUATI, 1992 et HASSANI, 2013), et au Maroc par BENHALIMA (1983).

BENHALIMA (1983) et BENFEKIH (1993), ont montré que les adultes solitaires consomment dans les environ de 40% des Poaceae, alors que les larves solitaires du premier stade expriment une véritable tendance à la surconsommation des Poaceae surtout *Poa bulbosa* qui est très appréciée par les larves solitaires notamment L1 et L2 (environ 60%). Les mêmes auteurs, ont signalé qu'au fur et à mesure que les adultes solitaires du criquet marocain évoluent dans leur vie imaginaire, la saison devient de plus en plus sèche. Ils consomment moins de 40% de Poaceae. La consommation des dicotylédones et des monocotylédones est proportionnelle à leur abondance.

Le criquet marocain dans sa phase solitaire est très sédentaire. L'insecte devient de moins en moins exigeant dans son choix alimentaire : son issue est de retrouver de l'eau et de l'humidité dans les plantes consommées. Ses déplacements sont très limités (BENHALIMA, 1983). Selon LATCHININSKY *et al.*, (1992), cette espèce rejoint la position de certains Oedipodinae capables de micro-migrations mais sans être engagé dans une tendance vers des possibilités migratoires. Ce qui permet de suggérer que *Dociostaurus maroccanus* se montre capable d'effectuer des déplacements importants, mais cette espèce ne peut pas être migratrice comme *Locusta migratoria*. Il serait donc important d'étendre ces réflexions à la phase grégaire.



Depuis les travaux de SVIRIDENKO (1924; in UVAROV, 1977), il était admis que l'adulte grégaire serait polyphage. Le 4<sup>ème</sup> et surtout le 5<sup>ème</sup> stade et les imagos se nourrissent d'un grand nombre de dicotylédones.

Les Gomphocerinae sont presque exclusivement graminivores (CHAPMAN *et al.*, 1990). UVAROV (1977) cite même *D. maroccanus* comme graminicole. Or, d'après les observations de BENHALIMA (1983), le criquet marocain est une espèce ambivore comme l'a signalé (LATCHININSKY *et al.*, 1992) chez les derniers stades larvaires et les adultes en phase grégaire. A l'échelle d'un individu, une ouverture progressive de l'éventail trophique pourrait être liée à une augmentation des déplacements. En effet, les facteurs de différenciation intervenant dans la perception du tapis végétal comme sa composition floristique, sa structure ou son état phénologique, exercent un rôle dans la distribution des acridiens (DURANTON *et al.*, 1982). L'acridien manifeste donc un choix dans son biotope pour satisfaire ses besoins relationnels, nutritionnels et reproducteurs.

#### **VI.4 - Application sur le terrain de *Métharizium anisopliae* var. *acidum* contre le criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* Thunb. 1815 (Marhoum, Sidi Bel Abbes).**

La mortalité des larves de *Dociostaurus maroccanus* traités par *M.anisopliae* avec trois doses différentes, montre que l'entomopathogène affecte significativement les larves du criquet marocain en fonction de la concentration de l'entomopathogène et du temps. Les premières mortalités sont enregistrées au 3<sup>ème</sup> jour respectivement pour les D1 (25g/ha), D2 (50g/ha) et D3 (75g/ha). Les larves traitées atteignent 100% de mortalité au 9<sup>ème</sup> jour pour D1, 8<sup>ème</sup> jour pour D2 et au 7<sup>ème</sup> jour pour D3.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par KAIDI (2004), qui a montré que l'entomopathogène *B. bassiana* a un effet significatif sur les imagos de *Locusta migratoria* traités à trois doses différentes : D1= 0,5 x 10<sup>6</sup> spores/ml, D2= 10<sup>6</sup> spores/ml et D3= 2 x 10<sup>6</sup> spores/ml par rapport aux témoins. Les individus traités à la faible dose sont morts 12 jours après le traitement. Pour ceux traités à la dose D2= 10<sup>6</sup> spores/ml ils sont morts au 11<sup>ème</sup> jour. Alors que par D3, les 100 % de mortalité ont été enregistrés au 8<sup>ème</sup> jour.

BRINKMAN *et al.* (1997) ont noté un pourcentage de mortalité de 72,7 % au 10<sup>ème</sup> jour chez les individus de *L. migratoria* traités par une formulation huileuse de *B. bassiana* à la dose 2,64 x 10<sup>9</sup> spores/ml. BENZAAD (1999) a obtenu une mortalité à partir du 5<sup>ème</sup> jour et 100 % de mortalité a été enregistré au 12<sup>ème</sup> jour.

DELGADO *et al.* (1997) lors d'un essai sur terrain de *B. bassiana* contre *Locusta migratoria*, ont enregistré un pourcentage de mortalité de 56 % au 10<sup>ème</sup> jour de traitement, Ce résultat a été noté également par JHONSON *et al* (1991) ainsi par KOOYMAN *et al* (2005) dans le cadre de l'essai d'un biopesticide Green Muscle à base de *Metarhizium anisopliae* var. *acidum*, sur les larves du *Schistocerca gregaria* dans la Wilaya d'El Oued.

JARONSKI et GOETTEL (1997) testant l'effet de *B. bassiana* vis-à-vis des adultes

de *Melanoplus sanguinipes* ont obtenu des mortalités de 72 % au 2<sup>ème</sup> jour à la dose  $1,2 \times 10^6$  spores/ml. Sur ce même acridien INGLIS *et al.* (1997) ont enregistré 80 % de mortalité au début du 4<sup>ème</sup> jour pour la dose de  $4,3 \times 10^3$  spores/ml.

DOUMANDJI-MITICHE *et al.* (1997b) ont obtenu des mortalités totales sur les adultes de *S. gregaria* au 5<sup>ème</sup> jour de traitement par *M. anisopliae* avec une dose avoisinant les  $10^5$  spores/ml. Sur le même acridien, HADDADJ (2001) a enregistré 100 % de mortalité au 4<sup>ème</sup> jour avec une dose  $D = 1,42 \times 10^6$  spores/ml.

Le même résultat a été constaté par BATEMAN (1991) et OULD TALEB et AMADOU (2001), après avoir traité les larves de *Schistocerca gregaria*, par l'entomopathogène *Metarhizium anisoplae* : à partir du quatrième jour, les larves traitées s'arrêtent de s'alimenter, et leurs poids n'a pas évolué jusqu'à la mort.

## **VI.5 – Application au laboratoire d'un Bio-pesticide botanique, du Triflumuron et du champignon entomopathogène sur les larves du *D. maroccanus***

### **V.5.1 – Effet de *Melia azedarach* L. (Neem) sur l'évolution pondérale des larves L4 de *D. maroccanus*.**

Les larves de *Dociostaurus maroccanus*, ont continué de s'alimenter pendant les trois premiers jours de traitement. Dès le quatrième jour, l'extrait de *Melia azedarach* a commencé son effet. Les larves deviennent moins mobiles, elles s'arrêtent de s'alimenter, ce qui inhibe par la suite la croissance des L4 jusqu'à leur mort. Les témoins, présentent par contre un comportement normal.

L'analyse de la variance montre que la différence entre les moyennes du poids des larves témoins et traitées, est significative à 5%. Ce qui signifie que *Melia azedarach* inhibe la croissance des larves de *Dociostaurus maroccanus*. Alors que, elle est non significative entre les deux modes de traitement contact et ingestion.

Selon MOUSSA (2003), l'huile de neem (*Azadirachta indica*), inhibe la croissance des larves de *Locusta migratoria* et la prise de nourriture de ces dernières. OPENDER et MURRAY (1991), soulignent que l'*Azadirachtine* incorporée à la ration artificielle des larves de quatrième stade de *Peridroma saicia*, à toutes les concentrations, réduit significativement la consommation et le taux de croissance relative comparativement aux témoins. Selon THADDEE (1999), les traitements par le biopesticide neem inhibe la croissance des larves de *Sordidus gemar* de 40 à 60% dès le deuxième stade et qui meurent en l'espace de 14 jours. AMMAR *et al* (1995), soulignent que l'extraits de composés des feuilles de *Cestrum parquii* et de *Olea europea*, a une action sur la longévité et la croissance du *Shistocerca gregaria*.

Le même résultat a été constaté par OULD TALEB et AMADOU (2001), après avoir traité les larves de *Schistocerca gregaria*, par l'entomopathogène *Metarhizium anisoplae* : à partir du quatrième jour, les larves traitées s'arrêtent de s'alimenter, et leurs poids n'a pas évolué jusqu'à la mort. Ce résultat a été noté également par KOOYMAN *et al* (2005) dans le cadre de

l'essai d'un biopesticide Green Muscle sur les larves du criquet pèlerin dans la Wilaya d'El Oued.

## **VI.5.2 – Effet de *M. anisopliae* et de Triflumuron sur la mortalité des larves du *D. maroccanus* :**

### **VI.5.2.1 - Effet de *M. anisopliae* :**

Les larves du 2<sup>ème</sup> stade, montrent une certaine sensibilité au traitement par le *M.anisopliae*. Par contre les larves âgées (L3, L4, L5) sont plus ou moins résistantes aux moyennes et faibles doses du bio-pesticide. La concentration C1 (12,5x10<sup>7</sup>sp/ml) est la plus efficace par rapport aux autres concentrations. La mortalité augmente avec le temps.

Ces résultats confirment ceux obtenus par CHAOUCH (2009) lors des traitements des ailés de *Dociostaurus maroccanus* par les deux enthomopatogène *M. anisopliae* et *Beauveria bassiana*. Avec deux doses (D1 : 47x10<sup>3</sup> sp /ml et D2 : 47x10<sup>4</sup> sp/ml), il a enregistré un taux de mortalité de 100 % qui varie entre le 9<sup>ème</sup> et le 11<sup>ème</sup> jour avec *M. anisopliae* et entre le 7<sup>ème</sup> et le 14 jours pour *B.bassiana*.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par KAIDI (2004), qui a montré que l'entomopathogène *B.bassiana* a un effet significatif sur les imagos de *Schestocerca gregaria* traités à trois doses différentes : D1= 0,5x10<sup>6</sup> spores/ml, D2= 106 spores/ml et D3= 2x10<sup>6</sup> spores/ml par rapport aux témoins. Les individus traités à la faible dose sont morts 12 jours après le traitement. Pour ceux traités à la dose D2= 10<sup>6</sup> spores/ml ils sont morts au 1<sup>ème</sup> jour. Alors que par D3, les 100 % de mortalité ont été enregistrés au 8<sup>ème</sup> jour.

Des résultats identiques ont été obtenus par DOUMANDJI-MITICHE *et al.* (1999), qui ont enregistré des taux de mortalités de 100 % entre le 6<sup>ème</sup> et le 12<sup>ème</sup> jour sur les différents stades de *L. migratoria* traités par *Beauveria bassiana*.

BRINKMAN *et al.* (1997) ont noté un pourcentage de mortalité de 72,7 % au 10<sup>ème</sup> jour chez les individus de *L. migratoria* traités par une formulation huileuse de *B. bassiana* à la dose 2,64x10<sup>9</sup> spores/ml. En 1999, BENZAAD a obtenu une mortalité à partir du 5<sup>ème</sup> jour et 100 % de mortalité a été enregistré au 12<sup>ème</sup> jour.

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

JARONSKI et GOETTEL (1997) testant l'effet de *B. bassiana* vis-à-vis des adultes de *Melanopluss anguinipe* sont obtenu des mortalités de 72% au 2<sup>ème</sup> jour à la dose 1,2x10<sup>6</sup>

spores/ml. Sur ce même acridien INGLIS *et al.* (1997) ont enregistré 80 % de mortalité au début du 4<sup>ème</sup> jour pour la dose de  $4,3 \times 10^3$  spores/ml.

#### VI.5.2.2 - Effet de Triflumuron

Le Triflumuron a montré une efficacité sur les larves traitées. Les larves L2 et L3 sont les plus sensibles par rapport aux autres stades, le D1 (0,34mol/l), D2 (0,11 mol/l) sont les doses les plus efficaces par rapport au D3 (0,06mol /l). La mortalité augmente avec le temps.

NASSEH *et al.*, (1992), prouvent que l'Alsystin et le Téflubenzuron ont permis d'obtenir une mortalité de 100 % sur les populations du criquet pèlerin, issues d'un élevage de laboratoire au bout de quatre jours de traitement

HANRIEDER *et al.* (1993), ont réalisé des essais en cage dans la zone semi-désertique de la province de la mer Rouge au Soudan avec le Triflumuron sur les larves L2 et L4 de *Locusta migratoria migratorioides*. Les taux de mortalité obtenus varient entre 60% et 90% à des concentrations allant de 10 à 80 g ma/ha au bout de 18 jours après le traitement.

Diops et Wilps, (1997), annoncent que les taux de mortalité obtenus avec les dérégulateurs de croissance : Triflumuron (Alsystin), Téflubenzuron (Nomolt), et Diflubenzuron (Dimilin) étaient de 40% après 6 jours pour atteindre le maximum de 100 % après 10 jours, après des essais de terrain effectués sur le criquet pèlerin.

NASSEH *et al.* (1992), signalent que le traitement par les inhibiteurs de croissance tels que le Téflubenzuron et le Triflumuron provoquent des handicaps chez les individus du criquet pèlerin expliqués par l'incapacité de mue de l'insecte.

Selon HANRIEDER *et al.* (1993), les larves de *Locusta migratoria migratorioides* traitées au Triflumuron présentent un aspect mou après leur mort.

Selon SOLTANI et SOLTANI (1992), l'Alsystin (48% EC), une formulation commerciale du Triflumuron, a été d'abord testée en laboratoire sur les larves du quatrième stade de *Culex pipiens pipiens* L. (Diptera: Culicidae) nouvellement exuviées. Le traitement provoque des aberrations morphologiques et réduit également l'émergence des adultes.

ALLACHE (2005), a signalé qu'aucune déformation n'a été observée chez les larves L4 de *Locusta migratoria* traitées par l'hexaflumuron et il a justifié ça par la faible concentration utilisé au cours de ses essais.

TIRCHI (2008), a enregistré diverses malformations morphologiques chez les larves traitées avec le Lufenuron et le Triflumuron se traduisant par l'apparition des malformations au niveau des ailes, disparition de l'une ou des deux pattes postérieures ou des déformations au niveau de celles-ci. Elle a noté aussi une réduction au niveau de la taille des larves et des imago issus.

Cependant, avec le Flufenoxuron, aucune déformation n'a été enregistrée mais la diminution des performances des larves traduite par leur faiblesse et la réduction de leur mobilité.

### **VI.5.3 - Effet de *M. anisopliae* et de Triflumuron sur l'hémogramme de *D. maroccanus***

Pour évaluer l'efficacité des deux produits vis-à-vis de l'hémogramme de l'hôte nous avons effectué des comparaisons entre le nombre de d'hémocytes de l'hémolymphe chez les témoins et les traités avec Triflumuron et avec le *M. anisopliae*.

Les deux traitements ont réduit le nombre total d'hémocytes, le nombre de prohémoscytes et celui des plasmocytes. L'entomopathogène *M. Anisopliae* s'est montré plus virulent par rapport au Triflumuron se traduisant par une réduction du nombre des cellules sanguines par rapport au Triflumuron. A la suite des traitements, le nombre total des hémocytes est passé de 207,5 chez les témoins à 49, 100 et 139,5 respectivement chez les traitées par D1, D2 et D3 de Triflumuron. Pour les larves traitées par l'entomopathogène, le nombre d'hémocytes est passé de 207,5 chez les témoins à 38,5 pour les traitées par D1, 58 pour D2 et 115 pour D3. La chute du nombre des plasmocytes dans les deux cas peut s'expliquer par leurs interventions dans le processus de défense de l'organisme de l'hôte suite à l'introduction du pathogène. L'introduction d'un corps à l'intérieur de l'insecte entraîne une réduction du système de défense de ce dernier, modifier l'hémogramme.

La chute du nombre des plasmocytes a été mentionnée par HABES (1989) chez *Thaumetopea pityocampa* suite au traitement par le *Bacillus thuringiensis*.

Le même phénomène a été observé par JONES et TAUBER, (1952) in HABES, (1989) chez *Tenobrio* sous l'effet de diète prolongée. CHAIN et ANDERSON, (1982) in HABES, (1989) notent une forte diminution des plasmocytes sous l'effet de *Bacillus cereus*. BIDOCHKA, *et al.* (1997) ont observé dans l'hémolymphe des locustes, des hémocytes groupés autour du champignon 24H après le traitement. MOUSSA (2003) a également constaté la chute de nombre d'hémocytes de l'hémolymphe chez *Locusta migratoria* traité par l'huile de Neem.

D'après CHAPMAN, (1982), note que comme les hémocytes jouent un rôle très important dans les réactions de défense de l'organisme, l'hémogramme sera de ce fait modifié lors de blessures qui entraînent des hémorragies ou bien lors de l'introduction d'éléments étrangers comme les molécules toxiques ou les parasites.

La chute du nombre total d'hémocytes a déjà été signalé par plusieurs auteurs : tels que CHAUVIN, (1956) qui a observé la réduction de nombre des hémocytes chez *Periplaneta* sous l'effet de la diète. AMOURIQ, (1973) a eu les mêmes résultats chez *Agrotis segetum* traité par *Bacillus melolonthae*. BOUHACEIN, (1999) a observe les même résultats sur *Locusta* lors d'utilisation des champignons entomopathogène. HALOUANE *et al*

(2001). COULIBALY, (2002) a observé le même phénomène chez *Anacridium aegyptium* traité par *Beauveria bassiana* et *Metarhizium flavoviride*.

## **VI.6 – Etude de quelques paramètres biologiques du criquet marocain en phase grégaire :**

### **V.6.1 – Le sex-ratio chez le criquet marocain :**

Selon CHAPMAN *et al* (1990), le sex-ratio d'une grande variété d'espèces d'Acrididae est conforme à l'équilibre entre mâles et femelles. Cependant, ces auteurs reconnaissent que le sujet a été peu exploré.

Notre étude de sex-ratio des populations grégaires de criquet marocain montre que le nombre des femelles est supérieur aux nombre des mâles dans la plus part des sites échantillonné, car nous avons trouvé dont le moyen un taux de 44% de mâles pour 56% de femelles.

Nos résultats diffèrent avec ceux obtenus par SVIRIDENKO (1924) et WATERSTON in UVAROV (1922) ; TOKGAÏEV (1966), qui sont respectivement 55 % de mâles pour 45 % de femelles et 61 % pour 39 %. Ils ont montré qu'en période d'accouplement, les mâles de criquet marocain sont souvent plus nombreux que les femelles.

LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992) notent par contre presque le même nombre de mâles que de femelles au début de la vie imaginale. Aux premières pontes, ils ont obtenu au cours de ses échantillonnages 48 %, 50 % puis 41 % de femelles. Ces pourcentages deviennent 25 %, puis 17 % aux dernières pontes, à cause sans doute d'une mortalité différentielle. Les observations de SAFAROV (1963) indiquent que la proportion des femelles est toujours inférieure à celle des mâles, surtout pendant les années défavorables au Criquet marocain. Dans ce cas, la proportion des femelles est de 18 à 27 % même au début de la vie imaginale. Cependant, selon cet auteur, les œufs déposés durant les saisons propices, produiront une proportion élevée des femelles (de 35 à 42 %).

### **V.6.2 – Densité des oothèques de criquet marocain en phase grégaire :**

Selon SIÏAZOV (1912), SVIRIDENKO (1924) et DEMPSTER (1957), la femelle refuse de pondre, soit parce que les qualités physico-chimiques du substrat ne lui conviennent pas, soit parce qu'elle a été perturbée au cours de l'oviposition. TOKGAÏEV (1966) a observé deux à quatre mâles, et SVIRIDENKO (1924) cinq à sept mâles chevauchant une femelle en train de s'alimenter, de marcher ou de fouiller le sol, se que nous avons observé sur les sites d'étude.

Les femelles, en période de ponte, manifestent une forte tendance à se regrouper. Ceci explique le fait que nous avons trouvé un nombre de 70 oothèques par m<sup>2</sup>. D'après SIÏAZOV (1912) in LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992), le nombre d'oothèques peut arriver jusqu'à 300 à 500/m<sup>2</sup> pendant les fortes activités de

*Dociostaurus maroccanus*. Cette agrégation des pontes est une condition qui favorise la densation des éclosions pouvant déclencher la transformation phasaire et des invasions de criquet marocain.

### **VI.6.3 – Nombre d’œuf par oothèque :**

LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992) ont noté que le nombre d'œufs dans l'oothèque dépend de la phase de l'acridien, des conditions de l'environnement, principalement de la qualité et de la quantité de nourriture consommée. De plus, cette fécondité dépend du rang de la ponte, les premières étant généralement plus importantes que les suivantes. Dans la nature, les meilleures combinaisons écométéorologiques sont réalisées au début de la période reproductive, quand la végétation n'est pas encore touchée par la sécheresse estivale.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par BEY-BIENKO (1932), RATANOV (1935) et UVAROV (1927) in LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992), qui ont montré que le nombre d’œufs par oothèque est de 30 à 35 en moyenne.

EVSTROPOV (1948) signale que, bien que le nombre d'ovocytes qui se développent dans les ovarioles soit d'environ 50, on ne trouve jamais plus de 20 à 30 œufs dans la ponte.

D'après ce même auteur, le nombre moyen d'œufs par oothèque varie entre 20 à 30, POUKHOV (1925), a montré que le nombre est entre 25 et 30.

POPOV *et al* (1990), ont montré que certaines espèces de *Gomphocerinae* comme *Kraussella amabile*, porte entre 20 à 42 œufs par oothèque.

### **V.6.4 – Durée de développement larvaire de criquet marocain :**

Le développement larvaire des acridiens est lié à plusieurs facteurs, notamment les facteurs écologiques comme la disponibilité de l'alimentation ainsi la température élevée qui accélère le développement des larves tandis que l'augmentation de l'humidité relative de l'air leur est néfaste.

ROY (2001) signal que l'évolution dans le temps et dans l'espace des peuplements d'orthoptères peut dépendre de plusieurs facteurs. Ceux-ci sont classés en deux groupes. Les facteurs d'ordre abiotique sont essentiellement les facteurs climatiques qui conditionnent la répartition géographique aussi bien des végétaux que des animaux, ainsi que le caractère et la dynamique de leurs processus biologiques. Les facteurs d'ordre biotique résident essentiellement dans l'action des ennemis naturels, comme les parasites, les prédateurs et certains agents pathogènes.

Le criquet marocain est un acridien présent dans les étages bioclimatiques sub-humide et semi aride, notamment les hauts plateaux dont la pluviométrie est comprise entre 250 et 400 mm/an. C'est un acridien univoltine. Après l'éclosion des œufs, les larves passent par 5

stades (L1 à L5) qui s'étalent de Mars à Juillet, s'est une période coïncidant avec l'élévation des températures.

Les résultats de notre étude ont montré suite au suivi quotidien du développement larvaire depuis l'apparition du 1<sup>er</sup> stade jusqu'à l'émergence des ailés. De même le calcul de la fréquence centésimale des larves de *D. maroccanus* en fonction du temps, dans deux sites de la région de Marhoum, a révélé que la durée du développement larvaire de criquet marocain varie entre 32 et 34 jours.

L'analyse des résultats de l'AFC et la CAH, a permis de classer les larves en 5 et 6 groupes, dont chaque groupe représente un stade de développement.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992), qui ont mentionné que les larves se développent entre 24 et 50 jours (en moyenne, de 28 à 38 jours, d'après PREDTETCHENSKY, ZHDANOV & POPOVA, 1935 in LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1992). Ils ont montré également que les derniers stades larvaires se développent plus lentement que les premiers (6-10 jours). Ceci a aussi été confirmé par nos résultats. Nous avons trouvé 7 à 9 jours.

OULD EL HADJI (2001), a montré d'après l'étude du cycle biologique de *S. gregaria* sur chou, que les individus de cette espèce achèvent leur développement larvaire après avoir effectué cinq mues, au bout de  $43,58 \pm 4,41$  jours. Il a trouvé également que les larves de cinquième stade ont présenté une durée larvaire la plus longue du cycle.

D'une manière générale, les températures élevées accélèrent le développement des larves tandis qu'une humidité relative de l'air élevée leur est néfaste. SAFAROV (1963) constate qu'une forte mortalité (55 à 80 %) résulte de conditions éco-météorologiques défavorables pendant les deux premiers stades. La grêle est particulièrement fatale aux néonates. Par contre, ni les abaissements de température de courte durée (jusqu'à  $5-6^{\circ}$  C au-dessous de zéro), ni la couverture de neige, ne provoquent de pertes sensibles au niveau des larves plus âgées (SKVORTZOV, 1912 ; TOKGAÏEV, 1966).



## *Conclusion générale & Perspectives*

Notre étude a consisté à étudier la Bio-écologie de criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* Thunberg, 1815 (Acrididae, Gomphocerinae) dans sa phase grégaire en Algérie en vue de perspectives de lutte biologique par l'application d'un champignon entomopathogène sur le terrain. Pour cela, des tests ont été faits auparavant au laboratoire avec un champignon, une huile essentielle et la dirégulateur de croissance sur le criquet marocain.

L'étude sur l'état phasaire du *Dociostaurus maroccanus* au niveau de la région de marhoum (Wilaya de Sidi Bel Abbes) en 2010, 2011 et 2012, a révélé d'après les valeurs morphométriques que cette population était à l'état grégaire en 2010 et 2011, alors qu'elle a devenue transiens dissocians en 2012.

L'étude comparative de l'état phasaire sur la base des mesures morphométriques, de plusieurs populations de criquet marocain capturées dans la même période (Juin 2011) au niveau d'aire d'habitat permanent du criquet marocain à l'Ouest (Sdi Bel Abbes, Saïda, Tiaret et Chlef), Centre (Médéa) et à l'Est (Batna), a montré suite aux rapports E/F et F/P, que les populations capturées à Sidi Bel Abbes, Saïda et Tiaret sont homogènes à l'état grégaires. Les populations de la région de Chlef et de Médéa, capturés dans la même période sont à l'état solitaire, alors que la population de Batna est à l'état transiens degressifs.

L'étude des sensilles de différentes catégories olfactives et gustatives au niveau des labres et des antennes, chez le criquet marocain à l'état grégaire, a montré que les sensilles les plus importantes sont les sensilles des formes 3 et 4, en comparaison avec l'autre forme 1, 2 et 5. Aussi, le nombre de sensilles des mâles est supérieur à celui des femelles. Notre étude a montré également que les sensilles des formes 1 et 5 sont plus nombreuses chez les mâles et les nombres des sensilles des autres formes 2, 3 et 4 sont similaires aussi bien chez les mâles que chez les femelles.

Nous avons constaté, qu'il y a deux catégories de sensilles prépondérantes (zone A1 et zone A2) et deux autres catégories de sensilles antennaires (zone A3 et Zone A10) qui sont moins représentées. On peut noter aussi une certaine similarité des nombres de sensilles de chaque catégorie chez les mâles et les femelles. Nous pouvons émettre l'hypothèse qu'il y a une relation entre la variation du nombre de sensilles gustatives et le régime alimentaire des criquets.

Les résultats de l'étude de régime alimentaire de criquet marocain montrent que *D. maroccanus* à l'état grégaire, est une espèce polyphage dont les adultes, expriment une véritable tendance à la surconsommation des Poaceae (graminées) et présentent de ce fait un véritable risque pour les céréales cultivées notamment en périodes de fortes pullulations. Cette étude a montré que les Poaceae interviennent pour une grande part dans l'alimentation des adultes mâles et femelles des populations grégaires avec plus de 60% du spectre alimentaire total, par rapport aux autres familles de plantes consommées qui sont très

diversifiées mais dont les fréquences de consommation sont très faibles. Quelque soit l'espèce végétale, les mâles et les femelles ne présentent pas de choix alimentaire spécifique, notamment dans la consommation des dicotylédones. Parmi les espèces de Poaceae, l'espèce *Lolium multiflorum* présente une consommation très élevée par rapport aux autres espèces tant chez les mâles que chez les femelles.

L'étude sur l'utilisation d'un champignon entomopathogène contre le criquet marocain sur le terrain, a montré que la faible dose utilisée (25g/ha), a donné 80% de mortalité au 9<sup>ème</sup> jour et les deux doses du *Metarhizium* (50 et 75 g/ha) ont donné 80% de mortalité respectivement au 6<sup>ème</sup> et au 7<sup>ème</sup> jour pour enregistrer 100% de mortalités au 9<sup>ème</sup> jour pour la D1, 8<sup>ème</sup> jour pour D2 et au 7<sup>ème</sup> jour après le traitement pour la D3. La mortalité chez les différents stades (L3-L4) du criquet marocain est bien incriminée à l'action du champignon qui a sporulé sur les cadavres. Nous avons constaté d'après cette étude, que les larves traitées sont devenues vulnérables aux attaques des oiseaux au niveau des blocs traités et la disparition par la suite des cadavres des larves traitées suite à l'intervention des ennemis naturels. Par contre les larves témoins sont restées saines.

Cependant pour que le produit soit efficace il est nécessaire de l'utiliser dans les conditions techniques optimales, à savoir, opérer lorsque les conditions météorologiques (températures et humidité) sont optimales et disposer d'un personnel qualifié et formé. Ce champignon reste un outil fiable dans la stratégie de lutte préventive contre le criquet marocain au niveau des foyers grégarigènes de cet acridien.

L'étude de l'effet de Neem, sur la croissance pondérale des larves, a montré que le *Melia azedarach* utilisé soit par contact ou par ingestion, inhibe la prise de nourriture chez les larves de *Dociostaurus maroccanus* et par conséquent, bloque la croissance des larves traitées et même influe sur la mue comparativement aux témoins. Chez les larves traitées par contact, le poids initial continue à évoluer très lentement de 0,2335 g le 1<sup>er</sup> jour à 0,2620 g le 3<sup>ème</sup>. Après cela on note une régression marquée du poids à partir du 4<sup>ème</sup> jour (0,2501 g) jusqu'à 8<sup>ème</sup> jour (0,2201 g) puis la mort des larves. Pour les larves traitées par ingestion, leur poids initial continue à évoluer de 1<sup>er</sup> jour (0,2372 g) jusqu'à 3<sup>ème</sup> jour (0,2645 g), puis il chute à 0,2272 g au 6<sup>ème</sup> jour. La mort des larves est enregistrée le 8<sup>ème</sup> jour, l'effet de Neem par ingestion est relativement rapide par rapport au traitement par contact. Dans les deux cas, les larves mortes deviennent par la suite rougeâtres.

Concernant l'étude de l'effet de *Metarizium anisopliae* au laboratoire, nous avons trouvé que les larves du 2<sup>ème</sup> stade, montrent une certaine sensibilité au traitement par le *M. anisopliae*. Par contre les larves âgées (L4, L5) sont plus résistantes aux moyennes et faibles doses de bio-pesticide. La concentration C1 ( $12,5 \times 10^7$  sp/ml) est la plus efficace par rapport aux autres concentrations. La mortalité augmente avec le temps. Le calcul des TL50 (temps létaux occasionnant 50% de mortalité) de *M. anisopliae* testé par rapport aux concentrations, nous avons enregistré plus que la dose est élevée plus que la durée d'action de champignon est courte. Les valeurs des TL50 relative à chaque concentration : Les temps les plus élevés : 4,54 j sont obtenus chez les L5 en appliquant la plus faible concentration. Les temps les plus courts sont enregistrés chez les L2 pour la plus forte concentration C1:

2,39j. Le calcul de la CL50 nous a permis de constater que cette dernière varie en fonction des stades larvaires. La CL50 la plus élevée est obtenue chez les L5 ( $12,71 \times 10^6$  sp/ml) alors que la plus faible est enregistrée chez les L2 ( $12,74 \times 10^2$  sp/ml).

L'étude de l'effet de Triflumuron a montré une efficacité sur les larves traitées. Les larves L3 sont les plus sensibles par rapport aux autres stades. La D1 (0,34mol/l), D2 (0,11 mol/l) sont les doses les plus efficaces par rapport à la D3 (0,06mol /l). La mortalité augmente avec le temps. Le calcul des TL50 de Triflumuron a montré que le temps le plus élevé : 6,62 j est obtenu chez les L5 en appliquant la plus faible dose D3, alors que le temps le plus courts (2.79j) est enregistré chez les L2 pour le plus forte dose D1. La DL50 varie en fonction des stades larvaires. La DL50 la plus élevée est enregistrée chez les L5 (0,73mol/l) alors que la plus faible est notée chez les L2 (0,29mol/l).

L'étude de l'effet de *M. anisopliae* et de Triflumuron sur l'hémogramme de *D.maroccanus* a révélé que les deux traitements ont réduit le nombre total d'hémocytes, le nombre de prohémocytes et celui des plasmatocytes. L'entomopathogène *M. Anisopliae* s'est montré plus virulent par rapport au Triflumuron se traduisent par une réduction du nombre des cellules sanguines par rapport au Triflumuron. A la suite des traitements, le nombre total des hémocytes est passé de 207,5 chez les témoins à 49, 100 et 139,5 respectivement chez les traitées par D1, D2 et D3 de Triflumuron. Pour les larves traitées par l'entomopathogène, le nombre d'hémocytes est passé de 207,5 chez les témoins à 38,5 pour les traitées par D1, 58 pour D2 et 115 pour D3. La chute du nombre des plasmatocytes dans les deux cas peut s'expliquer par leur interventions dans le processus de défense de l'organisme de l'hôte suite à l'introduction du pathogène.

L'étude de sex-ratio chez des populations grégaires de criquet marocain montre que le nombre de mâles est supérieur aux nombre de femelles dans la plupart des sites échantillonnés. En effet, nous avons trouvé dont le moyen un taux de 44% de mâles pour 56% de femelles.

D'après l'étude de la densité des oothèques de criquet marocain la région de Marhoum (Sidi Bel Abbes), nous avons constaté que la densité moyenne des trois stations d'étude est égale à 71,33 oothèques par m<sup>2</sup>, et la densité est presque la même pour chaque stations choisies : 70,8, 73,9 et 69,3 oothèques par m<sup>2</sup>. L'étude de nombre d'œufs par oothèque a montré que le nombre moyen des oothèques disséquées est égale à 30 œufs pour l'ensemble des sites échantillonnés.

Les résultats de l'étude de la durée du développement larvaire de criquet marocain, a montré que le développement de larves varie entre 32 et 34 jours : 6 à 7 jours pour les L1, 6 à 7 jours pour L2, 4 à 7 jours pour L3, 7 jours pour L4 et 7 à 9 jours pour les L5.

En perspectives, si l'aspect morphométrique est pris en considération durant plusieurs années, il pourrait donner des indications sur la tendance générale de la population évoluant soit vers l'état transiens congregans ou vers l'état transiens degregans. Des prévisions minimales pourraient alors être faites, portant sur un éventuel renforcement des surveillances et l'adoption de mesures nécessaires pour faire face aux pullulations acridiennes. Il serait intéressant d'étudier la relation entre les fréquences des plantes consommées et les variations interspécifiques des sensilles au sein de populations homogènes de solitaires et de grégaires. L'utilisation des systèmes d'information géographique (SIG) et de paramètres climatiques de périodes anciennes et récentes nous permettraient de ce fait de comprendre l'impact des changements climatiques sur la distribution potentielle et spatiale du criquet marocain. En effet il serait évident de penser à un programme de lutte intégrée basé sur la combinaison de ces deux biopesticides *Metarhizium anisopliae* var *acridum* (GREEN MUSCLE) et le Triflumuron (Dérégulateur de croissance), afin de les utiliser sur le terrain au niveau des foyers de reproduction du criquet marocain.



## Références bibliographiques

- 1 – ABBOT W.B., 1925 – A method for computing effectiveness of insecticides. *J. Econ. Ent.*, 19, pp: 265 – 267.
- 2 – ALBRECHT F.O., 1967 – *Polymorphisme phasaire et biologie des acridiens migrants*. Ed. Masson, Paris, 194 p.
- 3 – ALLACHE F., 2005- *Activité biologique d'un dérégulateur de croissance des insectes: 'hexaflumuron sur la cuticule des larves de Locusta migratoria (linné, 1758) (orthoptera, oedipodinae)*. Thèse Magister Scie. agro. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 186 p.
- 4 – AMMAR M., BARBOUCHE N. et BEN HAMOUDA M. H., 1995 – Action des extraits de composés des feuilles de *Cestrum parquii* et de *Olea europea* sur la longévité et la croissance du criquet pèlerin, *Shistocerca gregaria*. *Fac. Med. Landhouw. Univ. Gent.*, 60/300, pp 831-836.
- 5 – AMOURIQ L., 1973 – *Rapports entomologo-cryptogamiques : Eléments sur la relation entre les insectes et champignons*. Ed. Herman, Paris, 135 p.
- 6 – BARBAUT R., 1981 – *Ecologie des populations et des peuplements*. Ed. Masson, Paris. P 200.
- 7 – BARBAULT R., 2003. *Ecologie générale – structure et fonctionnement de la biosphère*. Ed. DUNOD. Paris, 324 p.
- 8 – BATEMAN R. P., 1991 – *L'application de mycopesticides antiacridiens en gouttelettes calibrées*, pp : 250-257 cité par LOMER C.J. et PRIOR C., 1991, *Lutte biologique contre les acridiens. Compte rendu d'un atelier (29 avril – 1<sup>er</sup> mai) Bénin*. Ed. C.A.B International, Wallingford, 399 p.
- 9 – BELANGER A. et MUSABYIMANA T., 2013 : L'huile des grains de neem, un fongicide alternatif de la cacaoyer. *Journal of Applied Biosciences* 62: 4644 – 4652
- 10 – BENABDELI K., 2000 – Évaluation de l'impact des nouveaux modes d'élevage sur l'espace et l'environnement steppique: Commune de Ras-El-Ma (Sidi-Bel-Abbès, Algérie). *Options Méditerranéennes*, CIHEAM, série A, n° 39 (Rupture... nouvelle image de l'élevage sur parcours), p. 129-141.

- 11 – BENFEKIH L., 1993 – *Données préliminaires sur la bioécologie de la sauterelle marocaine Dociostaurus maroccanus* (Thunb, 1815). (Ort, Gomph.) dans la région de Aïn Boucif (W. Médéa). Thèse Magister Scien. agro., Int. Nat. Agro., El Harrach, 129 p.
- 12 – BENFEKIH L., 2006 – *Recherches quantitatives sur le criquet migrateur Locustamigratoria (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques.* Thès. Doc. Sci. Tech. Sant., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 140p.
- 13 – BENFEKIH L. et DOUMANDI-MITICHE B., 1997 – Observation sur le parasitisme de criquet marocain solitaire *D. maroccanus* (Orthoptère, Gomphocerinae) par un acarien *Trombidium sp.* Dans le Sud de Médéa (Algérie). *Med. Fac. Landboww. Univ. Gent, 62/2b, pp 437-447.*
- 14 – BENHALIMA T., 1983 – *Etude expérimentale de la niche trophique de Dociostaurus maroccanus (Thunb, 1815) en phase solitaire au Maroc.* Thèse Doc. Ing, Univ. Paris-Sud, 178 p.
- 15 - BENRIMA A., 1993 – Bioécologie et étude du régime alimentaire des espèces d'orthoptères rencontrées dans deux stations d'études situées en Mitidja. Etude histologique et anatomique du tube digestif de *Dociostaurus jagoi jagoi* (SOLTANI, 1978). Thèse Magistère Sci- Agro-Inst-Nat-Agro-El Harrach, 190P.
- 16 – BENSaad H., 1999 – *Activité biologique de Beauveria bassiana BALS. (Hyphomycètes, Deuteromycotinae) sur locusta migratoria LINNE, 1958 (Orthoptera, Acrididae). Etude de l'influence de la température sur la croissance mycélienne, la sporulation et le cycle biologique de cet hyphomycète.* Mém. Ing. Agro., Inst. Nati. Agro., El-Harrach, Alger, 98 p.
- 17 – BIDOCHKA M.J. et LEGER R.J.ST., 1997 – *Mecanisms of deuteromycetes fungal infection in grasshoppers and locusts* .171, pp215-222.
- 18 – BOSSARD R. et CUISANCE P., 1984 – Arbres et arbustes d'ornement des régions tempérées et méditerranéennes, 320p.
- 19 – BOUANANE M. R, 1993 - *Contribution à l'étude bioécologique des Orthoptères et régime alimentaire de Dosiostaurus maroccanus ( Thunberg , 1815 ) ( Orthoptère, Acrididae) dans la région de Sidi Belabbès.* Thèse. Ing. Agro. Inst. Nat. Agro, El-Harrach 64 pp.
- 20 – BOUCHETTATA T.B. (2002) - Diagnostic écologique, désertification et analyse des stratégies en milieu steppique. *Ecosystems*, UDL-INRA de Sidi-Bel-Abbès, vol. 2, n° 2, p. 43-51.

- 21 – BOUHACEIN M., 1999 – *Effet de deux entomopathogènes (Hyphomycètes, Deuteromycotina), Beauveria bassiana (Balasmo) Veuillemin et Metarhizium flavoviride Gams et Rozyspal sur les métabolites hémolympatiques, l'hémogramme et les protéines circulaires chez Locusta migratoria (LINNE, 1758)*. Mém. Ing. Agro., Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 121 p.
- 22 – BRINKMAN M.A., FUELLER B.W. and HILL M.B., 1997 – Effect of *Beauveria bassiana* on migratory grasshoppers (Orthoptera, Acrididae) and nontarget yellow mealworms (Coleoptera : Tenebrionidae) in spray tower bioassays. *J. Agri. Entomol.*, Vol. 14, N°2, pp : 121 – 127.
- 23 – CHAOUCH A., 1993 – *Contribution à l'étude du régime alimentaire de Dociostaurus maroccanus (Thunb., 1815) (Orthoptera, Acrididae) dans la région de Aïn Boucif, Wilaya de Médéa*. Thèse Ing. Etat, Agro., UST de Blida, 39 p.
- 24 – CHAOUCH A., 2009 – *Etats phasaires de Dociostaurus maroccanus Thunberg, 1815 (Acrididae, Gomphocerinae) – Effets de deux champignons entomopathogènes, Beauveria bassiana (Balsamo) et Metarhizium anisopliae var. acridum sur quelques paramètres biophysiologicals*. Thèse Magister Scien. agro., Int. Nat. Agro., El Harrach, 136 p.
- 25 – CHAPMAN, R. F. 1982. Chemoreception: the significance of receptor numbers. *Advances in Insect Physiology* 16:247–356.
- 26 - CHAPMAN, R. F. 2003. Contact chemoreception in feeding by phytophagous insects. *Annu Rev Entomol* 48, 455-484.
- 27 – CHAPMAN R. F. and JOERN A., 1990 – *Biology of grasshoppers*, Ed. JOHN WILEY and SOHS, New York, 563 p.
- 28 – CHARA B., 1987 – *Etude comparée de la bioécologie de Calliptamus barbrus (Costa, 1836) et de Calliptamus watenwylanus (Plentel, 1896) (Orthoptera, Acrididae) dans l'ouest algérien*. Thèse Doc. Ing. de l'Univ. D'Aix-Marseille. 190 p.
- 29 – CHARA B., 1995a – Eléments sur la biologie et l'écologie du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (FORSKAL, 1775). Stage de formation de lutte antiacridienne. Ed. I.N.P.V-O.A.D.A., Alger, pp: 32-45.
- 30 – CHARA B., 1995b – Polymorphisme phasaire chez les acridiens. Stage de formation de lutte antiacridienne. Ed. I.N.P.V-O.A.D.A., Alger, pp:1-4.
- 31 – CHAUVIN R., 1956 – *Physiologie de l'insecte. Le comportement. Les grandes fonctions écophysiologicals*. Ed. INRA, Paris, 917 p.
- 32 – CHOPARD L., 1938. *La biologie des Orthoptères*. Ed. Lechevalier, Paris 541 p.

- 33 – CHOPARD L., 1943 – *Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord*. Ed. Librairie Larose, Paris, coll. « Faune de l'empire français », T1, 450 p.
- 34 – COULYBALY ADAMA A., 2002 – *Effet de Beauveria bassiana (B) et Metarhizium flavoviride (G et R) sur l'hémogramme et les protéines de l'hémolymphe d'Anacridium aegyptium (L, 1764) (Orthoptera, Acrididae)*. Mém. Ing. Agro., Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 99 p.
- 35 – 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 biocoenose aquatique*. Thèse Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 155p.
- 36 – DAJOZ R., 1982 - *Précis d'écologie*. Ed. Gautier-Villars, Paris, 503 p.
- 37 – DAJOZ R., 1985 - *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris. 505p.
- 38 – DALY PJ et RYAN MF. 1979. Ultrastructure of antennal sensilla of *Nebria brevicollis* (Fab.) (Coleoptera: Carabidae). *Int J Insect Morphol Embryol* 8:169–181.
- 39 – DSA, 2009 – L'agriculture à Sidi Bel Abbas. Rapport de la Direction des Service Agricole de la Wilaya de Sidi Bel Abbas. 14p
- 40 – DELGADO F.X., BRITTON J.H., LOBO-LIMA M.L., RAZAFINDRATIANA E. and SWEARINGEN W., 1997 – Small-scale field trials with entomopathogenic fungi against *Locusta migratoria* Capito in Madagascar and *Oedalus senegalensis* in Cape Verde. New stratég. Locus. *Contr., Verlag, pp: 171 – 176*.
- 41 – DEMPSTER, J.P. (1957) The population dynamics of the Moroccan locust (*Dociostaurus maroccanus* Thunb.) in Cyprus. *Anti-Locust Bull.* 27, 1–4.
- 42 – DIOPS B . et WILPS H., 1997 – *Fields trials neem oil and Melia Volkensii on Schistocerca gregaria , new strategies in locu st control* .Ed.Birkhaussen, Berlin. 258p
- 43 – DOBSON H.M., 2001 – *Directive sur le criquet pèlerin : lutte anti-acridienne*. Ed. Food. Alimentation Organisation (F.A.O), Rome, 84p.
- 44 – DORN A., WIESEL G. et SHNEIDER M., 1994- Juvenile hormone analogues in locust control. In new trends in locust control, 91-106, ed. Skrall. H. Wilps, Eschborn, Germany, 182 pp.



- 45 – DOUMANDJI – MITICHE B., DOUMANDJI S ET BENFKIH L., 1992 – Données préliminaires sur la bioécologie de la sauterelle marocaine *Dociostaurusmaroccanus*(THUNBERG, 1815) à Ain Boucif (Médéa - Algérie) – Med. Fac. Landbouw. Univ. Gent, 57/3 a, pp 659- 665.
- 46 – DOUMANDJI S. E et DOUMANDJI-MITICHE B, 1994-Criquets et sauterelles (acridologie). Ed.Off Pub.Univ., Alger, 99p.
- 47 – DOUMANDJI – MITICHE B., DOUMANDJI S et BENFKIH L., 1993 – régime alimentaire du criquet marocain *Dociostaurusmaroccanus*(THUNBERG, 1815) (*Orthoptera, Acrididae*) dans la région de Ain Boucif (Médéa- Algérie) – Med. Fac. Landbouw. Univ. Gent, 58/2a, pp 347- 353.
- 48 – DOUMANDJI – MITICHE B., DOUMANDJI S., BENZARA A. et GUECIOUER L., 1991 – Comparaison écologique entre plusieurs peuplements d'Orthoptères de la région de Lakhdaria (Algérie). Med. Fac. Landbouw. Univ. Gent, 56/2b, pp 1075- 1085.
- 49 – DOUMANDJI-MITICHE B., HALOUANE F., MERABTI N., SEDDIK A. et DOUMANDJI S., 1997 – Activité biologique de *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes, Moniliaeae) sur les larves L5 et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, Cyrtacantacridinae). Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent., 62 / 2b, 461 – 468.
- 50 – DOUMANDJI-MITICHE B., HALOUANE F., BENZAAD H., BISSAAD F.Z. et CHERIEF A., 1999 – The efficiency of *Beauveria bassiana* (Bals.) Against *Locusta migratoria* and *Schistocerca gregaria* (Orthoptera,Acrididae). *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.*,64/3A, pp: 205 – 209.
- 51 – DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1982a – *Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche*. Ed. CIRAD/ PRIFAS, Départ. G.E.R.D.A.T, Paris, T. I, 695 p.
- 52 – DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1982b – *Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche*. Ed. CIRAD / PRIFAS, Départ. G.E.R.D.A.T., Paris, T. II, 1496 p.
- 53 – DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M. et RACHADI T., 1987 – *Guide antiacridien du Sahel*. Ed. CIRAD / Prifas, Départ. G.E.R.D.A.T, Montpellier, 343 p.
- 54 – EL GHADRAOUI L., PETIT D., PICAUD F. & EL YAMANI J. 2002. Relationship between labrum sensilla number in the Moroccan locust *Dociostaurus maroccanus* and the nature of its diet. *J. Orthopt. Res.*, 11, 1, 11-18.

- 55 – EVSTROPOV I.I., 1948 – Données sur l'écologie du criquet marocain et sur l'étude des nouveaux insecticides – *Izvestiya Akademii Nauk Azerbaidjanskoi SSR*, 8 : 65-76.
- 56 – FAURIE C., FERRA C. et MEDORI P., 1980 – *Ecologie*. Ed. J. B. Ballière, Paris, 168 p.
- 57 – FELLAOUINE, R. 1984. Contribution à l'étude des sauteriaux nuisibles aux cultures dans la région de Setif. Thèse Ingeniorat, Institut National Agronomique, Alger.
- 58 – FELLAOUINE R., 1989. – Bioécologie des Orthoptères de la région de Setif. Thèse de magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach. 81p.
- 59 – FERRON P., FARGUES J. et RIBA G., 1991 – Des champignons agents de lutte microbiologique contre les ravageurs. *Dost. Cell. ENV. N°5*, pp : 55 – 76.
- 60 – GANGWERE, S. K. AND E. MORALES AGACINO. 1973. Food selection and feeding behavior in Iberian Orthopteroidea (1) (2). *An. INIA, serie Protection Vegetal* 3:251–337.
- 61 – GEOTTEL M.S., 1991 – Des champignons comme agents de lutte biologique, pp : 122 – 132 in Lomer C.J. et Prior C., 1991 : Lutte biologique contre les acridiens. *Compte rendu d'un atelier (29 Avril – 1<sup>ER</sup> Mai)*, Bénin. Ed. C.A.B. International, Royaume Uni, 399 p.
- 62 – GIGLIO A, BRANDMAYR P, FERRERO EA, PERROTA E, ROMEO M, ZETTO T, TALARICO F. 2003. Comparative antennal morphometry and sensilla distribution pattern of three species of Siagoninae (Coleoptera, Carabidae). In: Penev L, Erwin T, Assmann T, editors. *Back to the Roots and Back to the Future*. Sofia, Moscow : Pensoft. pp 143–158.
- 63 – GRAF P., HAMD AOUI M., RAMZI H. et FRAVAL A., 1989 – *Lymantria dispar*. Surveillance et lutte. Les inhibiteurs de la synthèse de la chitine des insectes ; Les produits à base de *Bacillus thuringiensis*. Documents scientifiques et techniques n° 3 actes éditions, Rabat. (*Disponible sur <http://www.inra.fr/dpenv/ld-m-sur.htm>*).
- 64 – GREATHEAD D.J., KOOYMAN C., LAUNOIS-LUONG M.H. et POPOV G.B., 1994 – *Les ennemis naturels des criquets du Sahel*. Ed. CIRAD / Prifas, N°8, Montpellier, 147 p.
- 65 – GUIGNARD J.L., 1994 – *Botanique*. Ed. Masson. TI – 297p
- 66 – HABES D., 1989 – *Effet de Bacillus thuringiensis sur l'intestin, les hémocytes et sur le métabolisme général de Thaumetopea pityocampa SCHIFF.* (Lepidoptera, Notodontidae). These magister physio. Anim., Inst. Sci. Nat., Univ. Annaba, 83 p.

- 67 – HADDADJ F, 2001 – *Evaluation de l'activité biologique de l'entomopathogène Beauveria bassiana BALS (Hyphomycetes, Deuteromycotina): Efficacite sur la cuticule des L5 de Shistocerca gregaria (FORSKAL, 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae)*. Thèse magister Scien. Agro., Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 96 p.
- 68 – HALOUANE F., BENZARA A., DOUMANDJI-MITICHE B. et BOUHACEIN M., 2001 – Effet de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* et *Metarhizium flavoviride* (Hyphomycetes, Deuteromycotina) sur l'hémogramme des larves de 5ème stade et des adultes de *Locusta migratoria* (Orthoptera : Acrididae). *Jour. Orthop. Res.*, 10 (2) : 331 – 334.
- 69 – HAMDY H, 1989- Contribution à l'étude bioécologique de faune orthoptérologique de trois stations à Lakhdaria. Mémoi. Ing. Agro. INA EL Harrach. P 71.
- 70 – HAMDY H., 1992 –Etude bioécologique des peuplements orthoptérologiques des dunes fixées du littoral algérois. Thèse de Magister, Inst. Nat. Agro. , ELH ARACH, 166 P.
- 71 – HANRIEDER G., WILPS H. et KRALL S., 1993-The effect of Alsystin (Triflumuron) on larvae of the migratory locust *Locusta migratoria migratorioides* Investigations carried out in the semi-desert area of Sudan's Red Sea Province. *Anz. Sch- idlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* 66, Ed. Verlag Paul Parey, Berlin, und Hamburg, pp. 10-15.
- 72 – HARRIS D.J. et MILL P.J., 1977 - Observations on the leg receptors of *Ciniflo (Araneida, Dictynidae)*. II. Chemoreceptors. *J. Comp. Physiol. A*, 119, 55-62.
- 73 – HASSANI F, 2013 : *Etude des Caelifères (Orthoptères) et caractérisation floristique (biodiversité floristique) de leur biotope dans des stations localisées à Tlemcen et Ain Temouchent. Régime alimentaire de Calliptamus barbarus et Sphingonotus rubescens.* Thèse. Doct., Ecol., & Envir., Univ., Tlemcen. 181 p.
- 74 – HASSANI F., MESLI L., & FEROUANI T., 2010- Bioecology of the Caelifera (Orthoptera) in the area of Maghnia (Tlemcen, Algeria). *International Research Journal Biosciences*, Volume 07Number (1), 45-51 (2010) ISSN: 0973-1245
- 75 – INGLIS G. D., JHONSON D. L. et GOETTEL M. S., 1997 – Field laboratory évaluation of two batches of *Beauveria bassiana* (BALSAMO) Veuillemin against grasshoppers. *Canadian entomolog.*, 29, pp: 171 –186.
- 76 – INPV, 1983 – *Problématique du criquet marocain en Algérie*. Note tech. Int.Nat.Prot.Végé.32p.
- 77 – INPV, 2002 – *Problématique du criquet marocain*. Note tech. Int.Nat.Prot.Végé.10 p.
- 78 – INPV, 2007 – *Bilans des campagnes Nationale de lutte contre le criquet marocain*. Int.Nat.Prot.Végé. 26 p.

- 79 – INPV, 2013 – *Bilans des campagnes Nationale de lutte contre le criquet marocain*. Int.Nat.Prot.Végé. 25 p.
- 80 – JARONSKI S. T. ET GOETTEL M. S. M., 1997 – Development of *Beauveria bassiana* for control of grasshoppers and locusts. *Mem. Ent. Sci. Canada.*, N°171, pp: 225 – 237.
- 81– JHONSON D. L., GOETTEL M. S., BRADLEY C., VAN DER PAAUW H. et MAIGA B., 1991 – Essais en plein champ du champignon *Beauveria bassiana* contre les criquets au Mali, en juillet 1990, pp : 298 – 313
- 82 - JUBERTHIE C, MASSOUD Z. 1980. Sur différents types d'organisation sensorielle antennaire chez les coléoptères Trechinae troglobies et description d'un type original de récepteur chez *Rakantrechus etoi*. *Mémoires de Biospéologie* 7:353–364.
- 83 – KAIDI N., 2004 – *Effet de la température et des milieux de cultures sur Beauveria bassiana* Bals. (Hyphomycètes, Deuteromycotina). *Activité biologique de cet entomopathogène vis-à-vis des imagos de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae)*. Mémoire Ing., Inst. Nati. Agro., El Harrech, 115 p.
- 84 – KARA F.Z., 1997 - *Etude de quelques aspects écologiques et régime alimentaire de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) dans la région d'Adrar et en conditions contrôlées*. Thèse Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 182 p.
- 85 – KHADRAOUI Z. et OUANOUI Y., 2001 – Contribution à l'étude bio écologique des peuplements d'Acridien (*Orthoptera-caelifera*) dans trois stations de la région de Moudjbara.W.Djelfa.Mém d'ing d'état en agropastoralisme.
- 86– KHELIL M.A., 1984 – Bioécologie de la faune alfatière dans la region de Tlemcen. Thèse Magi, agro., inst. agro., El Harrache, 62p.
- 87 – KOOYMAN C., AMMATI M., MOUMENE K., CHAOUCH A., et AHMED ZAID A., 2005 – Essai de GREEN MUSCLE® sur des nymphes du criquet pèlerin dans la Wilaya d'El Oued, Nord-Est Algérie. *Rapport FAO- TAC 715*, 23 p
- 88 – KOUASSI M., 2001 – Les possibilités de lutte biologique : Emphase sur le champignon entomopathogène *B. bassiana*. *Sci. Environ.*, Vol. 2, N°2, pp : 1 – 8.
- 89 – KOUCHA S., 1997- Contribution à l'étude de quelques aspects de la biologie, la morphologie et l'alimentation du criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1775) (Orthop. Acrididae) au laboratoire. Thèse Ing. Univ. Sci. et Tech. Saad Dahleb, Blida, 92 pp.

- 90 – LAUNOIS-LUONG M.H., 1975 - L'alimentation du Criquet migrateur *Locusta migratoria capito* (Sauss.) en phase solitaire à Madagascar. Régimes et effets. Thèse de Doct. d'Etat en Sciences naturelles. Univ. Paris-Sud, Centre Orsay. 200 p.
- 91 – LAUNOIS M.M., 1976 : Méthode d'étude dans la nature du régime alimentaire du criquet migrateur *Locusta migratoria Capito* (Sauss). *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, 8 (I)' 25-32.
- 92 – LATCHININSKY A.V., et LAUNOIS-LUONG M. H., 1992 – *Le Criquet marocain, Dociostaurus maroccanus (Thunberg, 1815), dans la partie orientale de son aire de distribution. Etude monographique relative à l'ex-URSS et aux pays proches.* CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier / VIZR : Saint-Pétersbourg, 270 p.
- 93 – LECOQ M., 1975 – *Le déplacement par vol du criquet migrateur malgache en phase solitaire, leur importance sur la dynamique des populations et la grégarisation.* Thèse, Doc., Paris, 272 p.
- 94 – LECOQ, M., 1978. Biologie et dynamique d'un peuplement acridien soudanien en Afrique de l'Ouest. *Ann. Soc. Ent., France, (4): 603-681.*
- 95 – LOMER C.J., et PRIOR C., 1991 – *Lutte biologique contre les acridiens.* Compte rendu d'un atelier tenu a l'inst. Internat. Agricult. Tropic., Cotonou (Bénin), 383 p.
- 96 – LOUVEAUX A. et BENHALIMA T., 1987 – Catalogue des orthopteres *Acridoidea* d'Afrique du nord. *ouest. Bull. Soc. Ent., France, T. 91, N°(3 – 4), pp : 73 – 87.*
- 97 – LUONG-SKORMAND M.H., RACHADI T. et LECOQ M., 1999- *La lutte contre les criquets ravageurs : l'intérêt des mycopesticides.* Ed. Cirad-Amis-Programme Protection des cultures, n°19, Paris, :49-52. (*Disponible sur <http://www.inra.fr/dpenv/do.htm#d19>*).
- 98 – MAARTJE AK, BLEEKER Hans M Smid, ADRIAAN C Van Aelst, JOOP JA Van Loon, LUISE EMV., 2004 – Antennal sensilla of two parasitoid wasps: A comparative scanning electron microscopy study. *Microscopy Research and Technique* 63 : 266–273
- 99 – MAUREL H, 2006 – L'apport de Roger PASQUIER à la compréhension des pullulations de *Dociostaurus maroccanus* Thunberg, 1815) en Algérie (Orthoptera, Acrididae). *Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques*, 11 : 63-64.
- 100 – MAUREL H. & DEFAUT B., 2012 : Roger PASQUIER (1901 – 1973) et le laboratoire de zoologie de l'Institut national agronomique d'Alger entre 1930 et 1973. *Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques*, 2012, 17 : 69-87
- 101 – MEKKIOUI A, 1997 – Etude la faune orthoptérologique de deux stations dans la région de Haffir. Thèse. Mag. Inst. Bio. Tlemcen.P 93.

- 102 – METERFI B., LETREUCH-BELAROUCI N. et BENABDELI K. 2011- Incidence de la fluctuation des précipitations sur l'occupation des sols dans les hautes plaines de Sidi-Bel-Abbès (Algérie). *Volume 5, Varia revue physio-géo*, 191-210.
- 103 – MESLI L, 1991- Contribution à l'étude bioécologique de la faune orthoptérologique de la région de Ghazaouat. Des. Ecologie. Inst. Bio. Tlemcen.P 93.
- 104 – MESLI L, 1997- Contribution à l'étude bioécologique de la faune orthoptérologique de la région de Ghazaouat. Régime alimentaire de *Calliptamus barbarus* (costa, 1836). Thèse. Mag. Inst. Bio. Tlemcen.P 93.
- 105 – MESLI L, 2007- Contribution à l'étude bioécologique et régime alimentaire des principales espèces dans la wilaya de Tlemcen. Thèse Doc.Univ.Tlemcen 102 p.
- 106 – MESLI L., DOUMANDJI S., et KHELIL M.A. 2005- Contribution à l'étude du régime alimentaire de *Calliptamus barbarus* dans les monts de Tlemcen. *Intergrated protection in oakforests IOBC Wprs Bull.* 28(8), pp 285-286.
- 107 – MOUMENE K., 2002 – *La transformation phasaise chez le criquet pèlerin, Schistocerca gregaria* (FORSKAL, 1775) (Orthoptera-Acrididea) : *Mécanisme et identification des caractéristiques écophysiologiques de la substance femelle de grégarisation*. Thèse Doct. Biologie, Faculté des Sciences de Tunis : 109 p.
- 108 – MOUSSA A., 2003 – *Effet de l'huile de neem (Azadirachta indica) sur quelques paramètres biologiques et physiologiques de Locusta migratoria migratorioides (R&F, 1850) (Orthoptera : Acrididea)*. Thèse Magister Sci. Agro., Inst. Nat. Agr., El-Harrach, 123 pp.
- 109 – MOUSSI A., 2012 : *Analyse systématique et étude bio-écologique de la faune des acridiens (Orthoptera, Acridomorpha) de la région de Biskra*. Thèse, Doct., Univ., Const. 112 p
- 110 – NASSEH H.S., KRALL H., WILPS H. et SALISSOU G.B., 1992- Les effets des inhibiteurs de croissance et de biocides végétaux sur les laves de *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *Sahel pv. Info. Bull. Inform. Protect. Végétaux*. UCTR/PV n° 45, 5-9.
- 111 – OPENDER K. et MURRAY B., 1991 – Effet of azadirachtin on the dietary utilisation and development of the variegated Cutworm, *Peridroma saucia*. *J Insect. Physiol.*, vol. 37, n°8, pp. 591-598.
- 112 – OULD EL HADJ M. D., TANKARA DAN-BADJO A. et HALOUANE F., 2001 – Etude de la toxicité de trois substances acridifuges sur les larves du 5<sup>ème</sup> stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae). *Journées techniques phytosanitaires, INPV*, pp. 83-103.

- 113 – OULD TALEB M. et AMADOU D., 2001 – *Field Demonstration of the Use of Metarhizium anisoplae for Desert Locust Control Using the Release – Sray-ecapture Method*. Ed. FAO- EMPRES, 9 p.
- 114 – OZENDA P., 1977- *Flore et végétation du Sahara*. 3e Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, pp : 39-96.
- 115 – PAILLOT, 1933 – *L'infection chez les insectes*. Ed. Patissier, Paris, 471 p.
- 116 – PASQUIER R., 1934 – Contribution a l'étude du criquet marocain *D. maroccanus* Thumb en Afrique mineure. *Ext. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*, pp. 167-200
- 117 – PASQUIER R., 1937 – Le criquet marocain en Algérie. Les recherches scientifiques récentes et leur répercussion sur la lutte rationnelle. *Agrid.*, n°53. 1-14.
- 118 – PLOOMI A, MERIVEE E, RAHI M, BRESCIANI J, RAVN HP, LUIK A, SAMMELSELG V. 2003. Antennal sensilla in ground beetles (Coleoptera, Carabidae). *Agron Res* 1:221–228.
- 119 – POPOV G.B, LAUNOIS-LUONG M.H., VAN DER WEEL J., 1990 : *Les oothèques des criquets du Sahel*. CIRAD/PRIFAS (France). ISBN : 2 - 87614 - 035 – 7
- 120 – POUKHOV B.A., 1925 – *Les acridiens ravageurs et la lutte antiacridienne*. Editions Mysl : Leningrad. 72 p.
- 121 – PRIOR C., 1993 – Les biopesticides contre les criquets. *La recherche N° 251, Vol 24, pp 219-221*.
- 122 – QUEZEL P et SANTA, 1963.- *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Tome 1 et 2, Edition CNRS Paris p 3989.
- 123 – RACCAUD-SCHOELLER J., 1980 – *Les insectes : Physiologie et développement*. Ed. Masson, Paris, 296 p.
- 124 – RACHADI T., 1991- *Précis de lutte anti-acridienne : la pulvérisation des pesticides*. Min.Coop. Dev., Ed. CIRAD-PRIFAS, Montpellier, 312 pp.
- 125 – ROFFEY J., 1993 – Caractéristiques des débuts de recrudescence du criquet pèlerin. Lutte contre le criquet pèlerin par les techniques existantes, évaluation des stratégies. *Compte rendu du séminaire de Wageningen Pays Bas 6-11 décembre 1993, pp. 57-64*.
- 126 – ROY J., 2001 - *Histoire d'un siècle de lutte anti-acridienne en Afrique. Contributions de la France*. -Coll. : Les Acteurs de la Science, L'Harmattan : Paris, 278 p., 31 Pl.

- 127 – SAFAROV A.A., 1963 – L'état actuel des foyers du criquet marocain (*Doclostaurus maroccanus* Thunb.) en Asie Centrale, leur dynamique et leurs relation avec les foyers des pays limitrophes. IN : Ve Conférence de la Société entomologique de l'URSS (Résumés des communications). Moscou/Leningrad. 115-116 pp.
- 128 – SAGOUA W., 2009 – Etude synergétique du couplage du Système. Lactoperoxydase avec d'autres molécules naturelles actives ayant des propriétés antifongiques pour l'amélioration de la conservation en frais des bananes. Thèse Doc., de l'Univ., d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- 129 – SCHERER R et CELESTIN H., 1997- Persistence of benzoylphenylureas in the control of the migratory locust *Locusta migratoria capito* (Sauss.) in Madagascar, pp.129-136 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
- 130 – SELTZER P., 1946 – *Le climat de l'Algérie*. Imp. La typo. Litho., Alger, 219 p.
- 131 – SIĀZOV M.M., 1912 – La lutte contre les acridiens au Turkstan. Izdarie Département Zemledeliya : Tushkent. 197 p.
- 132 – SIMON A., 2011 : Suivi des peuplements d'Orthoptères d'une terrasse alluviale de la vallée de la Seine (Gaillon - Eure), dans le cadre de déplacements de pelouses sableuses rases au sein d'une carrière de granulats. *L'Entomologiste Haut-Normand N° 1*, pp : 37 – 50.
- 133 – SKAF R., 1972 – Le criquet marocain au Proche-Orient et sa grégarisation sous l'influence de l'homme. *Bull. Soc. Ecol. T. III. 3*, pp 247-325.
- 134 – SKVORTZOV A., 1912 – Observation sur le développement des criquets. *Turkstanskoe Selskoe Khozyaïstvo. (3)* : 202-217.
- 135 – SOLTANI-MAZOUNI N., SOLTANI N., 1992 – Effet du diflubenzuron sur les métabolites hémolymphatiques et ovariens chez *Tenebrio molitor* L. pendant la maturation sexuelle. *Mém. Soc. Belge ent.*, n° 35, 743-747.
- 136 – STEEDMAN A., 1988 – *Manuel de lutte antiacridienne. Pest Overseas. Développement. Naturel, Ressources*. Ed. Inst London XII, 180 p.
- 137 – STOWER, J. & GREATHEAD, D.J. 1969 - Numerical changes in a population of the desert Locust, with special reference to factors responsible for mortality. *J. Ap. Ecol.*, 2 (2), 203-235.
- 138 – SVIRIDENKO P.A., 1924 – *Observation biologique sur le criquet marocain*. Izdanie Severnoï Oblastnoï Stantsyi Zastchity Rastenii. Petrograd. 64 p.



- 139 – SWEARINGER W.D., 1993 – *Lutte biologique contre les acridiens*. Lettre d'information du 19 octobre. Surveillances des acridiens du Sahel. CIRAD-P.R.I.F.A.S., Montpellier, pp. 17-20
- 140 – THADDEE M., 1999 – *Utilisation de dérivés de graines de neem pour lutter contre le charançon cosmopolite Sordidus gremar (Coleoptera-Curculionidae) et le complexe de nématodes parasites du bananier*. Thèse PHD, Univ. Keyatta, Kenya, 180 p.
- 141 – THOMAS, J. G. 1966. The sense organs on the mouthparts of the desert locust (*Schistocerca gregaria*). *Journal of Zoology*, L. 148:420–448.
- 142 – TIRCHI N., 2008 – *Effet de trois dérégulateurs de croissance des insectes (IGRs) sur les larves de criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae)*. Thèse Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 174 p.
- 143 – TOKGAÏEV T., 1966 – *Le criquet marocain en Turkménie*. – Editions Turménistan : Ashkhabad. 219 p.
- 144 – TOUATI M. , 1992 – Contribution à l'étude du régime alimentaire des orthoptères Caelifères en particulier du genre Calliptamus (SERVILLE , 1831) dans le littoral oriental algérois. Etude du tube digestif de *Aiolopus strepens* (LATREILLE, 1804) these ing. Agro., Inst. Nat. Agro. , El Harrach , 112 P .
- 145 – UVAROV B.-P., 1922 – A revision of the genus *Locusta* L. (= *Pachytilus* Fieb.), with a new theory as to the periodicity and migrations of locusts. *Bulletin of Entomological Research.*, 12 (2) : 135-163.
- 146 – UVAROV B.P., 1977 – Grasshoppers and Locusts. *A Handbouk of general cridology. Vol. 2. Cambridge Univ. Press, 613 p.*
- 147 – VALLET C., 2006 – *Le Neem insecticide naturel « petit guide pratique » (livre présentant l'origine et différentes utilisation liées au Neem)*; site : [www.hsf-France.com/image/Neem2.pdf](http://www.hsf-France.com/image/Neem2.pdf)
- 148 – WOLFF J.P. 1988 -*Manuel d'analyse des corps gras*. Ed. Azoulay . 24p
- 149 – ZACHARUK, R.Y., 1985. Antennae and sensilla. In: Kerkut, G.A., Gilbert, L.I. (Eds.). *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharma-cology*, vol. 6. Pergamon Press, Oxford, pp.
- 150 – ZIMMERMAN G., 1993 – The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and its potential as a biocontrol agent. *Pest. Sci.*, N°37, pp: 375 – 379.
- 151 – ZOLOTAREVSKY B., 1946 – Les phases acridiennes et l'invasion du criquet migrateur dans la Gironde. *Annales des Epiphyties, Série Entomologie N° 3, T. XII, 14 p.*

## Annexe

### 1. Etude de la durée du développement larvaire de criquet marocain d'après la densité des larves :

#### Fréquences centésimales des larves de *D. maroccanus* en fonction du temps dans la station N°1 de Marhoum

Quadra	J1		J6		J12			J16			J23			J32		
	L1	L1	L2	L2	L3	L4	L2	L3	L4	L3	L4	L5	L4	L5	Ailé	
1	100	19,23	80,67	28,26	71,74	0	0,85	5,67	92,26	3,66	21,01	75,33	10,62	23,12	66,26	
2	100	22,15	77,85	25,02	71,65	3,33	4,26	7,41	88,33	5,12	22,22	72,66	14,2	22,66	63,14	
3	100	19,66	80,34	30	70	0	9,33	20,55	70,12	0	21,74	78,26	6,26	25,41	68,33	
4	100	21,05	78,95	27,33	65,42	7,25	6,66	7,32	86,02	4,33	25,65	70,02	8,94	26,17	64,89	
5	100	22,12	77,88	21,26	74,6	4,14	5,14	9,2	85,66	0	25,34	74,66	2,7	28,18	69,12	
6	100	19,98	80,02	18,33	60,67	21	7,66	4,12	88,22	2,88	30,6	66,52	12,45	27,33	60,22	
8	100	25,14	74,86	23,66	71,01	5,33	5,88	6,79	87,33	5,66	12,01	82,33	14,06	26,28	59,66	
7	100	16,23	83,77	24,12	60,62	15,26	6,26	5,04	88,7	4,22	29,52	66,26	7,97	26,14	65,89	
9	100	25,66	74,34	23,98	69,27	6,85	1,33	8,34	90,33	3,26	13,08	83,66	15,02	13,66	71,32	
<b>Moyenne</b>	100	<b>21,25</b>	<b>78,74</b>	<b>24,66</b>	<b>68,33</b>	<b>7,01</b>	<b>5,26</b>	<b>8,27</b>	<b>86,33</b>	<b>3,23</b>	<b>22,35</b>	<b>74,41</b>	<b>10,24</b>	<b>24,33</b>	<b>65,42</b>	

Fréquences centésimales des larves de *D. maroccanus* en fonction du temps dans la station N°2 de Marhoum

Quadrat	J1	J6		J13			J20			J27			J34		
	L1	L1	L2	L2	L3	L4	L2	L3	L4	L3	L4	L5	L4	L5	Ailé
1	100	17,34	82,66	15,09	78,33	6,58	5,41	6,33	88,26	0,53	22,14	77,33	11,22	26,33	62,45
2	100	13,76	86,24	22,08	75,26	2,66	5,22	10,12	84,66	5,56	20,18	74,26	10,22	21,45	68,33
3	100	15,67	84,33	24,28	70,12	5,6	4,22	9,45	86,33	3,89	19,66	76,45	9,15	25,68	65,17
4	100	12,88	87,12	21,32	72,66	6,02	4,72	7,26	88,02	2,65	19,33	78,02	9,27	23,47	67,26
5	100	18,44	81,56	26,26	68,45	5,29	4,2	10,14	85,66	2,89	21,45	75,66	8,43	22,01	69,56
6	100	21,86	78,14	20,54	74,88	4,58	4,43	10,01	85,56	2,98	20,17	76,85	9,68	23,68	66,64
7	100	11,74	88,26	25,11	71,23	3,66	2,78	12,33	84,89	3,97	22,26	73,77	8,98	19,69	71,33
8	100	15,11	84,89	24,08	71,66	4,26	3,89	9,66	86,45	1,86	19,02	79,12	9,2	25,78	65,02
9	100	14,77	85,23	20,41	76,26	3,33	7,09	7,58	85,33	1,85	21,89	76,26	9,55	22,33	68,12
10	100	21,72	78,28	24,01	71,33	4,66	3,01	10,33	86,66	0,31	25,15	74,54	10,1	22,88	67,02
<b>Moyenne</b>	100	16,33	83,67	22,31	73,01	4,66	4,49	9,32	86,18	2,64	21,12	76,22	9,58	23,33	67,09

## Fiche technique du Green Muscle (*Metharhizium acridum*)

### Identification du produit

Nom commercial : Green Muscle®

Nom scientifique de l'agent biologique : *Metarhizium acridum* (Driver & Milner)  
Bischoff et al.

Type de formulation concentrée : TC ( $5 \times 10^{10}$  conidies/g)  
(Unités reproductives)

### Propriétés physico-chimiques

Etat physique, odeur et couleur : Poudre fine de couleur vert marin sans odeur particulière

Stabilité à l'entreposage : Durée de stockage >5 ans à 4°C

Incompatibilités : Incompatible avec la plupart des fongicides

### Efficacité biologique

Domaine d'application du produit : Lutte antiacridienne

Organisme(s) nuisible(s) visé(s) : Criquets des superfamilles Acridoidea et Pyrgomorphoidea

Doses recommandées : 25-75 g/ha selon hauteur et densité de la végétation

Périodes et fréquences d'applications : Application à seuil

### Informations toxicologiques

Toxicité acute (orale/rat) : DL 50 >2 g/kg poids vif

Toxicité acute (dermique/rat) : DL 50 >2 g/kg poids vif

Irritation de l'œil : Oui

Irritation de la peau : Possible après exposition d'au moins 24 h

Sensibilisation : Très rare

Symptômes d'intoxication : Aucun (le produit n'est pas toxique)

### Informations écotoxicologiques

Toxicité du produit envers les oiseaux : Non toxique dans des tests d'alimentation contaminée

Toxicité du produit envers les poissons : CL 50 de 96 heures >100 mg m.a./L

Toxicité du produit envers les abeilles : DL 50 >100 µg/individu

## **Matériels et produits utilisés :**

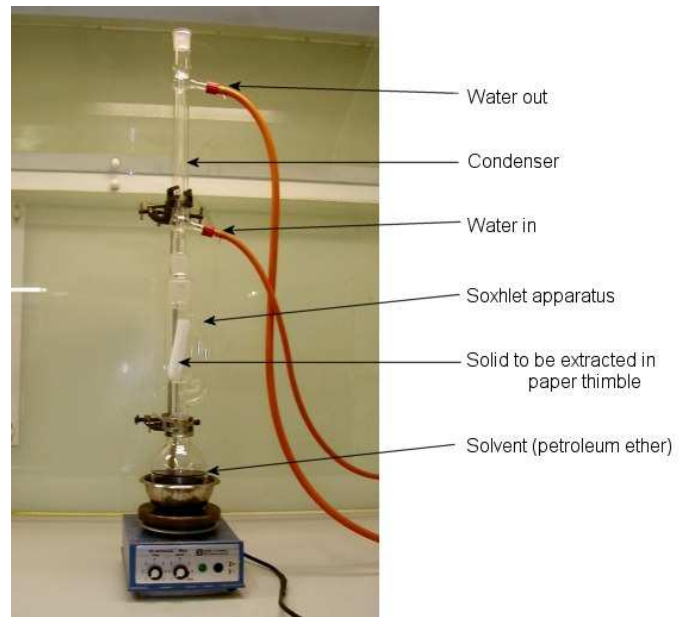
Au cours de cette expérimentation, nous avons utilisé le matériel suivant :

- ❖ Filet fauchoir
- ❖ Cages
- ❖ Presse d'herbier
- ❖ Un carnet de prospection pour noter les observations sur le terrain.
- ❖ Une hotte
- ❖ Une étuve
- ❖ Un carnet de prospection pour noter les observations sur le terrain.
- ❖ Appareil photo numérique
- ❖ Appareil de positionnement des coordonnées géographiques (GPS)
- ❖ Une loupe binoculaire
- ❖ Une balance électrique
- ❖ Un microscope optique
- ❖ Un réfrigérateur
- ❖ Un bec bunsen
- ❖ Une cellule de malassez (comptage des spores)
- ❖ Un autoclave
- ❖ Un emporte-pièce (prélèvement des explants)
- ❖ Erlen Meyer de 1000 ml et de 500 ml
- ❖ Des tubes à essai
- ❖ Des boîtes de Pétri
- ❖ Une casserole
- ❖ Des béciers
- ❖ Des pipettes Pasteur
- ❖ Des flacons
- ❖ Un scalpel
- ❖ Un compteur manuel
- ❖ Une sonde
- ❖ Un mortier
- ❖ Du film plastique ou du cellophane

- ❖ Du papier millimétré
- ❖ Une gaze
- ❖ Logiciel de cartographie : MapInfo version 3.0.1
- ❖ May-Grunwald
- ❖ Giemsa
- ❖ Liquide de faure



**Appareil Rotavapor  
(Evaporateur rotatif)**



**Appareil de Soxhlet**



**Pied à coulisse**



**GPS de marque Garmin 12 XL**

*Original*



*Original*

**Bande larvaire de criquet marocain sur champ de céréale  
(Marhoum, Sidi Bel Abbès 2010)**



*Original*

**Bande larvaire de criquet marocain sur jachère (Youb, Saïda 2010)**



*Original*

**Un essaim de criquet marocain dans un champ de céréales  
(Marhoum, Sidi Bel Abbes 2010)**



*Original*

**Dégâts causés par un essaim de criquet marocain sur un champ de céréale**





**Crottes rougeâtres**



**Larve moribonde**



**Cadavres rougeâtres**



**Une partie de larve**



**Insecte prédateur des larves**



**Une araigne prédatrice des larves**



**Les oiseaux prédateurs des larves**

## Résumé

**Thème :** Bioécologie du criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* Thunberg, 1815 (Acrididae, Gomphocerinae) dans sa phase grégaire en Algérie et perspectives de lutte biologique.

L'étude de l'état phasaire du *D. maroccanus* au niveau de la région de Marhoum (W. Sidi Bel Abbès) en 2010, 2011 et 2012, a révélé que cette population est à l'état grégaire en 2010 et 2011, alors qu'elle est devenue transiens dissociés en 2012. Les résultats de l'étude comparative de l'état phasaire en Juin 2011, a montré que les populations de Sidi Bel Abbès, Saïda et Tiaret sont des populations grégaires et les populations de la région de Chlef et de Médéa sont à l'état solitaire, alors que la population de Batna est à l'état transiens dégrégans. Les résultats de l'étude des sensilles de différentes catégories olfactives et gustatives au niveau des labres et des antennes, a montré que le nombre de sensilles des mâles est supérieur à celui des femelles. Le régime alimentaire de *D. maroccanus* est polyphage dont les adultes, expriment une véritable tendance à la surconsommation des Poaceae (graminées) et présentent de ce fait un véritable risque pour les céréales cultivées notamment en périodes de fortes pullulations. L'étude de l'effet de Neem, sur la croissance pondérale des larves, a montré que le *Melia azedarach* utilisée soit par contact ou par ingestion, inhibe la prise de nourriture chez les larves de *D. maroccanus* et par conséquent, bloque la croissance des larves traitées et même influe sur la mue comparativement aux témoins. L'étude sur l'utilisation *M. anisopliae*) et le Triflumuron contre le criquet marocain, a montré que les 2 produits sont efficaces sur les larves et la mortalité est en fonction des doses et du stade larvaire. Pour évaluer l'efficacité des deux produits vis-à-vis de l'hémogramme de l'hôte nous avons effectué des comparaisons entre le nombre de d'hémocytes d'hémolymphes chez les témoins et les traités avec Triflumuron et avec le *M. anisopliae*. Les deux traitements ont réduit le nombre total d'hémocytes, le nombre de pro-hémocytes et celui des plasmatocytes. L'entomopathogène *M. Anisopliae* s'est montré plus virulent par rapport au Triflumuron se traduisant par une réduction du nombre des cellules sanguines par rapport au Triflumuron.

L'étude de sex-ratio chez des populations grégaires de criquet marocain montre que le nombre de mâles (56%) est supérieur aux nombre des femelles (44%). L'étude de la densité des oothèques de criquet marocain dans la région de Marhoum (Sidi Bel Abbès), révèle que la densité moyenne des trois stations d'étude est égale à 71,33 oothèques par m<sup>2</sup>. Le nombre moyen d'œufs par oothèque est égale à 30 œuf/oothèque. Les résultats de l'étude de la durée du développement larvaire de criquet marocain, a montré que la durée des larves varie entre 32 et 34 jours.

**Mots clés :** *Dociostaurus maroccanus*, *Metarhizium anisopliae*, Entomopathogène, Neem, *Melia azedarach*, Triflumuron, lutte biologique, développement larvaire, Oothèque, hémolymphes.

## Abstract

**Theme :** Bioecology of Moroccan locust *Dociostaurus maroccanus* Thunberg, 1815 (Acrididae, Gomphocerinae) in its gregarious phase in Algeria and the perspectives of biological control

The study of the phase state of *D. maroccanus* Thunberg, 1815 at the region of Marhoum (W.Sidi BelAbbes) 2010, 2011 and 2012; revealed that this population was at gregarious phase in 2010 and 2011, while it became transiens dissocians in 2012.

The comparative study of phase state in June 2011, showed that *D. maroccanus* populations at Sidi Bel Abbes, Saida and Tiaret were gregarious, those of Chlef and Medea regions were in solitary state ; while Batna region presented transient degregans state population.

The study of sensilli of different olfactory and gustatory categories at the wrasses and antennas, showed that the number of sensilla of males was higher than that of females.

*D. maroccanus* expressed a polyphagous diet, which in adults was seen by a real tendency to over-consumption of Poaceae (grasses). Therefore, it had a real risk to grain grown especially over heavy infestations periods.

The Neem effect on larvae weight growth showed that *Melia azedarach* used either by contact or ingestion inhibited food intake in *D.maroccanus* larvae and therefore blocked the growth of treated larvae and even affected the molting compared to controls. The use of *M. anisopliae* and Triflumuron against the larvae of Moroccan locust was effective; the larval mortality was within function of treatment dose and larval stage.

To evaluate the efficacy of the two products toward the host blood count, we performed comparisons between the number of hemolymph hemocytes in control and treated Triflumuron and *M. anisopliae* samples. Both treatments reduced the total number of hemocytes, the number of prohemocytes and that of plasmatocytes. The entomopathogenic *M. anisopliae* was more virulent compared to Triflumuron resulting in a reduction in the number of blood cells compared to Triflumuron.

The study of sex ratio in gregarious populations of Moroccan locust showed that the number of males (56%) was higher than the number of females (44%). The study of the density of the Moroccan locust egg-cases in Marhoum region (Sidi Bel Abbes), revealed that the average density at the three study sites was equal to 71.33 egg cases per m<sup>2</sup>. The average number of eggs per egg capsule was 30 egg /egg case.

The study of larval development of Moroccan locust, showed that the duration of larval stage varied between 32 and 34 days.

**keywords :** *Dociostaurus maroccanus*, *Metarhizium anisopliae*, Entomopathogène, Neem, *Melia azedarach*, Triflumuron, biological control, larval developpement, egg-cases, hemolymph.

## ملخص

**العنوان:** بيوايكولوجية الجراد المغربي (*Acrididae, Gomphocerinae*) *Dociostaurus maroccanus* (Thunb,1815) في طور التجمعي بالجزائر واستعمال المبيدات البيولوجية

لقد بينت دراسة الحالة المظرية للجراد المغربي التي تم اصطياده خلال شهر جوان وجويلية بمنطقة مرحوم (سيدي بلعباس) خلال سنة 2010 و 2011 ، أنه في طور التجمعي، بينما سنة 2012 أصبح الجراد في حالة الإنتقالي التجمعي. بالنسبة إلى مقارنة الحالة المظرية للجراد المغربي التي تم اصطياده خلال شهر جوان وجويلية في 2011 بمنطقة سيدي بلعباس - سعيدة - تيارت - شلف - المدية و باتنة. بينت الدراسة أن الجراد المغربي لمنطقة سيدي بلعباس - سعيدة - تيارت هو في حالة تجمعي. أما جراد منطقة شلف و المدية هو انفرادي. بينما جراد منطقة باتنة فهو إنتقالي تجمعي. استعمال الفطر *Metarhizium anisopliae* في الميدان و في المخبر (ثلاث جرعات) بينت الدراسة أن هذا الأخير له تأثير على الجراد المغربي. عند تجربة مستخلص نبات النيم *Melia azedarach* على يرقات الجراد المغربي. أثر مباشرة عليها حيث توقفت اليرقات على النمو وموتها بعد ذلك. بينت الدراسة أن شعيرات الاستشعار الموجودة في قرون الاستشعار و الفم هي موجودة أكثر عند الذكور من الإناث. إن دراسة النظام الغذائي بينت أن الجراد المغربي يأكل كل النباتات الموجودة في محيطه مع اختياره لبعض النباتات مثل Poaceae (graminées). أن دراسة تأثير فطر *Metarhizium anisopliae* و Triflumuron على خلايا دم الجراد المغربي. بينت أن لهما تأثير على عدد كريات الدم. بينت دراسة نسبة الذكور و الإناث أن نسبة الذكور (56%) أكبر من نسبة الإناث (44%) بعد دراسة كثافة البيض في منطقة التكاثر بينت أن عدد عراجين البيض هي 71,33 في المتر المربع أما عدد البيض هو حوالي 30 بيضة في كل عرجون. بينت دراسة مدة نمو يرقات الجراد المغربي أن المدة تراوحت بين 32 و 34 يوم ابتداء من فقس البيض حتى ظهور المجنحات.

**كلمات المفتاح:** *Melia azedarach* ، *Metarhizium anisopliae* ، *Dociostaurus maroccanus* ، Triflumuron المكافحة البيولوجية ، المكافحة بالفطريات، الحالة المظهرية للجراد.