

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| 1. Introduction..... | 1 |
| 2. Matériel et Méthodes..... | 6 |
| 2.1. Les blattes..... | 6 |
| 2.2. Inventaire des blattes forestières..... | 6 |
| 2.2.1. Technique de récolte..... | 6 |
| 2.2.2. Présentation des zones d'étude..... | 7 |
| 2.2.3. Les indices écologiques..... | 14 |
| 2.2.4. Analyse en composantes principales (ACP) | 17 |
| 2.2.5. Etude de l'habitat naturel des blattes..... | 17 |
| 2.3. Inventaire des blattes urbaines..... | 19 |
| 2.3.1. Technique de récolte..... | 19 |
| 2.3.2. Les sites urbains..... | 19 |
| 2.3.3. Exploitation des résultats..... | 20 |
| 2.4. Etude toxicologique..... | 20 |
| 2.4.1. <i>Blattella germanica</i> (Linnaeus, 1767)..... | 20 |
| 2.4.2. Elevage..... | 22 |
| 2.4.3. Azadirachtine..... | 22 |
| 2.4.4. <i>Peganum harmala</i> | 23 |
| 2.4.5. Elevage des adultes isolé..... | 25 |
| 2.4.6. Traitement..... | 25 |
| 2.4.7. Etude du comportement sexuel..... | 26 |
| <i>Effet du traitement sur l'attractivité sexuelle</i> | 26 |
| <i>Effet du traitement sur les séquences du comportement sexuel</i> | 27 |
| 2.4.8. Analyse statistique des données..... | 28 |
| 3. Résultats..... | 30 |
| 3.1. Inventaire des blattes forestières..... | 30 |
| 3.1.1. Les indices écologiques..... | 32 |
| 3.1.2. Analyse en composantes principales (ACP)..... | 35 |
| 3.1.3. Etude de l'habitat naturel des blattes | 44 |
| 3.2. Inventaire des blattes urbaines..... | 45 |
| 3.2.1. Les indices écologiques | 47 |
| 3.3. Etude toxicologique..... | 54 |

| | |
|--|----|
| 3.3.1. Effet de l’Azadirachtine sur la mortalité de <i>B. germanica</i> | 54 |
| 3.3.2. Effet des extraits aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> sur la mortalité de <i>B. germanica</i> | 56 |
| 3.3.3. Etude du comportement sexuel..... | 58 |
| <i>Effet du traitement sur les séquences du comportement sexuel</i> | 58 |
| ➤ Effet de l’Azadirachtine (0,5 µg/ml)..... | 58 |
| ➤ Effet de l’extrait aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> (700 µg/ml) | 64 |
| <i>Effet du traitement sur l’attractivité sexuelle</i> | 73 |
| ➤ Effet de l’Azadirachtine (0,5 µg/ml)..... | 73 |
| ➤ Effet de l’extrait aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> (700 µg/ml)..... | 74 |
| 4. Discussion | 76 |
| 5. Conclusion | 93 |
| 6. Références bibliographique | 95 |
| Résumé | |
| Abstract | |
| الملخص | |
| Annexe | |

Liste des tableaux

| N° | Titre | Page |
|----|--|------|
| 1 | Températures moyennes mensuelles de la région de Aflou et la région de Djelfa (2005-2014). | 8 |
| 2 | Précipitations moyennes mensuelles de la région de Aflou et de la région de Djelfa (2005-2014). | 9 |
| 3 | Humidité relative moyenne mensuelles de la région de Djelfa (2005-2014). | 9 |
| 4 | Les concentrations utilisées pour le traitement des adultes de blattes. | 26 |
| 5 | Concentrations sub-létaux d'Azadirachtine et <i>P. harmala</i> . | 26 |
| 6 | Richesse totale et richesse moyenne dans les deux sites d'étude. | 33 |
| 7 | Classement des espèces selon leur fréquence d'occurrence (F). | 34 |
| 8 | Les valeurs de l'indice de Shannon et l'indice d'Equitabilité. | 34 |
| 9 | Phénogramme des espèces recensées dans la forêt d'El-Khnegue (Aflou). | 35 |
| 10 | Phénogramme des espèces recensées dans la forêt de Sénalba Chergui (Djelfa). | 35 |
| 11 | Composition des différentes couches de la litière. | 44 |
| 12 | Composition physicochimique de la litière. | 44 |
| 13 | Taux des compositions physicochimique du sol. | 45 |
| 14 | Pourcentage et le nombre total des espèces récoltées dans les sites urbains. | 48 |
| 15 | Classement des espèces urbaines selon leur fréquence d'occurrence (F). | 48 |
| 16 | Phénogramme des espèces récoltées dans le milieu urbain (région de Laghouat). | 49 |
| 17 | Taux de mortalité des mâles de <i>B. germanica</i> traités par l'Azadirachtine. | 54 |
| 18 | Taux de mortalité des femelles de <i>B. germanica</i> traités par l'Azadirachtine. | 55 |
| 19 | Concentrations létale de l'Azadirachtine. | 55 |
| 20 | Temps létaux de l'Azadirachtine. | 56 |
| 21 | Taux de mortalité des mâles de <i>B. germanica</i> traités par les extraits aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> . | 56 |
| 22 | Taux de mortalité des femelles de <i>B. germanica</i> traitées par les extraits aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> . | 57 |
| 23 | Concentrations létale des extraits aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> . | 57 |
| 24 | Temps létaux des extraits aqueux de fleurs de <i>P. harmala</i> . | 58 |
| 25 | Effet de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur le taux de réussite des accouplements de <i>B. germanica</i> . | 58 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 26 | Effet de l'extrait aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> (700 µg/ml) sur le taux de réussite des accouplements chez <i>B. germanica</i> . | 64 |
| 27 | Effet de l'extrait aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> (700 µg/ml) sur la fertilité des oothèques. | 73 |
| 28 | Taux d'attractivité des adultes de <i>B. germanica</i> traités avec la concentration sublétale de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml). | 74 |
| 29 | Comparaison entre l'attractivité des adultes de <i>B. germanica</i> témoins et traités avec l'Azadirachtine (0,5 µg/ml). | 74 |
| 30 | Taux d'attractivité des adultes de <i>B. germanica</i> traités avec la concentration sublétale de l'extrait aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> (700 µg/ml). | 75 |
| 31 | Comparaison entre l'attractivité des adultes de <i>B. germanica</i> témoins et traités avec l'extrait aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> (700 µg/ml). | 75 |

Liste des figures

| N° | Titre | Page |
|-----------|--|-----------|
| 1 | Situation géographique des zones d'étude. | 8 |
| 2 | Diagramme Ombrathermique de Gaussen (2005-2014). | 10 |
| 3 | Climagramme pluviothermique d'Emberger (2005-2014). | 11 |
| 4 | La forêt d'El-Khneque à Aflou. | 13 |
| 5 | La forêt Sénelba Chergui à Djelfa. | 14 |
| 6 | La région de Laghouat. | 19 |
| 7 | Cycle de développement de <i>Blattella germanica</i> . | 21 |
| 8 | Élevage de masse de <i>B. germanica</i> . | 22 |
| 9 | Formulaire chimique de l'Azadirachtine. | 23 |
| 10 | Différentes parties de la plante <i>P. harmala</i> . | 24 |
| 11 | Élevage larves âgées de <i>B. germanica</i> . | 25 |
| 12 | Tube en forme de « Y » olfactomètre bidirectionnel. | 28 |
| 13 | Densité des blattes récoltées durant les trois années d'étude. | 30 |
| 14 | Densité mensuelle des blattes récoltées dans les deux sites. | 31 |
| 15 | Répartition des blattes par stade de développement dans les deux sites d'étude. | 32 |
| 16 | Abondance relative (f_i) des espèces récoltées dans les deux sites. | 33 |
| 17 | Analyse des composantes principales des espèces de blattes dans les sites d'étude. | 36 |
| 18 | Les critères d'identification de l'espèce <i>L. ovolobata</i> . | 37 |
| 19 | Les critères d'identification de l'espèce <i>L. decipiens</i> . | 38 |
| 20 | Les critères d'identification de l'espèce <i>Ectobius sp.</i> | 39 |
| 21 | Les critères d'identification de l'espèce <i>D. nigriventris</i> . | 40 |
| 22 | Les critères d'identification de l'espèce <i>D. stenoptera</i> . | 41 |
| 23 | Les critères d'identification de l'espèce <i>Ph. zebra</i> . | 42 |
| 24 | Les critères d'identification de l'espèce <i>Ph. trivittata</i> . | 43 |
| 25 | Densité des blattes urbaines durant les trois années d'étude. | 45 |
| 26 | La répartition mensuelle des blattes récoltées pendant la période d'étude. | 46 |
| 27 | Structure du peuplement des blattes récoltées dans le milieu urbain. | 46 |
| 28 | Ration des espèces récoltées dans le milieu urbain. | 47 |
| 29 | Les critères d'identification de l'espèce <i>P. americana</i> . | 50 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 30 | Les critères d'identification de l'espèce <i>P. australasiae</i> . | 51 |
| 31 | Les critères d'identification de l'espèce <i>S. longipalpa</i> . | 52 |
| 32 | Les critères d'identification de l'espèce <i>B. germanica</i> . | 53 |
| 33 | Effet de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur le temps (secondes) du premier contact antennaire. | 59 |
| 34 | Effet de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur le temps (secondes) de la première parade. | 60 |
| 35 | Effet de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur le nombre de parade. | 61 |
| 36 | Effet de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur le temps (secondes) du premier léchage. | 62 |
| 37 | Effet de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur le nombre de léchage. | 62 |
| 38 | Effet de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur la tentative d'accouplement. | 63 |
| 39 | Effet de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur la durée (secondes) de l'accouplement. | 64 |
| 40 | Effet de l'extrait aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> (700 µg/ml) sur le temps (secondes) du premier contact antennaire. | 65 |
| 41 | Effet de l'extrait aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> (700 µg/ml) sur le temps (secondes) de la première parade. | 66 |
| 42 | Effet de l'extrait aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> (700 µg/ml) sur le nombre de parade. | 67 |
| 43 | Effet de l'extrait aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> (700 µg/ml) sur le temps (secondes) de premier léchage. | 68 |
| 44 | Effet de l'extrait aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> (700 µg/ml) sur le nombre de léchage. | 69 |
| 45 | Effet de l'extrait aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> (700 µg/ml) sur le temps (secondes) de la première tentative d'accouplement. | 70 |
| 46 | Effet de l'extrait aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> (700 µg/ml) sur le nombre de tentative d'accouplement. | 71 |
| 47 | Effet de l'extrait aqueux des fleurs de <i>P. harmala</i> (700 µg/ml) sur la durée (secondes) de l'accouplement. | 72 |

INTRODUCTION

1. Introduction :

Les insectes sont très étudiés en raison de leur impact sur la santé humaine et animale, sur les cultures et l'habitat. Ils sont caractérisés par leur abondance, leur diversité et leur étendue géographique (Kaiser, 1999). Parmi ces insectes, les blattes qui appartiennent à l'ordre des Dictyoptères et qui ont évolués à partir d'un plan de base assez simple chez les insectes : yeux à facettes non spécialisées, pièces buccales broyeuses non spécialisées et deux paires d'ailes parfois fonctionnelles. Ce sont des espèces ovipares, leur taille peut atteindre jusqu'à 60 millimètres et leur forme peut être soit aplatie, soit complètement cylindrique (Koehler & Patterson, 1987). Dans tous les cas, elles sont reconnaissables à leur tête repliée sous le corps, front en avant et bouche en arrière (Guthrie & Tindall, 1968 ; Monk & Pembrok, 1987). Elles se sont développées il y a environ 400 millions d'années dont les formes fossiles sont assez comparables aux espèces actuelles et comptent plusieurs milliers d'espèces de par le monde (Koehler & Patterson, 1987). Plusieurs espèces sont adaptées à la vie dans tous les milieux tropicaux et subtropicaux et aux milieux tempérés et d'autres espèces sont fouisseuses dans le sable des déserts (Ebling, 1978).

Les blattes sont abondantes dans les forêts, de formes très variées et largement répandues à travers le monde (Grandcolas, 1998) ; mais restent mal connues (Grandcolas, 2000). Les blattes sont des espèces omnivores, qui s'accommodeent à toutes sortes de nourriture (Gordon, 1996). Dans les forêts, elles se nourrissent de débris végétaux et participent ainsi à la décomposition des feuilles et à la formation de l'humus (Habbachi, 2013). Au niveau du bassin méditerranéen Chopard (1951) a recensé 46 espèces forestières.

Seulement une vingtaine des espèces de blattes est identifiée comme des domestiques (Garfield, 1990). Les blattes domestiques que la langue populaire nomme indifféremment « cafards, bakhouche, grelou », vivent la nuit et se cachent le jour dans les endroits obscures. Leur régime est omnivore, elles ont une grande résistance au jeûne, qui peut durer plusieurs semaines, mais par contre, elles ont besoin de l'eau ce qui explique leur préférence des milieux humides (Gordon, 1996 ; Grandcolas, 1998). Les espèces les plus représentatives et les plus adaptées au voisinage de l'homme sont : *Blattella germanica* (la blatte germanique), *Supella longipalpa* (la blatte rayée) (Cornwell, 1968 ; 1976 ; Gordon, 1968 ; Guillaumin *et al.*, 1969), *Blatta orientalis* (la blatte orientale) et *Periplaneta americana* (la blatte américaine) (Cornwell, 1968).

L'inventaire des espèces africaines est loin d'être complet. En Afrique du Nord, peu de recherches ont été effectuées sur la faune des Orthoptéroïdes et plus particulièrement sur les Dictyoptères. Chopard (1929, 1943) réalise une description et une identification de la faune des Orthoptéroïdes y compris les blattes. En Algérie, peu de travaux ont été réalisés concernant ce sujet, pour l'inventaire des blattes forestières nous citons les travaux de Cherairia (2004), Bouachria (2005) et Habbachi (2013) et pour l'inventaire des blattes domestiques ceux de Habes (2006) et Habbachi (2013), mais ces derniers restent limités à la région du Nord-est Algérienne.

Le premier objectif de ce travail est d'établir un inventaire des différents peuplements de blattes du sud algérien afin de cerner la distribution et recenser les différentes espèces existant dans les milieux forestiers et urbains. L'inventaire est réalisé dans la pinède de Aflou (site d'El-Khnegue), la pinède de Djelfa (site de Sénalba Chergui) et dans les différents endroits urbains de la wilaya de Laghouat (hôpital Ahmida Ben-Adjila, habitations (maisons et résidence universitaire)).

La prolifération des blattes dans les milieux urbains constitue aujourd'hui un important problème en terme d'hygiène et de santé humain (Le Guyarder *et al.*, 1989 ; Cloarec *et al.*, 1992; Rivault *et al.*, 1993); en effet, ces insectes sont non seulement des vecteurs d'agents pathogènes pour l'homme mais contaminent également les produits alimentaires par leur odeur caractéristique et leurs défécations (Monk & Pembrok, 1987 ; Robert, 1996 ; Grandcolas, 1998).

Les blattes circulent d'un bâtiment à un autre ou pénètrent en abondance dans des habitations à partir des caniveaux, des réseaux d'égouts et des latrines. Comme elles se nourrissent aussi bien des déchets que des aliments de l'homme, elles peuvent propager des germes pathogènes (Roth & Willis, 1957 ; Cornwell, 1968). Les blattes peuvent héberger et disséminer de nombreux organismes pathogènes, en particulier les agents d'infections intestinales, et sont responsables de plusieurs maladies tel que la fièvre typhoïde, choléra, dysenterie bacillaire et amibienne et helminthiases (Ascaris, Trichocéphales, ... etc.). Elles véhiculent aussi les bactéries, les kystes d'amibes ou œufs de Nématodes sur leurs pièces buccales et leurs pattes ou elles les ingèrent avec les matières organiques dont elles se nourrissent puis elles les rejettent avec leurs excréments. Elles sont, même, incriminées dans la transmission de la tuberculose, de la lèpre, ... etc. Expérimentalement, elles peuvent conserver vivants certains virus, tel celui de la fièvre jaune (Rageau & Cohic, 1956)

Pour lutter contre ces insectes, l'homme déploie des efforts considérables, est à la recherche de nouvelles méthodes physiques, chimiques et biologiques afin de limiter leur prolifération. L'utilisation des pièges à glue est un moyen de lutte physique, qui permet de découvrir la présence de blattes, mais leur durée d'efficacité n'est que l'environ d'un mois et demi (Appel, 1990 ; Kim *et al.*, 1995 ; Lyon, 1997). La lutte chimique reste, pour des raisons économiques et de facilité de mise en œuvre, la méthode la plus utilisée. Néanmoins, l'application abusive et répétée des insecticides chimiques conventionnels fait apparaître une pollution de l'environnement et a fait apparaître chez les blattes et particulièrement, chez *B. germanica*, un phénomène de résistance (Ofuya & Okuku, 1994 ; Valles *et al.*, 2000 ; Fulton & Key, 2001 ; Yu *et al.*, 2003 ; Kristensen *et al.*, 2005 ; Yang *et al.*, 2009). Cette résistance se traduit par des modifications physiologiques, biochimiques et comportementales (Cochran, 1990 ; 1991, Sharf *et al.*, 1997 ; Saito & Hama, 2000, Wang *et al.*, 2006). Les insecticides ont provoqué également des perturbations, non seulement dans l'environnement et au niveau de plusieurs systèmes physiologiques tels que la croissance, la reproduction et le métabolisme de quelques organismes non visés (Gagné *et al.*, 1999) mais aussi, chez l'homme par des effets toxiques indésirables qui se traduisent par des phénomènes cancérogènes (El-sayed *et al.*, 1997 ; Ishaaya & Horowitz, 1998)

La lutte contre les insectes nuisibles nécessite de plus en plus l'utilisation de molécules nouvelles, sélectives, non toxiques pour les organismes utiles, biodégradables et ne provoquant pas une résistance chez les espèces cibles (Idrissi Hassani & Hermas, 2008). La recherche a permis de développer des insecticides moins toxiques et/ou plus spécifiques, comme les phéromones (Blomquist *et al.*, 2005), les régulateurs de croissance (Horowitz & Ishaaya, 2002 ; Dhadialla *et al.*, 2005) et la lutte biologique. La lutte biologique consiste à détruire les insectes nuisibles par l'utilisation rationnelle de leurs ennemis naturels appartenant soit au règne animal soit au règne végétal (Lacey & Orr, 1994).

En Algérie la blatte germanique, est l'espèce domiciliaire la plus commune du fait de sa tendance à proliférer et de sa facilité d'adaptation (Willis *et al.*, 1985). Des compagnes de désinsectisation par des produits chimiques ont été largement répandus pendant plusieurs d'années pour contrôler leurs infestations (Habes *et al.*, 2006 ; 2013). Plusieurs catégories des pesticides ont été évalué contre *B. germanica*: acide borique (insecticide inorganique) (Habes *et al.*, 2006 ; Kilani-Morakchi *et al.*, 2009a), halofenozide et tebufenozide, agonistes d'ecdystéroïde (Maiza *et al.*, 2004 ; Kilani- Morakchi *et al.*, 2009b, 2009c), indoxacarb et

benfuracarb (Maiza *et al.*, 2004, 2010). Enfin des essais biologiques ont été réalisés par le spinosad (Habbachi *et al.*, 2010 ; Maiza *et al.*, 2011) et *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*Btk*) (Habbachi, 2013).

Actuellement, la lutte contre les insectes entre dans une nouvelle phase où le monde botanique fournit des moyens de lutte en meilleure harmonie avec l'environnement. Les composés naturels issus des plantes et leurs dérivés devraient pouvoir réduire sensiblement les pertes subies par les plantes cultivées et la forêt. Ils devraient aussi servir de base pour la mise au point de nouvelles molécules capables d'anéantir les vecteurs de maladies (Miller & Miller, 1986). On peut donc envisager la mise au point d'insecticides plus spécifiques, non toxiques pour les organismes non-visés, biodégradables et moins susceptibles de provoquer la résistance chez les espèces cibles (Saxena, 1988).

Dans le présent travail nous avons étudié l'effet de bioinsecticides : l'Azadirachtine et les extraits aqueux des fleurs de *Peganum harmala* contre la blatte germnaique.

L'Azadirachtine peut induire des effets multiples sur de nombreuses espèces parasites, telles que l'anti-appétance, régulation de la croissance, la suppression de fécondité et la stérilisation, l'attractivité et un effet sur l'oviposition (Schmutterer, 1990 ; Rembold, 1994 ; Mordue & Blackwell, 1993, Nasseh *et al.*, 1992). Ces effets ont été établis chez plusieurs espèces de blattes par l'administration orale ou topique d'Azadirachtine (Qadri & Narsaiah, 1978; Shafeek *et al.*, 2004 ; Prabhakaran & Kamble, 1996 ; Tine *et al.*, 2011).

Peganum harmala (L.) est une plante toxique qui possède de nombreuses vertus thérapeutiques (Ahmad *et al.*, 1992 ; Zaïdi & Munir, 1995 ; Bellakhdar, 1997). C'est une plante très toxique pour les animaux et l'homme en particulier (El Bahri & Chemli, 1991; Bruneton, 1993; Bellakhdar, 1997), Elle est riche en alcaloïdes indoliques (Munir *et al.*, 1995) testés contre les criquets (Abbassi *et al.*, 2003a,b,c ;Abbassi *et al.*, 2005 ; Idrissi Hassani & Hermas, 2008)

Dans ce travail, nous avons évalué la toxicité des bioinsecticides d'origine végétale l'Azadirachtine et l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* sur les adultes de *B. germanica*, cette étude toxicologique est suivie par une étude comportementale, olfactive et sexuelle, sur ces insectes traités.

Après une étude de la toxicité des ces deux biopesticides sur la blatte germanique et afin de mieux cerner l'effet direct et/ou différé de ces deux produits, nous nous sommes penchés sur l'effet potentiel de l'Azadirachtine et l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* sur les différentes phases comportementales conduisant à l'accouplement, et ce, en utilisant des concentrations sublétales. Nous avons, aussi, évalué l'effet des produits sur l'attractivité sexuelle et grégaire des insectes.

MATERIEL ET METHODES

2. Matériel et Méthodes :

2.1. Les blattes :

Les blattes constituent le groupe le plus ancien des insectes, elles existent depuis la période carbonifère (Koehler & Patterson, 1987). Elles sont propagées partout dans le monde et se sont acclimatées à tous les milieux (Ebling, 1978). Parmi les espèces identifiées, 4000 se sont adaptées aux conditions de vie urbaine et certaines sont qualifiées de domestiques (Schal *et al.*, 1984 ; Garfield, 1990). Elles sont susceptibles de transporter des agents pathogènes pour l'homme (Rivault *et al.*, 1993).

Les blattes ont un développement hétérométabole (à métamorphose incomplète) passent par trois stades : l'œuf, la larve et l'adulte. La durée de développement est très variable selon les espèces ; elle varie également au sein d'une même espèce en fonction des conditions de vie et de la nourriture (Chopard, 1943 ; Gordon, 1996).

Ce sont des insectes fortement nocturnes et hygrophiles, vivant surtout dans les bois, sous les pierres et les feuilles sèches; certaines espèces ont tendance à pénétrer dans les grottes et quelques espèces exotiques montrent une adaptation très marquée à la vie cavernicole (Chopard, 1922 ; 1943 ; 1951).

Plusieurs espèces de blattes préfèrent les milieux forestiers. Les blattes occupent une importante place dans la chaîne alimentaire, elles sont omnivores de toute matière organique et elles décomposent et minéralisent les fragments végétaux morts (bois, litière, excréta et cadavres des animaux). Par ailleurs, les blattes forestières sont considérées comme des espèces bio-indicatrices de la bonne santé de l'écosystème forestier (Chopard, 1943). Chopard (1951) y ait recensé plus de 54 espèces de blattes, dont 46 espèces forestières.

2.2. Inventaire des blattes forestières :

2.2.1. Technique de récolte :

Le manque d'informations concernant les blattes vivantes dans les forêts algériennes nous a conduits à faire un inventaire de ces espèces courantes que l'on peut trouver dans nos forêts. Les blattes ont été récoltées dans les pinèdes de sud algérienne dans la région de Aflou (El-Khnegue) et la région de Djelfa (Sénalba Chergui) (Fig.1).

La capture se fait périodiquement par fouille par une personne pendant une heure la matinée sous les pierres et dans la litière. Les individus récoltés sont mis dans des tubes en plastique remplis en alcool et emmenés au laboratoire afin d'être déterminé grâce aux clés d'identification de Chopard (1943 ; 1951) puis les résultats sont confirmés par Horst BOHN (Muséum de Collection zoologique, Munich, Allemagne).

2.2.2. Présentation des zones d'étude :

Les zones retenues pour la récolte des blattes forestières sont celles de Aflou et de Djelfa. Les deux régions font partie des hauts plateaux du centre algérien. Sont caractérisées par un climat semi-aride avec l'existence de deux saisons, l'une sèche et chaude l'autre pluvieuse et froide.

La région de Aflou est rattachée à la wilaya de Laghouat et distante d'elle de 110 km. Cette ville est à 1400 m d'altitude et se situe au Nord-Ouest du chef lieu de la Wilaya. Elle est limitée entre 34°06' de latitude Nord et 2°05' de longitude Est (S.A.A, 2010). Cette ville se situe sur les monts de l'Atlas saharien, au cœur de Djebel Amour (d'après le Bureau d'Etude Hydraulique et Génie Rural en 2007) (Fig.1).

La région de Djelfa est le synclinal qui occupe la partie centrale de l'Atlas Saharien. Elle s'étend sur une superficie de 32 311,71 km² et se situe à 300 km au Sud d'Alger. Djelfa est comprise entre 34°40' de latitude Nord et 3°15' de longitude Est. Sa situation géographique lui confère une place privilège ; elle est limitée au Nord par Médéa et Tissemsilt, à l'Est par M'sila et Biskra, à l'Ouest par la Wilaya de Laghouat et de Tiaret et au Sud par Ouargla, El Oued et Ghardaïa (C.F.D, 2015) (Fig.1).



Figure 1. Situation géographique des zones d'étude

D'après les valeurs de la température enregistrées, la région de Aflou est plus froide que Djelfa. La température moyenne de la région de Aflou est 12,12°C, avec une valeur mensuelle minimale de -3,7°C enregistrée au mois de janvier et une valeur maximale de 35°C enregistrée en août (O.N.M.L., 2015). Par contre, dans la région de Djelfa la valeur mensuelle minimale est de 0,34°C enregistrée en janvier, la valeur maximale est de 34,8°C enregistrée au mois de juillet alors que la température annuelle moyenne est de 15,5°C (O.N.M.D., 2015) (Tab.1).

Tableau1: Températures moyennes mensuelles de la région de Aflou et la région de Djelfa (2005-2014).

| | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Aout | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Moy. |
|---------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| Aflou | 3,04 | 2,64 | 6,24 | 11,26 | 15,28 | 19,74 | 23,48 | 22,77 | 17,13 | 13,11 | 7,1 | 3,6 | 12,12 |
| Djelfa | 5,11 | 5,62 | 9,23 | 13,26 | 17,98 | 23,24 | 27,73 | 26,74 | 21,11 | 16,16 | 9,46 | 5,63 | 15,11 |

Dans les deux régions d'étude, les pluies sont irrégulières et sont souvent sous forme d'orage. Les précipitations annuelles cumulées dépassent 300 mm par ans dans les deux régions (Tab. 2). A Aflou le mois le plus sec est août et le mois le plus humide est le mois d'avril (Tab.) (O.N.M.L, 2015). Durant les dix dernières années, environ 37 mm de précipitations enregistrée au mois de Mai dans la région de Djelfa (Tab.2) (O.N.M.D., 2015).

Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles de la région de Aflou et de la région de Djelfa (2005-2014).

| | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Aout | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Cum. |
|---------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|
| Aflou | 28,0 | 32,6 | 30,6 | 36,7 | 28,8 | 13,6 | 15,6 | 7,6 | 44,6 | 26,1 | 35,4 | 24,7 | 324,3 |
| Djelfa | 21,7 | 26,7 | 33,2 | 33,7 | 37,1 | 19,7 | 12,9 | 23,8 | 26,4 | 26,6 | 27,8 | 24,5 | 314 |

Le taux d'humidité relative varie d'une région à l'autre. Dans la région de Aflou, l'humidité annuelle est de 53 %, les valeurs extrêmes sont 73% pendant le mois de décembre et 32% durant le mois de juillet et août (O.N.M.L, 2010). La moyenne d'humidité annuelle dans la région de Djelfa est de 59% dont le mois de Décembre est le plus humide (81%) et on enregistre le minimum au mois d'août par un taux de 36% (O.N.M.D, 2015) (Tab. 3).

Tableau 3 : Humidité relative moyenne mensuelles de la région de Djelfa (2005-2014)

| | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Aout | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Moy. |
|---------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|
| Djelfa | 75,4 | 74,7 | 66,9 | 59,9 | 52,4 | 42,2 | 34,2 | 36,1 | 54,9 | 64,1 | 73,9 | 81,1 | 59,65 |

Les vents jouent un rôle important dans le système climatique et affectent le développement des végétaux. Dans les deux régions les vents sont caractérisés par le « Siroco » (vent chaud, sec et desséchant venant du Sahara se manifestant par l'érosion éolienne provoquant une évaporation intense). Dans la région de Aflou, les vents dominants sont de direction Nord-Ouest, modérés à forts en hiver, soufflant une grande partie de l'année. En période estivale, les vents sont d'origine Sud-Ouest et Sud-est (O.N.M.L., 2010). La région de Djelfa a des vents dominants d'une direction Sud-Ouest et Nord ; ils sont généralement froids et frais (O.N.M.D., 2015).

Le diagramme ombrothermique est un graphique représentant les caractéristiques d'un climat local par la superposition des figures exprimant d'une part les précipitations et d'autre part les températures (Dalage & Métaillé, 2000).

Selon le diagramme ombrothermique le climat des deux régions est caractérisé par deux périodes climatiques, une période sèche en été (juin-Août) et une période humide qui s'étale sur les mois de Septembre jusqu'à le mois de Mai (Fig. 2).

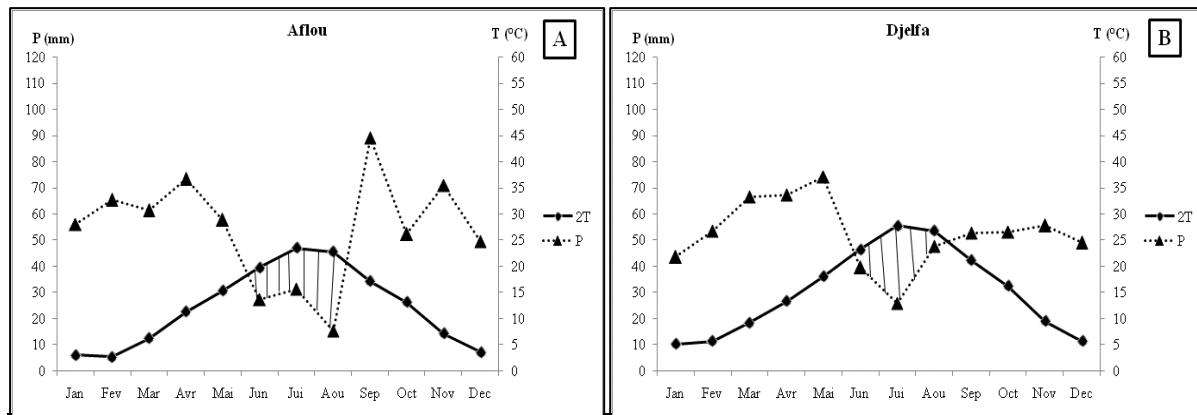


Figure 2. Diagramme Ombrothermique de GausSEN (2005-2014)

(La zone rayée est la période sèche) [A : Aflou ; B : Djelfa]

Ainsi que le climagramme d'Emberger permet de connaître la classification des différents climats méditerranéens (Dajoz, 1985; 2003). Cette classification fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représenté par le quotient pluviothermique Q_2 ordonnées et d'autre part la moyenne des températures minimales du mois le plus froids (m) en abscisse. Il est défini par la formule simplifiée de Stewart (1969).

La valeur Q_2 de la région de Aflou est 28,74 donc elle est classée dans l'étage bioclimatique Semi-aride à hiver très froid. 31,21 est la valeur Q_2 de la région de Djelfa, donc elle est situés dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (Fig.3).

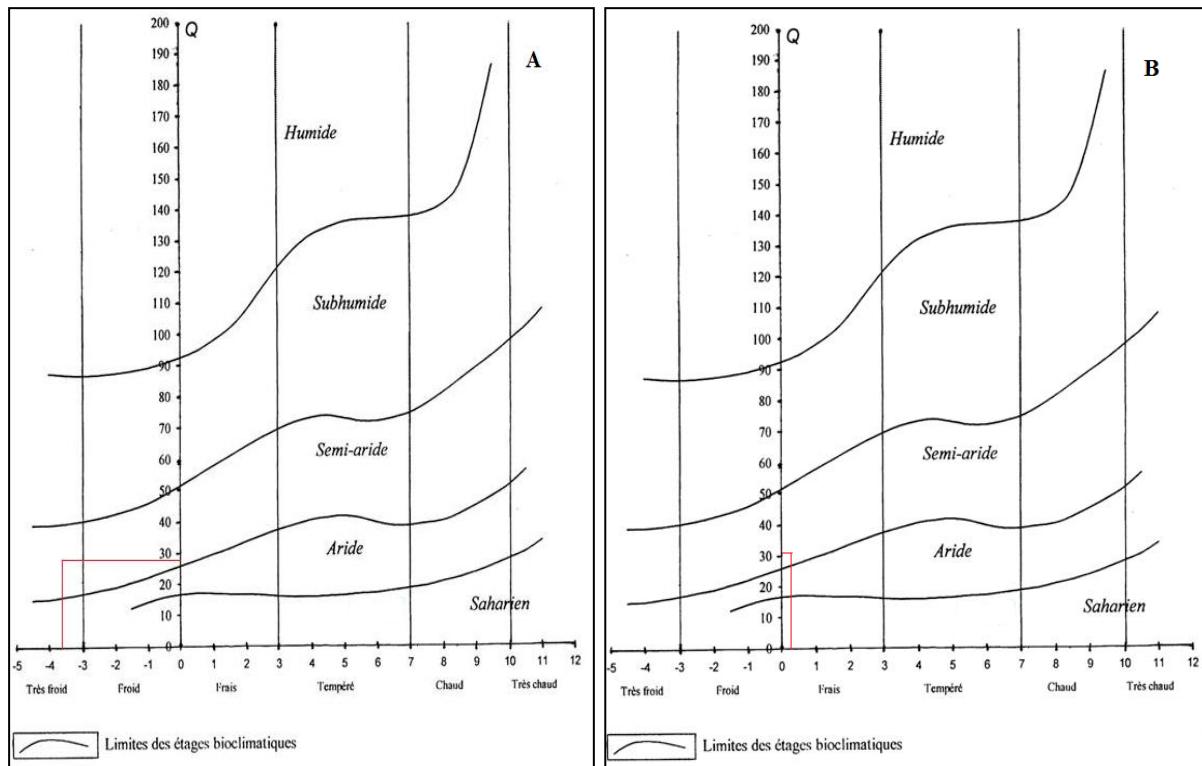


Figure 3. Climagramme pluviothermique d'Emberger (2005-2014). [A : Aflou B : Djelfa]

L'indice d'aridité (Aa) est le rapport entre la pluie annuelle (en millimètre) et la température moyenne ($^{\circ}\text{C}$) auquelle on ajoute 10 (Ozenda, 1982). Selon prévost (1999), si $\text{Aa} < 10$ le climat est très sec, si $\text{Aa} < 20$ le climat est sec, $20 < \text{Aa} < 30$ le climat est humide et $\text{Aa} < 30$ le climat est très humide.

Aflou et Djelfa sont des régions à un climat sec, l'indice d'aridité de la région de Aflou est de 14,67 et celui de Djelfa est 12,50.

Les sites forestiers de récolte des blattes :

L'étude est effectuée dans deux sites forestiers caractérisés par l'abondance des arbres du pin d'Alep. Dans la région de Aflou, il s'agit de la forêt de El-Khnegue et à Djelfa la récolte a été faite dans la forêt de Sénalba Chargui (Telibi, 2004)

➤ *La forêt de El- Khnugue (Aflou) :*

Le site d'étude est situé à 10 km au Nord-Est du centre de Aflou, au cœur des monts de Djebel Amour (Zerarka, 1983). Dans cette forêt, l'essence principale est le pin d'Alep et les essences secondaires sont le chêne-vert, le Genévrier oxycèdre et l'alfa. Selon Stamboul (2004), le site de El-Khnegue couvre les deux tiers Nord-Ouest de la région, il vient de Tell

par la route national N°23 qui relie Tiaret à Aflou, il s'élève assez rapidement au dessus de la steppe en un glacis de pente assez forte et parfois raviné (Stamboul, 2004) (Fig.4).

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) est action de reboisement dans la région de transition entre les piedmonts encroutés de la bordure nord de l'Atlas saharien qui s'inscrit dans le grand projet du barrage vert. Cette bande de reboisement peut être considérée comme zone de transition avec la steppe arborée à Genévrier de phénicie (*Juniperus phoenicea*), Genévrier oxycedre (*Juniperus oxycedrus*), et le chêne-vert (*Quercus ilex*) qui provient de la dégradation plus ou moins récente de formations forestières primitives. La zone steppique ouverte est caractérisée par une végétation buissonnante typique, avec la présence de plusieurs faciès (faciès à alfa (*Stipa tenacissima*), faciès à armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) et faciès à sparte (*Lygeum spartum*) (Pouget 1980)).

Les sols de la région de Aflou sont peu humifère. Certains sont calcaires, mais la plupart sont dépourvus calcaire et donnent des sols en équilibre ou des sols insaturés sableux et légers. Dans le sud de la région les formations sableuses du tertiaire continental représentent un aquifère intérieur lorsqu'elles atteignent une épaisseur importante (Stamboul, 2004).

Selon Pouget (1980), le réseau hydrographique de faible vitalité s'organise en système endoréique dont les eaux de ruissellement sont collectées au moment des pluies. Les principaux oueds occupant la zone d'étude sont :

- À l'Ouest de Aflou, Oued Sebgag reçoit en aval plusieurs affluents pour former Oued Touil.
- Au Sud-Est de Aflou, Oued Seklafa constitue l'affluent le plus important de l'Oued M'Zi.
- Nord-occidentale du Djebel Amour, Oued Sidi Naceur.

La région de Aflou se caractérise par une diversité faunistique importante. Cela a été prouvé par la réalisation des travaux des services de la conservation des forêts en 2008. Parmi la faune sauvage la plus importante on trouve: Lièvre, Sanglier, Herisson, Gerboise, Perdix, Pigeon, Tourterelle, Grive, Merle noir, Lézard, Camille commun...etc.

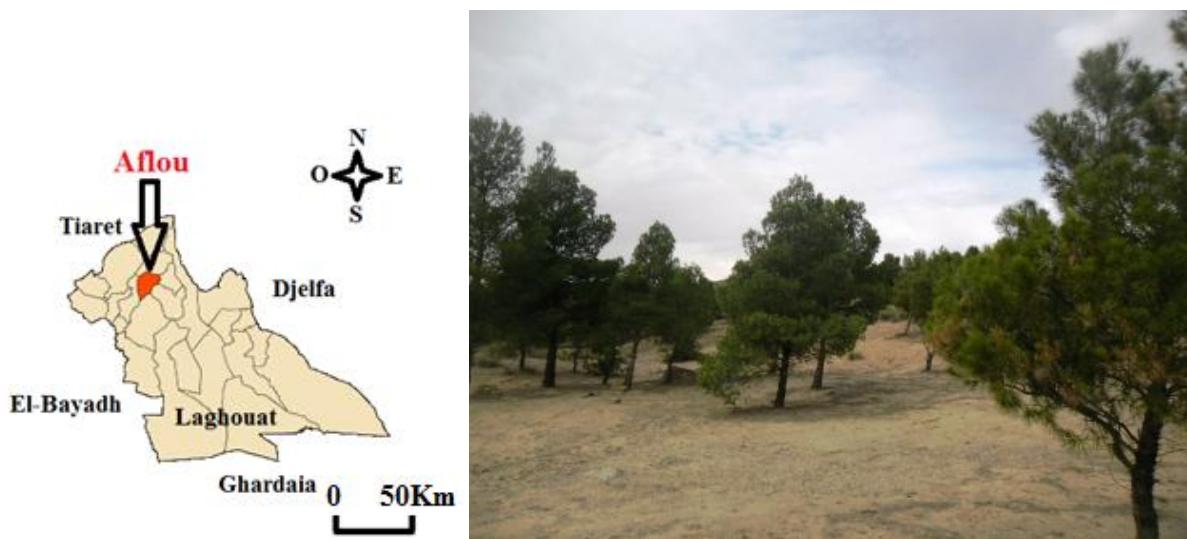


Figure 4. La forêt d'El-Khnegue à Aflou (Photos personnel)

➤ ***La forêt de Sénalba Chergui (Djelfa) :***

La forêt de Sénalba Chergui est située à 6 kilomètres au Nord-Ouest de la ville de Djelfa, comprise entre 34° 36'-42' Nord et 3° 0'-12' Est (C.F.D., 2015). La forêt de Sénalba Chergui s'étend sur une grande superficie 20 000 ha ; le plan de gestion divise la forêt en 12 séries, chaque série en parcelles et chaque parcelle en sous parcelle. La forêt de Sénalba a une altitude moyenne de 1250 m. Les monts de Sénalba Chergui font partie de la chaîne des monts d'Ouled-Nail qui constitue la partie centrale de l'Atlas Saharien (Benchrif, 2010) (Fig.5).

L'essence végétale principale de la forêt est le pin d'Alep alors que les essences secondaires sont le chêne-vert, le Genévrier oxycèdre (présente 10% du couvert végétal) et la végétation spontanée qui est très abondante (l'alfa (*Stipa tenacissim*), le romarin (*Rosmarinus tounefortii*), turbith (*Globularia alypum*) et *Cistus libanotis*).

Le sol existant calcimorphe, il est peu profond de type rendzine (B.N.E.F., 1983). La forêt de Sénalba est traversée par un grand Oued principal avec un courant d'eau constant pour une partie de l'année et par de très nombreux Oueds secondaires secs pendant presque toute l'année (Touil, 2005). L'hydrographique est constitué de nombreuses chaabets déversant dans trois directions :

- De l'Ouest vers l'Est : pour alimenter Oued Djelfa.
- De l'Est vers l'Ouest : pour alimenter Oued Oumerdjanie.
- Du Sud vers l'Est : pour Oued El Meguesmat et Oued Amgar.

La faune de la région de Djelfa est constituée par plusieurs espèces, parmi les espèces les plus répandues : la perdrix gambra, le lièvre, le sanglier, le chacal, le renard, le chat sauvage, la gazelle de cuvier, la genette, la caille des blés, le pigeon ramier et la tourterelle des bois (R.C.D, 2002).

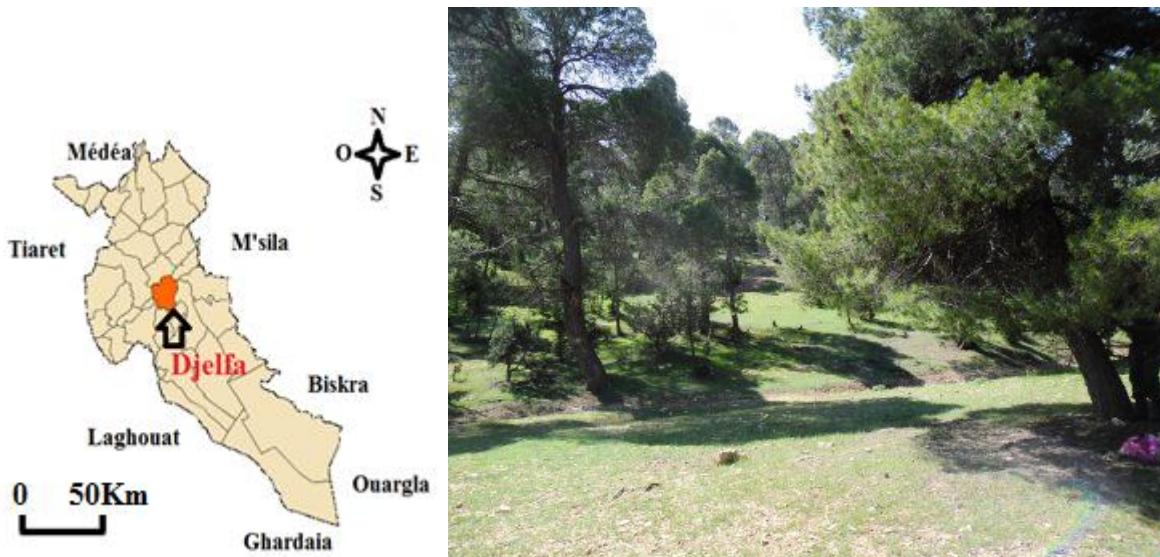


Figure 5. La forêt Sénelba Chergui à Djelfa (photos personnel)

2.2.3. Les indices écologiques:

Un peuplement se caractérise par sa composition et sa structure. Daget (1976) et Southwood (1978) proposent pour l'étude des communautés animales, surtout celle des insectes, d'effectuer des analyses de la distribution d'abondance et des indices écologiques notamment de la diversité. C'est dans ce cadre que nous avons choisis d'exploiter nos résultats par des indices écologiques.

Indices écologiques de composition :

Pour exploiter les résultats plusieurs indices écologiques de composition sont utilisés notamment la richesse spécifique (totale et moyenne), l'abondance relative et la fréquence relative.

La Richesse spécifique (totale et moyenne): Selon Ramade (1984), la richesse totale (S) est le nombre total des espèces recensées dans un peuplement considéré, c'est le nombre total d'espèces (S) trouvées au moins une fois au terme de R relevés.

Pour **la richesse moyenne** (s_m), c'est le nombre moyen d'espèces trouvées à chaque relevé. Ce paramètre exprime le nombre d'espèces les plus représentatives du milieu au sens de la fréquence de leur présence.

L'abondance relative ou fréquence relative d'une espèce (fi) : L'abondance relative des espèces est le nombre d'individus d'espèce par rapport au nombre total d'individus récoltés pour le but de connaître l'importance de chaque peuplement, exprimé en pourcentage (Zaime & Gautier, 1989).

$$fi = \frac{ni}{N} \times 100\%$$

ni : nombre d'individus d'une espèce i

N : nombre total d'individus toutes espèces

La fréquence d'occurrence ou centésimale (F) : C'est le rapport entre le nombre de prélèvement où se trouve une espèce et le nombre totale des prélèvements effectués (Dajoz, 1975 ; 1982).

$$F = \frac{ri}{R} \times 100\%$$

ri : nombre de relevés dans lequel l'espèce i est présente.

R : nombre total de relevés.

Selon Dajoz (1982) on distingue cinq catégories d'espèces. On considère qu'une espèce est accidentelle ou rare si $F < 25\%$, accessoire ou commune si $25\% \leq F < 50\%$, régulière si $50\% \leq F < 75\%$, constante si $75\% \leq F < 100\%$ et omniprésente si $F = 100\%$.

Indices écologiques de structure:

Ils expriment le mode de distribution des espèces qui composent le peuplement.

Diversité spécifique (l'indice de Shannon-Weaver) (H'): Du point de vue écologique la diversité spécifique s'explique par la répartition inégale des individus entre les espèces. Selon Ramade (1984), l'indice de Shannon-Weaver (H') permet de calculer la diversité spécifique, cet indice s'exprime en bits par individus.

$$H' = \sum_{i=0}^n \frac{ni}{N} \log_2 \frac{ni}{N}$$

N : Nombre total d'individus.

ni : Nombre d'individus de l'espèce i.

La diversité est maximale dans les peuplements où toutes les espèces ont le même nombre d'individus (Barbault, 2000). A l'inverse, un peuplement dont une espèce est majoritairement dominante affiche une valeur faible de son indice de diversité.

Une valeur élevée de cet indice correspond à un peuplement riche en espèces dont la distribution d'abondance est équilibrée. A l'inverse, une valeur faible correspond soit à un peuplement caractérisé par un petit nombre d'espèces pour un grand nombre d'individu, soit à peuplement dans lequel il y a une espèce dominante.

L'Equitabilité (E): C'est le rapport de la diversité spécifique à la diversité maximale (Ponel, 1983), calculée par la formule suivante :

$$E = H' / \log_2 S$$

E : Equitabilité

H' : Indice de Shannon-Weaver

S : Richesse spécifique

L'équitabilité varie de 0 à 1, elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce ; elle tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont une même abondance (Barbault, 1981 ; Benyacoub, 1993).

Phénogramme des espèces étudiées :

Une bonne connaissance de la biologie et de la phénologie des espèces est nécessaire pour estimer le nombre de générations annuelles, les périodes de présence des espèces et de pics de populations, etc... La phénologie est l'étude des évènements saisonniers. Dans cette étude nous avons établis le phénogramme de la répartition annuelle de différentes espèces de blattes récoltées dans les deux forêts citées précédemment.

2.2.4. Analyse en composantes principales :

Cette analyse (A.C.P) permet la description des données contenues dans un tableau individus-caractères numériques quantitatives. L'A.C.P. est une analyse non symétrique puisqu'on ne peut pas additionner deux paramètres différents. Cette méthode accepte les nombres négatifs et tient compte des valeurs nulles. L'A.C.P. s'applique aux tables de contingences, néglige les observations rares (Scherrer, 1984).

2.2.5. Etude de l'habitat naturel des blattes :

L'échantillonnage de la litière et du sol a été effectué dans les deux pinèdes (El-Khnegue et Sénalba Chergui). Dans chaque site, nous avons procédé au prélèvement des échantillons de la litière et du sol sur quatre parcelles. Dans chaque parcelle, nous avons prélevées deux couches de la litière:

- Une couche superficielle externe de 1 à 3 cm de profondeur qui est la moins décomposée par rapport à la deuxième couche puisqu'elle regroupe des aiguilles mélangées avec des rameaux.
- Une couche interne qui est au contact du sol, c'est la couche qui semble plus décomposée que la première (environ 1 cm de profondeur).

En ce qui concerne le sol nous avons prélevés deux couches:

- La couche externe juste au-dessous de la couche interne de la litière ; elle est de 2 à 3 cm de profondeur et moins humide.
- La deuxième couche est la plus humide est la plus consistante (environ 2 cm de profondeur).

Les échantillons prélevés sont mis dans des sacs hermétiques, ils seront ensuite séchés à la température de laboratoire pendant une semaine, puis utilisés pour l'étude physicochimique et la séparation physique. Les différentes couches séchées sont divisées en deux parties, la première servira à la séparation physique et la seconde sera broyée puis tamisée en une poudre de 2 mm de diamètre qui servira à l'analyse physicochimique.

La séparation physique :

La séparation physique de la litière a pour but de déterminer les proportions des fractions suivantes : aiguilles, rameaux et la fraction appelée «divers» qui rassemble les différentes parties de la litière les plus décomposées et ce pour les différentes couches de la litière des deux sites (El-Khnegue, Sénaaleba Chergui).

Analyse physicochimique :

L'analyse physicochimique de la litière et du sol des forêts d'El-Khnegue et Sénaaleba Chergui a pour but de déterminer l'humidité, le pH, la teneur en matière minérale, la teneur en matière organique et la teneur en carbone organique.

Humidité : Une petite quantité de litière fraîche est séchée à l'étuve à 105 °C pendant 24 h. La différence entre le poids frais et le poids sec nous renseigne sur la quantité d'eau retenue dans la litière.

pH : Deux gramme de poudre de la litière des deux subéraies sont mélangés à 20 ml d'eau distillée. Le pH correspond à la mesure électrométrique de ce mélange (2 g / 20 ml).

Matière minérale : Une quantité de poudre de toutes les couches est incinérée au four à moufle à 455°C pendant 4 heures. Le poids de cette poudre après l'incinération représente la quantité de la matière minérale dans chaque couche de litière.

Matière organique : Une quantité de poudre est incinérée au four à moufle pendant 4 heures à une température de 455°C, la matière organique est déduite de la différence de poids avant et après incinération de cette poudre.

Carbone organique : Sachant que la matière organique contient 58 % de carbone, la quantité de ce dernier est donc calculée à partir des résultats obtenus dans l'analyse de la matière organique et cela pour les différentes parcelles étudiées.

2.3. Inventaire des blattes urbaines :

2.3.1. Technique de récolte :

La récolte des blattes urbaines a été menée dans la wilaya de Laghouat. L'inventaire a été réalisé au niveau de l'hôpital de Ahmida Ben-Adjila (2013-2014), la résidence universitaire El-Akhaouat Badj (2013-2015) et dans les différentes maisons (2013-2015).

Pour recenser et identifier les différentes espèces qui colonisent le milieu, la récolte se fait à l'aide d'un tube (collecte manuelle des insectes) et ce dans les endroits obscures, chauds et humides (les dessous d'évier et de baignoire, derrière le gros électroménager qui dispense de la chaleur (cuisinière, moteur du réfrigérateur, machines à laver,... etc.), conduits divers (colonnes de vide ordure, bouche d'aération, chauffage, baguette électrique...), dans les recoins et charnières des placards, derrière les tapisseries ... etc.).

2.3.2. Les sites urbains :

Par sa position géographique et ces caractéristiques climatiques, la wilaya de Laghouat fait partie des wilayas du sud et l'un des neuf wilayas steppiques. Laghouat est situé au piedmont sud de l'atlas saharien, c'est la première oasis en venant du nord à 400 km de la capitale Alger. Elle est limitée au Nord et à l'Est par la wilaya de Djelfa, au Nord-ouest par les wilayas de Tiaret et d'El Bayadh et au Sud par la wilaya de Ghardaïa, et elle est située entre 33°48'N de latitude 02°53'E de longitude et à 750 m d'altitude. La wilaya s'étend sur une superficie de 25 000 km² (D.S.A., 2014) (Fig.6).

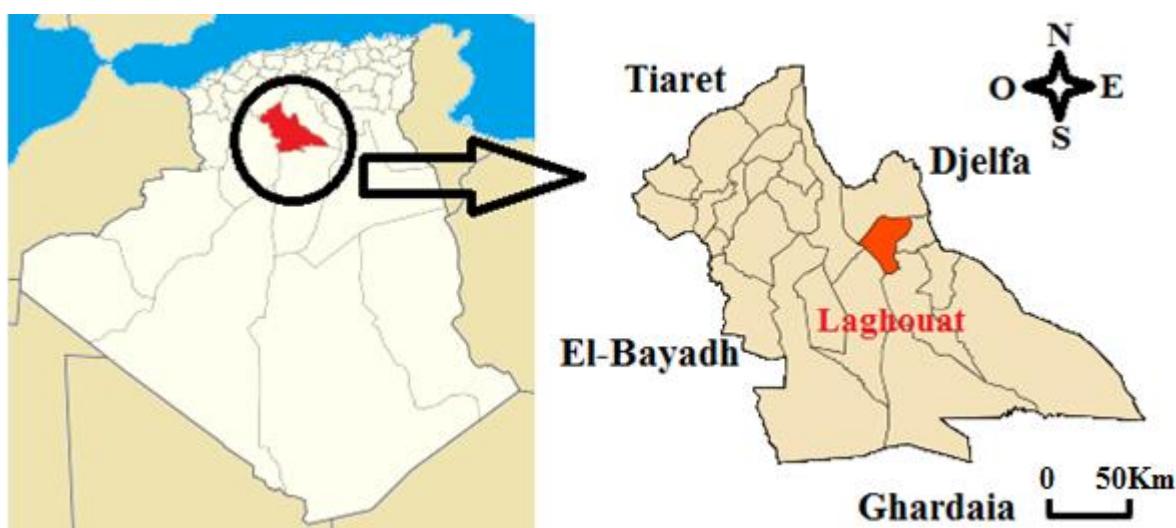


Figure 6. La région de Laghouat.

2.3.3. Exploitation des résultats :

Les résultats de l'inventaire des blattes urbaines ont fait l'objet de calcul des indices écologiques indiqués précédemment. Les mêmes indices de composition et de structure ont été calculés (richesse totale, richesse moyenne, fréquence d'occurrence, diversité spécifique et équitabilité).

2.4. Etude toxicologique :

2.4.1. *Blattella germanica* (Linnaeus, 1767) :

La famille des Blattellidae regroupe environ 1700 espèces (Gordon, 1996). Tel que *B. germanica* (L.) qui appartient l'ordre des Dictyoptères (Guillaumin *et al.*, 1969). Elle représente un vecteur potentiel de maladies comme la dysenterie, les gastroentérites, la fièvre typhoïde et la poliomyélite (Durier & Rivault, 2003).

L'espèce est de petite taille de 10 à 15 mm de longueur, omnivore et bien adaptée à la course (130 cm/seconde) grâce à ces pattes épineuses. Elle peut facilement grimper sur des surfaces verticales rugueuses ou polies (Wigglesworth, 1972). Les adultes des deux sexe ont des ailes bien développer, les femelles sont plus sombre et possèdent un corps trapu et robuste avec un abdomen arrondi complètement recouvert par les ailes, alors que les mâles présentent un abdomen effilé et un pygidium non recouvert par les ailes laissant visible le segment terminal de l'abdomen (Rust *et al.*, 1995).

Comme les autres blattes, c'est une espèce à métamorphose incomplète et présentent trois stades de développement (l'œuf, la larve et l'adulte) (Chopard, 1943) (Fig. 7).

Le stade œuf commence par la fertilisation des œufs et se termine par l'éclosion. Les œufs sont réunis dans une capsule de consistance cornée appelée oothèque qui se forme et arrive à faire saillie à l'extérieur pendant la ponte (Tanaka, 1976). De forme et de taille variable, l'oothèque possède sur la face dorsale une crête denticulée au niveau de laquelle se fera l'éclosion. Les œufs sont disposés verticalement de chaque côté d'une cloison médiane qui divise l'oothèque dans le sens de la longueur (Tanaka, 1976).

Le stade larvaire : la femelle dépose l'oothèque, peu avant l'éclosion des larves vermiformes en sortent. Les principaux changements du développement larvaire s'effectuent

au niveau de la taille et la pigmentation. Les larves de dernier stade ressemblent aux adultes mais sont aptères (Rust *et al.*, 1995 ; Elie, 1998).

Le stade adulte commence à la mue imaginale (adulte de zéro jour). L'adulte possède alors deux paires d'ailes, des antennes longues et filiformes et des pièces buccales broyeuses (Wigglesworth, 1972).

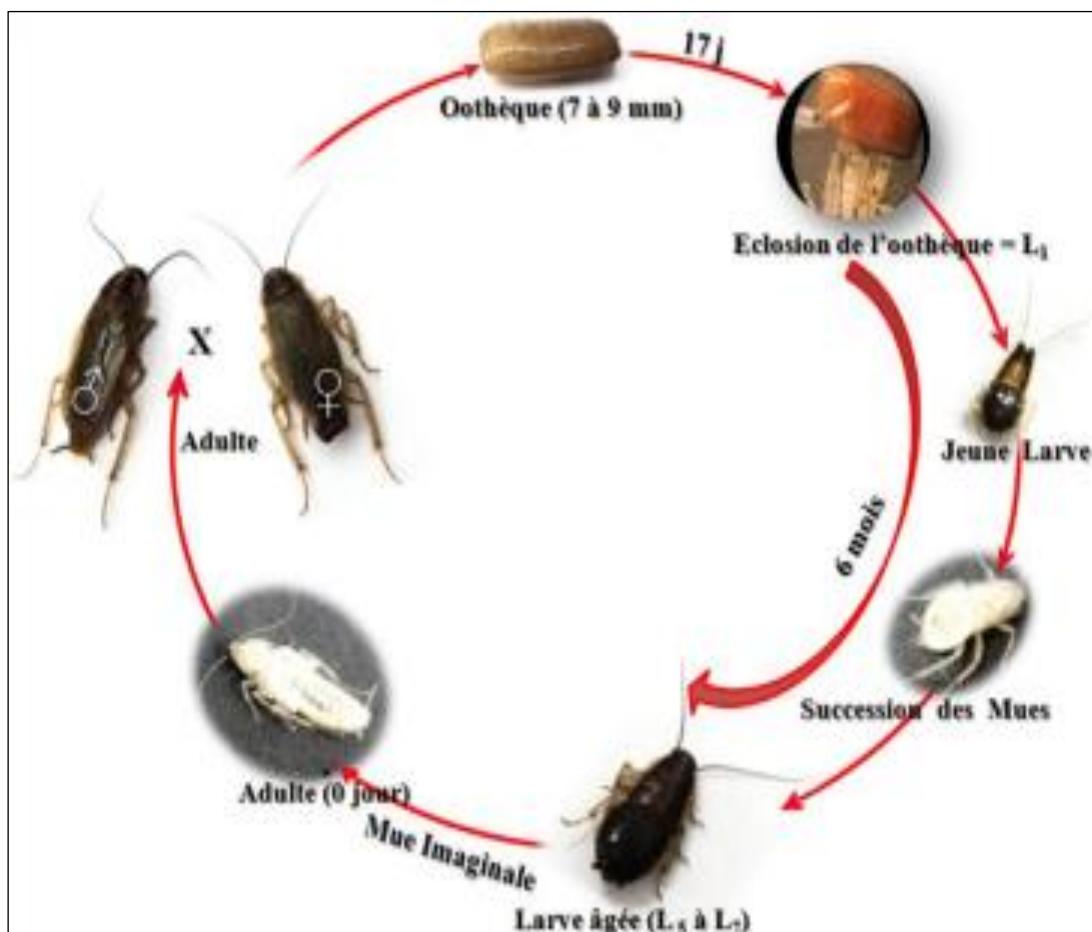


Figure 7. Cycle de développement de *Blattella germanica* (Habbachi, 2013)

Position systématique :

Embranchement : Arthropodes

Sous Embranchement : Mandibulates

Classe : Insectes

Sous-Classe : Aptérygotes

Super-Ordre : Blattopteroiidae

Ordre : Dictyoptera

Sous-Ordre : Blattaria

Super-Famille : Blaberoidae

Famille : Blattellidae

Sous-Famille : Blattellinae

Genre : ***Blattella***

Espèce : ***Blattella germanica***

2.4.2. Elevage :

L'élevage de masse des individus de la blatte germanique se fait dans des boîtes en plastiques transparentes et grillagées (17,5 x 11,5 x 7 cm). Les insectes se nourrissent des croquettes pour chien et des tubes remplis d'eau et bouchés par du coton assurent l'humification du milieu. Des cartons à œufs font office d'abris (Fig. 8). L'élevage est maintenu à une température de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, une hygrométrie de 70 à 80% et une scotophase de 12 : 12.



Figure 8. Élevage de masse de *B. germanica*

2.4.3. Azadirachtine :

Azadirachtine est un insecticide d'origine biologique extrait du « Neem » qui est un arbre à croissance rapide originaire d'Asie du Sud – Est. Il est utilisé depuis des milliers d'années, notamment en Inde pour ses extraordinaires propriétés insecticides. Il est un régulateur de croissance d'origine végétale (Al-Sharook *et al.*, 1991 ; Mordue *et al.*, 2005).

Toutes ses parties peuvent être utilisées pour la protection des cultures, mais ce sont les graines qui contiennent la plus grande teneur en substances actives (l'Azadirachtine A et B, la salannine, le méliantriol et la nimbine) (Fig. 9). L'Azadirachtine est la principale matière active et sa teneur dans les graines est comprise entre 2 et 9 mg/g (mg d'Azadirachtine /g du poids de la plante) (François, 2010).

En 1976, l’Azadirachtine (le principe actif de la plante neem) est isolé par un chercheur allemand et depuis son efficacité n'est plus à prouver contre les maladies virales (herpès, DNA polymérase du virus de l'hépatite B) contre le paludisme, les maladies respiratoires, dans le cas de dysenterie, de troubles digestifs et les maladies de peau.

L’Azadirachtine agit en produisant des troubles dans l’alimentation de l’insecte (Balanca & Visscher, 1992 ; Ould El Hadj *et al.*, 2003) et intervenant sur son cycle hormonal et au moment de la mue provoquant, ainsi, des malformations et empêche son développement normal et sa croissance (Mordue *et al.*, 2005).

Le produit utilisé pour les traitements des blattes est l’Azadirachtine commercial à l’état liquide titrant 32g/l.

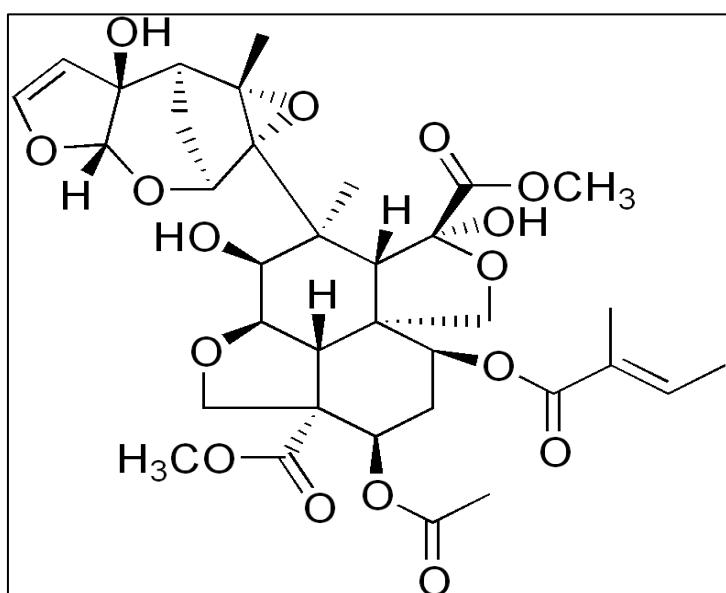


Figure 9. Formulaire chimique de l’Azadirachtine

2.4.4. *Peganum harmala* :

P. harmala (L.) appartient à la famille des *Zygophyllaceae*, elle se trouve de façon abondante dans les zones subdésertiques de l’Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye, Egypte) et dans certaines régions de l’Europe méditerranéenne (Bézanger-Beauquesne *et al.*, 1980, Massoud *et al.*, 2002) et en Asie (Iran, Pakistan, Turkestan, Tibet) (Bézanger-Beauquesne *et al.*, 1980).

En Algérie, *P. harmala* (L.) est commune aux hauts plateaux, au Sahara septentrional et méridional, et aux montagnes du Sahara central. Il est réputé pour les terrains sableux, dans

les lits d'oued et à l'intérieur des agglomérations (Maire, 1933; Chopra *et al.*, 1960; Ozenda, 1991).

Harmel est une plante herbacée vivace, buissonnante de 30 à 90 cm de haut (Fig. 10). Les feuilles alternes vert glauque, sont divisées en lanières étroites. Elles émettent une odeur désagréable quand on les froisse. Les fleurs solitaires, assez grandes (25 à 30 mm), d'un blanc-jaunâtre veinées de vert. Les graines nombreuses, petites, anguleuses, subtriangulaires, de couleur marron foncé, dont le tégument externe est réticulé et renferme un pigment rouge connu sous le nom de "*Turkey red*". Les graines ont une saveur amère et sont récolté pendant l'été (Ozenda, 1977 ; Quezel & Santa, 1963 ; Chopra *et al.*, 1960).

C'est une espèce très toxique pour les animaux et l'homme en particulier (Aqel & Haddi., 1991; El Bahri & Chemli 1991; Ayoub *et al.*, 1994; Bruneton, 1993, 1996). C'est une plante riche en alcaloïdes indoliques (Munir *et al.* 1995). Toute la plante est toxique mais le taux d'alcaloïdes est beaucoup plus élevé dans la graine (3 à 4 %) que dans la racine, la tige (0,36 %) et la feuille (0,52 %). La teneur en alcaloïdes s'élève brusquement en été, durant la phase de mûrissement du fruit, au moment de la récolte de la graine (Ben Salah *et al.*, 1986).

Elle est responsable de la paralysie du système nerveux et entraîne la mort par arrêt respiratoire chez les vertébrés, et peut provoquer l'interruption de grossesse chez les femmes (Bellakhdar, 1997). Elle est également abortive et anti-fertilisante chez les rats (Nath *et al.*, 1993)

En raison des propriétés toxiques de la plante, nous avons étudié l'effet des extraits des fleurs de *P. harmala* sur les adultes de la blatte germanique dans les conditions de laboratoires cités précédemment.

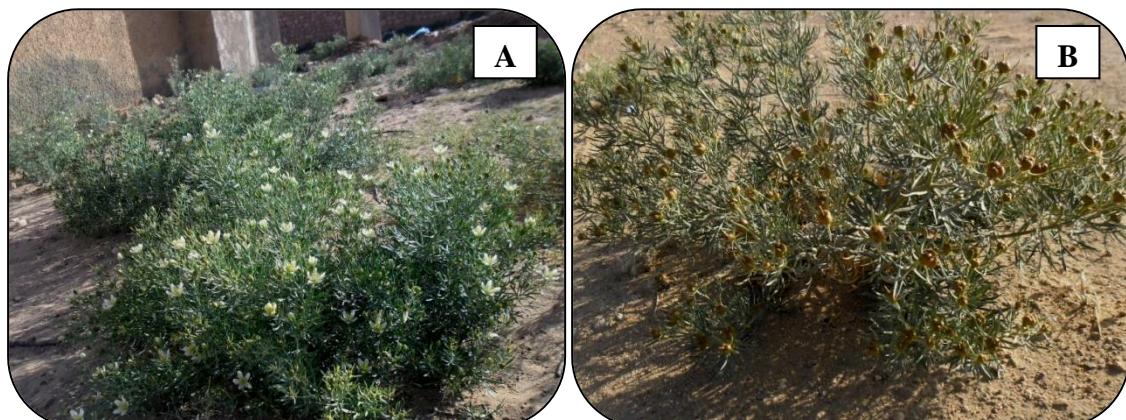


Figure 10. Différentes parties de la plante *P. harmala*
[A : Les fleurs et les feuilles ; B : Les baies et les feuilles]

Extrait aqueux des fleurs de Peganum harmala :

Pour obtenir un extrait aqueux des fleurs de *P. harmala*, nous avons mis 840 g de fleurs fraîches dans un litre et demi d'eau distillée et on laisse bouillir pendant une 1h 15 min sur une plaque chauffante à 180°C. Le mélange obtenu est filtré à l'aide du papier filtre et on récupère un litre du filtrat.

2.4.5. Elevage des adultes isolé :

Dans une boîte d'élevage on isole les larves âgées ce qui nous permis de suivre et récupérer quotidiennement les adultes dès la mue imaginale (Fig. 11). Les adultes âgés de zéro jour sont regroupés selon leur sexe. Ces insectes sont élevés dans les mêmes conditions décrites précédemment.



Figure 11. Élevage larves âgées de *B. germanica*

2.4.6. Traitement :

Les jeunes adultes sont isolés et regroupés par 10 du même sexe dans des boîtes (9,5 x 6,5 x 2cm) contenant une croquette pour chien (aliment) et un tube d'eau additionné de diverses concentrations d'Azadiracthine et/ou l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (Tab. 4). Le lot témoin (n=10) est abreuvé d'eau pure. Chaque expérience est répétée trois fois (10 individus/répétition) et suivi pendant 30 jours ; on note quotidiennement le nombre d'individus mort pour déterminer les concentrations létales et les temps létaux (CL50%, CL90%, TL50% et TL90%). Le test se fait au laboratoire dans les mêmes conditions décrites précédemment.

Tableau 4: Les concentrations utilisées pour le traitement des adultes de blattes

| Molécules toxiques | Concentrations | 1 ($\mu\text{g/ml}$) | 2 ($\mu\text{g/ml}$) | 3 ($\mu\text{g/ml}$) |
|--|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Azadirachtine | | 0,5 | 1 | 2 |
| Extrait aqueux de fleurs du <i>P. harmala</i> | | 500 | 700 | 840 |

2.4.7. Etude du comportement sexuel :

Pour les différents tests de comportement sexuel, des adultes naïfs (mâles et femelles n'ayant jamais été en contact olfactif l'un de l'autre) sont regroupés selon leur sexe et élevés (dans les mêmes conditions décrites précédemment) jusqu'à l'âge de la maturité sexuelle (8 jours). Durant les 8 jours, ces adultes reçoivent de l'eau additionnée de concentrations sublétales des insecticides utilisés (Azadirachtine et extrait aqueux des fleurs de *P. harmala*) (Tab. 5). Un groupe des adultes témoins ($n=10$) a été aussi isolés pour les différents tests.

Tableau 5 : Concentrations sublétales d'Azadirachtine et *P. harmala*

| | Concentration sublétale ($\mu\text{g/ml}$) |
|--|--|
| Azadirachtine | 0,5 |
| Extrait aqueux de fleurs du <i>P. harmala</i> | 700 |

Effet du traitement sur les séquences du comportement sexuel :

Comme chez de nombreuses blattes, le comportement sexuel de *B. germanica* comprend cinq phases successives: l'attraction à distance du mâle, la reconnaissance mutuelle des partenaires après contacts antennaires, la parade du mâle, le léchage des glandes tergales du mâle par la femelle et, enfin l'accouplement (Tokro, 1984).

Pour déterminer l'effet des produits sur le déroulement du comportement sexuel (sur les différentes séquences conduisant à l'accouplement), nous avons réalisés des tests en enceinte close. Les tests se déroulent dans les mêmes conditions de température et d'obscurité citées pour les tests d'attractivité. Ils se font dans une petite enceinte close (17,5 x 11,5 x 7 cm). On a réalisé quatre tests ($n=10$) :

- Mâles témoins x Femelles témoins
- Mâles témoins x Femelles traités
- Mâles traités x Femelles témoins
- Mâles traités x Femelles traités

Nous introduisons chaque fois une femelle à l'extrémité de l'enceinte et quelque minute ensuite nous introduisons un mâle à l'extrémité opposée. On note les différents temps et séquences menant à l'accouplement : premier contact antennaire, le temps de la première parade de qui correspond au début de l'introduction du mâle jusqu'au moment du Wing-raising, le nombre de parade, le temps du premier léchage, nombre de léchage, le temps de la première tentative, le nombre des tentatives et la durée d'accouplement est aussi enregistrée s'il est réussi.

Si l'accouplement est réussi, les oothèques pondues sont récupérées dans des tubes en plastiques bouchés par le coton. Ces dernières ont fait l'objet d'un suivi au laboratoire et on note la durée que mette la blatte pour pondre l'oothèque, la date d'éclosion et le nombre des larves de L_1 qui quittent cette capsule.

Effet du traitement sur l'attractivité sexuelle :

Pour cette étude, nous avons préparé quatre extraits des blattes adultes (témoins et traités). Quelques minutes avant l'extraction, on a anesthésié les blattes âgées de 08 jours (témoins et traités) par le froid. Dans six flacons contenant un 1 ml d'hexane, on plonge complètement et séparément les adultes témoins et traités par les concentrations sublétale des produits utilisés. Cinq minutes après, nous filtrons les extraits et nous les conservons au congélateur jusqu'à leur utilisation.

Les différents extraits que nous avons préparés et utilisés sont les suivants :

- mâle et femelle témoins,
- mâle et femelle traités avec l'azadirachtine (0,5 µg/ml),
- mâle et femelle traités avec l'extrait aqueux de fleurs du *P. harmala* (700 µg/ml),

Afin de démontrer l'existence d'un effet insecticide des produits utilisés sur l'attractivité sexuelle et grégaire de la blatte germanique, nous avons utilisé un olfactomètre bidirectionnel qui un tube en forme « Y » (branche principale : 30 cm de long, branches secondaires 20 cm de long) (Fig. 12).

L'olfactomètre en verre est traversé par un faible courant d'air pur filtré sur une cartouche de charbon activé. La vitesse du courant d'air, arrivant en amont des branches secondaires, est contrôlée par un débitmètre et fixée à 10 ml/min afin d'éviter toute réponse anémotactiques de l'insecte. Les tests se déroulent dans une salle obscure, fermée, couvrant le

maximum de bruit venant de dehors et sous lumière rouge de faible intensité que les blattes ne perçoivent pas (Barth, 1964) (Fig. 12).

Les individus à tester (n=20) sont placés dans une petite boîte menée d'une porte grillagée (6 x 5 x 4,5 cm) qui permet de libérer l'insecte dans la branche principale de l'olfactomètre alors que le papier filtre imbibé par les extraits (préparés précédemment) est placé dans l'une des branches secondaires, 5 à 10 minutes avant le début du test.

Le début du test correspond au moment de libération de la blatte dans la branche principale du tube « Y », on note le temps de détection qui correspond au moment de l'introduction de la blatte jusqu'au moment où elle effectue son choix, le choix de l'insecte et le temps qu'il met pour arriver à la source odorante (le papier filtre).



Figure 12. Tube en forme de « Y » olfactomètre bidirectionnel

[1-Boîte de départ ; 2- Olfactomètre ; 3- Lampe rouge ; 4- Compresseur ; 5- Débitmètre ; 6- Tuyaux d'arrivée d'air]

2.4.8. Analyse statistique des données :

En ce qui concerne les résultats obtenus pour l'étude toxicologique, nous avons calculé, selon les procédés mathématiques de Finney (1971), les concentrations létales (CL50% et CL90%) et les temps létaux (TL50% et TL90%) pour chacun des bioinsecticides utilisés.

Pendant les 30 jours d'exposition aux bioinsecticides, la variable mesurée est le nombre des individus morts quotidiennement. Le taux de mortalité observé est corrigé par la formule d'Abott qui permet de connaître la toxicité réelle du aux bioinsecticides. Les différents taux subissent une transformation angulaire d'après les tables de Bliss. Les données

sont ainsi normalisées et font l'objet d'une analyse de variance sur XLStat 2009. Les données obtenues sont alors transformées en probits, ce qui permet d'établir une droite de régression en fonction des logarithmes décimaux des concentrations utilisées ou les temps d'exposition. Le test « Chi² » permet un bon ajustement de la droite (Finney, 1971) ; à partir de cette droite, on calcule les concentrations létale ou les temps létaux.

Les différents temps obtenus pour l'étude du comportement sexuel ont été analysés par des méthodes métriques descriptives donnant, la moyenne, l'écart-type, le minimum et le maximum. Les résultats sont présentés en Box-plots et ont fait l'objet d'une analyse des variances (ANOVA) sur XLSTAT 2014 software (Addinsoft, New York, NY).

Les résultats des tests éthologiques obtenus en olfactomètre sont comparés en utilisant la simulation de Monte-Carlo, basé sur un test Khi² au seuil $\alpha=0,05$ (Vaillant & Derrij, 1992).

RESULTATS

3. Résultats :

3.1. Inventaire des blattes forestières :

L'inventaire des blattes forestières réalisé durant les années 2013, 2014 et 2015 (récolte mensuelle) dans les deux sites (la forêt d'El-Khnegue (Aflou) et la forêt de Sénalba Chergui (Djelfa)) nous a permis de récolter 1263 individus et identifier sept espèces appartenant à quatre genres de la famille Blattellidae. Il s'agit de *Loboptera ovolobata* (Bohn, 1991) avec 27,16%, *Loboptera decipiens* (Germar, 1817) avec 21,46%, *Ectobius sp.* (Stephens, 1835) avec 22,41%, *Dziriblatta nigriventris* (Chopard, 1936) avec 14,65%, *Dziriblatta stenoptera* (Chopard, 1937) avec 8,71%, *Phyllodromica zebra* (Rhen, 1903) avec 4,04% et *Phyllodromica trivittata* (Serville 1839) qui présente 1,58% des récoltes dans les deux forêts. Les espèces sont présentes dans les forêts en différents stades (adultes, larves âgées et jeunes larves).

La densité des blattes dans les forêts de Aflou est de 35,31%, 31,83% et 32,87% durant les années 2013, 2014 et 2015, respectivement ; ce qui montre qu'il n'y a pas de grands changements durant les trois années d'étude. Par contre, nous enregistrons une diminution remarquable de la densité des blattes dans la forêt de Djelfa qui passe de 40,38 % en 2013 à 19,83% en 2015 (Fig. 13).

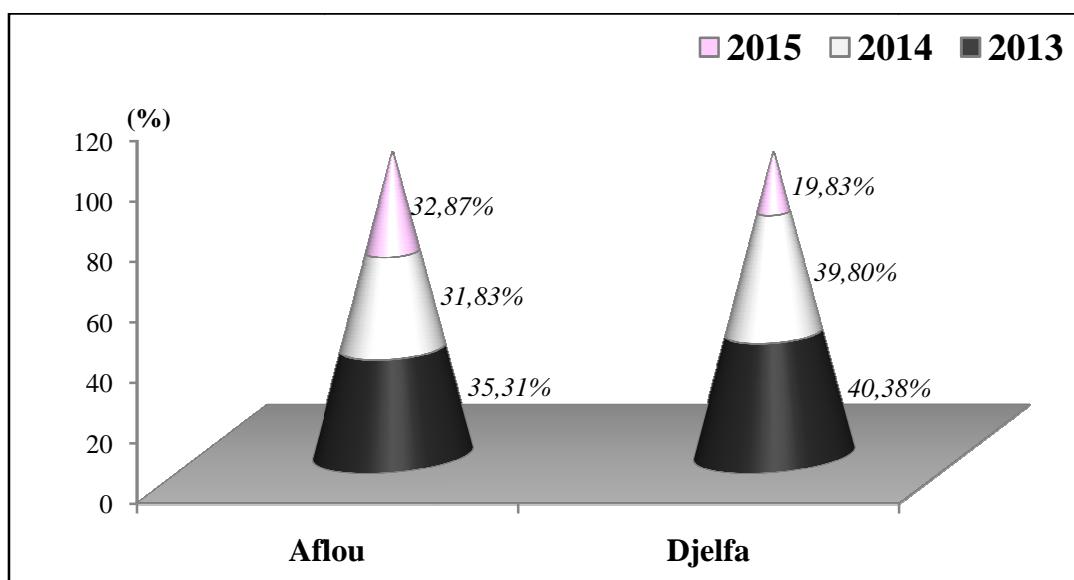


Figure 13. Densité des blattes récoltées durant les trois années d'étude
[A : El-Khnegue (Aflou) ; B : Sénalba Chergui (Djelfa)]

A partir des résultats de la figure 14, nous enregistrons que la densité du peuplement des blattes diffère selon les mois. Les espèces sont plus actives au printemps et en automne dont les températures sont douces. La densité mensuelle la plus élevée est enregistrée au mois

de septembre dans la forêt d'El-Khnegue (Aflou) et au mois d'avril pour Sénalba Chergui (Djelfa). Une diminution remarquable de la densité est observée durant l'hiver dans les deux forêts (novembre, décembre et janvier) (Fig. 14).

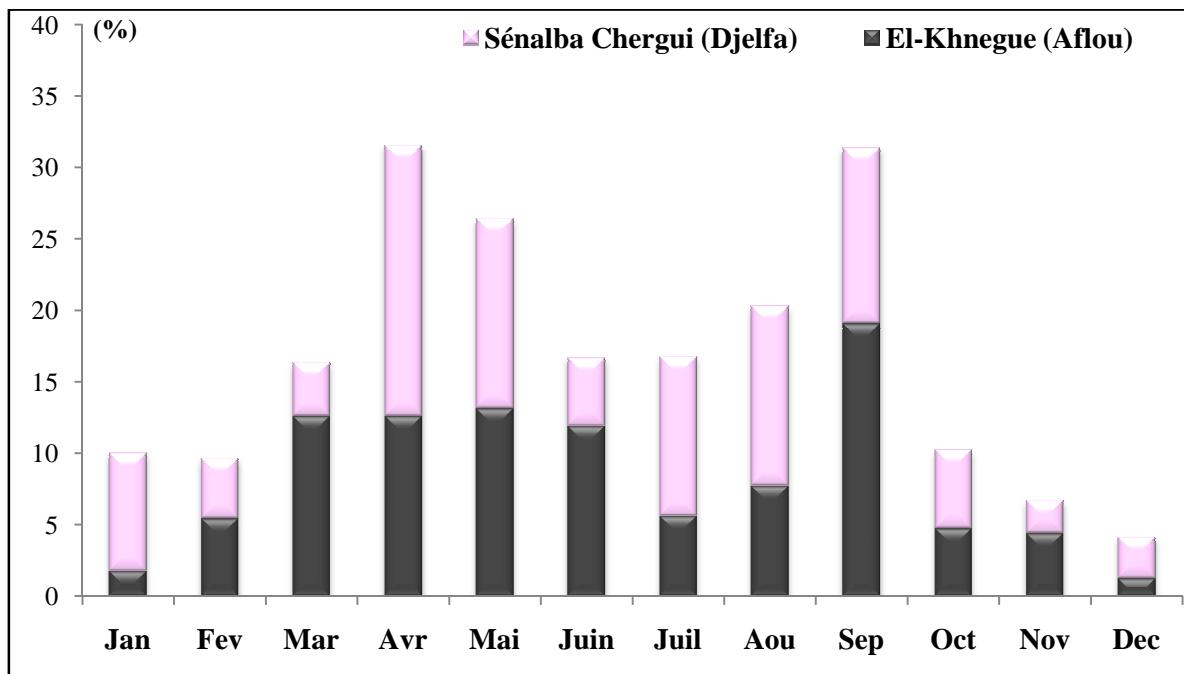


Figure 14. Densité mensuelle des blattes récoltées dans les deux sites

Les deux régions d'étude sont caractérisées par trois périodes climatiques durant l'année : une période humide 1 (de janvier à mai), suivi par une période sèche (de juin à août) et enfin une deuxième période humide qui s'étale de septembre à décembre (Fig. 2).

Lors de l'échantillonnage des blattes, nous avons récolté essentiellement des larves et des adultes. Les stades larvaires sont répartis en 2 groupes : les jeunes larves et les larves âgées. Nous avons remarqué que les larves sont dominantes tout au long de l'année alors que les adultes sont actifs, principalement, au printemps, saison de reproduction (Fig. 15).

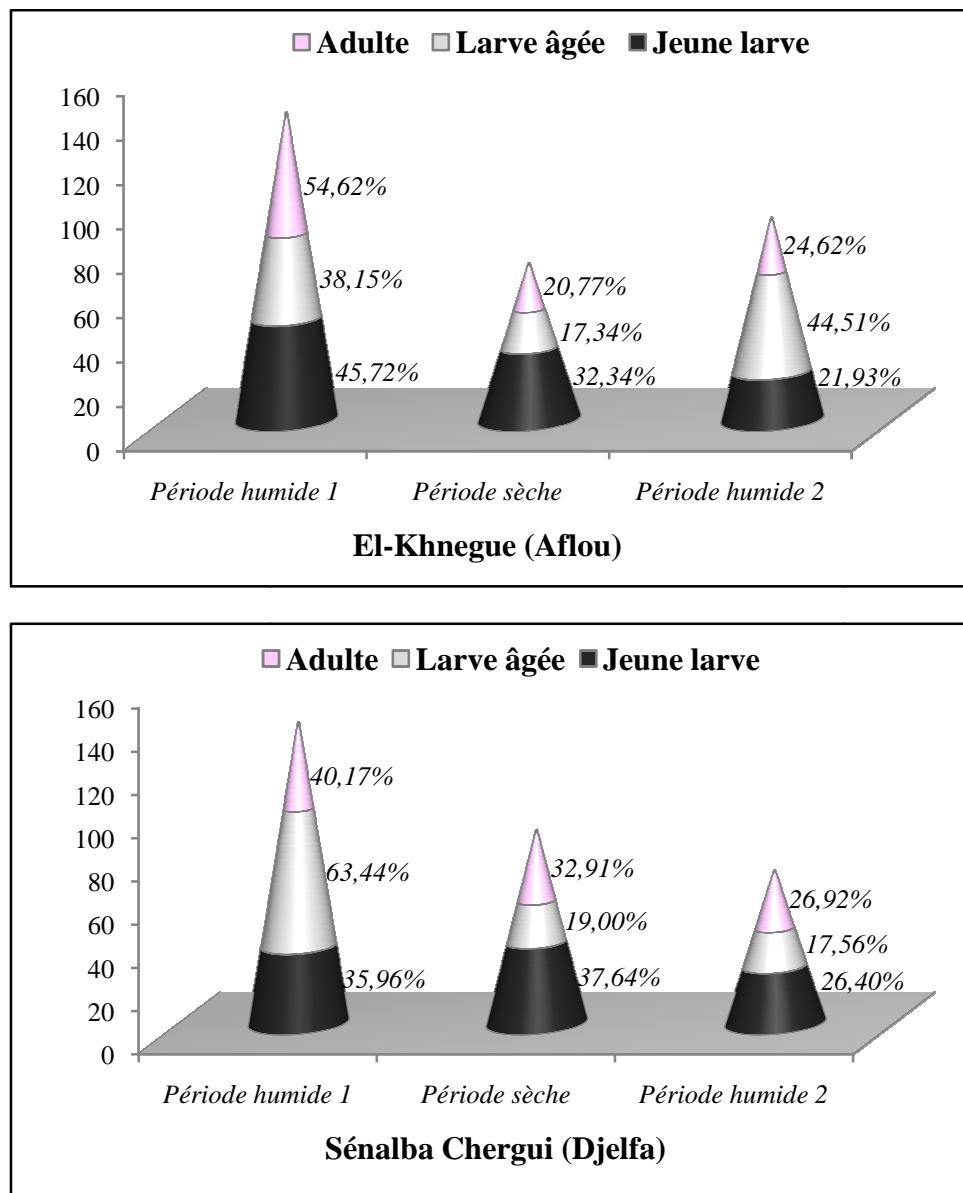


Figure 15. Répartition des blattes par stade de développement dans les deux sites d'étude

3.1.1. Les indices écologiques :

Les indices écologiques de composition :

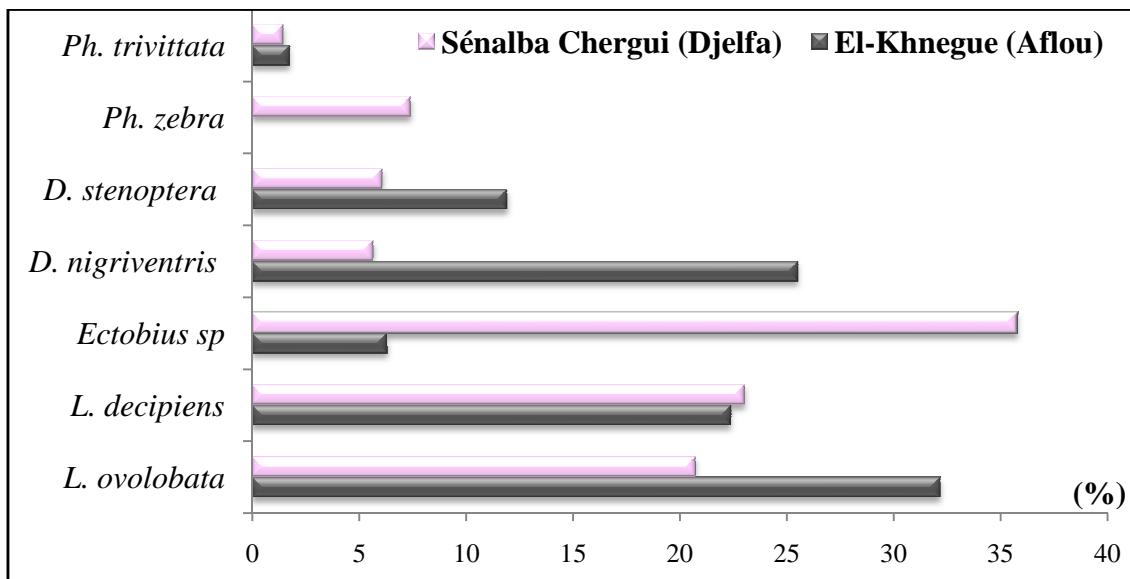
Durant la période d'étude nous avons effectués 29 sorties dans la pinède d'El-Khnegue (Aflou) et nous avons pu identifier 572 individus répartis en six espèces ($S= 6$) (Tab. 6). Dans la forêt de Djelfa, les 27 sorties réalisées ont permis de recenser 691 individus, qui sont distribués sur sept espèces ($S= 7$) (Tab. 6). La richesse totale et la richesse moyenne des deux sites sont très proches. Il ressort des résultats qu'il y a, en moyenne, trois espèces par sortie (Tab.6).

Tableau 6 : Richesse totale et richesse moyenne dans les deux sites d'étude

| | S | S_m |
|--------------------------------|---|-------|
| Forêt d'El-Khnegue (Aflou) | 6 | 3,10 |
| Forêt Sénalba Chergui (Djelfa) | 7 | 3,30 |

Dans la forêt d'El-Khnegue (Aflou) ce sont les espèces du genre *Loboptera* qui sont les plus abondantes avec un taux de 54,55% (32,17% *L. ovolobata* et 22,38% *L. decipiens*) suivis par le genre *Dziriblatta* (37,41%) présent, aussi, avec deux espèces (25,52% *D. nigriventris* et *D. stenoptera* 11,89%) (Fig. 16). Le genre *Ectobius*, avec une seule espèce, occupe la troisième position avec un taux de 6,29% ; alors que le genre *Phyllodromica* n'est présent dans la forêt de Aflou qu'avec un taux de 1,75% qui indique la présence d'une seule espèce, *Ph. trivittata* (Fig. 16).

Les récoltes dans la forêt de Sénalba Chergui (Djelfa) montrent que'une seule espèce du genre *Ectobius* occupe la première place avec 35,75%. Le genre *Loboptera* est, aussi, le plus abondant dans cette forêt avec 43,70% (20,69% *L. ovolobata* et 23,01% *L. decipiens*) (Fig. 16), tandis que les espèces de *Dziriblatta* présentent 11,72% et sont classées en troisième position (5,64% *D. nigriventris* et 6,08% *D. stenoptera*) (Fig. 16). Enfin, le genre *Phyllodromica* est toujours le moins abondant avec 7,38% de *Ph. zebra* et 3,20% de *Ph. trivittata* (Fig. 16).

**Figure 16.** Abondance relative (f_i) des espèces récoltées dans les deux sites

Les espèces du genre *Loboptera* échantillonnées dans les deux sites d'étude sont classées dans la catégorie des espèces régulières, tandis que *Ph. trivittata* est considérée comme une espèce accidentelle (Tab. 7).

Dans la forêt de Aflou l'espèce *D. nigriventris* est considérée comme une espèce constante qu'on peut la rencontré tout au long de l'année dans la forêt. Alors qu'à Sénalba Chergui (Djelfa), c'est *Ectobius sp* qui est constante dans la pinède (Tab.7).

Tableau 7 : Classement des espèces selon leur fréquence d'occurrence (F)

| | Site Aflou | | Site Djelfa | |
|------------------------|------------|--------------|-------------|--------------|
| | F | Catégorie | F | Catégorie |
| <i>L. ovolobata</i> | 51,72% | Régulière | 59,26% | Régulière |
| <i>L. decipiens</i> | 62,07% | Régulière | 66,67% | Régulière |
| <i>Ectobius sp</i> | 27,59% | Accessoire | 85,90% | Constante |
| <i>D. nigriventris</i> | 93,10% | Constante | 33,33% | Accessoire |
| <i>D. stenoptera</i> | 72,41% | Régulière | 37,04% | Accessoire |
| <i>Ph. zebra</i> | / | / | 40,74% | Accessoire |
| <i>Ph. trivittata</i> | 3,45% | Accidentelle | 7,41% | Accidentelle |

Les indices écologiques de structure :

Dans la forêt d'El-Khnegue (Aflou) l'indice de Shannon-Weaver est de 2,23 bits ($1,5 < 2,23 < H_{max}$) alors que l'équitabilité est de 0,86 (proche de 1) ce qui indique que la forêt est diversifiée et équilibrée (Tab. 8). Les mêmes résultats ont été obtenus dans la forêt de Sénalba Chergui (Djelfa) avec $H' = 2,33$ bits et $E=0,83$ (Tab. 8).

Tableau 8 : Les valeurs de l'indice de Shannon et l'indice d'Equitabilité

| | H _{max} | H' | E |
|-----------------------|------------------|------|------|
| Site de Aflou | 2,59 | 2,23 | 0,86 |
| Site de Djelfa | 2,81 | 2,33 | 0,83 |

Phénologie des espèces récoltées:

Le phénogramme des espèces des blattes récoltées dans le site d'El-Khnegue (Aflou) est résumé dans le tableau 9.

Les six espèces récoltées sont abondantes dans le milieu étudié. Certaines espèces disparaissent durant l'été et l'hiver tel que *Ectobius sp* ; et d'autres en automne c'est le cas de *D. stenoptera*. Nous avons enregistré que l'espèce *Ph. trivittata* apparaît en un seul mois pendant la saison de l'été.

Tableau 9 : Phénogramme des espèces recensées dans la forêt d'El-Khnegue (Aflou)

| | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aou | Sep | Oct | Nov | Dec |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>L. ovolobata</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>L. decipiens</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ectobius sp</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>D. nigriventris</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>D. stenoptera</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ph. trivittata</i> | | | | | | | | | | | | |

Le phénogramme des espèces inventoriées dans la forêt Sénalba Chergui (Djelfa) (Tab. 10) révèle, aussi, que les espèces ont une activité annuelle et la majorité disparaît au mois de novembre et/ou décembre (c'est le cas de *L. decipiens*, *D. nigriventris*, *D. stenoptera* et *Ph. zebra*). Seule *Ectobius sp* est présente dans la forêt tout au long de l'année. Le phénogramme montre aussi que *Ph. trivittata* n'apparaît que durant l'été dont les températures sont très élevées (Tab. 10).

Tableau 10 : Phénogramme des espèces recensées dans la forêt de Sénalba Chergui (Djelfa)

| | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aou | Sep | Oct | Nov | Dec |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>L. ovolobata</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>L. decipiens</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ectobius sp</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>D. nigriventris</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>D. stenoptera</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ph. zebra</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ph. trivittata</i> | | | | | | | | | | | | |

3.1.2. Analyse en composantes principales (ACP) :

Les résultats de la figure 17, issus de l'analyse en composantes principales (ACP) résument l'abondance des espèces récoltées dans les deux forêts exploitées.

Le graphique représente 87,63 % de l'inertie totale soit la plupart de l'information. L'axe F1 (45,93 % de l'inertie) sépare bien les espèces des blattes de la forêt d'El-Khnegue (Aflou) de celles de Sénalba Chergui (Djelfa). Selon cette analyse, nous avons pu différencier nettement deux groupes de différentes espèces. Le premier groupe rassemble les blattes de la forêt d'El-Khnegue (Aflou) et le deuxième celles de Sénalba Chergui (Djelfa) (Fig. 17).

Au sein de chaque groupe, nous remarquons que l'espèce *Ph. trivittata* forme un sous groupe particulier qui montre que l'espèce est moins abondante dans les deux sites (Fig. 17).

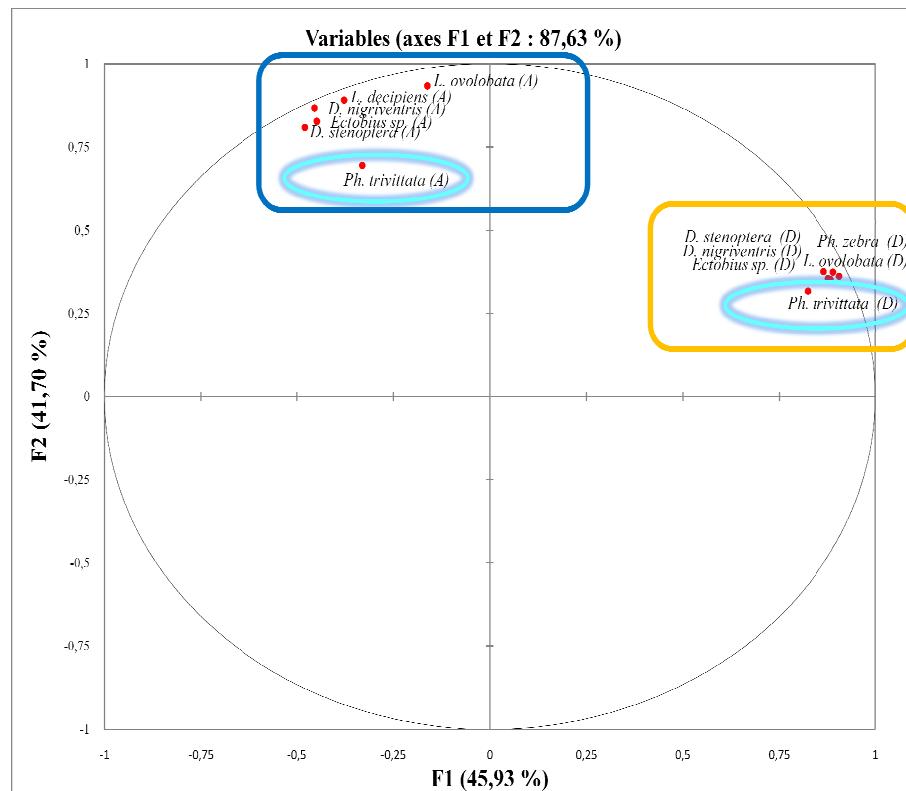


Figure 17. Analyse des composantes principales des espèces de blattes dans les sites d'étude

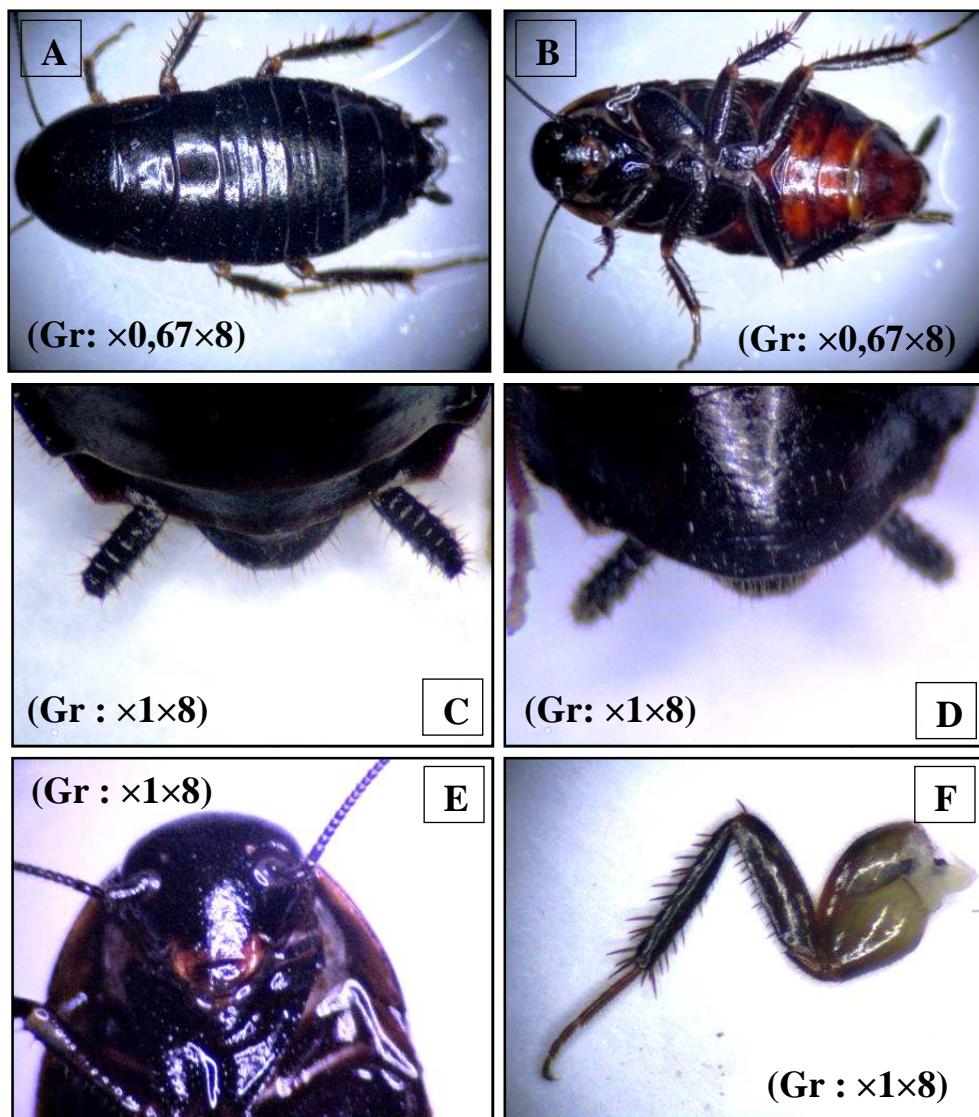


Figure 18. Les critères d'identification de l'espèce *L. ovolobata*. (Originales)
[**A**- face dorsale du corps ; **B**- face ventrale du corps ; **C**- face dorsale de la plaque sous génitale ; **D**- face ventrale de la plaque sous génitale ; **E**- la tête ; **F**- l'armature de la patte]

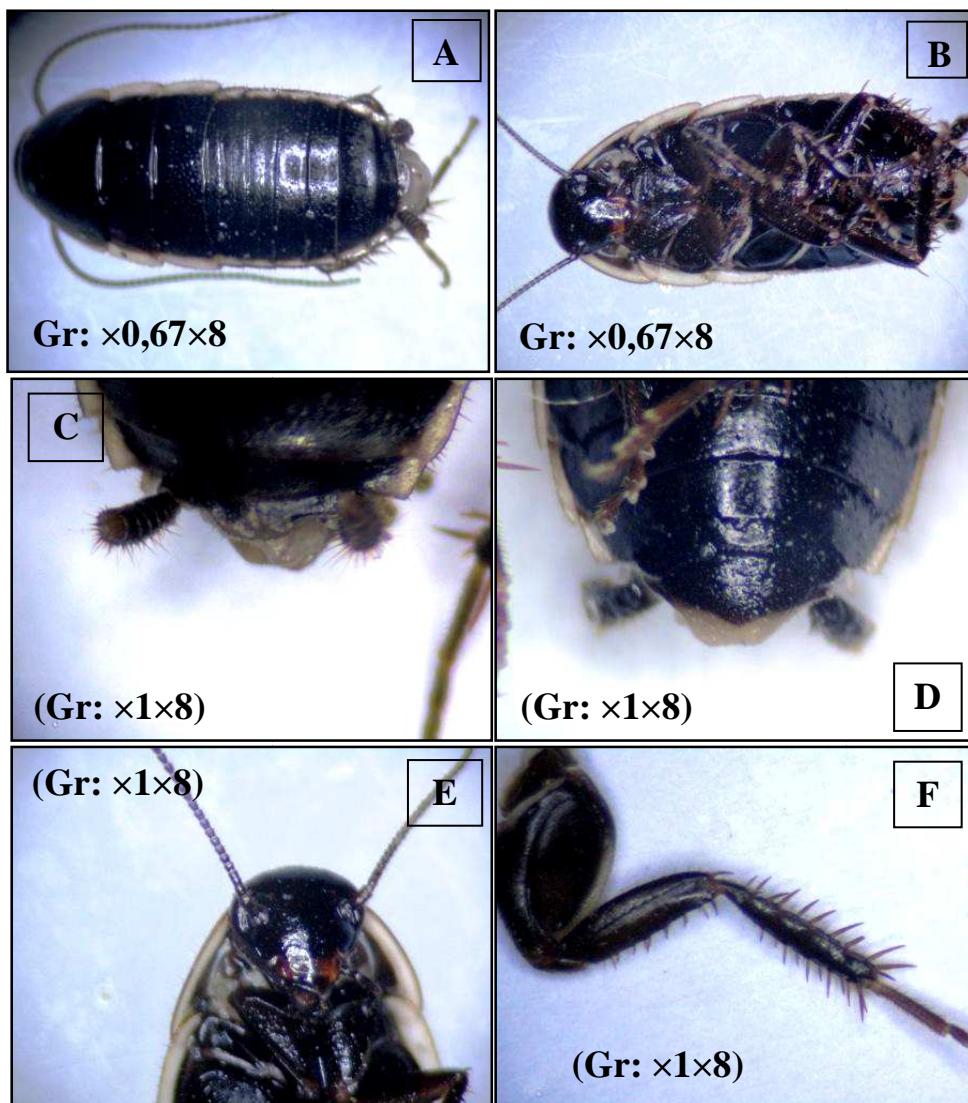


Figure 19. Les critères d'identification de l'espèce *L. decipiens*. (Originales)
[**A**- face dorsale du corps. **B**- face ventrale du corps. **C**- face dorsale de la plaque sous génital. **D**- face ventrale de la plaque sous génitale. **E**- la tête. **F**- l'armature de la patte]

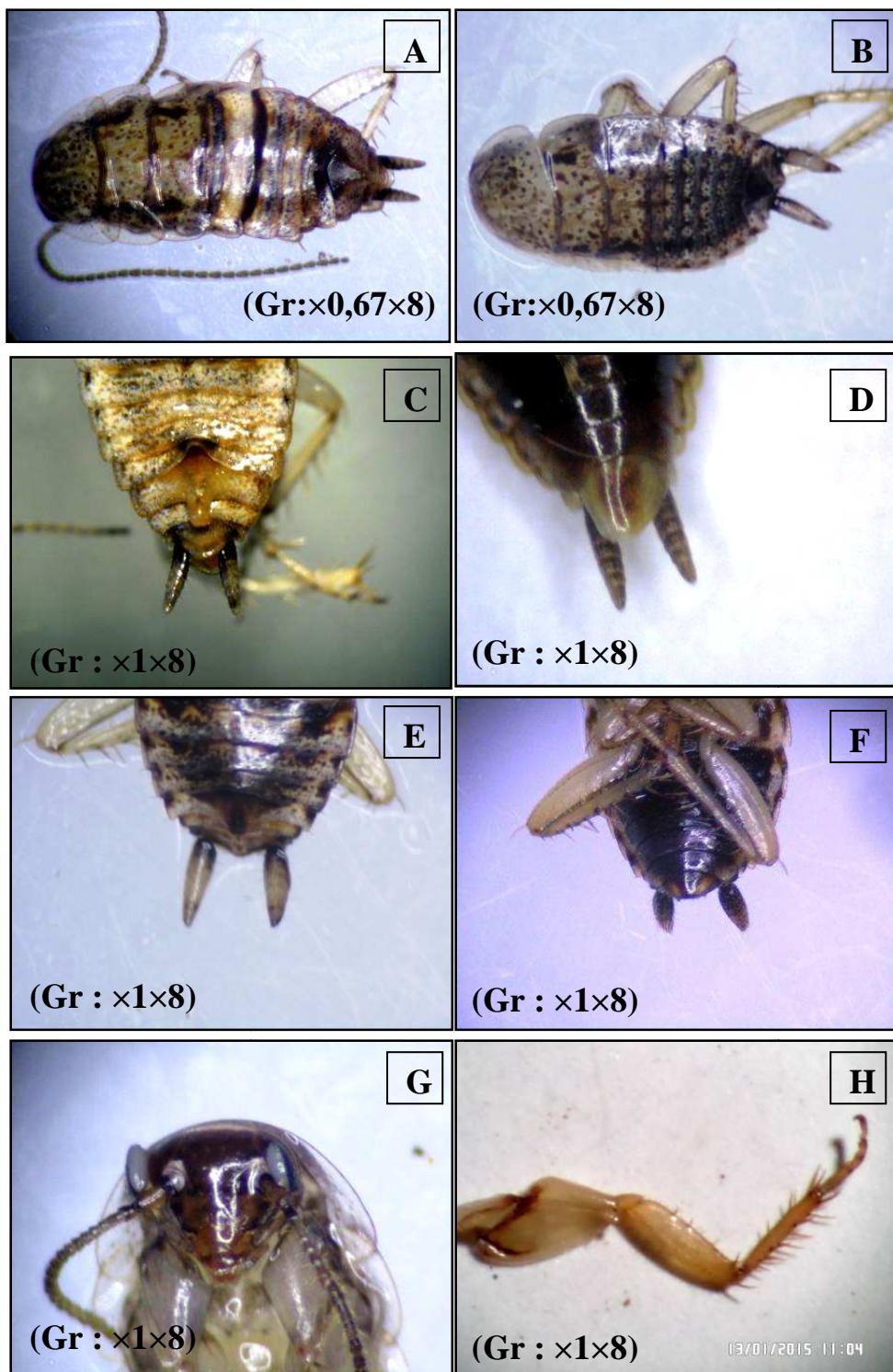


Figure 20. Les critères d’identification de l’espèce *Ectobius sp.* (Originales)
 (A, C, D : Mâles, B, E, F : Femelles)
 [A, B- face dorsale du corps ; C, D, E, F- la plaque sous génitale ; G- la tête ; H- l’armature de la patte]

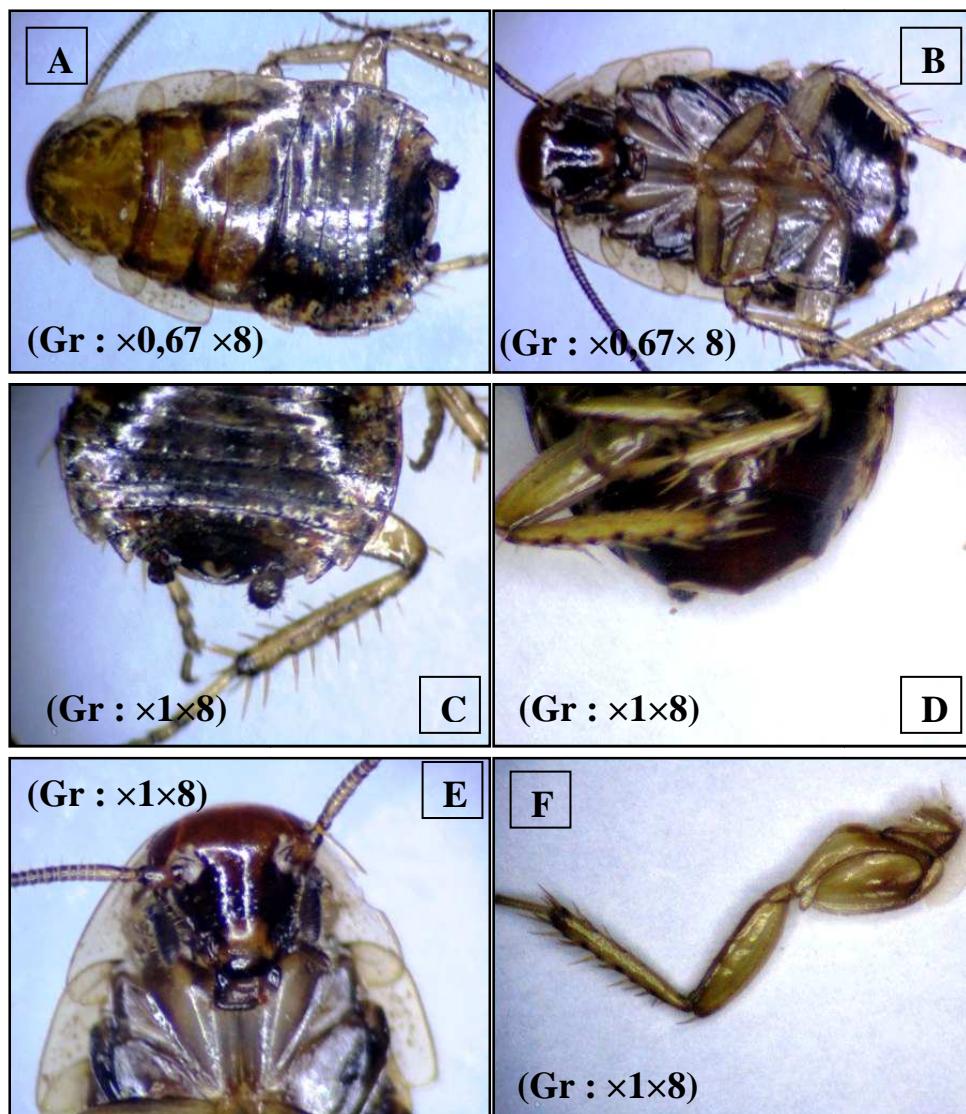


Figure 21. Les critères d'identification de l'espèce *D. nigriventris*. (Originales)
[**A**- face dorsale du corps ; **B**- face ventrale du corps ; **C**- face dorsale de la plaque sous génitale ; **D**- face ventrale de la plaque sous génitale ; **E**- la tête ; **F**- l'armature de la patte]

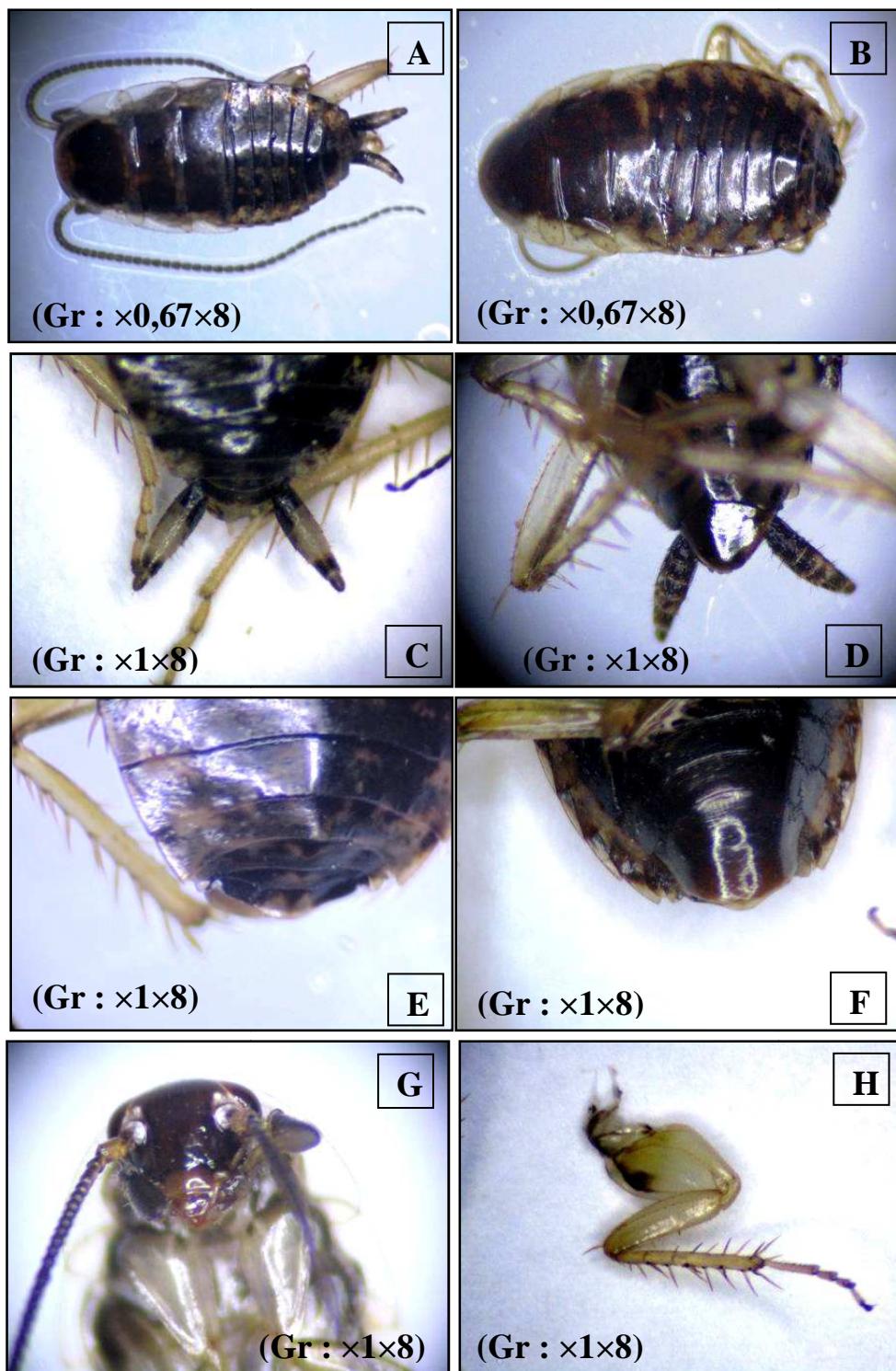


Figure 22. Les critères d'identification de l'espèce *D. stenoptera* (Originales)
(A, C, D : Mâles, B, E, F : Femelles)

[A, B- face dorsale du corps ; C, D, E, F- la plaque sous génitale ; G- la tête ; H- l'armature de la patte]

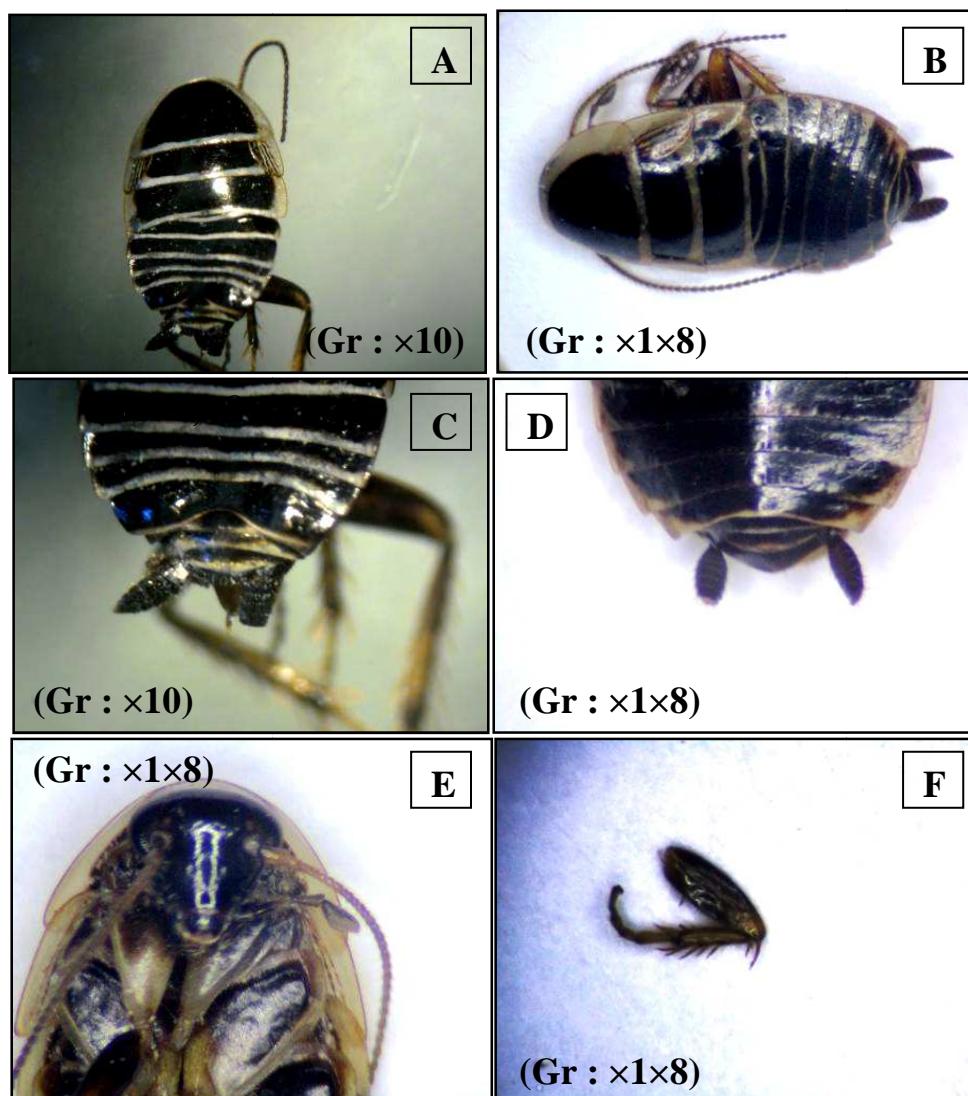


Figure 23. Les critères d'identification de l'espèce *Ph. zebra* (Originales)

(A, C : Mâles, B, D : Femelles)

[A, B- face dorsale du corps ; C, D- la plaque sous génitale ; E- la tête ; F- l'armature de la patte].

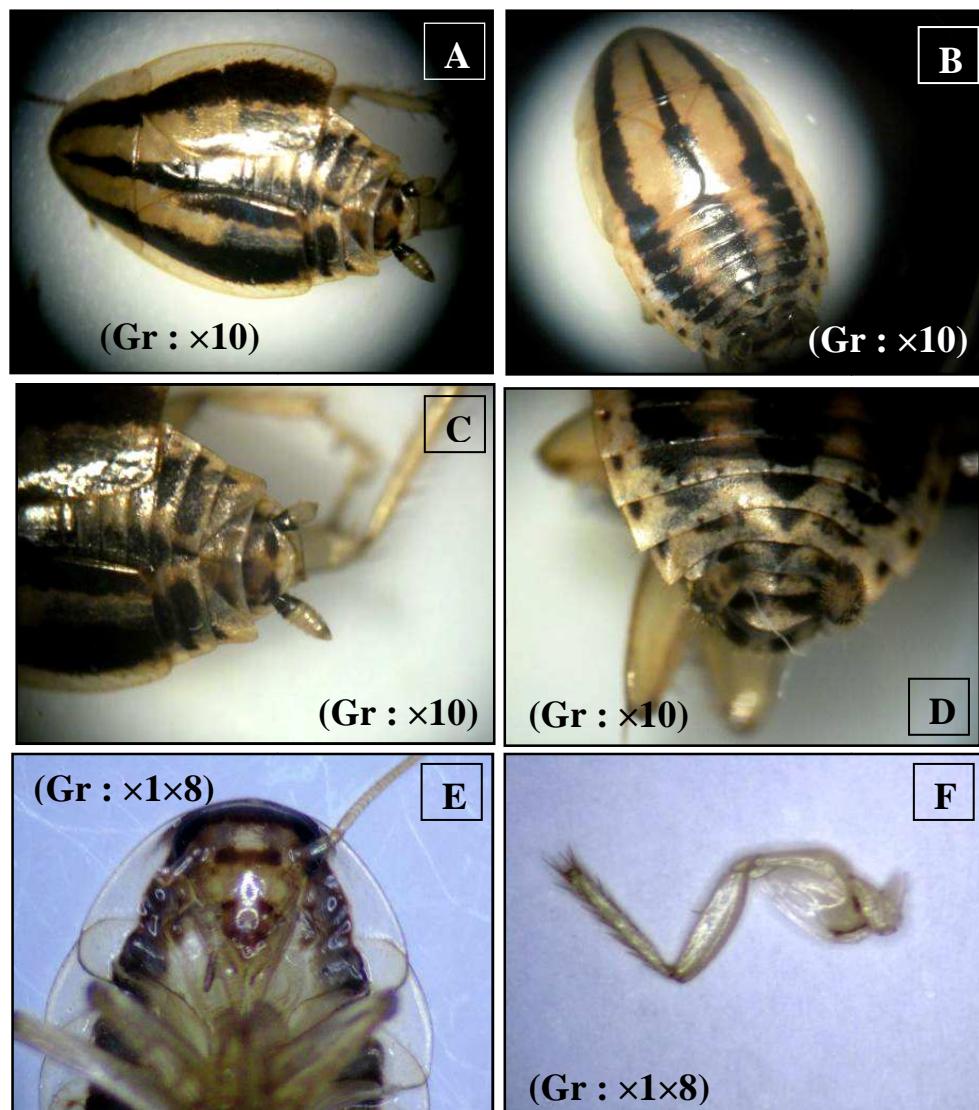


Figure 24. Les critères d'identification de l'espèce *Ph. trivittata*. (Originales)

(A, C : Mâles, B, D : Femelles)

[A, B- face dorsale du corps ; C, D- la plaque sous génitale ; E- la tête ; F- l'armature de la patte].

3.1.3. Etude de l'habitat naturel des blattes :

Séparation physique de la litière :

Le tableau 11 résume les résultats obtenus de l'analyse physique de la litière des deux pinèdes (El-Khnegue (Aflou) et Sénalba Chergui (Djelfa)). Dans les quatre parcelles échantillonnées, la litière est composé de deux couches ; dans lesquelles on trouve essentiellement les aiguilles et la fraction « divers », les aiguilles présentent un taux de 37,19% à 63,86% par contre le taux de la fraction « divers » est de 27,91% à 59,09%. On note aussi que la fraction « divers » est la plus importante dans la deuxième couche et que les rameaux ne présentent que 3,42% à 8,23% dans les deux couches de litière (Tab. 11).

Tableau 11 : Composition des différentes couches de la litière

| | Code | Rameaux% | Aiguilles % | Divers% |
|---------------------------------|------|----------|-------------|---------|
| El-Khnegue (Aflou) | C1 | 8,23 | 63,86 | 27,91 |
| | C2 | 3,42 | 45,47 | 51,18 |
| Sénalba Chergui (Djelfa) | C1 | 3,73 | 37,19 | 59,09 |
| | C2 | 6,11 | 39,68 | 54,20 |

[C : *Couches*]

Analyse physicochimique de la litière et du sol :

La litière de deux pinèdes est peu humide ; nous avons enregistré un taux d'humidité qui varie entre 15,96% et 17,48% dans la couche externe et entre 12,07% et 16,56% dans la couche interne. Les mesures du pH, montre que la litière dans les deux sites est basique (pH entre 7,17 et 7,57) ; elle est riche en matière minérale (30,83% à 56%), en matière organique (jusqu'à 69,17%) et en carbone organique (25,52% à 40,11%) (Tab.12).

Tableau 12 : Composition physicochimique de la litière

| | Code | H% | pH | M.M% | M.O% | CO% |
|---------------------------------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| El-Khnegue (Aflou) | C1 | 17,48 | 7,55 | 46,00 | 54,00 | 31,30 |
| | C2 | 12,07 | 7,55 | 56,00 | 44,00 | 25,52 |
| Sénalba Chergui (Djelfa) | C1 | 15,96 | 7,57 | 30,83 | 69,17 | 40,11 |
| | C2 | 16,56 | 7,17 | 44,75 | 55,25 | 32,05 |

[C : *Couches* ; H% : Humidité ; M.M% : Matière Minérale ; M.O% : Matière Organique ; CO% : Carbone Organique]

En ce qui concerne le sol, nous avons remarqué que la couche externe est plus humide que la couche interne dans la forêt de Sénalba Chergui de Djelfa. Par contre l'analyse du sol de la forêt de El-Khnegue (Aflou) montre que les taux d'humidité sont comparables dans les deux couches. Le sol des deux sites est riche en matière minérale qui présente les taux les plus

importants. Pour la matière organique, nous avons enregistré des taux allant de 16,50% à 24,21% dont le carbone organique présente entre 9,57% et 14,04% (Tab.13).

Tableau 13 : Taux des compositions physicochimique du sol

| | Code | H% | pH | M.M% | M.O% | CO% |
|---------------------------------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| El-Khneque (Aflou) | C1 | 8,18 | 7,72 | 83,29 | 16,71 | 9,69 |
| | C2 | 7,95 | 7,46 | 89,50 | 16,50 | 9,57 |
| Sénalba Chergui (Djelfa) | C1 | 15,80 | 7,54 | 75,79 | 24,21 | 14,04 |
| | C2 | 7,88 | 7,70 | 83,17 | 16,83 | 9,76 |

[C : *Couches* ; H% : Humidité ; M.M% : Matière Minérale ; M.O% : Matière Organique ; CO% : Carbone Organique]

3.2. Inventaire des blattes urbaines :

Durant la période d'étude qui s'étale sur trois ans (entre 2013 et 2015) nous avons récoltés 500 individus de blattes urbaines dans les différents sites urbains.

La densité des blattes dans les sites urbains est de 41,20%, 45,20% et 13,60% durant les années 2013, 2014 et 2015, respectivement (Fig. 25). Nous enregistrons une diminution remarquable de la densité des blattes durant l'année 2015 du principalement aux différents traitements insecticides dans les milieux urbains exploités (Fig. 25).

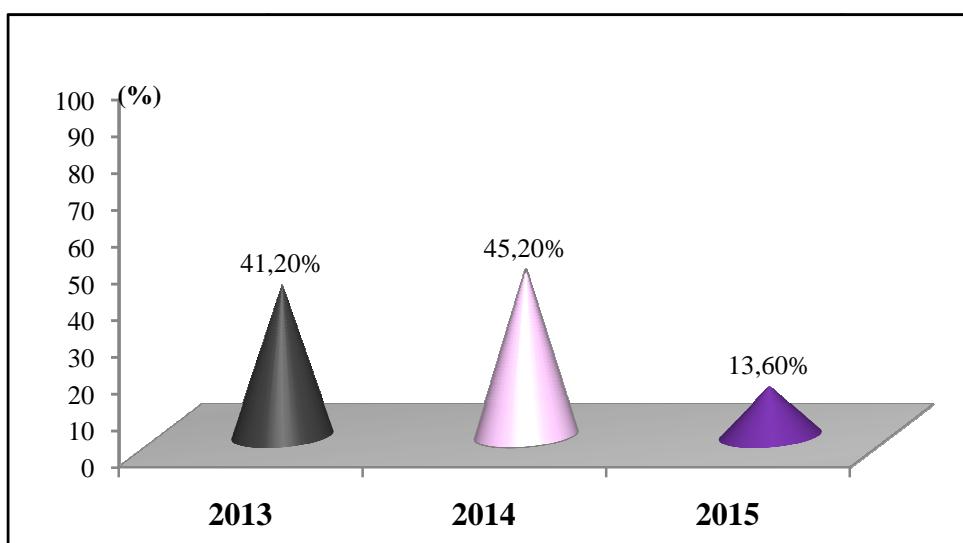


Figure 25. Densité des blattes urbaines durant les trois années d'étude

Les espèces urbaines récoltées chaque mois ont une activité annuelle variable. Le plus grand nombre d'individus est récolté au mois de juin (16% ou 80 individus) alors que le minimum est enregistré, en hiver, au mois de janvier avec 8 individus (1,6%) (Fig. 26). Les blattes urbaines sont très actives durant le printemps et l'été (Fig. 26).

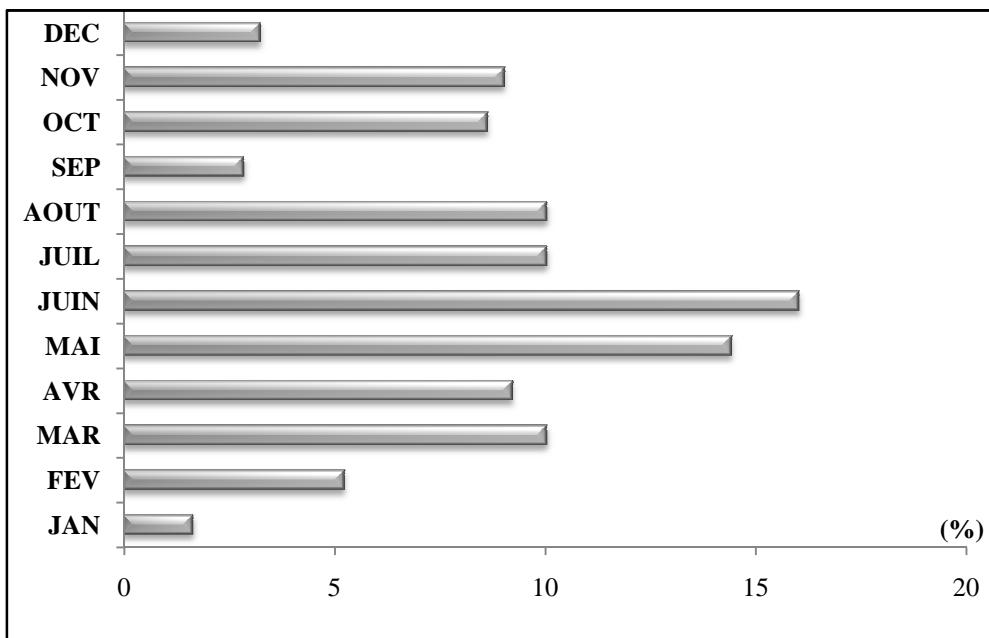


Figure 26. La répartition mensuelle des blattes récoltées pendant la période d'étude

Pendant la période d'étude on a récolté des blattes de différents stades de développement : des jeunes larves (du 1^{er} au 3^{ème} stade larvaire), des larves âgées (4^{ème} au 7^{ème} stade larvaire) et des adultes (mâles et femelles).

Periplaneta australasiae est présente en adultes, tandis que *Periplaneta americana* présente 87,54% des larves âgées et 12,46% des adultes (Fig. 27). Pour *Blattella germanica* et *Supella longipalpa* nous enregistrons la présence des jeunes larves (10,53% à 15,32%), des larves âgées (37,84% à 58,95%) et les adultes (30,35% à 46,85%) (Fig. 27).

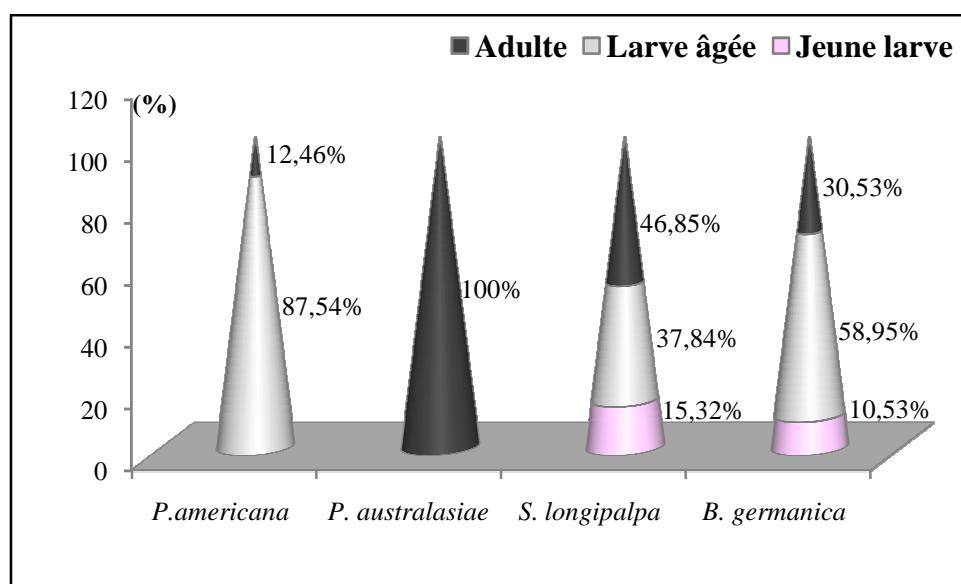


Figure 27. Structure du peuplement des blattes récoltées dans le milieu urbain

3.2.1. Les indices écologiques :

Les indices écologiques de composition :

Durant la période d'étude nous avons effectuées 35 sorties dans les différents sites urbains et nous avons pu identifier 500 individus dont la richesse totale (S) est de 4 espèces alors que la richesse moyenne (s_m) est de 1,42 espèce par sortie.

Les résultats obtenus, pour les récoltes réalisées chaque année, sont résumé dans la figure 28. L'inventaire des blattes urbaines dans la région de Laghouat, nous a permis d'identifier quatre espèces différentes : *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758) (57,8%), *Supella longipalpa* (Fabricius, 1798) (22,2%), *Blattella germanica* (Linnaeus, 1767) (19%) et *Periplaneta australasiae* avec un taux de 1% (Fabricius, 1775) (Fig. 28).

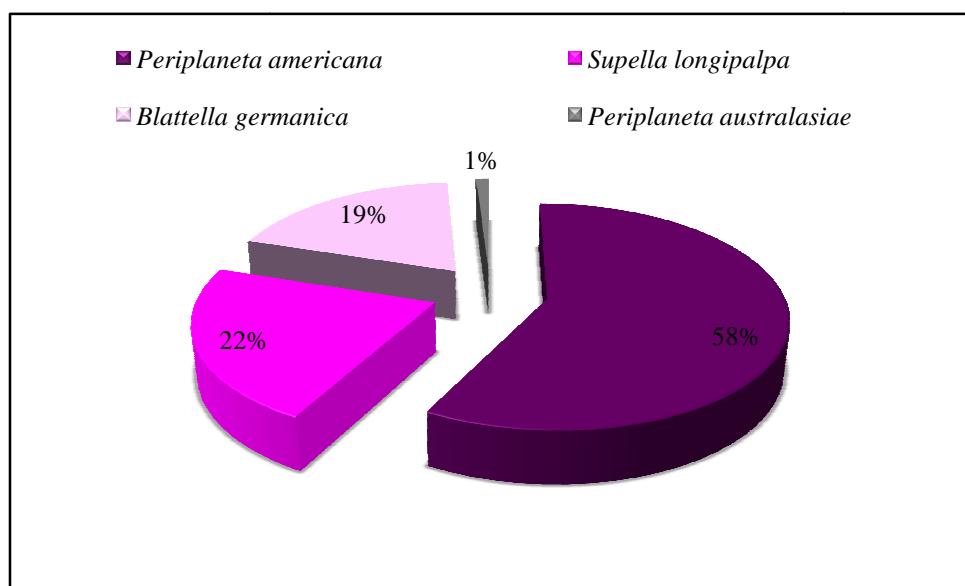


Figure 28. Ration des espèces récoltées dans le milieu urbain

Nos récoltes ont été effectuées dans trois sites urbains : maisons, hôpital et cité universitaire. Nous avons remarqué que la répartition des espèces se fait par site ; les individus du genre *Periplaneta* ne se trouve que dans les maisons, *S. longipalpa* que dans la cité universitaire et *B. germanica* qu'au niveau des hôpitaux (Tab. 14). Dans les maisons, nous avons collectés plus de 290 individus tandis que dans l'hôpital de Laghouat et la cité universitaire nous avons trouvé entre 95 et 111 blattes urbaines (Tab. 14).

Tableau 14 : Pourcentage et le nombre total des espèces récoltées dans les sites urbains

| | <i>P. americana</i> | <i>P. australasiae</i> | <i>S. longipalpa</i> | <i>B. germanica</i> | Total |
|-------------------|---------------------|------------------------|----------------------|---------------------|------------|
| Maisons | 98,30% | 1,70% | 0% | 0% | 294 |
| Hôpital | 0% | 0% | 0% | 100% | 95 |
| Cité univ. | 0% | 0% | 100% | 0% | 111 |

[Univ : Universitaire]

P. americana, la plus abondante dans la région d'étude (Laghouat), est classée dans la catégorie des espèces régulière tandis que *S. longipalpa* est considérée accessoire dans le milieu urbain de Laghouat (Tab. 15). Il ressort des résultats obtenus que *P. australasiae* et *B. germanica* présentent une fréquence d'occurrence de 11,43% et 17,14%, respectivement, ce qui montre qu'elles sont des espèces accidentnelles (Tab. 15).

Tableau 15 : Classement des espèces urbaines selon leur fréquence d'occurrence (F)

| | F | Catégorie |
|------------------------|--------|--------------|
| <i>P. americana</i> | 74,29% | Régulière |
| <i>P. australasiae</i> | 11,43% | Accidentelle |
| <i>S. longipalpa</i> | 45,71% | Accessoire |
| <i>B. germanica</i> | 17,14% | Accidentelle |

Les indices écologiques de structure :

Dans le milieu urbain prospecté, l'indice de Shanon-Weaver est de 1,46 bits ($1,46 < 1,5$) ce qui indique que le milieu est moins diversifié ; alors que l'équitabilité est de 0,73 qui montre que le milieu est équilibré et les espèces présentent la même abondance dans la région de Laghouat.

Phénologie des espèces récoltées :

Le phénogramme des espèces des blattes récoltées dans le milieu urbain de la région de Laghouat est résumé par le tableau 16.

Seule *P. americana* est présente tout au long de l'année ; tandis que *P. australasiae* n'est présente qu'au mois de mai, juin, juillet et octobre (Tab. 16). En ce qui concerne *S. longipalpa*, on enregistre sa disparition durant les mois de juillet, aout et septembre (Tab. 16). *B. germanica* est présente durant la période allant de juin à novembre (Tab. 16).

Tableau 16 : Phénogramme des espèces récoltées dans le milieu urbain (région de Laghouat)

| | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aou | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>P. americana</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>P. australasiae</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>S. longipalpa</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>B. germanica</i> | | | | | | | | | | | | |

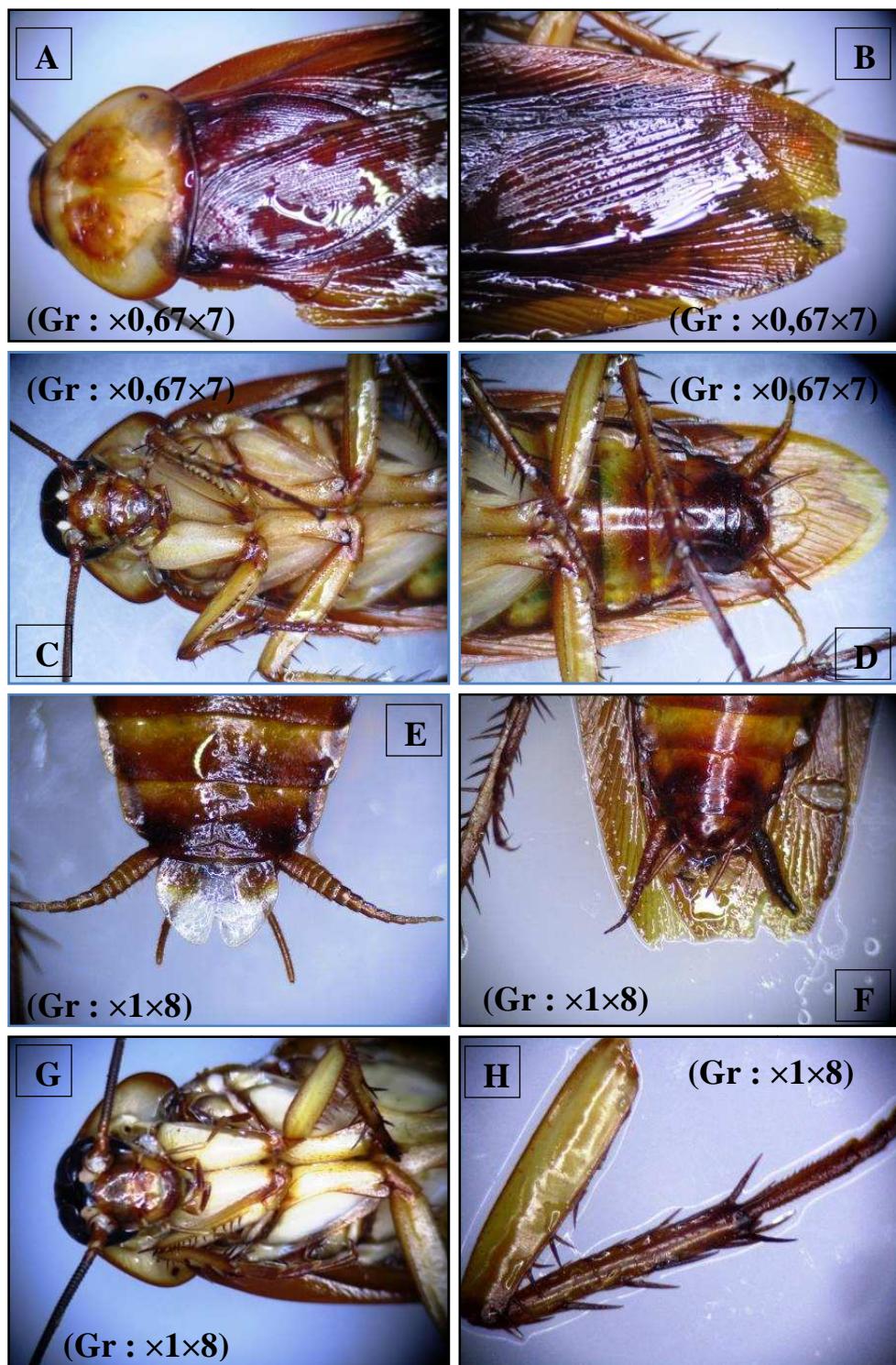


Figure 29. Les critères d'identification de l'espèce *P. americana*. (Originales)
[A, B - face dorsale du corps ; C, D- face ventrale du corps ; E, F- la plaque sous génitale ; G- la tête ; H- l'armature de la patte].

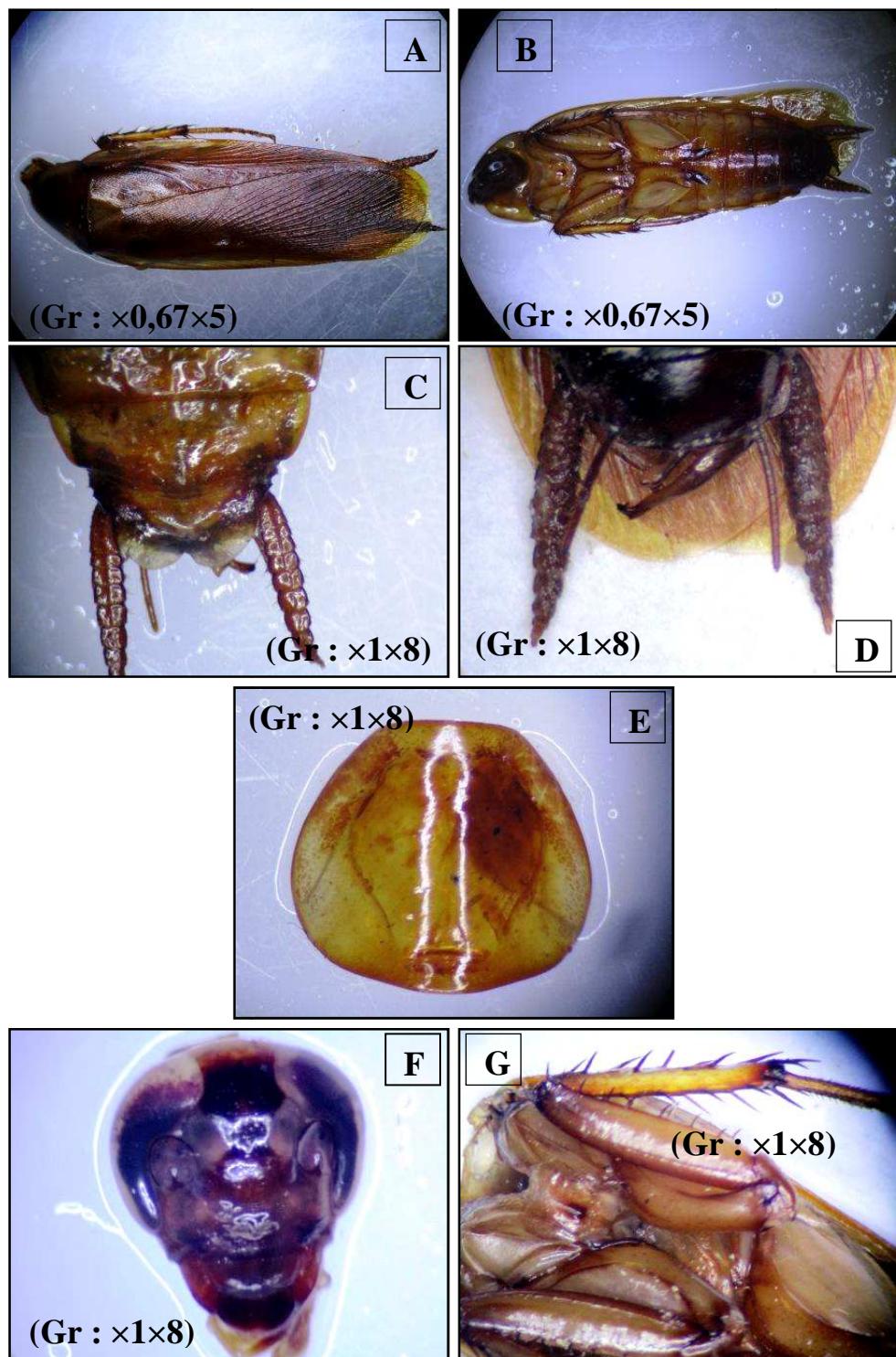


Figure 30. Les critères d'identification de l'espèce *P. australasiae*. (Originales)
[A- face dorsale du corps ; B- face ventrale du corps ; C, D- la plaque sous génitale ; E- pronotum ; F- la tête ;
G- l'armature de la patte].

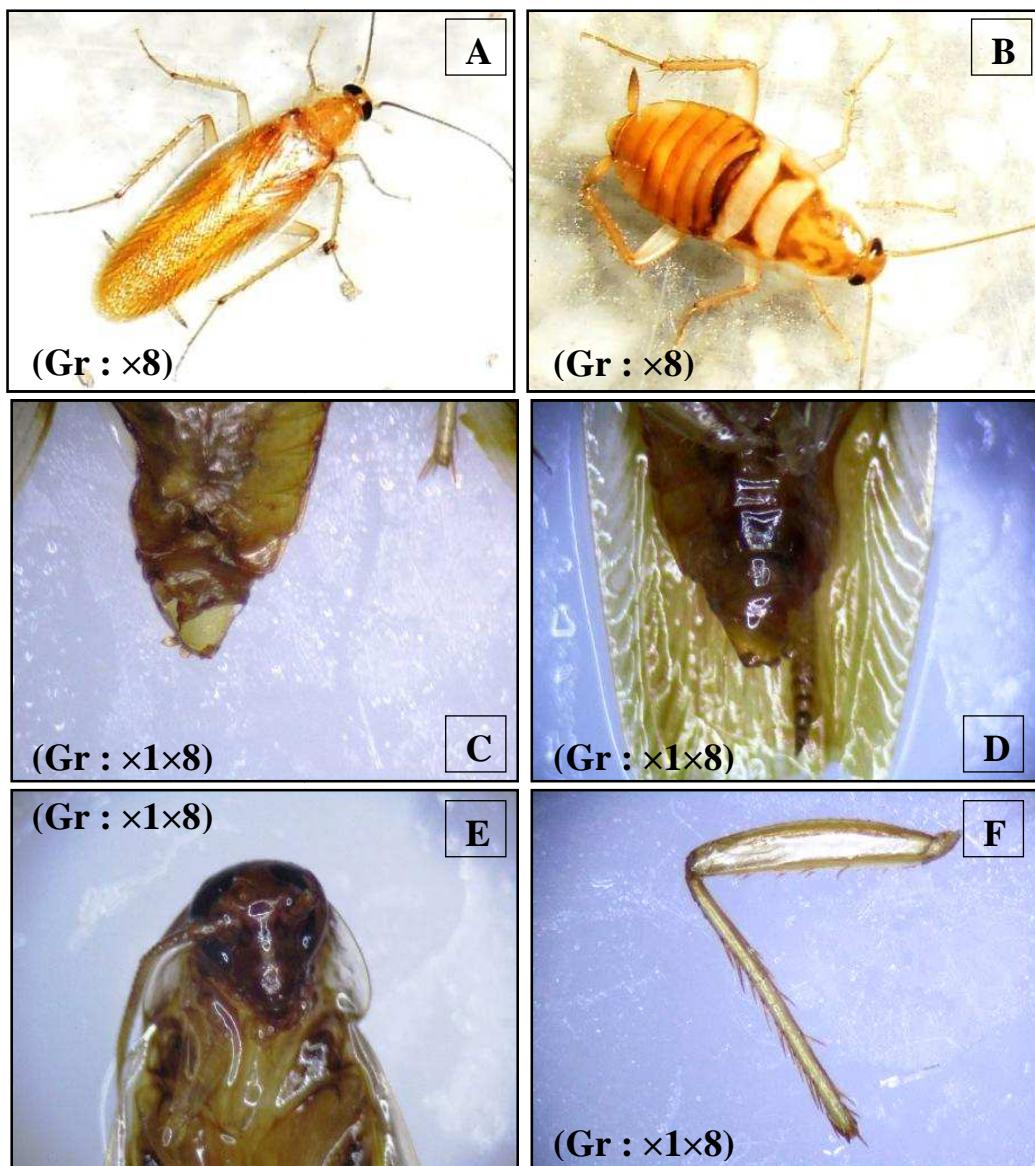


Figure 31. Les critères d'identification de l'espèce *S. longipalpa*. (Originales)
(A, C, D : Mâles, B: Larve)
[A, B- face dorsale du corps ; C, D- la plaque sous génitale ; E- la tête ; F- l'armature de la patte]

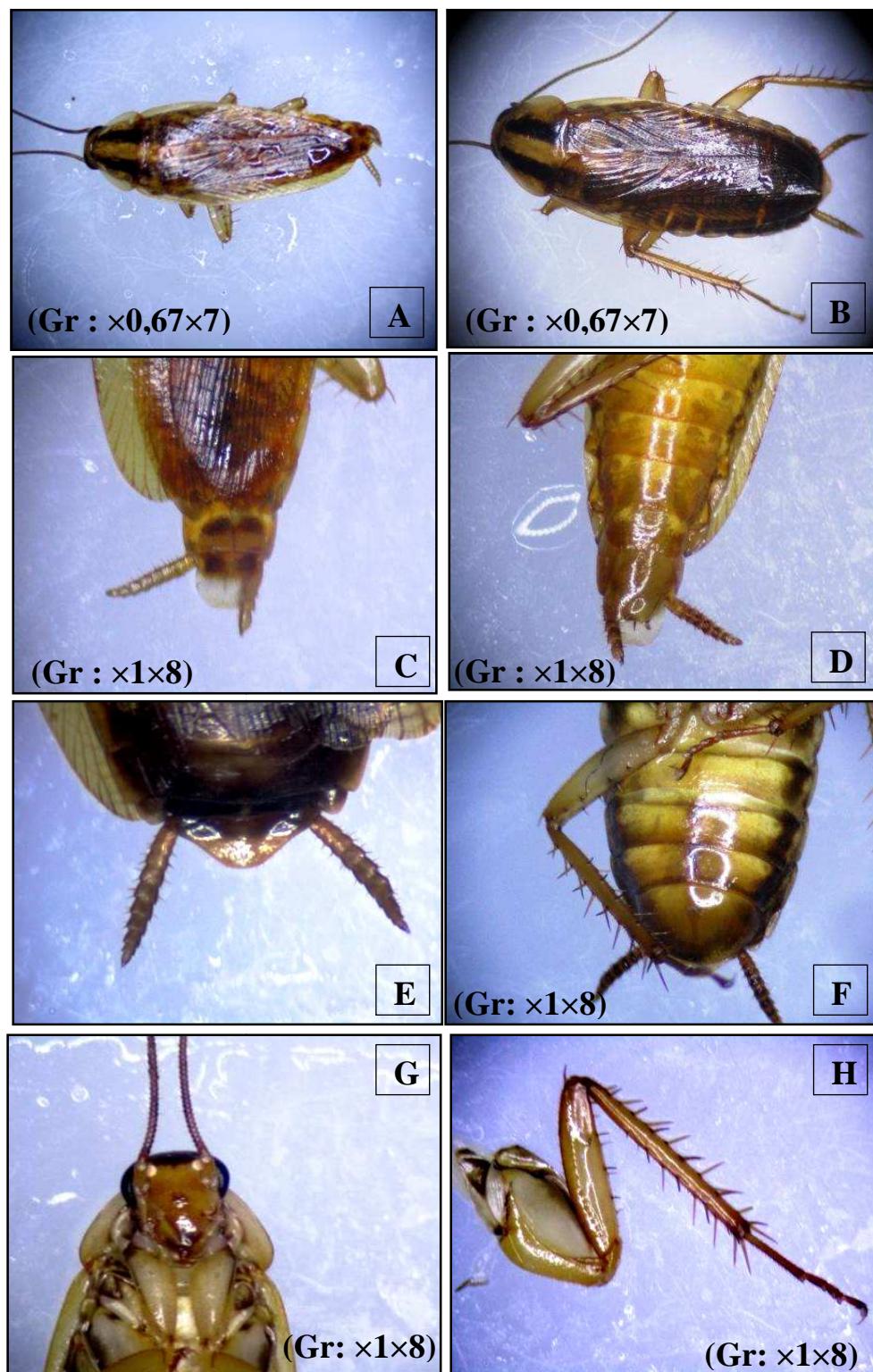


Figure 32. Les critères d'identification de l'espèce *B. germanica* (Originales)

(A, C, D : Mâles, B, E, F : Femelles)

[A, B- face dorsale du corps ; C, D, E, F- la plaque sous génitale ; G- la tête ; H- l'armature de la patte]

3.3. Etude toxicologique

3.3.1. Effet de l’Azadirachtine sur la mortalité de *B. germanica*:

Les tableaux 17 et 18 résument les taux de mortalité enregistrés après le 8^{ème}, 20^{ème} et 30^{ème} jour d’exposition aux différentes concentrations d’Azadirachtine.

Chez les mâles de *B. germanica*, l’utilisation de la concentration de 0,5 µg/ml provoque une mortalité de 12,29 % après 8 jours d’exposition et augmente en fonction du temps pour atteindre 53,07% après 30 jours. Nous avons enregistré une mortalité de 33,04% à 84,26% après 10 et 30 jours d’exposition pour la concentration 1 µg/ml. La concentration 2 µg/ml provoque une mortalité de 13,08% au bout du 8^{ème} jour pour atteindre 80,03% au 30^{ème} jour. L’analyse des variances montre qu’il existe des différences significatives entre les taux de mortalité enregistrés après 30 jours de traitement avec les différentes concentrations ($F_{obs} = 5,23$; $p : 0,04$) (Tab. 17).

Tableau 17 : Taux de mortalité des mâles de *B. germanica* traités par l’Azadirachtine

| Mâles | 8 jours | 20 jours | 30 jours | F_{obs} | p |
|------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| 0,5 µg/ml | 12,29% | 28,35% | 53,07% | 0,16 | 0,8 |
| 1 µg/ml | 33,04% | 68,86% | 84,26% | 4,21 | 0,07 |
| 2 µg/ml | 13,08% | 58,08% | 80,03% | 2,89 | 0,13 |
| F_{obs} | 5 | 0,80 | 5,23 | | |
| p | 0,05 | 0,49 | 0,04* | | |

Chez les femelles de la blatte germanique, nous avons enregistré une mortalité qui varie entre 6,14% et 43,07% (Tab. 18). Au bout du 8^{ème} jour, nous avons marqué une mortalité de 6,14% et 17,25% pour les concentrations de 1 µg/ml et 2 µg/ml, successivement (Tab. 18). Le suivi de la mortalité chez les femelles montre qu’elle est en fonction du temps d’exposition à l’Azadirachtine et atteint 31,06%, 43,07% et 41,10% au bout de 30 jours de traitement (Tab. 18).

Tableau 18 : Taux de mortalité des femelles de *B. germanica* traités par l’Azadirachtine

| Femelles | 8 jours | 20 jours | 30 jours | F _{obs} | p |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|--------------|
| 0,5 µg/ml | 0% | 31,06% | 31,06% | 8 | 0,02* |
| 1 µg/ml | 6,14% | 26,10% | 43,07% | 0,83 | 0,47 |
| 2 µg/ml | 17,25% | 33,03% | 41,10% | 1,12 | 0,3 |
| F_{obs} | 3,40 | 0,34 | 1,17 | | |
| p | 0,05 | 0,72 | 0,37 | | |

Les calculs des concentrations létales (CL50% et CL90%) chez les individus adultes de *B. germanica* exposés à l’Azadirachtine pendant 8, 20 et 30 jours révèle une corrélation positive entre la mortalité et les concentrations utilisées.

Les calculs des valeurs de CL50% et de CL90% montrent que les femelles résistent plus que les mâles aux différentes concentrations. Chez les mâles, après 30 jours de traitement, la concentration létale de 50% de la population est 0,16 µg/ml et elle est de 2,48 µg/ml chez les blattes femelles. 90% des blattes peuvent être éliminé avec 0,53 à 119,93 µg/ml au bout de 30 jours de traitement (Tab. 19).

Tableau 19 : Concentrations létales de l’Azadirachtine

| Temps d'exposition | Mâles | | | Femelles | | |
|--------------------|--------------------------|------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Régression | CL50% (µg/ml) | CL90% (µg/ml) | Régression | CL50% (µg/ml) | CL90% (µg/ml) |
| 8 jours | Y=3,95+0,64X R=0,39 | 43,65 | 4,36*10³ | Y=2,34+6,47X R= 0,94 | 2,57 | 4,06 |
| 20 jours | Y=5,25+ 2,08X R= 0,71 | 0,75 | 3,09 | Y=4,33+0,16X R= 0,30 | 1,53*10⁴ | 1,53*10¹² |
| 30 jours | Y=6,96+ 2,5X R= 0,44 | 0,16 | 0,53 | Y=4,70+0,75X R= 0,22 | 2,48 | 119,93 |

En ce qui concerne les temps létaux (Tab. 20), nos résultats révèlent qu'à des concentrations de 0,5 µg/ml, 1 µg/ml et 2 µg/ml, il faut 2 à 3 fois plus de temps pour obtenir 50 à 90% de mortalité chez les femelles, comparativement aux mâles. Pour les trois concentrations d’Azadirachtine utilisées, les résultats montrent qu'il existe une forte corrélation positive entre les taux de mortalité et les temps d'exposition (R est de 0,92 à 0,99) (Tab. 20).

Tableau 20 : Temps létaux de l’Azadirachtine

| Concentration | Mâles | | | Femelles | | |
|------------------|--------------------------|---------------|---------------|-------------------------|---------------|---------------|
| | Régression | TL50% (jours) | TL90% (jours) | Régression | TL50% (jours) | TL90% (jours) |
| 0,5 µg/ml | Y=-0,30+4,12X R= 0,93 | 19,33 | 39,54 | Y=-7,19+8,26X R=0,96 | 29,90 | 42,73 |
| 1 µg/ml | Y=-1,90+6,77X R=0,92 | 10,45 | 16,15 | Y=-0,61+4,14X R=0,98 | 22,65 | 46,15 |
| 2 µg/ml | Y=-0,67+4,98X R=0,99 | 13,75 | 24,86 | Y=1,82+2,26X R=0,99 | 25,53 | 94,07 |

3.3.2. Effet des extraits aqueux des fleurs de *P. harmala* sur la mortalité de *B. germanica* :

L’utilisation des extraits aqueux des fleurs de *P. harmala* contre les mâles de *B. germanica* provoque un taux de mortalité qui varie entre 0% et 53,39% selon les concentrations et les temps d’exposition. L’application de la plus faible concentration (500 µg/ml) induit une mortalité de 6,14% au bout du 20^{ème} jour d’exposition tandis que la plus forte concentration (840 µg/ml) affiche un taux de mortalité de 21,14% au bout du 8^{ème} jour et 53,39% à 30 jours (Tab. 21).

Tableau 21 : Taux de mortalité des mâles de *B. germanica* traités par les extraits aqueux des fleurs de *P. harmala*

| Mâles | 08 jours | 20 jours | 30 jours | F _{obs} | p |
|------------------------|--------------|--------------|-------------|------------------|--------------|
| 500 µg/ml | 0% | 6,14% | 6,14% | 8 | 0,02* |
| 700 µg/ml | 0% | 0% | 33,03% | 4,55 | 0,06 |
| 840 µg/ml | 21,14% | 41,14% | 53,39% | 0,36 | 0,71 |
| F_{obs} | 5,73 | 8,22 | 3,19 | | |
| p | 0,04* | 0,01* | 0,11 | | |

Chez les femelles exposées aux extraits aqueux des fleurs de *P. harmala* les taux de mortalité, après 8 jours de traitement, varient entre 0% et 15%. Alors qu’après 30 jours du traitement, l’utilisation de 500, 700 µg/ml et 840 µg/ml provoque des taux de mortalité de 21,93% ; 23,85% et 31,06%, respectivement (Tab. 22).

Tableau 22 : Taux de mortalité des femelles de *B. germanica* traitées par les extraits aqueux des fleurs de *P. harmala*

| Femelles | 8 jours | 20 jours | 30 jours | F _{obs} | p |
|------------------------|--------------|-------------|-------------|------------------|--------------|
| 500 µg/ml | 0% | 13,08% | 21,93% | 5,74 | 0,04* |
| 700 µg/ml | 0% | 6,14% | 23,85% | 10,08 | 0,01* |
| 840 µg/ml | 15% | 17,71% | 31,06% | 3,08 | 0,12 |
| F_{obs} | 8,49 | 2,04 | 4,56 | | |
| P | 0,01* | 0,21 | 0,06 | | |

Les résultats montrent qu'il y a une corrélation positive entre les taux de mortalité et les concentrations des extraits aqueux des fleurs de *P. harmala* (le coefficient de corrélation « R » est de 0,14 à 1,00) (Tab. 23).

Pour assurer une mortalité de 50 % chez les adultes mâles après 8 jours de traitement, la concentration des extraits aqueux des fleurs de *P. harmala* doit être égale 1096,48 µg/ml, par contre chez les femelles elle est de 1202,26 µg/ml (Tab. 23).

Tableau 23 : Concentrations létales des extraits aqueux des fleurs de *P. harmala*

| Temps d'exposition | Mâles | | |
|--------------------|---------------------------|---------------|---------------|
| | Régression | CL50% (µg/ml) | CL90% (µg/ml) |
| 8 jours | Y=-43,98+16,08X R=0,77 | 1096,48 | 1348,96 |
| 20 jours | Y=-5,96+ 3,05X R=0,14 | 3890,45 | 10232,93 |
| 30 jours | Y=-23,02+9,68X R=1,00 | 812,83 | 1047,12 |

| Temps d'exposition | Femelles | | |
|--------------------|----------------------------|---------------|----------------------|
| | Régression | CL50% (µg/ml) | CL90% (µg/ml) |
| 8 jours | Y=-38,98+14,23X R= 0,75 | 1202,26 | 1513,56 |
| 20 jours | Y=5,82-0,77X R=0,21 | 11,48 | 3,98 |
| 30 jours | Y=2,16+0,72X R=0,47 | 8709,63 | 5,24*10 ⁵ |

Les résultats du tableau 24 résument les différents temps létaux des extraits aqueux des fleurs de *P. harmala*.

En ce qui concerne les temps létaux, il existe une bonne corrélation positive entre la mortalité des adultes, due à un accroissement de la concentration de l'extrait et le temps d'exposition, puisque le coefficient de corrélation varie entre 0,74 et 1,00 (Tab. 24). Plus les concentrations des extraits aqueux des fleurs de *P. harmala* augmentent, plus les temps létaux diminuent chez les mâles. Chez les femelles, plus on augmente la concentration de l'extrait plus le temps létal augmente (Tab. 24).

Tableau 24 : Temps létaux des extraits aqueux de fleurs de *P. harmala*

| Concentration | Mâles | | | Femelles | | |
|----------------------|--------------------------------|--------------|---------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | Régression | TL50 (j) | TL90 (j) | Régression | TL50 (j) | TL90 (j) |
| 500 $\mu\text{g/ml}$ | $Y = -5,07 + 5,85X$ R= 0,95 | 67,46 | 111,65 | $Y = -6,63 + 7,59X$ R= 0,97 | 34,06 | 50,22 |
| 700 $\mu\text{g/ml}$ | $Y = -6,39 + 6,43X$ R= 0,74 | 59,42 | 93,42 | $Y = -6,32 + 7,10X$ R= 1,00 | 38,90 | 59,51 |
| 840 $\mu\text{g/ml}$ | $Y = 2,32 + 2X$ R= 0,99 | 21,87 | 95,49 | $Y = 0,26 + 0,81X$ R= 1,00 | $7,1 \times 10^5$ | $2,7 \times 10^7$ |

3.3.3. Etude du comportement sexuel :

Effet du traitement sur les séquences du comportement sexuel :

Effet de l'Azadirachtine (0,5 $\mu\text{g/ml}$) :

Chez les insectes témoins nous avons enregistré 60 % d'accouplement réussis, 40% d'accouplements avortés et aucun accouplement nul (Tab. 25). Par contre chez les couples traités (les deux partenaires traités ou l'un des partenaires traité), tous les accouplements observés sont nuls avec un taux de 100% (Tab. 25).

Tableau 25 : Effet de l'Azadirachtine (0,5 $\mu\text{g/ml}$) sur le taux de réussite des accouplements de *B. germanica*

| Les couples | Réussi | Avorté | Nul |
|----------------------|--------|--------|------|
| M.T x F.T | 60% | 40% | 0% |
| M.Aza x F.Aza | 0% | 0% | 100% |
| M.T x F.Aza | 0% | 0% | 100% |
| M.Aza x F.T | 0% | 0% | 100% |

[M : Mâle ; F : Femelle ; T : Témoin ; Aza : Azadirachtine]

➤ **Effet sur le temps du premier contact antennaire :**

Chez les couples témoins, le temps moyen du premier contact antennaire est $43,60 \pm 13,67$ secondes, alors que les mâles traités arrivent à localiser leurs femelles traitées après un temps moyen de $102,00 \pm 21,36$ secondes (Fig. 33). Pour les couples dont le mâle est témoin et la femelle est traitée nous avons enregistré un temps moyen de $81,00 \pm 14,37$ secondes et $99,50 \pm 16,19$ secondes chez les couples dont le mâle est traité et la femelle témoin (Fig. 33). La comparaison des variances, montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les temps du premier contact enregistrés chez les différents couples testés ($F_{obs} = 0,61$; $p : 0,61$) (Fig. 33).

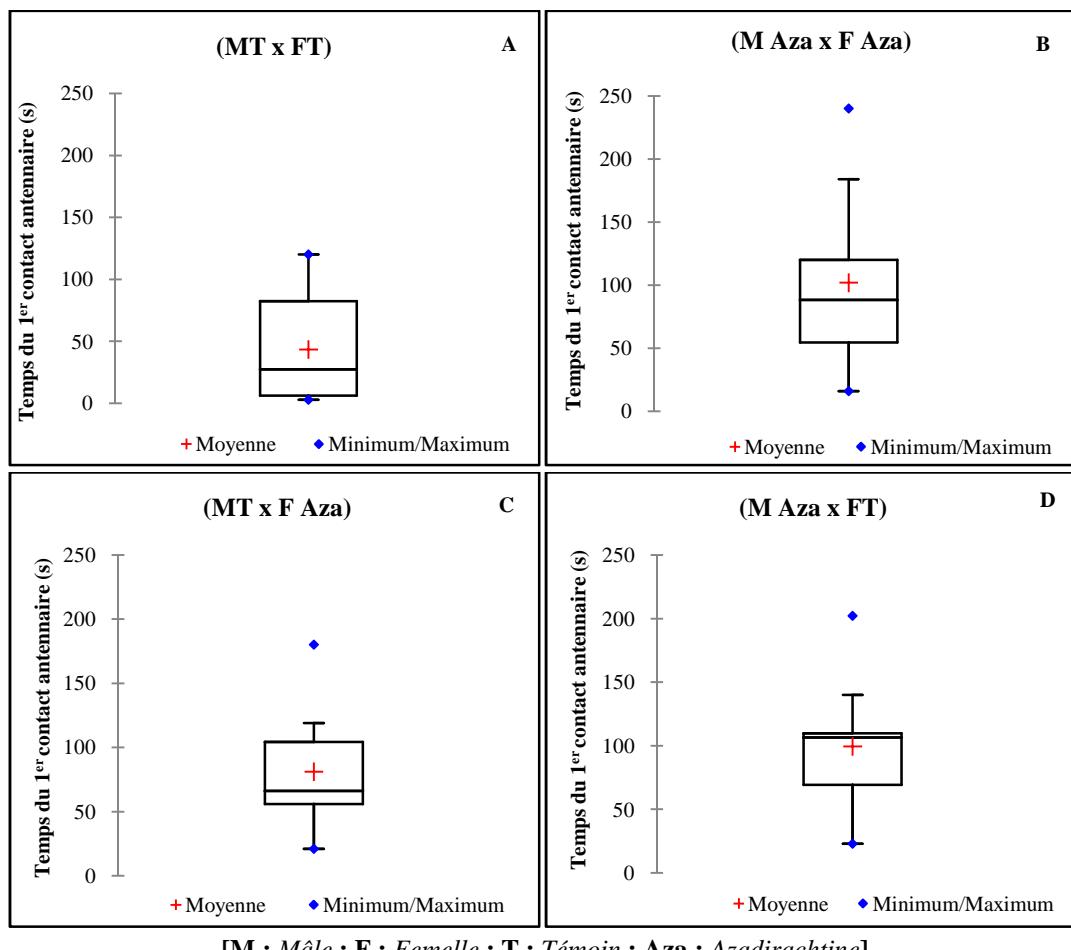


Figure 33. Effet de l’Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur le temps (secondes) du premier contact antennaire

➤ **Effet sur le temps de la première parade :**

Les mâles des couples témoins commencent à parader après un temps moyen de $80,90 \pm 14,94$ secondes (Fig. 34 A), par contre, chez les couples traités, les mâles adoptent leur position de wing-raising après une moyenne de $178,90 \pm 99,59$ secondes (Fig. 34 B).

Les mâles témoins tiennent leur position d'appel pour les femelles traitées après un temps de moyen de $452,50 \pm 159,42$ secondes (Fig. 34 C) et les mâles traités appellent leurs femelles témoins après $178,90 \pm 99,59$ secondes (Fig. 34 D).

La comparaison des variances montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les temps enregistrés chez les couples testés ($F_{obs} = 13,17$; $p < 0,0001$).

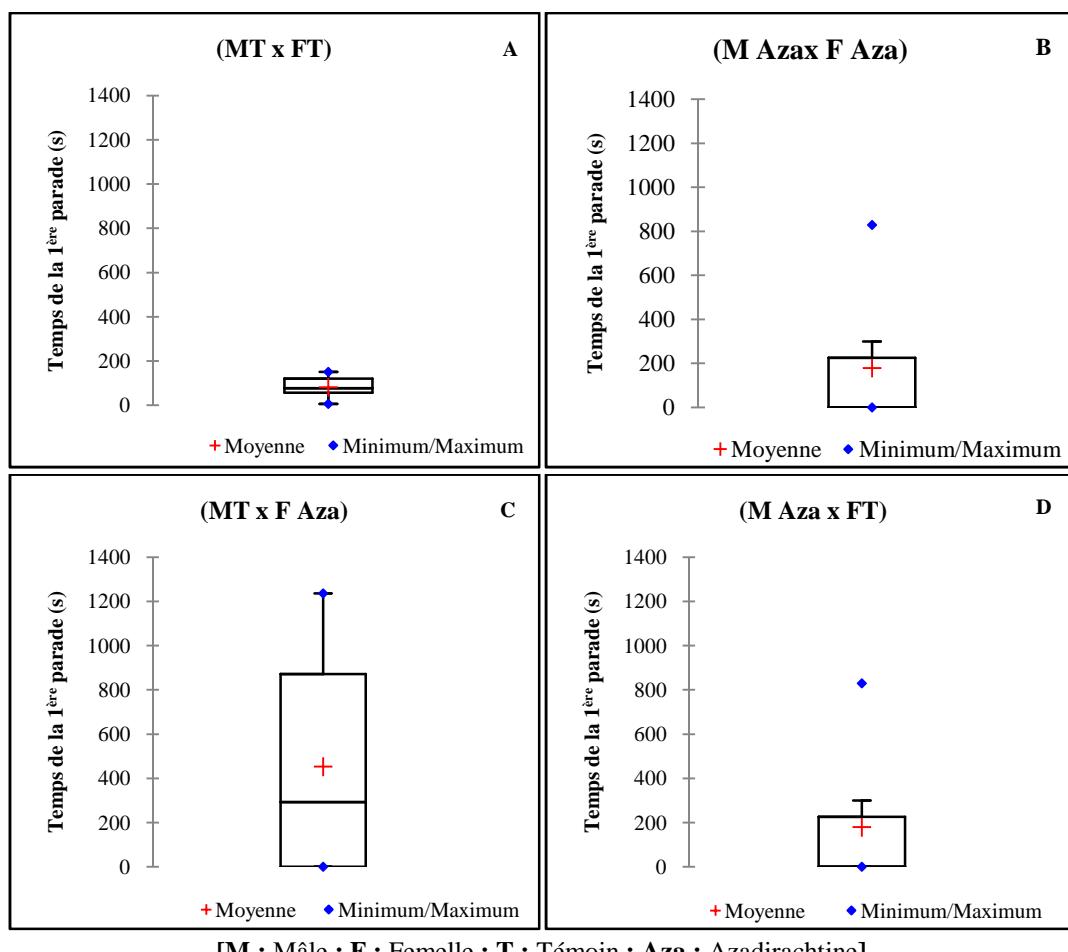


Figure 34. Effet de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur le temps (secondes) de la première parade

➤ **Effet sur le nombre de parade :**

Les résultats obtenus dans la figure 35 montrent que le nombre moyen des parades enregistrées pour les couples des individus témoins est $4,20 \pm 0,55$ parades tandis que, chez les couples traités nous avons enregistré entre zéro et 7 parades avec une moyenne de $1,5 \pm 0,73$ parade (Fig. 35 A, B).

Pour les couples dont les mâles sont témoins et les femelles traitées nous avons enregistré un nombre moyen de $1,80 \pm 0,71$ parades avec un maximum de 6 parades (Fig. 35 C). Dans le cas des mâles traités et des femelles témoins, nous avons une moyenne de $1,90 \pm 0,96$ parade (Fig. 35 D).

La comparaison indique qu'il n'existe pas de différences significatives entre le nombre de parade évaluée chez les quatre couples étudiées ($F_{\text{obs}} = 1,80$; $p : 0,164$).

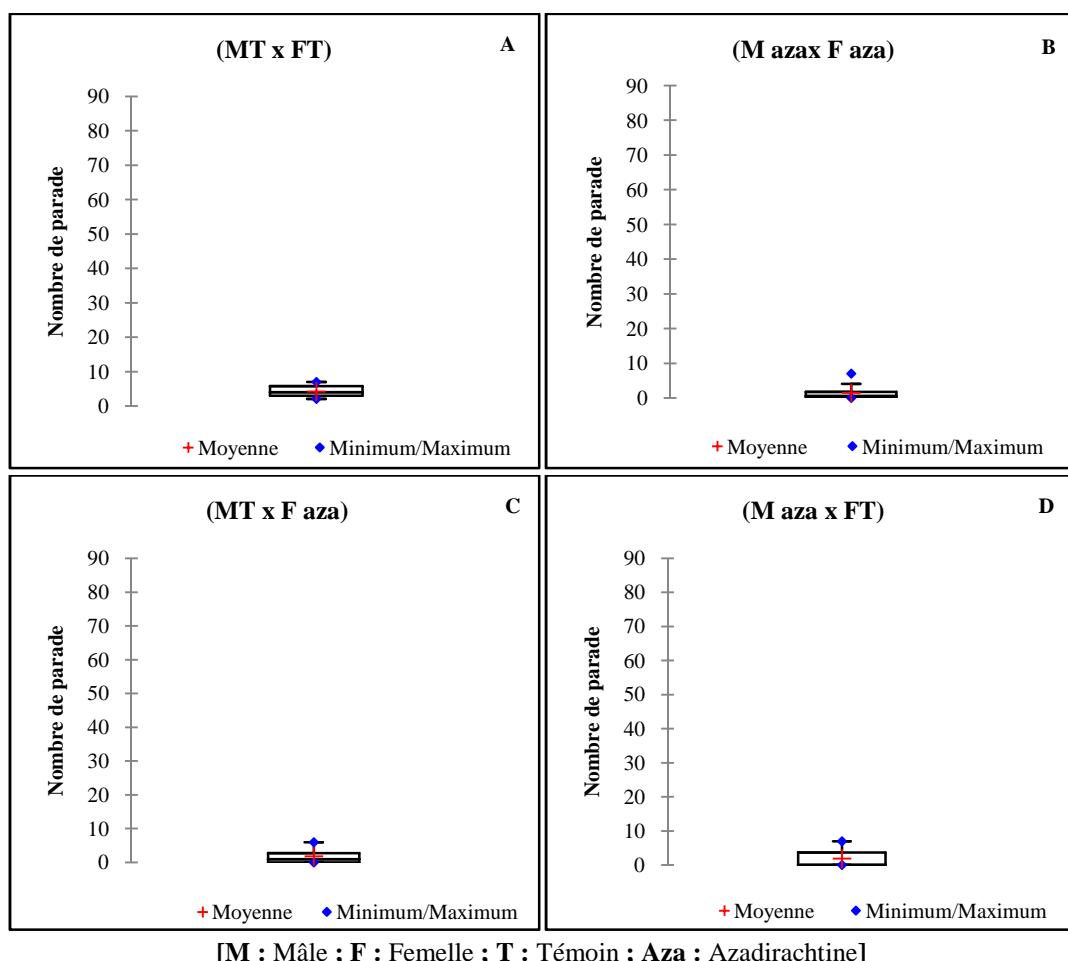


Figure 35. Effet de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur le nombre de parade

➤ **Effet sur le temps du premier léchage :**

Les femelles témoins de la blatte germanique lèchent les sécrétions de leurs partenaires sexuels témoins après un temps moyen de $190,00 \pm 30,98$ secondes dont le minimum est de 30 secondes et le maximum est 300 secondes (Fig. 36). Par contre chez les couples traités ou lorsque un des deux partenaires est traité, les femelles n'effectuent pas le phénomène de léchage.

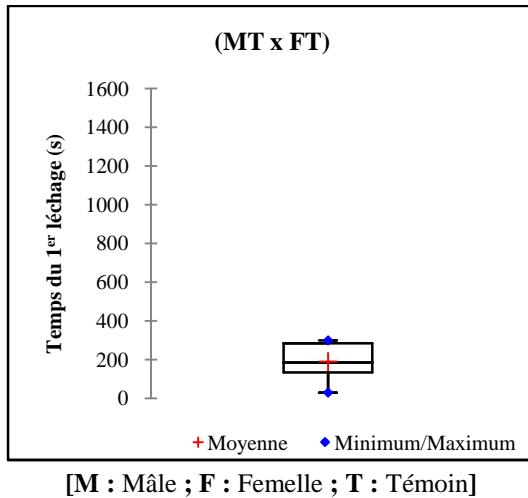


Figure 36. Effet de l’Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur le temps (secondes) du premier léchage

➤ **Effet sur le nombre de léchage :**

Sauf les femelles témoins ont léché les sécrétions des mâles témoins, nous avons observé $7,10 \pm 0,45$ léchages en moyenne avec un minimum de 4 léchages et un maximum de 7 léchages (Fig. 37).

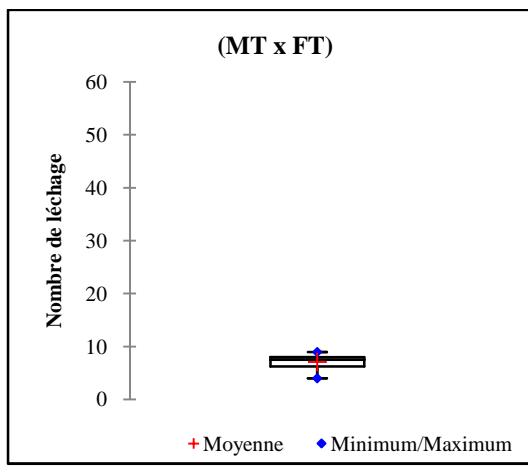


Figure 37. Effet de l’Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur le nombre de léchage

➤ **Effet sur la tentative d'accouplement :**

Cette séquence n'a été observée que chez les couples témoins. Ces derniers tentent de s'accoupler après un temps moyen de $276,30 \pm 37,77$ secondes dont la valeur minimale est de 100 secondes et la valeur maximale est de 480 secondes (Fig. 38). En ce qui concerne le nombre de tentative d'accouplement, nous enregistrons $4,00 \pm 0,57$ tentatives en moyenne avec un minimum de 2 tentatives et un maximum de 7 tentatives d'accouplement (Fig. 38).

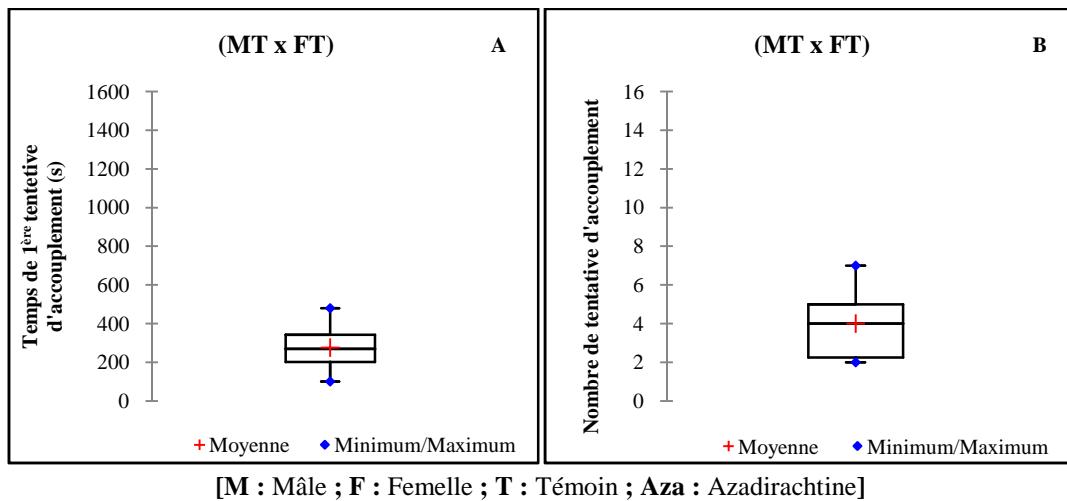
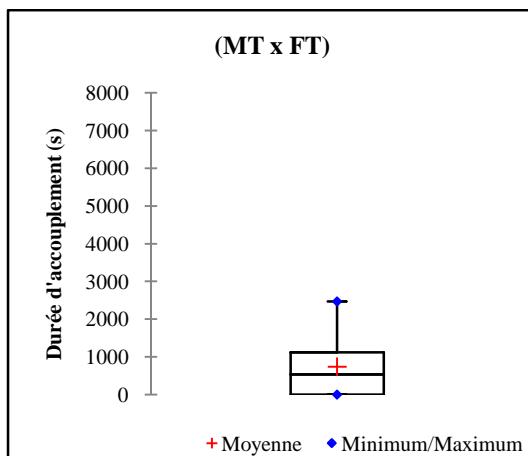


Figure 38. Effet de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur la tentative d'accouplement
[A- le temps (secondes) de la première tentative d'accouplement ; B- le nombre de tentative d'accouplement]

➤ **Effet sur la durée de l'accouplement :**

Les résultats montrent que l'Azadirachtine administré à une concentration sublétale influe sur l'accouplement des individus traités puisqu'on n'a observé que des accouplements nuls. Pour les couples témoins, ils aboutissent à un accouplement réussi et la durée moyenne de l'accouplement est $745,10 \pm 272,68$ secondes dont la durée maximale est de 2471 secondes (Fig. 39).



[M : Mâle ; F : Femelle ; T : Témoin ; Aza : Azadirachtine]

Figure 39. Effet du l’Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur la durée (secondes) de l’accouplement

Effet de l’extract aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) :

Les résultats du tableau 26 montrent que l’extract aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) agit sur le taux de réussite des accouplements chez *B. germanica*. Chez les couples où l’un de deux partenaires est traité nous avons remarqué que seuls 20% des accouplements sont réussis, 10% des accouplements sont avortés et jusqu'à 70% d'accouplement nul lorsque c'est la femelle qui est traitée (Tab. 26). Chez les couples traités, nous enregistrons un taux de 90% d'accouplements nuls et 10% d'accouplements avortés (Tab. 26).

Tableau 26 : Effet de l’extract aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) sur le taux de réussite des accouplements chez *B. germanica*

| Les couples | Réussi | Avorté | Nul |
|------------------|--------|--------|-----|
| M.T x F.T | 60% | 40% | 0% |
| M.H x F.H | 0% | 10% | 90% |
| M.T x F.H | 20% | 10% | 70% |
| M.H x F.T | 20% | 60% | 20% |

[M : Mâle ; F : Femelle ; T : Témoin ; H : *P. harmala*]

➤ Effet sur le temps du premier contact antennaire :

Les temps moyens du premier contact antennaire pour les quatre couples testés sont résumés dans la figure 40. Chez les couples traités avec l’extract aqueux des fleurs de *P. harmala* (mâles et femelles traités), le premier contact se fait à $24,30 \pm 8,35$ secondes (avec un minimum de 4 secondes et un maximum de 80 secondes), par contre les couples témoins

mettent un peu plus de temps pour l'établir (entre 3 et 120 secondes dont la moyenne est de $43,6 \pm 13,67$ secondes) (Fig. 40 A, B).

Lorsque l'un des deux partenaires seulement subit un traitement avec l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala*, le premier contact antennaire se fait à $55,80 \pm 23,53$ (Fig. 40 C) et $42,80 \pm 9,19$ secondes (Fig. 40 D).

L'analyse des variances ($F_{\text{obs}} = 2,26$; $p: 0,098$) montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les temps du premier contact enregistrés chez les différents couples.

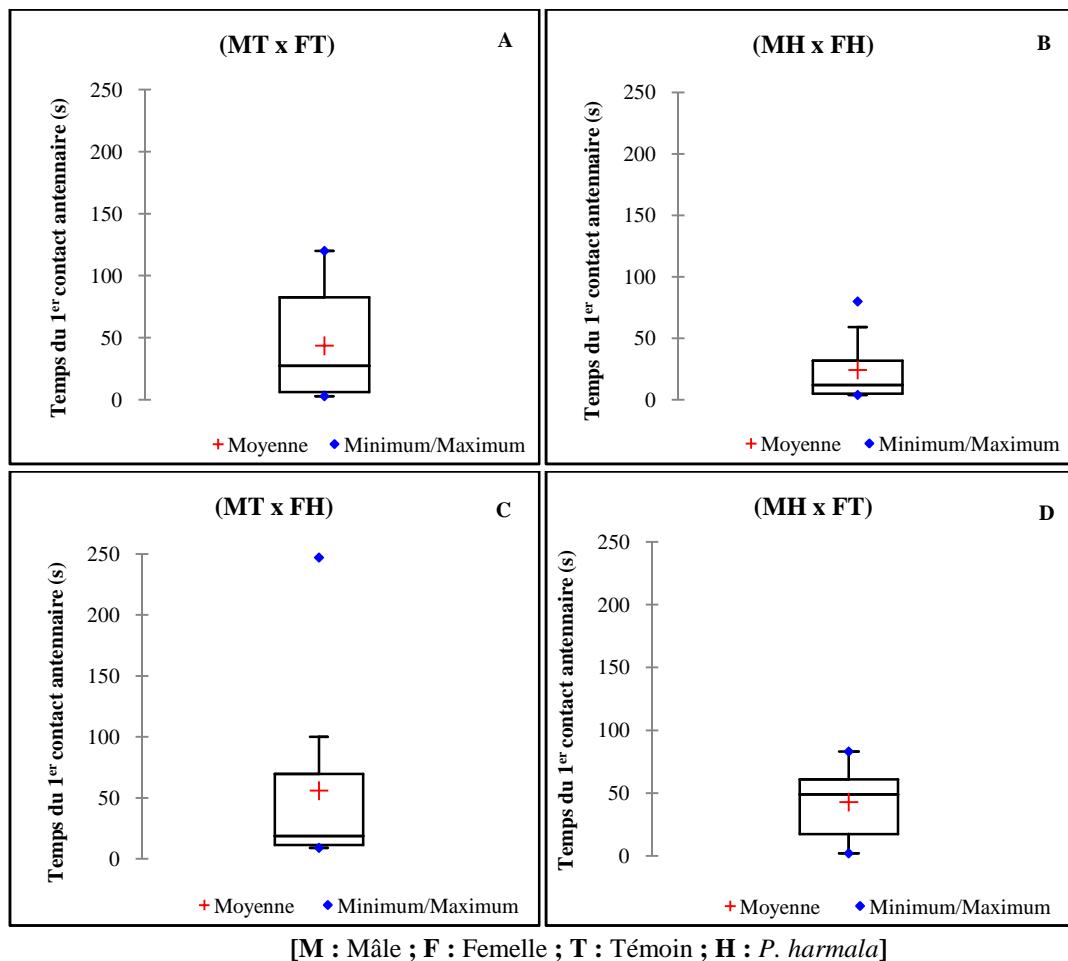


Figure 40. Effet de l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) sur le temps (secondes) du premier contact antennaire

➤ **Effet sur le temps de première parade :**

En ce qui concerne le temps de la première parade, au seuil de signification $\alpha=0,05$, la comparaison des variances entre les quatre couples révèle l'existence des différences hautement significatives dont $F_{obs}= 5,96$ et $p: 0,002$.

Le temps de la première parade exécutée par les mâles traités est $52,90 \pm 13,60$ secondes lorsque les femelles sont, également, traitées et il varie entre zéro et 345 secondes quand il s'agit d'une femelle témoin (Fig. 41 B, D).

Chez les témoins, le mâle de *B. germanica* adopte la position wing-raising entre la 6^{ème} et la 150^{ème} secondes pour la première fois, et ce quand la femelle est saine (Fig. 41 A). Ce temps peut atteindre 696 secondes lorsque le mâle est témoin alors que la femelle reçoit un traitement avec l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (Fig. 41 C).

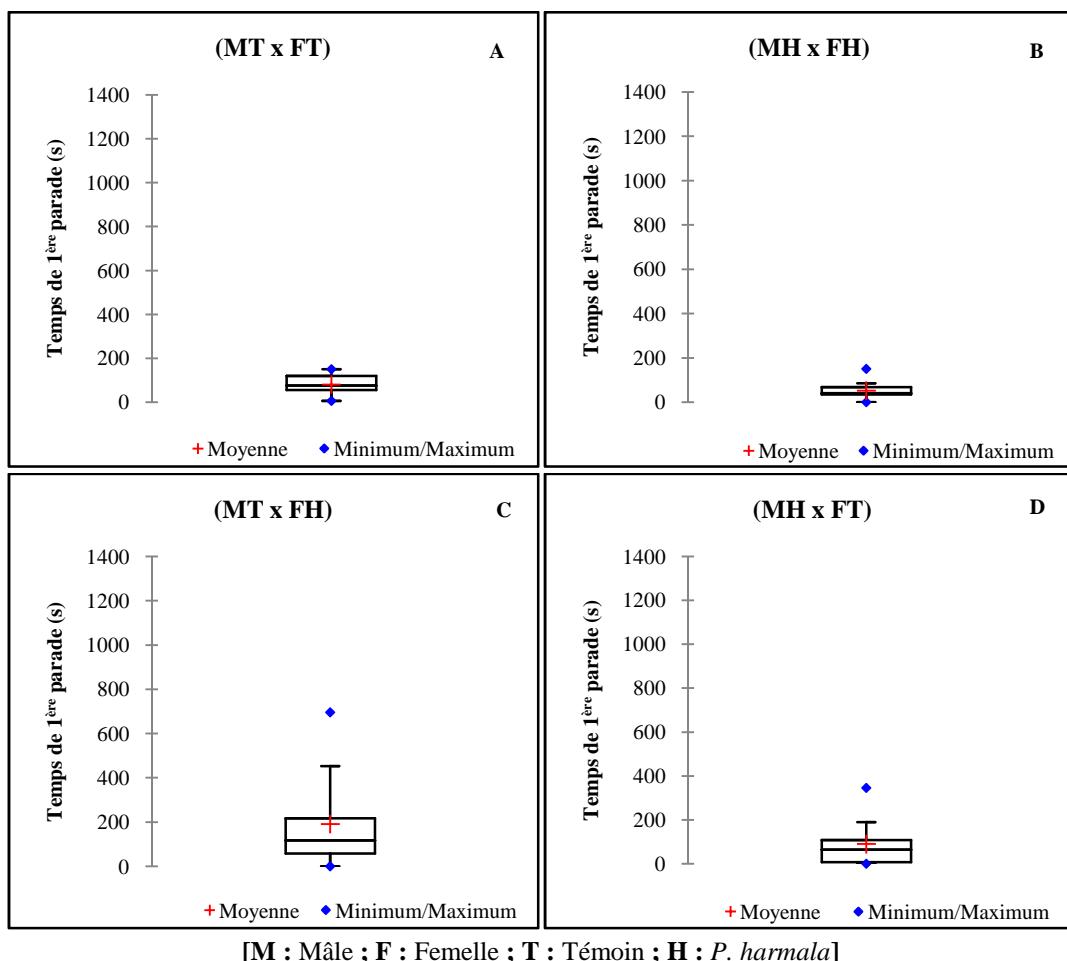


Figure 41. Effet de l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) sur le temps (secondes) de la première parade

➤ **Effet sur le nombre de parade :**

Chez les couples traités (les deux individus traités ou l'un des deux partenaires est traité), nous avons enregistré que le nombre des parades est 4 à 7 fois plus important que celui enregistré chez les couples témoins. Lorsque nous avons testé les individus traités le nombre moyen est de $18,30 \pm 4,23$ parades (Fig. 42 B). Le traitement des femelles seules montre que le nombre des parades est de $23,60 \pm 8,01$ secondes (Fig. 42 C) et atteint jusqu'à 59 parades quand le mâle est traités et la femelle est saine (Fig. 42 D). La comparaison des variances énonce les différences hautement significatives entre les nombre de parades enregistrées chez les quatre couples ($F_{\text{obs}} = 13,60$; $p < 0,0001$).

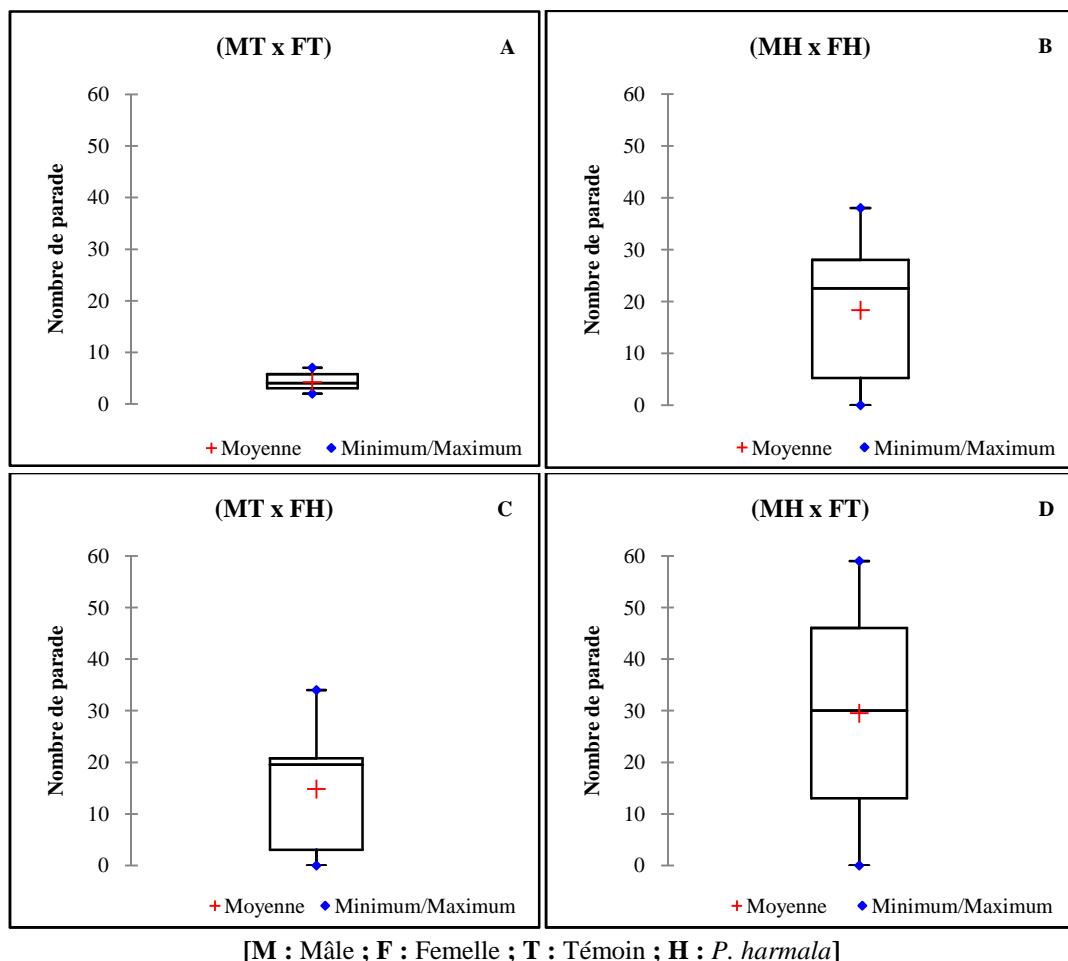


Figure 42. Effet de l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) sur le nombre de parade

➤ **Effet sur le temps de premier léchage :**

Contrairement aux couples traités avec l’Azadirachtine (0,5 µg/ml), les femelles de *B. germanica* traitées avec l’extract aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) détectent et lèchent les sécrétions de leurs partenaires mâles. La comparaison des variances indique l’existence des différences hautement significatives entre les temps du premier léchage effectué chez des quatre couples ($F_{\text{obs}} = 19,06$; $p < 0,0001$).

Chez les couples traités, le temps moyen du premier léchage est zéro à 515 secondes (Fig. 43 B). Les femelles témoins de la blatte germanique lèchent les sécrétions de leurs partenaires sexuels traités après un temps moyen de $192,3 \pm 56,42$ secondes (Fig. 43 D) tandis que les femelles traitées mettent jusqu’à $509,50 \pm 214,69$ secondes pour lécher les sécrétions des mâles témoins (Fig. 43 C).

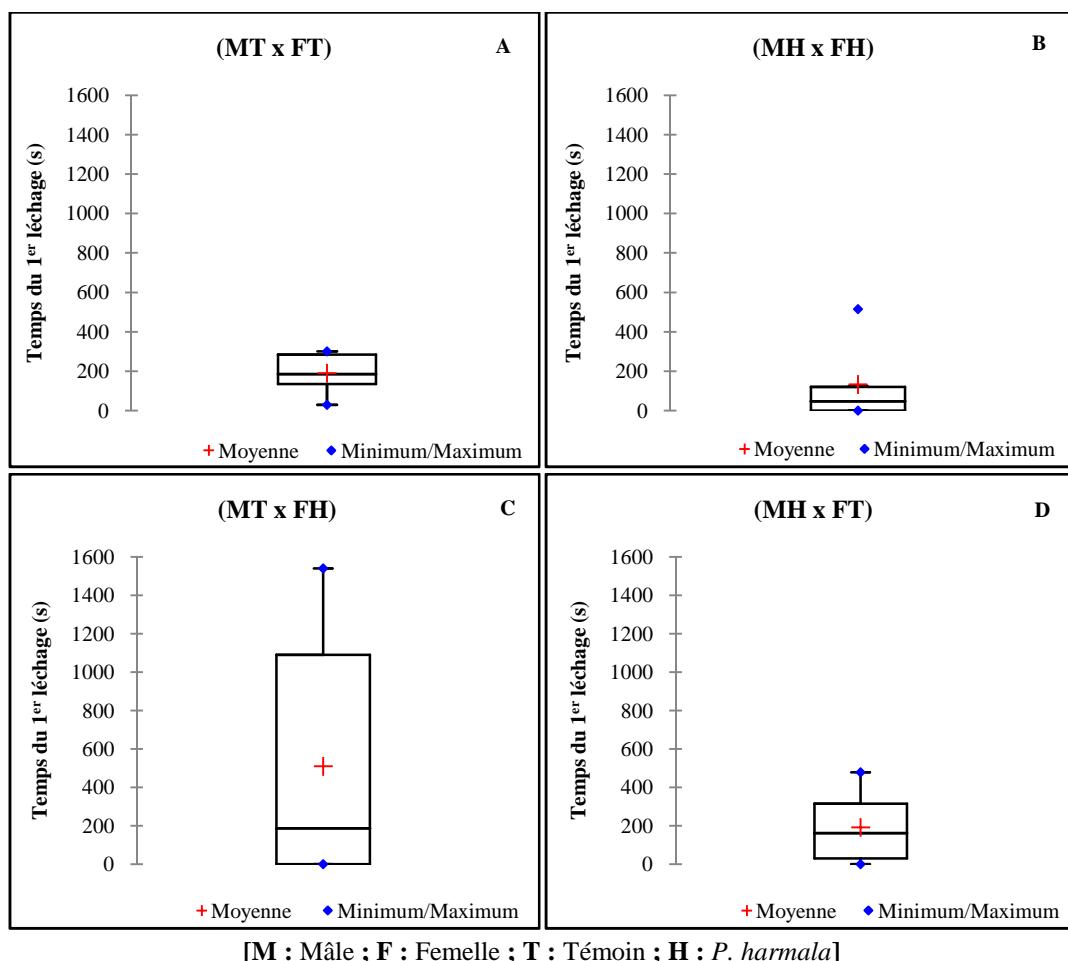


Figure 43. Effet de l’extract aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) sur le temps (secondes) de premier léchage

➤ **Effet sur le nombre de léchage :**

Le nombre de léchage est de zéro à 22 léchages chez les couples traités (Fig. 44 B). Le traitement des mâles agit sur les sécrétions de ces derniers et le nombre de léchage augmente deux fois plus et peut atteindre jusqu'à 50 léchages (Fig. 44 D). Au seuil de signification $\alpha=0,05$, la comparaison des variances montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre le nombre des léchages des différents couples testés ($F_{\text{obs}}=2,38$; $p : 0,086$).

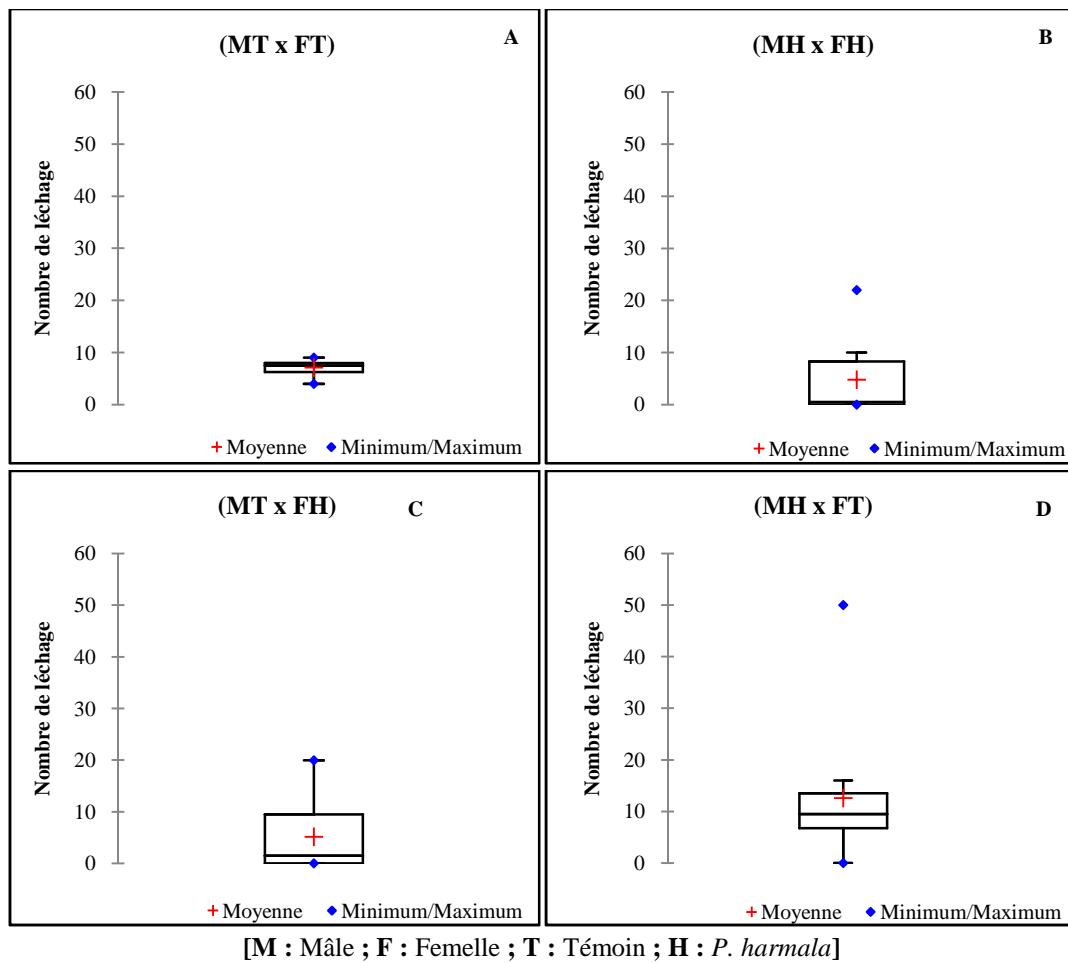


Figure 44. Effet de l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) sur le nombre de léchage

➤ **Effet sur le temps de première tentative d'accouplement :**

En ce qui concerne la première tentative d'accouplement, la comparaison des variances au seuil de signification $\alpha=0,05$, montre qu'il existe de différences hautement significatives entre les couples étudiés ($F_{\text{obs}}= 6,938$; $p : 0,001$).

Chez un seul couple traité (mâle et femelle traités) le mâle tente de s'accoupler avec sa femelle au bout de la 154^{ème} seconde, qui représente la valeur minimale des temps enregistrés (Fig. 45 B). La valeur maximale du temps de la première tentative d'accouplement est enregistrée chez les couples du mâle témoin et femelle traitée avec l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala*, elle est de 1539 secondes (Fig. 45 C).

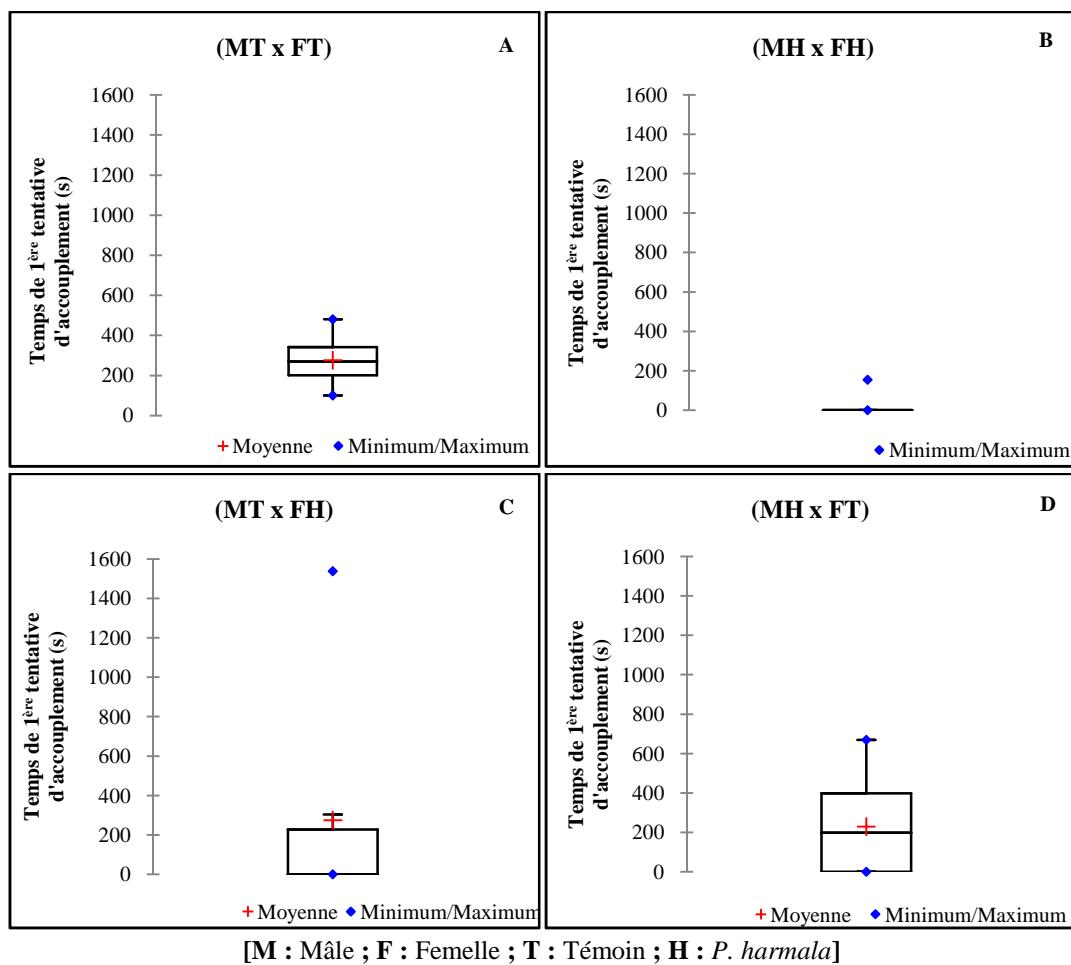


Figure 45. Effet de l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) sur le temps (secondes) de la première tentative d'accouplement

➤ **Effet sur le nombre de tentative d'accouplement:**

Le couple traité tente de s'accoupler une seule fois durant le test (Fig. 46 B). Les mâles traités tentent jusqu'à 14 fois de s'accoupler avec les femelles témoins (Fig. 46 D), alors que les mâles témoins essayent 1 à 3 fois d'accrocher les femelles traitées (Fig. 46 C) et 2 à 7 fois quand les femelles sont saines (Fig. 46 A). L'analyse statistique montre qu'il y a des différences hautement significatives entre les couples testés ($F_{\text{obs}} = 7,29$; $p: 0,000$).

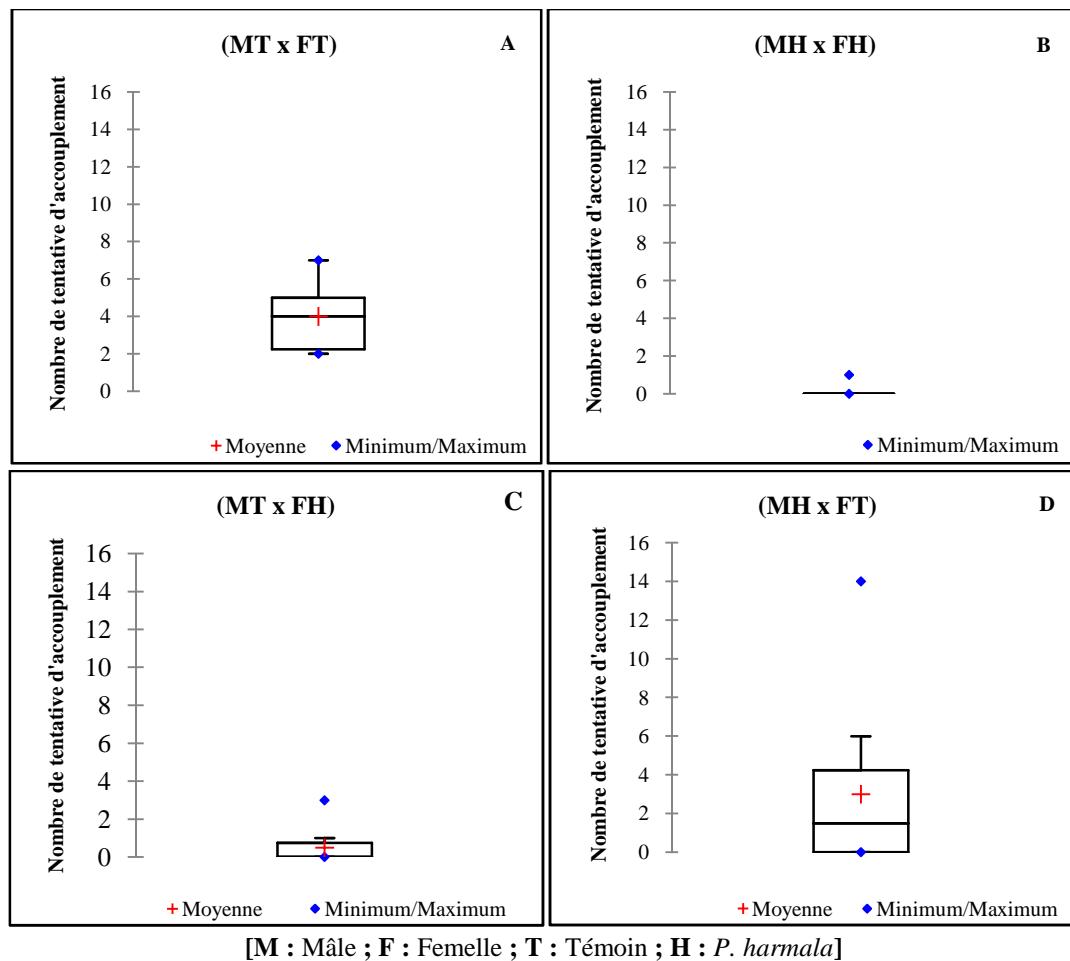


Figure 46. Effet de l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) sur le nombre de tentative d'accouplement

➤ **Effet sur la durée d'accouplement :**

Les couples dont les deux partenaires sont traités ne sont pas accouplés (Fig. 47 B). Lorsque l'un des deux partenaires est traité, 20% des individus sont accouplés dont la durée d'accouplement est 8 fois plus importante que celle enregistrée chez les couples témoins (Fig. 47). Chez les couples des mâles témoins - femelles traitées, la durée est de $6157,50 \pm 779,50$

secondes et quand le mâle est traité, la durée d'accouplement est de $6276,00 \pm 1523,00$ secondes (Fig. 47 C, D). Des différences hautement significatives sont révélées par l'analyse des variances ($F_{obs} = 6,76$; $p : 0,001$).

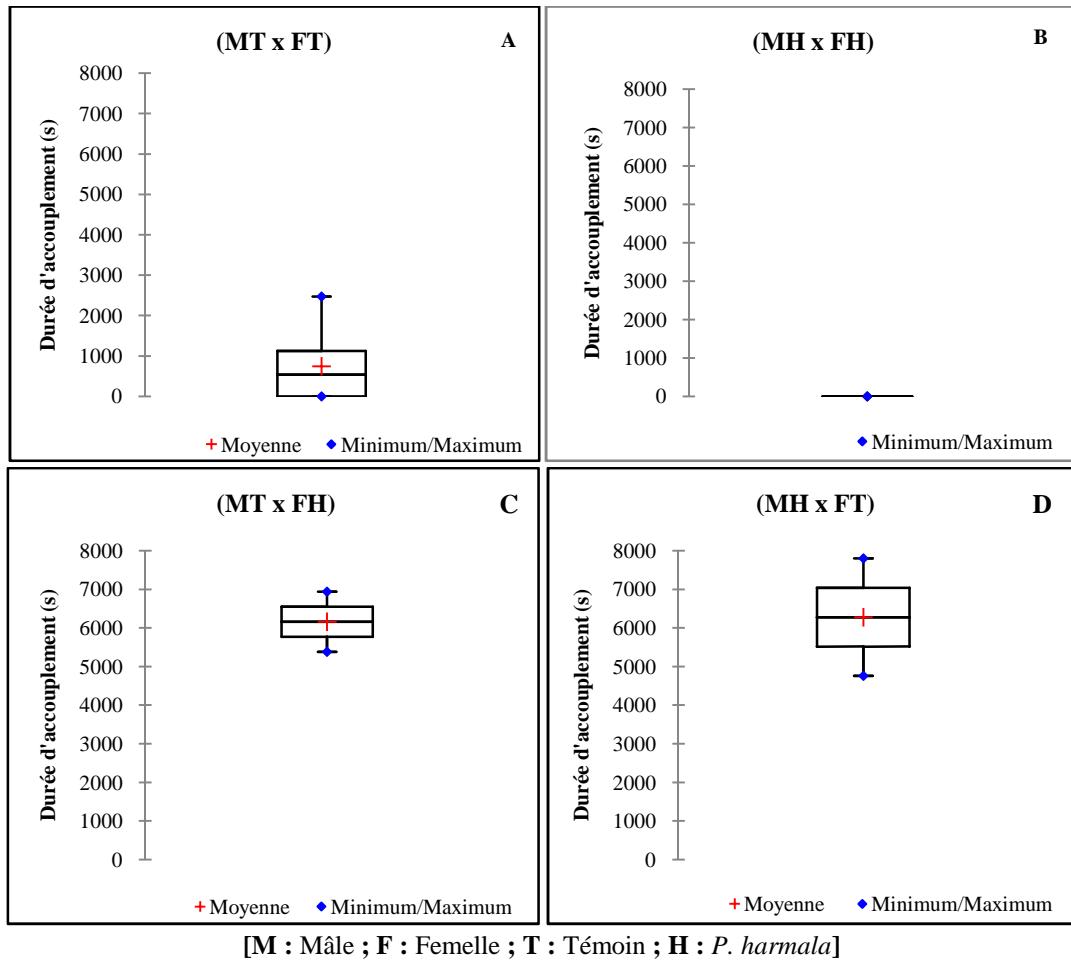


Figure 47. Effet de l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) sur la durée (secondes) de l'accouplement

La série des tests des accouplements lors du traitement avec l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml), nous a permis de récupérer 3 oothèques quand l'un des deux sexes est traité et 10 oothèques quand il s'agit des couples témoins (Tab. 27).

Chez les couples traités, les femelles mettent entre 31 jours et $34,5 \pm 0,71$ jours pour déposer leur oothèque qui arrive à l'éclosion après 2 jours pour libérer $16 \pm 11,31$ larves de premier stade (Tab. 27). Les femelles témoins mettent $25,2 \pm 2,5$ jours pour libérer l'oothèque qui contient en moyenne $24,40 \pm 2,73$ larves de *B. germanica* (Tab. 27).

Tableau 27 : Effet de l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) sur la fertilité des oothèques

| | Durée d'incubation (jours) | Eclosion (jours) | Nombre des larves |
|----------------------|----------------------------|------------------|-------------------|
| ♀T × ♂H (1 couple) | 31 j | / | 0 |
| ♀H × ♂T (2 couples) | 34,5 ± 0,71 | 2 j | 16,00 ± 11,31 |
| ♀T × ♂T (10 couples) | 25,2 ± 2,5 | 1 j | 24,40 ± 2,73 |

[H : Extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* ; T : Témoin]

Effet du traitement sur l'attractivité sexuelle :

Les tests de l'attraction à distance en olfactomètre bidirectionnel indique les effets des deux produits insecticides sur l'attractivité des adultes, non seulement sur la perception mais aussi sur le signal chimique.

Effet de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml):

Comme le montrent nos résultats (Tab. 28), tous les mâles témoins sont attirés par les extraits de femelles témoins et 80% par des extraits de mâles témoins. Aussi, les femelles témoins sont attirées significativement par l'odeur des extraits de leurs congénères témoins (Tab. 28).

Les extraits des adultes traités avec l'Azadirachtine (0,5 µg/ml) (mâle, femelle) n'attirent pas significativement les adultes traités (Tab. 28). Les extraits des adultes traités attirent 25% à 55% des adultes traités (Tab. 28).

Tableau 28 : Taux d'attractivité des adultes de *B. germanica* traités avec la concentration sublétale de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml)

| | | ♂ Aza | ♀ Aza | ♂ T | ♀ T |
|----------------------|--|-------|----------|----------|----------|
| | | A | 25% | 55% | 25% |
| Extrait ♂ Aza | | NA | 75% | 45% | 75% |
| <i>p</i> | | | <0,930NS | <0,930NS | <0,930NS |
| | | A | 75% | 45% | 80% |
| Extrait ♂ T | | NA | 25% | 55% | 20% |
| <i>p</i> | | | 0,968S | <0,930NS | 0,947 S |
| | | A | 55% | 50% | 75% |
| Extrait ♀ Aza | | NA | 45% | 50% | 25% |
| <i>p</i> | | | <0,930NS | <0,930NS | 0,968S |
| | | A | 50% | 35% | 35% |
| Extrait ♀ T | | NA | 50% | 65% | 0% |
| <i>p</i> | | | <0,930NS | <0,930NS | 1,000 S |
| | | A | 50% | 100% | 80% |
| | | NA | 50% | 0% | 20% |
| <i>p</i> | | | <0,930NS | <0,930NS | 0,947 S |

[A : Attiré ; NA : Non Attiré ; S : Significative ; NS : Non Significative ; Aza : Azadirachtine ; T : Témoin]

La comparaison entre l'attractivité des individus témoins et traités par un test de Khi2 indique l'effet de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur la perception des adultes mâles et femelles de *B. germanica* ainsi que sur les sécrétions et le profil cuticulaire des mâles (Tab. 29). Les résultats montrent qu'il existe des différences significatives entre l'attractivité des femelles témoins et des femelles traitées par les extraits des adultes témoins (effet sur la perception des femelles dont la valeur de Khi2 est de 4,17 à 4,84) (Tab. 29). Aussi, on note l'effet de l'Azadirachtine (0,5 µg/ml) sur la perception des mâles (Khi2 = 7,35), sur les cires cuticulaires et les sécrétions mâles (Khi2= 5) (Tab. 29).

Tableau 29 : Comparaison entre l'attractivité des adultes de *B. germanica* témoins et traités avec l'Azadirachtine (0,5 µg/ml)

| | Extrait FT | | Extrait MT | | Extrait FAza | | Extrait MAza | |
|-------------|------------|---------|------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|
| | MT/MAza | FT/FAza | MT/MAza | FT/FAza | MT/MAza | FT/FAza | MT/MAza | FT/FAza |
| Khi2 | 3,33 | 4,84* | 7,35** | 4,17* | 2,25 | 0,53 | 5* | 3,27 |

(M : Mâle ; F : Femelle ; T : Témoin; Aza : Azadirachtine) [* significative ; ** hautement significative]

Effet de l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) :

Selon le test de Monte Carlo, l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) agit mieux sur l'attractivité des adultes témoins et traités (Tab. 30).

Tous les extraits utilisés n'attirent pas significativement les adultes traités par l'extrait de la plante utilisée dans ce travail (*p* : <0,930), le taux d'attractivité ne dépasse pas 30% dans

le meilleur des cas (Tab. 30). Nos résultats montrent, aussi, que tous les adultes témoins sont attirés significativement par les extraits de leurs congénères témoins (Tab. 30).

Tableau 30 : Taux d'attractivité des adultes de *B. germanica* traités avec la concentration sublétale de l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml)

| | | ♂H | ♀H | ♂T | ♀T |
|---------------------|----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Extrait ♂H | A | 10% | 20% | 10% | 20% |
| | NA | 90% | 80% | 90% | 80% |
| | p | <0,930NS | <0,930NS | <0,930NS | <0,930NS |
| Extrait ♂T | A | 25% | 20% | 80% | 100% |
| | NA | 75% | 80% | 20% | 0% |
| | p | <0,930NS | <0,930NS | S | S |
| Extrait ♀H | A | 5% | 15% | 5% | 5% |
| | NA | 95% | 85% | 95% | 95% |
| | p | <0,930NS | <0,930NS | <0,930NS | <0,930NS |
| Extrait ♀T | A | 30% | 20% | 100% | 80% |
| | NA | 70% | 80% | 0% | 20% |
| | p | <0,930NS | <0,930NS | S | S |

[A : Attiré ; NA : Non Attiré ; S : Significative ; NS : Non Significative ; H : Extrait aqueux de fleurs de *P. harmala* ; T : Témoin]

Le test de Khi2 indique l'effet de l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml) sur la perception, les sécrétions et le profil cuticulaire des adultes mâles et femelles de *B. germanica* (Tab. 31). Les résultats montrent qu'il existe des différences significatives entre l'attractivité des adultes témoins et des adultes traitées par les extraits des adultes témoins (effet sur la perception) (Tab. 31).

Aussi, les extraits des adultes traités n'attirent pas les insectes testés (témoins et traités), donc il n'y a pas de différences entre l'attractivité par ces odeurs (Tab. 31).

Tableau 31 : Comparaison entre l'attractivité des adultes de *B. germanica* témoins et traités avec l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* (700 µg/ml)

| | Extrait FT | | Extrait MT | | Extrait FH | | Extrait MH | |
|-------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| | MT/MH | FT/FH | MT/MH | FT/FH | MT/MH | FT/FH | MT/MH | FT/FH |
| Khi2 | 3,33 | 4,84* | 7,35** | 4,17* | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |

(M : Mâle ; F : Femelle ; T : Témoin ; H : *P. harmala*) [* significative ; ** hautement significative]

DISCUSSION

4. Discussion :

Depuis longtemps, l'importance économique grandissante des blattes a conduit les scientifiques à s'intéresser leur aptitude d'adaptation en étudiant leur biologie, leur écologie, leur systématique et leur comportement sexuel (Rehn & Hebard, 1914 ; Rehn, 1960 ; Roth & Willis, 1960 ; Princis, 1962 ; 1971 ; Roth, 1970 ; Brossut, 1983 ; Grandcolas, 1988).

Les blattes étaient extrêmement abondantes durant la période carbonifère (Koehler & Patterson, 1987) et sont considérées être les plus primitives des Ptérygotes, elles constituent le groupe le plus ancien des insectes. Cette faune est très variée dans les régions chaudes et humides de l'Afrique et de l'Amérique tropicale (Gutherie & Tindall, 1968 ; Grandcolas, 1998). Elles se sont propagées un peu partout dans le monde, la plupart vivent dans les forêts, à l'intérieur de nos maisons et dans les dunes de sable (Grandcolas, 1988 ; Wattiez & Beys, 1999).

Ces insectes ont une forme aplatie avec des élytres croisés à plat sur le dos, ils appartiennent à l'ordre des Dictyoptères et le sous ordre de Blattodae. Ce dernier est divisé en deux familles, Ectobiidae et Blattidae (Chopard, 1951).

Les blattes de la famille des Ectobiidae sont, en général, de petite taille avec des pattes grêles, les bords inférieurs des fémurs munis d'épines, mais l'armature souvent assez faible. Élytres atteignant en général l'extrémité de l'abdomen, parfois raccourcis ou même lobiformes, chez les femelles surtout. Souvent les mâles ont des fossettes glandulaires sur l'abdomen, leur plaque sous-génitale est asymétrique, à un seul style ou deux styles très inégaux. La famille des Ectobiidae est constituée de deux sub-famille, Ectobiinae et Pseudomopinae (Chopard, 1951).

Les Ectobiinae sont des petites espèces à formes grêles et ont des antennes sétacées dont le pronotum est largement arrondi en avant (Chopard, 1943) et la plaque suranale est petite et transversale (Chopard, 1943 ; 1951). Les femelles des Ectobiinae ont une plaque sous-génitale asymétrique portant un seul style (parfois sans style) (Chopard, 1943). Les Ectobiinae sont caractérisés par des pattes grêles à armature faible (Chopard, 1943 ; 1951), des élytres membraneuses ou coriacées, bien développées ou abrégées, des ailes avec un grand triangle intercalé et la veine cubitale de l'élytre est simple ou bifide (Chopard, 1951).

La sub-famille Pseudomopinae est extrêmement voisine à la précédente, elle se distingue par une plaque suranale plus allongée, l'armature des fémurs est plus forte et les ailes, quand elles existent, présentent un triangle intercalé plus petit (Chopard, 1943 ; 1951).

La famille des Blattidae présente des insectes de grande taille, avec des organes de vol variables. La plaque sous-génitale du mâle est symétrique, à deux styles égaux, longs et cylindriques, tandis que, celle de la femelle est divisée à l'apex en deux valvules un peu mobiles qui s'écartent pour le passage de l'oothèque (Chopard, 1951).

Les Blattidae sont des insectes aplatis, ovalaires, rarement arrondis. La tête est cachée sous le pronotum, les antennes sont longues et les cerques sont assez courts. Les ailes antérieures durcies ne forment pas de vrais élytres et la nervation y reste souvent distincte. Ce sont des insectes à mouvements rapides, aimant l'ombre, l'humidité et les espaces étroits où ils peuvent se regrouper (Roth, 1980).

Durant notre étude étalée sur trois ans dans les régions semi-arides, nous avons noté une richesse totale de sept espèces qui appartiennent à quatre genres (*Loboptera*, *Ectobius*, *Dziriblatta* et *Phyllodromica*) bien connus en Afrique du Nord (Chopard, 1943 ; 1951). Chaque espèce a une abondance et une répartition spécifique. Dans nos récoltes, nous avons identifié deux genres connus au Nord-Est Algérien : *Loboptera* et *Ectobius*, cités aussi par Cherairia (2004), Bouachria (2005) et Habbachi (2013).

Le genre *Loboptera* (Brunner, 1865) est cosmopolite et appartient aux Pseudomopinae, il vit dans les feuilles mortes, sous les pierres et dans les endroits un peu humides. Il se distingue par la présence des élytres latéraux et lobiformes dans les deux sexes. La plaque suranale, presque toujours, triangulaire et elle est courte chez les femelles, alors que la plaque sous-génitale du mâle est transverse sans style (Chopard, 1943 ; 1951). Les pattes de *Loboptera* ont l'armature plus forte, on les reconnaîtra le plus souvent à leur couleur noirâtre, avec ou sans bordure blanchâtre (Chopard, 1943). Pendant notre étude nous avons récolté deux espèces de ce genre *L. decipiens* et *L. ovolobata*, les deux espèces sont presque identiques, leur corps est noir sauf que les adultes de *L. decipiens* se caractérisent par une tache blanche.

L. decipiens (Bonett & Finot, 1885) est de 8-10 mm de long, cette espèce possède un corps noir brillant avec une bande blanche ou jaunâtre sur les côtés. Les pattes et les cerques sont bruns roux et les élytres sont latéraux lobiformes et étroits, à apex arrondi, aussi, ils sont

parcourus par la bande blanche latérale et l'abdomen est un peu élargi au milieu (Chopard, 1943 ; 1951). Le dimorphisme sexuel est remarquable, les mâles de cette espèce présentent une plaque suranale triangulaire à bord postérieur un peu concave au milieu, la plaque sous-génitale est un peu asymétrique sans styles, par contre chez la femelle, la plaque suranale est triangulaire à apex un peu arrondi et parfois ornée d'une tache jaune médiane. La femelle possède une plaque sous-génitale large, à bord postérieur très légèrement échancré au milieu (Chopard, 1943). L'espèce est signalée au nord de l'Afrique par Chopard (1943), en Tunisie, au Maroc et en Algérie là où elle est commune presque partout, surtout dans les régions côtières (Oran, Tlemcen, Saïda, Hammam Meskhoutine, Blida, Biskra et à l'Edough à Annaba). L'espèce a été signalée, aussi, dans les travaux de Cherairia (2004), Bouachria (2005), Benia (2010) et Habbachi (2013).

L. ovolobata est une espèce de petite taille (de 11 à 12 mm) qui ressemble beaucoup à *L. decipiens*. Elle est caractérisée par un corps noir brillant dépourvu de la bordure blanche et par des élytres courts, lobiformes et de couleur noire. Cette blatte n'a été jamais signalée dans les forêts algériennes.

Nous avons identifié aussi le genre *Ectobius* (Stephens, 1835) dans les pinèdes des régions semi-arides. Genre paléarctique qui colonise les bois peu humides, on le trouve sous les feuilles sèches, sur les herbes et les buissons. Les espèces de ce genre arrivent au stade adulte en printemps et passe l'hiver à l'état larvaire (Chopard, 1943 ; 1951). Le genre *Ectobius* est caractérisé par la présence des élytres minces avec des nervations bien nettes qui atteignent l'extrémité de l'abdomen chez les mâles et souvent abrégés chez les femelles. Les mâles de ce genre sont caractérisés par la présence d'une fossette glandulaire sur le 7^{ème} tergite (Chopard, 1943 ; 1951).

Une seule espèce du genre *Ectobius* a été récoltée dans les pinèdes et qui est en cours d'identification au muséum de collection zoologique (Munich, Allemagne). Cependant cette dernière présente une taille moyenne de 6 à 6,5 mm et d'une couleur grise avec des tâches brunes. Leurs élytres sont courts, le pronotum est gris avec des points noirs et les pattes sont grises claires qui virent vers le blanc. Le rôle de la fossette glandulaire sur le 7^{ème} tergite des mâles est méconnu. Les espèces du genre *Ectobius* ont été déjà signalé dans les forêts du Nord-est algérien et il est surtout présent par l'espèce *E. pallidus* (Cherairia, 2004), *Ectobius sp* (Benia, 2010) et *E. kerveilli* (Habbachi, 2013).

Le genre *Dziriblatta* (Chopard, 1937) se trouve dans les régions arides, sous les pierres au nord de l’Afrique (au Maroc surtout) en Espagne et au Portugal (Chopard, 1943). Le dimorphisme sexuel chez les espèces de genre *Dziriblatta* est remarquable, chez les femelles les élytres sont lobiformes latéraux et les mâles ont des élytres courts latéraux, il existe dans certains cas de très grandes différences dans la coloration des deux sexes (Chopard, 1943 ; 1951). Nous avons trouvé deux espèces de ce genre, *D. nigriventris* et *D. stenoptera* signalées pour la première fois dans les forêts algériennes.

La femelle de *D. nigriventris* (Chopard, 1936) mesure 8 mm de long, elle est de couleur jaune marqués par de nombreux petits points et tâches brunes. Cette dernière est caractérisée par un pronotum jaunâtre au milieu et translucide sur les côtés, le disque est orné par des petits traits roux et de points bruns, assez gros et assez nombreux. Les pattes et les élytres sont de couleur jaunâtre translucide, avec quelques veines blanchâtres près des bords. L’espèce a été signalée dans les hautes montagnes du Maroc (Chopard, 1943).

D. stenoptera mesure entre 6 et 7 mm de long, caractérisée par une couleur noirâtre avec des tâches grises, des élytres lobiformes, une tête et un pronotum noirs et des pattes brunes.

Le genre *Phyllodromica* (Rehn, 1903) habite la méditerranée orientale (Chopard, 1951), il est représenté en Afrique du nord par quelques espèces bien caractérisées (Chopard, 1943). Elles vivent sous les pierres, sur les buissons et se trouve dans les endroits dénudés. Ces petites blattes diffèrent des *Ectobius* par la consistance cornée des élytres, dont les nervures sont à peine visibles et par les ailes très courtes (Chopard, 1943 ; 1951). Pendant notre échantillonnage, nous avons récolté deux espèces de ce genre : *Ph. zebra* et *Ph. trivittata*.

L’espèce *Ph. zebra* (4 à 4,5 mm de long) est identifiée par Hurst Bohn, rencontrée seulement dans les pinèdes de Djelfa, elle est de couleur noire brillante rayée en blanc. Chez le mâle, l’abdomen présente des tergites striés par des lignes blanches longitudinales et une fossette glandulaire. La femelle présente des stries sur le pronotum alors que le mésotum et le monotum sont colorés en blanc. Les pattes sont de couleur noire ainsi que des élytres qui sont courts et lobiformes.

Ph. trivittata (Serville, 1839) l’une de deux espèces de *Phyllodromica* récoltée est assez rare, en général. Elle est jaunâtre, brillante, avec trois bandes longitudinales brunes sur

le pronotum, les élytres et l'abdomen ; les deux bandes latérales larges se réunissent en avant. La tête de *Ph. trivittata* est de couleur jaune avec une bande brune entre les antennes. Les élytres du mâle sont presque rectangulaires, allongés, n'atteignent pas l'extrémité de l'abdomen alors que ceux de la femelle sont courts, tronqués et ne dépassent pas le 2^{ème} segment abdominal. La taille du mâle est de 5,5 mm et les élytres de 3,5 mm, tandis que la femelle est d'une taille qui varie entre 6 et 7 mm et les élytres de 2 mm (Chopard, 1943). L'espèce a été signalée au Maroc et en Algérie (Saïda) par Chopard en 1943 et depuis, aucun travail n'indique la présence de l'espèce en Algérie.

Les espèces colonisant les deux sites étudiés ont des abondances différentes. Le site de Djelfa abrite sept espèces identifiées avec 691 individus récoltés, par contre le site de Aflou abrite six espèces identifiées avec 572 individus récoltés. Cette différence peut-être liée à l'état des forêts et la nature de climat surtout.

Les espèces récolter n'ont pas la même abondance, dans les deux sites *L. ovolobata* est la plus dominante suivie par *L. decipiens* par contre les résultats de l'inventaire dans les forêts de Nord-est algérien montrent que c'est *L. decipiens* la plus abondante suivi par les espèces de genre *Ectobius* (Cherairia, 2004 ; Bouachria, 2005, Habbachi, 2013). Les deux espèces de *Loboptera* récoltées dans nos pinèdes sont classées dans la catégorie des espèces régulières. Cette dominance est peut-être due à la bio-écologie de ces espèces et ses adaptations à tous les milieux. *Ectobius sp* et *D. nigriventris* sont des espèces constantes, tandis que, *D. stenoptera* et *Ph. zebra* sont des espèces accessoires et nous notons l'absence de *Ph. zebra* dans le site de Aflou.

L'activité des adultes fluctue durant l'année. Ils sont très actifs durant le printemps, l'été et l'automne (période de reproduction) par contre les stades larvaires sont actifs pendant toute l'année. Dans la région de Aflou, il y a une diminution dans la densité du peuplement d'adultes durant les mois chauds (de Mai à Juillet) ; ceci peut être expliquée par les fortes chaleurs de cette période. Cette activité est liée au moment d'éclosion des oothèques chez les différentes espèces. Plusieurs études décrivent les effets de la température sur le développement des arthropodes (Logan *et al.*, 1976 ; Sharpe & DeMichele, 1977 ; Schoolfield *et al.*, 1981 ; Taylor, 1981 ; Hilbert & Logan, 1983 ; Lamb, 1992 ; Lactin *et al.*, 1995). Le développement d'un insecte est presque nul à la température limite inférieure et la température limite supérieure (Wagner *et al.*, 1984).

Blondel (1979), souligne qu'un peuplement est d'autant plus diversifié lorsque l'indice de diversité est plus grand. Selon Favet (1981), l'indice de diversité est grand si les espèces sont représentées par un nombre comparable des individus. Les valeurs de la diversité spécifique sont de 2,23 bits à Aflou et 2,33 bits à Djelfa ; elles sont proches ce qui signifie que la composition du régime alimentaire est comparable dans les deux sites. La composition du peuplement est bien équilibrée du point de vue nombre d'espèces récoltées puisque l'équitabilité dans les deux régions se rapproche de la valeur de «1», cela signifie que la zone est riche en espèces végétales et que l'entomofaune est grande (Tavakilian, 1993).

La phénologie des espèces récoltées dans les deux sites indique que chaque espèce a une activité spécifique. Les blattes apparaissent et disparaissent indépendamment et elles sont, en générale, inactives pendant les mois les plus chauds ou les plus froids. Cette répartition est liée aux conditions du biotope et au cycle de développement de chaque insecte (Englund *et al.*, 2011 ; Sentis, 2012).

La variabilité des habitats et l'adaptation aux facteurs éco-climatiques entraînent aussi entre les sexes et les individus de blattes de régions différentes de variations considérables (Cornwell, 1968). Ainsi, la composition de la faune Blattoptère peut varier d'une région à une autre du globe et la convenance de l'habitat dépend de nombreux facteurs biotiques et abiotiques (Rust *et al.*, 1995).

Le sol est recouvert d'une quantité importante de matériel végétal tel que feuilles, rameaux, fruits et graines. L'ensemble de ce matériel constitue la litière (Rapp, 1971 ; Tussaux, 1996). La décomposition de la matière organique contenue dans la litière représente une source d'énergie potentielle pour les espèces qui les consomment (Gobat *et al.*, 1998). L'analyse physique de la litière de nos sites d'étude indique que les aiguilles du pin et les divers débris sont les composantes majeures et leur variabilité entre les couches n'est pas significative.

Dans l'ensemble des couches de la litière, le taux d'humidité est inférieure à 50%, ce qui témoigne d'une faible capacité de rétention d'eau (Rapp, 1971). La teneur en eau est liée au taux du carbone organique dans le sol, nous avons remarqué que le sol est moins humide que la litière ainsi que le taux du carbone organique qui est très important dans la litière que dans le sol ; ceci améliore la qualité du sol et sa capacité de régulation de l'eau (Lal *et al.*, 1998).

La quantité de carbone organique dans le sol forestier dépend en grande partie de la quantité et la qualité de litière produite par les végétations forestières (Anderson, 1991 ; Van cleve & Powers, 1995). Le pH est relativement alcalin dans les quatre parcelles, ceci explique la prolifération des blattes, ce résultat est confirmé par Habbachi (2013) qui a montré que les blattes préfèrent la litière d'eucalyptus de nature alcalin que celles des subéraies de nature acide.

La diversité et la quantité de matière organique présente dans le sol sont également des facteurs qui déterminent l'activité et la diversité des insectes (Burghouts *et al.*, 1992). Les deux couches de la litière des deux sites sont riches en matière organique et en carbone organique par contre le sol est riche en matière minérale.

La matière organique et la matière minérale sont essentielles au bon fonctionnement et à la durabilité de l'écosystème forestier. Elles constituent l'alimentation des organismes vivants du sol, micro-organismes et faune. Un sol riche en matière organique et matière minérale favorise la présence des animaux et végétaux, nombreux et variés, et donc de la biodiversité (Mousset, 2014).

En Algérie, la faune entomologique forestière et urbaine, particulièrement la faune blattoptère, n'est pas suffisamment connue, tant sur le plan de la biodiversité que sur le plan de la biologie spécifique. La littérature à ce sujet reste ancienne, extrêmement limitée et nécessite une actualisation des données (Finot, 1895 ; Vosseler, 1902 ; Werner, 1914 ; Chopard, 1929 ; 1940).

Les travaux les plus récents sont ceux de Messikh en 1994 suivi par les travaux de Habes (2006) et Habbachi (2013) dans la région d'Annaba et celui de Cherairia (2004) dans la région de Guelma.

Le recensement des blattes urbaines que nous avons réalisé au cours de ce travail dans la région aride de Laghouat indique la présence de quatre espèces, *Periplaneta americana* *Suppella longipalpa*, *Blattella germanica*, et *Periplaneta australasiae* ; chacune à des caractères bien défini.

Les Blattidae que nous trouvons sont représentées par l'espèce *Periplaneta americana* (Burmeister, 1838) qui est cosmopolite avec des élytres et des ailes bien développés chez les deux sexes, dépassant un peu l'extrémité abdominale et a des griffes aux tarses. *P. americana*

est nommé par Linné en 1758, elle est d'une taille de 23 à 32 mm et de couleur brune rougeâtre brillante à brune foncée et à une marge jaune sur le pronotum. Élytres et ailes brun roux, un peu plus longs chez le mâle que chez la femelle. La plaque suranale est de forme presque semblable dans les deux sexes; la face dorsale de l'abdomen ne montre aucune spécialisation chez le mâle (Chopard, 1951). *P. americana* est une blatte urbaine qui se trouve dans tous les endroits tels que les maisons, les librairies et les magasins ... etc. (Nigan, 1933 ; Lee & Lee, 2000). Elles cherchent les lieux chauds et humides tels que chaufferies, canalisations de transport de vapeur, navires et égouts ...etc. On la rencontre couramment dans les zones subtropicales et tropicales, parfois aussi dans les zones tempérées (Mallis, 1982). L'espèce est originaire de l'Afrique (Cornwell, 1968). L'espèce a été signalé au Maroc (Bolivard, 1914 ; Chapman, 1938), en Tunisie et Algérie (Annaba et Oran) (Finot, 1895 ; Bonett & Finot, 1885 ; Chopard, 1936). En Algérie, l'espèce a été recensée récemment dans les travaux de Messikh (1994) et Habbachi (2013) qui signalent sa présence dans la région de Annaba.

La deuxième espèce de Blattidae présente dans la région d'étude est *Periplaneta australasiae* (Azam, 1901). La blatte australienne ressemble beaucoup à la blatte américaine, mais elle s'en distingue par sa taille, légèrement plus petite (23-30 mm), ainsi que par les taches jaunes clairement visibles qui bordent son thorax et les lignes jaunes claires qu'elle porte sur les côtés à la base des élytres (Mallis, 1982). La plaque suranale est différente chez les deux sexes. *P. australasiae* cherche les surfaces chauffées, en particulier les caniveaux où courent les tuyaux du chauffage (Chopard, 1951 ; Mallis, 1982).

En générale, le genre *Supella* (Shelford, 1911) (Pseudomopinae) a une distribution cosmopolite particulièrement dans les pays chauds (Chopard, 1951). Au cours de cet inventaire urbain réalisé, nous avons identifié l'espèce de *Supella longipalpa* d'origine africaine (Cornwell, 1968 ; Atkinson *et al.*, 1991). Ce genre est caractérisé par un dimorphisme sexuel bien net dont les élytres sont beaucoup plus longs chez le mâle que chez la femelle. La forme de l'extrémité abdominale est aussi très différente, surtout chez le mâle. Les fémurs antérieurs armés, au bord inférieur interne, de petites épines assez régulières. *S. longipalpa* a été introduite en Inde, à Cuba, au Mexique, au Brésil, à Hawaï et aux Etats-Unis (Cornwell, 1968 ; Atkinson *et al.*, 1991). En Algérie, cette espèce ne se trouve que dans les régions sud elle a été observée par Chopard (1929 ; 1940) dans le Hoggar, à Tamanrasset et à Djanet puis récoltée à Biskra par Habbachi (2013). Durant la période d'échantillonnage dans la région aride de Laghouat, l'espèce ne se trouve que dans la résidence universitaire.

Les espèces du genre *Blattella* (Caudell, 1903) sont de Pseudomopinae, le genre est cosmopolite. Les élytres sont semblables dans les deux sexes, plus longs que l'abdomen; champ anal très allongé. La plaque suranale est bien prolongée, surtout chez le mâle. Le mâle de ce genre est caractérisé par la présence d'une plaque sous-génitale très asymétrique avec un seul style bien développé et par une fossette glandulaire sur le 7^{ème} tergite abdominal (Chopard, 1951).

B. germanica décrite en 1767 par Linné, est une espèce testacé roussâtre avec deux bandes brunes longitudinales sur le pronotum ; les pattes sont aussi testacés, leur élytres sont lancéolé, jaunâtres unicolores. Elle possède des fémurs antérieurs armés au bord interne par trois longues épines basales allongées par une série d'une dizaine de petites épines terminée par une épine plus longue. La plaque suranale du mâle est longue et sub-pentagonale et celle de la femelle est triangulaire. Chez le mâle, la plaque sous génitale est allongée asymétrique, portant à l'angle droit deux styles dont un est très petit (Chopard, 1951). Elle est commune, se rencontre dans les hôtels, les restaurants, les habitations mais aussi dans les hôpitaux (Rust *et al.*, 1995 ; Lyon, 1997 ; Hasch & Zumofen, 1999). Cette blatte est en fait originaire de l'Afrique de l'Est (Ethiopie, Soudan) (Rehn, 1945) puis s'est étendue vers l'Europe puis vers toutes les parties du monde grâce aux échanges commerciaux (Rehn, 1945 ; Hebard, 1929 ; Cornwell, 1968 ; Atkinson *et al.*, 1991 ; Grandcolas, 1994 ; Hamman & Gold, 1994). *B. germanica* a été signalée en Tunisie (Bonett & Finot, 1885), au Maroc (Bolivard, 1914 ; Chopard, 1936) et en Algérie, là où elle a été décrite pour la première fois en 1914 par Werner à Alger, et beaucoup plus tard dans la région de Annaba par Messikh (1994) et Nouacer & Kerkabi (1997). L'espèce se trouve dans les hôpitaux et les différentes habitations dont le plus grand nombre est récolté durant les périodes chaudes de l'année (Cherairia, 2004 ; Habes, 2006 ; Habbachi, 2013).

L'abondance et la répartition des blattes dans le milieu urbain durant l'année subit des fluctuations différentes selon les saisons et les conditions du biotope. Nous avons montré que la température influe sur la distribution saisonnière des blattes mais également que l'indice d'hygiène joue un rôle important dans la distribution des blattes. Ces conditions sont confirmées par les résultats de Cherairia (2004) et Habbachi (2013).

Pendant la période d'étude, *P. americana* est l'espèce la plus abondante, elle colonise les maisons et se trouve dans les différents endroits humide et chaud (les placards,

cuisine...etc.). Suivi par *S. longipalpa* dans la résidence universitaire et *B. germanica* récoltée essentiellement dans l'hôpital. *P. australasia* est l'espèce la moins fréquente.

Les blattes adaptent et colonisent rapidement les locaux dès que la nourriture et l'eau sont repérées (Rust *et al.*, 1995 ; Potera, 1997). L'inventaire des blattes urbaines de Habbachi en 2013 a mis en évidence l'existence de quatre espèces *P. americana*, *B. germanica* dans le Nord-Est algérien et *S. longipalpa* et *Blatta orientalis* au Sud-Est du pays dont *B. germanica* est l'espèce la plus abondante avec un taux de 90% (Habbachi, 2013). Ainsi, Messikh (1994), Cherairia (2004) et Habes (2006) montrent que c'est la blatte germanique qui est la plus abondante.

Entre 4000 espèces des blattes identifiées (Baur *et al.*, 2004), on considère que 4 espèces sont importantes et dites parasites *B. germanica*, *P. americana*, *S. longipalpa* et *B. orientalis*. Actuellement sont des espèces omniprésentes et présentes dans tous les milieux urbains (Cochran, 1982 ; Cornwell, 1968 ; Grandcolas, 1988 ; Schal & Hamilton, 1990). Ces insectes résistent 10.000 fois mieux que l'homme à la radioactivité et certaines espèces s'adaptent aux insecticides en produisant des souches dites résistantes (Georghiou *et al.*, 1975 ; Sinegre *et al.*, 1977 ; Tavakilian, 1993).

Plusieurs études s'intéressent à lutte contre les blattes urbaines. On peut citer ceux de Habbes (2006), Nasirian *et al.* (2011), Maiza *et al.* (2011), Habbachi (2013) et de Tine *et al.* (2015). Certains insecticides agissent en synergie contre les vecteurs de maladies et les insectes nuisibles tel *B. germanica* (Zurek *et al.*, 2002 ; Habbachi, 2013).

B. germanica est considérée comme un vecteur de parasites qui a un grand intérêt économique et de santé public (Mahmoud *et al.*, 2013 ; Motevali Haghi *et al.*, 2014 ; Fakoorziba *et al.*, 2010 ; Mahjoob *et al.*, 2010 ; Zarchi & Vatani, 2009 ; Nejati *et al.*, 2012 ; Kutrup, 2003 ; Kwon & Chon, 1991 ; Dong-Kyu, 1995).

Dans notre présent travail, nous avons réalisé une étude toxicologique sur la blatte germanique. L'importance de cette blatte est dû à son potentiel reproducteur élevé (Willis *et al.*, 1985) et sa capacité d'accumuler de grandes populations infectieuses (Nejati *et al.*, 2012). Il est difficile de l'éliminer totalement, elle peut relancer leur colonie et se développer rapidement (Grandcolas, 1998).

L’application abusive et répétée des insecticides chimiques conventionnels a fait apparaître chez les blattes et particulièrement, chez *B. germanica*, un phénomène de résistance (Valles *et al.*, 2000 ; Fulton & Key, 2001 ; Yu *et al.*, 2003 ; Kristensen *et al.*, 2005). Cette résistance se traduit par des modifications physiologiques, biochimiques et comportementales (Cochran, 1990, 1991 ; Sharf *et al.*, 1997 ; Saito & Hama, 2000). Les insecticides chimiques ne sont pas anodins et s’ils n’ont pas atteint leur objectif, leur utilisation a souvent produit l’irréversible en s’attaquant aveuglément une faune non ciblée ; l’homme déploie des efforts considérables, à la recherche de nouvelles méthode de lutte. La lutte biologique qui vient s’intégrer de plus consiste à détruire les insectes nuisibles par l’utilisation rationnelle de leurs ennemis naturels appartenant soit au règne animal soit au règne végétal (Lacey & Orr, 1994).

La valorisation des plantes à effet insecticide prend de plus en plus de l’ampleur au niveau des programmes de recherches dans le monde entier et particulièrement en Afrique. Ces plantes sont exploitées sous plusieurs formes, soit sous forme de poudres végétales, d’huiles essentielles, d’huiles végétales ou d’extraits végétaux.

Dans cette optique, nous avons testé la toxicité de deux molécules biologiques sur les adultes de *B. germanica*, nous avons choisi l’Azadirachtine, extrait de l’arbre de neem, non toxique pour les vertébrés (Al- Sharook *et al.*, 1991) et l’extract aqueux des fleurs de *P. harmala*, qui induit la paralysie de l’insecte et produit des troubles dans la locomotion (El Bahri & Chemli, 1991).

Nous avons montré que l’Azadirachtine a un effet sur la mortalité des mâles et des femelles de la blatte germanique, et ce, en fonction des concentrations utilisées et du temps d’exposition. Les valeurs des CL50 %, CL90%, TL50% et TL90% diminuent avec l’augmentation de la durée de traitement et/ou la concentration du produit. Nos résultats montrent que la mortalité des mâles est plus importante que celle des femelles, les calculs des CL50% et des CL90% indiquent ces différences. Ces résultats sont similaires à ceux de Tine *et al.* (2011) qui a montré que l’Azadirachtine provoque la mortalité des adultes de *B. orientalis*.

Huang *et al.* (2004) indiquent que l’application de l’Azadirachtine provoque une réduction de l’alimentation chez *Spodoptera litura* (Lépidoptère) et la mort des larves et des pupes. Il est aussi mortel chez de nombreux Coléoptères (Shah *et al.*, 2008 ; Martinez-Villar *et al.*, 2005). Les mêmes résultats sont obtenus chez les criquets migrateurs *Locusta*

migratoria traités par l'Azadirachtine où la mortalité est fonction des concentrations utilisées (Schmutterer, 1993). L'ingestion d'extrait des graines de Neem provoque également une mortalité significative chez *Tinea dubiella* et *Tinea bisselliella* (Lépidoptère) (Gerard & Ruf, 1995). Alouani *et al.* (2009) ont montré l'activité biologique de l'Azadirachtine sur les moustiques de *Culex pipiens* et Tandon & Sirohi (2010) contre larves de *Culex quinquefasciatus*. Nous notons, aussi le travail d'Aliero (2003) sur l'usage de l'Azadirachtine contre les Anophèles (moustiques).

En 2013, Mehaoua *et al.* prouvent que l'Azadirachtine est moins毒ique sur les larves de *Ectomyelois ceratoniae* pendant peu de temps d'exposition (24h) et il cause une diminution de la fertilité de femelles.

Aussi, l'Azadirachtine a un effet anti-appétant et par conséquence on enregistre la mortalité de l'insecte (Naqvi, 1996). Cet effet a été observé chez *L. migratoria* (Sieber & Rembold, 1983 ; Mordue *et al.*, 1986 ; Mordue & Blackwell, 1993). Aussi ce phénomène provoque la mort de plusieurs insectes comme les Lépidoptères (Blaney *et al.*, 1990 ; Simmonds *et al.*, 1990 ; Ma *et al.*, 2000), Coléoptères (Streets, 1976), Orthoptères (Mordue *et al.*, 1998) et Aphides (Koul, 1999).

La sensibilité aux produits insecticides reste liée à la taille et au stade de développement de l'insecte ; les différentes études montrent que l'Azadirachtine est plus efficace contre les moustiques que les autres insectes. Aussi, Ould El Hadj *et al.* (2008) ont montré que les larves de 5^{ème} stade sont plus sensibles que les adultes de *Schistocerca gregaria* (criquet).

Ces dernières années on a vu la résurgence dramatique de maladies infectieuses particulièrement celle à transmission vectorielle. Tandis que de nouvelles pathologies apparaissaient (fièvre de la vallée du Rift, West Nile), un problème majeur est venu de la réémergence de parasite et de virus qui avaient été efficacement contrôlés dans certaines régions du monde, en effet l'aire de réparation des Arthropodes impliqués dans la transmission de ces maladies n'a cessé de s'étendre, plaçant ainsi de nouvelles populations humaines dans des zones à risque d'infection (Gubler, 2004).

Le recours aux produits chimiques d'origine botanique apparaît comme la meilleure alternative de lutte propre contre les insectes nuisibles. C'est dans ce contexte que nous avons

testé l'effet insecticide de *P. harmala* caractérisée par son pouvoir insecticide, antinutritionnel et perturbateur physiologique (Abbassi *et al.*, 2005 ; Jbilou *et al.*, 2006).

Une faible activité insecticide des extraits aqueux des fleurs de *P. harmala* contre les adultes de *B. germanica* est enregistrée dans ce travail. Même à des concentrations élevées, les fleurs de *P. harmala* n'agissent pas significativement sur la mortalité des adultes et cela peut être expliqué par un effet répulsif de l'extrait dû essentiellement à sa forte odeur ou à la faible teneur des fleurs en molécules toxiques. Habbachi *et al.* (2013) a montré que l'utilisation de 200 g/l d'extrait aqueux de graines de *P. harmala* provoque une mortalité de 80% par contre l'extrait foliaire à 300 g/l n'agit que sur 70% des larves *Drosophila melanogaster* (Diptère) et ce au bout de 15 jours de traitement.

L'extrait méthanolique de cette plante provoque une mortalité de 58% les larves *Tribolium castaneum* (Coléoptère) après 10 jours de traitement et jusqu'à 92% des adultes de *T. castaneum* après 32 jours de traitement (Jbilou *et al.*, 2006). L'extrait des feuilles de *P. harmala* au stade de floraison s'est révélé毒ique et anti-appétant (Abbassi *et al.*, 2005). L'alimentation en *P. harmala* provoque une mortalité aux stades larvaires chez *S. gregaria* (Idrissi Hassani *et al.*, 1998; Idrissi Hassani, 2000).

Dans la nature, la persistance d'action d'un insecticide dépend de différents facteurs, notamment le soin apporté à son application, la vitesse de la réinfestation, la nature du produit utilisé, la dose et la formulation choisie, le type de surface traitée, la température et l'humidité. En général, les insecticides restent plus longtemps efficaces sur une surface peinte que sur une surface non peinte et sur du bois que sur des briques ou des blocs (OMS, 1999).

L'étude des changements de comportement chez les insectes est un sujet très vaste, notamment après traitement insecticide. Il peut s'agir de changements temporaires, qui disparaissent généralement au cours des années après l'arrêt du traitement ou d'une augmentation de la sensibilité naturelle à certaines molécules qui fait que les individus éviteront plus rapidement les zones traitées. L'insecticide utilisé ne sera alors actif que sur une fraction réduite de la population visée. Enfin, dans certains cas, l'emploi massif de certains insecticides entraînera une modification durable du comportement qui persistera après l'arrêt des traitements et se manifestera dans les zones non traitées (Hamon, 1963).

L'étude détaillée du comportement sexuel des blattes, et de *B. germanica* en particulier, était donc un des facteurs primordiaux à ne pas négliger, et c'est ce que nous avons tenté de faire dans ce travail.

Comme chez de nombreuses blattes, le comportement sexuel de *B. germanica* comprend cinq phases successives : l'attraction à distance du mâle, la reconnaissance mutuelle des partenaires après contacts antennaires, la parade du mâle, le léchage des glandes tergales du mâle par la femelle et, enfin l'accouplement (Tokro, 1984).

La reproduction des blattes se fait grâce à des phéromones de sexuel émis par l'un des sexes seulement, ce sont surtout les femelles qui émettent ces phéromones. Cochran (1982), Roth & Dateo (1966) et Tokro (1984) montrent que la femelle de *B. germanica* émis la phéromone sexuelle volatile au niveau d'une petite zone glandulaire situé sur son pygidium (dernier tergite abdominal recouvrant l'atrium génital) afin d'attirer les mâles à distance.

Le comportement sexuel commence par le contact d'antenne. Dans différentes espèces de blattes, leur rôle dans la reconnaissance mutuelle a été prouvés (Roth & Willis, 1952; Smyth, 1963; Farine *et al.*, 1993; Gropeaux, 1994). Cette phase d'identification déclenche la parade dans le comportement masculin "wing-raising posture", qui montre son excitation. Ce phénomène permet à la femelle de lécher les sécrétions des glandes tergales du mâle et il essaye d'attacher sa femelle.

En ce qui concerne l'accouplement des congénères témoins, nous avons enregistré un taux de réussite de 60 % et qu'il y avait 40 % d'accouplements avortés. Nos résultats montrent que l'Azadirachtine influe sur les couples de *B. germanica* traités, tous les accouplements sont nuls, le produit empêche les séquences de léchage, tentative et l'accouplement. Il influe, probablement, sur les sécrétions tergales des mâles et sur les cires cuticulaires chez les deux sexes. Par contre chez les partenaires traités par l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala*, nous avons noté 20% des accouplements réussis et 10% à 60% des accouplements avortés lorsque l'un de deux sexes est témoin (mâle traité-femelle témoin, mâle témoin-femelle traitée). Lorsque les deux sexes sont traités nous enregistrons 90% d'accouplement nul. Ce résultat peut s'expliquer par une sélection des mâles par les femelles afin de sélectionner les meilleurs gènes du mâle pour sa progéniture et assurer ainsi la survie de l'espèce comme chez les blattes de *Leucophaea amaderae* (Mondet, 2008).

L'effet des insecticides sur les comportements d'accouplement de *B. germanica* est très peu étudié. Lee *et al.* (1998) observent que les mâles de *B. germanica* établissent le contact antennaire et adoptent une position de parade devant les femelles traitées par deltaméthrine, mais ces dernières ne sont pas réceptives. Le *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* est responsable de l'augmentation du temps de la première parade chez le mâle de *B. germanica* et celui du premier temps de léchage chez la femelle ainsi que sur le taux de réussite des accouplements (Habbachi, 2013). Également, le spinosad et l'halofenozide administré à concentration sublétale perturbe le déroulement de comportement sexuel et grégaire de *B. germanica* et les individus traités perdent la faculté de perception des stimuli extraits des femelles suite à des modifications dans les quantités des cires cuticulaires (Habbachi, 2009 ; Habbachi *et al.*, 2010 ; Kilani-Morakchi *et al.*, 2009b).

La perturbation de comportement sexuel et de l'accouplement par les doses sublétale d'insecticide a été démontrée chez plusieurs insectes. Floyd & Crowder (1981) ont rapporté que *Pectinophora gossypiella* traité par perméthrine ne répond pas à la parade wing-fanning et elle a de basses concentrations de phéromone. Les fréquences de vol et le parade de mâle *Trichoplusia ni* ont également diminué lors de contact avec les doses sublétale de cyperméthrine et chlordimeform (Clark & Haynes, 1992a, b).

Le comportement d'accouplement chez les insectes se compose d'une série complexe des événements comportementaux qui sont coordonnés par les systèmes nerveux et hormonal de manière très précise. Chaque événement de comportement peut être affecté par des doses sublétale d'insecticide, conduisant à l'échec de la reproduction. Il affecte la capacité de localisation, la parade et le temps de l'accouplement peuvent également entraîner une diminution de la production de la progéniture (Haynes, 1988).

L'utilisation de l'Azadirachtine et de l'extrait aqueux des fleurs de *P. harmala* à des concentrations sublétale affectent le comportement sexuel et grégaire de la blatte germanique. Les insecticides utilisés au cours de ce travail agissent sur la perception des blattes adultes ; *B. germanica* traités et testés en olfactomètre ne détectent pas significativement les odeurs testées. Les produits affectent aussi le signal chimique chez les blattes puisque les extraits des adultes traités n'attirent pas significativement les blattes testées.

L'étude de Shafeek *et al.* (2004) a été effectuée pour comprendre le mécanisme du neurotoxique de l'Azadirachtine chez *P. americana*, ils ont proposé que l'Azadirachtine exerce l'action excitatrice sur l'activité électrique dans le système nerveux du cancrelat interférant avec les canaux d'ion dans la membrane du nerf, la cible probable de plusieurs insecticides. Ce qui peut expliquer aussi l'effet du produit sur la perception des molécules chimiques chez les adultes de la blatte germanique.

Les extraits aqueux des fleurs de *P. harmala* sont aussi des neurotoxines et provoquent des perturbations de la perception chimique chez la blatte. Plusieurs travaux indiquent les effets neurotoxiques de la plante. L'extrait aqueux des feuilles de *P. harmala* affecte la physiologie et le système nerveux du criquet en plus provoque des trouble de l'équilibre chez l'ensemble des traités (Abbassi *et al.*, 2005), donc les alcaloïdes de *P. harmala* sont des alcaloïdes indoliques (β carbolines) connus pour agir sur le système nerveux central (Bruneton, 1987) en particulier l'harmaline, l'harmine et l'harmalol qui en sont les composés majeurs.

Il semble que le mode d'action du pesticide soit localisé à un des niveaux d'intégration du message odorant (Habbachi, 2009). Le *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* agit sur l'attractivité sexuelle et grégaire à distance chez la blatte germanique (Habbachi, 2013). Ainsi que la dose sub-léthale de Spinosad administrée pour perturber le comportement sexuel et les individus grégaires du *B. germanica* (Habbachi, 2009 ; Habbachi *et al.*, 2010) ;ils perdent la faculté de perception des extraits femelles de signaux, ainsi l'action de pesticide est située aux premiers niveaux de l'intégration de message (Habbachi, 2009).

Dans ce travail nous avons montré que les effets différés des insecticides utilisés sur la blatte germanique sont plus importants que les effets directs. Ces résultats sont similaires a plusieurs études réalisées qui indiquent les effets différés de l'Azadirachtine et de *P. harmala*.

L'Azadirachtine peut causer un effet sur les processus reproducteurs des insectes (Mordue & Nisbet, 2000) et il perturbe la maturation des adultes (Vimala *et al.*, 2010). Cowles (2004) a noté que l'Azadirachtine a influencé la fécondité de *Otiorhynchus sulcatus* (Coléoptère) et la viabilité d'œufs ; et il est induit la stérilisation des femelles mûres de *Rhodnius prolixus* (Hemiptère) (Feder *et al.*, 1988).

L'Azadirachtine réduit, aussi, le nombre des ovocytes chez *B. orientalis* et *B. germanica* (Tine *et al.*, 2011; Maiza *et al.*, 2011). Il induit, aussi, la rupture de la

communication sexuelle et réduit la motilité intestinale (Mossini & Kemmelmeier, 2005 ; Petit, 2008).

L'extrait de *P. harmala*, selon les littérature il affecte la prise alimentaire, la motricité, de la maturité sexuelle et la reproduction (fécondité et éclosion) (Abbassi *et al.*, 2003b ; Abbassi *et al.*, 2003a ; Abbassi *et al.*, 2005). Ainsi que la croissance et le développement ovarien (Idrissi Hassani *et al.*, 1998; Idrissi Hassani, 2000 ; Kemassi, 2008 ; Habbachi *et al.*, 2013).

Plusieurs articles de synthèse font régulièrement le point sur l'état d'avancement des recherches en matière de lutte biologique. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) participe activement à cette mise à jour en publant et réactualisant régulièrement des articles récapitulatifs sur les agents les plus prometteurs.

Le fait de disposer d'un bon insecticide d'origine biologique, ne suffit pas toujours pour garantir le succès d'un programme de lutte antivectorielle. Le choix de la stratégie et les moyens de l'appliquer, est tout aussi important. Il importe donc de bien réfléchir sur l'ensemble de ces paramètres avant de passer à l'exécution d'un programme. C'est à ce prix seulement que des campagnes de lutte ambitieuses pourront être entreprises sans risque que celles-ci avortent prématurément faute de moyens humains, financiers, logistiques ou tout simplement faute d'avoir su choisir l'insecticide le plus approprié.

CONCLUSION

5. Conclusion :

Dans nos forêts de sud algérien, nous avons pu mettre en évidence l'existence de sept espèces de blattes: *L. decipiens*, *L. ovolobata*, *Ectobius sp.*, *D. nigriventris*, *D. stenoptera*, *Ph. zebra* et *Ph. trivittata*. Ces blattes sont présentes dans les litières forestières durant presque toute l'année avec des effectifs fluctuants.

L. ovolobata est l'espèce la plus dominante dans les deux sites d'étude et elle est classée parmi les espèces régulières avec *L. decipiens*. Nous avons noté que une *Ph. trivittata* est l'espèce la moins fréquente. L'inventaire effectué dans les deux pinèdes des régions semi-arides indique l'absence de l'espèce de *Ph. zebra* dans le site de Aflou. Cette phénologie des espèces est, surtout, liée aux conditions du biotope, plus particulièrement, les conditions climatiques (température).

L'analyse physiquo-chimique de leur habitat naturel (sol et litière de pinède) montre qu'il est riche en matière organique, matière minérale et en carbone organique. La mesure de pH et humidité indique que l'habitat des insectes est de nature alcalin et peu humide ce qui offre aux blattes des conditions favorables pour leur développement.

L'étude du peuplement des blattes domestiques dans la région de Laghouat a permis de mettre en évidence l'existence de quatre espèces de blattes appartenant: *P. americana*, *S. longipalpa*, *B. germanica* et *P. australasiae*. *P. americana* est la plus abondante ce qui peut dans les habitations de la région.

Il serait, donc, intéressant de continuer l'inventaire dans les différents milieux forestiers et urbains afin de caractériser la distribution et le comportement de ces insectes dans les différents biotopes et ainsi expliquer l'influence des conditions abiotiques et biotiques sur leur développement et leur distribution géographique.

La présence des blattes dans nos milieux urbains nous a conduits de faire une étude toxicologie. Dans la deuxième partie de ce travail, nous avons mis en évidence l'effet direct et indirect de deux bioinsecticides : l'Azadirachtine et l'extrait queux des fleurs de *P. harmala* sur les adultes de *B. germanica*, au laboratoire dans les conditions contrôlés.

L'effet direct concernant l'essai de lutte, nous avons pu déterminer que l'Azadirachtine possède une bonne activité insecticide contre les adultes de *B. germanica*. La mortalité

observée est corrélée positivement avec les concentrations utilisées et la durée d'exposition des adultes à cette molécule. En parallèle, les extraits aqueux des fleurs de *P. harmala* sont moins toxiques par rapport à l'Azadirachtine, et les calculs des concentrations létales et des temps létaux indiquent les différences.

Les effets sublétaux les plus importants d'un insecticide sont ceux qui perturbent les traits liés à la reproduction des insectes, comme la recherche du partenaire sexuel, le sexe ratio, la fertilité des œufs, ...etc. Dans les conditions de laboratoire, nous avons montré que, lorsque l'Azadirachtine et les extraits aqueux des fleurs de *P. harmala* étaient ingérés par les adultes, cela provoquait des troubles importants du comportement sexuel (attraction à distance, reconnaissance par contact, etc...) et, par voie de conséquence, rendait les individus incapables de s'accoupler, donc, de donner une descendance. Les résultats en olfactomètre indiquent aussi l'effet des insecticides sur la perception et le message chimique chez les blattes adultes. Les produits influent, non seulement sur les sécrétions sexuelles mais aussi, sur les sécrétions grégaires.

De ce fait, il serait intéressant d'analyser les extraits attractifs afin de déterminer l'influence des insecticides sur les hydrocarbures cuticulaires et ce à travers des analyses chromatographiques.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

6. Références bibliographiques :

- Abbassi K., Kadiri A.Z. & Ghaout S., 2003a.** Biological effects of alkaloids extracted from three plants of Moroccan arid areas on the desert locust. *Physiol Entomol.* 28: 232-236.
- Abbassi K., Mergaoui L., Kadiri A.Z., Stambouli A. & Ghaout S., 2003b.** Effets des extraits de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775). *Zool Baet* 13(14): 203-217.
- Abbassi K., Mergaoui L., Atay Kadiri Z., Stamboli A. & Ghaout S., 2003c.** Activités biologiques de l'extrait des graines de *Peganum harmala* sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* forska1775). *Journal of Orthoptera Research.* 12 (2): 71-79.
- Abbassi K., Mergaoui L., Atay-Kadiri Z., Ghaout S. & Stambouli A., 2005.** Activités biologiques des feuilles de *Peganum harmala* (Zygophyllacea) en floraison sur la mortalité et l'activité générésique chez le criquet pèlerin. *Zool. Baetica.* 16: 31-46
- Ahmad A., Khan K.A., Sultana S., Siddiqui B.S., Begum S., Faizi S. & Siddiqui S., 1992.** Study of the in vitro antimicrobial activity of harmine-harmaline and there derivates. *J-Ethno- pharmacol limerick* 35 (3): 289-294.
- Aliero B.L., 2003.** Larvicidal effects of aqueous extracts of *Azadirachta indica* (neem) on the larvae of *Anopheles* mosquito. *Afric. J. Biotech.* 2(9): 325 – 327
- Alouani A., Rehimi N. & Soltani N., 2009.** Larvicidal activity of a neem tree extract (azadirachtin) against mosquito larvaein the republic of Algeria. *Jord. J. Bio. Sci.* 2 (1): 15- 22.
- Al-Sharook Z., Balan K., Jiang Y. & Rembold H., 1991.** Insect growth inhibitors from two tropical meliaceae. Effect of crude seed extracts on mosquito larvae. *J. Appl. Ent.* 111:425-430.
- Anderson J.M., 1991.** The effects of climate change on decomposition processe in grassland and coniferous forests. *Ecol. Applic.* 1: 326-347.
- Appel A.G., 1990.** Laboratory and field performance of consumer bait products for German cockroaches (*Dictyoptera: Blattellidae*) control. *J. Econ. Entomol.* 83 (1): 153-159.

- Aqel M. & Hadidi M., 1991.** Direct relaxant effect of *Peganum harmala* seed extract smooth muscles of rabbit and guinea pig. *International Journal of Pharmacology Lisse.* 29: 176-182.
- Atkinson T.H., Oehler P.G.K, & Atterson R.S.P., 1991.** Reproduction and development of *Blattella asahinai* (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Econ. Ento- mol.* 84: 1251-1256.
- Ayoub M.T., Al-Allaf T. & Rashan L.J., 1994.** Antiproliferative activity of harmalol. *Fitoterapia.* 65: 14-18.
- Azam J., 1901.** Catalogue synonymique et systématique des Orthoptères de France. *Mise. ent.*, IX, 107 p.
- B.N.E.F., 1983-** Résultats de l'inventaire par série forêt dominale du Sénalba Chergui (Wilaya de Djelfa). 213 p.
- Blanca G. & Visscher M. N., 1992.** Glossaire des termes élémentaires d'acridologies et de lutte antiacridienne en Afrique sahélienne. GTZ et CIRAD- PRIFAS, Montpellier, 157p.
- Barbault R., 1981.** Ecologie des populations et des peuplements. *Ed. Masson, Paris.* 200 p.
- Barbault R., 2000.** Ecologie générale, structure et fonctionnement de la biosphère. 5^{ème} édition *Ed. Dunod.* 326 p
- Barth R. H., 1964.** The mating behavior of *Byrsotria fumigata* (Gubrin) (Blattidae, Blaberiinae). *Behaviour* 23: 1-30.
- Baur H., Landau-Lüscher I., Müller G., Schmidt M. & Coray A., 2004.** Taxonomy of the field-dwelling cockroach *Ectobius vittiventris* and its distribution in Switzerland. *Rev. Suisse Zool.* 111:395-424
- Bellakhdar J., 1997.** La pharmacopée marocaine traditionnelle; Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. *Ibis Press, Saint Etienne.* 764p.
- Ben Salah, N., Amamou, M., Jerbi, Z., Ben Salah, F. & Yacoub, M., 1986.** Aspects cliniques, pharmacologiques et toxicologiques du surdosage par une plante medicinale: le harmel. *Essaydali Scientifique.* 21 :13–18.
- Bencherif K., 2010.** Carte des unités phisyonomiques de la forêt Sénalba Chergui (Djelfa - Atlas saharien, Algérie). *Sécheresse* vol. 21, n° 3.

- Benia F., 2010.** Étude de la faune entomologique associée au chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans la forêt de Tafat (Sétif, Nord-est d'Algérie) et bio-écologie des espèces les plus représentatives. *Thèse de doctorat d'état es- sciences en biologie animale. Univ. Ferhat abbas Sétif.* 229 p
- Benyacoub S., 1993.** Ecolgie de l'avifaune forestière nicheuse de la région d'El-Kala (Nord Est Algérien). *Thèse de Doctorat. Université de Bourgogne, Dijon.* 273 p.
- Bézanger-Beauquesne L., Pinkas M., Torck M. & Trotin F., 1980.** Plantes médicinales des régions tempérées, *Ed Maloine, Paris.* 156 p.
- Blaney W.M., Simmonds M.S.J., Ley S.V., Anderson J.C. & Toogood P.L., 1990.** Antifeedant effects of azadirachtin and structurally related compounds on lepidopterous larvae. *Entomol. Exp. Appl.* 55:149- 160.
- Blomquist G.J., Jurenka R., Schal C. & Tittiger C., 2005.** Biochemistry and molecular biology of pheromone production. In: *Comprehensive Molecular Insect Science*, Gilbert L.I., Iatrou K. & Gill S.K. (Eds), *Elsevier-Pergamon, Oxford, UK*, 3:705-751.
- Blondel J., 1979.** Biogéographie et écologie, *ed. Masson, (Paris).* 173 p.
- Bohn H., 1991.** Revision of the *Loboptera* species of Morocco (Blattaria: Blattellidae: Blattellinae). *Entomologica Scandinavica*, 22(3):254.
- Bolívar I., 1914.** Dermapteros y Ortopteros de Marruecos. *Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat,* VIII: 157-239.
- Bonett E.D. & Finot A., 1885.** Catalogue raisonné des Orthoptères de la régence de Tunis. *Rev. Sc. Nat. Montpellier*, pl. VII et XVI, VI: 193-232 et 333-367.
- Bouachria O., 2005.** Etude du cycle de développement de *Loboptera decipiens* (Dictyoptera : Blattellidae) dans les conditions contrôlées. Mémoire d'ingénieur. *Université de Annaba (Algérie).* 55 pp.
- Brossut R., 1983.** Allomonal secretion in cockroaches. *J. Chem. Ecol*, 9: 143-148.
- Brossut R., 1996.** Phéromones : La communication chimique chez les animaux. *Ed. CNRS. Paris.* 137 pp.

- Bruneton J., 1987.** Eléments de phytochimie et de pharmacognosie. *Tec & Doc, Lavoisier.* Paris. 585p.
- Bruneton J., 1993.** Pharmacognosie Phytochimie, plantes médicinales. *Edition Lavoisier,* Paris. 895 p
- Bruneton J., 1996.** Plantes toxiques. Végétaux dangereux pour l'homme et les animaux. *Edition Lavoisier, Paris.* 529 p.
- Brunner V.W., 1865.** Nouveau Système des Blattaires. *Forgotten Books.* 448 pp.
- Burghouts T., Ernsting G., Korthals G., & Vries T., 1992.** Litterfall, leaf litter decomposition and litter macroinvertebrates in primary and selectively logged dipterocarp forest in Sabah, Malaysia. *Phil. Trans. R. soc. Lond. B.*, 355: 407-416.
- Burmeister 1838.** Handbuch der Entomologie, *Edition.C.F. Enslin, Berlin* 2:457-756
- C.F.D. (Djelfa), 2015. Conservation des Forêts de Djelfa.** Bilan des rapports d'aménagements et statistiques des coups du bois dans la forêt de Sénalba Chergui période (1995-2009). 6p.
- Caudell, 1903.** Proceedings of the United States National Museum 26:882.
- Chapman K.H., 1938.** Orthoptera collected in the Atlas montains, Morocco, 1934-1936.
- Cherairia M., 2004.** Les blattes dans l'est algérien (Guelma) inventaire, biométrie et biotypologie. *Mémoire de Magistère. Université de Annaba (Algérie).* 139 p.
- Chopard L., 1922.** Orthoptére et Dermaptére. Faune de la France 3. *Office central de faunistique.* 212 p
- Chopard L., 1929.** Note sur les Orthoptères du Hoggar. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. N. XX,* 234-246.
- Chopard, 1936.** Ceylon Sci. J. (*Biol. Sci.*) 20:15.
- Chopard, L. 1937.** Les Dermaptères et Orthoptères de Madère. 20 p.
- Chopard L., 1940.** Contribution à l'étude des Orthoptéroï des du Nord de l'Afrique. Annales de la Société entomologique de France, 109 : 153-168.

- Chopard L., 1943.** Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. Faune de l'empire Français. *Ed. Librairie Larousse, Paris.* 447 p.
- Chopard L., 1951.** Orthoptéroïdes. Faune de France 56. *Office central de faunistique.* 358 p.
- Chopra I.C., Abral B.K. & Handa K.L., 1960.** Les plantes médicinales des régions arides considérées surtout du point de vue botanique. *Ed UNESCO.* 48 p.
- Clark D.C. & Haynes K.F., 1992a.** Sublethal effects of cypermethrin on chemical communication, courtship and oviposition in the cabbage looper (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology.* 85: 1771–1778.
- Clark D.C. & Haynes K.F., 1992b.** Sublethal effects of chlordimeform on chemical communication and other reproductive behaviors in the female cabbage looper moth (Lepidoptera: Noctuidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology.* 19: 105–117.
- Cloarec A., Rivault C., Fontaine F. & Le Guyader A., 1992.** Cockroaches as carrier of bacteria in multi-family dwelling. *Epidemiol. Infect.* 109: 483-490.
- Cochan D.C., 1982.** Cockroaches. Biology and control. *Vector biology and control n° 82856. World Health Organization, Geneva*
- Cochran D.G., 1990.** Managing resistance in the German cockroach. *Pest Control Technology,* 18: 56-57.
- Cochran D.G., 1991.** Extended selections for pyrethroid resistance in the German cockroach (Dictyoptera : Blattellidae). *Journal of Economic Entomology,* 84: 1412-1416.
- Cornwell P.B., 1968.** The cockroach,.A laboratory insect and an industrial pest. *London, Hutchinson Vol.1.* 116p.
- Cornwell P.B., 1976.** The cockroaches, vol. 2. Insecticide and cockroaches control.
- Cowles R.S., 2004.** Impact of azadirachtin on vine weevil (Coleoptera: Curculionidae) reproduction. *Agricultural and Forest Entomology.* 6: 291–294.
- D.S.A., 2014.** Direction de service Agricole de Laghoaut.
- Daget J., 1976.** Les modèles mathématiques en écologie. *Masson, Paris,* 172 p.
- Dajoz R., 1975.** Précis d'écologie. Ed. Gauthier Villard, Paris, 549 p.

- Dajoz R., 1982.** Précis d'écologie. Ed. Gauthier Villard, Paris, 503 p.
- Dajoz R., 1985.** Précis d'écologie. *Ed. Bordas. Paris.* 505 p
- Dajoz R., 2003.** Précis d'écologie. *Ed. Dunod. Paris.* 615 p
- Dalage A., Métaillé G., 2000.** Dictionnaire de biogeographie végétale. Ed. CNRS., Paris. 579.
- Dhadialla T.S., Retnakaran A. & Smagghe G., 2005.** Insect growth- and developmental-disturbing insecticides, *in: Gilbert LI, Iatrou K, Gill SK (eds.), Comprehensive Molecular Insect Science, Elsevier, Oxford.* Vol.6:55-116.
- Dong-Kyu L., 1995.** Distribution and Seasonal Abundance of Cockroaches (Blattellidae and Blattidae, Blattaria) in Urban General Hospital. *Korean J Entomol.* 25: 57–67
- Durier V. & Rivault C., 2003.** Amelioration in German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) le contrôle de la population par la distribution fragmentée de gel appâts. *Journal of Economic Entomology.* 96: 1254-1258.
- Ebling W., 1978.** Urban entomology. University of California. Division of Agricultural Science. Berkeley, CA.
- El-Bahri L. & Chemli R., 1991.** *Peganum harmala* L. a poisonous plant of North Africa. *Veterinary and Human Toxicology.* 33: 276-277.
- Elie M. P., 1998.** Blattes: Une viecachée. *Magazine Québec science.* 40 p.
- El-Sayed N. M. A. & Donelson J. E., 1997.** African trypanosomes have differentially expressed genes encoding homologues of the Leishmania GP63 surface protease. *J. Biol. Chem.* 272 : 26742-26748.
- Englund, G., Ohlund G., Hein C. L. & Diehl S., 2011.** Temperature dependence of the functional response. *Ecology Letters,* 14 : 914-921.
- Fabricius J.C., 1775.** *Systema entomologiae, sistens Insectorum classes, ordines, genera, species, adjectis synonymis, locis, descriptionibus, observationibus,* 269-293, 826-827.
- Fabricius J.C., 1798.** *Supplementum Entomologiae Systematicae.* Hafniae 185 p.
- Fakoorziba M.R., Eghbal F., Hassanzadeh J. & Moemenbellah-Fard M.D., 2010.** Cockroaches (*Periplaneta americana* and *Blattella germanica*) as potential vectors of the

- pathogenic bacteria found in nosocomial infections. *Ann Trop Med Parasitol.* 104(6):521-8.
- Farine J.P., Le Quéré J. L., Duffy J., Sémon E., Brossut R., 1993.** 4-Hydroxy-5-methyl-3-(2H)-furanone and 4-hydroxy-2, 5-dimethyl- 3-(2H)-furanone, two components of the male sex pheromone of *Eurycotis floridana* (Blattidae). *Biosci. Biotech. Biochem.* 57: 2026-2030.
- Favet C., 1981.** Communauté ripicole de la basse Durance. *Thèse de zooécologie. Université Aix-Marseille III*, 377 p.
- Feder D., Valle D., Rembold H. & Garcia E. S., 1988.** Azadirachtin-Induced sterilization in mature females of *Rhodnius prolixus*. *Z. Naturforsch.* 43c: 908-913
- Finney D.J., 1971.** ProbitAnalysis.Third edition.Cambridge University Press, London, UK.333 p.
- Finot A., 1895.** Faune de l'Algérie et de la Tunisie. Insectes Orthoptères. *Ann. Soc. Ent. Fr.* LXIV, 57-120, 401-552, pL10.
- Floyd J.P. & Crowder L.A., 1981.** Sublethal effects of permethrin on pheromone response and mating of male pink bollworm moths. *Journal of Economic Entomology* 74: 634-638.
- François F., 2010.** Bio-contrôle pour la protection des cultures. 15 recommandations pour soutenir les technologies vertes. *Ed. Paris* : 132-133.
- Fulton M.H. & Key P.B., 2001.** Acethylcholinesterase inhibition in estuaire fish and invertebrate as an indicator of organophosphorus insecticide exposure and effets. *Environ. Toxic and Chemistry*. 20(1): 37-45
- Gagné F., Pardos M. & Blaise C., 1999.** Estrogenic effects of organic environmental extracts with the trout hepatocyte vitellogenin assay. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 62 :723-730.
- Garfield E., 1990.** The cockroach connection. Ancient, seemingly indestructible *Pest. Part 2. Population contol. Current comments*.46: 5-13.
- Georghiou GP., Ariaratnam V., Pasternak ME. & Lin CS., 1975.** Organophosphorus multiresistance in *Culex quinquefasciatus* in California. *J. Econ. Entomol.* 68: 461-467.

- Gerard P.J. & Ruf L.D., 1995.** Effect of a neem (*Azadirachta indica* A. Juss, Meliaceae) extract on survival and feeding of larvae of four keratinophagous insects. *Journal of Stored Products Research.* 31:111-116.
- Germar, 1817.** Reise n. Dalmatien. 249p.
- Gobat J.M., Aragnot M. & Matthey W., 1998.** Le sol vivant : Bases de pédologie, biologie des sols. Ed. Presses Polytechniques et Universitaires. *Romandes. collection « Gérer l'environnement », 14 : 521-519.*
- Gordon D.G., 1996.** The compleat cockroach: a comprehensive guide to the most despised and Least Understood. *Creature on Earth.Ten speed pressBerkely.* 178p.
- Gordon H.T., 1968.** Intake rates of various solid carbohydrates by male German cockroaches. *Journal of Insect Physiology.* 14, (1): 41-52.
- Grandcolas P., 1994.** Blattaria (Insecta : Dictyoptera) of Saudi Arabia : a preliminary report. In Büttiker W. & Krupp F. (eds), Fauna of Saudi Arabia, Riyadh, Basle: NCWCD, Pro Enthomologia, 40-58.
- Grandcolas P., 1998.** Les blattes. Organisation mondiale de santé. *Bureau régional de l'europe.* 24P
- Grandcolas P., 2000.** Description d'une nouvelle espèce de *Deropeltis* (Dictyoptera, Blattaria, Blattidae) et intérêt phylogénétique de la forme des paraproctes femelles chez les blattes. *Zoosystema.* 22 (4): 807-813
- Gropeaux J.C., 1994.** Comportement sexuel de *Diploptera punctata* (Dictyoptera, Blaberidae) : Approche éthologique. Mémoire de diplôme d'études approfondies de Biologie. *Université Paris XIII.* 18 p.
- Gubler D.J., 2004.** Cities spawn epidemic dengue viruses. *Nature Medicine,* 10: 129-130.
- Guillaumin M., Renoux J. & Stockman R., 1969.** La blatte : *Blabera fusca* Br. *Edition Doin 1. Paris.* Vol I: 67 p.
- Guthrie D.M. & Tindalla R., 1968.** The biology of the cockroach. London : *Edward Arnold.* 408 p.

- Habbachi W., 2009.** Étude de deux espèces de Blattellidae Loboptera decipiens & *Blattella germanica* (L.) : Reproduction et Comportement Sexuel. Mémoire de magister en Biologie et physiologie environnementale Option: Éco-Éthologie, *Université Badji Mokhtar Annaba*, Algérie, 88 p.
- Habbachi W., Bensafi H., Adjami Y., Ouakid M.L., Farine J.P. & Everaerts C., 2010.** Spinosad Affects Chemical Communication in the German Cockroach, *Blattella germanica* (L.). *J. Chem. Ecol.*, 35 (12) : 1384-1410.
- Habbachi W., 2013.** Etude des Blattellidae (Dictyoptera) : Essais Toxicologiques, Synergie et Résistance aux Insecticides et aux Biopesticides. *Thèse Doctorat en Biologie Animale. Université d'Annaba*, Algérie. 170 p.
- Habbachi W., Benhissen S., Ouakid M.L. & Farine J.P., 2013.** Effets biologiques d'extraits aqueux de *Peganum harmala* (L.) (Zygophyllaceae) sur la mortalité et le développement larvaire de *Drosophila melanogaster* (Diptera-Drosophilidae). *Algerian journal of arid environment.* 3 (1):82-88
- Habes D., 2006 .** Evaluation d'un insecticide inorganique, l'Acide Borique à l'égard d'un modèle à intérêt médicale (*Blattella germanica*) : Inventaire, Toxicité, Analyse des résidus, structure de l'intestin et activités enzymatiques. Thèse de Doctorat. Université de Annaba (Algérie). 121 p.
- Habes D., Morakchi S., Aribi N., Farine J.P. & Soltani N., 2006.** Boric acid toxicity to the German cockroach, *Blattella germanica*: alterations in midgut structure, and acetylcholinesterase and glutathione Stransferase activity. *Pestic. Biochem. Physiol.* 84:17-24.
- Habes D., Messiad R., Gouasmia S. & Grib L., 2013.** Effects of an inorganic insecticide (boric acid) against *Blattella germanica*: Morphometric measurements and biochemical composition of ovaries. *Afr. J. Biotechnol.* 12 (18):2492-2497.
- Hamman P.J. & Gold R.E., 1994.** Cockroaches... Recognition and Control. Texas Agricultural Extention Service. *The Texas A & M University System.*
- Hamon J., 1963.** L'importance des changements de comportement chez les insectes. *Bull. Org. Mond. Santé. Suppl.*, 29 : 115-120.

- Hasch J.J. & Zumofen M., 1999.** Notions d'hygiène hospitalière. 210 p.
- Haynes, K. F., 1988.** Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. *Annual Review of Entomology*. 33: 149-168.
- Hebard M., 1929.** Studies in Malayan Blattidae (Orthoptera). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 81: 1-109.
- Hilbert, D. W. & J. A. Logan. 1983.** Empirical model of nymphal development for the migratory grasshopper, *Melanoplus sanguinipes* (Orthoptera: Acrididae). *Environmental Entomology* 12: 1-5.
- Horowitz A.R. & Ishaaya I., 2002.** Biorational insecticides-mechanisms, selectivity and importance in pest management. Insect pest management, field and protected crops. 28 p.
- Huang Z., Shi P., Dai J. & Du J., 2004.** Protein metabolism in *Spodoptera litura* (F.) is influenced by the botanical insecticide azadirachtin. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 80, 85-93.
- Idrissi Hassani L.M., Ould Ahmedou M.A. Chihrane J. & Bouaichi A., 1998.** Effets d'une alimentation en *Peganum harmala* L. sur la survie et le développement ovarien du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. *Ethnopharmacologia*, 23, 26-41.
- Idrissi Hassani L. M., 2000.** Contribution à l'étude phytochimique du harmel *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et étude de ses effets sur la reproduction et le développement du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. *Thèse Doctorat d'Etat, Université Ibn Zohr, Agadir*, 214 p.
- Idrissi Hassani L.M. & Hermas J., 2008.** Effets de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). *Zool. Baetica*. 19: 71-84
- Ishaaya I. & Horowitz A.R., 1998.** Insecticides with novel mode of actions: overview. In: Ishaaya I. and Degheel D. (Eds). *Insecticides with novel mode of action mechanisms and application*. Springer. Berlin Heidelberg New York. 1-24.
- Jbilou R., Ennabili A. & Sayah F., 2006.** Insecticidal activity of four medicinal plant extracts against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Afr. J. Biotechnol.* 5 (10): 936-940

- Kaiser L., 1999.** Le comportement des insectes. *Ann. Soc. Entomol. Fr. (N.S)*, Section 4 : Comportement, 35 (suppl.) : 136-147.
- Kemassi A., 2008.** Toxicité comparée des extraits de quelques plantes acridifuges du Sahara septentrional Est algérien sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Thèse de Magister, spé. Agronomie saharienne Univ. Kasdi Merbah-Ouargla.* 160 p
- Kilani-Morakchi S., Aribi N. & Soltani N., 2009a.** Activity of boric acid on German cockroaches: Analysis of residues and effects on reproduction. *Afr. J. Biotechnol.* 8: 703
- Kilani-Morakchi S., Aribi N., Farine J.P., Smagghe G. & Soltani N., 2009b.** Halofenozide affects sexual behavior, cuticular hydrocarbons and reproduction in the female German cockroach *Blattella germanica* (Dictyoptera, Blattellidae). *Belg. J. Zool.* 139, 147-155.
- Kilani-Morakchi S., Aribi N., Farine J.P., Smagghe G. & Soltani N., 2009c.** Effects of tebufenozide on ovarian growth and sexual behaviour in the German cockroach (*Blattella germanica*). *Comm. Appl. Biol. Sci. Ghent Univ.* 74(2): 429-436.
- Kim M.S., Yu H.S., Kim H.C., 1995.** Studies on relative densities of cockroach population in 7 different habitas by using stuchy – traps in suwon. *Korean. J. Appel. Entomol.* 34 (4) : 391-542.
- Koehlen P.G. & Patterson R.S., 1987.** The Asian roach invasion. *Natural History.* 96 (11): 28-35.
- Koul O., 1999.** Insect growth regulating and antifeedant effects of neem extracts and azadirachtin on two aphid species of ornamental plants. *J. Biosci.* 24: 85-90.
- Kristensen M., Hansen K.K., Vagn-Jensen K.M., 2005.** Cross resistance between Dieldrin and Fipronil in German cockroach (Dictyoptera : Blattellidae). *J. Econ. Entomol.* 98 (4): 1305-1310.
- Kutrup B., 2003.** Cockroach infestation in some hospitals in Trabzon, Turkey. *Turk J Zoology.* 27: 73-77
- Kwon T.S & Chon T.S., 1991.** Population dynamics of the German cockroach, *B. germanica* in Pusan: I. Seasonal abundance and density change in habitats. *Korean J. Entomol.* 21(3): 97-106

- Lacey L.A. & Orr B.K., 1994.** The role of biological control of mosquitoes in integrated vector control. *Amer. J. Trop. Med. Hyg.* 50(6): 97-115
- Lactin, D.J., N.J. Holliday, D.L. Johnson & R. Craigen. 1995.** Improved rate model of temperature-dependent development by arthropods. *Environmental Entomology* 24: 68-75.
- Lal, R., Kimble J. & Follett R.F., 1998.** Pedospheric processes and the carbon cycle. In Lal J.M., Kimble R.F., Follett & Stewart B.A., Soil process and the carbon cycle. Advances in soil science. CRC press. *Boca Ration. Florida*: 1-8.
- Lamb R.J., 1992.** Developmental rate of *Acyrthosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae) at low temperatures: Implications for estimating rate parameters for insects. *Environmental Entomology* 21:10-19.
- Le Guyader A., Rivault C. & Chaperon J., 1989.** Microbial organisms carried by brown-banded cockroaches in relation to their spatial distribution in a hospital. *Epidemiology and Infection*. 102: 485-492.
- Lee C.Y., Yap H.H. & Chong N.L., 1998.** Sublethal effects of deltamethrin and propoxur on longevity and reproduction of German cockroaches, *Blattella germanica*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 89: 137-145
- Lee C.Y. & Lee L.C., 2000.** Diversity of cockroach species and effects on sanitation level of cockroach infestation in residential premises. *Tropical Biomedicine*. 17: 39-43.
- Linnaeus C., 1758.** Tomus I. Syst. Nat. Ed. 10 Holmiae, laurentii Salvii. 1-4, 824p.
- Linnaeus C., 1767.** Systema naturae, Tom I. Parts II. Edition Duodecima. Reformata. Holmiae. (Laurentii Salvii). 533-1327.
- Logan, J.A., Wolkind D.J., Hoyt S.C. & Tanigoshi L.K., 1976.** An analytic model for description of température dépendent rate phenomena in arthropods. *Environmental Entomology* 5: 1133-1140.
- Lyon W.F., 1997.** German cockroach. Ohio State University Extension Fact Sheet Entomol.

- Ma D.L, Gordh G. & Zalucki M.P., 2000.** Biological effects of azadirachtin on *Helicoverpa armigera* 5Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on cotton and artificial diet. *Aust. J. Entomol.* 39: 301-304
- Mahjoob M., Nejati J. & Keyhani A., 2010.** Evaluation of bacterial infection of external surface and digestive system of cockroach species. *Hormozgan Med J.* 14 (1):80-86.
- Mahmoud M.F., El-Bahrawy A.F., El-Sharabasy H.M., El-Badry Y.S. & El-Kady G.A., 2013.** Ecological investigation, density, infestation rate and control strategy of German cockroach, *Blattellagermanica* (L.) in two hospitals in Ismailia, Egypt. *Arthropods.* 2(4): 216-224
- Maire R., 1933.** Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central. Mémoire de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, Alger. 03: 361 p.
- Maiza A., Kilani-Morakchi S., Farine J.P., Smagghe G., Aribi N. & Soltani N., 2004.** Reproductive effects in german cockroaches by ecdysteroid agonist RH-0345, juvenile hormone analogue methoprene and carbamate benfuracarb. *Commun. Appl. Biol. Sci. Ghent Uni.* 69: 257-266.
- Maiza A., Aribi N., Smagghe G. & Soltani N., 2010.** Effect of an oxadiazine indoxacarbe, on the biochemical composition of ovaries in the german cockroaches. *Comm. Appl. Biol. Sci., Ghent Univ.* 75(3): 359-366.
- Maiza A., Rehamnia F., Bensbaa F., Kilani-Morakchi S. & Aribi N., 2011.** Activité d'un biopesticide, le spinosad chez *Blattella germanica* : effets sur divers biomarqueurs (LDH, GSH, MDA). *Bull. Soc. Zool. Fr.* 136.
- Mallis A., 1982.** Handbook of Pest Control. *Sixième édition, sous la direction de Keith Story, Cleveland, Ohio, Franzak et Foster.* 101p.
- Martinez-Villar E., Saenz-De-Cabezon F.J., Moreno-Grijalba F., Marco V. & Perez Moreno I., 2005.** Effects of azadirachtin on the two-spotted spider mite, *Tetranychusurticae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental & applied acarology A.* 35(3): 215-222.
- Massoud M., Jalilpour H. & Salehian P., 2002.** Toxicity of *Peganum harmala*: *Review and a Case Report. Iran J Pharmacol.* 1: 1-4.

- Mehaoua M.S., Hadjeb A., Lagha M., Bensalah M.K. & Ouakid M.L., 2013.** Study of the toxicity of Azadirachtin on larval mortality and fertility of carob moth's female *Ectomyelois nceratoniae* (Lepidoptera, Pyralidae) under controlled conditions. *Am.-Eurasian J. Sustain. Agric.* 7(1): 1-9.
- Messikh A., 1994.** Inventaire des Dictyoptères dans la région de Annaba. Mémoire de des Biologie Animale. *Université de Annaba* (Algérie). 40 p.
- Miller J.R. & Miller T.A., 1986.** Insect-plant interactions. Springer-Verlag, New-York.
- Mondet C., 2008.** Dominance et sélection sexuelle chez la blatte *Leucophaea amaderae* (Dictyoptera ; Oxyhaloïnae). Aspects comportementaux, communication chimique et héritabilité. *Thèse de Doctorat. Université de Bourgogne- Dijon (France)*. 130 p.
- Monk B.E., Pembrok A.C., 1987.** Cockroach dermatitis: an occupational hazard. *BRI. MED. J.* 294 : 935.
- Mordue (Luntz) A.J., Evans K.A. & Charlet M., 1986.** Azadirachtin, ecdysteroids and ecdysis in *Locusta migratoria*. *Compendium of Biochemical physiology*. 85 (2):297-301.
- Mordue (Luntz) A.J. & Blackwell A., 1993.** Azadirachtin : an update. *Journal of Insect Physiology* 39(11): 903-924.
- Mordue (Luntz) J.A., Simmonds M.S.J., Ley S.V., Blaney W.M., Mordue W., Nasiruddin M. & Nisbet A.J., 1998.** Actions of Azadirachtin, a plant allelochemical, against insect. *Pestic. Sci.* 54:277-284.
- Mordue (Luntz) A. J. & Nisbet A. J., 2000.** Azadirachtin from the Neem Tree *Azadirachta indica*: its Action Against Insects. *An. Soc. Entomol. Brasil* 29 (4): 615–632.
- Mordue (Luntz) A.J., Morgan E.D. & Nisbet A.J., 2005.** In Comprehensive Molecular Insect Science, Gilbert LI, Iatrou K, and Gill SS (eds.). *Elsevier, Oxford, UK*. 6: 117-135.
- Mossini S.A.G. & Kemmelmeier C., 2005.** Aárvore Nim (*Azadirachta indica* A. Juss): Múltiplos Usos. *Acta Farm. Bonaerense* 24 (1): 139-48.
- Motevali Haghi S.F., Aghili S.R., Gholami Sh., Salmanian B., Nikokar S.H., Khangolzadeh Geravi M. & Hajati H., 2014.** Isolation of medically important fungi

- from cockroaches trapped at hospitals of Sari, Iran. *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci.* 3: 29-36.
- Mousset J., 2014.** Carbone organique des sols : L'énergie de l'agro-écologie pour le climat, une solution. *Ed. Ademe.* 27 p
- Munir C., Zaïdi M.I., Nasir-Ahmad, Atta-Ur-Rahman & Ahmad N., 1995.** An easy rapid metal mediated method of isolation harmine and harmaline from *Peganum harmala*. *Fitoterapia*, 66 (1): 73-76.
- Musabyimana T., Saxena R.C., Kairu E.W., Ogol C.P.K.O. & Khan Z.R., 2001.** Effects on neem seed derivatives on behavioral and physiological responses of the *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae). *J Econ Entomol.* 94:449-454.
- Nasirian H., Ladonni H., Abdoulhassani M., & Limoe M., 2011.** Susceptibility of field populations of *Blattella germanica* (Blattaria : Blattellidae) to spinosad Pak. *J. Biol. Sci.*, 14 : 862-868.
- Naqvi, S.N.H., 1996.** Prospects and development of a neem based pesticide in Pakistan. *Proc. 16th Congr. Zool.*, (Islamabad 1995). 16:325-338
- Nasseh O., Krall S., Wilps H. & Salissou G.B., 1992.** Les effets d'inhibiteurs de croissance et de biocides végétaux sur les larves de *Schistocerca gregaria* (Forskål). *Sahel PV Info Bull. Inform. Protect. Végétaux UCTR/PV* 45: 5-19.
- Nath D., Sethi N., Srivastava R., Jain A.K. & Singh R.K., 1993.** Study on tetragenic and antifertility activity of *Peganum harmala* in rats. *Fitoterapia*, 64: 321-324.
- Nejati J., Keyhani A., Moosa-Kazemi S.H., Mohammadi M., Mahjoob M. & Boostanbakhsh A., 2012.** Cockroaches' bacterial infections in wards of hospitals, Hamedan city west of Iran. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease.* 2(5): 381-384.
- Nigan L.N., 1933.** The life history of a common cockroach (*Periplaneta amerocana* Linnaeus). *Indian J. Agr. Sci.*, 3: 530-543.
- Nouacer & Kerkabi., 1997.** Inventaire des Blattes dans la région de Annaba. Mémoire de des Biologie Animale. *Université de Annaba* (Algérie). 30 pp.

- O.N.M.D., 2015.** Office National de Météorologie de Djelfa. Données météorologique, *Djelfa*.
- O.N.M.L., 2010.** Office National de Météorologie de Laghouat. Données météorologique, *Laghouat*.
- O.N.M.L., 2015.** Office National de Météorologie de Laghouat. Données météorologique, *Laghouat*.
- Ofuya T.I. & Okuku I.E., 1994.** Insecticidal effect of some plant extracts on the cowpea aphid *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae). *Anz. Schädl.kd. Pflanzenschutz Umweltschutz*. 67: 127-129,
- OMS., 1999.** Organisation mondiale de la Santé : La lutte antivectorielle - Méthodes à usage individuel et communautaire. *Genève. ISBN 92 4 254494 9*.
- Ould El Hadj M.D., Tankari Dan-Badjo A., Halouane F., 2003.** Etude comparative de la toxicité de trois substances acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* forskål, 1775 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae). *Courrier du Savoir*. 03 :81-86.
- Ould El Hadj M. D., Tankari Dan-Badjo A., Halouane F., 2008.** Etude comparative de la toxicité de trois substances Acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* forskål, 1775 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae). *Courrier du Savoir*, 81-86.
- Ozenda P., 1977.** Flore du Sahara. *Ed. du CNRS*. 312-322.
- Ozenda, P., 1982.** Les végétaux dans la biosphère. *Ed. Doin, Paris*, 431p.
- Ozenda P., 1991.** Flore et végétation du Sahara. 3e Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 39-96.
- Petit J.L., 2008.** Le nim (ou neem), l'arbre miracle. L'insecticide se fait désirer. *Cultures spécialisées. Biofil*. 57: 49-51.
- Ponel P., 1983.** Contribution à la connaissance de la communauté des arthropodes psammophiles de l'Isthme de Giens. *Trav. Sci. Parc national Port-Cros, Fr.* (9) : 149-182.

- Potera C., 1997.** Working the bugs out of asthma. *Environmental Health Perspectives*, 105 (11): 1192-1194.
- Pouget M., 1980.** Les relations sol-végétation dans les steppes Algéroises. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M., n° 116, Paris, *Thèse Doctorat. Univ. Aix Marseille*, 555 p
- Prabhakaran S.K. & Kamble S.T., 1996.** Effects of azadirachtin different strains of German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Environ. Entomol.* 25: 130-134.
- Prévost P., 1999.** Les bases de l'agriculture. Ed. Technique et documentation, Paris, 243 p.
- Princis K., 1962.** Pars 3: Blattariae: Subordo Polyphagoïdea. Fam. Plyphagidae. In Orthopterorum catalogus. *Edited by M Beier, Dr W. Junk, s-Gravenhage*. 1-74.
- Princis K., 1971.** Pars 14: Blattariae: Subordo Epilamproïdea. Fam. Ectobiidae. In Orthopterorum catalogus. *Edited by M Beier, Dr W. Junk, s-Gravenhage*, 1039-1224.
- Qadri S.S.H. & Narsaiah J., 1978.** Effect of azadirachtin the moiling processes of last instar nymphs of *Periplaneta americana* (Linn.). *Indian J. Exp. Biol.* 16: 1141-1143.
- Quezel P. & Santa S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. *Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris*. 475-476.
- R.C.D., 2002.** Projet du plan de gestion de la réserve de chasse d'Ain Maâbed (w. Djelfa).R.C.D. 103 p.
- Rageau J. & Cohic F., 1956.** La lutte contre les blattes en nouvelle-caledonie. Office de la recherche scientifique et technique outre-mer. 10 p
- Ramade F., 1984.** Elément d'écologie (écologie fondamentale). *Ed. McGraw-Hill. Paris*. 397 p.
- Rapp M., 1971.** Cycle de la matière organique et éléments minéraux dans quelques écosystèmes méditerranéens C.R du C.N.R.
- Rehn J.A.G., 1903.** A Contribution to the Knowledge of the Orthoptera of Mexico and Central America. *Transactions of the American Entomological Society*. 29(1):17

- Rehn J.A.G. & Hebard M., 1914.** Records of Dermaptera and Orthoptera from west central and southwestern Florida, collected by William T. Davis, *Journal of the New York Entomological Society*, 22:96-116
- Rehn J.A.G., 1945.** Man's uninvited fellow - traveller - the cockroach. *Scientific Monthly*. 61:265-276.
- Rehn J.A.G. 1960.** A new concept involving the subfamily Acridinae (Orthoptera : Acridoidea). *Transactions of the American Entomological Society*. 86:173-185.
- Rembold H., 1994.** Controlling locusts with plant chemicals. In: New Trends in Locust Control. (eds. S. Krall, H. Wilps), GTZ, Eschborn, TZ-Verlagsgesellschaft Rossdorf. 41-49.
- Rivault C., Cloarec A., Le Guyader A., 1993.** Bacterial contamination of food by Cockroaches. *J. Environ. Health*. 55: 21-22.
- Robert M., 1996.** Le sol : Interface dans l'environnement, ressource pour le développement. *Ed Masson*.
- Roth L.M. & Willis R., 1952 .** A study of cockroach behaviour. *Am. Midl. Nat.* 47 : 66-129.
- Roth L.M. & Willis E.R., 1957.** The medical and veterinary importance of cockroaches. *Smithsonian miscellaneous collection*. 134: 1-147.
- Roth L.M. & Willis E.R., 1960.** The biotic associations of cockroaches. *Smithson. Misc. Coll.* 141, 1-470.
- Roth L.M. & Dateo G.P., 1966.** A sex pheromone produced by the male of the cockroach *Nauphoeta cinerea*. *J. Insect Physiol.* 12: 255-265.
- Roth L. M., 1970.** Evolution and taxonomic significance of reproduction in Blattaria. Annual Review of Entomology 15: 75-96.
- Roth M., 1980.** Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes. *Office de la recherche scientifique et technique outre-mer, Paris*. 23: 25.
- Rust M.K., Owens J.M. & Reierson D.A., 1995.** Understanding and Controlling the German Cockroach. New York Oxford. *Oxford University Press.*, 430 p.

- S.A.A., 2010.** Subdivision Agricole d'Aflou.
- Saito T. & Hama H., 2000.** Carboxylesterase isozymes responsible for organophosphate resistance in the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera : Aphididae). *Appl. Entomol. Zool.*, 35 (1): 171-175.
- Saxena RC. , 1988.** Neem - a source of natural insecticides. Final workshop of IRRI-ADB-EWC project on botanical pest control in rice-based cropping systems. IRRI, *Los Banos, Philippines*, 12-16.
- Schal C., Gautier J.Y. & Bell W.J., 1984.** Behavioural ecology of cockroaches. *Biol, Rev.*59: 209-254.
- Schal C. & Hamilthon R.L., 1990.** Integrated suppression of syantropic cockroaches. *Ann. Revi. Entomol.*35: 521-551.
- Scherrer B., 1984.** Biostatistique. Eds. Morin, Quebec, Canada. pp850.
- Schmutterer H., 1990.** Properties and potential of natural pesticides from the neem tree *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology* 35: 271-297.
- Schmutterer H., 1993.** Some effects of neem (*Azadirachta indica*) products on locusts and grasshoppers. *World Neem Conference, 24-28 février, Bangalore, India.* 44-58.
- Schoolfield, R.M., P.J.H. Sharpe & C.E. Magnuson. 1981.** Non-linear regression of biological temperature-dependent rate models based on absolute reaction-rate theory. *Journal of Theoretical Biology* 88: 719-731.
- Sentis A., 2012.** Effets des changements climatiques sur les insectes et conséquences économiques et sanitaires. *Antennae.*19 (1): 3-7.
- Serville, J.G.A.** 1839. Histoire naturelle des insectes Orthoptères. Collection des suites à Buffon, Paris, xvii , 776p.
- Shafeek A., Jaya Prasanthi R.P., Hariprasad Reddy G., Chetty C.S. & Rajarami Reddy G., 2004.** Alterations in acetylcholinesterase and electrical activity in the nervous system of cockroach exposed to the neem derivative, azadirachtin. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 59: 205-208.

- Shah F.A., Gaffney M., Ansari M.A., Prasad M. & Butt T.M., 2008.** Neem seed cake enhances the efficacy of the insect pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* for the control of black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Biological Control* (44): 111-115.
- Shannon C. & Weaver W., 1949.** The mathematical theory of communication. *University of Illinois Press*, Urbana.
- Sharf M. E., Neal J. J. & Bennett G. W., 1997.** Changes of insecticide resistance levels and detoxication enzymes following insecticide selection in the German cockroach, *Blattella germanica* (L.). *Pest. Biochem. Physiol.* 59 : 67-79.
- Sharpe, P.J.H. & D.W. DeMichele. 1977.** Reaction kinetics of poikilotherm development. *Journal of Theoretical Biology*. 64: 649-670.
- Shelford, 1911.** Descriptions of Some New Species of Blattidae. *Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 8* 8(43): 1-13.
- Sieber K.P. & Rembold H., 1983.** The effects of azadirachtin on the endocrine control of moulting in *Locusta migratoria*. *J. Insect Physiol.* 29: 523-527.
- Simmonds M.S.J., Blaney W.M. Ley S.V., Anderson J.C. & Toogood P.L., 1990.** Azadirachtin: structural requirements for reducing growth and increasing mortality in lepidopterous larvae. *Entomol. Exp. Appl.* 55: 169-181.
- Sinegre G., Jullien J.L. & Gaven B., 1977.** Acquisition progressive de la résistance au chlorpyrifos chez les larves de *Culex pipiens* (L.) dans le midi de la France. *Parasitologia*, 19, 1(2) : 79-94.
- Smyth T.Jr., 1963.** Mating behavior of the Madeira cockroach. In: 35th Annual meeting eastern branch, *Entomology Society of America*.
- Southwood, T.R.E., 1978.** Ecological methods. London, Chapman and Hall, John Wiley & Sons, New-York, 524 p.
- Stamboul M., 2004.** Contribution à l'étude hydrogéologique de l'Atlas Saharien (exemple du Djebel Amour). *Thèse Doctorat, Univ. Oran.* 310p.

- Stephens, 1835.** Illustrations of British Entomology; or, a Synopsis of Indigenous Insects: Containing their Generic and Specific Distinctions; with an Account of their Metamorphoses, Times of Appearance, Localities, Food, and Economy, as far as Practicable. 6:47
- Stewart P., 1969.** Un nouveau climagramme pour l'Algérie et son application au barrage vert. *Bull. Soc. Hisc nat. Afr. Nord.* 65: 1-2
- Streets R., 1976.** Zur wirkung elses gereinigten extraketes aus Fruncuten van Azadirachta indica A. Juss auf Leptinotarsa decemlineata Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Zeischrift Fur Angewandte Entomologie.* 82: 169-170.
- Tanaka A., 1976.** Stags in the embriognic development of the German cockroach. *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattelidae). *Kontyn (Tokyo).* 44: 512-225.
- Tandon P. & Sirohi A., 2010.** Assessment of larvicidal properties of aqueous extracts of four plants against *Culex quinquefasciatus* larvae. *Jordan Journal of Biological Sciences.* 3 (1):1-6.
- Tavakilian G., 1993.** L'entomofaune de la foret Guyanaise. 125 -130.
- Taylor, F. 1981.** Ecology and evolution of physiological time in insects. *American Naturalist* 117: 1-23.
- Telibi A., 2004.** Contribution à l'étude de l'évapotranspiration et des besoins en eaux en zone semi arides (cas de la région de Djelfa). Mémoire Ingénierat. *Centre Universitaire de Djelfa.* 120 p.
- Tine S., Aribi N., Soltani N., 2011.** Laboratory evaluation of azadirachtin against the oriental cockroach, *Blatta orientalis* L. (Dictyoptera, Blattellidae): Insecticidal activity and reproductive effects. *Afr. J. Biotechnol.*, 10(85):19816-19824.
- Tine S., Tine-Djebbar F., Aribi N. & Boudjelida H., 2015.** Topical toxicity of spinosad and its impact on the enzymatic activites and reproduction in the cockroach *Blatta orientalis* (Dictyoptera: Blattellidae). *African Entomology* 23(2): 387-396.
- Tokro G., 1984.** Les phéromones sexuelles chez *Blattella germanica* L. (Insecte, Dictyoptère). Secréction d'une pheromone sexuelle volatile par le pygidium des femelles. Thèse de Doctorat. *Université de Bourgogne – Dijon* (France). 54 p.

- Touil S., 2005.** Systématique et écologie de quelque group de la pédofaune (cas de Sénalba Chergui). Mémoire d'ingénierat, Agronomie, *Univ. Ziane Achoure* (Djelfa). 68 p
- Tussaux., 1996.** Une revue bibliographique des principaux mécanismes pedogénotyque dans le processus d'humification. *Rev. Bib*, n° 60.
- Vaillant J., Derridj S., 1992.** Statistic analysis of insect preference in tow-choise *Journal. Insect Behav.* 5:773-781.
- Valles S.M., Dong K. & Brenner R.J., 2000.** Mechanisms responsible for cypermethrin resistance in a strain of German cockroach, *Blattella germanica*. *Pest. Biochem. Physiol*, 66 : 195-205.
- Van cleve K. & Powers R.F., 1995.** Soil carbon. Soil formation, and ecosystem development. In: McFee W.W. et J.M. (eds) Carbon forms and fonctions in forest soils. *Soil Science Society of America Inc. Madison*. 155-200
- Vimala B., Murugani K., Deecaraman M., Karpagam S., Yalakshmi V. & Sujatha K., 2010.** The toxic effect of neem extract, spinosad and endosulfan on the growth of aphids and its predator. *Bioscan*. 5(3):383-386.
- Vosseler J., 1902.** Beiträge zur Faunistik und Biologie der Orthopteren Algeriens und Tunesiens. *Zoologische Jahrbücher. Abt. Syst. Geogr. und Biol. der Tiere*, 16:337-404.
- Wagner, T.L., Wu H.-I., Sharpe P.J.H., Schoolfield R.M. & Coulson R.N., 1984.** Modeling insect development rates: a literature review and application of a biophysical model. *Annals of the Entomological Society of America* 77: 208-225.
- Wang C., Scharf M.E. & Bennett G.W., 2006.** Genetic basis for resistance to gel baits, fipronil, and sugar-based attractants in German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Econ. Entomol.* 99:1761-1767.
- Wattiez C., Beys B., 1999.** Pas de pesticides à la maison solution sans danger pour le contrôle de bestiolesindésirables. *Pest. Action Netmork (Pan)*. Belg. 12p.
- Werner F., 1914.** Ergebnisse einer von Prof. Werner in sommer 1910 mit Unterstützung der Legale Wedl ausgeführten zoologischen Forschungsreise nach Algerien. III. *Orthopteren.S. B. AK. Wiss. Wien.* CXXIII, 363-404.

- Wigglesworth V.B., 1972.** The principales of insect physiology. *Seventh Edition. Chapman and Hall.* 827 p.
- Willis E.R., Riser G.R. & Roth, L.M., 1985.** Observation on reproduction and development in cockroaches. *Annals of the Entomological Society of America* 51: 53-59.
- Wilson E.O., 1975.** Sociobiology: The New Synthesis. Belknap Press, Cambridge, Massachusetts.
- Yang M.L., Zhang J.Z., Zhu K.Y., Xuan T., Liu X.J., Guo Y.P. & Ma E.B., 2009.** Mechanisms of organophosphate resistance in a field population of oriental migratory locust, *Locusta migratoria manilensis* (Meyen). *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, 71(1):3-15.
- Yu S. J., Nguten S. N. & Abd- Elghar G. E., 2003.** Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugipedra* (J.E. Smith). *Pest. Biochem. Physiol.*, 77: 1-11.
- Zaïdi, M.I. & Munir C., 1995.** A new direct isolation method of harmaline from the harmala seeds by Mercury (II) ions. *Sarhad Journal of agriculture*, 11: 219-223.
- Zaime A. & Gautier J.R., 1989.** Comparaison des régimes alimentaires de trois espèces sympatriques de *Gerbillidae* en milieu saharien, au Maroc. *Rev. Ecol. (terre et vie)*, 44, (2) :153-163.
- Zarchi A.A. & Vatani H. 2009.** A survey on species and prevalence rate of bacterial agents isolated from cockroaches in three hospitals. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 9: 197-200.
- Zerarka A., 1983.** Contribution a l'étude géographique et hydrogéologique du synclinal du Djebel Amour. *Mém. Ing.Inst. Science de terre. Oran.* 177 p.
- Zurek, L., Watson, D.W., & Schall C., 2002.** The synergy between *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycota, Hyphomycetes) and Boric acid against the German cockroach (Dictyoptera, Blattellidae). *Biological Control*, 23 (3), 296-302.

RESUMES

Résumé :

Les blattes, insectes dictyoptères, sont apparues sur terre il y a plus de 400 millions d'années. Plusieurs espèces sont adaptées à la vie dans tous les milieux tropicaux et subtropicaux et aux milieux tempérés et d'autres espèces sont fouisseuses dans le sable des déserts. Plus de 4000 espèces de blattes sont connues à ce jour et un certain nombre d'entre elles sont considérés comme nuisibles.

Dans ce travail, nous avons effectué un inventaire des blattes qui vivent dans deux pinèdes semi-arides El-Khneque (à Aflou, Algérie) et Sénalba-Chergui (à Djelfa, Algérie) afin de quantifier, identifier et faire une étude écologique de ces dernières. Nous avons, aussi, étudié la composition chimique et physique de leur habitat naturel (le sol et la litière des pinèdes). Nous avons récolté sept espèces dans les deux forêts appartenant à quatre genres : *Loboptera*, *Dziriblatta*, *Ectobius* et *Phyllodromica*. Les espèces du genre *Loboptera* sont les plus abondantes et elles sont classées dans la catégorie des espèces régulières ; la densité de ces insectes est fonction du biotope. Nos résultats montrent que le sol et les couches fines de la litière des pinèdes fournissent un habitat favorable pour le développement des différentes espèces et ils sont composés essentiellement de feuilles, le taux du carbone organique est très important avec peu d'humidité.

En parallèle on a fait un inventaire des blattes domestiques dans la région de Laghouat ; cet inventaire nous a permis de recenser quatre espèces de blatte dans le milieu urbain *Periplaneta americana*, *Supella longipalpa*, *Blattella germanica* et *Periplaneta australasiae*.

Nous nous sommes intéressés aux effets toxicologiques de l'Azadirachtine et de molécules extraites des fleurs de *Peganum harmala*, sur les adultes de *B. germanica*. Les deux produits ont induit une mortalité chez la blatte germanique, qui varie en fonction des concentrations utilisées et des temps d'exposition. L'ingestion des concentrations sublétale de ces molécules affecte, également, l'attractivité sexuelle ainsi que le déroulement des différentes phases du comportement sexuel chez les adultes naïfs sexuellement.

Mots-clés : Blattes, inventaire, région semi-aride, forêt, urbain, *Blattella germanica*, Azadirachtin, *Peganum harmala*, toxicité, attractivité, comportement sexuel.

Abstract:

The cockroaches, Dictyoptera insect's, appeared on ground there is more than 400 million years. Several species are adapted to the life in all the mediums tropical, subtropical and in the moderate mediums and other species are diggers in the sand of the deserts. More than 4000 species of cockroaches are known to date and a certain number of them are regarded as vermin.

In this work, we carried out an inventory of cockroaches living in both semi-arid pine El-Khnegue (to Aflou, Algeria) and Senalba-Chergui (in Djelfa, Algeria)) to quantify, identify and an ecological study of the latter. We have also studied the chemical and physical composition of their natural habitat (soil and litter pine forests). We collected seven species in both forests from four genera: *Loboptera*, *Dziriblatta*, *Ectobius* and *Phyllodromica*. The species of the genus *Loboptera* are the most abundant and are categorized regular species; the density of these insects is a function of biotope. Our results analysis of the soil and the fine layers of litter of the pine forests provide a habitat favorable for the development of the different species and the principal composed is leaves, organic carbon, and low humidity.

In parallel, we made an inventory of domestic cockroaches in Laghouat region; this inventory enabled us to count four species of cockroach in the urban environment *Periplaneta Americana*, *Supella longipalpa*, *Blattella germanica* and *Periplaneta australasiae*.

We have interest in the toxicological effects of bio-insecticide commercial, Azadirachtin, and of molecule extracted from spontaneous plants of the area, extract of flowers of *Peganum harmala*, on the adults of *B. germanica*. The treatment is done by ingestion of the deferent concentrations of these molecules for studied the effect of these products on mortality. The two products induced mortality in the Germanic cockroach, which varies according to the concentrations used and from the durations. The ingestion of the concentrations sublethals of these molecules also affects the sexual and gregarious attractiveness as well as the course of the deferent phases of sexual behavior of adult cockroaches.

Key words: Cockroaches, inventory, semi-arid region, forest, urban, *Blattella germanica*, Azadirachtin, *Peganum harmala*, toxicity, attractivity, sexual behavior.

الملخص:

الصراصير، هي حشرات من فصيلة *Dictyoptère*، ظهرت على سطح الأرض منذ 400 سنة. الكثير منها تأقلم مع جميع أوساط الحياة. إلى حد الآن يعرف منها 4000 نوع، و أغلبها صنفت كحشرات ضارة ذات السمعة السيئة.

في القسم الأول من هذا العمل، قمنا بعملية حصر للصراصير التي تعيش في غابات الصنوبر الحليبي بالمناطق الشبه الجافة، الخنق (آفلاو-الجزائر) و سن البا (الجلفة-الجزائر)، من أجل حساب وتنمية و القيام بدراسة إيكولوجية لهذه الأخيرة. كذا قمنا بمعايرة التركيبة الكيميائية و الفيزيائية لوسط عيش الصراصير (الترابة و طبقات الذبال). في الغابتين وجدنا سبعة أنواع لهذه الصراصير تتنمي لأربعة أصناف هي: *Loboptera*، *Ectobius*، *Phyllodromica* و *Dziriblata*. أين أنواع الصنف *Loboptera* هو المتواجد بكثرة و هي مصنفة في فئة النوع ذات النوع النظامي، و كثافة هذه الحشرات مرتبطة بوسط المعيشة. نتائج التحليل أثبتت أن التربة و طبقات الذبال لغابة الصنوبر هي المكان المفضل لنمو الصراصير، يتربك أساسا من الأوراق الإيرية للصنوبر و نسبة مهمة من الكربون العضوي كذا الرطوبة. وفي نفس الوقت قمنا بدراسة حصرية للصراصير المنزلية الموجودة في في منطقة الأغواط، تمكننا من حصر أربعة أنواع للصراصير في الوسط الحضري: *Blattella germanica*، *Supella*، *Periplaneta americana*، *Periplaneta australasiae*، *longipalpa*

القسم الثاني للعمل تولد نتيجة لأضرار *B. germanica* و المبيدات الكيميائية على المحيط و الإنسان، الذي أدى لخلق تقنيات جديدة مضادة للصراصير. لذا قمنا بدراسة التأثير السمي للمبيد البيولوجي التجاري *Azadirachtine*¹ و مستخلص أزهار نبات *Peganum harmala* على البالغين من *B. germanica*، العملية تمت بتناول هذه المركبات بتركيزات مختلفة. المركبين لديهما القدرة على قتل الصراصير بنسب مختلفة، و هذا على حسب التراكيز المعطاة و مدةأخذ المركب. كما أثبتتنا فعالية التركيز الغير قاتل للمركبين و تأثيره على سلوك الإنجداب بالرائحة كذا تأثيره على السلوك الجنسي.

الكلمات المفتاح: الصراصير، حصر، منطقة شبه جافة، غابة، حضري، *Blattella germanica*، *Peganum harmala* ، *Azadirachtine*، السمية، الإنجداب بالرائحة، السلوك الجنسي.

ANNEXES

Clés d'identification

Clés d'identification (Chopard, 1943 ; 1951)

Genre *Loboptera* (Brunner, 1865):

Élytres : réduits à des petits lobes latéraux.

Abdomen : pas de fossette glandulaire.

Plaque sous-génitale : chez les mâles, transverse et styles nuls.

Distribution : Afrique, Australie, Amérique du sud, région méditerranéenne.

Loboptera decipiens (Finot, 1890) :

Couleur de corps : Noir, brillant avec une bordure blanchâtre.

Tête : Noire.

Élytres : Étroits, à apex arrondi.

Pattes : Brun roux.

Plaque sous-génitale : Chez les femelles à bord postérieur très légèrement échancré au milieu.

Chez le mâle un peu asymétrique, sans styles.

Taille : 8-10 mm.

Distribution : Littoral méditerranéen et dans le sud-est jusqu'à la Drôme et l'Ardèche. Corse.

Europe méridionale, Asie Mineure, Madère.

Genre *Ectobius* (Stephens, 1835) :

Élytres : membraneux, nervation bien nette, atteignant l'extrémité de l'abdomen chez les mâles et souvent abrégés chez les femelle.

Abdomen : présentant une fossette glandulaire sur le 7^{ème} tergite du mâle

Plaque sous-génitale : portant un seul style.

Distribution : Paléarctique, africain.

Genre *Dziriblatta* (Chopard, 1937):

Couleur de corps : parfois il existe une grande différence dans la coloration.

Élytres : Courts latéraux dans les deux sexes.

Distribution : Afrique de Nord, Espagne, Portogale.

Dziriblatta nigriventris (Chopard, 1936):

Couleur de corps : Jaune testacé avec nombreux petits points et taches brunes.

Pronotum : Jaunâtre avec des côté translucides.

Élytres : Étroits apex subaigu.

Abdomen : Noirâtre avec une bande latérale jaunâtre.

Taille : 8 mm.

Distribution : Maroc.

Genre *Phyllodromica* (Rehn, 1903) :

En générale est semblable à genre *Ectobius*.

Élytres : Cornés, nervures à peine visibles.

***Phyllodromica trivittata* (Serville 1839) :**

Couleur de corps : Jaunâtre, brillant, avec trois bandes longitudinales brunes.

Tête : Jaune avec une bande brune entre les entraines.

Élytres : -Chez le mâle presque rectangulaire, allongés, n'atteignant pas l'extrémité.

-Chez la femelle sont courts, tronqués, ne dépassent pas le 2^{ème} segment.

Pronotum : comporte trois bandes longitudinales brunes.

Taille : Mâle 5,5 mm ; Femelle 6-7 mm.

Distribution : Algérie, Maroc.

Genre *Periplaneta* (Burmeister, 1838) :

Elytre : Bien développés dans les deux sexes, dépassant l'extrémité abdominale.

Pronotum : trapézoïdal.

Pattes : longues, les fémurs et tibias fortement armés.

Distribution : Cosmopolite.

***Periplaneta americana* (Finot, 1980):**

Couleur de corps : brun rougeâtre brillant à brun foncé.

Pronotum : une marge jaune.

Élytres : Brun roux, un peu plus long chez le mâle que chez la femelle.

Taille : 23-32 mm chez le mâle. 26-28 mm chez la femelle.

Distribution : Algérie.

***Periplaneta australasiae* (Azam, 1901) :**

Couleur de corps : Brun moins uniforme, bande jaune du champ marginal de l'élytre.

Pronotum : teinte moins uniforme.

Abdomen : présentant un sillon médian garni d'une touffe de soies chez le mâle.

Taille : 23-30 mm.

Genre *Supella* (Shelford, 1911) :

Elytre : Plus long chez le mâle que chez la femelle.

Abdomen : L'extrémité abdominale est très différente surtout chez le mâle.

Patte : Fémurs antérieure armés, au bord inférieur interne et de petites épines assez régulières.

Distribution : Cosmopolite dans les pays chauds.

Genre *Blattella* (Gaudell, 1903) :

Elytre : plus long que l'abdomen dans les deux sexes.

Plaque sous-génitale : chez le mâle très asymétrique, avec un seul style bien développé.

Abdomen : présentant une fossette sur le 7^{ème} tergite chez le mâle.

Distribution : Cosmopolite.

***Blattella germanica* (Linné, 1767) :**

Couleur de corps : Testacé roussâtre.

Pronotum : deux bandes brunes longitudinales.

Élytres : Lancéolés, jaunâtres unicolores.

Pattes : testacés, fémurs antérieures armés au bord interne de trois longues épines basales.

Taille : 11-12 mm.

Distribution : Cosmopolite.

Article

Azadirachtin affects mortality and sexual behavior in German cockroach, *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera ; Blattellidae)

**MASNA Fatiha^{1,2}; HABBACHI Wafa¹; OUAKID Mohamed Laid¹; BAIRI Abdelmajid¹;
TAHRAOUI Abdelkarim¹**

¹ *Applied Neuro-endocrinology Laboratory. Department of Biology, BP 12, Faculty of Sciences, Badji Mokhtar University 23 000 - Annaba, Algeria.*

² *Desertification and Climate Team, Amar Telidji University, B.P. 37 Laghouat, Algeria*

E-mail : masnafatiha@gmail.com

Abstract:

Azadirachtin is a biological insecticide neem extract of the plant used for thousands of years. It is regarded as a plant growth regulator.

Firstly, the study looks at the effects of different concentrations (0.5 g/l, 1 g/l and 2 g/l) of azadirachtin on mortality of adult males and females of *Blattella germanica*. On the other hand, in these adults, we determine the effect of sublethal concentration on olfactory ability to detect the smell of their congeners.

We recorded the mortality rates of up to 100% for high concentrations which allowed us to calculate the lethal concentrations (LC50% LC90%) and the lethal time (TL50% TL90%). Behavioral tests showed that Azadirachtin affect, also, sexual and gregarious attractiveness adult cockroaches which fail to be attracted significantly different odors.

Keywords: azadirachtin, *Blattella germanica*, toxicity, olfaction, behavior.

1. Introduction:

For many years the global market for insecticides is composed of several products the most important of which are synthetic organic insecticides, non-organic insecticides and growth regulators. These insecticides are absorbed by contact, ingestion, inhalation or combination (Matsumura, 1985).

Chemical control has many negative consequences not only on the environment and on humans (carcinogenic phenomena) (El Sayed *et al.*, 1997; Ishaaya & Horowitz, 1998), but also by increased resistance in the insects; so we're looking to use other substances and other control techniques.

Problems of resistance of different chemical product have guided the struggle against insects to introduce a new botanical phase. The organic botanical insecticides are very active and are devoid of multiple disadvantages (Habbachi *et al.*, 2014). These are more specific and less polluting molecules and in some cases, are inhibitors of development and disrupting insect development (Philogene, 1991; Mossini & Kemmelmeier, 2005). Azadirachtin is among these natural (Tomlin, 2000; IRAC, 2008), much research has focused on the effects of insecticide azadirachtin (Mordue & Blackwell, 1993; Mordue *et al.*, 2005), their action against nematodes, fungi, viruses, protozoa and also insects (Mordue & Blackwell, 1993). Azadirachtin is not effective against all pest insects, its effects are dependent on the concentrations used, the application method (ingestion, injection and topical application) and the target species (Mordue & Blackwell, 1993).

We performed a toxicology study using azadirachtin against the German cockroach (*Blattella germanica*), which is the most common species, harmful, vector more diseases and allergies (Willis *et al.*, 1958; Hilts & Rensberger, 1986). For economic reasons, it is very difficult to eradicate entire cockroach populations. However, it is possible to avoid excessive proliferation and control their reproduction (Grandcolas, 1996). The work aims to highlight the direct effect of azadirachtin on mortality and indirect effect on attractiveness and sexual behavior in adults of *B. germanica*.

2. Material and methods:

2.1. Insects: The German cockroach is a cosmopolitan, domestic cockroach (Gordon, 1996; Miller & Koehle, 2003). Colonies were founded with individuals caught in university residence (Annaba, Algeria), and maintained in 0.75 l plastic boxes with dry pet food and water ad libitum, at $27\pm1^{\circ}\text{C}$ and $75\pm5\%$ RH on a 12:12 h light:dark cycle. Newly emerged adults were separated and kept in sex-specific groups of ten, until 8 days old.

2.2. Bioinsecticide: Azadirachtin is a compound triterpenoids (Butterworth & Morgan, 1968) insulated from almonds from seeds from neem. The azadirachtin is the principal active matter in seeds (2 to 9 mg azadirachtin in 1 g wt plant) (François, 2010). The product used in this work is a commercial product in the liquid state containing 32 g/l.

2.3. Effect on mortality: Treated cockroaches were provided with an aqueous solution of azadiractin, at a concentrations (0.5, 1 and 2 $\mu\text{g}/\text{ml}$), in lieu of pure water (for controls). Each concentration is applied to three repetitions (n=10 individuals). Through 30 days, we take notes of mortality (every day we note the number of dead individuals).

2.4. Tests of attractively of bidirectional olfactometer: Treated cockroaches were provided with an aqueous solution of azadiractin, at a concentration (0.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$) that caused no mortality, in lieu of pure water (for controls). Control or treated individuals of each sex were immersed in 1 ml hexane for 5 min. An individual 8- day-old male or female was given a choice of two odors, 100 μl extract or 100 μl hexane (on 1 cm^2 piece of filter paper), in a Y-maze olfactometer (1 cm i.d., branch=30 cm; side-pieces=15 cm; airflow= 10 ml min^{-1}); which of the two odor sources the insect reached was recorded. The attractiveness of an extract (N= 20 insects) was tested by a Chi-square test, using the adjusted Pearson residuals and simulation of Monte-Carlo, based on a Chi² test with $\alpha= 0.05$ (Vaillant & Derrij, 1992).

2.5. Effect on sexual behavior: The tests consist of a study of the various sequences of the sexual behavior of the Germanic cockroaches. All the individuals tested are adults (male and female) naive sexually and 8-day-old. The tests proceed in a small closed enclosure (17.5 x 11.5 x 7 cm) under red light of low intensity which the cockroaches do not perceive and in an obscure room, closed, covering the maximum of noise coming from outside (Barth, 1964). We tested the sexual behavior of the control males with control females, control males with treated females, males treated with control females and males treated with treated females. We noted the time of first contact antennal between the two partners, the time of the first parade, the number of parade, the time of the first licking, the number of licking, the time of the first attempt, the number of the attempts and the duration of coupling if it is successful.

2.6. Statistical analysis: The results obtained for mortality study were the subject of toxicological calculations according to the mathematical process of Finney (1971). Various

times of the behavioral tests were analyzed statistically by descriptive and comparative metric methods by an analysis of the variances on XLStat 2009 software.

3. Results:

3.1. Effect on mortality: Sensitivity Adult *B. germanica* to Azadirachtin resulted in mortality rates varying according to the concentrations used and the time of exposure. For males, after 8 days of treatment, the lethal concentration of 50% of the insects is 43.65 μ g/ml (Tab. 1). Value of LC50% is 0.16 μ g/ml after 30 days of exposure (Tab. 1). In females, the LC50% is 2.57 to 2.51 μ g/ml (Tab. 1). A strong positive correlation between the exposure time and mortality was recorded.

Table 1: Lethal concentrations of Azadirachtin

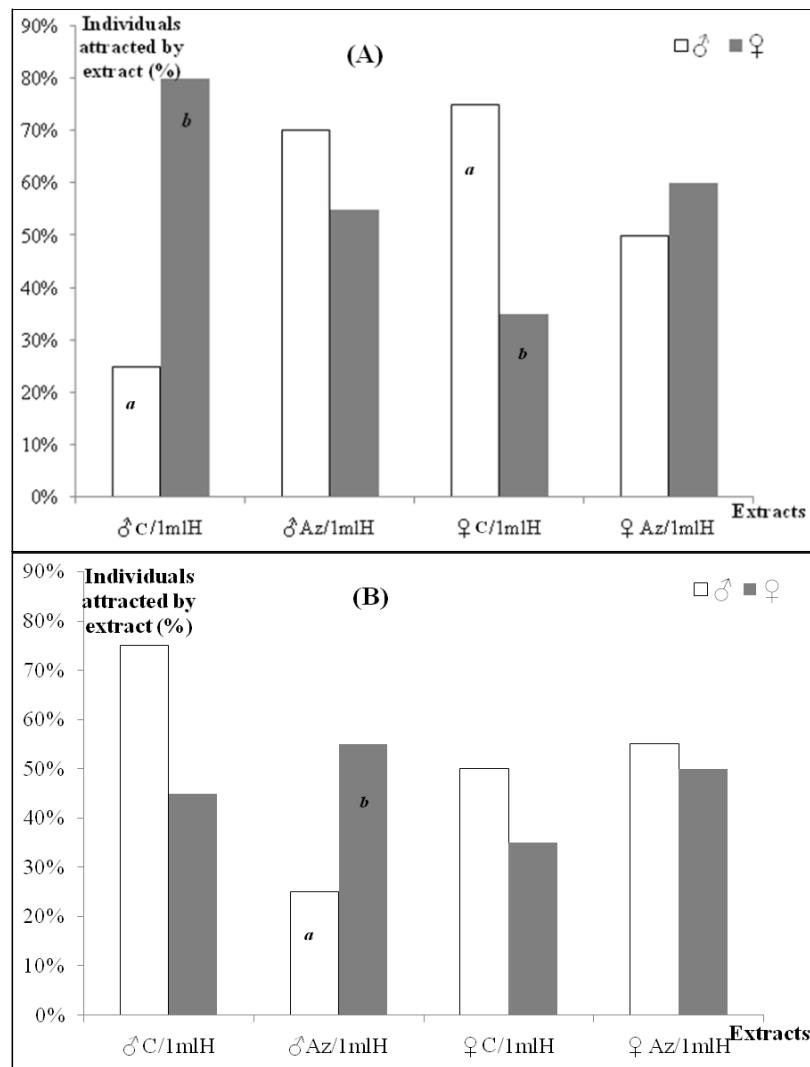
| Exposure Time | Males | | | Females | | |
|---------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| | Regression | LC50% (μ g/ml) | LC90% (μ g/ml) | Regression | LC50% (μ g/ml) | CL90% (μ g/ml) |
| 8 days | $Y=3,95+0,64X$ $R^2=0,154$ | 43,65 | $4,36*10^3$ | $Y=2,34+6,47X$ $R^2=0,884$ | 2,57 | 3,98 |
| 20 days | $Y=5,25+2,08X$ $R^2=0,507$ | 0,75 | 3,09 | $Y=4,33+0,16X$ $R^2=0,090$ | 0,62 | 1,51 |
| 30 days | $Y=6,96+2,49X$ $R^2=0,19$ | 0,16 | 0,53 | $Y=4,70+0,75X$ $R^2=0,61$ | 2,51 | 127,83 |

The results reveal the times lethal, also a high correlation between mortality rates and concentrations. The males take less time to die compared to females, use the lowest concentration (0.5 μ g/ml) requires 19.95 days of exposure to ensure the death of 50% of males and 26.91 days to ensure the death of 50% of females (Tab.2).

Table 2: Lethal times of Azadirachtin

| Concentration | Males | | | Females | | |
|----------------|---------------------------------|--------------|--------------|---------------------------------|--------------|--------------|
| | Regression | TL50% (days) | TL90% (days) | Regression | TL50% (days) | TL90% (days) |
| 0,5 μ g/ml | $Y=-0,27+4,04X$ $(R^2=0,83)$ | 19,95 | 41,68 | $Y=-6,24+7,85X$ $(R^2=0,75)$ | 26,91 | 38,90 |
| 1 μ g/ml | $Y=-2,11+6,87X$ $(R^2=0,84)$ | 10,71 | 16,59 | $Y=-0,60+4,12X$ $(R^2=0,95)$ | 22,38 | 45,70 |
| 2 μ g/ml | $Y=-0,66+4,97X$ $(R^2=0,97)$ | 13,48 | 24,54 | $Y=1,84+2,23X$ $(R^2=0,96)$ | 25,70 | 97,72 |

3.2. Tests of attractively of bidirectional olfactometer: Azadirachtin treatment produced several behavioral effects on signal and perception. The attractiveness of control and treated extracts was significantly different; control extracts attracted significantly more than treated extracts (Fig. 1). Extract control male attract 75% of the treated male, 45% of treated female, 25% of control male and 80% of control female. Extract of control female attract only 35% to 50% of treated adults and 75% of control female (Fig.1). Statistical analysis by the Monte Carlo test shows that there is no significant differences between the number of cockroaches attracted and not attracted by the different treated extracts ($p: 0.930$).



(Az: Azadirachtin ; C: Control ; H: Hexane)

Figure1. Responses of control (A) and azadirachtin-treated (B) adult male and female *B. germanica* to hexane extracts of untreated (open bars) and azadirachtin -treated (filled bars) males and females.

Cockroaches were tested in a Y-maze olfactometer. The frequencies of attracted insects were analyzed using a Chi-square test; the lowercase letters in italics indicate values that were significantly different from each other; $N=20$.

3.3. Effect on sexual behavior:

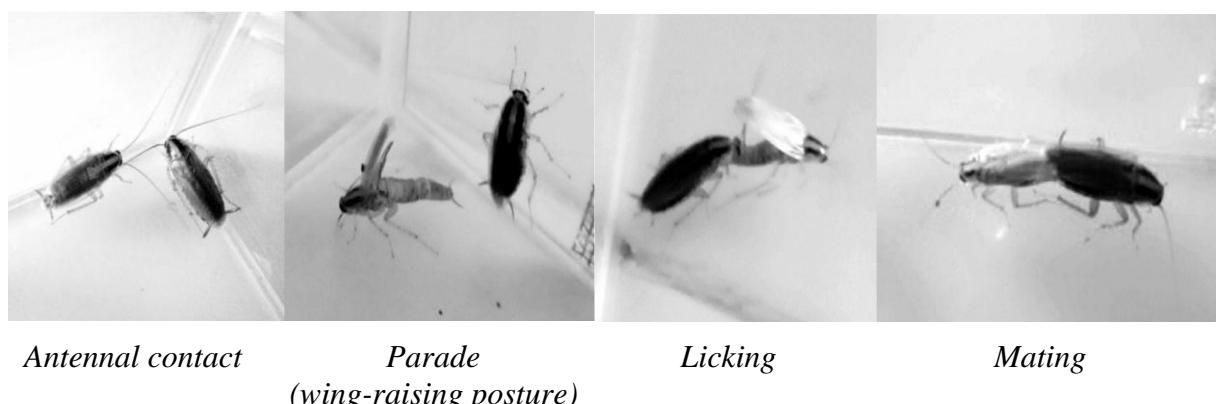
Only control couples can mate in closed enclosure with a 60% success rate (40% are aborted couplings, in controls). In treated couples with azadirachtin, all couplings are zero since not observed sequences licking and mating attempt. Note that treated individuals are able to perform some displays which their number is 10 times less than that of controls. The time of the first antennal contacts and the first parade is higher among couples treated as control couples (Tab.3).

Table 3: Effect of the Azadirachtine (0.5 µg/ml) on the different sexual behavior sequences of *B. germanica* (N=10):

| | Time of 1 st antennal contact (s) | 1st parade time (s) | Number of Parade | First time licking (s) |
|------------------------|--|------------------------|----------------------|---------------------------|
| ♂C x ♀C | 35,00 ± 9,41 | 157,80 ± 68,04 | 13,40 ± 6,33 | 141,60 ± 115,81 |
| ♂Az x ♀Az | 102 ± 21,37 | 452,5 ± 159,42 | 1,5 ± 0,73 | 0 ± 0 |
| ♂C x ♀Az | 81 ± 14,37 | 422,30 ± 163,09 | 1,8 ± 0,71 | 0 ± 0 |
| ♂Az x ♀C | 99,5 ± 16,19 | 178,9 ± 99,60 | 1,9 ± 0,96 | 0 ± 0 |
| F_{obs} | 1,39 | 9,16 | 13,38 | - |
| p | 0,26 | 0,000*** | <0,0001*** | - |

| | Number of licks | Time to first attempt (s) | Number of attempts | Mating time (s) |
|------------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|
| ♂C x ♀C | 5,70 ± 3,59 | 193,30 ± 129,162 | 2,90 ± 1,72 | 247,10 ± 5,20 |
| ♂Az x ♀Az | 0 ± 0 | 0 ± 0 | 0 ± 0 | 0 ± 0 |
| ♂C x ♀Az | 0 ± 0 | 0 ± 0 | 0 ± 0 | 0 ± 0 |
| ♂Az x ♀C | 0 ± 0 | 0 ± 0 | 0 ± 0 | 0 ± 0 |
| F_{obs} | - | - | - | - |
| p | - | - | - | - |

(Az: Azadirachtin ; C: Control; *** : there are highly significant differences)



Antennal contact

Parade
(wing-raising posture)

Licking

Mating

Figure2. Different sexual behavior sequences of *B. germanica* (Habbachi, 2013)

4. Discussion:

With time and the massive use of insecticides, cockroaches have become increasingly highly resistant to these products (**Strong et al., 2000; Haubrige & Amichot, 1998**). The important role of cockroaches as vectors of disease is well established and *B. germanica* is a good example. The means to fight against this kind are most often or by spreading highly toxic insecticides in insect gathering places, or by use of toxic baits.

Azadirachtin reportedly breaks down within 100 hours in water or light. It is relatively immobile in soil (**Martineau, 1994**). Much research has focused on the effects induced by azadirachtin (**Mordue & Blackwell, 1993; Mordue et al., 2005**), which disrupts the growth, development and reproduction of many species of insects (**Mordue & Blackwell, 1993; Walter, 1999; Mordue et al., 2005**). Azadirachtin is considered, also, non-toxic in non-target organism. In rat, oral LD50% of azadirachtin is >5000 mg/kg.

In our work, we note that azadirachtin has an effect on mortality of male and female cockroaches depending on concentrations and exposure time, where males are more susceptible than females. These results are similar to those in **Tine et al., (2011)** when using the azadirachtin against *Blatta orientalis*. In this same axis, is part of several works such as **Alouani et al., (2009)** who studied the biological activity of the azadirachtin on *Culex pipiens* mosquitoes. We note, also the work of **Aliero (2003)** for the use of azadirachtin against *Anopheles. Schistocerca gregaria* and many Lepidoptera species are among the most sensitive to azadirachtin (0.007 ppm), whereas species of Coleoptera and Hemiptera are much less sensitive (**Mordue et al., 2005**). Sensitivity to insecticide products is not only related to the resistance phenomenon but related to the size of insect.

Neem products are generally thought to be suitable for inclusion into integrated pest management programs (**Lowery & Isman 1994; Ruckin, 1992**). **Mehaoua et al (2013)** show that azadirachtin is less toxic to the *Ectomyelois ceratoniae* larvae for a short exposure time (24h), and it causes a decrease fertility of female's and eggs. In *E. ceratoniae*, the Neem based products cause repulsion, anti-oviposition, sterility, reduced fertility, loss of flying ability, disruption of sexual communication and reduced intestinal motility (**Mossini & Kemmelmeier, 2005; Petit, 2008**). It was also shown that azadirachtin may cause an effect on the reproductive processes of both sexes male and female (**Mordue & Nisbet, 2000**). These adverse effects may be due to the action of azadirachtin endocrine and neuroendocrine regulation of insect development process (**Mordue et al., 2005**). Studies of azadirachtin mutagenicity and acute toxicity have shown that it likely does not pose a significant risk to human health (**Weinzierl & Henn, 1991**). In this work, we observed two effects of azadirachtin treatment on *B. germanica* chemical communication.

The first was evaluated by olfactometry tests; we determine the effect of azadirachtin on odor perception (adults treated and tested in the olfactometer not significantly detect different odors) and the chemical signal (the extracts of treated adults did not significantly attract cockroaches). This indicates the consequences of the azadirachtin use in sexual and gregarious behavior of *B. germanica*.

Other studies show that insecticide treatments act on the cockroaches olfactory system. Spinosad sublethal dose administered to disturb sexual behavior and gregarious individuals of *B. germanica* (**Habbachi, 2009; Habbachi et al., 2010**); they lose the perception faculty of

signals female extracts, so the pesticide action is located at first levels of fragrant message integration (**Habbachi, 2009**).

In *B. germanica*, sexual behavior is modulated by two pheromones: a female-produced contact pheromone (**Eliyahu et al., 2008**), and a female-produced volatile pheromone, blattellaquinone, which attracts males over a distance (**Nojima et al., 2005**). Sexual behavior begins with antennal contact. In different species of cockroaches, their role in mutual recognition has been proven partners (**Roth & Willis, 1952; Smyth, 1963; Farine et al., 1993; Gropeaux, 1994**). This phase of recognition triggers a parade in male behavior, the "wing-raising posture", which shows his excitement. This posture allows the female to male tergal lick secretions and it tries to attach his female up mating.

The study of behavioral changes in insects is a very broad topic, especially after insecticide treatment. In this work we have shown that ingestion of insecticide treatment, such as azadirachtin, had an impact on the sexual behavior of *B. germanica*. We were able to demonstrate the existence of azadirachtin delayed effects (administered at sublethal concentrations 0.5 μ g/ml) on the sexual behavior of the insect. The toxin is essentially on the progress of different behavioral sequences leading to mating. It affects the rate of male parades (92% decreases in the number of parades over controls) and there is a lack of licking and mating attempts.

Although insecticides do not directly affect the mortality of the German cockroach, several studies indicate their delayed effects. We cite those **Morakchi-Kilani et al., (2009)** on behavioral changes by halofenozide, those **Habbachi (2013)** concerning the effect of spinosad and *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* on sexual behavior and waxes profile cuticular and those of **Messiad (2006)** which showed the effect of azadirachtin on the physiology and the enzymatic activity of this cockroach.

5. Conclusion:

For this work we have determined that azadirachtin has an insecticidal activity against the *B. germanica*. The observed mortality is positively correlated with the concentration and duration of exposure of insects to azadirachtin. The calculated LC50 is positively correlated with the duration of exposure of insect's biopesticide; it is low in a longer time-lethal and high for a short time-lethal. This proves that azadirachtin induced in time, a high toxicity to the German cockroach.

We have also found that the treatment with azadirachtin on adults 8-day-old affect sexual and gregarious behavior because we recorded an effect in perception, in scent signal and sexual behavior changes. So the azadirachtin react on *B. germanica* chemical communication.

The obtained results show that azadirachtin is promising as insecticidal against the *B. germanica*; it might be a good alternative to chemical pesticides, while preserving human health and the environment.

6. References:

- Aliero B.L., 2003.** Larvicidal effects of aqueous extracts of *Azadirachta indica* (neem) on the larvae of *Anopheles* mosquito. *Afric. J. Biotech.* 2(9): 325 – 327.
- Alouani A., Rehimi N., Soltani N., 2009.** Larvicidal activity of a neem tree extract (azadirachtin) against mosquito larvae in the republic of Algeria. *Jord. J. Bio. Sci.* 2 (1): 15-22.
- Barth R.H., 1964.** The mating behaviour of *Byrsotria fumigata* (Guérin) (Blattidae, Blaberinae). *Behav.* 23: 1-30.
- Butterworth J.H., Morgan E.D., 1968.** Isolation of a substance that suppresses feeding in locusts. *J. Chem. Soc, Chem. Comm.* 23-24.
- Eliyahu D., Nojima S., Mori K., Schal C., 2008.** New contact sex pheromone components of the German cockroach, *Blattella germanica*, predicted from the proposed biosynthetic pathway. *J. Chem. Eco.* 34:229–237.
- El-Sayed N.M.A., Donelson J.E., 1997.** African trypanosomes have differentially expressed genes encoding homologues of the Leishmania GP63 surface protease. *J. Biol. Chem.* 272 : 26742-26748.
- Farine J.P., Le Quéré J. L., Duffy J., Sémon E., Brossut R., 1993.** 4-Hydroxy-5-methyl-3-(2H)-furanone and 4-hydroxy-2, 5-dimethyl- 3-(2H)-furanone, two components of the male sex pheromone of *Eurycotis floridana* (Blattidae). *Biosci. Biotech. Biochem.* 57: 2026-2030.
- Finney D.J., 1971.** Probits analysis. 3rd ed., Cambridge University Press. London.
- François F., 2010.** Bio-contrôle pour la protection des cultures. 15 recommandations pour soutenir les technologies vertes. Ed. Paris : 132-133.
- Gordon D.G., 1996.** The compleat cockroach : a comprehensive guide to the most despised (and least understood) creature on earth. *Ten Speed Press. Berkeley.* 178 pp.
- Grandcolas P., 1996.** The phylogeny of cockroach. Families a cladistic appraisal of morpho-anatomical data. *Canadian journal of Zoology*, 74 : 508-527.
- Gropeaux J.C., 1994.** Comportement sexuel de *Diptoptera punctata* (Dictyoptera, Blaberidae) : Approche éthologique. Mémoire de diplôme d'études approfondies de Biologie. Paris XIII University. 18 pp.
- Habbachi W., 2009.** Etude de deux espèce de Blattellidae *Loboptera desipiens* et *Blattella germanica* (L.) : reproduction et comportement sexuelle. magisterial memory. Annaba University. 88p.
- Habbachi W., Bensafi H., Adjami Y., Ouakid M.L., Farine J.P., Everaerts C., 2010.** Spinosad Affects Chemical Communication in the German Cockroach, *Blattella germanica* (L.). *J. Chem. Ecol.* 35 (12) : 1384-1410.
- Habbachi W., 2013.** Etude des Blattellidae (Dictyoptera) : Essais Toxicologiques, Synergie et Résistance aux Insecticides et aux Biopesticides. Doctoral Thesis (Animal Biology). Annaba University. 170 p.

Habbachi W., Benhissen S., Ouakid M.L., Farine J.P., Bairi A., 2014. Toxicity of aqueous extracts from Mediterranean plants on *Culex pipens* (Mosquitoes). Case of *Daphne gnidium* (Thymelaeaceae) and *Peganum harmala* (Zygophyllaceae). *J. Wulffenia*. 21(12) : 244-252.

Haubrige E., Amichot, M., 1998. Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 2 (3): 161-174.

Hilts P. J., Rensberger B., 1986. To cont hidden cockroaches, multiply mechanisms of insecticide resistance. *Insect. Biochem. Mol. Biol.* 30: 1009-1015.

IRAC., 2008. Insecticide Resistance Action Committee. Resistance Management for sustainable agriculture and Improved Public Health.

Ishaaya I., Horowitz A.R., 1998. Insecticides with novel mode of actions: overview. In: Ishaaya I. and Degheel D. (Eds). Insecticides with novel mode of action mechanisms and application. Springer. Berlin Heidelberg New York, 1-24.

Lowery D.T., Isman M.B., 1994. Effects of neem and azadirachtin on aphids and their natural enemies. In bioregulators for crop protection and pest control. P. A. Hedin (Eds) ACS Symposium Series 557. *Am. Chem. Soc. Wash.* 7: 78-91.

Martineau J., 1994. MSDS for Azatin-EC Biological Insecticide. AgriDyne Technologies, Inc. January 26.

Matsumura F., 1985. Toxicology of insecticides. 2nd edn. Plenum Press; New York-London.

Mehaoua M.S., Hadjeb A., Lagha M., Bensalah M.K., Ouakid M.L., 2013. Study of the toxicity of Azadirachtinon larval mortality and fertility of carob moth's female *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera, Pyralidae) under controlled conditions. *Am.-Eurasian J. Sustain. Agric.* 7(1): 1-9.

Messiad R., 2006. Effets d'un régulateur de croissance, l'azadirachtine chez *Blattella germanica* (Dictyoptera : Blattellidae) : Physiologie, activités enzymatiques et comparaison de la detoxification avec d'autres groupes pesticides. magisterial memory. Annaba University. 88p.

Miller D.M., Koehle P.G., 2003. Least Toxic Methods of cockroach control. ENY, 258.

Morakchi-Kilani S., Aribi N., Farine J.P., Smagghe G., Soltani N., 2009 . Halofenozide affects sexual behaviour, cuticular hydrocarbons and reproduction in the female German cockroach *Blattella germanica* (Dictyoptera, Blattellidae). *Belg. J. Zool.* 139 (2): 147-155.

Mordue A.J.L., Blackwell A., 1993. Azadirachtin: an update. *J. Ins. Physiolo.* 39: 903-924.

Mordue (Luntz) A.J., Nisbet A.J., 2000. Azadirachtin from the Neem Tree *Azadirachta indica*: it's Action Against Insects. *An. Soc. Entomol. Brasil.* 29(4): 615-632.

Mordue A.J.L., Morgan E.D., Nisbet, A.J., 2005. Azadirachtin, a natural product in insect control. In: Gilbert, L.I., Iatrou, K., Gill, S.S. (Eds.), Comprehensive Molecular Insect Science. *Biochemistry and Molecular Biology*, vol. 4. Elsevier, Oxford, UK, pp. 116-135.

Mossini S.A.G., Kemmelmeier C., 2005. AárvoreNim (*Azadirachta indica* A. Juss): Múltiplos Usos. *Acta Farm. Bonaerense*. 24(1): 139-48.

Nojima S., Schal C., Webster F.X., Santangelo R.G., Roelofs W.L., 2005. Identification of sex pheromone of the German cockroach, *Blattella germanica*. *Science* 307:1104–1106.

Petit J.L., 2008. Le nim (ou neem), l'arbre miracle. L'insecticide se fait désirer. *Cultures spécialisées*. Biofil, 57: 49-51.

Philogene B.J.R., 1991. L'utilisation des produits naturels dans la lutte contre les insectes : problèmes et perspectives. La lutte anti-acridienne. *Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris.* 269-278.

Roth L.M., Willis R., 1952 . A study of cockroach behaviour. *Am. Midl. Nat*, 47 : 66-129.

Ruckin F.R., (ed). 1992. Neem, A Tree for Solving Global Problems. National Academy Press. Washington, D.C.

Smyth T.Jr., 1963 . Mating behavior of the Madeira cockroach. *In: 35th Animal meeting eastern branch, Entomology Society of America.*

Strong C.A., Koehler P. G., Patterson R. S., 2000 . Oral toxicity and repellency of borates to German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Econ. Entomol*, 86 (5): 1458-1463.

Tine S., Aribi N., Soltani N., 2011. Laboratory evaluation of azadirachtin against the oriental cockroach, *Blatta orientalis* L. (Dictyoptera, Blattellidae): Insecticidal activity and reproductive effects. *Afr. J. Biotechnol.* 10 (85): 19816-19824.

Tomlin C., 2000. The pesticide manual. 12th ed. *British Crop Protection Council, London, United Kingdom.*

Vaillant J., Derridj S, 1992: Statistic analysis of insect preference in tow-choise expriments. *J. Insect Behav*, 5: 773-781.

Walter J.F., 1999. Commercial experience with neem products. In: Hall, F.R., Menn,J.J. (Eds.), *Biopesticides: Useand Delivery*. *Humana Press, Totowa, NJ, USA*, pp 155–170.

Weinzierl R., Henn T., 1991. Alternatives in Insect management: Biological and Biorational Approaches. *North Central Regional Extension, Publication 401.*

Willis E.R., Riser G.R., Roth L.M., 1958. Observation on reproduction and development in cockroaches. *Ent. Soc. Amer. Ann.* 51: 53-69.