



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا للفلاحة - الحراش
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL-HARRACH
-ALGER-

Thèse

En vue de l'obtention du Doctorat d'Etat en Sciences Agronomiques

Département : Zoologie agricole et forestière

Sujet

Interaction plantes- fourmis dans deux régions d'Algérie : Rouiba
et Bordj-Bou-Arréridj

Présentée par : **Oussalah Narimene**

Devant le Jury

Président : M^r Doumandji Salaheddine (Professeur, ENSA)

Directeur de thèse : M^r Biche Mohamed (Professeur, ENSA)

Co-directeur de thèse : M^{me} Marniche Faiza (Professeur, ENSV)

Examineurs : M^{me} Daoudi-Hacini Samia (Professeur, ENSA)

M^{me} Chebouti Najiba (Maitre de conférences, U.M.B.B.)

M^{me} Benabbas- Sahki Ilhem (Maitre de conférences, U.S.T.H.B)

REMERCIEMENTS

En préambule, Je rends d'abord grâce à Dieu de m'avoir accordé la santé, la force tout au long de ce modeste travail et la possibilité de pouvoir réaliser de cette thèse.

Je tiens à remercier particulièrement mon promoteur Mr **Biche Mohamed** qui malgré ses multiples occupations a accepté de m'encadrer. Cette étude n'aurait pas vu le jour sans lui. Je lui suis reconnaissante pour son soutien constant, sa confiance, sa disponibilité et ses multiples corrections et ses critiques constructives qui ont permis à ce travail de prendre forme.

Je remercie chaleureusement Mr **Doumandji Salaheddine** professeur à ENSA, Alger du grand honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider le jury. J'adresse aussi mes vifs remerciements à M^{me} **Daoudi-Hacini Samia** (professeur à ENSA, Alger), M^{me} **Chabouti Najia** (Maitre de conférences, à U.M.B.B) et M^{me} **Benabbas-Sahki Ilhem** (Maitre de conférences, à U.S.T.H.B) d'avoir bien voulu examiner ce travail.

Ma profonde gratitude va à ma co- promotrice Mme **Marniche Faiza** Professeur, à ENSV qui m'a aidé de faire une grande partie des travaux de cette thèse concernant l'identification des fourmis et également pour ses encouragements et sa disponibilité.

J'exprime ma vive reconnaissance à Mr Labadi (département pédologie) pour sa collaboration concernant les analyses physico-chimiques qui m'ont été souvent d'un précieux secours.

Mes remerciements s'adressent à Mr J. Heinze professeur à l'université zoologie de l'évolution en Allemagne pour m'avoir accueillie au sein de son laboratoire ; à Mr le X. Espadaler Professeur à CREAM en Espagne de la confirmation des espèces de fourmis et pour ses multiples corrections qui ont permis de l'article d'être réalisé. J'en profite la même occasion de remercier le professeur A. Ainouche qui n'a ménagé aucun effort pour m'apprendre les prémices dans la partie biologie moléculaire.

Que Monsieur Khelifi (ex. Directeur de l'ENSA) trouve ici toute ma reconnaissance pour m'avoir permis et autoriser à effectuer le stage de la biologie moléculaire en Allemagne.

Ce projet n'aurait pas été possible sans soutien aimable de mon cher papa O. Youcef (que dieu l'accueille dans son vaste paradis), T. Ikhlass, O. Walide et A. Yasmine pour son accompagnement chaleureux à différentes étapes de période d'échantillonnage.

Je remercie amicalement Mr Leggat université de Tlemcen qui m'a fait profiter de ses compétences informatiques.

Mes remerciements vont à mes parents pour leur aide morale et leur sagesse, à mes deux sœurs (Hadjer et Anfel), mes deux frères (Saber et Khoubeyb) pour leur humour inconditionnel et leur bonne humeur et à ma chère tante pour sa gentillesse infinie et de m'avoir hébergé

Un grand merci à mes collègues et mes amies que j'ai la chance de croiser. Je termine par quelques messages personnels. Merci tonton Mohamed pour l'aide que tu m'apportée, tu étais toujours le symbole de courage et de sacrifice. Mes profondes gratitudes vont à ma meilleure amie Ikhlass qui m'accompagné constamment au verger d'agrumes, je n'oublierai jamais les risques et l'agression physique par les chiens que tu as eu durant la période d'échantillonnage, à chaque fois tu as su répondre présent, à mon cher Soufien pour son encouragement, l'entente et la discussion sur la philosophie de la vie, à mes chers Yasmine, Walide, Titou (les bons moments agréables et l'accompagnement des sorties)

Que toutes les personnes qui ont de près ou de loin, contribué à l'aboutissement de ce travail, trouve ici mon profond remerciement.



DÉDICACE

Je dédie cet humble travail à :

Mon défunt père que dieu le tout-puissant, l'être suprême ait son âme en sainte miséricorde. J'ai tout appris de toi papa. Tu m'as appris les valeurs de la morale, le sens du devoir, comment affronter les épreuves de la vie et tu m'as fait prendre conscience que les études constituent un facteur de succès dans la vie professionnelle. Merci infiniment papa pour ton soutien, ton sacrifice ainsi que pour tous les judicieux conseils que tu m'as prodigués. J'espère que tu apprécieras cette œuvre comme preuve de reconnaissance de la part de ta fille Narimene.

A Ma chère maman pour son amour et sa patience. Tu m'as donné la vie et la tendresse. Tu as tout fait pour que je réussisse. Tout ce que je peux t'offrir ne pourras pas exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.



Dédicaces
Remerciements
Liste des figures
Liste des tableaux

SOMMAIRE

| | |
|-------------------|---|
| Introduction..... | 1 |
|-------------------|---|

Chapitre I

Données bibliographiques sur les fourmis et présentation des régions d'étude

| | |
|--|----|
| 1 – Généralités..... | 6 |
| 1.1 – Morphologie..... | 6 |
| 1.1.1 – Tête..... | 6 |
| 1.1.2 – Mesosome..... | 8 |
| 1.1.3 – Métasome..... | 10 |
| 1.2 – Importance des Formicidés en Algérie..... | 12 |
| 1.3 - Systématique des fourmis..... | 13 |
| 1.3.1 - Fourmis primitives..... | 14 |
| 1.3.2 - Fourmis à écailles..... | 15 |
| 1.4 - Problème systématique d'identification des fourmis..... | 19 |
| 1.4.1 - Le barcode moléculaire : nouvel outil d'identification taxonomique | 20 |
| 1.4.1.1 - Définition et historique..... | 20 |
| 1.4.1.2 - Pourquoi utiliser le barcoding en Taxonomie..... | 21 |
| 1.4.1.2.1 - Le choix du marqueur moléculaire | 22 |
| 1.4.1.2.2 - Analyses phylogénétiques..... | 23 |
| 1.5 - Régime alimentaire..... | 24 |
| 1.5.1 – Omnivores..... | 24 |
| 1.5.2 - Carnivores | 25 |
| 1.5.3 – Granivores..... | 25 |
| 1.5.4 – Champignonnistes..... | 26 |
| 1.6 - Distribution géographique et diversité | 26 |
| 1.6.1 – La myrmécofaune algérienne..... | 27 |
| 1.6.2 - Relation de la distribution des fourmis et les propriétés du sol..... | 27 |
| 1.6.3 - Relation distribution des fourmis – plante..... | 28 |
| 1.6.3.1 - Associations facultatives nids dans les plantes..... | 29 |
| 1.6.3.2 - Associations obligatoires (= symbioses) entre plantes et fourmis..... | 30 |
| 2 - Présentation des régions d'étude | 31 |
| 2.1 - Région orientale de Mitidja..... | 31 |
| 2.1.1 - Facteurs édaphiques de la plaine de la Mitidja..... | 31 |
| 2.1.2 - Caractéristiques climatiques | 32 |
| 2.1.3 - Facteurs biotiques | 32 |
| 2.1.3.1 - Données bibliographiques sur la végétation | 32 |
| 2.1.3.2 - Données bibliographiques sur la faune | 33 |
| 2.2 - Région montagneuse de B.B.A..... | 33 |
| 2.2.1 - Milieu physique..... | 34 |
| 2.2.2 - Caractéristiques climatiques | 34 |
| 2.2.3 - Etude pédologique..... | 34 |
| 2.2.4 - Flore de la région de Bordj Bou-Argeridj..... | 35 |
| 2.2.5 - Faune de la région de Bordj Bou-Argeridj | 35 |

Chapitre II

Méthodologie de travail

| | |
|---|----|
| 1 - Matériel et méthodes..... | 36 |
| 1.1 - Sites d'étude..... | 36 |
| 1.1.1 - Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisée Heuraoua (Rouiba)..... | 36 |
| 1.1.2- Station de Sidi Moussa Medjana de la wilaya de B.B.A..... | 38 |
| 2 - Protocole expérimental..... | 39 |
| 2.1 - Méthodologie adoptée..... | 40 |
| 2.1.1 - Sur le terrain | 40 |
| 2.1.1.1 - Récolte à la main | 40 |
| 2.1.1.2 - Méthode des pots Barber | 41 |
| 2.1.2 - En laboratoire | 43 |
| 2.1.2.1 - Comptage de fourmis..... | 44 |
| 2.1.2.2 – Comptage et conservation des homoptères..... | 44 |
| 2.1.2.3 – Montage des spécimens..... | 44 |
| 2.1.2.4 – Identification..... | 45 |
| 2.1.2.5 - Extraction, amplification et séquençage de l'ADN..... | 45 |
| 2.1.2.6 - Analyses de données moléculaires..... | 48 |
| 2.1.2.7 - Analyse phylogénétique..... | 48 |
| 2.1.3 - Analyse physico-chimique du sol..... | 49 |
| 3 - Exploitation des résultats..... | 50 |
| 3.1 - Indices écologiques..... | 50 |
| 3.1.1 - Indices écologiques de composition..... | 50 |
| 3.1.1.1 - Richesse totale | 50 |
| 3.1.1.2 - Richesse moyenne (Sm)..... | 50 |
| 3.1.1.3 - Abondance relative (AR%)..... | 50 |
| 3.1.1.4 - Fréquence d'occurrence | 51 |
| 3.1.1.5 - Dominance | 51 |
| 3.1.2 - Indices écologiques de structure..... | 52 |
| 3.1.2.1 - Indice de Diversité de Shannon (H')..... | 52 |
| 3.1.2.2 – Equitabilité (E) | 53 |
| 3.2 - Notion de coefficient de similarité de Sorensen..... | 53 |
| 4 - Exploitation des résultats par les méthodes statistiques..... | 54 |
| 4.1 - Analyse factorielle de correspondance | 54 |
| 4.2 – Analyse en composantes principales A.C.P..... | 54 |

Chapitre III

Résultats de l'étude myrmécologique et de la bio écologie des fourmis

Partie I : Résultats des analyses physico-chimiques et texture du sol

| | |
|---|----|
| 1 - Les caractéristiques pédologiques des sols testés | 55 |
| 1.1 – Résultats | 55 |
| 2 - Texture des sols..... | 58 |

Partie II : Echantillonnage de la myrmécofaune

59

| | |
|--|----|
| 1 - Résultats des Formicidae recueillies au niveau de deux régions..... | 59 |
| 1.1 - Principaux caractères d'identification des Formicidae récoltés dans les deux sites d'étude | 61 |
| 1.1.1 - Les Myrmicinae..... | 61 |
| 1.1.1.1 – Genre <i>Crematogaster</i> | 62 |
| a- <i>Crematogaster scutellaris</i> | 62 |
| 1.1.1.2- Genre <i>Cardiocondyla</i> | 63 |
| a - <i>Cardiocondyla mauritanica</i> (ouvrière)..... | 64 |
| b- <i>Cardiocondyla mauritanica</i> (reine)..... | 65 |
| 1.1.1.3 - <i>Monomorium</i> | 66 |
| a. <i>M. salomonis</i> | 66 |
| 1.1.1.4 - <i>Tetramorium</i> | 67 |
| a- <i>Tetramorium semilaeve</i> | 68 |
| b- <i>Tetramorium biskrense</i> | 68 |
| 1.1.1.5 - <i>Pheidole</i> | 69 |
| a - <i>Pheidole pallidula</i> | 70 |
| 1.1.1.6 - <i>Messor</i> | 72 |
| a - <i>Messor medioruber</i> | 72 |
| b - <i>Messor barbara</i> (ouvrière) | 73 |
| c - <i>Messor barbara</i> (reine) : La gyne (ou reine)..... | 74 |
| 1.1.1.7 – <i>Temnothorax</i> | 75 |
| 1.1.1.8 – <i>Strumigenys</i> | 75 |
| a- <i>Strumigenys membranifera</i> (reine) | 76 |
| 1.1.1.9 - <i>Aphaenogaster</i> | 77 |
| a - <i>Aphaenogaster depilis</i> | 77 |
| 1.1.2 -Formicinae..... | 78 |
| 1.1.2.1- <i>Nylanderia</i> | 79 |
| a- <i>Nylanderia jaegerskioeldi</i> (ouvrière)..... | 79 |
| b - <i>Nylanderia jaegerskioeldi</i> reine..... | 80 |
| 1.1.2.2 - <i>Plagiolepis</i> | 81 |
| a- <i>Plagiolepis barbara</i> | 81 |
| 1.1.2.3 - <i>Camponotus</i> | 82 |
| a- <i>C. foreli</i> | 83 |
| b - <i>C. piceus</i> | 83 |
| 1.1.2.4 - <i>Cataglyphis</i> | 84 |
| a - <i>Cataglyphis viatica</i> | 85 |
| 1.1.2.5 - <i>Lepisiota</i> | 85 |
| a- <i>Lepisiota frauenfeldi</i> | 86 |
| 1.1.3 - Dolichoderinae | 87 |
| 1.1.3.1 - <i>Tapinoma</i> | 87 |
| a- <i>Tapinoma nigerrimum</i> (ouvrière) | 88 |
| b - <i>Tapinoma simrothi</i> (reine) | 88 |
| 2 - Identification moléculaire par le code barre d'ADN..... | 89 |
| 2.1 - Extraction totale de l'ADN | 89 |
| 2.2 - Optimisation de la réaction PCR | 90 |
| 2.3 - Séquençage d'ADN | 91 |
| 2.4 - Arbre Phylogénétique..... | 93 |
| 3 - Inventaire de la myrmécofaune capturée dans les deux régions..... | 96 |
| 3.1 – ITMAS Heuraoua..... | 96 |
| 3.2 – Sidi Moussa | 97 |
| Conclusion | 97 |
| 4 - Exploitation des résultats des Formicidae capturées dans deux régions d'étude..... | 98 |

| | |
|--|------------|
| 4.1- Exploitation des indices écologiques de composition..... | 98 |
| 4.1.1 - Richesse totale | 98 |
| 4.1.1.1 - Station l'ITMAS Heuraoua..... | 98 |
| 4.1.1.2 - Station de Sidi Moussa Medjana | 100 |
| 4.1.2- Richesse moyenne dans les deux milieux étudiés..... | 101 |
| 4.2 - Abondance relative (AR%) des fourmis..... | 102 |
| 4.2.1 - Abondance relative (AR%) des fourmis dans les deux stations ITMAS (Rouiba) et Medjana..... | 102 |
| 4.3- La fréquence d'occurrence dans les deux stations d'étude | 106 |
| 4.4 – Exploitation des indices écologiques de structure | 108 |
| 4.4.1 - Indices de diversité de Shannon (H') et de l'équitabilité (E) dans les deux sites d'étude | 109 |
| 4.5 - Indice de Sorensen | 110 |
| 5 - Interaction plante fourmis..... | 110 |
| 5.1 – Association ravageurs des agrumes - fourmis | 111 |
| 5.2 – Association fourmis – céréales..... | 114 |
| Conclusion | 114 |
| 6 – Analyse statistique des résultats..... | 115 |
| 6.1 – Station de Rouiba en 2016..... | 115 |
| 6.1 – Station de Rouiba en 2017..... | 117 |
| 6.3 – Station de bordj-Bou Arréridj..... | 120 |
| Partie III - Espèces exotiques et la citation de la nouvelle espèce pour l'Algérie | 122 |
| 1 - Espèce exotique et la nouvelle signalisation..... | 122 |
| 1.1 - Espèces exotiques..... | 122 |
| 1.1.1 - Présentation de <i>Nylanderia jaegerskioeldi</i> | 124 |
| 2 - Espèce redécouverte pour la deuxième fois en Algérie : <i>Strumigenys membranifera</i> | 124 |
| Conclusion | 125 |
| Chapitre VI | 126 |
| Discussion générale | |
| Conclusion et perspectives | 150 |
| Références bibliographiques..... | 156 |
| Annexes..... | 175 |

LISTE DE FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1 - Morphologie générale d'une fourmi | 7 |
| Figure 2 – Morphologie de la Tête (Femelle) | 8 |
| Figure 3 – Pièce buccales d'une ouvrière..... | 8 |
| Figure 4 – Thorax d'une reine vue de dos..... | 9 |
| Figure 5 – Détail de la patte de la fourmi | 10 |
| Figure 6 – Types de nervation alaire des sexués..... | 10 |
| Figure 7 – Castre ou abdomen de la fourmi | 11 |
| Figure 8 - Organes génitaux d'un mâle de Fourmi..... | 12 |
| Figure 9 - Principaux caractères des Ponerinae..... | 15 |
| Figure 10 - Principaux caractères des Dolichoderinae..... | 16 |
| Figure 11 : Caractères principaux des Myrmicinae | 16 |
| Figure 12 - Principaux caractères des Formicinae..... | 17 |
| Figure 13 – <i>Dorylus fulvus</i> Santschi, 1926 | 18 |
| Figure 14 - <i>Leptanilla theryi</i> Forel, 1903..... | 18 |
| Figure 15 - <i>Proceratium algiricum</i> Forel, 1899 | 19 |
| Figure 16 - <i>Tetraponera ambigua</i> (Emery, 1895) | 19 |
| Figure 17 : Illustration du « barcode gap » | 23 |
| Figure 18 - Différents types de régime alimentaire des fourmis omnivores | 25 |
| Figure 19 - Localisation de la partie orientale de la Mitidja | 31 |
| Figure 20 - Localisation de la région steppique : Bordj-Bou-Arréridj | 33 |
| Figure 21 - Vue satellitaire de l'Institut Technologique Moyen Agricole Spécialisée (I.T.M.A.S.) | 37 |
| Figure 22 - Station de l'orangerie (I.T.M.A.S) de Heuraoua..... | 38 |
| Figure 23 - Vue satellitaire de la station de Sidi Moussa | 39 |
| Figure 24 - Station de céréale de Medjana (Sidi Moussa)..... | 39 |
| Figure 25 - Pot de Barber en place (enterré)..... | 42 |
| Figure 26 - Disposition en ligne des pots Barber dans une orangerie de I'TMAS Heuraoua | 43 |
| Figure 27 - Disposition en ligne des pots Barber dans une céréaliculture de Sidi Moussa Medjana | 43 |
| Figure 28 -Différentes étapes du code barre d'ADN | 47 |
| Figure 29 : Pétiole de la sous famille de Myrmicinae..... | 61 |
| Figure 30 : Pétiole de la sous famille de Formicinae..... | 79 |

| | |
|---|-----|
| Figure 31 : Pétiole de la sous famille de Dolichoderinae..... | 87 |
| Figure 32 - Gel de qualité de l'ADN génomique de différentes espèces de fourmis inventories de l'ITMAS, BBA extrait par la méthode CTAB 1%..... | 91 |
| Figure 33 - Profil des produits PCR, sur gel d'agarose 1,5%, par l'utilisation de Taq Polymérase..... | 91 |
| Figure 34 - Résultat de séquence interprétable lors de la correction avec le logiciel Chromas..... | 93 |
| Figure 35 - Arbre phylogénétique par Maximum Likelihood (ML) décrivant les relations évolutives entre les échantillons de fourmis basés sur les séquences CO1 (avec 1000 répliquats bootstrap)..... | 95 |
| Figure 36 - Abondance numérique mensuelle des fourmis recueillies au niveau de l'ITMAS Heuraoua durant l'année 2016 et 2017..... | 96 |
| Figure 37 - Nombre de capture mensuelle des fourmis recueillies au niveau de la station de Sidi Moussa durant l'année 2016..... | 97 |
| Figure 38 : Abondance relative (AR%) dans la station ITMAS en 2016 | 105 |
| Figure 39 - Abondance relative (AR %) des fourmis dans la station ITMAS en 2017 | 105 |
| Figure 40 : Fréquence centésimale (F %) de fourmis dans la station de Medjana... | 106 |
| Figure 41 : Carte de l'analyse en composantes principales (A.C.P.) des effectifs des espèces nuisibles aux agrumes et les fourmis associées capturés durant l'année 2016 | 114 |
| Figure 42 - Carte factorielle de l'axe (1et 2) des espèces notées dans les quadrants en fonction de mois dans la station de l'ITMAS durant l'année 2016..... | 119 |
| Figure 43 - Carte factorielle de l'axe (1et 2) des espèces notées dans les quadrants en fonction de mois dans la station de l'ITMAS durant l'année 2017..... | 119 |
| Figure 44 - Carte factorielle de l'axe (1et 2) des espèces notées dans les quadrants en fonction de mois dans la station de Medjana durant l'année 2016..... | 121 |

LISTE DE TABLEAUX

| | |
|--|-----|
| Tableau 1 - Composition de la mymécofaune algérienne..... | 12 |
| Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés..... | 56 |
| Tableau 3 : Résultats des analyses granulométriques des sols..... | 58 |
| Tableau 4 : Formicidae capturés dans les régions d'études (Rouiba, Medjana)..... | 59 |
| Tableau 5 : Importance des sous- familles, de genres et d'espèces de fourmis dans le Nord et l'est d'Algérie..... | 60 |
| Tableau 6 - Intégration de l'approche morphologique et moléculaire ADN barcode par l'utilisation de séquences COI 658 pb de longueur..... | 93 |
| Tableau 7 : Richesse spécifique totale des Formicidés inventoriés dans le verger d'agrumes ITMAS Heuraoua échantillonnées par les pots Barber et à la main en 2016 et 2017..... | 99 |
| Tableau 8 : Richesse spécifique totale (S) des Formicidés échantillonnées par les deux méthodes dans la station de Sidi Moussa en 2016..... | 100 |
| Tableau 9 : Richesse moyenne (Sm) des Formicidae capturés dans les deux stations d'étude..... | 101 |
| Tableau 10 - Abondance relative (AR%) des fourmis dans les deux stations d'étude . | 103 |
| Tableau 11 : Fréquence d'occurrence dans les deux parcelles d'étude | 107 |
| Tableau 12 - Valeurs de diversité de l'indice de Shannon (H'), richesse totale (S) et l'équitabilité (E) des fourmis récoltées dans les stations d'étude l'ITMAS | 109 |
| Tableau 13 - Valeur de l'indice de similarité de Sorensen calculé dans les deux milieux échantillonnés..... | 110 |
| Tableau 14 - Matrice de corrélation entre les espèces récoltées de la station de l'ITMAS durant l'année 2016..... | 111 |

Introduction

Les fourmis sont des insectes sociaux de l'ordre des hyménoptères et à famille des Formicidae, réparties en 16 sous-familles (Bolton, 1994). Hölldobler et Wilson (1990) notent que les fourmis représentent un pourcentage de 10 à 15% de la biomasse animale totale dans la plupart des écosystèmes terrestres. Leur biomasse mondiale dépasse même celle des êtres humains (Hölldobler et Wilson 1996 ; Passera et Aron, 2005). Ce groupe d'insecte présente un grand intérêt comme indicateur de la biodiversité (Alonson, 2000). En effet, les fourmis présentent l'avantage d'être abondantes dans la plupart des écosystèmes terrestres, elle a colonisé toutes les régions terrestres à l'exception du Groenland et de l'antarctique (Cagniant, 1973). Le même auteur signale qu'en Algérie, comme dans les pays où il ne fait pas trop froid, elles existent partout, en forêt comme en lieux découverts, au bord des eaux comme dans les endroits secs, sur l'agile comme sur les rochers. Leurs sociétés sont divisées en trois castes à savoir la femelle (reine), les mâles et les ouvrières qui sont les plus nombreuses dans la fourmilière (Bernard, 1968). Cet auteur note également que les sexués (mâles et reine) sont présents uniquement en période de l'essaimage pour la reproduction. La société des fourmis est beaucoup plus complexe que celle des abeilles, avec des phénomènes de communication diverses et variées (500 phéromones) accompagnées de trophallaxie, attouchement antennaire et léchage. Elles peuvent être carnivore, herbivore ou polyphages ; certaines à cause des pièces buccales courtes utilisent la sécrétion de plantes ou d'insectes (Pucerons, Cochenille,) (Passera et Aron, 2005).

La distribution globale des fourmis est de mieux en mieux documentée (Bolton *et al.*, 2006). Elles sont très diversifiées (plus de 14700 espèces décrites à ce jour (antweb, 2020). Leur taxonomie, mieux en mieux résolue (Astruc *et al.*, 2004 ; Ward, 2001) est robuste et facilement accessible au niveau du genre (Bolton, 1994). De plus des ressources pour l'identification taxonomique (clés d'identification, sous-familles, genres, espèces, base de données photographiques, etc) sont maintenant disponible (Fernandez, 2003).

La plupart des fourmis ont des nids stationnaires pérennes et utilisent des aires de fourragement assez restreintes (moins d'un mètre à quelques centaines de mètre) témoignant de leur présence relativement constante dans un site donné. Elles peuvent aussi être échantillonnées et surveillées de façon fiable au cours du temps, contrairement à d'autres

insectes qui se déplacent fréquemment entre les habitats en quête de nourriture, de partenaire sexuel, ou de site de nidification (Kaspari et Majer, 2000). D'après Suarez *et al.*, (2012), certaines espèces construisent leur nid dans les sites superficiels ou éphémères comme des nodules de racines, la litière ou des branches d'arbres

Les fourmis sont transportées facilement par les humains en raison de leur petite taille et leur type de nid. Au total, plus de 200 espèces ont des populations établies en dehors de leur zone native et plus de 600 ont déjà été introduites en dehors de leur zone native (Miravet *et al.*, 2013). Des fourmis exotiques interceptées aux ports d'entrée sont fréquemment détectées sur les plantes (Suarez *et al.*, 2005). Un petit sous échantillon est devenue « envahissant », c'est-à-dire l'établissement a été suivie par une phase de prolifération et expansion, menant à l'explosion de la population qui a causé des impacts sur la biodiversité native, l'économie et/ou la santé humaine (Rabitsch, 2011). Actuellement, le groupe d'experts d'espèces envahissantes de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) liste 19 espèces de fourmis comme étant fortement problématique et cinq espèces sont même sur de la liste des « 100 espèces envahissantes parmi les pires » : la fourmi d'argentine (*Linepithema humile*), la fourmi folle jaune (*Anoplolepis gracilipes*), la fourmi électrique (*Wasmannia auropunctata*), la fourmi de feu importée (*Solenopsis invicta*) et la fourmi de grosse tête (*Pheidole megacephala*) (Holway, 2002). Les fourmis parmi les espèces envahissantes les plus néfastes car leur impact sur la biodiversité énorme. Elles réduisent la diversité de fourmis natives, déplacent de nombreux arthropodes et des impacts sur les amphibiens, oiseaux et même certaines mammifères, ce qui peut avoir des conséquences sur les processus éco systématiques (Lach *et al.*, 2010). En plus, les fourmis envahissantes endommager l'équipement électrique, envahir des maisons, piquer et causes un choc anaphylactique dans certains cas qui peut mener à la mort de la personne, transmettre des maladies et enfin elles peuvent être une nuisance importante dans des zones agricoles (Pimentel *et al.*, 2005).

Cependant d'après Pablo (2004), les fourmis jouent un rôle primordial dans l'écologie des sols en déplaçant plus de terre que les vers de terre ou les termites. L'accumulation de la matière organique au sein ou à proximité des colonies contribue en outre à l'enrichissement du sol notamment en azote et phosphore, éléments indispensables à la croissance de nombreux végétaux (Beattie et Hughes, 2002). Bernard (1968) montre que de nombreuses espèces de fourmis jouent un rôle important dans le maintien de certains équilibres biologiques jouant le rôle des prédateurs ou des parasites. Ce sont des principales prédatrices

d'invertébrés d'important vecteurs de dispersion des graines (Wilson, 1971). Cette dernière est appelée myrmécochorie (Escala *et al.*, 2001). Parallèlement, certaines espèces de fourmis ont été observées transportant des graines. Elles peuvent être considérées comme des ingénieurs de l'écosystème (Folgarait, 1998), où elles exercent un rôle structurant sur les communautés animales et végétales avec lesquelles interagissent (Dejean *et al.* 2007).

La conséquence principale de ce succès écologique est l'impact des fourmis sur l'existence et l'évolution des autres constituants de la biomasse. En effet, elles constituent les principaux prédateurs d'arthropodes et dans certains cas les principaux herbivores. L'impact profond des fourmis sur les communautés d'êtres vivants peut aussi se mesurer par la diversité des interactions dont elles sont la cible. Ainsi, les relations entre plantes et fourmis fournissent de très nombreux exemples de mutualismes qui sont basés, en grande majorité, sur la dispersion des diaspores ou bien sur la protection indirecte des plantes via les capacités prédatrices des fourmis (Beattie 1985, Beattie et Hughes 2002).

Les interactions mutualistes entre plantes et fourmis sont de natures plus variées et impliquent une plus grande diversité d'espèces. Le plus commun est mutualisme de protection. Dans ce cas, les plantes attirent les fourmis à leur surface par le biais de récompenses variées, directes ou indirectes. Du fait de leur comportement agressif ou prédateur, les fourmis réduisent le nombre de phytophages s'attaquent aux plantes en question et les protègent indirectement. Ce type d'association regroupe des situations très diverses que l'on peut placer le long d'un continuum allant d'interactions facultatives et opportunistes (dans le cas de plantes n'offrant que de la nourriture) jusqu'à des interaction obligatoires et très spécialisées (dans le cas de plantes offrant en plus un abri à ses associées) (Heil et McKey, 2003).

Toutes petites et abondantes, les fourmis ont longtemps attiré l'attention de plusieurs chercheurs depuis l'ancien siècle. Du fait que le monde de la myrmécologie soit remonté plus loin avec de nombreuses références folkloriques anciennes. La première pensée scientifique basée sur l'observation de la vie de fourmis a été celle de Auguste Forel (1848-1931), un psychologue suisse qui, au départ était intéressé par les idées de l'instinct, l'apprentissage et de la société. Par la suite Wheeler regarda les fourmis dans une nouvelle lumière, en fonction de leur organisation sociale, et en 1910 il a lancé l'idée de super organismes. Wheeler considéré trophallaxie ou le partage de la nourriture au sein de la colonie comme le noyau de

la société de fourmis (Charlotte, 2007).

Certains auteurs se sont penchés sur la bio-écologie de fourmis. A l'échelle européenne, il se trouve les travaux de Bernard (1950, 1954, 1958, 1972, 1973, 1971a, 1971b, et 1976a), Gaspar (1972) en Belgique, Darchen (1976) et Passera et Aron (2005) qui ont étudié la relation entre les fourmis et les plantes. Récemment nous pouvons citer les travaux de Hölldobler et Wilson (1993), Grandier (2008), Toffin (2010), Lacau et Delabie (2002) qui décrivent trois nouvelles espèces de fourmis au Brésil, et ceux de Wetterer James (2012) sur la distribution géographique et le contrôle biologique des espèces exotiques.

Par ailleurs, du point de vue systématique, une grande reconnaissance revient à Latreille (1809), le premier auteur qui a proposé les bases de la systématique des Formicidés. A l'heure actuelle, les travaux faits par Fisher (2004, 2016), cet auteur a découvert 900 espèces de fourmis en Madagascar et les travaux de Taylor (2007) sur les fourmis de sub-saharienne de l'Afrique.

A ce jour, peu de travaux sont effectués sur la Myrmécofaune en Algérie, malgré la diversité de ses écosystèmes et l'importance de ces insectes. Les premières publications sur l'entomologie forestière ont débuté avec Seurat (1924) dans son étude « la zoologie forestière en Algérie, viennent ensuite les travaux de Cagniant (1966, 1968, 1969, 1970, 1973), Dartigues (1988), Doumandji et Mitiche (1988), Belkadi dans la région Kabylie (1990) ; Barech (1999, 2005, 2014), Bouzekri *et al.*, (2011, 2014), Amara (2013, 2020) dans le Steppe présaharienne, et Chemala *et al.* (2017, 2019) dans le Nord-est du Sahara, Oussalah *et al.*, (2019) et Slimani *et al.*, (2021). Malheureusement, aujourd'hui les fourmis sont encore très mal connues. Ceci est relativement surprenant car le fait de la diversité éco systématique est très remarquable en Algérie, à travers les milieux marins, littoraux, de forêts et montagnes, steppiques, désertiques, de zones humide et aride. La famille de Formicidae mérite plus d'attention pour reconnaître leur importance agronomiques et médicales.

Pour cela, nous avons décidé donc de faire un recensement des peuplements de fourmis et d'approcher les aspects de leur systématique. Ceci nous permettra une réactualisation des connaissances de l'importance de ces insectes par des études bioécologiques en accentuant sur les espèces exotiques durant la période de l'échantillonnage dans deux milieux agricoles (céréaliculture, agrumiculture) deux régions fortement contrastées. Le but est de mieux

connaître la composition et la distribution des espèces récoltées. Dans ce contexte, il est nécessaire de bien distinguer l'écologie des fourmis par l'étude des interactions qui déterminent la distribution spatiale et temporelle pour connaître la chronologie des espèces des fourmis dans le temps et l'espace ainsi que leur manifestation dans leurs territoires sont-elles de façon similaire ou différente. De plus, on a testé ici l'utilité de l'approche **code-barres ADN** dans l'identification de Formicidae en utilisant des séquences **CO1**. Le but étant d'évaluer comment ce **barcoding ADN** permet la qualification de la cohérence taxonomique moléculaire.

Pour ce présent travail, la thèse est organisée autour de quatre chapitres : le premier chapitre rassemble une synthèse bibliographique sur les Formicidés avec leur relation de la plante et la présentation de deux régions d'étude. Le second chapitre est consacré aux différents matériels utilisés et aux méthodes appliquées. Les résultats ont fait l'objet du troisième chapitre et seront discutés par la suite dans le quatrième chapitre. Cette étude se termine par une conclusion et perspectives mettent un terme à ce travail.

1 - Généralités

Les fourmis constituent un des organismes dominants de la planète par leur abondance, leur répartition mondiale et leur impact sur la vie et l'évolution des autres constituants de la biomasse (Wilson, 1971). En dépit du fait que la famille des Formicidae est le groupe le plus homogène de tous les insectes sociaux.

1.1 - Morphologie

L'insecte se présente sous trois formes distinctes ou castes : une ouvrière aptère, femelle neutre ne contribuant pas normalement à la reproduction ; une femelle fonctionnelle ou reine, généralement plus grande que l'ouvrière, ayant à l'émergence des ailes qui sont perdues après la fécondation (quelques rares espèces ayant des reines aptères) ; un male ailé et de taille variable selon les genres. Certaines espèces devenues parasites ont perdu la caste ouvrière, comme l'espèce *Myrmica lampra* notée une fois au Québec (Francoeur, 1968).

La morphologie des fourmis est différente de celle des autres insectes car elle possède des antennes coudées, des glandes métapleurales et une forte obstruction de leur deuxième segment abdominal en un pétiole en forme de nœud. La tête, le mésosoma et le metasoma sont les trois segments distincts du corps. Le pétiole est un segment étroit entre leur mésosoma (le thorax plus le premier segment abdominal qui est fusionné) et le gastre. Le pétiole peut être formé d'un ou deux nœuds (Fig. 1).

Comme les autres insectes, les fourmis ont un exosquelette, une couverture externe qui forme une enveloppe protectrice autour du corps et un point d'attachement pour les muscles, contrairement aux squelettes internes des autres vertébrés. Les insectes n'ont pas de poumons ; l'oxygène et d'autres gaz, tels que le dioxyde de carbone, traverse leur exosquelette via de minuscules valves appelées stigmates (Borror *et al.*, 1989).

1.1.1 - Tête

La tête possède de nombreux organes sensoriels. Elle est très différente d'une espèce à l'autre. Elle perçoit les vibrations par des capteurs situés sur ses pattes. Comme la plupart des insectes, les fourmis ont des yeux composés fabriqués à partir de nombreuses petites lentilles

(ommatidies) attachées ensemble. Les yeux sont bons pour la détection de mouvements aigus, mais n'offrent pas une image de haute résolution. Ils ont également trois petits ocelles (yeux simples) sur le dessus de la tête qui détectent les niveaux de lumière et la polarisation (Fent *et al.*, 1985). Les fourmis ont un cerveau qui est composé de 500 000 neurones. Il contrôle les yeux qui sont un assemblage de 1300 hublots. Cette configuration permet à la fourmi une vision à 180°. Chez les fourmis, la vue est un sens très variable, leur vision va de plusieurs centaines de mètres à la cécité partielle ou totale, cela dépend en majeure partie de leur lieu et de leur style de vie (Eisner *et al.*, 1962).

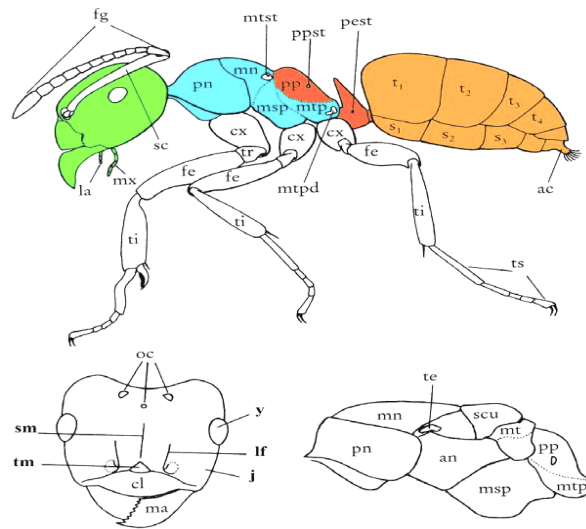


Figure 1 - Morphologie générale d'une fourmi : **A.** Ouvrière vue de côté ; **B.** Tête de reine ; **C.** Mésosoma de reine. **Ac** - acidopore, **Cl** - clypéus, **Cx** - coxa, **Et** – épéron tibial, **Fe** - fémur, **Fg** - funicule, **Gr** - griffe, **La** – palpe labial, **Lf** - lame frontale, **Ma** - mandibule, **Mn** - mesonotum, **Msp** -mesopleure, **Mt** - métanotum, **Mtp** - métapleuron, **Mtpd** – orifice des glandes métapleurales, **Mtst** – stigmate métathoracique, **Mx** – palpe maxillaire, **Oc** - ocelle, **Pest** –stigmate pétiolaire, **Pn** - pronotum, **Pp** – propodéum, **Ppst** – stigmate propodéal, **s1-s4** – sternite du gastre, **Sc** - scape, **Scu** - scutellum, **Sm** – sillon médian, **t1-t4** – tergite du gastre, **Te** – tegula (insertions des ailes), **Tm** – triangle médian, **Tr** - trochanter, **Ts** -tarse, **Y** – œil (D'après Seifert, 1996).

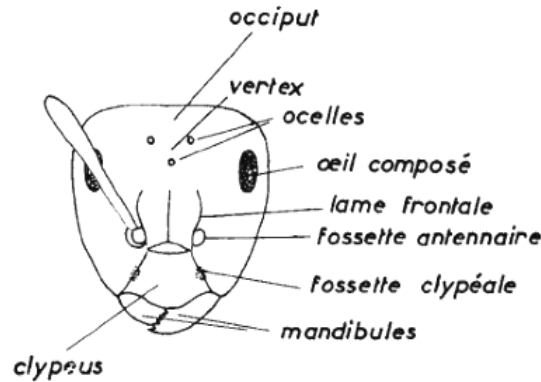


Figure 2 – Morphologie de la Tête (Femelle) (Bernard, 1968).

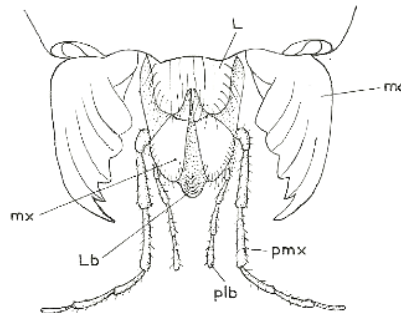


Figure 3 – Pièce buccales d'une ouvrière

(L : labre ; md : mandibules ; mx : maxilles ; Lb : labium ; pmx : palpes maxillaires
plb : palpes labiaux) (Bernard, 1968).

⇒ **Les antennes** : deux antennes ("palpeurs") sont attachées à la tête ; ces organes détectent les produits chimiques, les courants d'air et les vibrations et ils sont également utilisés pour transmettre et recevoir des signaux par le toucher (Borror *et al.*, 1989).

⇒ **Les mandibules** : la tête possède deux fortes mâchoires, les mandibules, utilisées pour porter de la nourriture, manipuler des objets, construire des nids et pour se défendre. Chez certaines espèces, une petite poche (chambre intrabuccale) à l'intérieur de la bouche stocke la nourriture, de sorte qu'elle peut être transmise à d'autres fourmis ou à leurs larves (Borror *et al.*, 1989) (Fig.3).

1.1.2 - Mesosome

Les pattes et les ailes de la fourmi sont attachées au mésosome ("thorax") (Fig.4).

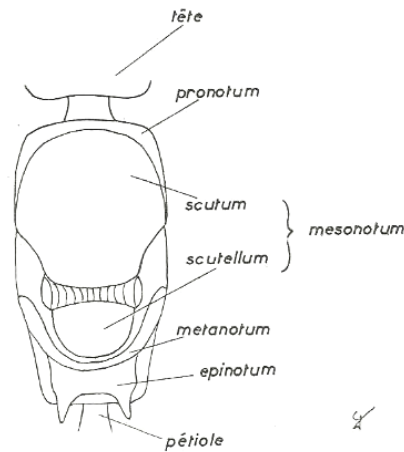


Figure 4 – Thorax d'une reine vue de dos (Bernard, 1968).

⇒ **Les pattes** : au nombre de 6, comme chez tous les insectes, elles se terminent par des griffes entre lesquelles se trouve des sortes de coussinets produisant un liquide adhésif permettant d'escalader des surfaces verticales (Borror *et al.*, 1989) (Fig.5).

⇒ **Les ailes** : on les retrouve uniquement chez les sexuées. Il y en a deux paires et sont utilisées lors de l'accouplement au moment du vol nuptial. Chez les fourmis, seules les reines et les mâles reproducteurs ont des ailes. Les reines ont perdu leurs ailes après le vol nuptial, laissant des talons visibles, une caractéristique distinctive chez les reines (Borror *et al.*, 1989). Dans certaines espèces, on trouve des reines sans ailes (ergatoïdes) et les mâles reproducteurs (Höllbrook, 2018) (Fig.6).

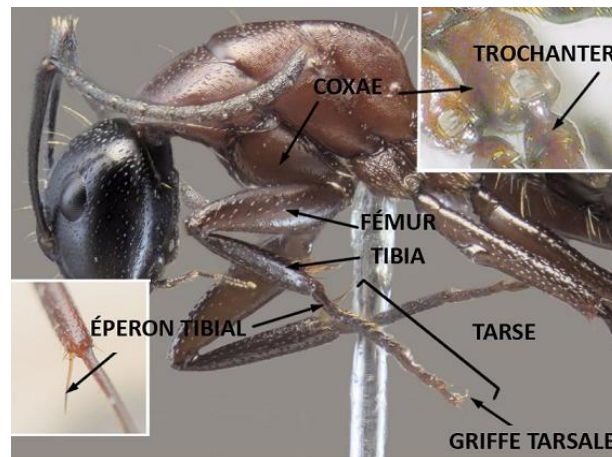


Figure 5 – Détail de la patte de la fourmi (Acideformik.com, 2020).

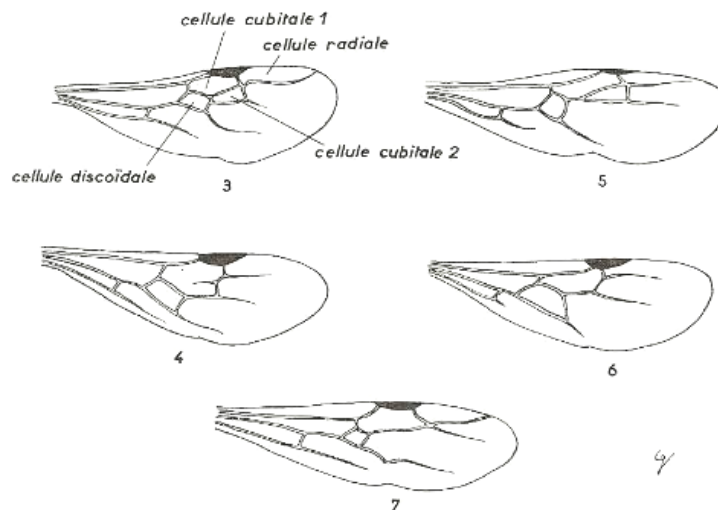


Figure 6 – Types de nervation alaire des sexués

(3 : *Ponera* ;4 : *Myrmica* ;5 : *Aphaenogaster* ;6 : *Crematogaster* ;7 : *Formica*) (Bernard, 1968).

1.1.3 - Métasome

Le métasome ("l'abdomen") de la fourmi abrite d'importants organes internes, notamment ceux des systèmes reproducteur, respiratoire (trachée) et excréteur (Borror *et al.*, 1989). Il est constitué de 11 segments, dépourvu d'appendices. Le 1^{er} segment de l'abdomen est fusionné avec le thorax ; un rétrécissement (que l'on observe aussi chez les abeilles et les guêpes : « la taille de guêpe »), correspond au 2^{ème} ou au 3^{ème} segment de l'abdomen. Il est très marqué chez les fourmis et s'appelle le pétiole. Il permet une grande mobilité de la dernière partie de l'abdomen. De nombreuses espèces présentent un organe stridulatoire composé d'un grattoir (près du pétiole) et d'une plaque au bout de l'abdomen. Des

mouvements de haut en bas permettent aux deux éléments de se frotter l'un contre l'autre et de générer des sons (Borror *et al.*, 1989) (Fig.7).

Chez certaines espèces, les reines et les ouvrières possèdent un aiguillon qui permet d'injecter du poison à leurs proies ou à leurs ennemis (Borror *et al.*, 1989).

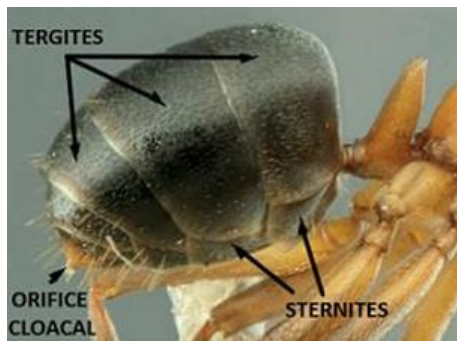


Figure 7 – Castre ou abdomen de la fourmi (Acideformik.com, 2020).

- **Genitalia** : les organes génitaux sont constitués de pièces paires (paramètres externes, moyens et internes) et de pièces uniques (plaque sous-génitale, pénicilles). Si nous partons de l'extérieur vers l'intérieur, nous trouvons la plaque sous-génitale, qui est en fait le dernier sternum abdominal. Cette plaque entoure l'ensemble, le contenant, et est généralement représentée dépliée. On retrouve également trois paires de pièces, toujours une de chaque côté, plus ou moins fusionnées. Chacune des parties de la paire externe (ou paramètre) est composée de deux morceaux plus ou moins fusionnés appelés squamula (la partie la plus basale) et le stipe (l'extrémité apicale). Chacune des pièces qui composent les paramètres intermédiaires est à son tour divisée en deux parties: volsella et lacinia. La paire intérieure est fusionnée pratiquement dans son intégralité par ce qui semble être une seule pièce. C'est le pénis fonctionnel et s'appelle edeago ou sagitta (Gomez et Espadaler, 2007) (Fig.8).

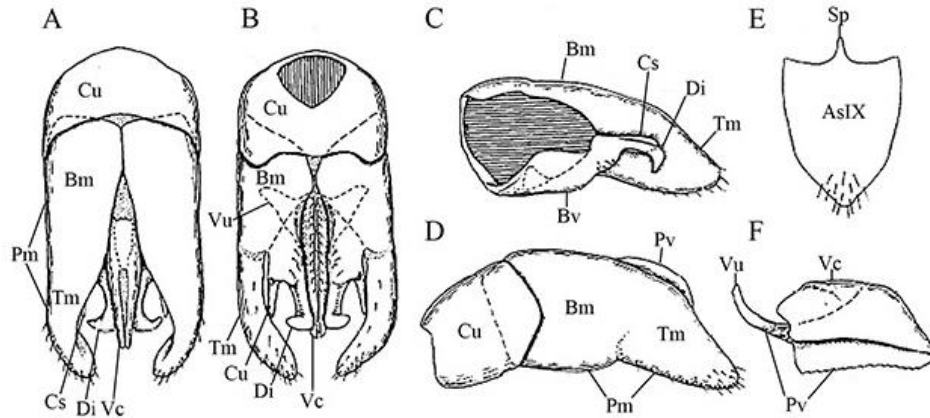


Figure 8 - Organes génitaux d'un mâle de Fourmi.

A) Capsule génitale, vue dorsale ; B) capsule génitale, vue ventrale; C) paramere et volsella, vue mésale; D) vue latérale de la capsule génitale; E) sternum abdominal IX, vue ectale, F) pénis valva, vue ectale. A, B et E sont orientés tels que le haut est antérieur et le bas est postérieur; C, D et F sont orientés de telle sorte que la gauche est antérieure et la droite postérieure. AsIX = sternum abdominal IX; Bm = basimère; Bv = basivolsella; Cs = cuspis; Cu = cupule; Di = digitus; Pm = paramere; Pv = pénisvalva; Sp = spiculum; Tm = télomère; Vc = valviceps; Vu = valvura. D'après Ogata (1987).

1.2 – Importance des Formicidés en Algérie

Le tableau ci-dessous regroupe le nombre de genres, d'espèces de fourmis signalées en Algérie et leur pourcentage établie par sous famille en se basant sur les comptes publiés et l'examen antweb (2020).

Tableau 1 - Composition de la mymécofaune algérienne

| Sous familles | Genres | Pourcentage | Espèces | Pourcentage |
|------------------|-----------|-------------|------------|-------------|
| Dolichoderinae | 1 | 3,45 | 3 | 1,38 |
| Dorylinae | 2 | 6,90 | 7 | 3,21 |
| Formicinae | 7 | 24,14 | 70 | 32,11 |
| Leptanillinae | 1 | 3,45 | 1 | 0,46 |
| Myrmicinae | 14 | 48,28 | 133 | 61,01 |
| Ponerinae | 2 | 6,90 | 2 | 0,92 |
| Proceratiinae | 1 | 3,45 | 1 | 0,46 |
| Pseudomyrmecinae | 1 | 3,45 | 1 | 0,46 |
| Total | 29 | 100 | 218 | 100 |

La mymécofaune algérienne est composée de 218 espèces réparties en 8 sous-familles et 29 genres. C'est la sous famille des Myrmicinae qui est la plus riche et la plus diversifiée. Elle renferme environ 61 % des genres et 48 % des espèces. La seconde sous famille est celle des Formicinae qui renferme 32 % des genres et 24% des espèces. Ces deux sous-familles contribuent à elles seules à plus de 93% de la faune myrmécologique. Les autres sous familles

semblent être très rares ou habitant des écosystèmes particuliers en Algérie (Antweb, 2020).

Ces résultats ne reflètent pas peut-être entièrement la diversité des fourmis en Algérie. Effectivement plusieurs études, révèlent l'apparition des nouvelles espèces ce qui mène à augmenter le nombre d'espèces de fourmis en Algérie. Récemment Barech *et al.*, (2016) ont ajouté une liste de la faune myrmécologique d'une zone de lac salin, Chott El Hodna en Algérie. De même Oussalah *et al.*, (2018) ont signalé une nouvelle espèce exotique *Nylanderia jaegerskioeldi* (Mayr) ainsi que l'espèce *Messor hodnii* par Barech *et al.*, (2020).

Il est à noter que le nombre total des espèces générées ici ne peut pas être complet, comme les fourmis répandues qui se trouvent dans les pays voisins de l'Algérie avec les conditions climatiques similaires. En effet, le Maroc présente une faune de fourmis riche avec 237 espèces reconnues appartenant à 38 genres (Taheri *et al.*, 2018). De même ce nombre d'espèces reste inférieur aux 295 espèces enregistrées dans la péninsule ibérique (Roig et Espadaler, 2010).

Pour cette raison, un travail approfondi sur terrain reste nécessaire pour que l'inventaire taxonomique des fourmis soit toujours aussi complet que possible.

1.3 - Systématique des fourmis

Bolton (1994), considère que les Formicidae se séparent des autres hyménoptères aculéates (ceux qui possèdent un aiguillon) par l'existence d'une caste de femelles aptères (sans ailes), les ouvrières, assurant la pérennité des sociétés pendant plusieurs années. La place des fourmis dans le monde animal est la suivante :

- Règne :** Animalia.
- Embranchement :** Arthropoda.
- Sous-embranchement :** Hexapoda
- Classe :** Insecta.
- Ordre :** Hymenoptera.
- Sous-ordre :** Hymenopteroïdes.
- Super-famille :** Formicoïdae
- Famille :** Formicidae.

Les Formicidés c'est une grande famille parmi les insectes sociaux, qui s'organisent en colonies avec un système de castes bien définies. Cette famille est actuellement divisée en 17 sous-familles existantes et 4 qui sont complètement éteintes. En Algérie, on retrouve 8 sous-familles présentes, y compris les 4 plus grandes sous-familles du monde. Elles se différencient les unes des autres par certains traits de caractères. Parmi ces sous-familles, on en compte trois qui sont appelés fourmis à écailles et une appelés fourmi primitive (Brian *et al.*, 2016).

1.3.1 - Fourmis primitives

Les fourmis primitives sont représentées par :

- **Ponerinae** : Lepeletier de Saint-Fargeau, 1835 : la sous-famille des **Ponerinae** a été créée par Lepeletier de Saint-Fargeau en 1835, renfermant 47 genres existants et 8 genres disparus. Elle est parmi les plus diverses parmi les Formicidae, avec plus de 1000 espèces décrites. Elles sont principalement réparties dans les régions tropicales et subtropicales et sont essentiellement localisées dans les régions chaudes. Ce sont des fourmis caractéristiques de la couche arable, litière de feuilles, surface du sol et bois pourri, mais certains sont entièrement arboricoles et d'autres peuvent habiter des termitières ou d'autres terrains de chasse spécialisés (Fisher *et al.*, 2007). Les mêmes auteurs ont signalé plus de 1 600 espèces décrites dans le monde, surtout tropicales dont 3 espèces en Algérie réparties en 2 genres, soit : **Hypoponera**, **Odontomachus** (antweb, 2019). Elles se différencient des autres sous-familles par leur unique pétiole massif qui forme d'un segment et d'un nœud. L'étranglement entre le premier et le deuxième segment du gastre formant une encoche distincte est caractéristique de la sous-famille et la présence d'un aiguillon rétractile (moyen de défense) généralement large et visible. Il est très difficile de distinguer la reine des ouvrières à l'œil nu et au stade de nymphe, elles s'entourent d'un cocon (Bolton, 2003) (Fig. 9).

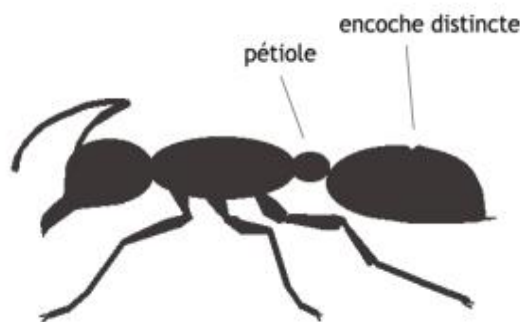


Figure 9 - Principaux caractères des Ponerinae

https://www.supagro.fr/ress-pepites/OrganismesduSol/co/2_Sousfamille.html

1.3.2 - Fourmis à écailles

Les fourmis à écailles sont :

- **Dolichoderinae** Forel, 1878 : la sous-famille des Dolichoderinae a été créée par Forel en 1878, c'est l'une des 4 plus grandes sous-familles, réparties en 28 genres existants et 20 genres fossiles. Elle présente une grande diversité d'espèces à travers le monde, principalement sous les tropiques. La plupart des espèces sont des charognards généralisés, mais certaines sont prédatrices. D'ailleurs un petit nombre sont épigées, mais la plupart sont associées à des plantes, soit faire leur nid et se nourrissent entièrement sur eux ou bien nichant sur la terre mais cherchent la nourriture principalement de manière arboricole (Fisher *et al.*, 2007). En Algérie, la sous famille renferme seulement 5 espèces présentes réparties en 4 genres, il s'agit de *Bothriomyrmex* et *Tapinoma* (antweb, 2019) : Récemment, deux autres genres ont été mis en évidence : *Linepithema humile* (Slimani *et al.* 2020) et *Trichomyrmex* sp et *Technomyrmex* sp (Biche *et al.*, 2020 sous presse). Cette sous famille est superficiellement similaire aux Formicinae mais toujours dépourvu d'acidopore. Leur pétiole a un seul nœud et est incliné vers l'avant en position basse. Le gaster n'est composé que de 4 segments et leur aiguillon est atrophié (Fig. 10). Dans cette famille, l'état nymphal se fait sans cocon (Hölldobler et Wilson, 1990).

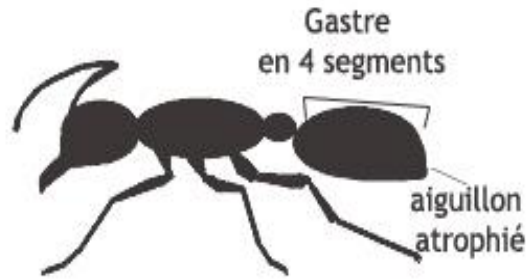


Figure 10 - Principaux caractères des Dolichoderinae

https://www.supagro.fr/ress-pepites/OrganismesduSol/co/2_Sousfamille.html

- **Myrmicinae** Lepeletier de Saint-Fargeau, 1835 : la sous-famille des Myrmicinae a été créée par Lepeletier de Saint-Fargeau en 1835, facilement la plus grande sous-famille, à la fois en termes de nombre de genres et d'espèces avec une distribution mondiale. Elle renferme environ 145 genres existants et environ 23 qui ont disparu. Ils sont morphologiquement très divers, nombreux et abondants dans tous les écosystèmes et nichent et se nourrissent dans toutes les niches disponibles, du souterrain profond jusqu'aux pointes du plus grand arbre (Brian *et al.*, 2016). Cette sous-famille est parmi les plus diverses en Algérie, avec 133 espèces réparties 14 genres (antweb, 2019). Ils sont reconnaissables grâce à leur pétiole à deux nœuds, leur aiguillon est présent et actif (Fig. 11) et leur stade de nymphose se fait sans cocon (Bolton, 2003).

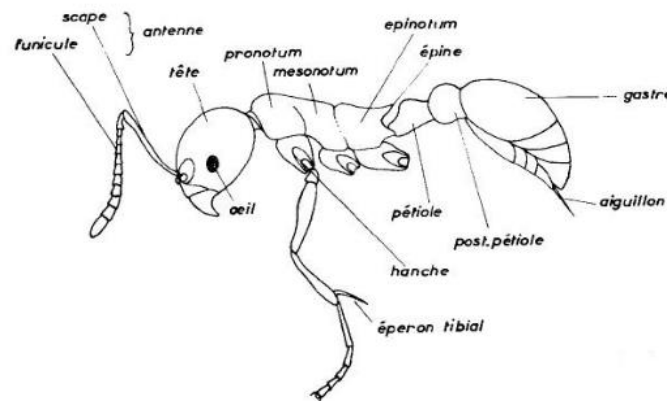


Figure 11 : Caractères principaux des Myrmicinae (Bernard, 1968).

- **Formicinae** Latreille, 1809 : selon Brian *et al.*, (2016), les Formicinae ont été créés par Latreille en 1809. En termes d'importance c'est la deuxième derrière les Myrmicinae. La sous-famille des Formicinae a une distribution mondiale et renferme 51 genres existants, avec environ 18 genres disparus. On connaît 69 espèces en Algérie de cette sous-famille répartie en

7 genres, il s'agit de *Camponotus*, *Lasius*, *Plagiolepis*, *Bajcaridris*, *Cataglyphis*, *Tapinolepis*, *Lepisiota* (antweb, 2019). De nombreuses espèces très petites et sont abondantes dans la litière de feuilles et le sol et dans le bois pourri. Mais d'autres se retrouvent à la surface du sol ou sur une végétation basse et beaucoup sont entièrement arboricoles. Certaines formes arboricoles font leur nid dans des tiges creuses, ou dans des cavités en bois pourri, ou dans des terriers formés par d'autres insectes, mais d'autres creusent leurs propres nids dans du bois vivant, et une espèce fait ses nids en utilisant de la soie larvaire pour suturer les feuilles (Brian *et al.*, 2016). Leur gastre est composé de 5 segments mais leur aiguillon est atrophiée, l'acide formique (moyen de défense) est rejeté par l'extrémité de l'abdomen (Bolton, 2003) (Fig. 12).

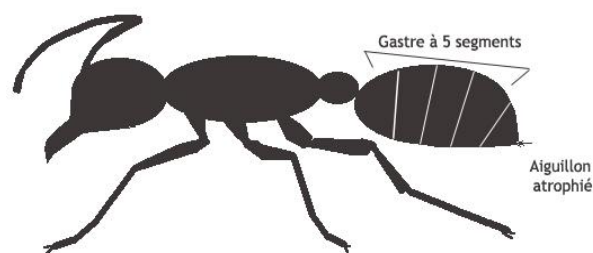


Figure 12 - Principaux caractères des Formicinae

https://www.supagro.fr/ress-pepites/OrganismesduSol/co/2_Sousfamille.html

- **Dorylinae** Leach, 1815 : la sous-famille des Dorylinae renferme 28 genres existants et un genre fossile, dont deux genres se rencontrent en Algérie. Il s'agit de *Aenictus* et *Dorylus* (Antweb, 2019). Cette sous famille présente une distribution mondiale mais elle est plus riche en espèces sous les tropiques. Quelques espèces se répartissent dans les zones tempérées chaudes comme l'état de New Jersey et l'ouest de la Turquie et la Dodécane en Méditerranée (Grèce) (Borowiec, 2016). La plupart de ces espèces sont hypogéiques ou cryptiques, nichent et se nourrissent dans la litière de feuilles, et sol où le bois pourri, et souvent s'attaquent à d'autres insectes sociaux. Certaines espèces sont des voleurs de surfaces épigées, y compris le groupe remarquable du genre *Dorylus*. Contrairement à la majorité de Dorylinae, certaines espèces sont principalement arboricoles qui ont des grands yeux, bien visibles et semblent s'attaquer à la couvée d'autres fourmis (Brian *et al.*, 2016). Ce sont des fourmis aveugles, ou avec des yeux rudimentaires, formé d'un seul segment, en majorité souterraine. C'est ici que se trouvent les cas de polymorphisme maximum. Ce groupe est bien différent des Ponerinae et très hautement évolué (Bernard, 1952) (Fig.13).



Figure 13 – *Dorylus fulvus* Santschi, 1926 (Antweb, 2020).

• **Leptanillinae** Emery, 1910 : c'est une petite sous famille, dont la majorité sont cryptiques et minuscules. Elle est divisée en deux tribus composés de 3 genres chacune. Elle est présente dans les régions tropicales et subtropicales de l'ancien monde, dans des endroits où des espèces sont présentes dans les zones tempérées (Brian et *al.*, 2016). Un seul genre est présent en Algérie, représenté : *Leptanilla theryi* Forel, 1903 (Antweb, 2020). Les Leptanillinae sont des fourmis très petites, aveugles, souterraines, rares et à tête allongée. Elles ont un pétiote d'un seul article, nymphes les plus souvent en cocon (Bernard, 1968) (Fig.14).



Figure 14 - *Leptanilla theryi* Forel, 1903 (Antweb, 2020).

• **Proceratiinae** Emery, 1895 : c'est une petite sous famille présente dans toutes les zones tropicales du monde et ne renferme que 3 genres existants et un genre éteint (Brian et *al.*, 2016). Cette sous famille a été créée par Bolton (2003). Avant cela ses principaux genres (*Discothyrea*, *Proceratium*) ont été considérés comme des composants d'Ectatommini (Brown, 1958), avec *Probolomyrmex* traité comme Ponerinae (Brown, 1975). En Algérie, une seule espèce de Proceratiinae a été décrite. Il s'agit de *Proceratium algiricum* Forel, 1899 (Antweb, 2020) (Fig.15).



Figure 15 - *Proceratium algiricum* Forel, 1899 (Antweb, 2020).

- **Pseudomyrmecinae** Smith, M.R., 1952 : cette petite sous famille, dont toutes les espèces sont arboricoles, ne comporte que 3 genres. Parmi ceux-ci, 2 sont restreints au nouveau monde ; le troisième se rencontre tout au long de l'ancien du monde (Brian *et al.*, 2016). En Algérie une seule espèce seulement est présente : *Tetraponera ambigua* (Antweb, 2020). Les représentants de cette sous-famille sont très grêles, à gros yeux, très agiles, vivant tous dans les tiges creuses, certaines inféodés à des plantes déterminées. Larves remarquables à prolongement ex sudatoires (Bernard, 1952) (Fig.16).



Figure 16 - *Tetraponera ambigua* (Emery, 1895) (Ant web, 2020).

1.4 - Problème systématique d'identification des fourmis

Malgré leur importance écologique et économique, mais notre compréhension de la diversité au niveau des espèces et de la phylogénie de ces organismes est loin d'être complète. La connaissance systématique (taxonomique*) et l'identification de ces espèces de fourmis demeure un travail complexe et ardu qui nécessite des expertises scientifiques spécialisées. Bien qu'il existe un travail approfondi à ce sujet notamment les travaux de Bolton, (1994) ; Fisher *et al.*, (2007) et Fisher *et al.*, (2016), il reste encore beaucoup à faire dans le domaine

de la systématique des Formicidae. Cependant, la connaissance détaillée des caractères morphologiques peut parfois rendre l'identification des espèces difficiles. Certaines espèces de fourmis semblent être des espèces-sœurs ou très cryptiques, et différentes castes (reines, males, ouvrières) compliquent encore la détermination correcte de taxon (Ward, 2007).

Toutefois, avec une longue histoire de recherche myrmécologique, les fourmis sont l'un des groupes d'insectes les mieux documentés et ces dernières années, la systématique des fourmis a vu des progrès substantiels (Ward, 2011). Une solution potentielle à ce problème peut utiliser le code à barres ADN comme outil d'inventaire (Janzen *et al.*, 2009).

Des publications récentes ont accentuées la promotion de l'utilisation des méthodes basées sur l'ADN (Hebert *et al.*, 2003; Blaxter 2004b ; Tautz *et al.*, 2002) visent à accélérer les analyses de la biodiversité (Smith *et al.*, 2005). Le codage à barres de l'ADN, une approche taxonomique relativement nouvelle, utilise une courte séquence de la région de l'ADN mitochondrial (ADNm) comme outil de diagnostic moléculaire pour l'identification des espèces (Hebert *et al.*, 2003). Smith *et al.*, (2005) ont utilisé un code à barres ADN pour évaluer rapidement la biodiversité des fourmis à Madagascar et il s'agit désormais d'un élément de routine d'un inventaire de la biodiversité à grande échelle sur ces organismes.

1.4.1 - Le barcode moléculaire : nouvel outil d'identification taxonomique ?

1.4.1.1 - Définition et historique

Le barcode moléculaire est une méthode qui s'inspire du « **Classifying Apparatus and Method** ». Il a été développé par le « **Universal Product Code** » au début des années 1970 et standardisé en 2003 par Hebert et ses collaborateurs (Hebert *et al.*, 2003). Il consiste en l'utilisation d'une courte séquence d'ADN pour identifier les individus au niveau spécifique comme le ferait un code barre pour identifier un produit commercialisé. Cette approche est présentée par ses défenseurs comme une méthode alternative à l'identification morphologique des espèces (Hebert et Gregory, 2005 ; Vogler et Monaghan, 2007). L'hypothèse de départ est basée sur le fait que pour un même fragment d'ADN universellement choisi au sein du vivant (un barcode moléculaire), la variation intraspécifique serait toujours inférieure à la variation interspécifique (Moore, 1995 ; Hebert *et al.*, 2003).

1.4.1.2 - Pourquoi utiliser le barcoding en Taxonomie ?

Le premier argument des défenseurs de cette méthode est le grand nombre de caractères moléculaires pris en compte (contrairement à la morphologie) pour aider à la délimitation des espèces. Chaque site nucléotidique présentant 4 états de caractères, l'amplification d'un fragment de 400 paires de bases (pb) permettrait d'obtenir 4 400 combinaisons potentielles de caractères. Ceci présenterait l'avantage majeur, de mettre en évidence des espèces cryptiques, morphologiquement indifférenciées mais reproductivement isolées. De telles espèces sont très communes dans certains groupes taxonomiques. De plus, la grande plasticité phénotypique des caractères morphologiques à l'intérieur d'une même espèce peut parfois causer des erreurs dans l'identification des espèces (Russell, 1996 ; Leliaert *et al.*, 2009).

Le deuxième argument a trait à la possibilité d'identifier les stades immatures, qu'il est impossible de distinguer dans de nombreux groupes uniquement sur la base d'observations morphologiques. Pour les espèces de Formicidae par exemple, Les fourmis représentent une famille d'insectes proéminentes et riche en espèces leur structure morphologique simple dans la caste chez les ouvrières, elles posent un sérieux problème pour la taxonomie traditionnelle en raison de variations morphologiques intra spécifiques importantes et / ou complexes (Ross *et al.*, 2010). La taxonomie intégrative et l'utilisation de plusieurs marqueurs génétiques ont été proposées comme solution viable pour faciliter l'identification fiable des fourmis (Seifert *et al.*, 2009). Le barcode moléculaire présente l'avantage d'assigner un individu à une espèce donnée quel que soit son stade de développement, étant donné que les séquences d'ADN d'un individu sont identiques à tous ses stades de développement (Hebert *et al.*, 2004a ; Paquin et Hedin, 2004 ; Vences *et al.*, 2005).

Le troisième argument est lié à la diminution drastique du nombre de taxonomistes dans un contexte de déclin accéléré de la biodiversité (Blackmore, 2002 ; Wheeler *et al.*, 2004). En considérant la disparition rapide des habitats, particulièrement dans les régions tropicales, les scientifiques ont estimé que près de 20 % de la biodiversité aura disparue au milieu du 21ème siècle. Beaucoup d'espèces seront éteintes avant même d'être découvertes. Il est donc indispensable dans ce contexte de préserver l'expertise taxonomique encore existante et de perfectionner (démocratiser) les méthodes d'identification du vivant afin de faciliter et accélérer ce décompte. Dans ce contexte, le barcode moléculaire a été proposé comme une

méthode d'identification plus accessible et plus rapide que le diagnostic morphologique (Hebert *et al.*, 2004 a,b ; Barrett et Hebert, 2005). Elle nécessiterait en effet une expertise moins importante dans la mesure où les bases de données associant séquences d'ADN et noms d'espèces seraient correctement construites (Sperling, 2003 ; Scheffer *et al.*, 2006).

1.4.2 - Le choix du marqueur moléculaire

Il y a dix ans, Hebert *et al.*, (2003) proposaient pour la première fois le concept de «DNA barcoding » ou « code-barres ADN ». L'approche consiste à utiliser un fragment standard du génome* comme marqueur génétique pour la discrimination des espèces. Le fragment choisi (du moins pour le règne animal) est un morceau du gène dit **COI**, un gène mitochondrial* codant pour une sous-unité d'une enzyme clé dans les chaînes de réactions biochimiques de la respiration (métabolisme aérobie), La cytochrome oxydase I (**COI**) (658 paires de bases), a été choisie comme barcode moléculaire universel. La Cytochrome oxydase est une protéine transmembranaire impliquée dans le cycle de Krebs. Elle est fortement conservée à travers les espèces qui emploient la phosphorylation oxydative dans leur métabolisme. Les amorces universelles (**LCO1490 et LHCO2198**) qui permettent l'amplification de ce fragment pour la majorité des arthropodes sont les plus couramment utilisées (Zhang et Hewitt, 1997).

Outre la présence de ce gène dans toutes les espèces animales, les autres raisons qui ont conduit au choix de ce fragment comme barcode moléculaire universel (Hebert *et al.*, 2003) sont les suivantes :

Le gène choisi est codant. Il n'y a donc pas d'introns. De plus, il y a peu de délétions et d'insertions. De ce fait, les problèmes d'alignements des séquences et les analogies sont limités.

✚ Il existe plusieurs copies par cellule, ce qui facilite la phase d'amplification,

✚ Il est communément admis que le couplage d'un mode de transmission maternel et d'un état haploïde, font que le tri complet du polymorphisme ancestral sera plus rapidement atteint avec des gènes mitochondriaux qu'avec des gènes nucléaires, et permettra ainsi de visualiser plus rapidement des espèces par ces gènes (Hudson et Turelli, 2003). Le taux de mutation plus élevé de l'ADN mitochondrial comparativement à l'ADN nucléaire constitue

un avantage à son utilisation comme marqueur moléculaire pour différencier des entités spécifiques (Brown *et al.*, 1979).

✚ La transmission maternelle garantit l'absence de recombinaisons entre les chromosomes maternels et paternels, ce qui permet de retracer plus aisément l'histoire évolutive d'une lignée sans les « interférences » des recombinaisons.

✚ D'après Decaëns *et al.*, (2013) Une différence marquée entre la variabilité observée entre individus d'une même espèce et celle observée entre individus appartenant à des espèces différentes (notion parfois désignée comme le « barcode gap ». De nombreux auteurs dont Hebert *et al.*, (2003) ont proposé de baser la délimitation des espèces sur les différences existantes entre les distances génétiques intra- et interspécifiques. Ils ont proposé un seuil de délimitation des espèces qui correspond à la distance génétique intraspécifique maximale. De même, de nombreux auteurs ont décidé de l'existence de plusieurs espèces, du fait de l'absence de chevauchements (ou « gaps ») entre les distances intra- et interspécifiques (Fig. 17).

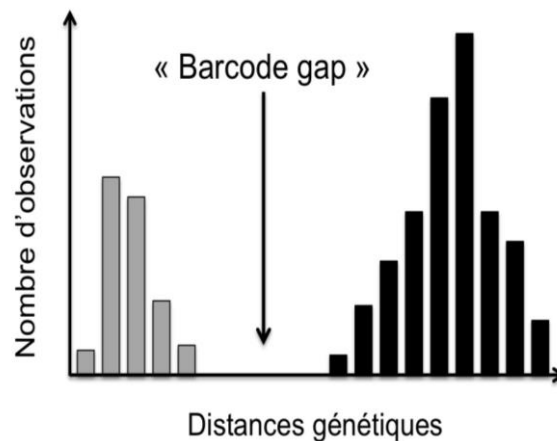


Figure 17 : Illustration du « barcode gap » : distribution théorique (diagramme de fréquences) des distances génétiques à l'intérieur des espèces (i.e. intra-spécifiques, barres grises) et entre espèces (i.e. interspécifiques, barres noires) au sein d'une population d'individus composée de deux espèces proches (Decaëns *et al.*, 2013).

1.4.3 - Analyses phylogénétiques

Les analyses phylogénétiques se déclinent selon deux types : (1) les méthodes de distances (phénétiques) et (2) les méthodes basées sur des hypothèses évolutives dans

lesquelles on distingue les méthodes probabilistes, comme le maximum de vraisemblance

✓ **Une méthode de reconstruction basée sur les distances**

La méthode Neighbour Joining (NJ) est la méthode de distance la plus utilisée (et une des plus anciennes) pour assigner un individu à une espèce (Hebert et *al.*, 2003, 2004a,b). Cette méthode est intéressante lorsque les divergences sont faibles. Cependant, même si la méthode NJ est relativement rapide, son principal défaut est que les différences observées entre les séquences ne reflètent pas exactement les distances évolutives. Des substitutions multiples sur le même site peuvent sous-estimer la vraie distance et faire que des séquences soient artificiellement proches (Holder et Lewis, 2003).

✓ **Méthodes basées sur des critères optimaux (maximum de vraisemblance)**

Contrairement aux méthodes basées sur les distances, le maximum de vraisemblance retrace l'histoire d'un gène sur un arbre.

✓ **Le Maximum de vraisemblance « Likelihood »**

Cette méthode permet d'appliquer différents modèles d'évolution et d'estimer la longueur des branches en fonction des changements évolutifs. En revanche, c'est la méthode qui demande la plus grosse puissance de calcul et requiert le plus de temps

Elle a été utilisée dans des études sur le barcode moléculaire par exemple au sein des Epheméroptères Ephemelleridae (Alexander et *al.*, 2009) et des Diptères Culicidae (Hemmerter et *al.*, 2009)

1.5 - Régime alimentaire

D'après Wood et Sands (1978), les fourmis ont quatre types de régimes alimentaires majoritaires.

1.5.1 - Omnivores

Ce groupe concerne un grand nombre d'espèces. Ce sont des amateurs de liquides

sucrés. Les individus consomment généralement le miellat rejeté par les pucerons (mais aussi du nectar des fleurs et les fruits abîmés plus faciles à consommer. En complément, les fourmis consomment des proies, trouvées mortes pour la plupart, et des graines diverses qui doivent être broyées très longtemps pour être consommables. En termes de quantités, on pourrait estimer leur consommation à 40 % de miellat de pucerons, 40 % de proies animales, 10 % de sève de végétaux, de 5 % de graines et de 5 % d'autres aliments (Fig. 18).

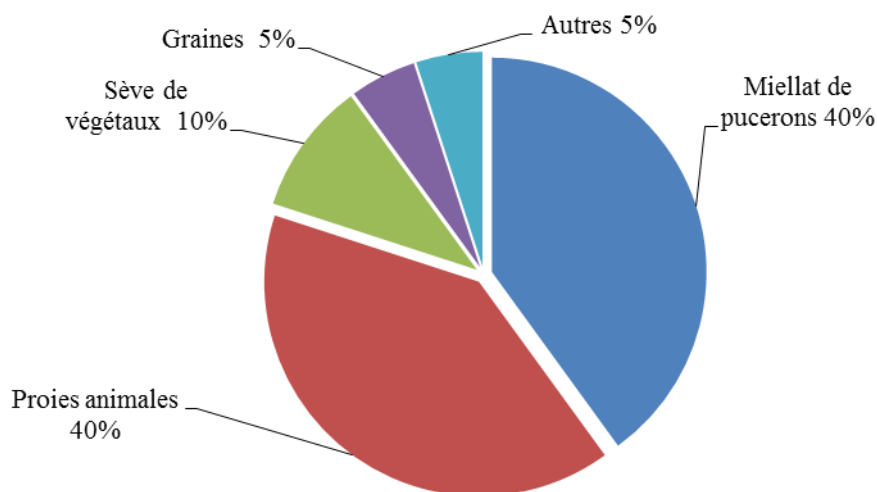


Figure 18 - Différents types de régime alimentaire des fourmis omnivores (Wood et Sands (1978))

1.5.2 - Carnivores

Les fourmis carnivores consomment des proies animales généralement des insectes ou des petits animaux (plus rares). Ces espèces sont aussi appelées les nettoyeurs de la forêt car elles mangent le plus souvent des animaux déjà morts (nécrophages). Lorsqu'elles chassent leurs proies, les fourmis utilisent leur aiguillon pour injecter un venin qui va immobiliser leur victime. Ensuite, elles la découperont pour la transporter plus facilement (Wood et Sands 1978).

1.5.3 - Granivores

Elles se nourrissent principalement de graines et complètent leur alimentation par des insectes trouvés morts. Les fourmis soldats, à grosse tête, possèdent des mandibules assez fortes pour broyer les graines. Elles les rapportent ensuite à la fourmilière pour les entreposer dans les différents greniers prévus à cet effet. Les déchets non digestibles sont rejetés tout

autour de l'entrée de la fourmilière (Wood et Sands 1978).

1.5.4 - Champignonnistes

Ces fourmis cultivent des champignons à l'intérieur même de la fourmilière. Ces champignons sont destinés à nourrir les larves. Les adultes eux se nourrissent de la sève des plantes qu'ils coupent pour créer le substrat nécessaire aux champignons. Ces fourmis ont la capacité de produire un fongicide pour éviter la prolifération de toute autre souche fongique non désirée (Wood et Sands 1978).

1.6 - Distribution géographique et diversité

Les fourmis sont abondantes dans la plupart des environnements terrestres du monde, des tropiques aux régions subarctiques et des zones arides aux extrêmement mésiques (Hölldobler et Wilson, 1990). La plus grande diversité d'espèces de fourmis se trouve dans les zones tropicales et la diversité diminue avec l'augmentation de latitude. Les régions géographiques ayant le plus grand nombre de genres diminuent dans l'ordre suivant : indo-australien, néotropical, oriental, australien, africain, paléarctique, nordique et malaisien, parmi lesquelles les zones néo tropicales et africaines comptent le plus grand nombre de genres endémiques, Oriental le moins (Bolton, 1994). Bien qu'elles soient absentes d'Islande, du Groenland et de l'Antarctique (Hölldobler et Wilson, 1990), certaines îles manquent de fourmis indigènes (Wilson et Taylor, 1967). Le nombre d'espèces diminue avec l'augmentation des latitudes, des altitudes et de l'aridité (Samson *et al.*, 1997). La diversité évolue nettement sur les plus petites régions climatiques. Par exemple, en Palestine occupée, la plus grande richesse en espèces de fourmis se situe entre deux régions biogéographiques où l'hétérogénéité des ressources est probablement élevée (Segev, 2010). En Afrique et en Amérique du Sud, de nombreuses espèces sont présentes dans les forêts tropicales, mais en Australie, seules quatre espèces sont limitées aux forêts tropicales (Robert, 2007). En général, les communautés de fourmis qui nichent dans les sols sont dominées par des petites espèces aux très petites. Par exemple, la faune de fourmis dans le bassin versant du désert de Chihuahuan est dominée par de très petites (*Forelius* sp. et *Solenopsis* sp.) et de petites fourmis (*Dorymyrmex* sp. et *Pheidole* sp) (James *et al.*, 2008). L'abondance des colonies de fourmis dépend de nombreux facteurs complexes et en interaction, tels que la position topographique par rapport à la redistribution de l'eau (par exemple, l'eau de ruissellement

(James *et al.*, 2008), la texture du sol, la structure et la composition de la végétation. L'abondance de fourmis vivant dans le sol peut atteindre 7 000 colonies h⁻¹ dans des prairies désertiques relativement sablonneuses et plates, mais aussi peu que trois colonies ha⁻¹ seulement sur des sols à texture finement inondée de façon périodique (Whitford *et al.*, 1995).

1.6.1 – La myrmécofaune algérienne

En termes d'abondance numérique, de taille et de richesse spécifique, les fourmis constituent un groupe taxonomique important dans de nombreux écosystèmes terrestres (Majer, 1983). La communauté de fourmis est un contributeur important à la biodiversité de nombreux habitats et peut également influencer profondément sur la distribution et l'abondance d'autres invertébrés (Majer, 1976). En Algérie, comme dans les pays où il ne fait pas trop froid, les fourmis ont l'avantage d'être très abondantes. Elles se retrouvent partout, dans la forêt comme en lieu découvert, au voisinage d'eau comme dans les endroits secs sur argile comme sur les rochers (Cagniant, 1973b). La plupart des études sur la présence et la répartition des fourmis en Algérie sont historiques et principalement concernent les taxons du Sahara et les écosystèmes forestiers (Forel 1890 ; Stitz, 1917 ; Santschi, 1929 ; Bernard, 1953 et 1960; Délye, 1968 et Cagniant, 1973b). Parmi ces études nous citons ceux de Forel (1894) sur « les Formicidae de la province d'Oran » et Cagniant (1973a) sur l'inventaire des espèces de fourmis. De même Barech *et al.*, (2011), Barech (2014), Barech *et al.*, (2015, 2016, 2017 et 2020) et Chemala (2017 et 2019), Slimani *et al.*, (2021), Biche *et al.*, (2021 sous presse) ont ajouté plus d'informations sur les fourmis en provenance d'Algérie.

Les insectes terrestres n'ont bénéficié jusqu'à présent d'aucune étude complète et intégrale. Dans le cas de la faune myrmécologique, malgré leur grande diversité en Algérie : 253 espèces citées (Bolton, 2018) et leur grande valeur indicatrice de la bonne santé des écosystèmes terrestres (Cagniant et Espadaler, 1997; Schmidt *et al.*, 2013), leur état de connaissance est très déficient. La myrmécofaune algérienne reste pauvrement connue.

1.5.2 - Relation de la distribution des fourmis et les propriétés du sol

Les fourmis exploitent divers types de ressources alimentaires et se retrouvent dans toutes les couches, du sol minéral au couvert forestier (Hölldobler et Wilson, 1990; Ryder Wilkie *et al.*, 2007). La moitié des espèces de fourmis présentes dans une forêt tropicale sont

directement en contact avec la couche du sol (y compris la litière de feuilles et le sol sous-jacent), pour la nidification ou la recherche de nourriture (Ryder Wilkie *et al.*, 2007). Plusieurs études ont démontré que les fourmis de la couche litière souterraine sont très contrastées, avec seulement un faible pourcentage d'espèces fourragères dans les deux strates (Fowler *et al.*, 2000 ; Ryder Wilkie *et al.*, 2007).

La distribution des fourmis terrestres est reconnue d'être influencée par le type de sol à l'échelle régionale. Par exemple, Fagundes (2003) a démontré les effets positifs du pourcentage d'argile sur l'abondance des Ponerinae en Amazonie. De leur part, Vasconcelos *et al.*, (2003) ont démontré que la texture du sol, et en particulier la teneur en argile, affecte la composition et l'abondance des fourmis dans une forêt amazonienne avec moins de fourmis sur les sols sableux que sur les sols argileux, probablement grâce à l'effet positif de la teneur en argile sur la rétention d'eau. Dans les prairies aux herbes courtes, la texture du sol peut être un bon facteur prédictif de la richesse en espèces de fourmis (Bestelmeyer et Wiens, 2001). La texture du sol détermine la qualité avec laquelle les fourmis peuvent creuser un tunnel et construire des chambres, et joue un rôle important dans la structuration de la communauté de fourmis (Boulton *et al.*, 2005). Cependant, on en sait moins sur les effets des propriétés du sol sur la distribution des fourmis souterraines à petite échelle spatiale (1 m) bien que cela est l'échelle réelle d'interaction entre les fourmis vivant dans le sol et leur environnement. Comme le soulignent Wiens et Milne (1989) et Kaspari et Weiser (1999), il est utile d'analyser l'hétérogénéité d'un paysage à l'échelle d'une fourmi. Les fourmis sont considérées comme des ingénieurs du sol (Jones *et al.*, 1994; Jouquet *et al.*, 2006), car elles modifient activement leurs environnements à petite échelle, notamment par bioturbation tout en creusant des nids (Petal, 1978 ; Frouz et Jílková, 2008).

1.6.3 - Relation distribution des fourmis – plante

La radiation des fourmis qui s'est produite de façon concomitante de celle des plantes à fleurs aboutit aujourd'hui à une très importante diversité d'interactions, essentiellement mutualistes, entre ces organismes. En effet, à l'exception des prédateurs de graines ou du feuillage des plantes, la très grande majorité des relations entre fourmis et plantes sont globalement à bénéfices réciproques (Beattie 1985, Beattie et Hughes 2002). Quelques exemples montrant que les plantes sont souvent associées avec des fourmis, depuis des associations facultatives (consommation, habitat) jusqu'aux associations obligatoires que l'on

appelle symbiotiques.

Quelques définitions :

- **Mutualisme** : Relation qui apporte des bénéfices aux deux partenaires
- **Symbiose** : Relation mutualiste permanente entre deux organismes
- **Myrmécophytes** : plantes supérieures qui entretiennent une relation mutualiste obligatoire avec des fourmis.

1.6.3.1. Associations facultatives nids dans les plantes

De nombreux arbres et arbustes et même des petites plantes sont utilisés par les fourmis pour nidifier : trous dans le tronc, galles, épines, branches creuses. En régions tropicales des espèces opportunistes construisent de grands nids en carton ou en terre sur les arbres. L'espèce *Lasius fuliginosus* forme un nid en carton (fibres végétales mâchées comme les guêpes) dans une cavité d'arbre (Gaspar, 1965a).

✓ Élevage de pucerons, cochenilles et autres Homoptères

Les fourmis sont très attirées par le sucre. Une source de sucre et d'acides aminés est le miellat des pucerons. Ceux-ci pour se nourrir percent les végétaux avec leur rostre et pompent la sève. Ils en absorbent beaucoup trop et rejettent l'excédent (90%) par l'anus (Cauda) : c'est le miellat. Les pucerons sont protégés par les fourmis contre les prédateurs comme les coccinelles et certains parasites. Par exemple, un travail récent a montré que le taux de super-parasitisme (parasites de parasites) diminue considérablement en présence des fourmis *Lasius niger* (Sanders et Van Veen, 2010).

✓ Récolte et dispersion des graines

Tout le monde connaît les fourmis moissonneuses qui font de longues pistes ramenant au nid des graines en région méditerranéenne. Ces fourmis moissonneuses habitent en région semi- aride : *Messor* chez nous (ne piquent pas), un cercle autour du nid marque la limite où sont rejetées les graines non consommées. Ce sont des fourmis faciles à élever (Cerdan, 1989). Les *Pogonomyrmex* en Amérique ont une piqûre douloureuse, elles consomment de

préférence les petites graines, et attendent que les grosses commencent à germer car elles ont une valeur nutritionnelle meilleure à ce stade (Tshinket et Kwapich 2016).

✓ **Fourmis consommatrices de plantes**

Certaines espèces de fourmis consomment les pétales de fleurs comme les Cystes. Une espèce endémique d'Andalousie est même spécialisée et a pour cette raison qu'elle a été nommée *Cataglyphis floricola* (Cerdeira *et al.*, 1996).

1.6.3.2. Associations obligatoires (= symbioses) entre plantes et fourmis

Les fourmis sont bien connues pour former de nombreux mutualismes, notamment avec les plantes comme les tels que les mutualismes de défense impliquant des nectaires extrafloraux (petites glandes produisant du nectar sur les feuilles de plus de 3 000 espèces de plantes vasculaires (Goheen et Palmer, 2010). Citons les **Plantes à fourmis (myrmécophytes)** ; certaines plantes entretiennent des relations intimes avec les fourmis et forment une véritable symbiose : hébergement des fourmis dans des cavités foliaires ou caulinaires (appelées domaties) et nutrition à partir de corpuscules (corps nourriciers riches en protéines) ou de sécrétions (nectar extra floral riche en sucres fructose, glucose et saccharose avec des acides aminés libres), parfois les deux. Dans l'autre sens les fourmis protègent la plante contre les défoliateurs. La fourmi apporte aussi des déchets azotés (cadavres des proies) qui manquent à la plante (comme les plantes carnivores). Pour cette raison, ces plantes importées et élevées en serre sans leurs fourmis poussent mal (Quintero *et al.*, 2013). Les arbres du genre *Acacias* sont myrmécophytes. Ils hébergent des *Crematogaster* (Afrique) ou des *Pseudomyrmex* (Amérique) qui les protègent contre les défoliateurs, par exemple girafes et éléphants en Afrique. Des études ont été conduites au Kenya où le nombre d'éléphants a crû de 5 fois depuis 1992 : quand les fourmis sont expulsées avec de la fumée, les *acacias* sont mangés par les éléphants et un peu les girafes. La symbiose fourmis - plantes est donc un élément important dans le maintien de la savane (Goheen et Palmer, 2010).

classes composent le sol de la Mitidja : les sols peu évolués, les sols hydromorphes, les sols à sesquioxydes de fer, les vertisols et les sols carbonatés (Mutin, 1977).

2.1.2 - Caractéristiques climatiques

Le climat joue un rôle très important sur la disponibilité et la croissance de la flore accompagnatrice de l'entomofaune des paysages agricole et naturelle par les fluctuations saisonnières des précipitations, des températures, de l'humidité relative de l'air, que par les gelées et les vents. Il est donc nécessaire de donner un aperçu sur les fluctuations climatiques.

La plaine de la Mitidja est soumise à un climat régional subhumide littoral caractérisant l'ensemble des plaines côtières avec des précipitations mensuelles maximales en hiver et minimales en été, variant entre 600 et 900 mm en fonction de la région considérée (localisation géographique et l'altitude) (Mutin, 1977) (**voir Annexe 1**). Cette distribution inégale des précipitations au cours du cycle annuel et l'alternance saison humide et saison sèche joue un rôle régulateur des activités biologiques des fourmis et les aphides. Les vents les plus redoutés pour les cultures de la Mitidja sont ceux qui soufflent en hiver de l'ouest et du nord-ouest. De vitesse modérée, d'une moyenne de 3,43 Km/h, ils sont parfois violents et peuvent atteindre 54,7 Km/h. Les vents secs et chauds du sud (sirocco) soufflent en été et automne. L'hygrométrie est assez élevée en hiver, peut atteindre 100%. Alors qu'elle est moyenne ou nulle en été. Les gelées sont fréquentes en hiver.

2.1.3 - Facteurs biotiques

D'après Lobo *et al.*, (1997), la conservation de la biodiversité constitue un enjeu planétaire qui passe obligatoirement par une parfaite connaissance de la distribution de la faune et de la flore. Ci-dessous, des données bibliographiques sur la faune et la flore de la Mitidja seront présentées.

2.1.3.1 - Données bibliographiques sur la végétation

La plaine de la Mitidja est caractérisée par une diversité floristique de type méditerranéen. On trouve selon Quezel et Santa (1962), Mutin (1977), Chevassut *et al.*, (1988), Kheddami et Adane (1996), et Abdelkrim et Djafour (2005), des Ptéridophytes et des Spermaphytes. Ces derniers contiennent des Gymnospermes et des Angiospermes. Au niveau

de cette région il existe une à trois strates de végétation selon les endroits : La première, arborescente atteignant 20 à 25m de haut. La deuxième est arbustive ne dépassant pas 8 m, avec des brises vents, des arbres fruitiers. La troisième strate est herbacée, représentée par des Poacées, des Solanacées et des légumineuses.

2.1.3.2 - Données bibliographiques sur la faune

La faune de la plaine de la Mitidja est très variée, un recensement est réalisé par plusieurs chercheurs tels que, Benzara (1981, 1982) sur les Gasteropodes, Baha *et al.*, (2014), sur les Annelides Oligochetes, Ghezali et Fekkoum (2012) sur les acariens, Idir et Kherbouche-Abrous (2013) sur les Myriapodes, Kherbouche-Abrous (2014) sur les Araneides, Chopard (1943), Doumandji et Doumandji -Mitiche (1992), Saharaoui *et al.*, (2014) sur les coccinellidae).

2.2. - Région montagneuse de Bordj – Bou - Arréridj

La région de Bordj-Bou-Arréridj est limitée à l'Est par la wilaya de Sétif, au nord par la wilaya celle de Bejaia, à l'ouest par la wilaya de Bouira et au sud par la wilaya de M'sila. De création récente, par le découpage administratif de 1984, la wilaya de Bordj-Bou-Arréridj a une position géographique imposante. Elle est située entre deux grands pôles, Alger et Sétif (Fig. 20).



Figure 20 - Localisation de la région steppique : Bordj-Bou-Arréridj (Google earth, 2020).

2.2.1 - Milieu physique

Bordj-Bou-Arréridj est une zone des hautes plaines. Elle est caractérisée par une dépression entourée de bordures montagneuses au nord et au sud. Elle est ouverte à l'Est sur les hautes plaines sétifiennes. Il s'agit d'un relief d'ondulations à grand rayon entrecoupé de collines, dans les parties hautes voient affluer le substrat marneux et dont les parties basses sont noyées par les alluvions et les colluvions. Cette région est à vocation agricole, notamment céréalière. Les potentialités sont de 246 154 ha de terres agricoles dont 187 000 ha de SAU, 7 300 ha en irrigué, 48 600 ha de pacage et parcours. 87 000 ha de la SAU sont consacrés à la céréaliculture. Il y a lieu de parler de zone agro-pastorale bien plus que de zone céréalière (Khoudour, 1994).

2.2.2 - Caractéristiques climatiques

Les conditions climatiques indiquent de nombreux facteurs limitant l'activité agricole, notamment l'importance du gel et du sirocco et une pluviométrie tout juste moyenne et mal répartie à isohyètes allant de 350 à 450 mm/an. Bordj Bou Arreridj bénéficie d'un climat est de type steppique semi-aride ('BSk' selon le système Köppen Geiger ; Peel *et al.*, 2007) où les pluies sont faibles durant toute l'année. Bordj Bou Arreridj affiche une température annuelle moyenne de 15°C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 373 mm (**voir Annexe 2**). Cette région se caractérise donc par un hiver froid et un été sec et chaud.

Les vents sont des facteurs importants dont il faut tenir compte lors de la création d'un champ céréalière. Le seul vent important est le sirocco qui provoque des brûlures au végétal, des chutes des feuilles et accentue l'évapotranspiration. Le sirocco souffle pratiquement 48 jours par an dans la région de Bordj-Bou-Arréridj. C'est un vent chaud, venant du sud (Khoudour, 1994).

2.2.3 - Etude pédologique

Le climat de grande aridité, confère aux sols leur caractère spécial. Une période de plus de 6 mois de sécheresse à grandes oscillations de température et d'humidité les font entrer dans le groupe des aridisols. Les facteurs édaphiques constituent le support de tous les êtres vivants qu'ils appartiennent au règne animal ou au règne végétal. En effet, sols sableux du fait

de leur faible capacité de rétention d'eau et de leur pouvoir de réchauffement élevé, sont faiblement hydromorphes. Ceci va avoir une influence directe sur la composition floristique et sur l'évolution du tapis végétal, qui à son tour exerce une action importante sur la faune. A cause de la pauvreté du régime hydrique et de l'abondance du calcium, il se produit des horizons à caractère calcaire très net qui se trouve accentué sur les versants en pente où l'infiltration de l'eau qui entraînerait le calcium en profondeur se fait difficilement (Khoudour, 1994). Le caractère calcaire est très évident sur une vaste superficie des sols ayant une formation de croûte calcaire, située à une profondeur moyenne et dont la présence représente un sérieux obstacle pour la pénétration de l'eau comme celle des racines, tout autant que pour les travaux de labours indispensable à la culture (Khoudour, 1994).

2.2.4 - Flore de la région de Bordj Bou-Argeridj

La flore est richissime dont certaines espèces sont en voie de disparition menaçant ainsi l'écosystème. D'après D.F.B.B.A., (2011), la flore de la région d'étude est composée de trois strates.

- ❖ Strate arborescente : comme le pin d'Alep qui est une espèce presque le plus dominant dans la plupart des forêts de la wilaya. Les grandes forêts de cette espèce se concentrent dans la partie Nord et Nord-ouest de la wilaya, ceinturant ainsi la chaîne montagneuse des Bibans et les monts de Beni-Yadel.
- ❖ Strate arbustive : le genévrier oxycèdre et le genévrier de phoenicie qui présentent sous forme d'arbustes isolés.
- ❖ Strate herbacée : comme le Romarin, l'Alfa, l'Armoise, les Cistes et le Diss.

2.2.5 - Faune de la région de Bordj Bou-Argeridj

La wilaya de Bordj-Bou Argeridj dispose d'une faune composée de plusieurs types d'animaux représentée par les mammifères, les oiseaux et des poissons du barrage d'Aïn Zada. D'une manière générale, la faune de la région d'étude renferme 138 espèces réparties en 3 classes (**voir Annexe 3**). La classe la plus riche en termes des espèces est celle des oiseaux avec 125 espèces. Concernant la classe des insectes les Orthoptères, sont les plus notées avec 6 espèces pris en considération : *Doclostaurus maroccanus*, *Ocneridia volxemi*, *Calliptamus barbarus* et *C. wattenwylanus*, *Oedipoda caerulescens sulfurescens*, et *Amphiestris baetica* (Khoudour et al., 2011).

1 - Matériel et méthodes

Ce volet porte sur la description de deux stations d'études, les différentes méthodes utilisées sur le terrain et les parties expérimentales menées au laboratoire afin de déterminer la myrmécofaune du Nord et d'Est de l'Algérie. Ils sont suivis par les indices écologiques et l'analyse statistique utilisés dans l'exploitation des résultats sont aussi mentionnés, ainsi que les méthodes pour les analyses physico-chimiques du sol. L'étude a été réalisée dans deux régions. La première station est un verger d'agrumes situé dans la ville de Rouiba qui appartient à la région de la partie orientale de la plaine de la Mitidja. Le second travail a été poursuivi dans des exploitations agricoles à vocation céréalière, dans la région montagneuse de la wilaya de Bordj-Bou-Arréridj. Le choix de ces stations, repose essentiellement sur les effets des conditions climatique et environnementale sur la composition de la myrmécofaune mais aussi par le manque d'informations concernant les espèces de fourmis.

1.1 - Sites d'étude

Les deux stations sont retenues à partir des deux régions d'étude de Rouiba et Bordj-Bou-Arréridj. Il s'agit respectivement le milieu agrumicole de l'Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisée « ITMAS » Heuraoua et la station de la céréaliculture de Sidi Moussa 'Medjena'. Dans les sous paragraphes suivants, une description des stations choisissés-ici sera présentée

1.1.1 - Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisée « ITMAS » Heuraoua (Rouiba)

La première étude est réalisée dans un verger d'agrumes au niveau de l'Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisée (ITMAS) de Heuraoua ($36^{\circ}18'47.25''N$; $3^{\circ}18'43.33''E$) ayant une altitude 42 m. Le site se trouve à l'Est du Sahel de la Mitidja à 30 km du centre d'Alger. Il est limité au Nord par le sahel algérois, à l'Est par le lac Reghaia, à l'Ouest par Ain-Taya et Rouïba et enfin au Sud par le chef-lieu de la commune de Rouïba. L'Institut occupe une superficie totale de 31,6 ha dont les cultures maraichères sont les plus dominants

suit par l'arboriculture et la culture céréalière, fourragères et les plasticultures. Cette superficie agricole est estimée 17,25 ha. Les superficies utilisées des cultures sont partagées comme suite :

- Maraichère en plein champ : 1,45 ha
- Maraichère Sous serre : 0,60 ha
- Terrain en jachère : 1 ha
- Cultures pérennes : 4,20 ha
- Fourrage : 10 ha
- Arboricultures fruitières : Agrume 4 ha

L'agrumiculture a été établie depuis 60 ans avec environ 180 arbres d'oranger (*Citrus sinensis*) où quatre variétés ont été plantées. L'étude s'est déroulée dans un seul verger d'une superficie de 1ha, situé à l'Ouest de l'institut. Il est composé d'oranger *Citrus sinensis* de la variété Washington Navel. Le verger est conduit en forme libre avec un espace de 5 m sur les rangs et de 5 m entre les rangs. Pour ce qui concerne l'état phytosanitaire, le verger est bien maintenu (irrigation régulière, présence de traitement phytosanitaire, bien taillé). Il est entouré par des lignes de Pin d'Alep *Pinus halepensis* (Fig. 21 et 22).

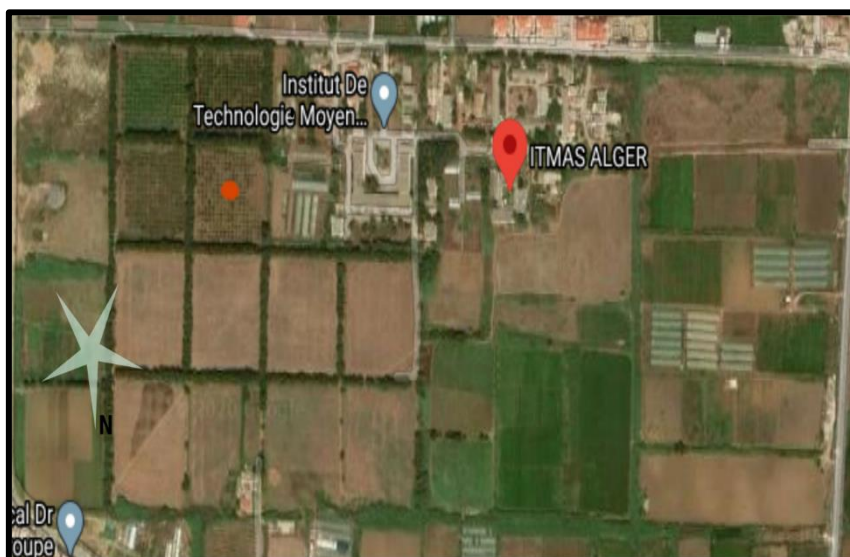


Figure 21 - Vue satellitaire de l'Institut Technologique Moyen Agricole Spécialisée (I.T.M.A.S.) (Google earth, 2020).



Figure 22 - Station de l'orangerie (I.T.M.A.S) de Heuraoua

1.1.2- Station de Sidi Moussa Medjana de la wilaya de B.B.A

La deuxième station, un champ de blé, localisé dans la ville de Medjana (Sidi Moussa) située à 12 km de la wilaya de Bordj-Bou-Arréridj. Elle est limitée au nord par la commune de Colla, au sud par la commune d'El Achir, à l'ouest par la commune Teniet Enaser et à l'est par la commune d'Hasnaoua. Cette station a pour coordonnées géographiques 36°06'21" Nord, 4°40'25"Est. Le champ de blé d'étude héberge deux variétés Waha et Bouselem, sa surface totale est de 15 ha. L'expérimentation a été effectuée seulement sur une superficie de 1ha. Cette culture est bien entretenue (application de produit phytosanitaire, labour, jachère, irrigation naturelle) (Fig. 23 et 24).



Figure 23- Vue satellitaire de la station de Sidi Moussa (Google earth, 2020)



Figure 24 - Station de céréale de Medjana (Sidi Moussa)

2 - Protocole expérimental

La méthode idéale de l'inventaire d'un milieu serait celle qui donnerait à un moment donné une image plus réelle du peuplement occupant une unité de surface bien définie (Lamotte et Bourelière, 1969). Le principe, consiste à évaluer la densité des colonies peuplant une surface donnée, est utilisé depuis longtemps. Cette manière de procéder rend compte aussi bien la répartition et de la densité d'une espèce que de celle de l'ensemble des fourmis peuplant un

milieu. On peut estimer à l'intérieur d'un périmètre donné le nombre des individus ramassés (Levieux, 1985).

2.1 - Méthodologie adoptée

Les méthodes d'échantillonnage des fourmis sont plus ou moins variées suivant les objectifs qu'elles visent à aboutir. Pour choisir une méthode d'échantillonnage des fourmis, l'enjeu doit définir les objectifs à atteindre. Sur le plan qualitatif, les techniques correspondantes permettant d'obtenir une idée sur la nature des espèces présentes au niveau de chaque station d'étude. Pour déterminer les espèces peuplant la région d'étude, on procède à la méthode de la récolte directe à la main. Sur le plan quantitatif, ce dernier fournit une image sur la densité de différentes espèces de fourmis. Le travail consiste à faire un comptage des individus avec la méthode des Pots Barber

2.1.1 - Sur le terrain

Le travail de terrain nécessite un minimum de matériel de capture. L'échantillonnage des fourmis s'effectue par des méthodes plus au moins variées (à main, pot Barber). L'inventaire a été réalisé dans deux stations différentes. Dans la station de l'ITMAS (Rouiba) où la période d'étude s'est étalée sur deux années de 2016 à 2017 et de 12 mois (2016) dans la station de Sidi Moussa (B.B.A).

2.1.1.1 - Récolte à la main

Le but principal de cette méthode est d'identifier l'ensemble des espèces de fourmis peuplant les deux sites d'étude. Il s'agit d'un travail de prélèvement direct à la main consistant à échantillonner les individus qui se propagent et visitent la partie aérienne de la plante. Dans chaque station nous prélevons, les espèces qui préfèrent grimper sur les arbres d'agrumes dans le verger de l'ITMAS et les chaumes de blé dans la station de Sidi Moussa. L'objectif est l'identification des espèces de fourmis présentes sur la canopée des arbres d'agrumes au sein de la station de l'ITMAS afin de déterminer l'abondance relative de différentes espèces et d'analyser leur relation avec la plante et les insectes ravageurs d'agrumes 'producteurs de

miellat. Une fois capturées, les fourmis sont mises dans des piluliers contenant de l'alcool de 70° afin de les examiner et de les déterminer en laboratoire.

Pour ce qui est des agrumes, les prospections sont effectuées à l'Institut de Technologie Moyen Agricole 'ITMAS', qui se localise dans la commune de Heuraoua. Au niveau de cette station, les agrumes abritent des ravageurs Homoptères notamment les aleurodes, les aphides et les cochenilles. La méthode dans cette étude consiste à diviser le verger en 9 parcelles d'échantillonnages égales. Chaque parcelle contient environ 25 arbres. Nous prenons au hasard dans chaque parcelle un arbre sur lequel on prélève à l'aide d'un sécateur 2 feuilles et 2 rameaux (10 à 20 cm de long) et les jeunes pousses. Le matériel prélevé, est placé différemment dans des sachets en papier Kraft sur lesquels sont mentionnées la date, matériel végétal En laboratoire, les échantillons sont examinés sous la loupe binoculaire pour le comptage des espèces des pucerons, des cochenilles et des aleurodes.

2.1.1.2 - Méthode des pots Barber

Il s'agit essentiellement d'un contenant enfoncé dans le sol dans lequel les insectes tombent, comme dans une fosse, et sont pris au piège (Limoges, 2003). Les pièges fosses, permettent la capture de divers arthropodes marcheurs, ainsi qu'un grand nombre d'insectes volants qui viennent se poser à la surface ou qui y tombent emportés par le vent. Cette méthode consiste simplement en un récipient de toute nature, un gobelet, ou mieux encore des boîtes de conserve, ou différents types de bocaux et de bouteilles en matière plastique découpées à moitié. Ce matériel est enterré verticalement de façon que l'ouverture soit à ras du sol. La terre est entassée autour de chaque pot afin d'éviter l'effet barrière pour les petites espèces. Les boîtes sont placées selon la méthode de transect qui consiste en une ligne matérialisée par une ficelle le long de laquelle les pièges sont posés. Dix pots sont placés en ligne de cinq mètres chacun (Fig. 25,26 et 27). Le remplissage se fait jusqu'au 1/3 de leur contenu avec de l'eau en y ajoutant un détergent pour faciliter la fixation des insectes (Fig. 25). Le contenu des boîtes est récupéré après 48 heures dans les sachets en plastiques et sont notés le lieu et la date.

Selon Chazeau *et al.*, (2004), les pièges Barber donnent une assez bonne image des communautés de fourmis. Cette méthode est souvent utilisée et présente quelques avantages suivants : Ils permettent une bonne étude quantitative ainsi que l'étude du déplacement des animaux ou la croissance de la richesse faunistique par rapport aux cultures (Lamotte et

Bourelière, 1969). Elle est simple, non couteuse et facile à mettre en œuvre et permet de capturer toutes les espèces géophiles aussi bien diurnes que nocturne ; les individus piégés sont noyés et de ce fait ne peuvent pas ressortir du pot-piège. Comme tout piège d'interception, le pot Barber mesure en fait une activité- densité ou activité-abondance des invertébrés avec une pondération des effectifs capturés par l'activité des espèces. L'activité abondance est corrélée à la densité locale de population autour des pièges (Baars, 1979).

L'un des inconvénients de cette méthode est l'influence des conditions climatiques sur les résultats. En effet, les fortes pluies font déborder les pots et entraînent les espèces capturées dehors, ce qui modifie les récoltes. D'une autre manière, cette méthode peut amener à la capture d'espèce non-cibles : reptiles et mollusques terrestres tels que les escargots qui en se décomposant rendent difficile la récupération des insectes. A noter aussi la détérioration et le déterrement des pièges par d'éventuels passages de sangliers ou par l'intervention de l'homme.



Figure 25 - Pot de Barber en place (enterré)

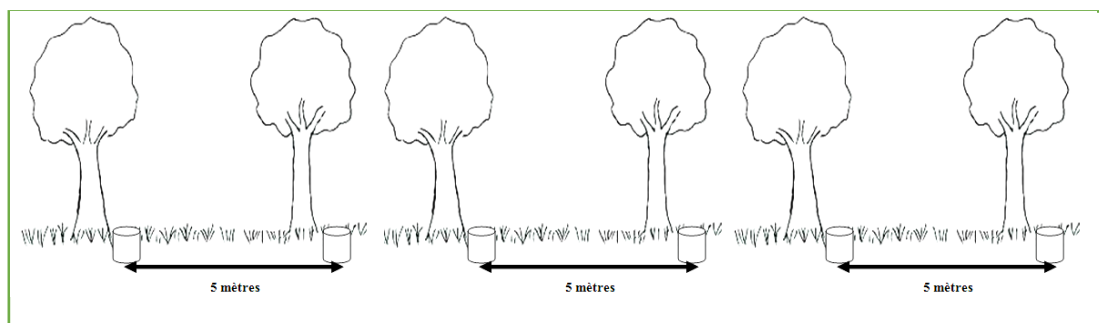


Figure 26 -Disposition en ligne des pots Barber dans une orangerie de I'TMAS Heuraoua

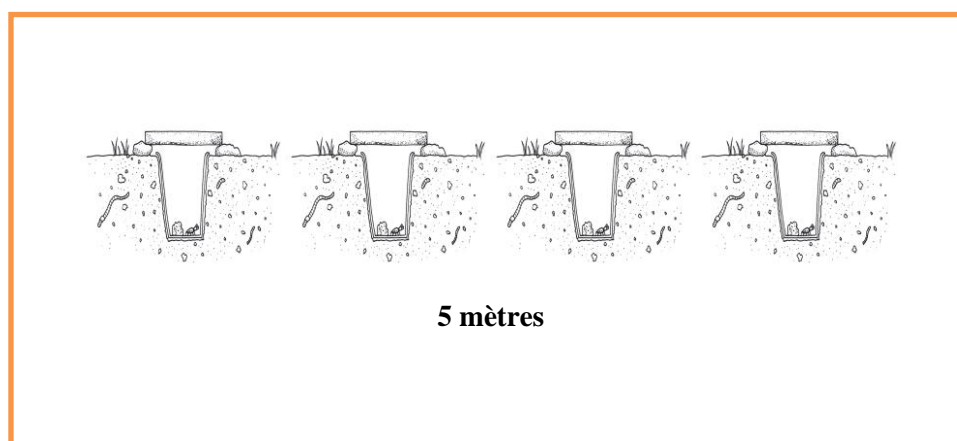


Figure 27 - Disposition en ligne des pots Barber dans une céréaliculture de Sidi Moussa Medjana

2.1.2 - En laboratoire

Le travail qui se fait au laboratoire permet d'une part d'analyser et déterminer les espèces de fourmis et les insectes ravageurs des agrumes récoltés au cours de notre échantillonnage par des études systématiques ultérieures et d'autre part de faire des analyses physico-chimiques du sol de chaque station d'étude.

2.1.2.1 - Comptage de fourmis

Les individus de fourmis récoltées, sont identifiés et examinés sous loupe binoculaire. Quelques spécimens sont montés ou conservés à sec et d'autres sont conservés dans des tubes eppendorf contenant de l'alcool 70°, sur lesquels on mentionne la date et le milieu de récolte.

Les échantillons sont examinés un par un, minutieusement sous la loupe binoculaire (Gr: 1.6 x 10). Les déterminations sont effectuées avec le Professeur Espadaler X. (Spécialiste Espagnol en myrmécologie), Cagniant H. (Spécialiste Français en myrmécologie) et Professeur Marniche F. de l'Ecole Nationale des Sciences Vétérinaires (Alger) à l'aide des clés de déterminations dichotomiques (Cagniant, 1996, 1997b, 2009), Bernard (1968) ainsi que les sites Ant web et Antcat. Les images numériques ont été préparées en utilisant un microscope Keyance digital avec un objectif de 4x.

2.1.2.2 – Comptage et conservation des homoptères

Les Homoptères (cochenilles, aleurodes et pucerons) sont triés et dénombrés en laboratoire sous une loupe binoculaire. Les ravageurs piégés sont triés selon leur ordre taxonomique et sont quantifiés le total des individus de chaque espèce Homoptère afin d'apprécier l'état d'infestation de chacun de ces espèces mentionnées ci-dessus ainsi que les fourmis pouvant associées aux ces insectes. Après le triage, les individus récoltés, sont placés directement dans des tubes à essai contenant de l'alcool à 70°, portant une étiquette sur laquelle nous avons indiqué : la date et le lieu de prélèvement.

2.1.2.3 – Montage des spécimens

Les pucerons conservés dans l'alcool sont transférés, après que l'on ait pratiqué une incision ventrale de l'abdomen, dans une solution de potasse (KOH) à 10% maintenue à la limite de l'ébullition (3 à 6 minutes). Un défaut d'éclaircissage à la potasse aboutit à de mauvaises préparations, un excès donne des pucerons très fragiles, difficiles à monter dont certains détails peuvent être altérés (Bouchery et Jacky, 1982). La potasse est nécessaire pour détruire les embryons qui cachent certains détails durant l'identification (Van-Emden, 1972).

Après potassage, les pucerons sont passés ensuite 2 à 3 minutes dans deux bains successifs d'eau chaude non bouillante pour les débarrasser de la potasse (Leclant, 1978). Après lavage, les pucerons sont transférés dans du Chloral phénol pendant 24 heures au moins (Bouchery et Jacky, 1982) pour être montés ensuite entre lames et lamelles dans le liquide de Faure.

2.1.2.4 - Identification

La détermination des pucerons et les Homoptères (Cochenilles et Aleurodes) est réalisée au niveau du département de Zoologie Agricole et Forestière de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique et à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire, avec l'aide des taxonomistes spécialisés, le Professeur Biche M. et Professeure Marniche F. Pour la détermination des différentes espèces de pucerons récoltées nous, nous sommes basés sur les critères suivants (Godin et Guy-Boivin (2002) et Turpeau *et al.*, (2012).

- La forme du front et des tubercules frontaux
- La forme, la couleur et la longueur du corps
- La forme et la longueur des antennes ainsi que le nombre d'articles antennaires
- La présence ou l'absence des sensorias et leur disposition sur les articles antennaires
- La longueur et la forme de la queue
- La présence ou l'absence des soies sur la cauda
- La nervation des ailés
- L'ornementation des ailés
- La pigmentation et l'ornementation de l'abdomen
- Présence de tache et cire de plaque

Les critères d'identification des différentes espèces de cochenilles Diaspines seront présentés en **annexe 3**

2.1.2.5 - Extraction, amplification et séquençage de l'ADN

Expérimentalement, l'ADN a été extrait par la méthode **CTAB** (Cethyl Trimethyl

Amonium Bromide) (Sambrook et Russell, 2001) de la fourmi entière de diverses espèces à différents niveaux taxonomiques de 28 spécimens. Le protocole CTAB requiert la destruction totale du spécimen.

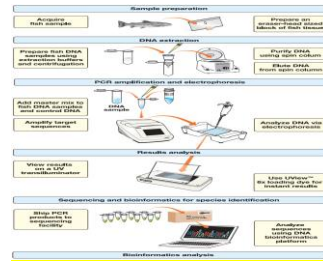
Une fois l'ADN extrait, toutes les séquences de longueur **658 pb** dans le gène COI (Cytochrome oxydase 1) a été amplifiée à l'aide de l'amorce Folmer **LCO1490- 5'-GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G-3'** et **HCO2198-5'-TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA-3'** (Folmer *et al.*, 1994).

L'amplification du fragment d'ADN extrait dans le gène COI est réalisée par l'intermédiaire d'un Thermo cycler « Mastercycler ep-gradient Eppendorf » programmable permettant de suivre les cycles de la PCR : dénaturation de la matrice, hybridation des amorces et polymérisation. La réaction de polymérase en chaîne (PCR) a été exécutée sous un volume de réaction total de 27 µl inclus : 12,5 µl Go Taq de polymérase (Taq polymerase, tampon NTP, MgCl₂), 9,5 µl d'eau, 3 µl d'ADN (5-20 ng), 1 µl de chaque amorce. Le chlorure de Magnésium est un élément essentiel dans la réaction PCR. Les ions Mg forment un complexe soluble avec les NTP, indispensable de ces derniers dans la chaîne d'ADN en croissance. Ces ions stimulent l'activité de l'ADN polymérase (Newton et Graham, 1994). De plus MgCl affecte l'hybridation des amorces et la dissociation des brins d'ADN. Le mélange réalisé est exposé à une série de température variable dans un thermocycleur et programmé à une **dénaturation initiale** à 94°C pendant 3 min, suivies par **32 cycles d'amplification** à 94°C pendant 45, 55°C pendant 45 secondes (le temps de recuit et la température dépendent de l'amorce utilisée) et 72° C pendant 1min ; suivie par une étape finale d'allongement de 5 min à 72°C.

Les produits amplifiés ont été analysés par électrophorèse sur gel TAE-Agarose à 1,5% ; le gel ensuite est visualisé puis photographié sous lumière UV par Alphamanage. Les échantillons purifiés ont été envoyés à une société commerciale de séquençage à LGC Genomics GmbH, Berlin.



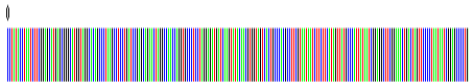
Echantillon de fourmi



Extraction de l'ADN



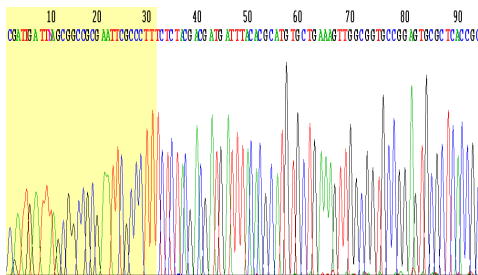
Amplification PCR



ADN Barcode



Gel électrophorèse



Séquençages et analyses

Figure 28 -Différentes étapes du code barre d'ADN

2.1.2.6 - Analyses de données moléculaires

Les séquences ont été alignées avec le logiciel **Bio Edit** et les données obtenues ont été corrigées avec **Chromas Lite 2.1.1**. Nous utilisons le logiciel CHROMAS, afin de nettoyer les séquences avant de les soumettre à nouveau à Blast

Par le séquençage d'une partie du gène COI, des fragments ont été générés pour toutes les populations qui étaient d'environ 658 paires de bases (pb). Ensuite, en utilisant le NCBI Blast (National Center for Biotechnology Information, www.ncbi.nlm.nih.gov), il nous indique les séquences les plus similaires, en se basant sur le pourcentage de divergence entre notre séquence comparée à d'autres séquences. On peut la comparer à une base de données publique GenBank, accessible sur le net.

Nous avons comparé nos données avec des séquences déposées dans GenBank. L'identification de l'espèce a été confirmée lorsqu'il y avait une grande similitude entre la séquence expérimentale et la séquence publiée par le GENBANK. Si cette séquence n'est pas publiée, c'est que le spécimen peut appartenir à une espèce qui n'a pas encore été séquencée auparavant ou bien s'il s'agit d'une nouvelle espèce. Les recherches effectuées par BLAST (**B**asic **L**ocal **A**lignment and **S**earch **T**ool) au NCBI fournissent la liste des résultats probables correspondant à notre séquence, avec les valeurs de similarités des séquences.

Après la détermination moléculaire, on soumet la séquence de la région du code-barres au GenBank, afin qu'elle soit répertoriée dans les banques Nucléotidiques Internationales et qu'il délivre **un numéro d'accèsion à la séquence** (on peut ainsi consulter cette séquence).

Ces séquences de références constitueront ainsi une source de séquences de référence, outil essentiel pour nos études taxonomiques et pour des études phylogénétiques.

2.1.2.7 - Analyse phylogénétique

Après que toutes les séquences ont été alignées avec les séquences récupérées de Genbank, certaines bases à la fin du fragment ont été exclues en raison d'un alignement insatisfaisant.

L'arbre phylogénétique a été construit en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance (ou Maximum Likelihood, ML) à l'aide du programme MEGA 7 (Kumar *et al.*, 2013). Pour cela, le modèle d'évolution moléculaire correspondant à notre jeu de séquences a été préalablement déterminé (Tamura et Kumar 20). Ainsi, le modèle d'évolution « GTR+G+I

» (“**General Time Reversible model**” avec correction gamma+I) a été identifié comme le mieux adapté à nos données et a été utilisé pour l’analyse phylogénétique. Les arbres initiaux de la recherche heuristique ont été obtenus automatiquement en appliquant les algorithmes Neighbor-joining (N-J) à une matrice de distances par paires estimées à l’aide de l’approche de vraisemblance composite maximale (MCL), puis en sélectionnant la topologie avec une valeur de vraisemblance logarithmique supérieure. L’arbre obtenu est représenté à l’échelle, avec des longueurs de branches mesurées en relation avec le nombre de substitutions par site. Un test de bootstrap (Felsenstein, 1985) avec 500 répétitions a été effectué pour estimer la robustesse des groupes (ou clades) de taxons associés qui est indiquée en pourcentage au niveau des branches de l’arbre.

L’analyse a impliqué 56 séquences nucléotidiques dont 18 ont été séquencées dans le cadre de ce travail à partir d’échantillons des espèces de fourmis récoltées sur deux sites d’étude en Algérie (ITMAS, Medjana). Les autres séquences de ce jeu de données ont été récupérées de GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) pour représenter des espèces d’autres taxons (genres, sous-familles, et familles) du grand clade des Formicidae, afin de confirmer l’identification taxonomique de nos échantillons et de bien les positionner au sein de la phylogénie de ce clade. Ainsi, 15, 8 et 2 échantillons de références ont été introduits pour représenter la diversité au sein des familles des Myrmicinae, Formicinae et des Dolichoderinae, respectivement ; 9 pour les familles des Ectatominae, Heteroponerinae, Pseudomyrmicinae et Dorylinae ; et 4 autres espèces pour représenter des clades appartenant de ceux deux sous familles (Ponerinae et Leptanillinae) pour servir comme groupe externe ou ‘**outgroup**’ lors de la reconstruction phylogénétique (voir la liste complète des séquences).

2.1.3 - Analyse physico-chimique du sol

Nous avons traité l’aspect physico-chimique du sol qui a été effectué au niveau de laboratoire de science du sol département pédologie de l’ENSA. Elle concerne la détermination de PH, La conductivité électrique, le dosage du calcaire total, le dosage du carbone organique, Le dosage du phosphore, la capacité d’échange cationique, le dosage de l’azote total et la granulométrie (**voir annexe 4** les différents modes opératoires).

3 - Exploitation des résultats

L'exploitation des résultats obtenus commence par la qualité d'échantillonnage. Puis elle s'effectue à l'aide des indices écologiques et par des analyses statistiques.

3.1 - Indices écologiques

Selon Ramade (2003), les résultats peuvent se définir par des ensembles de descripteurs. Ces derniers permettent de prendre en considération leur importance numérique et la possibilité de décrire la structure de la biocénose toute entière à travers des paramètres de composition et de structure tel que la richesse totale (S), l'abondance relative ($AR\%$), la constance ($C\%$), et autres indices écologiques, la diversité de Shannon et l'équitabilité

3.1.1 - Indices écologiques de composition

Ce sont la richesse totale, la richesse moyenne, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence.

3.1.1.1 - Richesse totale

La richesse totale S est le nombre total des espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné (Ramade, 2003).

3.1.1.2 - Richesse moyenne (S_m)

Elle s'avère d'une grande utilité dans l'étude de la structure des peuplements. Elle correspond au nombre moyen d'espèces présentes dans un échantillon du biotope dont la surface a été fixée arbitrairement (Ramade, 1984).

3.1.1.3 - Abondance relative ($AR\%$)

Selon Dajoz (1985) c'est le pourcentage des individus d'une espèce (n_i) par rapport au totale des individus (N) :

$$AR \% = ni/N \times 100$$

ni : nombre d'individus de l'espèce prise en considération
 N nombre total des individus.

3.1.1.4 - Fréquence d'occurrence

La fréquence d'occurrence exprime le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée par rapport au nombre effectué (Dajoz, 1971), elle est donnée par la formule suivante :

$$C\% = Pi/P \times 100$$

C : constance (Fréquence d'occurrence)
Pi : nombre de relevés contenant l'espèce i
P : nombre totale des relevés

D'après la règle de Sturge, Cette formule appliquée aux individus fait ressortir 10 catégories, qui sont :

- ❖ 0% < F.O. ≤ 10 pour les espèces très rares,
- ❖ 10% < F.O. ≤ 20% pour les espèces rares,
- ❖ 20% < F.O. ≤ 30% pour les espèces accidentelles,
- ❖ 30% < F.O. ≤ 40% pour les espèces accessoires,
- ❖ 40% < F.O. ≤ 50% pour les espèces très accessoires,
- ❖ 50% < F.O. ≤ 60% pour les espèces régulières,
- ❖ 60% < F.O. ≤ 70% pour les espèces très régulières,
- ❖ 70% < F.O. ≤ 80% pour les espèces constantes,
- ❖ 80% < F.O. ≤ 90% pour les espèces très constantes,
- ❖ 90% < F.O. ≤ 100% pour les espèces omniprésentes.

3.1.1.5 - Dominance

La dominance révèle le degré de contribution de chaque espèce à la production de biomasse dans la biocénose et indique l'abondance relative (Grall et Coic, 2005). La dominance des espèces peut être calculée selon la formule :

$$DA = (NA / N1) * 100$$

Où NA est le nombre total d'individus d'une espèce particulière et N1 est le total nombre d'individus de toutes les espèces. Les espèces peuvent être divisées en cinq catégories de dominance qui sont :

- ❖ D1 (<1%) - sous-précédent
- ❖ D2 (1-2%) - reculé
- ❖ D3 (2-5%) - sous-dominante
- ❖ D4 (5-10%) - dominante
- ❖ D5 (> 10%) - eu dominante

3.1.2 - Indices écologiques de structure

Selon Blondel (1975), la structure est exprimée la distribution des abondances spécifique, c'est la façon dont les individus se répartissent entre les différentes espèces. Les indices écologiques de structure employés sont l'indice de diversité de Shannon (H') et l'équitabilité (E).

3.1.2.1 - Indice de Diversité de Shannon (H')

L'indice de Shannon, basé sur la théorie de l'information, est l'indice le plus souvent utilisé en écologie (Barbeault, 1992) puisqu'il considère à la fois l'abondance et la richesse spécifique. Il représente la quantité moyenne d'information apportée par un échantillon sur la structure du peuplement d'où provient cet échantillon et sur la façon dont les individus y sont repartis entre diverses espèces (Daget, 1979).

Cette quantité d'information s'exprime selon la formule suivante :

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i$$

$$P_i = n_i/n$$

n_i : c'est le nombre d'individus appartenant à chaque espèce
 n : c'est le nombre total des individus de toutes les espèces.
 Log_2 : est le logarithme à base 2

3.1.2.2 – Equitabilité (E)

Présente le rapport entre la diversité effective de la communauté et sa diversité théorique maximale (Barbault, 1981). Selon Ramade (1984), l'indice de l'équitabilité est le rapport de la diversité (H') sur la diversité maximum (H_{max}) :

$$E = H'/H'_{\text{max}}. \text{ où } H'_{\text{max}} = \text{LOG}_2(S)$$

H' : diversité observée en bits
 H'_{max} : diversité maximale en bits
 S : richesse totale.

D'après Blondel (1979), l'équipartition E varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus.

3.2 - Notion de coefficient de similarité de Sorensen

Dans le but de chercher le degré d'association ou de similarité de deux sites ou de deux échantillons, il est possible d'utiliser des coefficients de similarité qui sont souvent de grande utilité. Particulièrement l'indice de Sorensen (Southwood, 1978 ; Maguran, 1988), sa formule est la suivante :

$$C_s = \frac{2J}{a+b} * 100$$

C_s : indice de Sorensen
 a : le nombre d'espèces présentes dans le site a
 b : le nombre d'espèces présentes dans le site b
 J : le nombre s'espèces communes dans les sites a et b.

Cet indice varie de 0 à 100. S'il est égal à 0, les deux sites sont dissimilaires et ils n'ont pas d'espèces en communs. S'il est égal à 100, la similarité entre les deux sites est complète et cela désigne que les espèces de deux sites sont identiques.

4 - Exploitation des résultats par les méthodes statistiques

Pour le traitement des espèces de fourmis par des méthodes statistiques, deux techniques sont prises en considération. C'est l'analyse factorielle de correspondance A.F.C. et Calcul des indices écologiques a été réalisée à l'aide de Microsoft Office Excel, ainsi que deux logiciels le PAST (Statistiques paléontologiques) Version 2.17 (Hammer et *al.*, 2001) et XLSTAT version 2007.

4.1 - Analyse factorielle de correspondance

Selon Blondel (1979), L'A.F.C est la méthode d'analyse multidimensionnelle qui permet d'établir un diagramme de dispersion dans lequel apparaissent à la fois chacune des caractères considérés et chacun des individus observés. Le résultat est obtenu grâce à une méthode particulière de codification et par un calcul de valeur propres, qui assurent une parfaite symétrie entre les caractères et les individus, c'est-à-dire entre les lignes et les colonnes de la matrice des données initiales. D'après Legendre et Legendre (1984), l'observation du graphique peut donner une idée sur l'intervention des facteurs et montrer quelles variables sont responsables de la proximité entre telle ou telle observation.

4.2 – Analyse en composantes principales A.C.P

C'est une méthode de base de l'analyse multidimensionnelle (Delagarde, 1983). Elle permet de transformer un nombre de variables quantitatives (q) plus au moins corrélées en (n) variables quantitatives, indépendantes, appelées composantes principales. Elle a pour objectif de présenter sous une forme graphique le maximum d'information contenu dans un tableau de données (Philippeau, 1992). En d'autres termes, elle met en évidence les ressemblances entre les individus du point de vue l'ensemble des variables et dégage des profils d'individus et un bilan des liaisons entre les variables (Cornillons *et al.*, 2012).

Résultats de l'étude myrmécologique et de la bioécologie des fourmis

Ce chapitre regroupe les résultats de l'échantillonnage des fourmis réalisées dans deux différentes régions : la première région est l'Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisé 'ITMAS' Heuraoua à Rouiba dans un verger d'agrumes. La seconde région, un champ de céréales, est celle de Medjana (Sidi Moussa) située dans la wilaya de Bordj-Bou-Arréridj. L'ensemble des résultats au cours de la présente étude est subdivisé en trois parties. La première partie concerne l'analyse physico-chimique des deux stations d'étude. La deuxième partie est consacrée à l'échantillonnage des Formicidae capturés dans les deux régions d'étude ainsi que les interactions entre plante et les fourmis. La troisième partie met l'accent sur quelques espèces particulières recueillies durant la période de l'échantillonnage.

Partie I : Résultats des analyses physico-chimiques et texture du sol

1 - Les caractéristiques pédologiques des sols testés

Les analyses pédologiques et physico-chimiques d'un sol donné, permettent d'apprécier la fertilité naturelle d'un sol, d'expliquer les déficiences de rendements et d'orienter vers le choix des cultures (Soltner, 2005). Elles permettent aussi de rechercher d'éventuelle corrélation entre la présence ou l'absence de la pédofaune.

1.1 – Résultats

Les caractéristiques physico-chimiques de la couche superficielle (0 – 15 cm) du sol de la station de l'ITMAS sous les arbres d'orangers et la station de Medjana au sein de la céréaliculture sont données dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés

| Analyses pédologiques Régions | Rouiba (ITMAS) | Medjana (Sidi Moussa) |
|----------------------------------|----------------|-----------------------|
| pH eau | 7,39 | 7,88 |
| C.E (ds/m) | 0,375 | 0,913 |
| Calcaire total (%) | 1,3 | 13,55 |
| Azote (%) | 0,009 | 0,004 |
| M.O (%) | 2,93 | 2,9 |
| Phosphore (ppm) | 89,4 | 70,15 |
| C.E.C (meq/100g) | 10,3 | 19,2 |

L'examen des analyses physico-chimiques de sol dans les deux régions montre que nos sols sont caractérisés par :

➤ Dans la station de l'ITMAS, le **pH** est de 7,39 et 7,88 dans la station de Sidi Moussa. Selon l'échelle d'interprétation du pH signalé par Gagnard *et al.*, (1988), on constate que le sol dans la région de Medjana a un caractère fortement alcalin, alors qu'il est légèrement alcalin dans la station de l'ITMAS. L'activité du sol, tout comme la disponibilité de la majeure partie des éléments nutritifs dépend du pH du sol. Dans plusieurs cas, les carences en oligo-éléments sont dues à un pH du sol trop faible (sol acide) ou plus fréquemment à un pH du sol trop élevé (sol alcalin). Les valeurs élevées du pH (7,7 à 8,4) sont fréquemment corrélatives de difficulté d'assimilabilité par les plantes de certains éléments qui leur sont indispensables. Le pH du sol de Medjana peut de ce fait, être déficitaire d'un certains éléments nutritifs.

➤ **La conductivité électrique** est de l'ordre de 0,375 et 0,913 (ds/m) dans la station de Rouiba et de Medjana respectivement. Selon l'échelle de salure établie par Aubert (1978), le sol du nord d'Algérie est non salé, Cela ne présente aucun effet défavorable pour la culture. Tandis que le sol de la région semi-aride est légèrement salé.

➤ **Le calcaire** est présent en proportion relativement importante dans le sol de Medjana (13,55%). Par contre, dans le sol de Rouiba, il présente une teneur très faible en calcaire total (1,3%). Nous savons que le calcaire intervient dans la stabilisation et la formation du complexe argilo-humique qui est la base de la fertilité du sol. Cependant, l'excès de calcaire actif dans le sol est à l'origine de l'apparition de symptômes de chlorose et d'effets négatifs sur la croissance des cultures. Dans nos conditions, le sol de Medjana peut présenter un risque de chlorose ferrique à cause de sa richesse en calcaire actif. Ce dernier risque de

bloquer l'assimilation des oligo- éléments notamment le fer nécessaire aux plantes (Juste et Pouget, 1980 ; Lopez-Bellido et Fuentes, 1986 ; Bourguignon, 2002).

➤ **La matière organique** exerce un rôle très important sur le sol en améliorant ses propriétés physiques (stabilité structurale, capacité de rétention en eau,...) et chimiques par la libération progressive des éléments nutritifs et l'augmentation de leur pouvoir absorbant en éléments minéraux apportés par les engrais (Callot *et al.*, 1982). La connaissance de sa teneur dans le sol renseigne sur sa potentialité fertilisante. Selon les résultats mentionnés ci-dessus (Tab. 2), le taux de matière organique est élevé dans les deux régions Medjana et Rouiba avec respectivement 2,9% et 2,93%. Ces niveaux élevés de la matière organique dans ces sols peuvent s'expliquer également par la présence d'une fumure organique apportée avant plantation.

➤ **La Capacité d'Echange Cationique du sol (CEC)** représente la taille du réservoir permettant de stocker de manière réversible certains éléments fertilisants (potassium, magnésium, calcium...). Elle est liée au complexe argilo humique et sa valeur est donc fonction des quantités d'argile et de MO qu'il contient, mais aussi de la nature de ces éléments et du pH du sol. Ce paramètre donne une notion sur la fertilité chimique du sol. D'après les données analytiques (Tab. 2), on constate que la valeur de la C.E.C est élevée dans la station de Medjana (19,2 meq/100g). Ce niveau élevé de C.E.C est dû à la quantité relativement importante d'argile ce qui lui donne la propriété absorbante pour fixer les cations. Par contre, dans la station de Heuraoua, la C.E.C représente 10,3 meq/100g. Cette valeur est moyenne qui est liée à la texture du sol. C'est-à-dire qu'on est en présence d'un sol sableux à faible taux d'argile.

➤ **Le phosphore** est l'un des éléments majeurs indispensables à la croissance et au développement des végétaux. Il joue en particulier un rôle essentiel dans la mise en place du système racinaire, la photosynthèse et la reproduction du végétal (Elalaoui, 2007). Gervy (1970) estime qu'un sol est considéré comme riche en phosphore assimilable lorsque sa teneur dépasse 300 ppm, moyennement riche quand cette dernière est comprise entre 150 ppm et 300 ppm et pauvre quand elle est inférieure à 150 ppm. Les résultats des échantillons de sols étudiés (Rouiba, Medjana) montrent que les teneurs en phosphore assimilable sont très faibles. Cela peut être dû au pH élevé dans le sol.

➤ **L'azote** : La teneur en azote total des sols de Rouiba et de Medjana n'est pas satisfaisante, elle oscille respectivement entre 0,009 et 0,004%, cela indique que les deux sols étudiés sont pauvres en azote.

2 - Texture des sols

L'analyse granulométrique décrit les proportions relatives des diverses tailles des particules solides du sol (argiles limons et sables), et permet d'apprécier la perméabilité, la rétention en eau, l'aération et la capacité d'échange cationique (Baize, 1988). La classe texturale des sols est déterminée selon le triangle de texture (USDA, 2008) et les résultats de l'analyse granulométrique des sols étudiés sont consignés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Résultats des analyses granulométriques des sols

| Sols | Argile% | Limon% | Limon grossier | Sable fin | Sable grossier | Texture |
|----------------|---------|--------|----------------|-----------|----------------|-----------------|
| Rouiba | 10,15 | 17,35 | 28,15 | 39,45 | 4,9 | Limono-sableux |
| Medjana | 33,44 | 30,5 | 10,5 | 19,15 | 6,45 | Argilo-limoneux |

Les résultats obtenus révèlent que le sol de Medjana présente une texture Argilo-limoneuse avec une dominance d'argile (33,44%). Ce sol permet à l'air et à l'eau de circuler plus au moins facilement et il convient à la culture du blé et du maïs. Cependant, il est sujet à la formation superficielle d'une croûte sèche et peut présenter un phénomène de battance à cause de la présence des limons. La battance est le signe de risque d'érosion et d'une structure fragile, sensible au tassement (Massenet, 2013). Par contre le sol de Rouiba montre une dominance de sable fin (39,45%) par rapport aux autres fractions, il s'agit une texture limono-sableuse. Cette texture est le signe d'un sol bien aéré et relativement imperméable.

Partie II : Echantillonnage de la myrmécofaune

Les résultats relatifs à la faune myrmécologique dans les deux régions de climat différent (humide et semi-aride) sont obtenus par deux méthodes d'échantillonnage (Pots de Barber et à la main). Par la suite, l'exploitation des résultats est soumise à différents tests en particulier la qualité de l'échantillonnage suivi d'un traitement par les indices écologiques de composition et de structure ainsi que des analyses statistiques.

1 - Résultats des Formicidae recueillies au niveau de deux régions

L'échantillonnage des fourmis dans deux régions a permis de recenser 19 espèces réparties en 15 genres appartenant à trois sous familles (Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae).

Les espèces mentionnées ci-dessous recueillies au cours de la présente étude sont accompagnées par des symboles : le signe (*) signifie qu'il s'agit une espèce redécouverte pour la deuxième fois en Algérie. Le signe (***) attire l'attention pour une espèce invasive nouvelle pour l'Algérie. Le signe (***) signifie une détermination incertaine de l'espèce. Une espèce non suivie de signe correspond à un taxon déjà signalé par d'anciens auteurs qui ont travaillé sur les fourmis.

Tableau 4 : Formicidae capturés dans les régions d'études (Rouiba, Medjana)

| Sous-familles | Espèces |
|-----------------------------|---|
| Myrmicinae n = 11 | <i>Tetramorium semilaeve</i> (Linnaeus,1758) |
| | <i>Crematogaster scutellaris</i> (Olivier,1792) |
| | <i>Aphaenogaster depilis</i> (Santschi, 1911) |
| | <i>Tetramorium biskrense</i> (Forel, 1904) |
| | <i>Pheidole pallidula</i> (Nylander, 1849) |
| | <i>Messor medioruber</i> (Snatchi,1927) |
| | <i>Messor barbara</i> (Linnaeus, 1767) |
| | <i>Temnothorax</i> sp (Mayr, 1861) *** |
| | <i>Monomorium salomonis</i> (Linnaeus, 1758) |
| | <i>Strumigenys membranifera</i> (Emery 1869) * |
| | <i>Cardiocondyla mauritanica</i> (Forel,1890) |
| Formicinae n =6 | <i>Plagiolepis barbara</i> (Emery, 1921) |
| | <i>Camponotus piceus</i> (Leach,1825) |
| | <i>Camponotus foreli</i> (Emery, 1881) |
| | <i>Lepisiota frauenfeldi</i> (Mayr, 1855) |
| | <i>Nylanderia jaegerskioeldi</i> (Mayr 1904) ** |

| | |
|--------------------------------|--|
| | <i>Cataglyphis viatica</i> (Fabricius, 1787) |
| Dolichoderinae n = 2 | <i>Tapinoma nigerrimum</i> (Nylander, 1856) |
| | <i>Tapinoma simrothi</i> (Krausse, 1911) |

Dans le tableau ci-dessous, nous avons reportés le nombre de sous-familles, de genres et d'espèces de fourmis capturés dans les deux stations d'étude.

Tableau 5 : Importance des sous- familles, de genres et d'espèces de fourmis dans le Nord et l'est d'Algérie

| Sous-familles | Genres | % | Espèces | % |
|----------------|--------|-------|---------|-------|
| Myrmicinae | 9 | 60.00 | 11 | 57.89 |
| Formicinae | 5 | 33.33 | 6 | 31.58 |
| Dolichoderinae | 1 | 6.67 | 2 | 10.53 |
| Total | 15 | 100 | 19 | 100 |

Les résultats ci-dessus, montrent que la sous famille des Myrmicinae est la plus riche en genre (60 %) et en espèces (57,89 %). Elle est suivie par la sous famille des Formicinae (33,33 % en genres et 31,58 en espèces). Ces deux sous-familles constituent une part importante dans cette myrmécofaune (93,33 % en genres et 89,47 % en espèces) Parmi les Dolichoderinae, où on a focalisé un seul genre dont deux espèces seulement échantillonnées.

1.1 - Principaux caractères d'identification des Formicidae récoltés dans les deux sites d'étude

Tout inventaire entomologique a pour objectif de dresser une liste la plus exhaustive possible des espèces qui composent les peuplements recensés. Ainsi, l'inventaire des fourmis réalisé, au cours de notre étude a été suivi d'une étude systématique qui vient rechercher les liens qui unissent les individus d'une même espèce et ceux qui en séparent deux différentes.

Les fourmis sont des insectes appartenant à l'ordre des hyménoptères apocrites (étranglement entre le thorax et l'abdomen) aculéates (avec aiguillon). Elles se caractérisent par un étranglement qui se présente sous la forme d'un ou deux nœuds : c'est le pétiolé. La structure de cette dernière présente un caractère primordial pour déterminer les principaux sous familles de Formicidae. De plus, plusieurs autres critères discriminatoires sont pris en considération : le dimorphisme sexuel, le nombre d'articles antennaires, clypeus, fossettes frontale, position des yeux, formes de la tête et les nervures alaires chez les sexués sont des caractères systématiques intéressants dans la détermination des fourmis.

Les fourmis appartiennent toutes à la famille des Formicidae qui n'est représenté dans ce présent travail que par 3 sous familles : les Myrmicinae, les Dolichoderinae et les Formicinae.

1.1.1 - Les Myrmicinae

La sous-famille des Myrmicinae constitue le plus vaste ensemble de fourmis. Elles sont très facilement distinguables car elles possèdent **2 nœuds pétiolaires (Fig. 29)** entre le thorax avec le gastre. Son aiguillon est présent et actif et la cuticule est généralement sculptée et leur stade de nymphose se fait sans cocon.

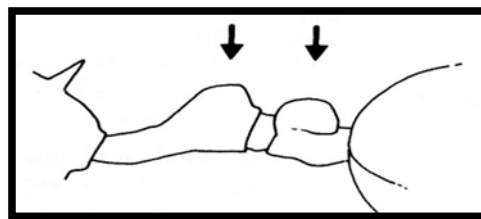
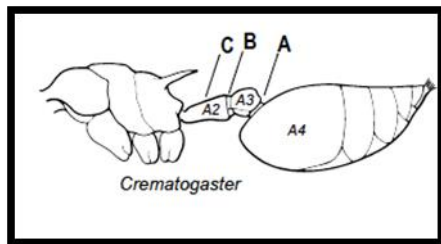


Figure 29 : Pétiolé de la sous famille de Myrmicinae

Parmi cette sous famille nous avons capturés dans les deux régions d'étude les espèces du *Crematogaster*, *Tetramorium*, *Cardiocondyla*, *Messor*, *Temnothorax*, *Strumigenys*, *Pheidole*, *Monomorium* et *Aphaenogaster*.

1.1.1.1 – Genre *Crematogaster* : Ce genre est l'un des plus riches en espèces (environ 430) parmi les Formicidés ; il n'est dépassé que par le genre *Camponotus*, *Pheidole* et *Polyrhachis* (Bolton, 1995). La suture thoracique très marquée, segment médiaire armé de 2 épines. La fourmi de ce genre se distingue par les caractères suivants :



-Le **post-pétiole (A3)** est articulé sur la partie dorsale du premier segment du gastre, ce dernier ayant un aspect **cordiforme** et capable de réfléchir sur le mésosoma

Le **pétiole (A2)** aplati dorso-ventralement et sans nœud

-**Helcium (A)** **élargi** de profil sa hauteur inférieure ou égale la hauteur du post-pétiole

a- *Crematogaster scutellaris* : l'espèce est très facilement reconnaissable avec sa tête rouge. Ses ouvrières forment de grandes colonnes de fourragement très visibles sur les murs des maisons où elles ont élu domicile.

- **Tête** rouge et arrondie, contrastant avec le reste du corps plus foncé. Elle est généralement assez lisse
- **Thorax** noire, ridé-réticulé se terminant par deux épines à peine incurvées qui sont des dents propodéales réduites à de simples denticules aigus.
- **Gastre** cordiforme relevable vers l'avant ; et l'aiguillon atrophié, présente une extrémité spatulée permettant de recueillir la substance défensive avant application.



Crematogaster scutellaris (photo. Originale, Rouiba)

Long. ouvrière : 3 - 5 mm

Essaimages : de septembre à novembre

Tête



Thorax

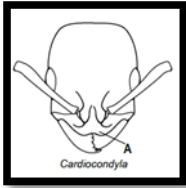


Gastre

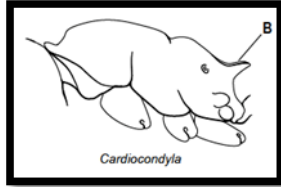


1.1.1.2- Genre *Cardiocondyla* : Ce sont de minuscules fourmis Myrmiciniés ayant une taille corporelle de 1,5 - 3 mm dans la caste ouvrière. Elles sont caractérisées par leur post-pétiole en vue dorsale étant beaucoup plus large que le pétiole et souvent en forme de cœur (d'où le nom du genre). C'est des fourmis de couleur brun clair à brun noirâtre avec un scape antennaire court, des épines propodéales très réduites et émoussées à des petits angles.

Siefert (2003), a reconnu 48 espèces du genre *Cardiocondyla* de l'Europe, l'Afrique et de l'Asie continentale. Cependant, il a estimé que le nombre total des espèces peut dépasser 100. De même, cet auteur a noté que l'ouvrière de *Cardiocondyla* est similaire à *Monomorium* et *Temnothorax*, mais ces deux derniers genres, le post-pétiole est aussi large ou seulement un peu plus large que le pétiole, de plus la partie dorsale de la tête, du mesosoma et du gaster porte au moins de poils dressé. La fourmi du genre *Cardiocondyla* se distingue par les caractères suivants :



- Tête allongée lisse ou ornée de ponctuation très régulière avec des yeux convexes
- **Aire frontale** enfoncé vers le bas



- Thorax peu sculpté, **sans sillon méso-epinotal**
- Epinotum armé de deux épines ou angles vifs (B)

a - *Cardiocondyla mauritanica* (ouvrière) : C'est une espèce vagabonde la plus répandue du groupe *C. nuda* (Heinze *et al.*, 2006).

Espèce de couleur variable, typiquement, la tête est dorsalement brun foncé, le mésosoma et la taille sont bruns, gastre brun foncé à noirâtre.




- **Tête** allongée, index post oculaire large, les yeux relativement petits, les carènes frontales très peu convergentes, **fovéoles sur le vertex** non séparées par des inter espaces, profondément impressionnés ; sculpture longitudinale sur le vertex relativement bien développée mais masquée par leur fusion avec de fortes marges fovéolaires. Le clypeus avec quelques rides longitudinales

- **Thorax :** Mesosome entier, généralement avec un microréticulum bien développé, mais moins fort que chez *C. nuda*. Metapleurale en latéral finement ridés longitudinalement. Le sillon métanotale plus au moins peu profond. Les épines courtes et émoussées

- **Gastre :** la surface du premier tergite complètement glabre, un microréticulum délicat. Le pétiole étroit « nœud » légèrement plus long que large ; post pétiole relativement étroit, en aspect dorsal approximativement hexagonal et nettement plus étroit que le pétiole. Le gastre est de couleur brun foncé à noirâtre.



Cardiocondyla mauritanica
Ouvrière (photo. Originale, Rouiba)

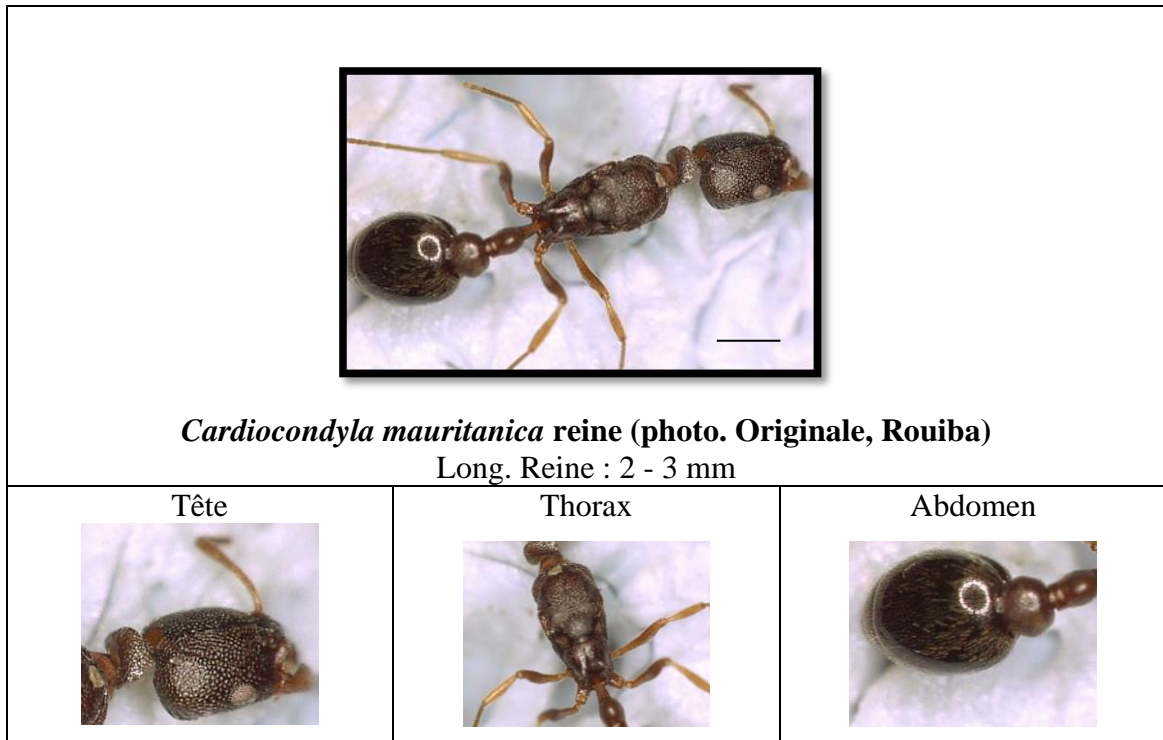
| Tête | Thorax | Gastre |
|--|--|--|
|  |  |  |

b- *Cardiocondyla mauritanica* (reine)

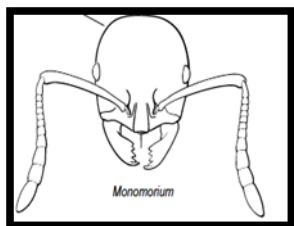
- **La tête** de longueur moyenne et allongée, la **marge occipitale droite ou faiblement concave**, carène frontale divergente. **Plus Sculptée** en comparaison aux ouvrières

- **Le thorax** : Pronotum arrondi, de couleur noire et brune ; zone dorsale complète du mésosoma densément et profondément fovéolée. Les épines **courtes et émoussées**.

- **Le gastre** dans le cas typique est de couleur sombre à brun noirâtre. La forme de post pétiole et le pétiole similaire chez l'ouvrière mais les deux segments sont légèrement **plus larges et plus hauts**.



1.1.1.3 - *Monomorium* Mayr, 1855 : ce genre est l'un des plus importants au sein des fourmis Myrmicinae (Heterick, 2006). Bolton (1995), le place parmi les « giant genera » en 7^{ème} position quant au nombre d'espèces derrière les genres *Camponotus*, *Pheidole*, *Polyrhachis*, *Crematogaster*, *Tetramorium* et *Leptotemnothorax*. Il renferme des fourmis cosmopolites (Bolton *et al.*, 2007), omnivores, lentes et grêles et de taille minuscule. Fourmi assez luisante sur la tête qui est plus longue que large (Bernard, 1953).



- Les sillons frontaux absents toujours.
- Le bord antérieur du clypeus avec des **poils allongés** souvent dirigés vers l'avant

Massue antennaires de 3 articles aussi longues que le reste de funicule

Mandibules généralement à 3, 4 dents rarement avec 5



- **propodeum et pétiole** arrondi, jamais armé des épines
- **spiracle propodéal** petit, circulaire ou subcirculaire

a. *M. salomonis* est de coloration variée, en général la tête et le gastre sont plus sombres que le tronc. La tête brune, le tronc brun jaunâtre à brun sombre, souvent maculé et le gastre brun noirâtre.

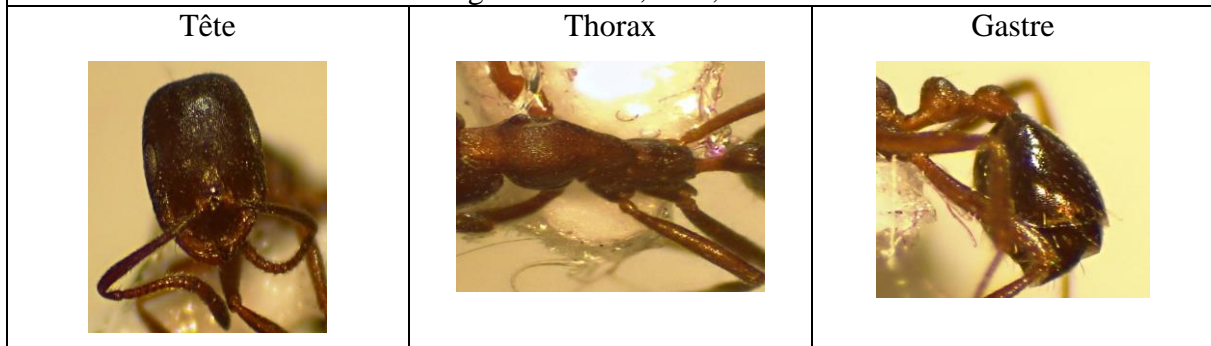
- **Tête luisante brun foncé**, peu ponctuée sans stries organisées sur le front, seulement la réticulation homogène. Deuxième article de la massue antennaire environ 1/3 plus long et plus large que le premier.

- **Thorax rougeâtre**, souvent mat ; **suture méso-épinotale** en sillon bien marqué, pattes rougeâtres.

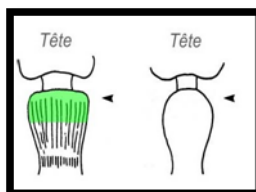
- **Gastre luisant**, brun noirâtre.

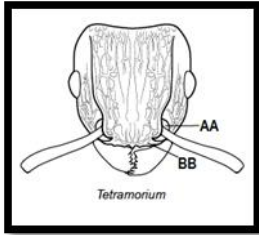


Monomorium salomonis (photo originale, BBA)
long ouvrière : 2,4 – 3,6 mm



1.1.1.4 -Tetramorium (Mayr, 1855) : Les espèces du genre *Tetramorium* omnivore, en fourmilières combatives et très peuplées. Leur activité est plutôt nocturne. Il est essentiellement distribué et diversifié dans l'ancien monde et surtout dans la région afro-tropicale ; possédant une tête carrée et présentant un **pronotum en "épaules carrées"** en vue dorsale (Bernard, 1968 ; Bolon, 1980).





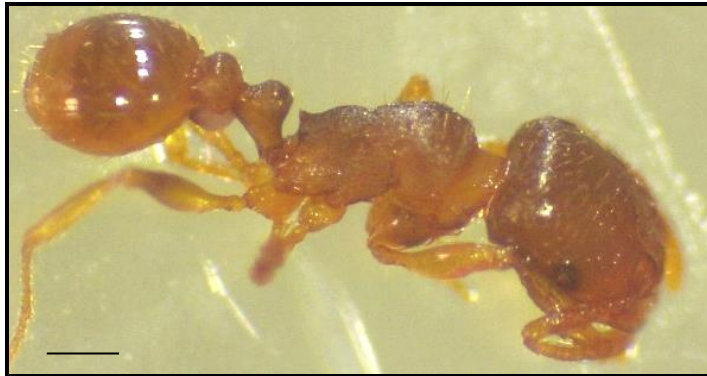
- **Insertion antennaires (AA)** séparés du bord postérieur du clypeus par une **crête en forme d'arc**.
- Mandibule larges, robustes, à 5-8 dents peu aiguës
- **Clypeus non prolongé en avant (BB)**

a-Tetramorium semilaeve

- **Tête** presque carré moins striée avec une quinzaine de rides sur le front, s'écartant en éventail vers l'occiput où elles s'atténuent ou disparaissent, laissant l'arrière de la tête lisse.

- **Thorax** plus au moins ridé en mailles et réticulé, pouvant parfois devenir en partie lisse, scutum faiblement ridé, mésonotum noir ou roux, lisse sur sa plus grande partie, dos de l'épinotum entièrement plat.

- **Gastre** soyeux, le premier tergite lisse et brillant.



Tetramorium semilaeve (photo. Originale, Rouiba)
 Long. ouvrière : 2 - 3 mm
 Essaimages : juin- juillet



Tête

b-Tetramorium biskrense : Espèce de couleur brun – rougeâtre plus au moins soutenu. Les nids sont observés comme des petits trous dans le sol. Les ouvrières sont agressives et peuvent s'attaquer à d'autres espèces de fourmis.

- **Tête** : Cette espèce est reconnaissable par sa tête rouge plus ou moins arrondie **striée longitudinalement et rectiligne**, qui ne s’atténuent pas en allant vers l’occiput, les rides s’effacent peu en arrière sauf parfois sur les cotés

- **Thorax** : Possède deux dents sur l’épinotum et le métasternum

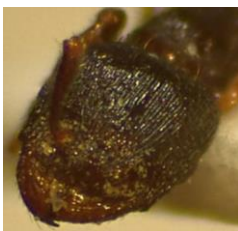
- **Gastre** : Striation polygonale continue sur le 1er tergite gastral



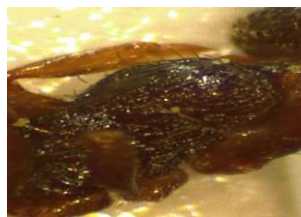
Tetramorium biskrense (photo. Originale, Rouiba)

Long. ouvrière : 2,5 – 3,2 mm

Tête



Thorax

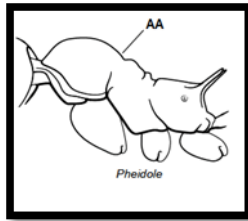


Gastre

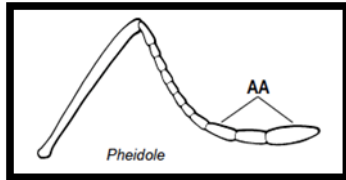


1.1.1.5 - Pheidole Westwood, 1839 – Les fourmis appartenant à ce genre sont de couleur variant du jaune pâle à brun noir, dans l’ensemble lisse, poils rares. On distingue chez cette espèce deux types d’ouvrières : les ouvrières simples qui ressemblent à la femelle et les ouvrières à grosse tête carrée de couleur rouge. C’est des espèces plus agiles et rapides des Myrmicinae et également plus combative.

Quelques caractères discriminants du genre *Pheidole* :



- **Sutures pro-mésenotal** entièrement absentes
- **Marge postérieure du pronotum** ne chevauche plus la marge antérieure du mésenotum (AA)



Les segments apicaux forment les trois **grands articles de la massue antennaire** (AA)

a - *Pheidole pallidula*

- **Tête** : Un dimorphisme chez les ouvrières est remarquable : majors à très grosses têtes 3,5 – 4,5mm de long en vue de face subrectangulaire ; ouvrière minor à tête arrondie mesurant < 3,3mm. **Les deux formes** possèdent une grande massue antennaire de **3 articles presque égaux**, très distincte du reste du funicule ; les palpes labiaux au plus de 2 articles, les palpes maxillaires au plus de 3 articles. Les yeux sont petits et faiblement circulaires.

- **Chez les majors** : les carènes frontales sont courtes et faiblement divergentes ; le **clypeus** brillant et glabre avec **une carène médiane** longitudinale faible ; les mandibules sont courtes et très arquées, ne peuvent pas se croiser ; la pilosité semble simplement plus clairsemée.

- **Chez les minors** : les mandibules sont grêles et peu longues, peuvent se croiser et chacune possèdent 5 à 6 dents où les deux antérieurs bien plus longues et assez aiguës.

- **Thorax chez les minors** avec deux épines très réduites de **forme triangulaire** sur l'épinotum ; proésonotum légèrement bombé ; présence de sillon métanotal impressionné ; en vue de profil le pétiole avec un pédicelle relativement court ; post pétiole court et globulaire.

- **Gastre de minors** distinctement petits que la tête ; **pilosité longue**, abondante et fine.



Pheidole pallidula (photo. Originale, BBA)
Ouvrière minor

Tête



Thorax



Gastre



Ouvrière major : Les ouvrières majors sont de couleur globalement brun jaunâtre à pale, les mandibules brun foncé. Elles présentent un corps brillant, sculpture absente à l'exception de fines stries sur un tiers antérieur de la tête.

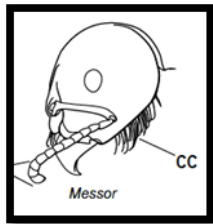


Pheidole pallidula (photo. Originale, BBA)
Ouvrière major (3,5-4,5) mm



Tête

1.1.1.6 - *Messor* Forel, 1890 ou Fourmis « moissonneuses » sont très communes en Algérie. Elles collectent principalement des graines et des glumes. On les trouve dans tous les lieux découverts, anthropisés ou non. Du point de vue taxonomique, les ouvrières fournissent les caractères discriminants mais souvent basés sur la coloration qui peut subir de phénomène de mélanisation en milieu froid et/ou chauds deviennent plus claires, avec des couleurs plus contrastées, souvent un rougissement des teintes, tandis que l'ornementation de tégument s'atténue. L'aspect devenant plus lisse et luisant qu'en environnement tempéré. Quelques caractères discriminatoires du genre ***Messor*** :



- Surface ventrale de la tête généralement (mais pas toujours) avec un **psammophore**, composé de soies allongées (**CC**)



- **Mandibules massives** et larges, avec un bord extérieur très incurvées

a - *Messor medioruber* : Est une espèce de corps brun rougeâtre, ridé et mâte, avec une pilosité dressée, médiocre sur le corps, psammophore développés.

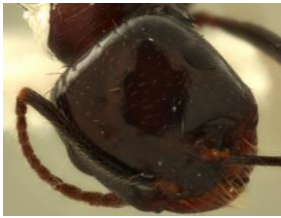


- **Tête strié** sur sa longueur, mate, lisse et luisante, à peine ridulée sur le front, mandibules de couleur rouge foncé.

- **Thorax assez finement strié**, ridé sur les côtés et le dessus du pronotum. Ce dernier et le mésonotum de couleur rouge foncé, le reste de thorax et les appendices brun plus au moins noire.

- **Gastre luisant** : structure du tégument du premier tergite allant de l'alutacé au réticule ponctué ; le nœud pétiolaire plus au moins élevé du profil.



Messor medioruber (photo. Originale, B.B.A)
Long. ouvrières : 8-16 mm

| Tête | Thorax | Gastre |
|--|--|--|
|  |  |  |

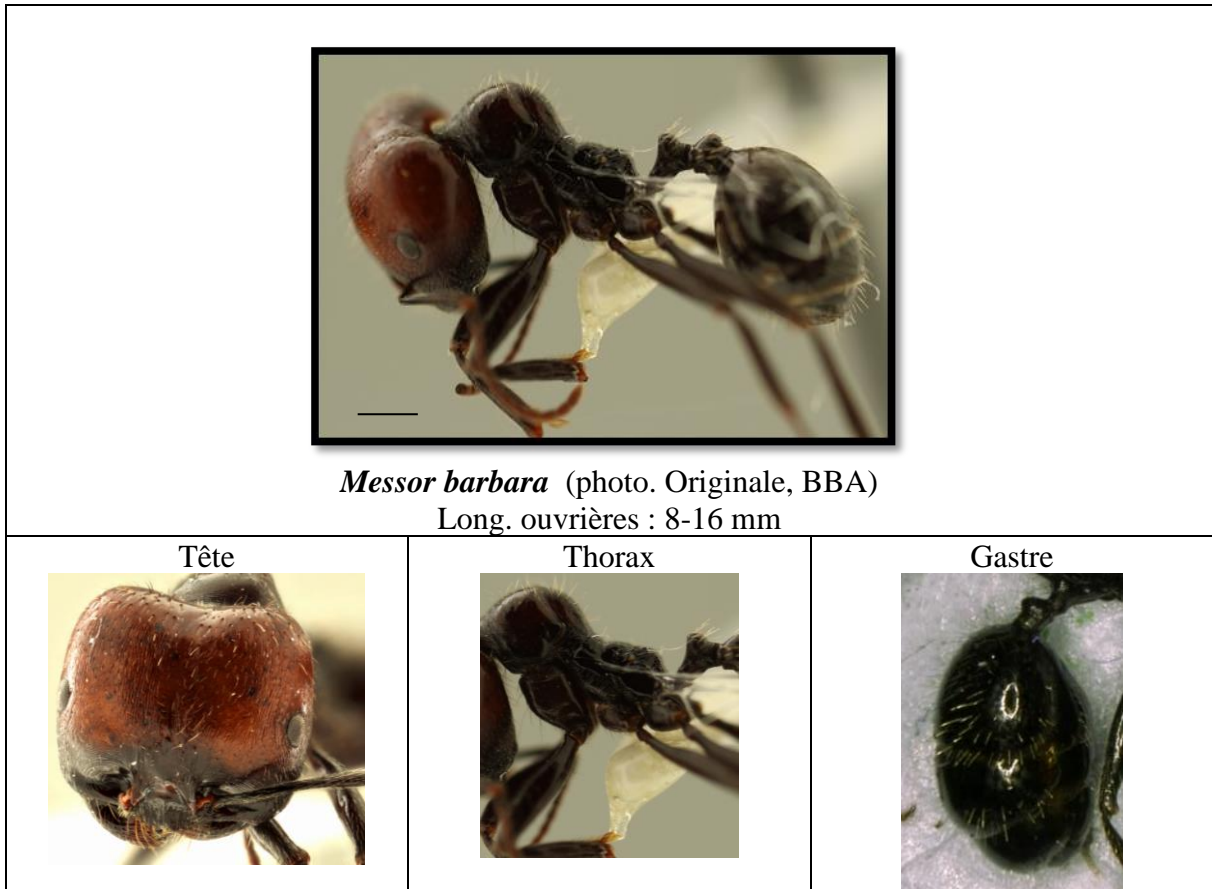
b - *Messor barbara* (ouvrière) : Espèce de grande taille de couleur noire brillante. Strictement granivore d'où son nom « Moissoneuse ». Dans la colonie, on distingue des ouvrières simples petites et des grandes à grosse tête d'un rouge sombre. La femelle ressemble à l'ouvrière, elle est entièrement noire à tégument sculpté et ou lisse brillant et à tête plus ou moins carrée.

- **Tête partiellement maculée** de brun ; les dents sont très développées. Ce groupe est caractérisé par la présence du premier article du funicule 1/5 fois plus grand que le deuxième. Tête à courts poils sous la gula, abritant de puissants muscles leur permettant de broyer les graines les plus dures.

- **Thorax : Epinotum arrondi mutique**, sa surface dorsale convexe peu ou pas striée. propodéum plus anguleux.

- **Gastre :** les ouvrières major sont reconnaissables par leur énorme tête rouge, plus

grosse que leur gastre.



Messor barbara (photo. Originale, BBA)
Long. ouvrières : 8-16 mm

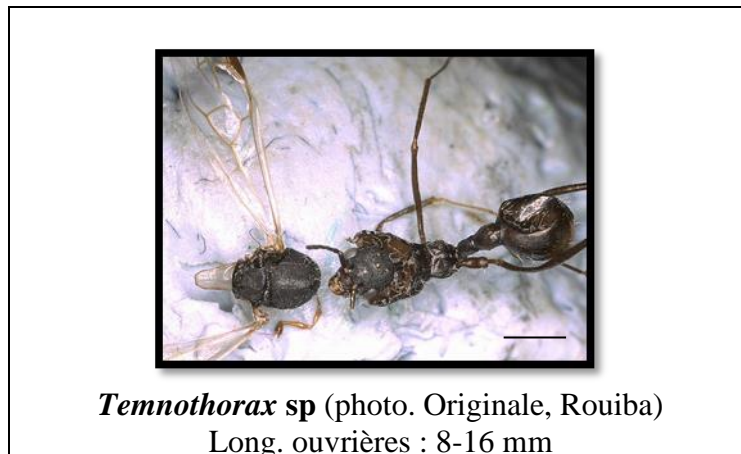
C. *Messor barbara* (reine) : La gyne (ou reine), qui peut vivre plus de 20 ans, Elle est de couleur **noire**, la tête, le gastre et l'extrémité des pattes parfois teintés de rouge, selon le taux d'humidité présent dans le nid lors de sa conception. Tout le corps très luisant sauf le post pétiole qui est souvent strié.



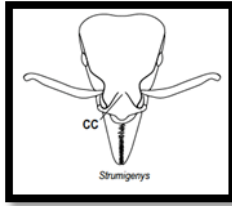
Messor barbara (photo originale, B.B.A)
Longueur de la reine (12- 14,5 mm)

1.1.1.7 - *Temnothorax* Mayer,1861 : Les fourmis du genre *Temnothorax* sont de petites fourmis possédant un corps de couleur jaune brunâtre, plus foncé au niveau du thorax. Le post -pétiole en-dessous sans fines denticules.

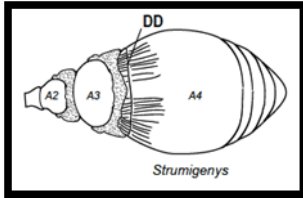
- **Tête** brun noir, Tête généralement moins longue et le plus souvent avec un occiput arrondi. Lames frontales très courtes, n'arrivant en aucun cas jusqu'aux bords postérieurs des yeux.
- **Thorax** : Tronc et écaille plus clairs, mésonotum à peine strié, luisant. Pétiole plus long que haut
- **Gastre** : Tergite gastrique quelque peu brunâtre.



1.1.1.8 - *Strumigenys* Smith, 1860: le genre *Strumigenys* est l'un des genres les plus grands et les plus visibles de la sous-famille Myrmicinae (Bolton, 2000). Ce genre est classé dans la tribue Dacetini, avec 836 espèces existantes valides actuellement reconnues (Bolton, 2014).



- Tête en forme de cœur** ; Les yeux sont situés au bord ventro- latérales
- Les lames frontales** généralement présentes et bien visibles
- Les **lobes frontaux** largement séparés ; le **clypeus se projette** entre les lobes frontales (**CC**)
- **Mandibules** triangulaire à linéaire.



- Base du premier tergite (**A4**) avec une lèvre transversale ou un limbe (**DD**)
- Tissus Spongiforme** ou bien des appendices lamellaires habituellement sur post pétiole (**A3**) ou les deux segments (**A2, A3**).

a- *Strumigenys membranifera* (reine) : C'est une espèce de couleur jaune terne à brun jaunâtre, antennes de 4 articles avec des mandibules triangulaires.

- **Tête en forme de cœur**, mandibules triangulaires avec 12 dents, disposées en une série de 7 plus grandes dents basiquement suivie d'une série de 4 denticules et une petite dent apicale ; clypeus et les marges latérales de la tête **glabre**.

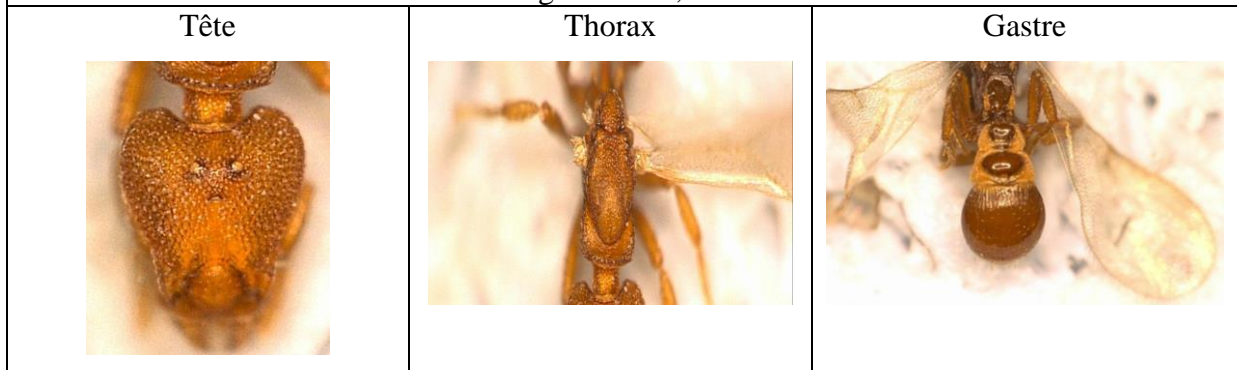
-**Thorax** : Angles huméraux du pronotum sans poils ; le **pronotum** sans carène médiane ; le dos du mésosome **nue**, appendices spongiformes latéraux du nœud pétiolaire grand et fortement proéminent.

- **Gastre** : Les surfaces dorsales du pétiole, du post pétiole et gastre sans poils mais avec de **pubescence minuscule** très clairsemée ; les **appendices spongiformes** massivement développées sur les deux segments (post-pétiole et pétiole).

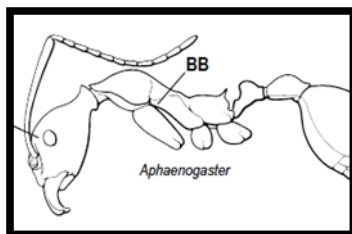


Strumigenys membranifera (photo. Originale, Rouiba)

Long. reine : 2,3 mm



1.1.1.9 - *Aphaenogaster* Mayr, 1853 : Le genre *Aphaenogaster* se distingue par une tête grêle, antennes de 12 articles à massue de 4 à 5 articles, les yeux, moyens et placés généralement vers milieu des joues. Quelques caractères morphologiques du genre *Aphaenogaster*



- Les lames frontale généralement absentes
- Massue peu nette dont le premier est moins de deux fois plus long que le précédent
- absence des soies dressées en Mesopleuron (**BB**)
- **pétiole allongé** très pédonculé

a - *Aphaenogaster depilis* : Espèce de couleur noir, appendices rouge-brunâtre, plus au moins un peu plus fort vers le front et parfois vers le bas de métasternum. Allure générale plus grêle, mate densément réticulée ponctuée. La pilosité en générale pointu à l'extrémité, dressé et blanchâtre.

- **Tête est surtout plus étroite** derrière que devant, mandibule striées armées de deux apicales suivies de 5 à 6 dents plus petites et irrégulières, aire frontale striée et un peu luisante.

- **Thorax : Dos du thorax ponctué**, faiblement ridés sur le dessus de l'épinotum ; pronotum convexe.

- **Gastre finement strié moiré** dessus, lisse et **luisant dessous**, pilosité dressé blanchâtre.



Aphaenogaster depilis (photo. Originale, Rouiba)
Long. ouvrière : 5-6 mm

Tête



Thorax



Gastre



1.1.2 -Formicinae

Fourmis appartenant à cette sous famille sont très agiles. Leur pétiole formé d'un seul article, surmonté d'une écaille plus ou moins haute dressé (**Fig. 30**). Les ocelles visibles chez les ouvrières ; les arêtes frontales partant du bord postérieur de clypeus. Leur gastre est composé de 5 segments mais leur aiguillon est atrophiée. L'acide formique (moyen de défense) est rejeté par l'extrémité de l'abdomen, l'orifice anal est circulaire frangé de soies.

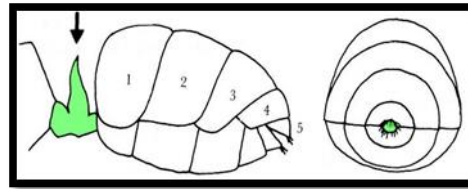
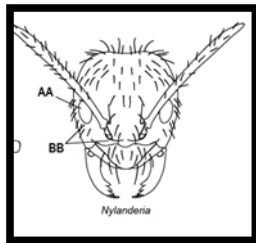


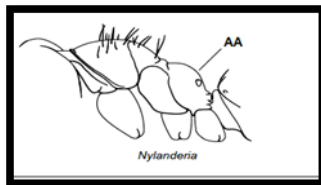
Figure 30 : Pétiole de la sous famille de Formicinae

Les formicinae sont représentés par cinq genres : il s’agit de *Nylanderia*, *Plagiolepis*, *Camponotus*, *Cataglyphis* et *Lepisiota*.

1.1.2.1- *Nylanderia* : Ce sont des fourmis tropicales très agiles, différentes notamment des *Lasius* par les gros poils **raides dressés** qui garnissent tout le corps. Elles sont d’un brun jaunâtre dans son ensemble, avec une pubescence abondante sur la tête, des parties antérieures du pronotum, du mésonotum et du gastre (La Polla *et al.*, 2011).



- **Scapes antennaire** dépasse les marges postérieures de la tête
- **Les yeux composés** large et bien visible (AA).
- les lobes antennaires est distinctement dirigé vers le plan médian de la ligne du grand axe de l’œil (BB)
- **Mandibules** avec **6 dents** jamais avec 5 et 8



- **Propodeum dorsal** sans soies dressés (AA)
- **Spiracle propodéale** circulaire ou subcirculaire généralement petites

a- *Nylanderia jaegerskioeldi* (ouvrière)

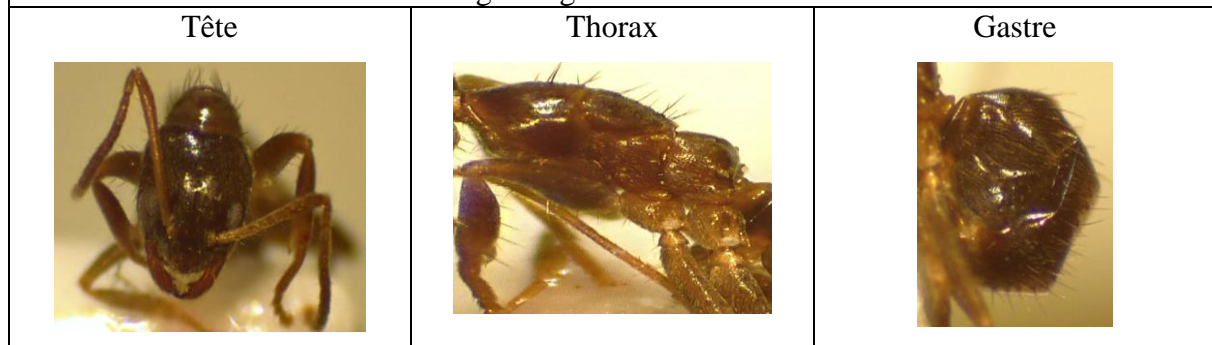
- **Tête** avec une épaisse couche pubescence ; coins postéro-latéraux légèrement anguleux en vue de face, donnant à la tête un aspect subquadratoire. Le scape dépasse les marges postérieures d’environ la longueur des 2 - 3 des premiers segments de funicule. Le scape avec des soies raides érigées, dispersées et une couche de pubescence

- **Thorax** : Le mésosome avec des poils rigides érigées et une abondante couche de pubescence, en particulier sur le pronotum et le mesonotum ; zone métanotale compacte ; propodeum bas (inférieur au mésonotum), avec une face dorsale courte et angulaire.

- **Gastre** avec une abondance de soies rigides, dressées et pubescent.



Nylanderia jaegerskioeldi ouvrière (photo. Originale, Rouiba)
Long. Long ouvrière : 1- mm



b - *Nylanderia jaegerskioeldi* reine : Son corps entier est recouvert d'une pubescence dense. Espèce de couleur brun jaunâtre dans son ensemble, avec une pubescence abondante et dense sur la tête, des parties antérieures du pronotum, du mésonotum et du gaster; yeux grands, mais pas fortement convexes, légèrement moins de la moitié de la longueur de la marge latérale de la tête.

- **Tête :** Yeux grands, mais pas fortement convexes, légèrement moins de la moitié de la longueur de la marge latérale de la tête.

- **Thorax** bien plus proéminent que les ouvrières, plus massif et volumineux.

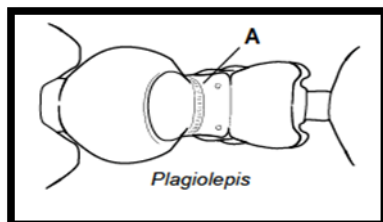
- **Gastre :** Abdomen bien développé avec une pubescence abondante.



Nylanderia jaegerskioeldi reine (photo. Originale, Rouiba)
Long. Reine : 1-4 mm



1.1.2.2 - *Plagiolepis* Mayr, 1861 : Le schéma suivant montre quelques les caractéristiques discriminatoires du genre *Plagiolepis*.



-En vue dorsale de mesosoma, mésonotum séparé du métanotum par une rainure ou impression transversale (A) de sorte que le métanotum forme distinctement une sclérite isolée sur le dos.

b- *Plagiolepis barbara* : C'est une espèce très petite de couleur brun foncé ou jaune clair. Son alimentation est diverse mais préfère surtout les liquides sucrés comme le miellat des pucerons ou cochenilles ; la pilosité un peu plus abondante.

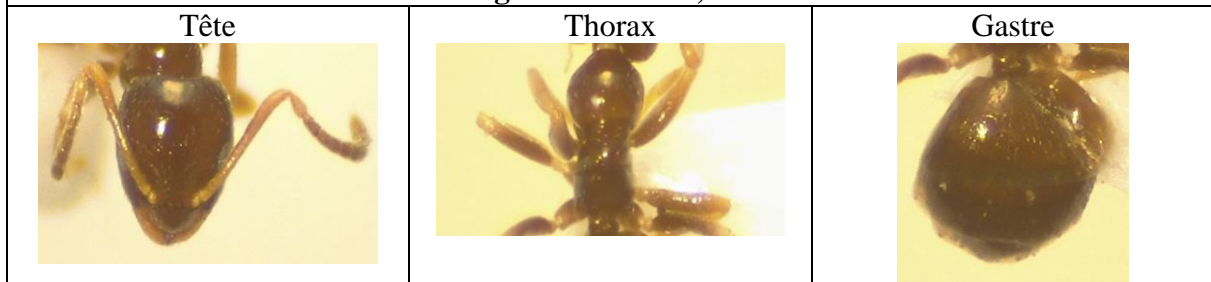
- **Tête arrondie avec des yeux plus grands** et plus convexe, Situé **en avant du milieu** de la tête, le bord postérieur généralement rectiligne, deuxième article de funicule 2 à 2,5 fois plus long que large.

-**Thorax** complet et plus robuste avec des appendices roussâtres, **épistome caréné**. Les stigmates métathoraciques faisant saillie dorsalement ; les écailles pétiolaire inclinés non échancrés.

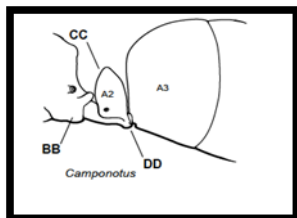
- **Gastre brun plus foncé** avec cinq segments.



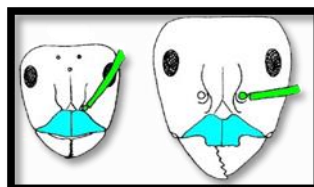
Plagiolepis barbara (photo. Originale, Rouiba, BBA)
Long. ouvrières : 2,5 mm



1.1.2.3 - Camponotus Mayr, 1861 : Le genre *Camponotus* est l'un des groupes les plus diversifiés dans le monde. Il est plus connu sous le nom populaire de « Fourmis Charpentières ». Plus de 1 600 espèces et sous-espèces de *Camponotus* ont à ce jour été décrites ; elles comptent ainsi pour plus de 10% des fourmis répertoriées. (Aaron *et al.*, 2012). Ce genre se caractérise par un éloignement marqué de l'insertion antennaire par rapport à la marge supérieure du clypeus.



-**Le pétiole (A2)** un nœud dressé ; **le gastre** ne pouvant pas réfléchir sur le mesosoma (A3) ; vue en profile **Hélicium** projetée en avant de la base du premier segment gastral (DD)



a- *C. foreli* : C'est une espèce de couleur entièrement noire y compris chez les majors ; fourmis assez luisante sur tout le corps. Chez les individus matures, les fémurs et les antennes sont franchement noirs. Chez les immatures, la tête, le thorax et les appendices sont roussâtres en partie.

- **Tête** : Les côtés de la tête moins **convexes aux tiers antérieure** ; scape dépasse de la moitié de sa longueur le bord postérieur de la tête.

- **Thorax** : Lobe **rectangulaire de l'épistome** plus avancé ; plan de l'épinotum est beaucoup plus bas et même concave

-**Gastre** : Bord postérieur des **segments du gastre doré**.



Camponotus foreli (photo originale, Rouiba)
Long. ouvrières. 4-8,2 mm

Tête



Thorax



Gastre



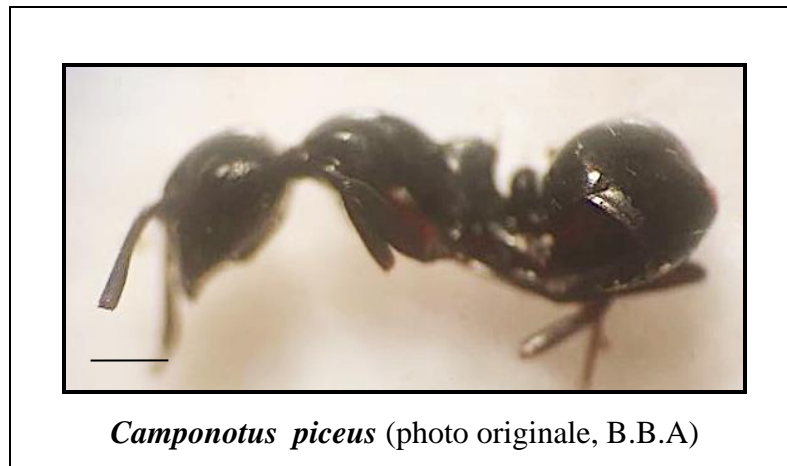
b - *C. piceus* : C'est une fourmi dont le corps entièrement noir luisant très uniforme. Les antennes, les tarse, les tibias présentent une teinte rougeâtre et les fémurs sont bruns. Les différents individus au sein d'un même nid présentent un polymorphisme

prononcé. Présence de quelques poils et pétiole mince. Cette fourmi dont les ouvrières se caractérisent par **l'angle droit formé par le dernier segment thoracique**.

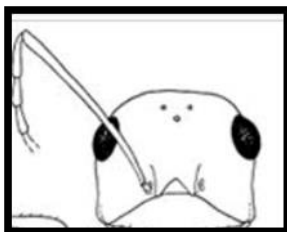
- **Tête nettement trapézoïdale** avec des yeux de couleur noire. Le scape très court, **sa base** au niveau de l'attache scapulaire sensiblement élargie.

- **Thorax** : Surface dorsale du **propodéum très rectiligne** et convexe. Mésonotum avec 66 à 120 soies érectile. Pétiole mince

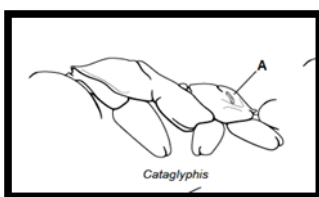
- **Gastre** : Il possède de fines rainures transversales en damier sur la surface dorsale du **1er tergite abdominal**.



1.1.2.4 -Cataglyphis : C'est une espèce de couleur rouge brique. Qui se déplace très vite et très agile. Ces fourmis sont très proches du genre *Formica*, mais un peu primitifs. (Cagniant, 1973b). Le genre *Cataglyphis* se reconnaît par les caractères suivants :



- Les **lames frontales** courtes et presque droites
- **Ocelles présents** et les yeux assez gros
- **articles 4-5 des palpes maxillaires** très allongés, chacun plus long que le total des articles ; la plupart de ces articles portent de poils dressés.



-**Spiracle propodéale** sous forme allongée vertical ou ellipse vertical (**A**).

a - *Cataglyphis viatica*

- **Tête** : La plupart des articles des palpes maxillaires sont très allongés portent de longs poils dressés, servant principalement à maintenir contre les mandibules, les boulettes de sable ou l'argile extraite de terrier.

- **Thorax** : L'avant du corps et les pattes sont rouge clair à rouge vermillon, rarement plus sombre. Les pattes sont relativement courtes et le pétiole est arrondi

- **Gastre** : Abdomen noir qui se termine en pointe, et relevé vers le haut lorsqu'elle se déplace. Il est de reflet bronze.



Cataglyphis viatica (photo. Originale, Rouiba, BBA)
Long. ouvrières : 10-12 mm

Tête



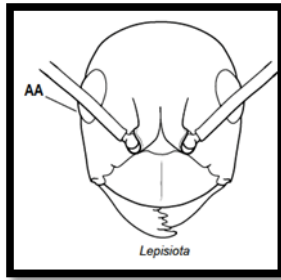
Thorax



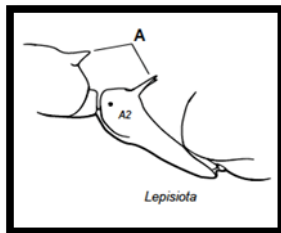
Gastre



1.1.2.5 -*Lepisiota* Santschi, 1926 : Le genre de *Lepisiota* se distingue par les caractères suivants :



-**Tête ovale, yeux bien visibles** ; le diamètre maximum de l'œil est évidemment supérieure à la largeur maximale du scape



Propodeum armé d'une paire d'épines ou des tubercules(A) ; le bord dorsal du pétiole (A2) généralement armé d'une paire de dents mais parfois seulement marginalisés

a- *Lepisiota frauenfeldi* : Son corps est de couleur brun noirâtre (fémurs et tête) ; les appendices bruns rougeâtre ; en partie luisante et en partie subopaque.

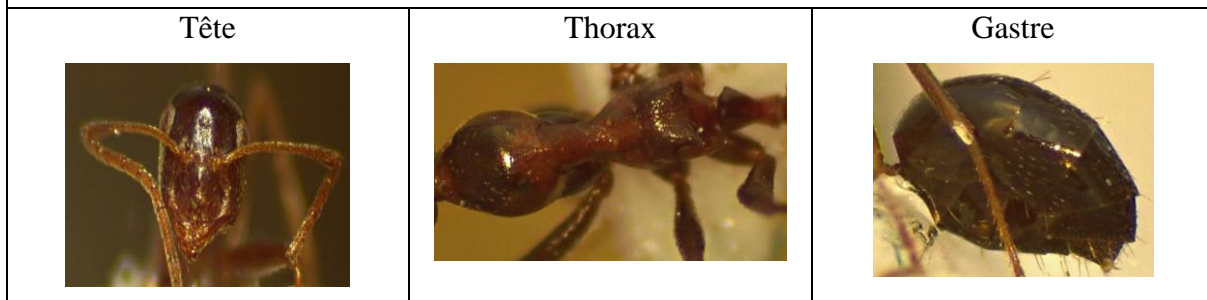
- **Tête** légèrement aplatie, ovale en partie luisante, en partie **subopaque (réticulée)**, avec l'**occiput presque droit**. Le scape dépassent le bord postérieur de la tête d'environ la moitié de leur longueur. Les yeux bien développés et très visibles.

- **Thorax** : Le mésothorax est rétréci au milieu en forme **de col cylindrique**, allongé et étroit. **Le prothorax et le métathorax** forme chacun un fort renflement aux deux extrémités de ce col.

- **Gastre** : abdomen brun



Lepisiota frauenfeldi (photo originale, BBA)



1.1.3-Dolichoderinae Forel, 1878

Les représentant de cette sous famille sont des fourmis souvent très agile, pétiole d'un seul article, surmonté d'une écaille basse, rudimentaire ou nulle « écaille aplatie » (Fig. 31). Leur gastre n'est composé que de 4 segments et leur aiguillon est atrophié ; l'anوس est sous forme d'une fente horizontale dépourvue de soies. Dans cette sous famille, l'état nymphal se fait sans cocon.

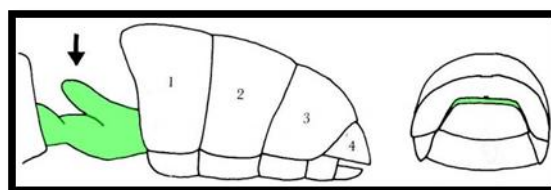
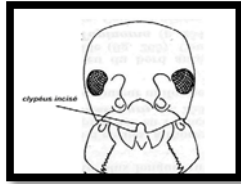


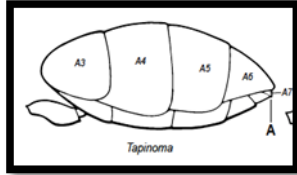
Figure 31 : Pétiole de la sous famille de Dolichoderinae

Les Dolichoderinae ne contribuent qu'avec 'un seul genre : il s'agit de *Tapinoma*.

1.1.3.1 - *Tapinoma* Forster, 1850 : Est un genre de fourmis de la sous-famille des Dolichoderinae. Il comporte 74 espèces réparties dans l'ensemble des régions tropicales et tempérées, dans des milieux très variés (antweb, 2020). Quelques caractères discriminatoires du genre *Tapinoma*



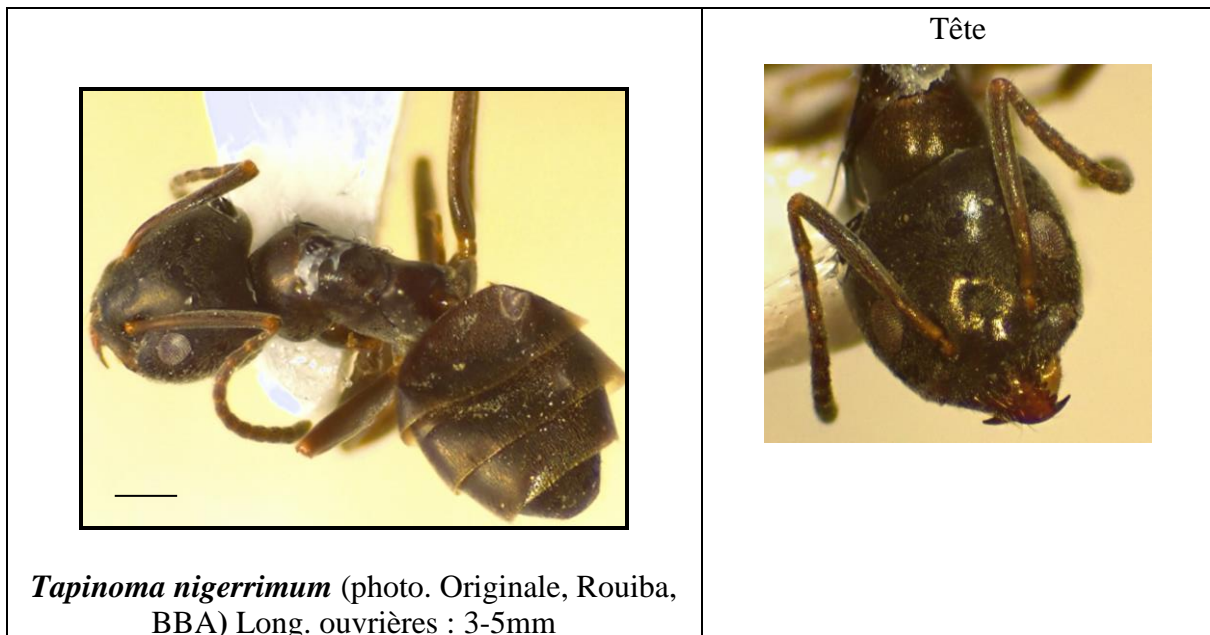
-Clypeus avec **une incision** nette au milieu du bord antérieur



-En vue dorsale, **seulement 4 tergites sont visibles**. Le cinquième tergite est réfléchi sous le quatrième visible en vue ventrale où elle forme **une plaque transversale** qui est adjacente au cinquième sternite.

a- *Tapinoma nigerrimum* (ouvrière) : Couleur noire du corps à pétiole presque sans écaille. Corps moins luisant. Taille relativement grande reflets du corps bronzés. Très confondu avec *T. simrothi*, le meilleur caractère distinctif est l'incision du clypéus **profonde**, à bords parallèle. Alors que chez *T. simrothi* se distingue par un clypeus **plus au moins anguleuse**.

- **Tête** plus large que long, bien rétrécie en avant.
- **Thorax** : Profil du propodeum plus ou moins anguleux, au moins chez les grandes ouvrières.
- **Gastre** avec 4 tergites et un aiguillon atrophié.



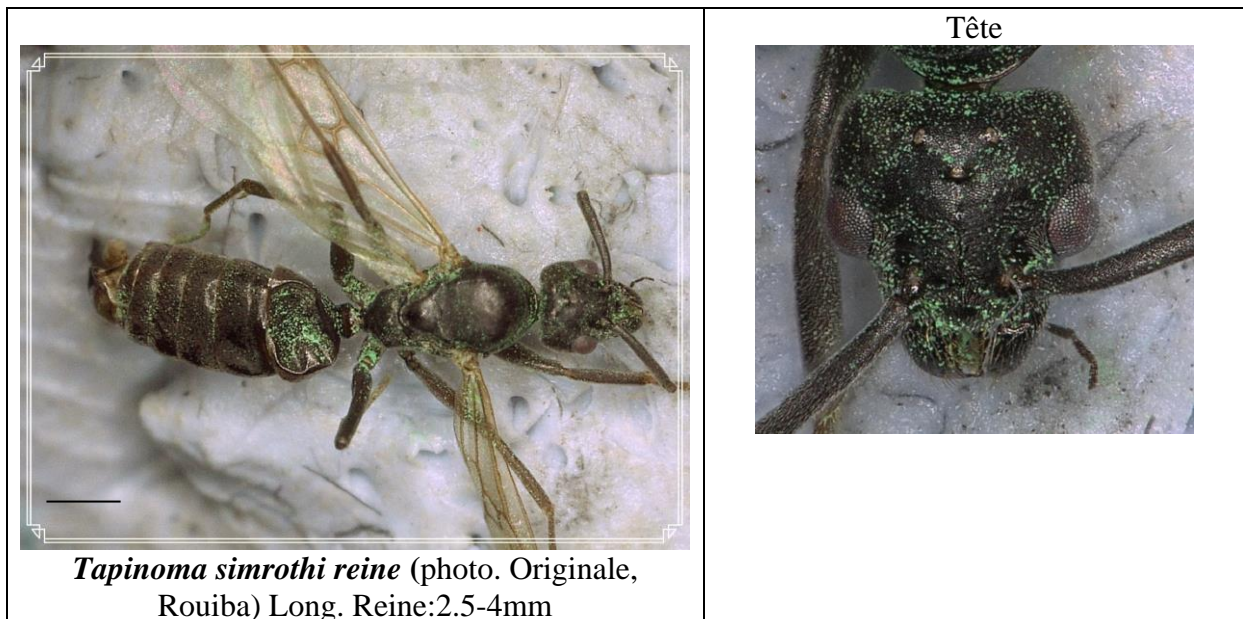
b. *Tapinoma simrothi* (reine) : C'est une espèce de petite taille de couleur noire et brillante, beaucoup plus glabre que *T. nigerrimum* et par conséquent plus luisante. Très commune dans l'algérois. Extrêmement grouillante dans Les cultures arrosées, préférant les sols argileux et humides. Sa présence sur les plantes est souvent accompagnée des pucerons et

cochenilles. Le pétiole est composé d'un seul article souvent épigé.

- **Tête** à peu près aussi longue que large Articles du funicule en massue, plus ou moins dilatés à leur extrémité. Les bords postérieurs de la tête légèrement convexe. **Clypéus à incision plus ou moins anguleuse** ; dessus du corps mat.

- **Thorax : Epinotum déprimé**, son profil arrondi en large courbe, sans trace d'angle.

- **Gastre** à légers reflets cendrés.



2 - Identification moléculaire par le code barre d'ADN

L'approche taxonomique a permis de donner divers taxons de la myrmécofaune dont la plupart de fourmis sont considérées comme des espèces indigènes appartenant à 15 genres récoltées de deux stations (ITMAS et Medjana) et seulement deux espèces non indigènes exotiques pour l'Algérie : il s'agit de *Nylanderia jaegerskioeldi* et *Strumigenys membranifera*. Toutefois l'analyse moléculaire a révélé les résultats suivants :

2.1 - Extraction totale de l'ADN

L'ADN total extrait de diverses espèces de fourmis par la méthode CTAB a été soumis à un test par électrophorèse sur gel d'agarose à 1,5% pour évaluer préalablement le contenu et la

qualité. Par conséquent du test d'électrophorèse a montré que les bandes d'ADN de 658 pb sont relativement nettes. Cela prouve que l'ADN total est tout à fait intact. Ce n'est pas le cas de tous les échantillons où quelques-uns sont soldés par des résultats négatifs comme les bandes d'ADN numéro 4, 10, 13, 14 (Fig. 32). Ceci peut être dû à la putréfaction de l'insecte sur lequel on a pris les échantillons ou à la mal conservation des prélèvements.

Les résultats ont indiqué que la solution d'ADN totale qui a été extrait de la fourmi entière étant disponible à amplifier les fragments d'ADN. Le tampon CTAB 1% a donné un ADN pur, facilement amplifiable par PCR et adéquat pour les différentes techniques moléculaires avec un rendement important (Fig.32).

2.2 - Optimisation de la réaction PCR

Après l'extraction, on a amplifié l'ADN par la PCR. Pour vérifier si nous avons effectivement amplifié l'ADN dans les conditions choisies. La concentration en ADN extrait dans un milieu réactionnel est un facteur important qui peut influencer la réaction de PCR. D'après les résultats présentés dans la figure 33, la quantité utilisée de 3 µl d'ADN est suffisante pour donner de bons résultats d'amplification. De même, le puit 0 qui représente le Marqueur, ne montre aucune amplification, résultat qui témoigne de l'absence de l'ADN.

Par ailleurs, la réaction PCR nécessite l'hybridation d'amorces spécifiques sur la séquence que l'on souhaite amplifier. Cette hybridation spécifique est conditionnée notamment par la qualité et la quantité des amorces utilisées. Il est à signaler que les résultats illustrés dans la figure 33 montrent une meilleure amplification avec l'utilisation d'amorces de bonne qualité :

LCO1490 : 5'-GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G-3'

HCO218 : 5'-TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA-3'chez le gène de COI pour une quantité de 1 µl de chaque amorce. Par conséquent les conditions de la PCR sont bien choisies et l'amplification de l'ADN est réussie

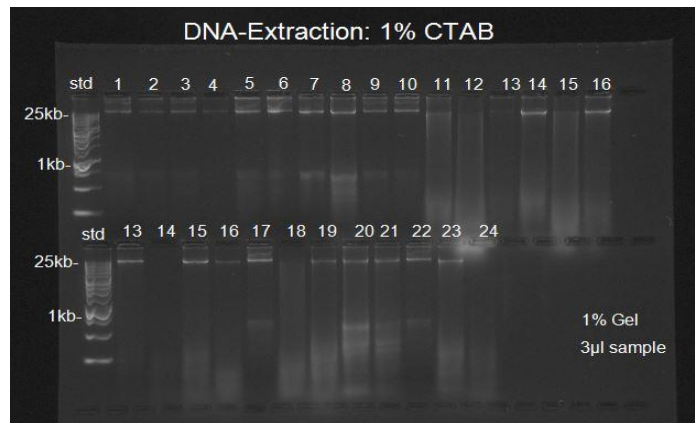


Figure 32 - Gel de qualité de l'ADN génomique de différentes espèces de fourmis inventoriées de l'ITMAS, BBA extrait par la méthode CTAB 1% (Puit 0 : Marqueur de taille 1kb ; Puit 1 : Témoin positive d'un fragment de fourmi ; Puit : 2-24 : les échantillons de fourmis récoltées)

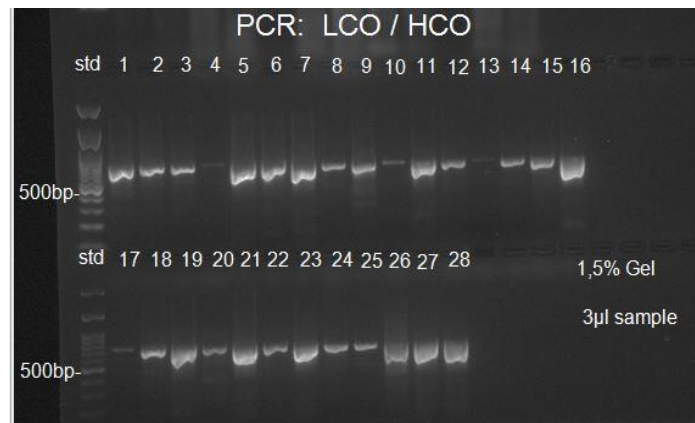


Figure 33 - Profil des produits PCR, sur gel d'agarose 1,5%, par l'utilisation de Taq Polymérase. (Puit 0 : Marqueur de taille 1kb)

2.3 - Séquençage d'ADN

Après avoir purifié l'ADN qui a été amplifié par PCR on a appliqué un séquençage automatique à l'aide d'un séquenceur **LGC Genomics GmbH** Berlin. Ce dernier nous a donné des résultats sous forme de base nucléotidiques et en même temps sous forme de graphes où chaque base est représentée par un graphe avec une couleur bien spécifique pour faire la différence entre les bases. Le graphe de couleur bleu représente l'adénine (A), le graphe de couleur rouge représente la thymine (T), le graphe de couleur noire représente la guanine (G) et le graphe de couleur verte représente la cytosine (C). Cette étape nous permet d'obtenir 20 séquences d'ADN de 658 paires de base bien alignées et bien nettoyées caractérisées avec sans aucune lacune pour toutes les séquences (**Fig. 34**). Nous avons obtenu également des séquences illisibles que nous n'arrivons pas à interpréter à cause de la

mauvaise qualité de l'ADN dans certaines parties on peut avoir de faux résultats où le séquenceur saute des bases et les remplace par des points noirs ou il inverse les couleurs des graphes par exemple verts pour l'adénine au lieu de bleu et cela par ce qu'il n'arrive pas à trouver la base exacte.

Le résultat de l'analyse de séquençage avec NCBI-Blast a montré des proportions différentes. En effet, la plupart des séquences possèdent plus de 88% de similarité avec les séquences issues de Genbank. A titre d'exemple, la séquence de *Nylanderia jaegerskioeldi* montre 92% de similitude avec la séquence déposée par BLAST. Celle-ci est présente par l'espèce *Nylanderia obscura*. Ce n'est que les deux séquences de l'espèce *Tapinoma nigerrimum* et *Cardiocondyla mauritanica* qui donnent 100% de similarité génétique et qui sont présentées respectivement par les espèces de référence *Tapinoma magnum* et *Cardiocondyla mauritanica* (Tab. 6).

Toutes les séquences obtenues dans la présente étude ayant 658 pb ont été comparées avec des séquences homologues disponibles dans la base de données GenBank. Après, un alignement des séquences a été fait sur Blast (basic local alignment search tool), nous permettant d'obtenir les observations suivantes : le Blast pourrait identifier essentiellement les différents genres de fourmis. Effectivement 100% de ces séquences ont donné les mêmes genres de fourmis identifiés selon les méthodes moléculaires. Tandis que nos séquences de fourmis ne présentent pas les mêmes espèces publiées par le Genbank. Il révèle que seulement six d'entre eux ont été trouvés similaires avec l'identité allant de 88,44% à 100%. Il s'agit de *Messor barbarus*, *Crematogaster scutellaris*, *Pheidole pallidula*, *Tapinoma magnum*, *Camponotus foreli*, *Cardiocondyla mauritanica*. Donc ces résultats supportent à penser que l'ADN barcoding c'est une approche intéressante pour fournir la délimitation du genre et peut aller même jusqu'à l'identification des espèces.

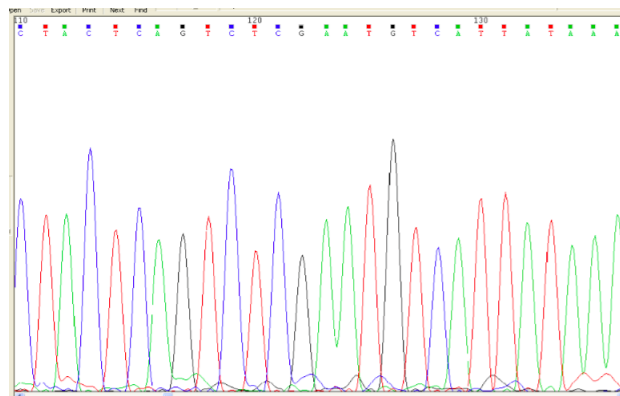


Figure 34 - Résultat de séquence interprétable lors de la correction avec le logiciel Chromas

Tableau 6 - Intégration de l’approche morphologique et moléculaire ADN barcode par l’utilisation de séquences COI 658 pb de longueur

| Désignation taxonomique | Espèces provisoires suivies barcoding | ID |
|----------------------------------|---|-------------|
| <i>Messor medioruber</i> | <i>Messor bouvieri</i> voucher RA0347 EF518449.1 (Myrmicinae) | 95% |
| <i>Messor medioruber</i> | <i>Messor minor x Messor</i> EU441276.1 (Myrmicinae) | 97% |
| <i>Messor barbarus</i> | <i>Messor barbarus</i> voucher SOR_c10_MA | 99.22% |
| <i>Crematogaster scutellaris</i> | <i>Crematogaster scutellaris</i> voucher RS617 FJ824416.1 (Myrmicinae) | 95% |
| <i>Nylanderia jaegerskioeldi</i> | <i>Nylanderia obscura</i> voucher MJ13214; KP232162.1 Formicinae) | 92% |
| <i>Nylanderia jaegerskioeldi</i> | <i>Nylanderia obscura</i> voucher MJ13214 (syn Prenolepsis; Formicinae) | 92.5% |
| <i>Strumigenys membranifera</i> | <i>Pyramica membranifera</i> GU709758 (Myrmicinae) | 98% |
| <i>Pheidole pallidula</i> | <i>Pheidole pallidula</i> voucher RA0195 (Myrmicinae) | 88.44% |
| <i>Tetramorium biskrense</i> | <i>Tetramorium semilaeve</i> voucher Ts-Le2 (Myrmicinae) | 98.12% |
| <i>Camponotus piceus</i> | <i>Camponotus piceus</i> (Formicinae) | 88.56% |
| <i>Tapinoma nigerrimum</i> | <i>Tapinoma magnum</i> (Dolichoderinae) | 100% |
| <i>Cataglyphis viaticus</i> | <i>Cataglyphis savignyi</i> (Formicinae) | 95.13% |
| <i>Camponotus foreli</i> | <i>Camponotus foreli</i> KX954287 (Formicinae) | 97.81% |
| <i>Cataglyphis viaticus</i> | <i>Cataglyphis savignyi</i> (Formicinae) | 93.56% |
| <i>Crematogaster scutellaris</i> | <i>Crematogaster scutellaris</i> voucher RS617(Myrmicinae) | 94.84% |
| <i>Messor medioruber</i> | <i>Messor cf. wasmanni</i> BCSS-2011 (Myrmicinae) | 94.63% |
| <i>Aphaenogaster depilis</i> | <i>Aphaenogaster gibbosa</i> (Myrmicinae) | 86.74% |
| <i>Cataglyphis viaticus</i> | <i>Cataglyphis savignyi</i> (Formicinae) | 95.13% |
| <i>Monomorium salomonis</i> | <i>Monomorium</i> _sp._ASANE578-10_HQ925260 | 94.3% |
| <i>Cardiocondyla mauritanica</i> | <i>Cardiocondyla mauritanica</i> HQ925310 | 100% |
| <i>Plagiolepis barbara</i> | <i>Plagiolepis manczshurica</i> isolate NMHL0422 | 91.09% |

2.4 - Arbre Phylogénétique

L’analyse phylogénétique a permis d’obtenir un arbre par la méthode du maximum de vraisemblance (avec une probabilité maximale ou « highest log likelihood » de -11301.72) présenté dans la figure 35. Dans cet arbre, seules les valeurs de bootstrap supérieures à 50% sont indiquées. L’examen de cet arbre montre que globalement la majorité des clades terminaux est bien soutenue par le test du bootstrap (>80%) avec pour la plupart des valeurs de 88 à 99% pour la plupart d’entre eux, tandis que les relations phylogénétiques au niveau

supérieur de l'arbre ne sont que faiblement résolues (bootstraps < à 50%) par les séquences du gène CO1. Dans cette phylogénie (**Fig. 35**), nos échantillons algériens sont tous positionnés dans des clades terminaux bien soutenus par au moins 88% de bootstrap, comme nous le montre l'examen de l'arbre au cas par cas (détaillé ci-dessous).

Ainsi, les deux échantillons collectés N6 (*C. piceus*) et N10 (*C. foreli*) sont clairement confirmés comme des espèces différenciées au sein du genre *Camponotus* (bootstrap = 99%), avec N10 qui se rattache bien au représentant de référence de *C. foreli* (KX954287). De même, on peut noter que :

(i) - N4, identifié à *Plagiolepis barbara* (récoltée à Alger) se rattache bien (99% de bootstrap) à sa congénère *P. manczshurica* (JQ68104)

(ii) - N1 et N21, morphologiquement similaires, appartiennent bien à la même espèce *Nylanderia jaegerskjoeldi* qui se rattache à sa congénère *Nylanderia obscura* (KP232162 (bootstrap 99)

(iii) - Les spécimens récoltés, N8, 22, 24 et 25, identifiés à des *Cataglyphis*, se positionnent ensemble et sans ambiguïté dans un groupe bien soutenu (99% de bootstrap) avec l'échantillon de référence du genre *Cataglyphis* utilisé ici (*C. savignyi* (MF071580)). Toutefois, si la monophylie des *Cataglyphis* analysés ici est évidente, les relations phylogénétiques au sein de ce groupe révèlent quelques ambiguïtés au niveau spécifique. Il semble que *C. viatica* a été dérivée de l'espèce *C. savignyi*, donc elle devrait inclure les individus identifiés morphologiquement à « *C. viatica* ». Cette constatation nous emmène à penser que *C. savignyi* est un groupe paraphylétique qui implique les populations de *C. viatica*.

(iv)- Les échantillons N7 et N27, tous deux identifiés à des espèces du genre *Tapinoma* forment bien un groupe monophylétiques (bootstrap 99%) confirmant leur appartenance à un genre distinct des autres (*Tapinoma*)

(v)- Les échantillons algériens **N28** (*M. barbarus*) et **N19** (*M. medioruber*) sont bien résolus par la phylogénie en tant qu'entités évolutives distinctes au sein du genre *Messor*. Ce dernier forme un groupe monophylétique soutenu par 99% de bootstrap. La phylogénie de COI révèle également que les espèces *M. medioruber*, *M.marocanus*, *M.bouvieri* et *M.minor* x

M. cf. wasmanni représentent le groupe frère de *M. barbara* (N28) par rapport aux autres espèces de ce genre.

(vi)- Les autres résultats soutiennent fortement (99% de bootstrap) : l'appartenance de N3 (identifiée à *T. biskrense*) et N18 (identifiée à *M. salomonis*) aux genres *Tetramorium* et *Monomorium*, respectivement ; l'identification des échantillons N7 et N2 qui se rapportent clairement aux espèces *Cardiocondyla mauritanica* et *Pheidole pallidula* respectivement.

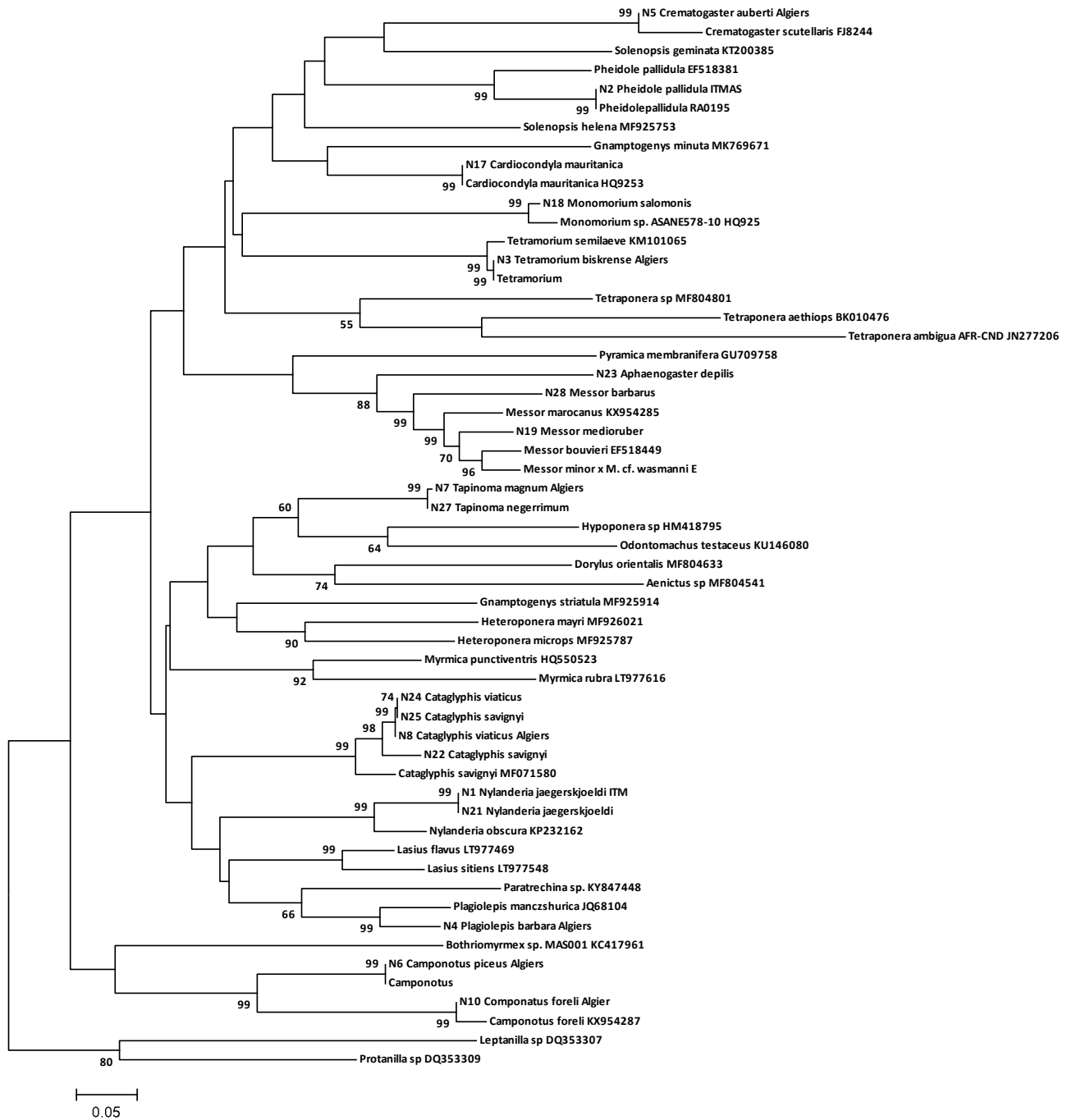


Figure 35 - Arbre phylogénétique par **Maximum Likelihood (ML)** décrivant les relations évolutives entre les échantillons de fourmis basés sur les séquences CO1 (avec 1000 répliqués bootstrap).

3 - Inventaire de la myrmécofaune capturée dans les deux régions

Les résultats de l’inventaire des espèces des fourmis recueillies au niveau de deux stations sont consignés dans les figures 36 et 37.

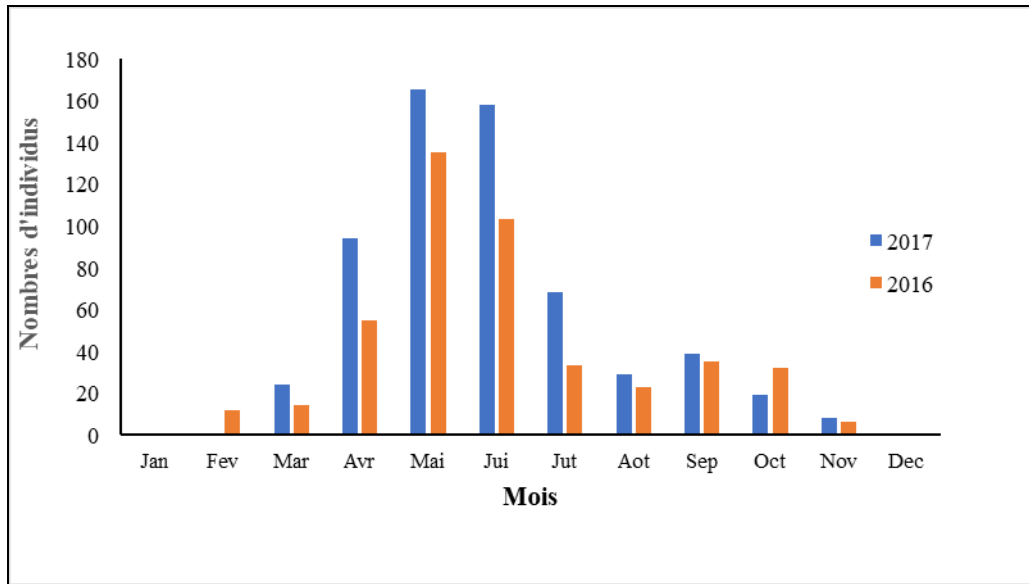


Figure 36 - Abondance numérique mensuelle des fourmis recueillies au niveau de l'ITMAS Heuraoua durant l'année 2016 et 2017

3.1 – ITMAS Heuraoua

Les résultats des captures montrent que les variations mensuelles des effectifs de fourmi relevés à l’ITMAS au cours de deux années consécutives montrent des différences considérables. Néanmoins, on remarque que, les plus forts effectifs sont enregistrés au cours de la période allant du mois d’avril au mois de juillet. Mais c’est surtout au cours du mois de Mai et de Juin où l’on note les plus grandes abondances des fourmis. En effet, on enregistre respectivement 135 et 103 individus au cours de l’année 2016 contre 165 et 158 individus en 2017. Ceci correspond aux périodes des grandes chaleurs de l’année 2016 (T°C Max 24,7 ; T°C Max 30,33) et 2017 (T°C Max 25,8 ; T°C Max 28,85). Cette prolifération de cette communauté de fourmis est vraisemblablement liée aux conditions abiotiques exigées par les Formicidés. Tandis que, durant les mois de l’hiver, allant du mois de décembre jusqu’au mois de janvier, on assiste une raréfaction de fourmis pendant les deux années d’étude. Cette période semble être défavorable à l’activité de la myrmécofaune. Ce n’est qu’à partir du mois de Février que cette communauté de fourmis réapparaît. A la lumière de ces résultats, Il est

possible de penser que le rythme des individus des espèces de fourmis se trouve modifié dans ses limites thermiques au point que les fourmis ne présentent plus, sous l'effet de températures suffisamment basses, Par conséquent le rythme semble bien en relation avec les conditions climatiques locale.

3.2 – Sidi Moussa

Les résultats reportés sous forme d'un histogramme ci-dessus au niveau de la céréaliculture à Medjana (Bordj-Bou-Arréridj) montrent que les effectifs des fourmis manifestent des variations notables en fonction des conditions climatiques qu'offrent les variations mensuelles. De ce fait, l'effectif total des fourmis présente des fluctuations importantes dans le temps. On note durant le mois d'octobre et mai deux pics des individus des fourmis avec respectivement 560 et 467 individus qui semblent être les meilleurs mois pour l'activité des fourmis. Toutefois, on observe une disparition totale des espèces de fourmis au cours du mois de janvier suite à la baisse des températures hivernales et les fortes gelées. Ces deux facteurs, semblent dominants dans cette région ce qui pourraient expliquer cette disparition. Par ailleurs, il apparait que l'apparition des premières fourmis se manifeste progressivement après le mois de février avec la reprise de l'activité de la fourmilière.

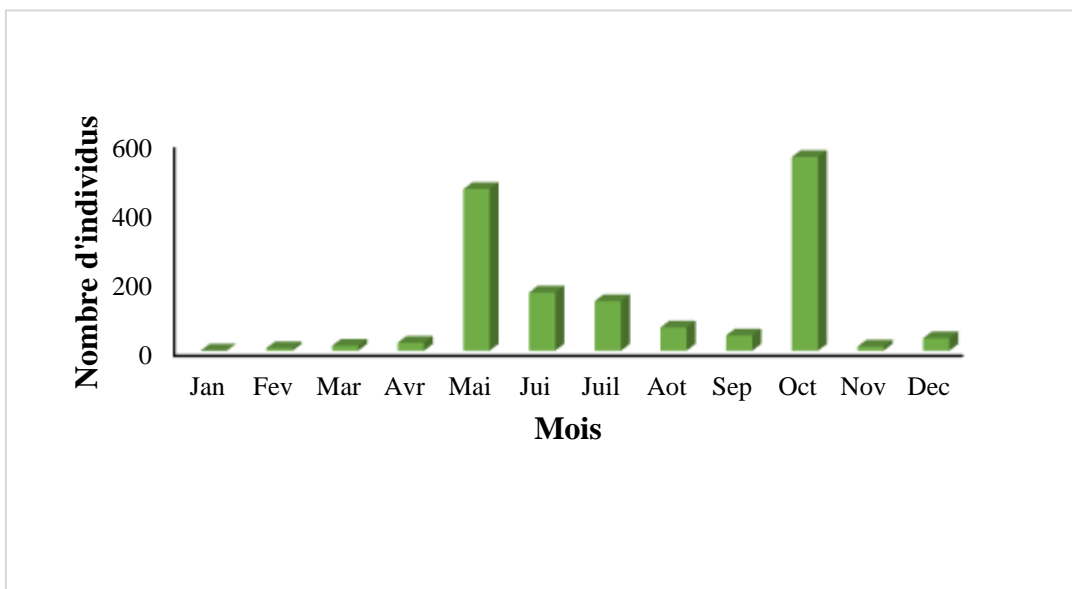


Figure 37 - Nombre de capture mensuelle des fourmis recueillies au niveau de la station de Sidi Moussa durant l'année 2016

Conclusion

D'après les résultats obtenus dans les deux stations d'étude (agrume et céréale), nous pouvons déduire que le rythme d'activité des fourmis varie selon les conditions environnementales de chaque site d'étude. Tandis que la saison hivernale reste une saison contraignante pour l'activité des Formicidae.

4 - Exploitation des résultats des Formicidae capturées dans deux régions d'étude

Cette partie porte sur l'exploitation des résultats par les indices écologiques de composition et de structure

4.1- Exploitation des indices écologiques de composition

Parmi les indices écologiques de composition, il s'est avéré utile d'utiliser : la richesse totale, la richesse moyenne, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence appliquée aux Formicidae capturés dans les deux stations d'étude.

4.1.1 - Richesse totale

La richesse totale concerne l'ensemble des espèces de fourmis inventoriées par la méthode des pots Barber et la récolte à main durant l'année 2016 dans les deux régions d'étude. Notons que, dans la station de l'ITMAS l'échantillonnage est effectué au cours de l'année 2017 seulement par les pots Barber. Les résultats de la richesse totale et moyenne sont rassemblés dans les tableaux 7, 8 et 9

4.1.1.1 - Station l'ITMAS Heuraoua

L'ensemble des résultats de la richesse spécifique totale (S) des espèces de Formicidés capturées par la méthode de pot de Barber et à main dans la parcelle d'agrume au cours de l'année 2016 et 2017 est regroupé dans le tableau n°7

Tableau 7 : Richesse spécifique totale des Formicidés inventoriés dans le verger d'agrumes ITMAS Heuraoua échantillonnées par les pots Barber et à la main en 2016 et 2017

| | Espèces | 2016 | | 2017 |
|-----------------------|----------------------------------|-------------|--------|-------------|
| | | Pots Barber | A main | Pots Barber |
| Myrmicinae | <i>Tetramorium semilaeve</i> | + | - | + |
| | <i>Crematogaster scutellaris</i> | + | + | + |
| | <i>Aphaenogaster depilis</i> | + | + | + |
| | <i>Strumigenys membranifera</i> | + | - | - |
| | <i>Tetramorium biskrense</i> | - | - | + |
| | <i>Cardiocondyla mauritanica</i> | - | - | + |
| | <i>Pheidole pallidula</i> | - | - | + |
| | <i>Temnothorax sp</i> | | - | + |
| Formicinae | <i>Plagiolepis barbara</i> | + | + | + |
| | <i>Cataglyphis viatica</i> | + | + | + |
| | <i>Camponotus foreli</i> | - | - | + |
| | <i>Nylanderia jaegerskioeldi</i> | - | - | + |
| Dolichoderinae | <i>Tapinoma nigerrimum</i> | + | + | + |
| | <i>Tapinoma simrothi</i> | + | - | + |
| | Total | 8 | 5 | 13 |

Les résultats reportés dans le tableau ci-dessus montrent que la méthode des pots Barber a permis d'offrir plus d'information en termes de genre et d'espèces. Pendant l'année 2016, la richesse totale des espèces de fourmis recueillies dans le verger d'agrumes par la méthode de pots Barber est plus ou moins importante avec seulement 8 espèces réparties dans trois sous familles. Il s'agit des Myrmicinae, Formicinae et Dolichoderinae. La première sous famille renferme 4 espèces où *Strumigenys membranifera*, qui est une espèce rare est signalée une fois en un seul exemplaire dans les relevés. Les deux autres sous familles renferment deux espèces chacune. La récolte à la main en 2016, nous a permis de recenser 5 espèces pour les mêmes trois sous familles. Ce sont *Crematogaster scutellaris*, *Cataglyphis viatica*, *Aphaenogaster depilis*, *Tapinoma nigerrimum*, *Plagiolepis barbara*. Ces espèces sont caractéristiques des milieux agrumicoles.

En 2017, l'utilisation de la méthode des Pots Barber nous a permis de recenser une richesse totale de 13 espèces de Formicidae, réparties également dans trois sous familles précédentes ; Parmi elles, cinq autres espèces ont été rencontrées. Il s'agit de *Nylanderia jaegerskioeldi*, *Cardiocondyla mauritanica*, *Pheidole pallidula*, *Temnothorax sp*, *Tetramorium biskrense* et *Camponotus foreli*. Il est à noter au cours de cette année la valeur de la richesse totale est la plus élevée.

L'échantillonnage effectué à l'ITMAS durant deux années consécutives 2016 et 2017 renferme une richesse totale de 14 espèces.

4.1.1.2 - Station de Sidi Moussa Medjana

La collecte de Formicidae par les deux techniques (pots Barber et à main) dans la station des céréales au cours de l'année 2016 est rassemblée dans le tableau 8

Tableau 8 : Richesse spécifique totale (S) des Formicidés échantillonnés par les deux méthodes dans la station de Sidi Moussa en 2016.

| Sous Famille | Espèces | Pots Barber | A main |
|-----------------------|------------------------------|-------------|--------|
| Myrmicinae | <i>Pheidole pallidula</i> | + | + |
| | <i>Messor medioruber</i> | + | + |
| | <i>Messor barbara</i> | + | + |
| | <i>Monomorium salomonis</i> | + | + |
| Formicinae | <i>Plagiolepis barbara</i> | + | - |
| | <i>Cataglyphis viatica</i> | + | + |
| | <i>Camponotus piceus</i> | + | - |
| | <i>Lepisiota frauenfeldi</i> | + | - |
| Dolichoderinae | <i>Tapinoma nigerrimum</i> | + | + |
| | Total | 9 | 6 |

Les résultats reportés dans le tableau ci-dessus, montrent que la richesse totale du champ de céréales de Medjana, par la technique de pots Barber est de 9 espèces de fourmis durant l'année d'échantillonnage 2016. Il s'agit de 8 genres de Formicidés répartis dans trois sous familles (Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae). Par contre la récolte à main rapporte seulement 6 espèces au niveau de ce site et appartenant à trois sous familles.

L'ensemble des espèces de fourmis recueillies dans les deux régions étudiées est de 19 espèces, appartenant à trois sous familles. La sous famille de Myrmicinae en termes d'espèce est la plus représentative, 11 espèces sont notées. On marque la présence des espèces communes sont rencontrées dans les deux stations dont quatre espèces : *Pheidole pallidula*, *Cataglyphis viatica*, *Tapinoma nigerrimum* et *Plagiolepis barbara*. Alors que d'autres sont particulières pour chaque région.

4.1.2- Richesse moyenne dans les deux milieux étudiés

Le tableau 9 ci-dessous montre les valeurs des richesses moyennes mensuelles enregistrées au niveau de l'agrumiculture durant les deux années (2016- 2017) et la céréaliculture en 2016

Tableau 9 : Richesse moyenne (Sm) des Formicidae capturés dans les deux stations d'étude

| Mois/Années | 2016 | | 2017 |
|------------------------|-------|---------|-------|
| | ITMAS | Medjana | ITMAS |
| Jan | 0 | 0 | 0 |
| Fev | 2 | 3 | 0 |
| Mar | 4 | 4 | 2 |
| Avl | 5 | 2 | 7 |
| Mai | 6 | 3 | 11 |
| Jui | 5 | 9 | 9 |
| Jut | 5 | 7 | 6 |
| Aot | 5 | 4 | 6 |
| Sep | 5 | 5 | 5 |
| Oct | 5 | 3 | 4 |
| Nov | 3 | 1 | 2 |
| Dec | 0 | 3 | 0 |
| Richesse totale | 8 | 9 | 13 |
| Sm | 3,75 | 3,66 | 4,33 |

sm : richesse moyenne

La richesse moyenne des fourmis recueillies au niveau de la station de l'ITMAS durant les deux années (2016 et 2017) est respectivement de 3,75 et 4,33. On note que la richesse varie d'un mois à l'autre. En effet le mois de Mai se classe en premier avec 6 espèces durant l'année 2016. De même que pour l'année 2017, où le mois mai occupe la première position avec 11 espèces. Il est suivi du mois de juin avec 9 espèces. Les mois de janvier et décembre restent les moins riches avec zéro espèce durant les deux années. Il faut souligner qu'au cours de ces deux mois rigoureux, la fourmilière émigre dans les parties profondes du nid et l'activité des ouvrières est pratiquement nulle à cause de froid. Il est plausible d'admettre que les Formicidae sous l'influence de stimuli environnementaux (biotique et abiotique) sont soumises à une diapause hivernale. Quant au nombre d'individu de chaque espèce, il varie lui d'un mois à l'autre. Cette variation est soumise aux conditions écologiques qui règnent au cours de chaque mois.

La richesse moyenne dans la station de Sidi Moussa durant toute la période d'étude est de l'ordre 3,66. La valeur la plus élevée est notée durant le mois de juin avec 9 espèces suivie par le mois de juillet avec 7 espèces. A l'inverse la valeur la plus faible est notée au cours du mois de janvier qui est nulle. Cela signifie que les espèces de fourmis subissent une diapause hivernale qui se manifeste par la suppression du développement et la reproduction des individus. La diapause peut être provoquée à la fois par des facteurs exogènes, en réponse directe aux changements de températures.

Conclusion

La richesse totale est approximativement distincte dans les deux stations (station ITMAS avec 14 espèces, station de Sidi Moussa avec 9 espèces). D'après les résultats, on peut dire que le plus grand nombre d'espèces ainsi que les individus semble être lié vraisemblablement aux conditions environnementales du milieu tempéré (ITMAS Heuraoua) qu'au milieu semi-aride Bordj-Bou-Arréridj). Cela découle du fait que plus un territoire est modéré et diversifié plus il est susceptible d'accueillir un nombre important d'espèces.

En ce qui concerne la richesse moyenne, la valeur la plus élevée est noté dans la station ITMAS contrairement à la station de Sidi Moussa. Ceci semble dû à la qualité du tapis végétal, caractéristique de la première station où les espèces y trouvent un milieu favorable à leur activité.

4.2 - Abondance relative (AR%) des fourmis

4.2.1 - Abondance relative (AR%) des fourmis dans les deux stations ITMAS (Rouiba) et Medjana

Les résultats de l'abondance relative des espèces de Formicidae capturés dans le verger d'agrumes et de céréaliculture sont regroupés dans le tableau 10

Tableau 10 - Abondance relative (AR%) des fourmis dans les deux stations d'étude

| Années | 2016 | | | | 2017 |
|----------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | ITMAS | | Medjana | | ITMAS |
| Milieux d'étude | | | | | |
| Méthodes d'échantillonnage | Pots Barber | A main | Pot Barber | A main | Pot Barber |
| Espèces | AR% Dominance | AR% Dominance | AR% Dominance | AR% Dominance | AR% Dominance |
| <i>Tetramorium semilaeve</i> | 8,7 Dominante | 0 | - | - | 2,98 Sous-dominante |
| <i>Crematogaster scutellaris</i> | 0,44 Sous-précédente | 3,7 Sous-dominante | - | - | 1,49 Reculée |
| <i>Aphaenogaster depilis</i> | 5,8 Dominante | 12,96 Eu-dominante | - | - | 0,66 Sous-précédente |
| <i>Tetramorium biskrense</i> | 0 | 0 | - | - | 0,33 Sous-précédente |
| <i>Pheidole pallidula</i> | 0 | 0 | 38,61 Eu-dominante | 18,28 Eu-dominante | 2,48 Sous-dominante |
| <i>Temnothorax sp</i> | 0 | 0 | - | - | 0,66 Sous-précédente |
| <i>Strumigenys membranifera</i> | 0,22 Sous-précédente | 0 | - | - | 0 |
| <i>Cardiocondyla mauritanica</i> | 0 | 0 | - | - | 0,66 Sous-précédente |
| <i>Messor medioruber</i> | - | - | 1,42 Reculée | 2,6 Sous-dominante | - |
| <i>Messor barbara</i> | - | - | 45,74 Eu-dominante | 56,52 Eu-dominante | - |
| <i>Monomorium salomonis</i> | - | - | 0,84 Sous-précédente | 0 | - |
| <i>Plagiolepis barbara</i> | 23,43 Eu-dominante | 50,92 Eu-dominante | 0,45 Sous-précédente | 0 | 29,13 Eu-dominante |
| <i>Nylanderia jaegerskioeldi</i> | 0 | 0 | - | - | 0,66 Sous-précédente |
| <i>Camponotus foreli</i> | 0 | 0 | - | - | 0,16 Sous-précédente |
| <i>Lepisiota frauenfeldi</i> | - | - | 1,03 Reculée | 0 | - |
| <i>Camponotus piceus</i> | - | - | 0,12 Sous-précédente | 0 | - |
| <i>Cataglyphis viatica</i> | 11,83 Eu-dominante | 10,18 Eu-dominante | 10,38 Eu-dominante | 13,91 Eu-dominante | 2,48 Sous-dominante |
| <i>Tapinoma nigerrimum</i> | 45,75 Eu-dominante | 22,22 Eu-dominante | 1,29 Reculée | 10 Dominante | 57,11 Eu-dominante |
| <i>Tapinoma simrothi</i> | 3,79 Sous-dominante | 0 | - | - | 1,15 Reculée |
| Nombre total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Durant l'année 2016, dans la station de l'ITMAS, la présence des espèces recueillies par les deux méthodes, pots Barber et à main, affiche des différences quant à leur présence. En effet, les pots Barber renferment 8 espèces dont trois espèces sont désignées eu-dominantes. Il s'agit de *T. nigerrimum*, qui reste la plus prépondérante avec 45,75%. Par la suite, on retrouve *P. barbara* avec 23,43% et *C. viatica* avec 11,8. Ces espèces semblent occuper plus de 80 % au total de la communauté de fourmis existant dans le verger d'agrumes. *T. semilaeve* appartient à la classe dominante affiche une abondance relative de 8,7%. Elle est suivie par d'autre fourmi sous-dominante telle que *T. simrothi* avec 3,79%. D'autres espèces par contre sont faiblement représentées qui appartiennent à la catégorie des espèces sous-précédentes en l'occurrence telles *C. scutellaris* avec une abondance relative de 0,44% et *S. membranifera* avec 0,22%. (Fig. 38).

Au cours de l'année 2017 au sein de l'ITMAS, l'échantillonnage par les pots Barber a permis de recenser le plus effectif avec 13 espèces dont *T. nigerrimum* qui présente le pourcentage le plus important avec 57,11%. Il est suivi par *P. barbara* avec 29,13%. Ces deux espèces illustrent des espèces eu-dominantes dans ce milieu. Les espèces sous-dominantes *P. pallidula*, *T. semilaeve* et *Cataglyphis viatica* affichent respectivement 2,48, 2,98 et 2,48%.

Il s'avère que le verger d'agrumes englobe énormément d'espèces sous-précédentes où six espèces sont notées soit *C. foreli* qui a marqué une seule capture, les autres espèces en l'occurrence telles de *Temnothorax sp*, *A. depilis*, *T. biskrense*, *C. mauritanica*, *N. jaegerskioeldi* affichent une abondance relative faible qui n'excèdent guère 1%, elles semblent s'adapter difficilement pour cet écosystème (Fig.39).

Parmi les espèces retrouvées avec la méthode de la récolte à la main, seulement 5 espèces dont deux se distinguent nettement, celles de *P. barbara* avec la fréquence la plus élevée 50,92% et *T. nigerrimum* avec une fréquence 22,22 %. Viennent ensuite *A. depilis* et *C. viatica* avec respectivement une fréquence de 12,96% et 10,18%. *C. scutellaris* est représentée par de faible fréquence avec 3,7%/ (Fig. 38).

Selon nos résultats, nous constatons que *T. nigerrimum* et *P. barbara* présentent les plus fortes abondances au cours de deux années consécutives 2016 et 2017.

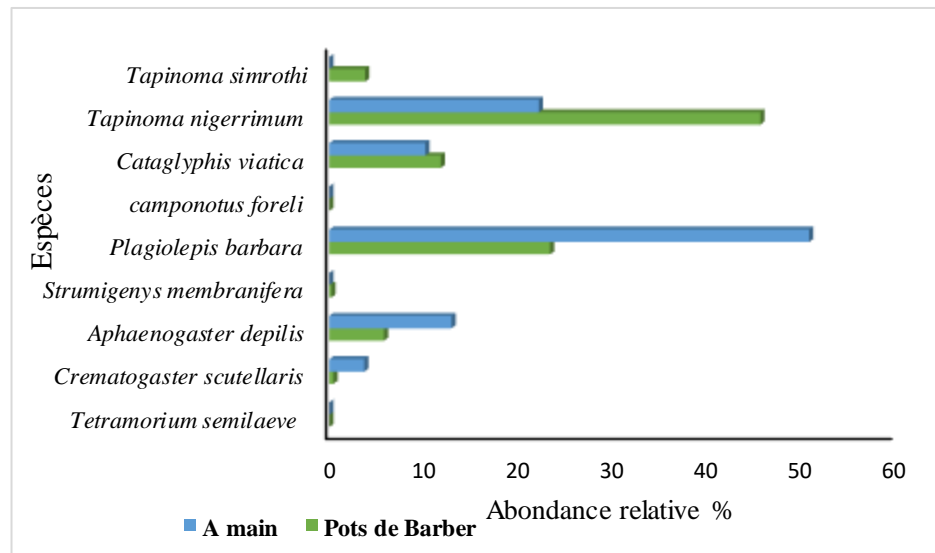


Figure 38 : Abondance relative (AR%) dans la station ITMAS en 2016

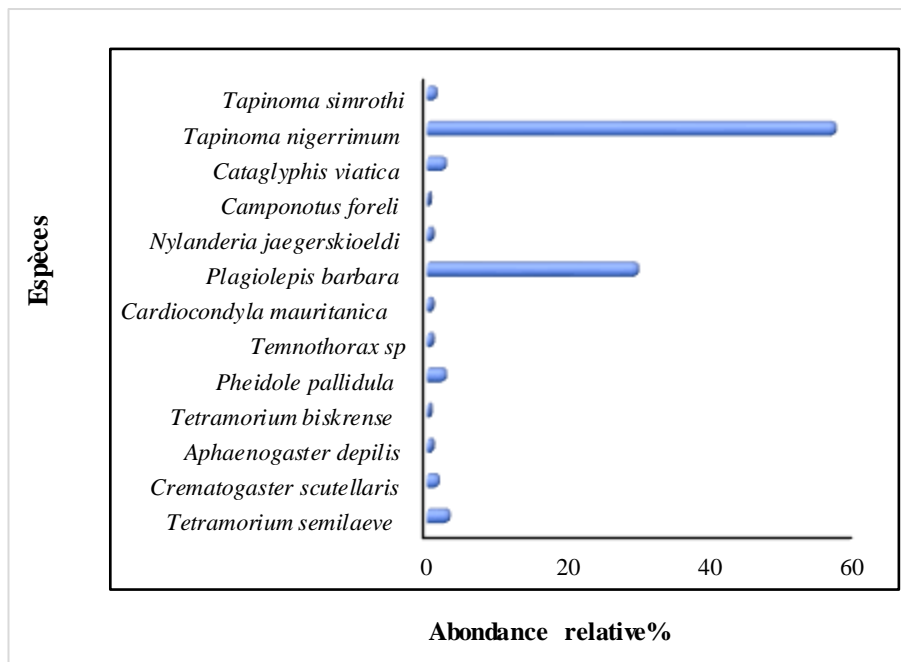


Figure 39 - Abondance relative (AR %) des fourmis dans la station ITMAS en 2017

Dans la station de céréales de Sidi Moussa, la présence des espèces, en termes d'abondance, affiche relativement une similitude par les deux méthodes mais avec des pourcentages différents. Effectivement, les individus de *M. barbara* sont les plus dominantes, soit 45,74% pour les pots, 56,52% à la main. Elle est suivie par *P. pallidula* avec 38,61% pour les pots, 18,28% à la main et *C. viatica* avec 10,38% pour les pots, 13,91% à la main. Ces espèces contribuent le plus au pourcentage de l'abondance relative dans la communauté myrmécophage. Elles sont identifiées des espèces eu-dominantes caractéristiques de ce

biotope de céréaliculture. Il semble que le milieu du blé renferme des espèces particulières qui l'occupent d'où la présence de trois espèces eu-dominantes.

L'abondance relative de *T. nigerrimum* par la récolte à la main est de l'ordre 10%. Par contre, par les pots Barber, elle est moins abondante, on enregistre que 1,29 %.

Les individus de *L. frauenfeldi*, *C. piceus*, *P. barbara* et *M. salomonis* récoltés seulement par les pots Barber viennent au dernier lieu par leurs valeurs de dominance dont les valeurs de leurs abondances relatives n'excèdent pas 2%. De ce fait, elles sont déterminées des espèces sous-précédentes. Il semble que ce biotope céréalier pour cette faune est particulièrement défavorable (Fig.40).

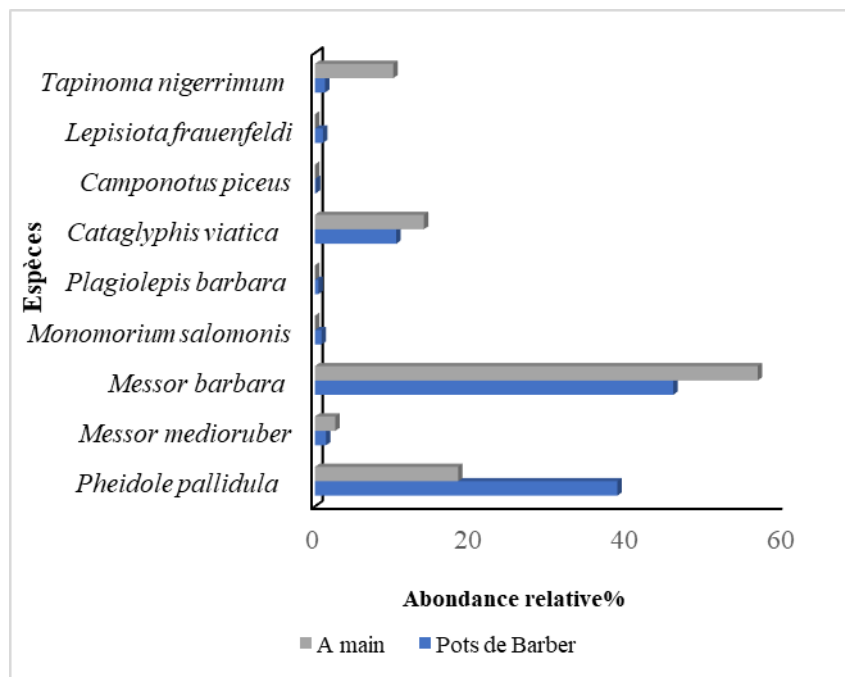


Figure 40 : Fréquence centésimale (F %) de fourmis dans la station de Medjana

4.3- La fréquence d'occurrence dans les deux stations d'étude

Le comptage des fourmis dans les régions d'études sont exploitées par l'indice de fréquence d'occurrence (constance). Le tableau n°11 suivant indique les valeurs de cette constante en leur accordant les catégories correspondantes.

L’obtention du nombre de fourmis présent dans la station de l’ITMAS durant les deux années (2016, 2017) et Medjana (2016) a permis de tirer des pourcentages de la fréquence d’occurrence. Les valeurs sont consignées dans le tableau ci-dessous

Tableau 11 : Fréquence d'occurrence dans les deux parcelles d'étude

| Site d'étude | 2016 | | | | 2017 | |
|----------------------------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
| | ITMAS | | Medjana | | ITMAS | |
| Espèces | Constante | Catégorie | Constante | Catégorie | Constante | Catégorie |
| <i>Tetramorium semilaeve</i> | 33,33 | Accessoire | | | 33,33 | Accessoire |
| <i>Crematogaster scutellaris</i> | 8,33 | Très rare | | | 16,66 | Rare |
| <i>Aphaenogaster depilis</i> | 58,33 | Régulière | | | 33,33 | Accessoire |
| <i>Tetramorium biskrense</i> | | | | | 8,33 | Très rare |
| <i>Pheidole pallidula</i> | | | 91,66 | Omniprésente | 41,66 | Très accessoire |
| <i>Temnothorax sp</i> | | | | | 16,66 | Rare |
| <i>Strumigenys membranifera</i> | 8,33 | Très rare | | | - | |
| <i>Cardiocondyla mauritanica</i> | | | | | 33,33 | Accessoire |
| <i>Messor medioruber</i> | | | 33,33 | Accessoire | | |
| <i>Messor barbara</i> | | | 41,66 | Très accessoire | | |
| <i>Monomorium salomonis</i> | | | 25 | Accidentelle | | |
| <i>Plagiolepis barbara</i> | 83,33 | Très constante | 25 | Accidentelle | 66,66 | Très régulière |
| <i>Nylanderia jaegerskioeldi</i> | | | | | 16,66 | Rare |
| <i>Camponotus foreli</i> | | | | | 8,33 | Très rare |
| <i>Lepisiota frauenfeldi</i> | | | 25 | Accidentelle | - | |
| <i>Camponotus piceus</i> | | | 8,33 | Très rare | - | |
| <i>Cataglyphis viatica</i> | 41,66 | Très Accessoire | 50 | Régulière | 50 | Régulière |
| <i>Tapinoma nigerrimum</i> | 83,33 | Très constante | 58,66 | Régulière | 75 | Très régulière |
| <i>Tapinoma simrothi</i> | 16,66 | Rare | | | 16,66 | Rare |

Selon les estimations faites sur le nombre total des Formicidae dans la station de l’ITMAS, la fréquence d’occurrence durant deux années consécutives 2016 et 2017 varient entre 8,66 et 83,33 (Tab. 11). D’après la règle de Sturge, le nombre de classes de constance est égal à 9,77, mais il est arrondi par excès à 10 classes telles que $0\% < F.O. \leq 10\%$ pour les espèces très rares, $10\% < F.O. \leq 20\%$ pour les espèces rares, $20\% < F.O. \leq 30\%$ pour les espèces accidentelles, $30\% < F.O. \leq 40\%$ pour les espèces accessoires, $40\% < F.O. \leq 50\%$ pour les espèces très accessoires, $50\% < F.O. \leq 60\%$ pour les espèces régulières, $60\% < F.O. \leq 70\%$ pour les espèces très régulières, $70\% < F.O. \leq 80\%$ pour les espèces constantes, $80\% < F.O. \leq 90\%$ pour les espèces très constantes, $90\% < F.O. \leq 100\%$ pour les espèces omniprésentes.

Les valeurs les plus faibles sont notées chez les espèces dont les fréquences d’occurrence sont de l’ordre ($F.O\% = 8,33\%$ et $16,66\%$) au cours deux années successives

2016 et 2017. C'est le cas de *T. biskrense*, *S. membranifera*, *C. foreli*, *N. jaegerskioeldi*, *C. scutellaris*, *T. simrothi* et *T. sp.*, classées dans la catégorie des espèces très rares et rares. Ces deux classes semblent être la plus importante par rapport aux autres catégories puisqu'elles contiennent sept espèces avec des valeurs relativement plus faibles ; suivie par *C. mauritanica* et *T. semilaeve* qui sont des espèces accessoires. En revanche, les espèces qui ont des valeurs de la fréquence d'occurrence les plus élevés sont *T. nigerrimum* et *P. barbara* qui sont signalées dans des pots Barber avec 83,33% en 2016 contre 75% et 66,66% en 2017. Ce sont des espèces très constantes et très régulières. Quant à *A. depilis*, elle est régulière durant l'année 2016 et s'est manifestée comme une espèce accessoire en 2017. Cette dernière espèce est accompagnée par une seule fourmi très accessoire et régulière pendant les deux années. Il s'agit de *C. viatica*.

Dans la station de céréaliculture, les valeurs des fréquences d'occurrence des espèces de Formicidae ont révélé la présence de six catégories d'espèces :

La première est celle des espèces très rares représentée par une seule espèce en l'occurrence *C. piceus* avec une valeur très faible (F.O% =8,33%), suivie par la classe des espèces accidentelles qui semble être la plus importante. En effet elle englobe trois espèces suivantes : *M. salomonis*, *P. barbara*, *L. frauenfeldi* qui affichent des fréquences égales (F.O% =25%). La troisième classe est signalée par une seule espèce accessoire. Il s'agit de *M. medioruber*. Cette fourmi est accompagnée par une espèce très accessoire représentée par *M. barbara* avec (F.O% = 41,66%). *T. nigerrimum* et *C. viatica* sont considérées comme des espèces régulières dont la valeur de leur constante est de l'ordre 58, 66%. En revanche, une seule espèce omniprésente durant toute la période d'étude, il s'agit de *P. pallidula* (F.O% = 91,66%).

4.4 – Exploitation des indices écologiques de structure

L'étude de la structure des disponibilités en espèce de Formicidae échantillonnés au niveau de deux sites, sont expliquées grâce à des indices écologiques de structure tels que l'indice de diversité de Shannon (H') et de l'équitabilité (E).

4.4.1 - Indices de diversité de Shannon (H') et de l'équitabilité (E) dans les deux sites d'étude

Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs de l'indice de la diversité de Shannon (H'), la richesse total (S) et l'équitabilité (E) appliquées aux individus de fourmis recueillies de deux sites d'étude

Tableau 12 - Valeurs de diversité de l'indice de Shannon (H'), richesse totale (S) et l'équitabilité (E) des fourmis récoltées dans les stations d'étude l'ITMAS

| L'année | Région | Mois | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Jui | Jut | Aot | Sep | Oct | Nov | Dec | Annuelles |
|---------|--------|------|-----|------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|------|-----------|
| 2016 | Alger | S | 0 | 2 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 0 | 8 |
| | | H' | 0 | 0,4 | 0,61 | 1,64 | 1,94 | 1,69 | 1,87 | 2,02 | 1,88 | 2,12 | 1,25 | 0 | 2,15 |
| | | E | 0 | 0,41 | 0,69 | 0,7 | 0,75 | 0,7 | 0,8 | 0,87 | 0,81 | 0,91 | 0,79 | 0 | 0,71 |
| | B.B. A | S | 0 | 3 | 4 | 2 | 3 | 9 | 7 | 4 | 5 | 3 | 1 | 3 | 9 |
| | | H' | 0 | 1,38 | 1,48 | 0,26 | 0,13 | 1,78 | 1,35 | 1,62 | 1,67 | 0,15 | 0 | 1,15 | 1,72 |
| | | E | 0 | 0,87 | 0,74 | 0,26 | 0,08 | 0,56 | 0,48 | 0,81 | 0,72 | 0,1 | 0 | 0,72 | 0,54 |
| 2017 | Alger | S | 0 | 0 | 2 | 7 | 11 | 9 | 6 | 6 | 5 | 4 | 2 | 0 | 13 |
| | | H' | 0 | 0 | 0,41 | 2,04 | 1,58 | 1,79 | 1,24 | 1,78 | 1,54 | 1,43 | 0,95 | 0 | 1,8 |
| | | E | 0 | 0 | 0,41 | 0,73 | 0,46 | 0,56 | 0,48 | 0,69 | 0,66 | 0,71 | 0,95 | 0 | 0,49 |

Selon les résultats obtenus dans cette étude, la valeur de l'indice de diversité de Shannon au niveau de la station de l'ITMAS au cours de deux années 2016 et 2017 montre une différence. En effet la station signale un indice de diversité de Shannon de l'ordre de 2,15 bits en 2016 et 1,8 en 2017. Ces valeurs révèlent que ce milieu est faiblement diversifié. La valeur indiquée de l'équitabilité dans cette région étant égale à 0,71 bits en 2016. Cependant, elle n'affiche que 0,49 bits en 2017. Cette valeur est inférieure à 0,5 ce qui nous mène à déduire que le peuplement de Formicidae dans ce biotope ne vive pas en harmonie entre eux avec une dominance de certaines espèces.

Au niveau du milieu de céréaliculture dans la région de B.B.A l'indice de diversité de Shannon enregistre 1,72 bits. Concernant l'équitabilité, le milieu montre une valeur de 0,54 bits. De ce fait, cette valeur tend à 0 traduisant un déséquilibre entre les effectifs des espèces de fourmis échantillonnées.

Les valeurs mensuelles de diversité de Shannon sont variables d'un mois à un autre. Dans le site de l'ITMAS, la valeur la plus importante est notée au mois d'octobre et septembre en 2016 avec respectivement H' = **2,12** et **2,02** bits. Alors que durant la période 2017, on marque la valeur la plus élevée au mois d'avril avec H' = 2,04 bits. Cette diversité est plus basse au mois de décembre et janvier pendant les deux années 2016 et 2017. Des

tendances similaires ont été observées pour les valeurs de l'équitabilité (E). La valeur la plus faible a été enregistrée au mois de décembre et janvier au cours deux années avec E=0. La valeur la plus élevée est notée au mois d' octobre et septembre en 2016 avec respectivement E= 0,91 et 0,81 et en 2017 au mois d'avril avec E= 0,73.

Dans la région de B.B.A le mois de juin enregistre une diversité de Shannon la plus forte avec 1,78 bits. La valeur de l'équitabilité se rapproche de 1 en mois d'aout, ce qui implique que les effectifs des espèces de fourmis tendent à être en équilibre entre eux.

4.5 - Indice de Sorensen

La valeur de similarité de Sorensen appliquées aux individus des fourmis récoltées dans les deux sites d'étude est portée dans le tableau 13

Tableau 13 - Valeur de l'indice de similarité de Sorensen calculé dans les deux milieux échantillonnés

| Habitats | Indice de Sorensen Cs% |
|--------------------|------------------------|
| Verger d'agrumes | 34, 78% |
| Champs de céréales | |

Selon les résultats reportés dans le tableau ci-dessus, la composition spécifique de la myrmécofaune, varie entre les deux parcelles (Rouiba et B.B.A). En effet, l'indice de similarité calculé pour le couple d'habitats met en exergue une faible similitude (Cs= 34,78%) entre les communautés étudiées. Cela indique que les communautés d'espèces de chaque milieu ne sont ni identiques, ni totalement différentes. Bien qu'elles ne soient pas complètement similaires, elles partagent cependant un nombre faible des espèces communes.

5 - Interaction plante fourmis

Ce volet concerne d'une part les ravageurs de l'oranger ainsi que les fourmis accompagnantes dans le site d'étude de l'ITMAS, par la réalisation d'un échantillonnage sur les feuilles et les rameaux les plus infestés de façon d'avoir une image lumineuse sur le complexe ravageur d'agrumes et la détermination des fourmis associées dans le verger de Heuraoua 'Rouiba' et d'autre part l'identification des principales fourmis associées aux céréales dans la station de Bordj-Bou-Arreidj.

5.1 – Association ravageurs des agrumes - fourmis

Afin d'interpréter la relation entre les espèces nuisibles aux orangers et les fourmis associées répertoriée dans le verger d'agrumes de l'ITMAS au cours de l'année 2016, on a eu recours à l'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) (Fig. 41). Le nombre des espèces ravageurs d'agrumes et les fourmis associées est de six. Il s'agit de *Lepidosaphes beckii*, *Aonidiella aurantii*, *Aphis spiraecola*, *Aleurothrixus floccosus*, *Plagiolepis barbara*, *Tapinoma nigerrimum* et *Crematogaster scutellaris* sur un total de 12 mois. La contribution des espèces à l'inertie totale est de 68,83 % pour l'axe 1 et de 19 % pour l'axe 2. Si nous prenons en considération l'axe 1 et 2, la somme de leurs contributions est égale à 87,83%. Le plan formé par les axes 1 et 2 renferme le maximum des informations.

Les valeurs du coefficient des corrélations calculées entre les espèces répertoriées sont mentionnées dans le tableau 14

Tableau 14 - Matrice de corrélation entre les espèces récoltées de la station de l'ITMAS durant l'année 2016

| Espèces | <i>L beckii</i> | <i>A. aurantii</i> | <i>Aleurothrixus floccosus</i> | <i>A. spiraecola</i> | <i>P. barbara</i> | <i>T. nigerrimum</i> | <i>C. scutellaris</i> |
|----------------------|-----------------|--------------------|--------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|
| <i>L beckii</i> | 1 | | | | | | |
| <i>A aurantii</i> | 0,775* | 1 | | | | | |
| <i>A. floccosus</i> | 0,907* | 0,804* | 1 | | | | |
| <i>A spiraecola</i> | 0,853* | 0,590* | 0,760* | 1 | | | |
| <i>P barbara</i> | 0,616* | 0,746* | 0,694* | 0,672* | 1 | | |
| <i>T. nigerrimum</i> | 0,434 | 0,743* | 0,575 | 0,362 | 0,858* | 1 | |
| <i>C scutellaris</i> | 0,180 | 0,421 | 0,354 | 0,303 | 0,822* | 0,707* | 1 |

* : valeurs significatives (hors diagonale) au seuil $\alpha=0,050$ (test bilatéral)

L'analyse de la matrice met en évidence une forte corrélation significative entre les espèces nuisibles des agrumes et les fourmis associées au cours de l'année 2016. Il existe de fortes corrélations entre *C. scutellaris* et *T. nigerrimum* avec $r = 0,707$, entre l'espèce *T. nigerrimum* et l'espèce *P. barbara* avec $r = 0,858$, entre l'espèce *P. barbara* et l'espèce *A spiraecola* avec $r = 0,672$; entre l'espèce *A spiraecola* et *A. floccosus* avec $r = 0,760$, entre l'espèce *Aleurode* sp et *A aurantii* avec $r = 0,804$ et entre *A aurantii* et *L beckii* avec $r = 0,775$.

- **La participation des mois pour la formation des axes 1 et 2 est la suivante :**

Axe 1 : le mois de mai avec 24,469 %, janvier avec 16,22% et décembre avec 16,11 % interviennent le plus dans la construction de l'axe 1.

Axe 2 : De même, ce sont juin avec 57,58 % et avril avec 17,88 % qui participent le plus dans l'élaboration de l'axe 2.

- **La participation des espèces (variables) à la formation des axes 1 et 2 est la suivante :**

Axe 1 : *P. barbara* qui intervient le plus dans la formation de l'axe 1 avec un taux égal à 17,83 %. *A. floccosus* participe avec 16,52 %, *A. aurantii* avec 16,35% et *L. beckii* avec 14,64%. Les autres espèces participent avec des faibles taux.

Axe 2 : *C. scutellaris* contribue le plus dans l'élaboration de l'axe 2 avec un pourcentage égal à 36,04%. *L. beckii* intervient en deuxième position avec un pourcentage égal à 19,98%. En troisième position, nous retrouvons *T. nigerrimum* avec 16,18 %. *A. spiraecola* participe avec un taux de 12,43 %. Les autres espèces participent avec des taux plus faibles.

Répartition des mois

Dans la figure 41, le mois de janvier et février se situent dans le quadrant I et sont positivement corrélés avec l'axe 2. Par contre, les mois de juin et mai localisés dans le quadrant II sont corrélés positivement à l'axe 1. Ceux des autres mois novembre, octobre, septembre sont opposés à l'axe 2 ce qui implique que la distribution des espèces collectées de cette station au cours des mois est différente.

Répartition des espèces

Il est à remarquer que les espèces nuisibles aux orangers (*L. beckii*, *A. aurantii*, *A. floccosus* et *A. spiraecola*) sont opposées avec l'axe 1. On constate qu'il existe une corrélation significative avec les espèces inféodées le verger d'agrumes. En effet le puceron *A. spiraecola* représente l'espèce le plus inféodée. Ceux des cochenilles diaspidines et l'Aleurode sont faiblement représentés. Cela ne reflète pas une forte infestation par les Diaspididae et les Aleyrodidae. Il est à signaler que ce verger d'oranger a subi un très bon suivi de point de vue

irrigation, taille, désherbage et traitements phytosanitaires qui sont appliqués périodiquement. Par contre, la variété Washington Navel semble être plus sensible aux attaques des pucerons car elle maintient mieux les Aphididae. Malgré les différents moyens de lutte appliqués sur la variété d'agrumes de l'ITMAS ; la variété Washington Navel reste toujours infestée et elle constitue un support pour ces pucerons dans ce verger ainsi que cette variété étudiée a été sensible aux attaques de la cochenille virgule, par rapport au Pou de Californie (*A.aurantii*).

Cependant, les fourmis *T. nigerrimum*, *C. scutellaris* et *P. barbara* sont positivement corrélées avec l'axe 1. On constate également que la présence des espèces de fourmis associées aux complexes des Homoptères montre considérablement une différence significative. Effectivement, *P. barbara* occupe le premier rang en termes d'abondances suivie par *T. nigerrimum*. Le troisième rang est celui de *C. scutellaris* qui marque une présence très faible.

Au sein de notre étude, la fourmi la plus commune demeure *P. barbara* est associée en abondance avec les pucerons. Cela indique une corrélation significativement positive avec les Aphides. Cette association symbiotique demeure un aspect écologique remarquable entre les fourmis et les pucerons en les protégeant contre leurs ennemies. Il est à noter que la fourmi *T. nigerrimum* est recrutée avec un nombre d'individu relativement important dans le verger d'agrumes de l'ITMAS où l'on retrouve des ravageurs inféodés cités ci-dessous.

Cette présence de la fourmi indigène *T. nigerrimum* est trouvée en association avec *A. spiraecola* et la cochenille virgule *L. beckii*. Alors que la fourmi *C. scutellaris*, elle marque sa présence avec un très faible nombre d'individu sur les arbres d'orangers avec les aphides.

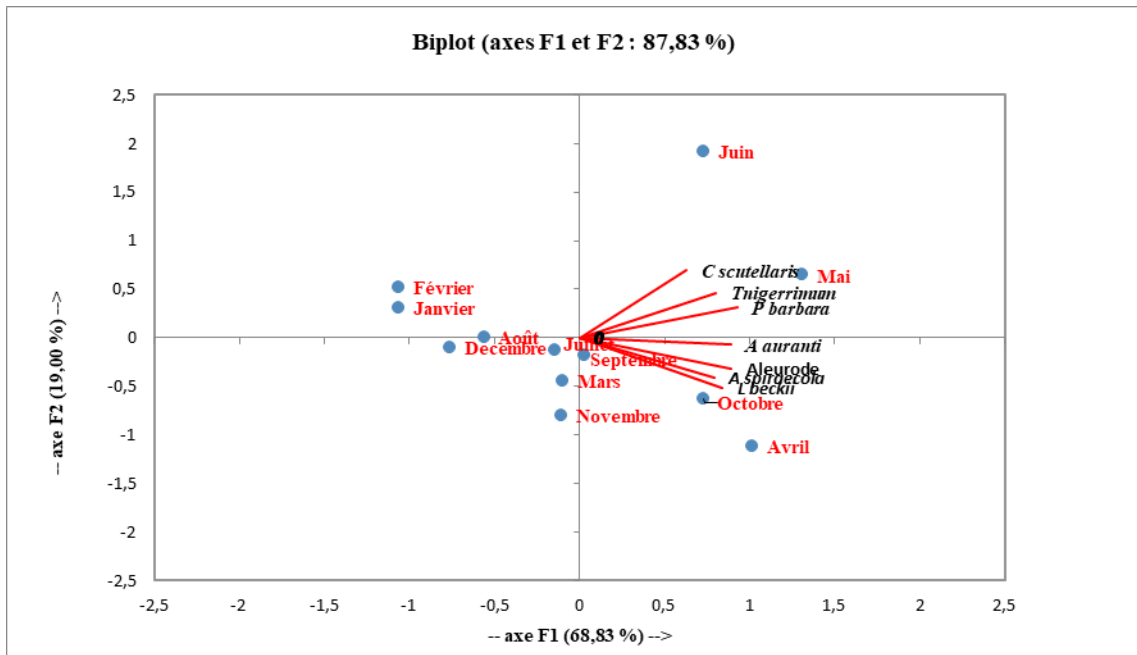


Figure 41 : Carte de l’analyse en composantes principales (A.C.P.) des effectifs des espèces nuisibles aux agrumes et les fourmis associées capturés durant l’année 2016

5.2 – Association fourmis - céréales

Durant la période de notre échantillonnage dans le champ de céréales de Medjana au cours de l’année 2016, on a essayé de repérer les endroits inféodés par les fourmis afin de distinguer les interactions déterminantes entre les espèces de fourmis qui ont des tendances envers le blé dur. On a observé que la seule fourmi récolteuse de graine de blé est uniquement *Messor barbara* et les ouvrières en nombre important monte sur les épis de blé Il ressort que les graines de Poaceae sont fréquemment récoltées par *M. barbara*.

Conclusion

Le nombre de genres de fourmis observés avec les homoptères est plus faible que le nombre de genre trouvé au sol récolté par la méthode des Pots Barber. Par conséquent toutes les espèces ne semblent pas avoir un comportement de mutualisme avec ces homoptères. Le régime alimentaire et la biologie de chaque genre pourrait expliquer ces différences.

Trois genres, appartenant à 3 sous familles ont été observés en mutualisme avec les pucerons et la cochenille virgule dans les arbres d’agrume de la station de l’ITAMS.

On peut conclure également que le facteur mois, est lié à l'abondance de certaines espèces nuisibles des agrumes notamment *Aphis spiraecola*. Il semble que les fourmis ont offert un effet protecteur aux insectes ravageurs des agrumes. Par ailleurs, il est constaté que l'abondance et l'identification des espèces de fourmis pourrait varier selon le régime alimentaire, le biotope et la plante qu'elles abritent.

6– Analyse statistique des résultats

On a utilisé l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C) afin d'exploiter statistiquement les résultats obtenus. Pour comprendre la répartition des fourmis selon l'espace tridimensionnel, l'A.F.C est un moyen de lire et de comprendre géométriquement la répartition des données numériques selon l'espace. Cette analyse a pour but de mettre en évidence la répartition des espèces capturées en fonction des mois.

6. 1 - Station de Rouiba en 2016

La contribution des espèces de fourmis récoltées dans le verger d'agrumes pour l'année 2016 à l'inertie totale est égale à 36,17% pour l'axe 1 et 28,4% pour l'axe 2 soit une somme de 64,57 %. De ce fait une grande information peut être donnée grâce aux plans déterminés par l'axe 1 et 2 (Fig. 42).

✚ La contribution des mois pour la formation de l'axe 1 et 2 est la suivante

Axe 1 : Le mois de juillet (VII) avec % 49,31 participe le plus dans la construction de l'axe 1. Le mois de septembre (IX) contribue avec 40,10% dans la formation de l'axe 1.

Axe 2 : Les deux mois de juillet (VII) et le mois de septembre (IX) contribuent le plus dans la formation de l'axe 2 mais presque avec de même pourcentage respectivement avec 33,66 % et 30,93 %.

La contribution des espèces de fourmis dans la formation de l'axe 1 et 2

Axe 1 : *Strumigenys membranifera* (strum) qui contribue le plus dans la formation de l'axe 1 avec un taux de 39,19 %. De même, *Crematogaster scutellaris* (Cs) contribue elle aussi avec 31,87%. Les autres espèces participent par un taux plus faible.

Axe 2 : Pour la formation de cet axe, ce sont surtout *Strumigenys membranifera* (strum), *Tapinoma simrothi* (Tps) et *Crematogaster scutellaris* (Cs), qui interviennent le plus avec un pourcentage respectif de 34,07 %, 33,45% et 31,31 %. Les autres espèces interviennent avec des taux plus faibles.

✚ La répartition des mois selon les quadrants

Les mois octobre, novembre et mars se localisent dans le quadrant 1. Le quadrant 2 comprend un seul mois, le mois de juillet (VII). Dans le quadrant 3, on ne retrouve que le mois d'avril (IV) et mai (V). Alors que le mois d'aout et février sont notés dans le quadrant 4. Il est à noter que les mois différents les uns aux autres par leurs localisations et les compositions respectives en espèces de fourmis inventoriées.

En ce qui concerne la répartition des espèces en fonction des quadrants, il est à remarquer la présence de trois groupements soit :

Groupe 1 : regroupe les espèces *Tetramorium simelevea*, *Tapinoma nigerrimum* et *Plagiolepis barbara*, *Tapinoma simrothi*, *Cataglyphis viatica* qui sont présentes dans les mois février ; mars, avril ; mai ; juin ; aout, novembre.

Groupe 2 : renferme uniquement une seule espèce **très** rare : il s'agit de *Crematogaster scutellaris* qui est notée au mois de septembre.

Groupe 3 : regroupe seulement l'espèce très rare *Strumigenys membranifera* qui n'apparaît qu'au mois de juillet.

6.2 - Station de Rouiba en 2017

Contribution des axes 1 et 2 : La contribution des fourmis capturées par les pots Barber à l'inertie totale est égale à 28,40 % pour l'axe 1 et 23,06 % pour l'axe 2. La somme de ces deux taux est égale à 51,45 %. La totalité de l'information est renfermée dans le plan des axes 1 – 2 (Fig. 43).

Participation des mois pour la formation des axes 1 et 2 est la suivante

Axe 1 : Le mois de juin participe avec 24,14 % et le mois de mars avec 22,94% interviennent le plus dans la construction de l'axe 1.

Axe 2 : De même, c'est le mois de Mars avec 39,46 % et le mois de septembre avec 21,06 % qui participent le plus dans l'élaboration de l'axe 2.

Participation des espèces capturées à la formation des axes 1 et 2 est la suivante

Axe 1 : L'espèce qui intervient le plus dans la formation de l'axe 1 a un taux égal à 20,31%. C'est *Temnothorax sp.* De même l'espèce *Nylanderia jaegerskioeldi* contribue avec 18,04%. Les autres espèces participent avec des taux plus faibles.

Axe 2 : C'est *Temnothorax sp* qui contribue le plus dans l'élaboration de l'axe 2 avec un pourcentage égal 41,37% suivi de *Aphaenogaster depilis* qui vient en deuxième position avec 23,17 %. Les autres espèces participent avec des taux plus faibles.

Répartition des mois suivant les quadrants

Les mois de mars, novembre et aout se situent dans le quadrant I ; les mois de juin et juillet dans le quadrant II, le mois d'avril dans le quadrant III. Alors que les mois de mai, septembre et octobre sont notés dans le quadrant 4.

En ce qui concerne de la répartition des espèces en fonction des quadrants, il est à noter la présence de 4 nuages de point :

Groupe 1 : renferme les deux espèces qui ne sont piégées qu'au niveau du mois de juin et juillet. Il s'agit de *Tetramorium biskrense* et *Nylanderia jaegerskioeldi*.

Groupe 2 : est constitué par une seule espèce rare, il s'agit de *Temnothorax sp.* Elle est notée durant le mois de mars

Groupe 3 : est représentée par les espèces de deux saisons printanière et estivale appartenant aux mois d'avril, mai, juin, juillet et août. Ce sont : *Pheidole pallidula*, *Cardiocondyla mauritanica*, *Plagiolepis barbara*, *Tapinoma simrothi*, *Camponotus foreli*, *Cataglyphis viatica*, *Tetramorium semileave* et *Crematogaster scutellaris*.

Groupe 4 : regroupe les espèces qui sont signalées durant le mois de mai, août, septembre, octobre et novembre. Il s'agit de *Tapinoma nigerrimum*, *Aphaenogaster depilis*, *Crematogaster scutellaris* et *Camponotus foreli*.

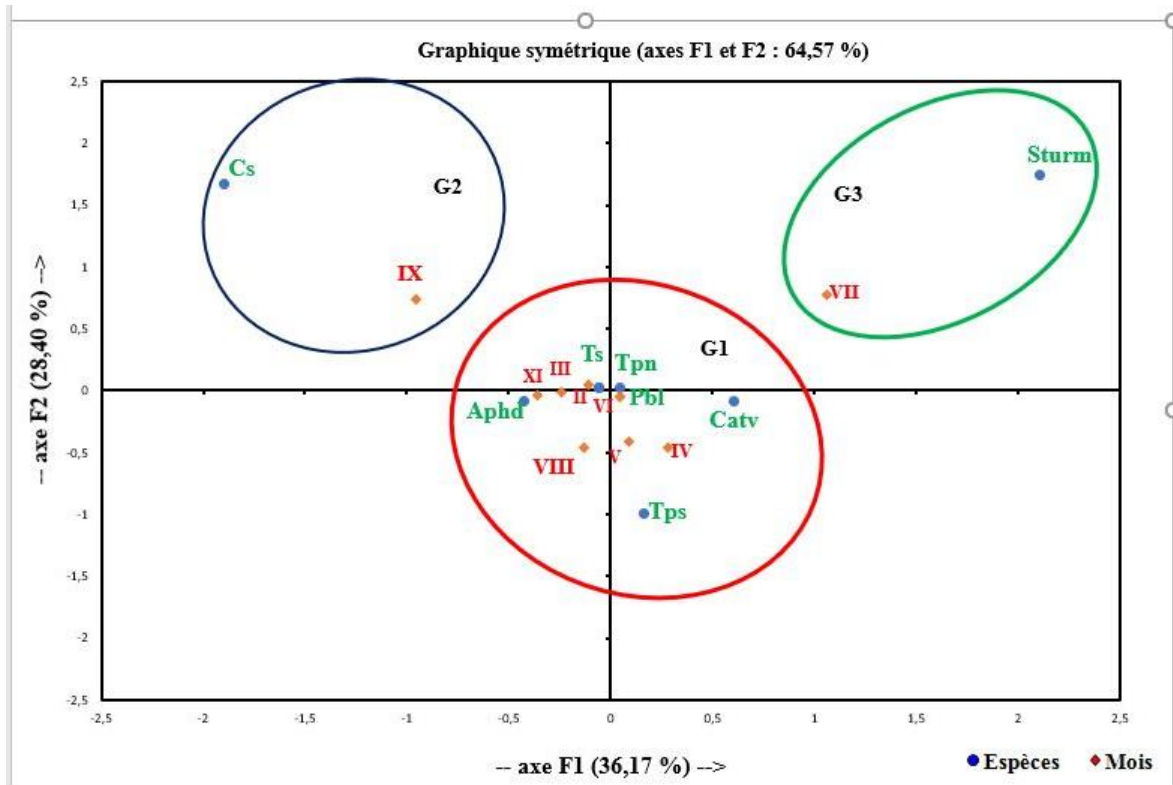


Figure 42 - Carte factorielle de l'axe (1et 2) des espèces notées dans les quadrants en fonction de mois dans la station de l'ITMAS durant l'année 2016

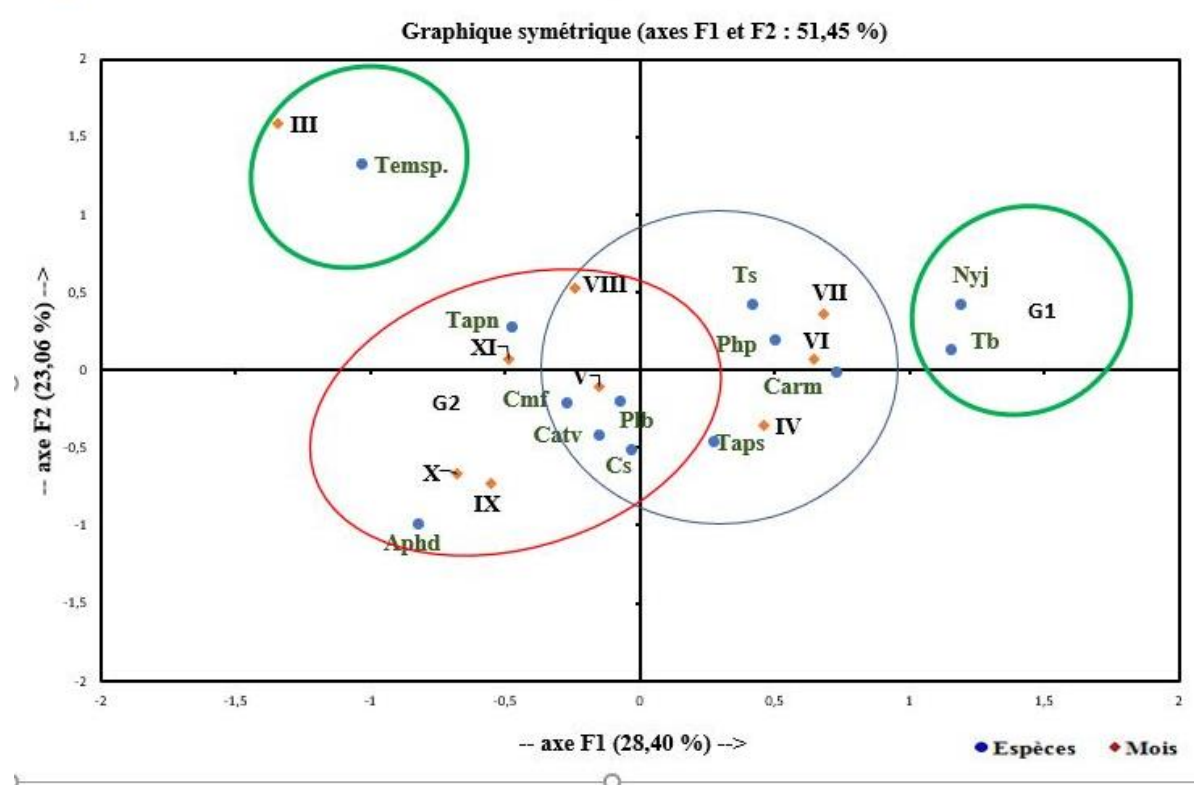


Figure 43 - Carte factorielle de l'axe (1et 2) des espèces notées dans les quadrants en fonction de mois dans la station de l'ITMAS durant l'année 2017

6. 3 - station de bordj-Bou Arréridj

La participation à l'inertie totale des espèces de fourmis recueillies dans le champ de céréales est égale à 44,18% pour l'axe 1 et 30,06 % pour l'axe 2 qui donne une somme égale à 74,24 %. De ce fait une grande information peut être donnée grâce aux plans déterminés par les axes 1 et 2 (Fig. 44).

✚ La contribution des mois pour la formation de l'axe 1 et 2 est la suivante

Axe 1 : les mois d'octobre (X) avec 34, 61% et celui de mai (V) avec 43,32% interviennent le plus dans la formation de l'axe 1.

Axe 2 : les mois de juillet (VII) avec 66, 67 % et celui de mai (X) avec 19, 73 qui participent le plus dans la détermination de l'axe 2.

✚ La contribution des espèces de fourmis dans la formation de l'axe 1 et 2

Axe 1 : l'espèce *Messor barbara* (Mb) participe le plus dans la formation de l'axe 1 avec un taux égal à 50, 54% suivi de *Pheidole pallidula* avec 43,67 %. Les autres espèces participent par un taux plus faible.

Axe 2 : *Cataglyphis viatica* (Catv) est l'espèce qui contribue le plus à l'élaboration de l'axe 2 où participe avec 71,4 %. La deuxième position est celle de *Pheidole pallidula* (Php) avec un pourcentage 16,74 %. Les autres espèces interviennent avec des taux plus faibles.

✚ La répartition des mois selon les quadrants

Les mois de février (II), juillet (VII) et août (VIII) se situent dans le quadrant 1, celui de juin (VI) se localise dans le quadrant 2. Ce n'est que le mois de septembre (IX) qui se trouve entre les deux quadrants suivants 2 et 3. Le quadrant 3 renferme les deux mois octobre (X) et décembre (XII). Tandis que ceux du mois avril (IV), mai (V) et novembre (XI) se localisent dans le quadrant 4. Chaque mois occupe un quadrant particulier ce qui s'explique par le fait que chaque groupe de fourmis est lié par les conditions climatiques et

environnementales mensuelles. Pour ce qui est de la répartition des espèces en fonction des quadrants, il est à noter la présence de trois groupements :

Groupe 1 : renferme qu'une seule espèce omniprésente. Il s'agit de *Pheidole pallidula*. Elle est signalée dans les mois avril (IV), mai (V), novembre (XI) et mars (III).

Groupe 2 : rassemble les deux espèces *Messor barbara* et *Messor medioruber* qui sont corrélées particulièrement aux mois d'octobre, décembre, février, juin et septembre.

Groupe 3 : est constitué les espèces *Cataglyphis viatica*, *Monomorium salomonis*, *Lepisiota frauenfeldi*, *Plagiolepis barbara*, *Camponotus piceus* et *Tapinoma nigerrimum*. Elles se manifestent pendant les mois février, juillet et août.

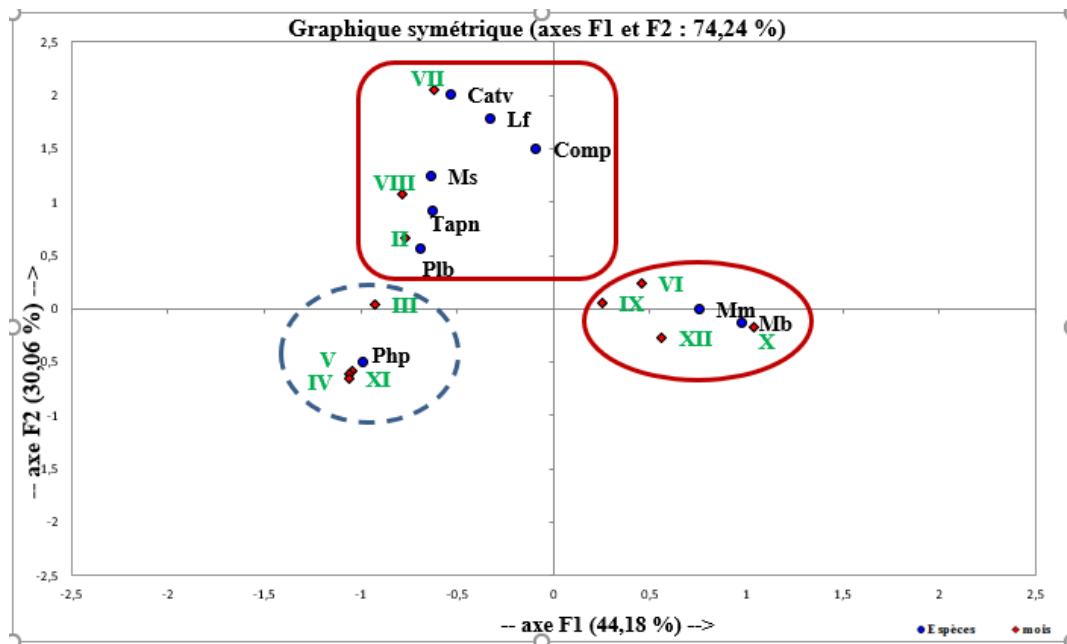


Figure 44 - Carte factorielle de l'axe (1et 2) des espèces notées dans les quadrants en fonction de mois dans la station de Medjana durant l'année 2016

Partie III - Espèces exotiques et la citation de la nouvelle espèce pour l'Algérie

La troisième partie qui traite quelques espèces particulières recueillies lors des présents échantillonnages effectués dans la région de Rouiba. Il s'agit d'une nouvelle espèce signalée pour la première fois en Algérie *Nylanderia jaegerskioeldi* Mayr et d'autre redécouverte pour la deuxième fois *Strumigenys membranifera*.

1 - Espèce exotique et la nouvelle signalisation

En premier lieu quelques données sur les espèces de fourmis considérées comme exotiques en Algérie sont notées puis un focus est mis sur la présence d'une nouvelle signalisation d'une fourmi en Algérie *Nylanderia jaegerskioeldi*

1.1 - Espèces exotiques

Le terme exotique n'implique pas directement l'idée d'invasion. Il est indéniable que les espèces envahissantes appartiennent à un sous ensemble d'espèces exotiques (Williamson et Fitter, 1996). Les trois phases celles de l'arrivée, de l'établissement et la diffusion qui constituent habituellement les processus invasifs sont qualitativement différents dans les possibilités d'exercer un contrôle sur eux (Shigesada et Kawasaki, 1997). Une connaissance détaillée de la présence ou de l'arrivée d'une espèce exotique dans les différents pays est utile pour une gestion de précaution des envahisseurs possibles. La myrmécofaune d'Algérie est encore mal connue, en particulier les fourmis exotiques. De ce fait, l'objectif aussi dans cette étude, est de faire d'une part la désignation et la mise au point sur les "espèces exotiques". Nous pensons que ces fourmis ayant été transportées en Algérie par le mouvement humain et le commerce afin de construire un modèle prédictif des fourmis invasive et d'autre part d'attirer l'attention des services agricoles de protection des végétaux de l'Algérie et les futures myrmécologues envers ces fourmis qui peuvent prendre ampleur au fur et au mesure du temps. Il est nécessaire et utile de se concentrer sur les conséquences écologiques que ces espèces peuvent avoir lorsqu'elles sont établies, Certaines espèces peuvent simplement s'établir pendant une courte période puis disparaître, tandis que d'autres peuvent s'intégrer totalement au biote local sans beaucoup d'effets apparents.

Une étude récente, publiée la dernière liste de fourmis a donné 218 espèces indigènes en Algérie (antweb, 2020). Par la suite 10 espèces exotiques considérées comme non originaire à l'Algérie ont été ajoutés à la liste comme suit :

1 - *Trichomyrmex destructor* (Jerdon, 1851), mentionnée par Andre (1883) comme *M. gracillimum* sans nom de la localité, et par Bernard (1968) comme *M. gracillimum* du Tassili n'Ajjer

2 - *Monomorium pharaonis* (Linnaeus, 1758), noté à Oran par Bernard (1968)

3 - *Linepithema humile* (Mayr, 1868) par Frisque (1935) ; Barech *et al.*, (2015) ; Slimani *et al.*, (2020).

4 - *Paratrechina longicornis* (Latreille, 1802) par Cagniant (1970) et Slimani *et al.*, (2020).

5 - *Pheidole megacephala* (Fabricius, 1793) par Chopard (1919).

6 - *Tetramorium bicarinatum* (Nylander, 1846), notée par Bernard (1960) dans les Jardins à Djanet.

7 - *Tetramorium simillimum* (Fr. Smith, 1851), dans des oasis à Djanet (Bernard, 1968)

8 - *Tetramorium lanuginosum* (Mayr, 1870) signalée par Barech *et al.*, (2011) dans un jardin irrigué à l'INA Alger.

9 - *Lioponera longitarsus* (Mayr, 1879) par Barech *et al.*, (2017) dans une oliveraie à Nouara, M'sila.

10 - *Strumigenys membranifera* (Emery, 1869) noté à Aïn Moussa, Ouargla (écosystème sauvage) pour la première fois en Algérie par Chemala *et al.*, (2017) et dans la présente étude signalé pour la deuxième fois.

1.1. -Présentation de *Nylanderia jaegerskioeldi*

Dans ce présent travail, cette espèce exotique *Nylanderia jaegerskioeldi* (Mayr) est citée pour la première fois en Algérie, comme étant la première signalisation dans le verger d'agrumes à l'ITMAS (Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisée) Heuraoua Rouiba. 3 ouvrières et une reine récoltée en juin et juillet 2017 ont été trouvées suite à un échantillonnage par les pots Barber et identifiées par le professeur X, Espadaler en utilisant la clé de Cagniant (1996, 1997a, 2009). Le nid de cette espèce n'a pas été détecté, ce qui fait n'a pas été possible de recueillir davantage de détails sur la taille de population.

La Polla *et al.*, (2011), considéré que *N. jaegerskioeldi* était originaire de l'Afrotropique Cette espèce a peut-être l'aire de répartition la plus large de toutes les *Nylanderia* Afrotropicale, trouvé à travers l'Afrique équatoriale, vers le nord en passant par l'Afrique du Nord, aussi loin à l'ouest que les îles de Canaries. En Afrique du Nord, *N. jaegerskioeldi* est originaire d'Égypte (Emery, 1910) et la Libye (Menozzi, 1934). En dehors de l'Afrique, cette fourmi invasive a pris de l'ampleur dans la provenance de la Méditerranée orientale et du Moyen-Orient, y compris Chypre (Emery 1910). Elle est réputée comme un ravageur commun dans les maisons d'Émirats arabes (Collingwood *et al.*, 1997) ; où il semble rechercher les endroits humides (salles de bains et les cuisines).

2 - Espèce redécouverte pour la deuxième fois en Algérie : *Strumigenys membranifera*

L'espèce exotique : *Strumigenys membranifera* Emery, 1869 est retrouvée pour la deuxième fois en Algérie dans le verger d'agrumes localisé à l'ITMAS Heuraoua Rouiba ; une seule reine a été récoltée en juillet 2016.

Le genre *Strumigenys*, avec 836 espèces valide dans le monde entier (Bolton, 2014), l'un des genres de fourmis les plus riches en espèces, avec la majorité concentrée dans les forêts tropicales dont un peu moins de 25% se trouvent dans la région neotropicale. Ce sont des prédateurs d'autres arthropodes et beaucoup sont des chasseurs à mâchoires spécialisées afin de traquer des collembolés, un groupe clé dans la décomposition de la litière végétale et la formation de la microstructure du sol (Rusek, 1998). Malgré une révision récente et massive, il est clair que la diversité du groupe à encore d'être découvert (Bolton, 2000). La

majorité des espèces sont des habitants cryptiques du sol, la nidification et la recherche de nourriture dans les feuilles litières, couches superficielles ou du bois (Bolton, 1983 ; Dejean, 1991).

S. membranifera Emery, 1869 et *S. emmae* (Emery, 1890) sont des espèces envahissantes réussies avec leurs larges distributions (Wetterer, 2011). Ceux deux espèces avec la troisième *S. rogeri* Emery, 1890, sont les plus envahissantes et les plus performantes de fourmis *Strumigenys* dans le monde entier. Il est à noter que l'espèce *S. membranifera* considérée comme d'origine africaine et qui a été signalée dans une large gamme d'habitat, y compris les zones cultivées, les jardins, et les forêts (Bolton 1983, 2000).

S. membranifera Emery, 1869 est un minuscule prédateur de la tribu de Dacitine qui a distribué avec succès dans le monde entier par le commerce et les activités humaines (Wetterer, 2011). L'espèce a envahi avec succès un large éventail d'habitats, y compris des forêts, champs cultivés, pâturages et même jardins et pelouses (Wilson et Taylor, 1967). C'est souvent l'un des éléments les plus cryptiques de la litière et de la faune du sol (Herrera et Longino, 2008), généralement dans des densités relativement faibles, donc souvent inaperçu. Récemment, cette espèce a été enregistrée en Arabie Saoudite par Sharaf *et al.*, (2014) et au Maroc par Taheri et Reyes-López, (2015).

Conclusion

Les deux fourmis exotiques recueillies au cours de notre échantillonnage : *S. membranifera* et *N. jaegerskioeldi* au sein de la station de l'ITMAS Rouiba élèvent le nombre d'espèces exotiques reconnues en Algérie à onze.

Il serait intéressant de poursuivre les recherches dans le domaine de la myrmécofaune et de suivre le processus de ces espèces invasives en Algérie pour connaître si elles continuent à se propager et à devenir un ravageur nuisible sur le plan économique et écologique à long terme. Alternativement, elles peuvent devenir des ravageurs mineurs, s'intégrer facilement avec des espèces indigènes ou disparaître complètement. Des efforts supplémentaires sont nécessaires pour révéler la présence des autres espèces encore inconnues en Algérie.

Les discussions porteront sur les caractéristiques pédologiques des sols avec les fourmis recensées de deux régions d'étude. Elles concernent aussi l'échantillonnage des différentes espèces de fourmis collectées avec les interactions entre plante-fourmis ainsi que la mise en œuvre de quelques espèces exotiques échantillonnées.

Partie I - Discussion sur les caractéristiques pédologiques des sols testés en relation avec les fourmis

La présence de fourmis est gouvernée par deux facteurs principaux et liés par la température du sol et l'humidité du sol. Ces deux facteurs sont en retour déterminés par des caractéristiques physiques (granulométrie, porosité) et chimiques (pH, quantités d'acides humiques, CEC, CE, Calcaire) des sols (Seifert ,2007).

D'après Grahem *et al.*, (2009), la texture du sol et le type du sol ont toujours montré de fortes associations avec les communautés de fourmis ; nos résultats soutiennent l'importance de ces prédicteurs comme des filtres environnementaux pour l'assemblage de la communauté des fourmis dans les deux sites étudiés. Il est à signaler que cette communauté myrmécologique de chaque milieu ne soit pas entièrement similaire. Elle partage cependant un nombre faible des espèces en communs. Cela peut être lié aux caractéristiques particulières de chaque sol en particulier la texture influençant la richesse totale et la composition de la communauté. En effet, les fourmis ont répondu différemment aux composants de la texture du sol en raison des contraintes spécifiques aux espèces liées à la capacité physique de nicher dans le sol. Cela est observé dans le meilleur model de la présence en abondance de l'espèce *Tapinoma nigerrimum* dans un sol sableux. Cette espèce a pu coloniser le sol des arbres d'orangers alors qu'elle s'est montrée reculée dans le sol argileux de Medjana. En effet, selon Seifert *et al.*, (2017), dans leurs travaux sur quatre espèces du complexe *T. nigerrimum*, un cas similaire a été décrits, en indiquant qu'en général, cette fourmi est plus dominante dans le sol sableux que les sols argileux. D'après auteurs comme Sommer et Cagniant (1988), indique que cette espèce est purement méditerranéenne et recherche les sols les plus humides. Au sein du même site de Rouiba, il apparait également que *Cardiocondyla mauritanica* préfère de côtoyer un sol sablonneux qu'un sol argileux. Cette même observation a été notée par Sharaf *et al.*, (2017) au Yémen. Ces auteurs ont trouvé cette fourmi dans un sol humide et sablonneux près d'un petit ruisseau.

Dans la station Medjana qui est milieu ouvert et semi-aride, l'espèce *Camponotuspiceus* préfère exploiter le sol argileux salé de composition calcaire. Cette espèce thermophile a été signalée dans divers habitats : garigues, friches, clairières, prairies, anciens salins, coteaux calcaires en Préférant les sols argileux (Colli, 2014).

Au regard des deux espèces *Monomorium salomonis* et *Lepisiota frauenfeldi*, elles semblent préférer le sol salé dans la station de Medjana. Bien que l'espèce *Pheidole pallidula* n'abandonne pas sur un sol sableux mais en présence de sol argileux avec un excès de calcaire. En ce qui concerne *Cataglyphis viatica*, qui apparait peu sensible à la nature du sol, elle peuple les deux sols (argileux et sableux). Malheureusement, il n'existe pas de données récentes sur ces espèces sur leur réponse aux composants du sol sauf les travaux anciens de Bernard (1945), dans son étude du comportement des fourmis sur les principaux sols dans la forêt de Mamora (Maroc). Cet auteur note que *M. salomonis* supporte l'argile et les sols salé, n'envahit le sable que s'il est fortement altéré par l'incendie alors que le genre *Cataglyphis* a la capacité de nidifier surtout dans les sols argileux et sableux. Toutefois, Comin et Espadaler (1984), ont observés *M. salomonis* dans des endroits sablonneux le long de la côte et largement distribué en Afrique méditerranéenne. *L. frauenfeldi* décrit comme une espèce halophile s'accommode bien avec les sols salés (Cagniant, 2006). En effet, Barech *et al.*, (2016) confirme que la répartition des fourmis dépend non seulement de la texture du sol mais aussi à sa composition (salinité). Les résultats pédologiques de la station de Medjena (milieu ouvert), montrent que le calcaire est présent en proportion relativement importante. Ceci démontre que *M. salomonis* a une tendance également à côtoyer les sols calcaires. Cette constatation confirme celle du Bernard, (1972) qui a noté la présence des nids de *M. salomonis* à l'approche des pierres qui sont de nature calcaire au sud d'Ain-oussera.

D'ailleurs, La relation entre la communauté de fourmis et les facteurs de l'habitat est conforme à la conclusion de Boulton *et al.*, (2005) qui ont conclu que la richesse et l'abondance globale des espèces sont associées de manière plus cohérente à la chimie du sol et sa texture que les plantes. Les sols riches en argile affectent les schémas de distribution de certaines fourmis par le biais de leur masse humide fondatrice où les sols riches en argile (c'est-à-dire une humidité très élevée) (Johnson, 2000). Ce dernier a observé que l'augmentation de survie de *Pogonomyrmex rugosus* et *Pogonomyrmex barbatus* (Myrmicinae) sont associés à la présence d'argile. Il est bien possible de supposer que cette association est

due à la combinaison des facteurs : la facilité de creuser les nids, construction des chambres, la capacité de rétention d'eau.

Partie II - Discussion des Formicidae recueillies au niveau de deux régions

Systématiques liées à l'identification des fourmis capturées dans les deux stations

L'inventaire de la myrmécofaune réalisé au cours de la présente recherche a été soumis à une analyse taxonomique précise et impérative qui vise à classer et à regrouper les espèces de fourmis qui ont des similitudes. Cette classification consiste à reconnaître et à définir ces groupes ou ces taxons possédant en commun un caractère particulier.

La morphologie des fourmis présente une particularité très nette : l'abdomen est relié au thorax par nœud appelé pétiole d'où le nom *petiolata* donné au groupe des Apocrites ; possédant un aiguillon abdominal communément appelé dard (il est atrophié ou absent chez certaines espèces de fourmis) qui les font classées parmi les Aculéates. L'identification des fourmis recensées est basée en premier lieu sur l'observation des caractères morphologiques à l'aide de clés dichotomique. D'après Deborah (2010), la structure du pétiole joue un rôle important dans la classification visuelle des fourmis, car les principales sous-familles de Formicidae ont des différentes structures : pétiole à deux segments ou pétiole à un seul segment. En effet, même les très anciens travaux sur les Formicidae, notamment ceux de Perrier (1940), Bernard (1968) et Cagniant (1973a), se sont basés, dans leurs clefs d'identification, sur le caractère du pétiole pour déterminer et identifier les différentes sous-familles.

Les résultats obtenus dans le cadre de la présente étude nous ont permis de définir trois sous-familles, il s'agit des Formicinae, des Myrmicinae et des Dolichoderinae. Ces résultats rejoignent ceux obtenus par la plupart des auteurs ayant travaillé sur l'entomofaune tels que les travaux de Djioua (2011), Laghzal-Moussaoui (2015), Baouane (2005). Dehina (2009), dans son étude des Formicidae, a noté en plus de ces trois sous-familles, la famille des Ponerinae.

Plusieurs autres critères de classification sont pris en considération, qui demeurent des caractères de plus en plus précis. Ce sont des méthodes de discriminations morphologiques s'appuyant sur un grand nombre de caractères (nombre d'articles antennaires, la longueur des

soies, la forme de la tête, clypeus, fossettes frontale, position des yeux, et forme de mesosoma, etc...). L'ensemble des données ainsi collectés par ces examens anatomiques, de chaque individu de fourmi permet d'en définir le genre.

Cependant, la détermination des Formicidae n'est pas chose aisée, vu la complexité de la structure sociale de la myrmécofaune. D'une part les fourmis font apparaître une difficulté propre par le fait de la présence de trois types d'individus : des femelles fertiles et ailées (aptères à leur émergence, gynes ou princesses si elles sont ailées, reines une fois les ailes perdues), des femelles aptères et fonctionnellement stériles (ouvrières), et des mâles (Kaufmann, 2010). D'autre part, la caste ouvrière peut présenter un polymorphisme où deux ou plusieurs castes morphologiquement différentes coexistent au sein de la fourmilière. Si le **polyéthisme** d'âge et l'idiosyncrasie sont très répandus chez les insectes sociaux, le polyéthisme basé sur des castes ouvrières morphologiquement différents restes limités à un nombre restreint d'espèces de fourmis (Hölldobler et Wilson, 1990 ; Bolton, 1994).

D'après nos résultats, il existe un dimorphisme au niveau de la tête entre les différentes castes de la colonie de fourmis. La reine de l'espèce *Cardiocondyla mauritanica* montre légèrement des variations, elle est un peu plus foncée et plus sculptée en comparaison avec les ouvrières. Tandis que celles-ci présentent des carènes frontales plus convergentes que la reine. Ces résultats sont tout à fait similaires à ceux de Seifert (2003), lors de ces études du genre *Cardiocondyla*.

Chez *Messor barbara*, la tête de la reine présente clairement une différence. Elle est plus luisante et plus sombre que celle des ouvrières présentant des ponctuations faibles au niveau de la tête. Cette différence morphologique a été observée chez les individus de *M. barbara* récoltés au cours de cette étude. Les résultats que nous avons obtenus sont conformes à ceux de Bernard (1968), mentionnés dans ses tableaux de classification.

Les structures du thorax sont aussi nécessaires dans la classification. Chez les sexués, les muscles indirects du vol se développent pendant l'essaimage au niveau de l'insertion des ailes sur le mésothorax provoquant ainsi la diminution relative du métathorax. L'examen du thorax de la reine *Nylanderia jaegerskioeldi* récoltées durant notre échantillonnage a montré que le thorax est bien plus proéminent que celles des ouvrières, plus massif et volumineux.

Cette signification est quasiment la même que celle notée par Lapolla *et al.*, (2011) dans leur étude de monographie de *Nylanderia* du monde.

Chez les espèces polymorphes, la caste ouvrière peut présenter un polymorphisme apparent. Ceci est une caractéristique présente chez certaines espèces de fourmis ce qui signifie que les ouvrières n'ont pas toute la même taille. On peut ainsi en apercevoir des plus grosses et des plus petites. L'exemple de *Pheidole pallidula* recensée dans le cadre de cette étude, possède la caste ouvrière composée de minors et de majors. Ces dernières se distinguent des minors par leur grande taille et plus particulièrement par l'hypertrophie de leur taille ainsi que leurs mandibules qui sont courtes. Grâce à leurs puissantes mandibules capables de découper de grandes proies, ces majors permettent à la colonie d'accéder à plus grande de nourriture (Detrain, 1990).

Nos résultats confirment ceux relatés par Passera (1974) qui note que dans une colonie de *P. pallidula* au sein de laquelle, les soldats se différencient des larves ouvrières par la forme de poils, des mandibules. Les soldats se distinguent par leurs mandibules sclérifiées portant des aspérités ; la pilosité est très clairsemée avec des poils simples, fourchus très longs formant ressort. Alors que les larves ouvrières montrent des mandibules allongées qui ne sont pas sclérifiées, la pilosité dense, forme de poils simples, fourchus très épaisse caractéristique de ce stade.

L'identification complète des divers individus de fourmis recueillies à différents niveaux taxonomiques, allant jusqu'au niveau de l'espèce a été obtenue à travers de cette étude systématique par l'analyse de ces trois critères réunis (Tête, tronc et pétiole, abdomen).

Identification moléculaire

Nos résultats révèlent que l'ADN barcoding, c'est une approche intéressante pour fournir la délimitation du genre et parfois même peut aller jusqu'à l'identification génétique des espèces.

Ces résultats sont identiques à ceux obtenus par la plupart des auteurs ayant travaillé sur l'approche barcoding dans l'estimation de la biodiversité tels les travaux de Smith *et al.*, (2005) ; Decaëns *et al.*, (2013) et Hebert *et al.*, (2003, 2004). D'après, Smith et Fisher (2009)

dans leur étude de l'ADN barcode, invasion et estimation de la biodiversité de Formicidae ont montré que l'intégration d'une approche de **code-barres ADN COI** permettra des estimations beaucoup plus rapides de la diversité et de la complémentarité que l'analyse morphologique seule.

Les clusters que nous avons obtenus dans l'arbre phylogénétique ont révélé plusieurs clades et la plupart sont bien soutenue. Parmi lesquelles, Les spécimens récoltés, N8, N22, N24 et N25, identifiés à des *Cataglyphis* se rattache bien (99% de bootstrap) à sa congénère *C. savignyi* (MF071580). Toutefois, si la monophylie des *Cataglyphis* analysés ici est évidente, les relations phylogénétiques au sein de ce groupe suggèrent quelques remarques et révèlent quelques ambiguïtés au niveau spécifique. Tout d'abord, la position dérivée des deux échantillons de *C. viaticus* parmi les échantillons de *C. savignyi* indique que le groupe « *C. savignyi* » est paraphylétique et devrait inclure les individus identifiés morphologiquement à « *C. viaticus* ». Ces derniers (N8 et N24), d'ailleurs très peu différenciés par le gène COI de l'échantillon N25, ne représenteraient que des variants issus de divergences génétiques infraspécifiques au sein de l'espèce *C. savignyi*. Selon les données morphologiques obtenues par Agosti (1990), les deux entités *C. savignyi* et *C. viaticus* (telles que reconnues sur le terrain) sont taxonomiquement clairement distinctes l'une de l'autre et élevées au rang d'espèces. Toutefois, cet auteur les considère assez proches pour les ranger dans un même groupe appelé « *bicolor* ». L'ADNmt confirme cette très proche parenté entre les 2 entités, mais ne semble pas suffisamment variable pour distinguer nettement une entité *C. viaticus*. Ceci pourrait également s'expliquer par une divergence très récente de cette dernière entité. La présence d'espèces divergentes regroupées comme des espèces étroitement apparentées s'accorde bien avec la phylogénie proposée par Knaden *et al.*, (2012). Ces auteurs ont noté qu'au sein du clade *C. bicolor*, l'assemblage des espèces était assez mélangé avec *C. viatica*, *C. bicolor* et *C. savignyi* apparaissant à plusieurs positions statistiquement bien soutenues dans le clade. Un échantillonnage plus large, l'utilisation de marqueurs complémentaires plus variables et une meilleure connaissance biologique de ces entités (interfertilité *versus* isolement reproductif) devraient permettre de mieux comprendre ce groupe « *Cataglyphis* » (ou « *bicolor* ») qui se présente plutôt comme un complexe d'espèces ou formes ayant récemment divergées les unes des autres.

A la lumière de ce qui précède le gène mitochondrial COI s'avère être un bon marqueur moléculaire pour caractériser et identifier les espèces et genres de Fourmis, voire les sous-

familles et familles dans certains cas. Hebert *et al.*, (2003) avaient déjà démontré que l'utilisation du gène COI en tant que code-barres ADN universel pouvait s'appliquer à la majorité des espèces animales (y compris les insectes,) et ce jusqu'au niveau d'espèces proches. De plus, ce marqueur est apparu bien adapté et relativement bien corrélé avec les critères d'identification morphologiques chez les différentes espèces de fourmis capturées sur nos deux sites d'étude. Toutefois, nous avons vu que les séquences du COI n'étaient pas toujours assez informatives et suffisantes pour résoudre la phylogénie dans certains cas particulier, ce qui nécessiterait d'inclure d'autres gènes mitochondriaux et / ou nucléaires supplémentaires dans les études futures.

Les Formicidae capturées dans les régions d'étude

La méthode utilisée influe considérablement sur la nature des résultats et chacune apporte des informations différentes sur les espèces. La combinaison de deux techniques montre des résultats considérablement différents. Les pots de Barber semblent plus efficaces que la récolte à main pour cette étude, en termes de nombre de genres récoltés. En effet, la richesse obtenue à l'aide des pots (8 espèces) et par la récolte à main (5 espèces) dans le site de l'ITMAS Rouiba durant la période 2016. Alors qu'elle est de 9 espèces par pots de Barber et 5 espèces avec la récolte manuelle dans le site de Medjana. La méthode à main est peut-être plus sélective et ciblée en collectant uniquement les fourmis attirées par le miellat de pucerons ou de cochenilles ainsi que par les graines de blé. Le biais observé par cette méthode d'échantillonnage est le reflet du régime trophique des espèces de fourmis récoltées. Certaines espèces ne sont pas attirées et peuvent être exclues du fait de la compétition trophique de la communauté de fourmis amatrice de miellat 'substances sucrés' rejetée par les insectes ravageurs aux orangers au sein de station de l'ITMAS ou bien des fourmis granivores 'consommateurs de blé' dans la station de sidi Moussa. En milieu tropical, l'utilisation des appâts et des pitfalls pour les micro-habitats ouverts, pour les fourmis vivantes dans la litière et la récolte manuelle constituent une combinaison de technique idéale pour une estimation de la biodiversité (Bestelmeyer *et al.*, 2000).

Selon Fisher *et al.*, (2000), combiner différents types de méthodes d'échantillonnage donne plus d'information sur la richesse spécifique. Donc il serait nécessaire pour aboutir à un inventaire exhaustif de cette myrmécofaune, d'ajouter plusieurs autres techniques (appâts, Winkler), augmenter l'effort d'échantillonnage et améliorer le protocole. Par exemple, les

pots Barber devront échantillonner pendant une plus longue durée et d'augmenter l'échelle temporelle de leur installation et le nombre des pots. Cela permettra la capture d'espèces fourrageant la nuit de même des espèces invasives et cryptiques.

De plus, étudier la composition générique permet d'apporter des compléments d'information sur l'efficacité de méthode de l'échantillonnage qui a été traduit par la présence des genres *Cardiocondyla* et *Strumigenys*. Selon Herrera et Longino (2008), *Strumigenys* est une espèce cryptique, c'est-à-dire discrète et peu mobile. En ce qui concerne *Cardiocondyla*, ce sont des petites fourmis minuscules, les nids naturels ont de petites populations et sont difficiles à découvrir en raison des trous d'entrée unique et minuscule, qui sont généralement non marqué par des éjections de substrat de nidification. De ce fait, les fourmis du genre *Cardiocondyla* sont négligées par de nombreux entomologistes sur terrain et sont sous-représentées dans les collections scientifiques (Bolton, 1995a). La présence de ces genres est une preuve supplémentaire appuyant la qualité de méthode d'échantillonnage.

De nombreux facteurs rendent difficile l'échantillonnage exhaustif des fourmis. Les fourmis sont distribuées aléatoirement et de façon variable à différentes échelles spatiales. A petite échelle, les individus sont agrégés dans des colonies, et les colonies sont souvent dispersées de façon irrégulière à travers le paysage en raison de la compétition (Cris et Wiens, 1996).

Importance des trois sous-familles dans les deux régions d'étude

Les trois sous-familles identifiées au terme de cet inventaire sont présentes avec des proportions différentes. La sous-famille des Myrmicinae est la plus abondante avec 58% des effectifs capturés, suivi des Formicinae avec 32%. Les Dolichoderinae forment seulement 10% de la biodiversité échantillonnées par les pots Barber. Ces trois sous-familles étant des fourmis majoritairement terrioles.

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Cerda *et al.*, (2009) dans leur étude de la communauté de fourmis dans un verger d'agrumes de l'Espagne dans le bassin méditerranéen. Dans la réserve naturelle des Nouragues en Guyane Française, les Myrmicinae viennent largement en tête avec une fréquence de 57,4 % suivie des Ponerinae et des Formicinae (respectivement 12,8 et 8,5%) (Groc, 2007). En Algérie, Djioua et Sadoudi (2014) au cours de leur étude de peuplement de fourmis dans les milieux agricoles de de Tizi-Ouzou

ont identifiés les même trois sous-familles avec une prépondérance des Myrmicinae et une égalité des effectifs des sous-familles Formicinae et Dolichoderinae. Cette prépondérance des Myrmicinae a été aussi signalé par Chemala *et al.*, (2017) lors de ces travaux d'inventaire réalisés dans le Sahara du nord-est d'Algérie et lors de l'étude des Formicidae dans deux stations de l'algérois par Dehina (2009) ainsi que par Tahraoui (2018) dans son étude de la diversité de la myrmécofaune en petite Kabylie.

Les indices écologiques

Les indices écologiques impliquent la richesse spécifique totale et spécifiquesaisonnaire, abondance relative, fréquence d'occurrence, l'indice de diversité de Shannon et l'équitabilité.

Richesse spécifique

La discussion des résultats de la richesse spécifique et saisonnière des fourmis est présentée pour chaque station d'étude (ITMAS Heuraoua, Medjana Sidi Moussa)

Institut Technologie Moyen Agricole

Le verger d'agrumes à l'ITMAS Heuraoua renferme une richesse totale de 14 espèces de fourmis au cours des deux années (2017 et 2016) s'appartenant à 12 genres. Il s'agit de *Crematogaster scutellaris*, *Cataglyphis viatica*, *Plagiolepis barbara*, *Cardiocondyla mauritanica*, *Tapinoma simrothi*, *T. nigerrimum*, *Pheidole pallidula*, *Nylanderia jaegerskioeldi*, *Temnothorax* sp, *Tetramorium biskrense*, *T. semilaeve*, *Aphaenogaster depilis*, *Camponotus foreli* et *Strumigenys membranifera*. Toutes ces espèces sont réparties dans 3 sous-familles (Myrmicinae, Formicinae et Dolichoderinae). Les Myrmicinae contribuent avec 8 espèces, parmi lesquelles l'espèce arboricole *C. scutellaris*. Cette espèce dans la présente recherche a été collectée par la méthode de pot de Barber avec un nombre d'individu faible. Ainsi elle a été observée sur les arbres d'orangers associée avec les populations des Homoptères. Cela peut être expliqué par l'association de mutualisme avec la plante qu'elle abrite. Ces observations confirment les faits rapportés par Cagniant en 2005 et Clark (2001) où le genre *Crematogaster* constitue des sociétés arboricoles ou terricoles. Ce dernier auteur a décrit les espèces du genre *Crematogaster* comme étant principalement arboricoles en régions méditerranéennes. D'après Fiala et Maschwitz (1990) et Stapley (1998), le genre

Crematogaster peut produire des associations de mutualisme avec les plantes qu'elle visite. Ainsi, les fourmis obtiennent l'habitat et les sources de nourriture (nectar, miellat de pucerons) et par conséquent elles protègent la plante contre toute attaque d'animaux phytophages. De plus Bouzekri (2015), démontre dans son étude sur la relation plante-fourmis dans la région de Djelfa, que ce genre présente nettement sa tendance à coloniser les arbres du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et les essences végétales comme l'alfa (*Stipa tenacissima*), l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) et verte (*Artemisia vulgaris*) et le thym cilié (*Thymus ciliatus*). Par ailleurs, cette espèce présente un régime habituel omnivore en se nourrissant de toute substance carnée (lombrics, coquillages, charognes) mais le miellat des pucerons et des coccidés est recherché de préférence (Claude, 2010).

Selon Cagniant (1997), *Tetramorium biskrense* est une fourmi qui habite les pâturages, les matorrals, les forêts claires et les steppes ; elle supporte bien les bioclimats variés et colonisant les lieux dégradés. Selon le même auteur cette espèce ramasse les graines pour les entasser dans les chambres superficielles, mais dépèce aussi les cadavres d'insectes ou butine le nectar des fleurs. La plupart des espèces du genre *Tetramorium* nichent dans le bois en décomposition, la litière de feuilles ou directement dans le sol (Bolton, 1980).

Les **Formicinae** sont représentées par **5 espèces**. Une attention particulière est orientée vers deux espèces introduites en Algérie. Ce sont *Nylanderia jaegerskioeldi* définie une nouvelle signalisation pour la faune algérienne (Oussalah *et al.*, 2019) et *Strumigenys membranifera* redécouverte pour la deuxième fois au sein de verger d'orangers de l'ITMAS. Cette dernière espèce récemment collectée dans un écosystème saharien d'Ouargla par Chemala *et al.*, (2017). La fourmi formicine *N. jaegerskioeldi* est connue parmi les 11 des espèces exotiques présentes en Algérie et la 4^{ème} notation reconnue en Afrique du Nord.

Une présence sélective de l'espèce à son faciès écologique est marquée par *Plagiolepis barbara*. Cette espèce s'est manifesté la plus répandue et la plus abondante par la récolte à main dans les orangers en corrélation significative avec les aphides « *Aphis spiraecola* ». Elle a été collectée avec un grand nombre par la méthode des pots Barber ; il semble que cette espèce est rejetée les autres espèces de fourmis. En effet, cette démonstration a été rapportée par Claude (2010) dans son inventaire de la myrmécofaune dans la réserve naturelle de la Massane. Cet auteur signalé que cette espèce avec une plus petite dominance est capable de combattre et repousser les autres espèces, par le fait de son régime omnivore avec une

préférence sur les liquides sucrés. *P. barbara* a été signalé dans l'Algérois central dans un verger d'agrumes de l'E.N.S.A par Barech (2014) et Bouhalissa (2013). Amara (2010) l'a signalé cette fois-ci dans des conditions écologiques différentes, dans une station de culture maraîchères à Laghouat, qui appartient à l'étage bioclimatique saharien à hiver frais.

Les **Dolichoderinae** ne sont représentées que par **deux** espèces *Tapinoma simrothi* et *T. nigerrimum*. Celle-ci est très constante et est la plus colonisatrice des milieux et les arbres d'agrumes. Elle s'est montrée inféodée avec les aphides et la cochenille virgule « *Lepidosaphes beckii* ». Nos résultats s'accordent bien de ce qu'est obtenus récemment, par plusieurs études. Selon La Pergola (2009), *T. nigerrimum* s'est avérée être l'espèce la plus courante dans les vergers d'agrumes dans l'est de la Sicile. Elle a été trouvée également la plus commune associée aux cochenilles dans un verger d'agrumes en portugais (Zina, 2008). Bien que les études des effets de cette espèce de fourmis sur la lutte biologique contre les ennemis naturels d'agrumes n'ont pas encore été réalisés et doivent donc être élucidées.

Il est très important de noter que la présence et l'abondance des fourmis comme le genre *Tapinoma* et *Plagiolepis*, peut servir comme des indicateurs de l'état des milieux où la végétation se dégrade sous l'impact des activités humaines (Hermandez-Ruiz et Castano-Meneses, 2006).

Cette richesse totale de 14 espèces dans le verger d'agrumes est quasiment la même que celle notée par Leghzal-Moussaoui (2015), dans trois milieux de culture (vignoble, verger abricotier et friche) localisés au niveau de Béni Tamou (Blida) dans la région de Mitidja, soit 15 espèces appartenant à 11 genres et les trois sous famille citées auparavant. Il semble donc que les deux stations localisées dans la région de Mitidja peuplent relativement les mêmes espèces en comparaison par la richesse totale et les espèces inventoriées durant la période expérimentale.

Toutefois cette richesse est plus élevée que celle motionnée par Djioua (2011) dans deux vergers, l'un de pêchers et l'autre d'orangers à Oued Aissi, à 11 Km de Tizi Ouzou. En effet, cet auteur signale une richesse de 10 espèces de Formicidae appartenant à 9 genres et 3 sous-familles (**Dolichoderinae**, **Formicinae** et **Myrmicinae**). Dehina (2009) pour sa part, a noté une richesse de 11 espèces au niveau de l'ENSA d'El Harrach. D'autre part Cerdà *et al.*,

(2007) notent une richesse beaucoup moins faible qui varie entre 3 et 8 espèces de fourmis dans six vergers d'agrumes (*Citrus sinensis* L. cultivar navelina) dans un milieu semi-aride dans le nord-est de l'Espagne. Ces résultats portent à croire que les variations au sein de ces différentes stations et différentes cultures exerçaient une grande influence sur la composition des communautés de fourmis.

Il faut noter dans notre investigation au sein de ce verger d'agrumes à Heuraoua, la richesse et le nombre d'individus des espèces de fourmis recensées en 2017 sont plus importants soit **604** individus avec **13** espèces que l'année 2016 qui enregistre 8 espèces avec 448 individus. Cette augmentation est peut-être due au fait du changement climatique principalement la température. Dunn *et al.*, (2009) ont montré que la richesse des espèces de fourmis est positivement corrélée à la température et négativement aux précipitations à l'échelle mondiale. Selon Lighton-Weier et Feener (1993), que quelle que soit l'échelle temporelle utilisée, la température a une influence directe et importante sur l'activité de développement de fourmis en raison de son effet direct sur la consommation d'oxygène, les pertes en eau et les coûts de transport des fourmis à la quête alimentaire. Il est utile de mieux comprendre les changements temporels dans un modèle d'activité qui peuvent être interprétés par des facteurs abiotiques de l'environnement physique, principalement la température (Andersen, 1992) mais ainsi que l'humidité (Leschner et Shmida, 1992) et les radiations (Retana *et al.*, 1988).

Station de Medjana

Dans la céréaliculture à Medjana on a obtenu 9 espèces de fourmis appartenant à 8 genres, soit : *Plagiolepis barbara*, *Monomorium salomonis*, *Lepisiota frauenfeldi*, *Cataglyphis viatica*, *Tapinoma nigerrimum*, *Camponotus piceus*, *Messor barbara*, *M. medioruber*, *Pheidole pallidula* appartenant à 3 sous familles (Formicinae, Myrmicinae, Dolichoderinae) collectées par la méthode des pots Barber. Les deux sous familles Formicinae et Myrmicinae sont les plus diversifiées. Chacune d'entre elles renferment 4 espèces. Les deux espèces qui sont rencontrées fréquemment sont *P. pallidula* et *M. barbara*. Ce qui suggère que leurs populations tolèrent et s'adaptent bien aux différents facteurs qui règnent un milieu céréalier. Par conséquent elles peuvent exercer une influence très importante sur les autres genres au sein de la communauté de fourmis. Effectivement, selon Detrain (1990), *P. pallidula* appartient au groupe fonctionnel de fourmis opportunistes dues à

ses caractéristiques par son activité nocturne et diurne, la diversité de son alimentation et la flexibilité de ses techniques de recherche de nourriture qui peut inclure la participation par les fourmis majors. Des travaux sur les fourmis de l'île de Pityuses en Espagne notés par Comin et Espadaler (1984), s'accordent à dire que ce taxon est considéré comme une espèce opportuniste. De plus *P. pallidula* c'est une espèce de grande plasticité écologique qui lui permet de tolérer et s'adapter aux différents facteurs du milieu (Acosta *et al.*, 1983).

Messor barbara présente dans la parcelle cultivée de blé à Sidi Moussa, nidifiant ses fourmilières près de la majorité du pied de chaume de blé dur. Dans ses mouvements, les ouvrières ont été observés porter les graines jetées sur terre mais aussi monter sur les épis de *Triticum turgidum* en collectant ces graminées. Les grains de blé ont été observés aussi bien autour de l'entrée de nid. Selon Plowes *et al.*, (2013), les fourmis moissonneuses jouent un rôle essentiel dans les réseaux trophiques, sous un climat méditerranéen semi-aride où la production en graines est importante. En effet, au niveau de la station steppique ouverte dans la région de Djelfa sous un climat semi-aride, en dépit de la présence spontanée de quelques espèces végétales, *Messor* tend à exploiter le sol riche en graines de blé pour construire ses nids (Bouzekri, 2015). D'ailleurs, une étude sur 55 vergers d'agrumes dans l'est de l'Espagne a été menée par Atanackovic *et al.*, (2015) a révélé que l'espèce *M. barbara* était la seule espèce granivore présente, avec des nids trouvés sur les bords du champ et entre les rangées des arbres d'agrumes. Aucun nid n'a été observé sous les arbres, ce qui est probablement lié au manque d'isolation. Il en résulte que la fourmi s'intéresse aux essences végétales naturelles de type graminées dans les steppes où les fortes températures.

Cette richesse totale dans ce site de Medjana est relativement la même que celle notée par Achbi *et al.*, (2015) dans leur étude myrmécologique d'un agrosystème céréalier dans la région de Ouargla. En effet le nombre total d'espèce de Formicidae capturées par la technique des pots Barber au sein de pivot cultivé est de 8 espèces. L'espèce *Pheidole pallidula* est la plus enregistrée. De même, Heatwole et Muir (1990), a trouvé 10 espèces dans les steppes présahariennes tunisiennes en renfermant relativement les mêmes genres. Tandis que dans la vallée de Mezquital de Mexico, caractérisée par un climat semi-aride, une richesse plus élevée est trouvée par Hernànde Z-Ruiz et Castaño-Meneses (2006). Ces auteurs ont dénombré 18 espèces dont les deux genres *Pheidole* et *Monomorium* sont le plus fréquemment collectés. Il semble que la richesse notée dans la station de BBA soit inférieure à celle de l'étude qui a été menée en Mexico dans un agrosystème diversifié par les cultures de blé dur (*Triticum*

aestivum) et le haricot vert (*Phaseolus vulgaris*) où la richesse est reliée à la complexité de l'habitat en raison de la diversité micro environnementale générée par la présence de végétation naturelle et sa diversité. La diminution de nombre d'espèces de fourmis dans ce biotope où il est adopté uniquement à la céréaliculture peut être attribué à la diversité limitée de la végétation naturelle et la monoculture, de ce fait provoque l'installation de certaines espèces dominantes et opportunistes en régnant le milieu. En outre l'action humaine par l'utilisation des pesticides et les travaux culturaux permanents qui changent la structure du sol provoque la démolition des nids des fourmis sensibles. D'après Cerdà et Retana (2007), un habitat dérangé par les perturbations mécaniques et chimiques peut provoquer une diminution significative de la diversité des fourmis ainsi que perd les espèces rares et encourage l'installation des espèces ordinaires.

Richesse saisonnière dans les deux sites

Les analyses des résultats obtenus dans les variations temporelles des fourmis révèlent que la majorité des espèces ont une activité importante particulièrement au printemps et estivale et un peu moins en automne dans les deux biotopes. Toutefois, il faut noter que cette variation saisonnière montre distincte dans les deux milieux. Effectivement la phase printanière est la plus importante en termes d'abondance dans le site de l'ITMAS caractérisé par un climat humide. Alors que dans la station de Sidi Moussa où l'étage bioclimatique semi-aride, l'activité des espèces de fourmis paraît plus considérable que durant la phase automnale. Cela peut être revient à plusieurs ensembles de paramètres déterminants. Les facteurs climatiques, les conditions microclimatiques telles que la température, l'humidité, la lumière et l'effet de la végétation exercent une action expressive sur la composition et l'abondance relative de Formicidae constituant une communauté (Theunis, 2008). Anderson (1995), a ajouté d'autres facteurs qui affecteraient les variations saisonnières telles que les interactions biotiques et la perturbation de régime d'habitat. Cerdà et Retana (1998) ont enregistré que le modèle saisonnier dans une structure d'une communauté dépend de la fluctuation de température. Ces données supportent à croire que les fluctuations de l'activité saisonnière des espèces de fourmis dépendent des conditions environnementales.

Il est à signaler qu'il y a une corrélation négative avec les basses températures et l'activité de fourmis qui s'observe en hiver. Il s'agit de décembre et janvier au niveau l'ITMAS où les fourmis marquent leur absence, elles sont engourdies sans aucun mouvement

et seulement le mois de janvier en milieu céréalier de Medjana. Le calendrier des inventaires et des expériences sur le terrain doit prendre en compte la biologie des fourmis, dont l'activité est nulle durant l'hiver pour démarrer au printemps, culminer en été et diminuer à l'automne (Berville *et al*, 2012).

Dans cette présente étude, on a remarqué que la composition des communautés de fourmis change considérablement au cours des saisons et des mois. En effet, il faut noter que certaines espèces sont largement déployées au cours de l'année. C'est-à-dire elles marquent leurs présences essentiellement durant la période printanière, estivale et automnale. Il s'agit de : *P. barbara*, *C. viatica*, *T. nigerrimum* et *P. pallidula* qui sont en grande partie des espèces communes dans les deux habitats, Il semble qu'elles ne montrent pas fortement une réponse thermique du fait qu'elles sont intéressantes et présentes durant les trois saisons. Cela peut être attribué à leur tolérance et à leur adaptation aux fortes températures. Par conséquent, elles manifestent une flexibilité aux changements environnementaux au cours des saisons. D'autres groupes d'espèces qui sont présentes durant les deux saisons : le printemps et l'été. Il s'agit de : *M. salomonis* et *C. mauritanica*. Certaines espèces comme *N. jaegerskioeldi*, *Temnothorax* sp, *Camponotus piceus*, *L. frauenfeldi*, *T. biskrense* et *S. membranifera*. Ces espèces sont très actives uniquement pendant la période estivale. La présence de *T. simrothi* étant courte durant la période expérimentale de fait qu'elle est active et présente seulement au printemps.

Ce modèle saisonnier de l'activité des fourmis suggère que les espèces de fourmis se différencient par un gradient de préférence thermique. Certaines espèces peuvent être tolérantes à forte chaleur et/ou bien dérivées d'une faune semi-aride adapté à la chaleur alors que d'autres taxons peuvent avoir leur origine d'un climat plus frais et tempéré. Ainsi que ces variations sont probablement liées aux changements phénologiques des espèces elles-mêmes.

À propos de *M. barbara*, c'est une espèce qui supporte plus ou moins les fortes chaleurs et son rythme d'activité saisonnier a changé lorsque la température est chaude. Elle n'apparaît en abondance que durant le mois de juin et la période automnale. Cela coïncide pratiquement avec la phénologie du blé dur dont la maturation des graines est au mois de juin et la semence en phase automnale. Il est vraisemblable que le rythme d'activité de cette espèce est corrélé positivement à la présence et l'absence des graines de blé ou d'autres plantes. Cette remarque a été également mentionnée par Amara (2020), dans son étude de peuplement de Formicidae

dans un milieu présaharien dans la région de Laghouat. Cet auteur a noté une abondance du genre *Messor* en période automnale au niveau de tous les biotopes étudiés.

Abondance relative

Institut Technologie Moyen Agricole

À l'égard des résultats des taux d'abondances relatives des fourmis capturées par les pots Barber dans l'agro écosystème d'agrumes de l'ITMAS, montrent que le verger d'orangers durant l'année 2017 détient le plus grand nombre d'effectifs de Formicidés avec **448** individus en 2016 et **604** individus en 2017. Il se peut que ce sont soient les traitements phytosanitaires qui font fuir les fourmis les plus sensibles ou les variations climatiques au cours de ces deux années. La température est le facteur dominant déterminant la distribution globale des fourmis (Diamond *et al.*, 2012).

Il est à noter que *T. nigerrimum* reste la plus abondante avec un taux respectivement **45,75% et 57,11%** au cours de deux années successives (2016 et 2017). Cette espèce compte plus que la moitié de l'ensemble des espèces de Formicidae existantes dans le verger d'agrumes. Selon Redolfi *et al.*, (2002), *T. nigerrimum* est active à des températures modérées et une humidité relative élevée comme elle peut-être trouver à l'ombre ou avec une activité nocturne. Par le fait même l'espèce profite largement de coloniser l'habitat.

Tapinoma a été signalé quasiment avec la même fréquence par Leghzal- Moussaoui (2015) dans la région de Mitidja. Cet auteur a noté une valeur de **54,85%** dans le vignoble de Mitidja. Il est à signaler que cette espèce est liée aux activités humaines (Chebouti, 2010).

Elle est suivie par *P. barbara* ayant une abondance **23,43% et 29,13%**. Les deux genres *Tapinoma* et *Plagiolepis* composent plus de **70%** au total de la communauté de fourmis par les méthodes utilisées. Cette abondance élevée est liée à leur régime omnivore ; expliqué peut-être par sa dominance écologique (Delabie *et al.*, 2000). Cela contribue à affecter potentiellement la structure des fourmis par l'élimination de la compétition de certaines espèces. La communauté de fourmis, au sein de cette station d'agrumes, présente légèrement une structure compétitive en se basant sur les espèces dominantes. Effectivement, les autres espèces occupent une place inférieure au sein de la communauté, il semble qu'elles n'ont pas

eu un succès écologique où leur présence n'excèdent pas 30%, en l'occurrence : *C. foreli* qui a été capturée une seule fois en prenant la dernière place avec un taux de **2,98%**. *T. biskrense* et *C. mauritanica* ne dépassent plus 1%. Selon Andersen (1992), l'abondance des espèces dominantes augmente également avec les conditions favorables et conduit à une diminution de la diversité des espèces, probablement à cause de l'exclusion compétitive

D'ailleurs, il convient de noter que les espèces les plus dominantes sont associées avec les Homoptera (Aphide, Cochenille) et plus particulièrement avec *Aphis spiraecola* au sein des arbres d'orangers. Un cas similaire observé par Lokeshwari *et al.*, (2015) où ces auteurs ont indiqué dans leur étude sur diverses plantes hôtes en Inde, que *Camponotus compressus* est l'espèce la plus dominante associée à différentes espèces de pucerons. Il est possible de suggérer que l'abondance de deux espèces *P. barbara* et *T. nigerrimum*, semble être particulièrement liée à la présence des pucerons et des cochenilles. Cette relation de mutualisme permet alors un développement du nombre de pucerons plus important au sein des colonies et également une persistance plus longue au cours du temps des colonies avec fourmis par rapport à celle qui en sont dépourvus (Bishop et Bristow, 2001). Donc, les interactions fourmis-Homoptère -plante ont des implications importantes pour le contrôle biologique.

Station de Sidi Moussa Medjana

Les résultats obtenus au sein de la céréaliculture localisée à Medjana, l'abondance relative de la myrmécofaune inventoriés par la méthode des pots Barber, montre que la station renferme un nombre d'effectif de Formicidae considérable, **1541** individus recensés en 2016. Il en ressort que dans ce milieu de cette présente étude que le champ de blé en termes de quantité de fourmis est plus abondant. Il se peut que cela est dû la faible richesse marquée au sein de cette station et à la dominance compétitive importante de certaines espèces qui abritent le milieu céréalier. Effectivement, l'abondance relative des espèces revient à la dominance spécialement de deux espèces. Il s'agit de *M. barbara* et *P. pallidula*. Les deux espèces dominent le peuplement de fourmis constitué par 9 espèces. Elles marquent respectivement les valeurs de 45,74% et 38,61%. Il semble que cette dernière espèce *P. pallidula* exerce une concurrence avec *M. barbara* qui est une espèce à fréquence importante dans le milieu d'étude. La fourmi polymorphe *P. pallidula* étant opportuniste caractérisé par son activité nocturne et diurne. Ce type de taxon opportuniste persiste dans les milieux en

découvrant rapidement les sources de nourritures, mais elles ne peuvent s'y maintenir à l'arrivée des espèces de rang supérieur (Wilson, 1971). Ce genre de fourmi *Pheidole* a été observé par son comportement agressif dans une zone aride exercé une compétition intense pour un nombre restreint d'une source de nourriture existe avec les fourmis granivores tels que (*Pogonomyrmex* et *Veromessor*) (Davidson, 1981).

Les deux genres *Pheidole* et *Messor* contribuent avec plus de 80% de la communauté de fourmis au sein de ce milieu céréalier. L'espèce *C. viatica*, occupe également une place supérieure de la myrmécofaune de Medjana, elle est définie eu- dominante avec 10,38%. *L. frauenfeldi*, montre une très présence avec un taux 1,03 %. Les individus de *C. piceus*, *P. barbara*, *M. salomonis* et *T. nigerrimum*, viennent au dernier lieu par leurs participations en termes de dominance. La raison de l'abondance de *Pheidole* et *Messor*, semble être corrélée à la disponibilité des ressources trophiques dans ce milieu ainsi que leur type de régime alimentaire. Cela conduit à générer une communauté des fourmis hétérogène avec une faible diversité. Cette observation semble être similaire avec le concept de Hölldobler et Wilson, (1990). Ces deux auteurs ont proposé la règle de dominance d'appauvrissement ; il existe donc une relation inverse entre la richesse des espèces et le degré de la dominance compétitive. C'est-à-dire, plus les espèces de fourmis dans la communauté locale sont moins importantes et plus la communauté est probablement dominée par une ou quelques espèces. Un model semblable a été noté par Guerzou *et al.*, (2014) dans la région steppique de Djelfa caractérisée par un climat semi-aride. Ces auteurs ont démontré que *M. barbara* est pratiquement la plus abondante avec une valeur de 81,4%.

Fréquence d'occurrence dans les deux sites d'étude

Les résultats obtenus dans la fréquence d'occurrence des fourmis inventoriées au sein de l'agrumiculture de l'ITMAS montrent une variation très nette de constances des espèces. Cette fréquence d'occurrence est relativement arrondie à 8 classes (très rare, rare, accessoire, très accessoire, accidentelle, régulière, très régulière, très constante). Parmi elles, deux classes très rares et rares, semblent être la plus importante en nombre des espèces par rapport aux autres catégories avec les espèces *S. membranifera*, *N. jaegerskioeldi*, *T. biskrense*, *C. foreli*, *C. scutellaris*, *T. simrothi* et *T. sp.* Ce n'est que *C. mauritanica* et *T. semilaeve* qui sont qualifiées accessoires. Djiaoua (2011), dans un verger d'agrumes à Oued Aissi (Tizi ouzou) et

Barech (2014) dans un verger d'abricotier ont signalé aussi que *C. mauritanica* comme étant une espèce accessoire.

En revanche, les individus qui peuplent un milieu d'une façon très constante et très régulière (FO% = 83,33% en 2016 et 75% et 66,66% en 2017) ce sont *T. nigerrimum* et *P. barbara*. Il convient de noter aussi que les espèces de fourmis qui apparaissent très constantes et très régulières dans un milieu représentent les espèces les plus associées avec les Coccidae et principalement avec les Aphides. Cela peut être dû à la relation de mutualisme qui assure la persistance et la stabilité des populations inféodant les Homoptères. Les fourmis fréquentant les colonies des aphides- ont tendance à être plus stables et à persister plus longtemps (Dixon, 1998). Des résultats similaires ont été rapportés par Leghzal-Moussaoui (2015) au niveau du sahel algérois dans un verger d'abricotier. Cet auteur a marqué deux espèces constantes qui sont *T. nigerrimum* et *Aphaenogaster testaceo-pilosa*. Les deux espèces *A. depilis* et *C. viatica* se montrent régulières et accessoires durant les deux années.

Concernant la région steppique de BBA, la fréquence de constante est variée pour chaque espèce. Cette station a révélé la présence de 6 catégories de Formicidae. La classe omniprésente inventoriée durant toute la période expérimentale est représenté par une seule espèce soit *P. pallidula*. En revanche, la catégorie très rare renferme aussi une seule espèce : *C. piceus*. Parmi les espèces régulières deux espèces ont été recensées, il s'agit de *T. nigerrimum* et *C. viatica*. Il est à souligner que la classe la plus importante revient aux espèces accidentelles dont le taux de constance est relativement égal (F.O% =25%). Ce sont *P. barbara*, *L. frauenfeldi* et *M. salomonis*. Barech (2014), dans réserve naturelle de Mergheb (M'sila) dans une zone steppique a enregistré une fréquence d'occurrence élevée de l'espèce *M. salomonis* qui lui permet de la qualifier comme une espèce constante.

La valeur de l'occurrence de 33,33% est enregistrée chez *Messor medioruber*. Celle-ci montre une fréquence relativement faible qui permet de la qualifier comme une espèce accessoire. De même, cette station marque la présence d'une seule espèce très accessoire représentée par *M. barbara*. Bouzekri (2011) dans un milieu steppique de Moudjerba dans la région de Djelfa, a noté uniquement une seule catégorie régulière dont toutes les espèces affichent des valeurs constantes identiques.

Selon Heatwole et Muir (1990), dans les zones steppique et désertique en régions

méditerranéennes, les fortes températures contrôlent la composition et la structure de la communauté terrestre de fourmis. Il est possible de suggérer que la plupart des espèces recensées au sein de ce milieu céréalier sont qualifiées d'espèces présentant une plasticité écologique notamment steppique comme *M. barbara*, *M. medioruber*, *M. salomonis*, *T. nigerrimum*, *L. frauenfeldi*, *C. viatica* et *C. mauritanica*. Ce sont des formes qui trouvent leur optimum dans les milieux ouverts et vivent surtout dans les lieux secs et ensoleillés.

Basant sur les constatations mentionnées ci-dessus, il se révèle que les diverses caractéristiques écologiques et climatiques particulières de chaque région d'étude peuvent générer des habitats mosaïques hétérogènes ce qui affecte la stabilité de certaines espèces de fourmis au sein de la communauté.

Indice de diversité de Shannon dans les deux stations d'étude

Selon les résultats obtenus au sein de la station de l'ITMAS, les indices de diversité de Shannon sont de l'ordre de 2,15 bits en 2016 et 1,8 en 2017. Cela indique que le milieu prospecté étant faiblement diversifié et ses espèces représentatives se considèrent comme moins variées. Ces faibles valeurs au niveau de cette station peuvent s'expliquer par une intervention anthropique notamment les traitements phytosanitaires. Selon Sommer et Cagniant (1988), les milieux trop ombragés sont défavorables et moins diversifiés en myrmécofaune que les milieux à végétation ouvertes. Ils peuvent conserver un peuplement monotone mais abondant. En effet, ceci est rapporté par Bouhalissa (2013) dans deux stations arboricoles, a obtenu 0,9 bits au jardin d'essai du Hamma et 2,32 bits dans un verger d'agrumes dans le Sahel algérois. De même Leghzal-Moussaoui, (2015), a noté une diversité moins importante dans le milieu arboricole de Mitidja.

La période expérimentale au niveau de la céréaliculture dans la région de B.B.A a permis de ressortir une valeur de **1,72 bits**. Cette valeur est faible ce qui nous emmène à dire que le milieu exploité n'est pas diversifié en myrmécofaune et qu'il existe des espèces prépondérantes. Cela exprime une représentation inégale du nombre d'individus d'une espèce par rapport aux autres dans un peuplement. Cela peut se justifier également par la faible diversité du couvert végétal et la monoculture dans la parcelle étudiée. Achbi *et al.*, (2015), enregistre des valeurs différentes de l'indice de diversité de Shannon dans un agrosystème céréalier dans la région de Ouargla. Ces auteurs ont été noté dans le pivot cultivé 1,91 bits et

2,4 pour le pivot abandonné (en jachère). Ceci est confirmé par les travaux de Francoeur (2001), qui note que la diversité des fourmis est plus importante dans les milieux ouverts et semi-ouverts que dans les milieux fermés en relation avec la couverture végétale.

A la lumière de ce qui précède, le peuplement de Formicidae est considéré hétérogène au sein de l'agrumiculture de l'ITMAS et la céréaliculture de Medjana. Cela peut être dû à une intervention anthropique (traitement phytosanitaire et la dégradation de l'habitat, moins de diversité de couvert végétal).

Équitabilité appliquée dans les stations d'étude

L'échantillonnage des fourmis réalisé dans la station de l'ITMAS nous a permis de noter une valeur d'équitabilité de **0,71** bits en 2016 alors qu'elle n'affiche que **0,49** bits en 2017. Cette dernière valeur est inférieure à 0,5 ce qui nous amène à déduire que les espèces de fourmis dans ce biotope ont tendance à se déséquilibrer entre eux avec une dominance de certaines espèces. On suppose que ce déséquilibre est lié à l'abondance d'une ou plusieurs espèces par rapport aux autres. En effet, il existe deux espèces qui dominent *T. nigerrimum* et *P. barbara*. Des résultats similaires ont été constatés par Belaid (2016) dans une oliveraie Nouara de M'sila où l'équitabilité calculée est égale à 0,51, ce qui veut dire que les effectifs des espèces tendent en quelque sorte vers un déséquilibre entre eux.

Au niveau du milieu steppique ouvert de la région de B.B.A l'équitabilité enregistrée au sein de la céréaliculture obtenue par les pots Barber est de **0,54 bits**. Cette valeur tend vers 0, ce qui traduit un déséquilibre entre les effectifs des espèces de fourmis collectées. Ces résultats sont proches de ceux relatés par Barech (2014), qui a obtenu une équitabilité inférieure à 0,5 dans la réserve de Mergueb dans la région steppique de M'sila traduisant un état déséquilibré entre les différentes espèces de Formicidae capturées.

Comparaison de la diversité dans les deux régions

Dans ce présent travail, l'analyse de la myrmécofaune dans les deux régions étudiées qui appartiennent à différent étage bioclimatique (climat humide dans la région de Rouiba et semi-aride dans la région de B.B.A) révèle une différence dans sa répartition. Il est donc probable que la détermination des différentes espèces permet d'apprécier les exigences

climatiques. En effet, la station de Medjana est un écosystème xérique qui est corrélé en l'occurrence à des composantes végétales et de la couverture très spécifiques en raison de l'effet de la diminution de précipitation et l'augmentation de la température. Cette localité renferme une richesse relativement faible par rapport à la station humide de l'ITMAS. Celle-ci regroupe essentiellement des espèces à tendance xérophiles en l'occurrence *M. salomonis*, *M. barbara* et *L. frauenfeldi*. Il est à noter que *M. salomonis* inféode beaucoup plus les biotopes semi-aride et steppique de Medjana. Délye, (1968), la considère comme une fourmi à exigence thermique assez élevée et peuple les biotopes arides. Cagniant (1973) ajoute que *M. salomonis* figure comme une fourmi nettement hélioxérophile, abondante dans tous les biotopes chauds, secs et ensoleillés. Elle est très banale dans les hautes plaines. Selon le même auteur (1973), la présence ou l'absence des espèces dans une localité est en premier lieu en fonction de l'étage climatique auquel appartient la localité. D'après Delsinne *et al.*, (2010), la réponse de l'assemblage de fourmis aux variations de l'aridité dépend de l'intensité des précipitations.

Cependant la région de Rouiba, il semble que le facteur humidité est le plus déterminant. Par conséquent, ce biotope inféode les espèces particulièrement à tendance hygrophile. Il s'agit de *T. simorthi*, *T. nigerrimum* et *P. barbara*. Selon Bernard (1968), cette dernière a une prédilection surtout pour les lieux humides ou sous les pierres. Elle peut monter à plus de 2000 m dans l'Atlas marocain, au maximum 950 m aux Pyrénées, d'une façon générale plus hygrophile souvent localisée près des cours d'eau. En ce qui concerne *T. nigerrimum*, elle résiste mieux au froid et cette capacité lui a permis de se maintenir dans le nord de l'Algérie (Cagniant, 1966). Il est à suggérer que les fourmis ayant un bon potentiel en tant qu'indicateurs environnementaux, plusieurs études évoquent cette possibilité. Folgarait (1998), exprime la même possibilité quant à l'utilisation de fourmis en tant qu'indicateur de changement climatique où la répartition de certaines espèces de fourmis étant tributaire de la pluviométrie et de la température. De même Kaufmann *et al.*, (2012), ont liés cette distribution aux facteurs climatiques essentiellement la température, la précipitation et l'hygrométrie. Ces facteurs influent essentiellement sur la disponibilité et la croissance de la flore accompagnatrice de l'entomofaune des paysages agricoles et naturelle.

Autre paramètre qui peut jouer un rôle important dans la répartition et la diversité de fourmis est le gradient altitudinal (Bernadou *et al.*, 2006). Suivant les résultats obtenus dans la présente étude la richesse est faible dans les hausses altitudes soit 9 espèces à 920 mètres

d'altitude dans la station de Medjana. Tandis qu'elle est élevée pour parvenir à 14 espèces à 200 mètres d'altitude dans la région de Rouiba. L'effet de l'altitude sur la richesse spécifique confirme les conclusions de nombreux auteurs selon lesquelles le gradient altitudinal intervient de façon importante sur la distribution des peuplements de fourmis en milieu naturel (Fisher, 1996).

À travers l'interaction de l'ensemble de ces facteurs caractéristiques de chaque site d'étude, des effets de synergie peuvent surgir conduisant à des conditions de vie convenable à faire des groupements fonctionnels spécifique stimulant la présence des espèces abondantes, opportunistes, spécialistes climatique et subordonnées. Il est bien entendu possible de mesurer tous ces facteurs, mais l'approche est très lourde et peut aussi dans la majeure partie des cas être ajouté par les communautés botaniques qui réagissent aux mêmes facteurs.

Partie III - Discussion sur les espèces exotiques

Citation de la nouvelle signalisation de *Nylanderia jaegerskioeldi*

Dans le cadre de la présente étude, les deux fourmis exotiques *Nylanderia jaegerskioeldi* et *Strumigenys membranifera* ont été limitées dans des localités perturbées par l'activité anthropique et confinées dans une petite partie dans le verger agrumes de l'ITMAS. Espadaler et Bernal, (2003) ont signalés en abondance *N. jaegerskioeldi* aux îles de Canaries dans les pots de fleurs à Puerto de la Cruz. L'espèce n'est certainement pas dans la phase de propagation parce que quand les fourmis envahissent, elles dominent une région souvent de grande taille (Hölldobler et Wilson, 1990). Ce n'est pas le cas de *N. jaegerskioeldi* dans le verger d'agrumes de l'ITMAS Heuraoua. En effet, l'existence de fourmis abondantes indigènes comme *P. barbara*, *T. nigerrimum* peuvent jouer un rôle important en limitant la propagation de *N. jaegerskioeldi*.

Il est possible de considérer cette espèce comme espèce exotique en se basant sur les preuves indirectes suivantes : Premièrement ce genre avec 110 espèces, 27 sous espèces (Bolton, 2018) n'avait jamais été enregistré en l'Algérie. Deuxièmement l'habitat est fortement anthropisé, si nous pensons qu'il il s'agit d'une espèce indigène, il serait plus

implausible pour qu'elle ne soit présente que dans un seul verger agricole. De plus, l'espèce *N. jaegerskioeldi* ne semble pas actuellement préoccupante, bien que ses effets sur la faune locale soient encore inexplorés.

Les indicateurs myrmécologiques

Le site d'étude de l'ITMAS a regroupé une présence de deux espèces exotiques, *S. membranifera* et *N. jaegerskioeldi*. Ces bio indicateurs exotiques peuvent montrer et diagnostiquer en premier lieu la santé écologique d'un milieu. Il est à signaler que cette dernière ayant le spectre le plus large et n'a pas cessé de conquérir d'autres sites du territoire algérois. Des travaux mentionnés dans cette étude s'accordent à considérer ces deux espèces comme envahissantes avec leur large distribution dans différents biotopes (Bolton, 1983 et 2000 ; Wetterer, 2011 ; Collingwood *et al.*, 1997). Elles sont non seulement envahissantes, mais *N. jaegerskioeldi* s'est avéré très agressive car elle a été pu chasser toutes les espèces indigènes de la zone occupée dans la station de Kriti en Grèce (Salata *et al.*, 2017).

Selon King et Tschinkel, (2006), les fourmis exotiques se sont révélées comme des espèces préférant les habitats perturbés où leurs activités étant liées au degré de perturbation et la quantité de végétation exotiques. Par conséquent des perturbations profondes dans le fonctionnement de l'écosystème, affecte potentiellement des communautés biologiques entières (Folgarait, 1998). Ultérieurement, lorsque la population d'envahissante est bien établie, peut-être leurs élevages intensifs d'insectes suceurs de sève exercent une pression importante sur la végétation.

Ces indicateurs myrmécologique permettent ainsi d'acquérir une estimation de l'ampleur de la perturbation sur la myrmécofaune locale. Cependant l'impact de fourmis exotiques n'est éventuellement observable qu'après un certain délai. Par conséquent il est important de souligner que les indicateurs mentionnés ici demeurent des pistes de recherche et doivent encore être soumis à l'épreuve de terrain afin de valider leur pertinence et préciser par l'acquisition de données, leur grille de lecture respective.

Conclusion

Dans la présente approche qui a pour but de réaliser une étude bioécologique et de biodiversité de Formicidae par l'étude des interactions qui déterminent la distribution spatiale et temporelle aussi bien que les relations fourmis-plante ; deux milieux ont été prospectés. Il s'agit d'un milieu arboricole 'agrumiculture' localisé au nord d'Algérie 'Rouiba' au niveau de l'Institut Technologie Moyen Agricoles Spécialisés ITMAS et l'autre cultivé « céréaliculture » se situe à l'est dans la commune de Medjana « Sidi Moussa » qui appartient à la steppe Bordjien. L'échantillonnage étant effectué par la méthode des pots Barber durant deux années successives dans la région de Rouiba (2016 et 2017) et une année en 2016 dans la région de haut plateau de BBA, a raison d'une sortie par mois et un comptage des individus de diverses espèces de fourmis s'est établi. Le travail s'est complété par la collection des fourmis associées aux arbres d'agrumes et aux champs de blé grâce à la récolte à la main afin d'identifier la faune myrmécologique inféodant les plantes et analyser les interactions de mutualisme entre elles.

L'étude systématique des fourmis se base sur les diagnostics des caractères morphologiques par un examen microscopique très minutieux. Plusieurs critères d'identification de l'ensemble des espèces inventoriées dans les deux stations d'étude ont été mis en évidence. En premier lieu l'observation de la partie intermédiaire dite « le pétiole » nous renseigne sur les différentes sous-familles. Cet examen nous indiquent trois sous-familles soit : Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae. Les autres examens intervenant dans les clés d'identification concernant les différentes parties morphologiques ; Antennes, têtes, forme de thorax, abdomen, mandibules, soies, clypeus pour chaque caste étudiée. Ces observations morphologiques pertinentes permettent de donner un ensemble de données systématiques spécifiques sur l'espèce à déterminer.

L'identification moléculaire, basée sur l'analyse de séquences de la région CO1 de l'ADN mitochondrial en utilisant l'amorce **LCO1490** : 5'-GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G-3' **HCO2198** : 5'-TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA-3' a permis d'obtenir, avec la plupart des spécimens étudiés, des séquences de longueur **658 pb** paires de bases. De plus l'intégration du code-barres ADN s'avère rapidement classer les différents genres et ainsi que les espèces.

Sur la base des données recueillies, on note une richesse totale de 19 espèces réparties entre 15 genres en appartenant à trois sous familles (Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae). La sous famille de Myrmicinae est la plus représentative dans les relevés dont on peut noter 11 espèces en l'occurrence *Tetramorium biskrense*, *Tetramorium semilaeve*, *Crematogaster scutellaris*, *Aphaenogaster depilis*, *Pheidole pallidula*, *Messor barbara*, *Messor medioruber*, *Temnothorax sp*, *Strumigenys membranifera*, *Cardiocondyla mauritanica* et *Monomorium salomonis*. La sous famille des Formicinae contribue avec 6 espèces. Il s'agit de *Plagiolepis barbara*, *Camponotus piceus*, *Nylanderia jaegerskioeldi*, *Lepisiota frauenfeldi*, *Camponotus foreli* et *Cataglyphis viatica*. Quant aux Dolichoderinae, elles ne sont représentées que par deux espèces en l'occurrence *Tapinoma nigerrimum* et *Tapinoma simrothi*.

L'échantillonnage réalisé à l'ITMAS (Heuraoua) durant deux années successives (2016 et 2017) a permis de recenser 14 espèces, appartenant essentiellement à 13 genres dont deux espèces exotiques : *S. membranifera* et *N. jaegerskioeldi*. Cette dernière originaire d'Égypte est signalée pour la première fois en Algérie, ce qui conduit à porter le nombre 11 des espèces exotiques dans le pays. Cette espèce est considérée comme un ravageur aux Emirats arabes où elle semble inféoder les zones humides. Ces deux bio-indicateurs exotiques *N. jaegerskioeldi* et *S. membranifera* et autres comme *T. nigerrimum* ont montré leur utilité dans le diagnostic du milieu. Elles nous ont permis d'analyser l'ampleur de phénomène d'anthropisation de l'écosystème terrestre de l'ITMAS et ainsi que d'évaluer la dégradation et la perturbation de ce milieu.

En ce qui concerne la région steppique bordjienne, on décèle une richesse relativement faible. 9 espèces de fourmis et 8 genres sont inventoriés durant l'année 2016 d'échantillonnage. La présence des Formicinae et des Myrmicinae connaissent une diversité égale dans cet habitat. Les Dolichoderinae sont représentée par une seule espèce *T. nigerrimum*. Chaque région présente un climat déterminant des facteurs particulières en engendrant des groupes des fourmis qui correspondent à leur propre milieu soit zone semi-aride ou humide et conditionnent des exigences distinctes.

La richesse saisonnière et mensuelle des espèces, montre que la plupart des espèces ont un début d'activité au printemps où leurs propres déclenchements généralement qui a lieu au cours du mois de Mars dans les deux milieux d'étude. D'autres espèces de fourmis, présentent une activité automnale et estivale mais jamais hivernale. Cette variation de rythme d'activité saisonnière de Formicidae suit les fluctuations thermique et phénologique des espèces cela permet de prédisposer les différents taxons à un spectre thermo-temporel.

En termes d'abondance dans le verger d'agrumiculture de l'ITMAS, le comptage des individus appartenant aux espèces récoltées, révèle l'abondance de *T. nigerrimum* avec un taux respectivement 45,75% et 57,11% au cours de deux années consécutives (2016 et 2017). Cette dernière compose avec *P. barbara* 70% du total de la faune myrmécologique. Tandis qu'au sein de la céréaliculture de la station de Medjana, les deux espèces *M. barbara* et *P. pallidula* contribuent avec plus de 80% de la communauté de fourmis.

La fréquence d'occurrence dans la station de l'ITMAS témoigne que, les espèces suivantes : *S. membranifera*, *N. jaegerskioeldi*, *T. biskrense*, *C. foreli*, *C. scutellaris*, *T. simrothi* et *T. sp.* sont classées parmi les espèces très rares et rares. Ce n'est que les deux espèces *C. mauritanica* et *T. semilaeve* qui sont qualifiées d'accessoires. En revanche, les espèces très constantes et très régulières qui ont des valeurs de fréquence d'occurrence les plus élevés sont *T. nigerrimum* et *P. barbara*. Les deux espèces *A. depilis*, *C. viatica* se manifestent régulières et accessoires. Dans la région steppique de B.B.A, le classement inspire une sensible diversification. L'omniprésence est très limitée et elle touche uniquement l'espèce *P. pallidula*.

En revanche, la catégorie très rare renferme une seule espèce, il s'agit de *C. piceus*, suivie par la classe des espèces accidentelles qui englobe trois espèces : *M. salomonis*, *P. barbara*, *L. frauenfeldi*. L'espèce *M. medioruber* montre une fréquence relativement faible qui permet de la qualifier comme accessoire. Cette fourmi est accompagnée par une espèce très accessoire représentée par *M. barbara*. Les deux espèces *T. nigerrimum* et *C. viatica* sont considérées comme des espèces régulières.

Les valeurs de l'indice de Shannon varient suivant les régions. Dans le verger d'agrumes de l'ITMAS, la diversité est de l'ordre de 2,15 bits en 2016 et 1,8 en 2017. Tandis qu'au sein de la céréaliculture dans la station de Sidi Moussa, cette diversité marque une valeur de 1,72 bits. À la lumière de ces résultats, il semble que les deux milieux exploités ne sont pas diversifiés en myrmécofaune et qu'il existe des espèces prépondérantes. De plus l'évaluation de l'équitabilité nous a permis de conclure que le milieu Mitidjien et steppique présentent un déséquilibre de la répartition du peuplement de fourmis avec une dominance de certaines espèces ce qui génère un habitat de mosaïque hétérogène.

Pour mettre l'accent plus à notre principal objectif du travail qu'il s'agit de la relation plante-fourmis, un suivi de principales fourmis associées aux agrumes de l'ITMAS nous a révélé que la présence des espèces de fourmis associées aux complexes des Homoptères montre considérablement une différence significative. Les deux fourmis indigènes *T. nigerrimum* *P. barbara* étaient associées en abondance avec les aphides et les cochenilles en les protégeant contre leurs ennemies. Tandis que, *C. scutellaris* a marqué sa présence en faible abondance dans cet habitat. Par conséquent, trois espèces semblent avoir un comportement de mutualisme avec ces homoptères. Cependant, dans la station de Medjana, *Messor barbara* était la seule espèce récolteuse de semences de blé. Il en ressort que l'abondance et l'identification des espèces de fourmis pourrait différencier selon le régime alimentaire et la localisation du milieu échantillonné.

Afin de répondre à notre principal objectif de cette étude qu'il s'agit d'identifier les facteurs impliquant dans le schéma de la répartition de la communauté de fourmis, une exploration de l'ensemble d'interaction a été montrée que le type et la texture du sol sont associés de manière plus cohérente avec la composition de la communauté de fourmis dans les deux sites étudiés. De sorte que, la présence des espèces myrmécologiques est conditionnée par les propriétés physiques et chimiques du sol. De même les fourmis présentent un bon potentiel en tant qu'indicateur climatiques, de sorte que certaines espèces étant tributaires de la température et d'autres de l'hygrométrie. L'impact de ces facteurs se révèle plus performantes pour que s'interagissent comme des filtres environnementaux de l'assemblage des espèces de fourmis.

A travers les résultats acquis dans ce travail, il est apparaît que les fourmis ont une grande capacité d'adaptation dans les milieux arboricole et cultivé et divers milieux de territoire du pays. Les études des communautés de fourmis semblent être donc un outil très adapté à l'évaluation écologique des milieux terrestres. De plus les sites échantillonnés sont très riches pour une étude préliminaire de la distribution myrmécologique locale, indigène et exotique. Par ailleurs les fourmis exotiques semblent être moins d'importance par rapport au territoire continentale Algérien. Cela ne veut pas dire que les résultats sont suffisants en raison que les fourmis soient souvent des immigrants discrets et peuvent rester inaperçus en plusieurs années après leurs arrivées dans la zone. C'est le cas le plus probable de la découverte récente de *N. jaegerskioeldi*. Cette espèce a été signalée pour la première fois en Nord d'Afrique dans l'Egypte depuis 1910.

Perspectives

Ce travail a donné de nombreuses réponses aux questions que nous nous sommes posées et il ouvre aussi de nombreuses perspectives. Même s'il a été montré que le niveau morpho-spécifique suffit pour estimer la diversité de couple d'habitats échantillonnés, un gros effort reste à faire dans la connaissance des espèces de fourmis. Pour plus de fiabilité des résultats obtenus de l'étude systématique, des données supplémentaires devraient être apportées par établir des clés d'identification de la myrmécofaune d'Algérie. Enfin, à la suite de tous ces travaux nous pourrions envisager l'enrichissement des banques de données avec les séquences génétiques de nos fourmis. Ces séquences pourront être utilisées par la suite pour d'autres études.

L'expérience devrait être renouvelée sur les zones mitidjennes et steppiques avec plus d'échantillons et s'étendue dans des autres biotopes pour permettre d'acquérir des données fiables sur la bio écologie des fourmis ; les recherches sont requises sur la répartition des fourmis en fonction de l'altitude, communautés botaniques et les types de sols ainsi que suivre le travail par leur relation de mutualisme avec les plantes en prospectant des autres espèces de fourmis méditerranéennes qui déclenchent les ravageurs agricoles. Il serait aussi très bénéfique d'augmenter l'effort d'échantillonnage et améliorer le protocole. Par exemple, les pots Barber, pièges jaunes et appâts, Winkler devront échantillonner sur une plus longue durée. Cela permettra sans doute la capture d'un plus grand nombre d'espèces.

Il serait important aussi d'approfondir les recherches concernant l'utilisation des fourmis comme bio-indicatrice de l'état écologique de l'écosystème et de suivre les processus des espèces exotiques introduites si elles vont continuer à se propager et devenir un ravageur nuisible à long terme ou elles vont disparaître complètement. En particulier la fourmi bio-indicatrice *N. jaegerskioeldi* demeure une piste de recherche devrait être soumise à des preuves expérimentales pour valider ses pertinences sur son impact agronomique et économique.

Références bibliographiques

- 1 - **Aaron M., Ellison J., Nicolas Gotelli Elizabeth J. et Gary D., 2012** - “Field Guide to the ants of new england”, Yale University Press, 398 p.
- 2 - **Abdelkrim H. et Djafour H., 2005** – Approches phénologiques et syntaxonomiques de quelques groupements d’adventices de cultures du secteur algérois : cas de la plaine de la Mitidja. *In Malherbologia Ibérica y Maghrebi : Soluciones comunes a problemas comunes* : 159 – 166, X Congreso Soc. esp. Malherbologia, 5-7 octobre 2005. Ed. Publicaciones Univ. Huelva, 645 p.
- 3 - **Achbi A. et Chafou K., 2015** - Contribution à la connaissance de la faune Myrmécochorique d’un agro-système céréalière dans la région de Ouargla : cas du périmètre E.R.I.A.D. Agro-sud. Mem. Mast. Agro., Univ. Kasdi Merbah, Ouargla, 67 p.
- 4 - **Acosta F. J., Martínez M. D. y, Serrano J. M., 1983** - Contribucio al conocimiento de la mirmecofauna del encinar peninsular. II : Principales pautas autoecologicas. *Bol. Asoc. Esp. Entomol.*, 7 : 297-306.
- 5 - **Agosti D. et Bolton B., 1990** - New characters to separate *Formica* L. and *Lasius* F., *Entomologist’s Gazette. Entomologist's Gazette*, 41(3), 149-156.
- 6 - **Alexander L.C., Delion, M., Hawthorne, D.J., Lamp, W.O. et Funk, D.H., 2009** - Mitochondrial lineages and DNA barcoding of closely related species in the mayfly genus *Ephemerella* (Ephemeroptera : Ephemerellidae). *Journal the North American Benthological Society*, 28(3), 584–595.
- 7 - **Alonson L., 2000** - Ants as indicators of diversity. *In: Agosti D., Majer J., Alonso L. & Schultz T. Ants. Standard methods for measuring and monitoring biodiversity.* Smithsonian Institution Press, Washington and London : 80-88.
- 8 - **Amara Y., 2010** – Bioécologie des Formicidae dans la région de Laghouat. Mém. Ing., Inst., Nat., Sup., Agron., El Harrach, 97 p.
- 9 - **Andersen AN., 1992** - Regulation of “momentary” diversity by dominant species in exceptionally rich ant communities of the Australian seasonal tropics. *American Naturalist*, 140 : 401-420.
- 10 - **Andersen AN., 1995** - Measuring more of biodiversity : genus richness as a surrogate for species richness in Australian ant faunas. *Biological Conservation* 73(1) : 39–43.
- 11 - **ANRH, 2015** - bulletin des analyses physico-chimique des années (2011-2015) de la plaine de Mitidja. Agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH).
- 12 - **Astruc C., Julien I., Errard C., Lenoir A., 2004** - Phylogeny of ants (Formicidae) based on morphology and DNA sequence data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 31 : 880-93.
- 13 - **Atanackovic V., A. Juarez-Escario J., Recasens Torra J., 2015** - A survey of *Lolium rigidum* populations in citrus orchards : Factors explaining infestation levels. *Weed Biology and Management*. 15 :122-131.
- 14 - **Aubert G., 1978**- Méthode d’analyses des sols. Marseille. Ed. Centre régional de documentation pédagogique, 191p.
- 15 - **Baars M.A., 1979** - Catches in pitfall traps in relation to mean densities of carabid beetles. *Oecologia*, 41 : 25 - 46.

- 16 - Baha M., Zerrouki H., Kara F. Z., 2014** - Etude comparative des Oligochètes d'un sol forestier (Parc National de Chrea) et d'un sol agricole de Boufarik. *Séminaire National sur la biodiversité faunistique*, 7 - 9 décembre, Dép. Zool. Agri. For., Inst. Nati. Agro., El Harrach.
- 17 - Baize D., 1988** - Guide des analyses courantes en pédologie, I.N.R.A, France Jouve, Paris. 172 p.
- 18 - Baouane M., 2005** - Nouvelles techniques d'étude du régime alimentaire du Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* (Erinaceidaen Mmmalia) aux abords du marais de Reghaïa. Mem. Magist., Inst. Nat. Agron., El Harrach, 251 p.
- 19 - Barbault R., 1981-** Ecologie des populations et des peuplements. Paris. Ed. Masson. 200 p.
- 20 - Barbault R., 1992** - Ecologie des peuplements, structure, dynamique et évolution. Paris. Ed. Masson, 273 p.
- 21 - Barech G., 2014** - Contribution à la connaissance des fourmis du Nord de L'Algérie et de la steppe, Taxonomie, bioécologie et comportement trophique (Cas de *Messor medioruber*). Thèse Doct. Sci., Ecol. Nat. Sup. Agron., El Harrach, Alger, 284 p.
- 22 - Barech G., Khaldi M., Doumandji S. et Espadaler X., 2011-** One more country in the worldwide spread of the woolly ant: *Tetramorium lanuginosum* in Algeria (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 14: 97–98.
- 23 - Barech G., Khaldi M., Espadaler X. et Cagniant H., 2017-** Le genre *Monomorium* (Hymenoptera, Formicidae) au Maghreb (Afrique du Nord) : Clé d'identification avec la re description de la fourmi *Monomorium* major Bernard, 1953 nouvelles citations pour l'Algérie. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 61 : 151-157.
- 24 - Barech G., Khaldi M., Espadaler X. et Cagniant H., 2020-** Révision taxonomique du genre *Messor* (Hymenoptera, Formicidae) au Maghreb et description de *Messor hodnii* sp. n., une nouvelle espèce de fourmi trouvée en Algérie. *Revue suisse de Zoologie* 127(1) : 9-19.
- 25 - Barech G., Rebbas K., Khaldi M., Doumandji S. et Espadaler X., 2015** - Red couverte de la fourmi d'Argentine *Linepithema humile* (Hymenoptera: Formicidae) en Algérie: un fléau qui peut menacer la biodiversité. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 564: 269-272.
- 26 - Barech G., Khaldi, M., Ziane S., Doumandji S., Sharaf M. et Espadalar X., 2016** - A first checklist and diversity of ants (Hymenoptera: Formicidae) of the saline dry lake Chott El Hodna in Algeria, a Ramsar Conservation Wetland. *African Entomology*, 24: 143-152.
- 27 - Barrett R.D.H. et Hebert P.D., 2005** - Identifying spiders through DNA barcodes. *Canadian Journal of Zoology*, 83, 481–491.
- 28 - Beattie A. J., 1985** - The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms. Cambridge University Press. Ed. Paperback. 182p.
- 29 - Beattie A. J., et Hughes, L., 2002** - Ant-plant interactions. - In: Herrera, C. M. & Pellmyr, O. (eds.), *Plant-animal interactions: an evolutionary approach*. Blackwell, pp. 211-235.

- 30 - **Belaid Y., 2016** - Contribution à l'étude de la pédofaune dans un agroécosystème d'olivieraie à Nouara (M'sila): cas des Formicidés. Mém. Master. Univ. M'sila, 81 p.
- 31 - **Benzara A., 1981** - La faune malacologique de la Mitidja. *Bull. Zool. agro., Inst. Nat. Agron., El-Harrach*, (1), 22-26.
- 32 - **Benzara A., 1982** - Importance économique et dégâts de *Milax nigricans* (Gastéropodes Pulmonés) terrestres. *Bull. Zool. Agro., Inst., Nat. Agron., El Harrach*, (5) : 33 – 36.
- 33 - **Bernadou A., Latil G., Fourcassier V. et Espadaler X., 2006** – Etude des communautés des fourmis d'une vallée andorrane. Union inter. Etu. Insct. Soc., Colloque annuel de la section française, 24-27 avril 2006, Avignon :1 – 4.
- 34 - **Bernard F., 1945** - Notes sur l'écologie des fourmis en forêt de Mamora (Maroc). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 35 : 125–140.
- 35 - **Bernard F., 1952** - Le polymorphisme social et son déterminisme chez les fourmis. Colloques Internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique 34 :123-140.
- 36 - **Bernard F., 1953** - Les fourmis du Tassili des Ajjer. (pp. 121-250). *In: Bernard F. (ed.). Mission scientifique au Tassili des Ajjer (1949)*. Volume I. Recherches zoologiques et médicales. Ed. Lechevalier, Paris, 302 p.
- 37 - **Bernard F., 1960** - Notes écologiques sur diverses fourmis Sahariennes. *Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes*, 19: 51-63.
- 38 - **Bernard F., 1968** - Faune de l'Europe et du Bassin Méditerranéen. Les Fourmis (Hymenoptera: Formicidae) Europe occidentale et septentrional. Paris. Ed. Masson et Cie. 411p.
- 39 - **Bernard F., 1972** - Premiers résultats de dénombrement de la faune par Carres en Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, T.63., Fasc. (1,2) : 3-13.
- 40 - **Berville L., Renucci M. et Provost E., 2012** - Mise en place de protocoles de contrôle de la fourmi d'Argentine (*Linepithema humile*) sur les îles de Port-Cros et de Porquerolles (Var, France). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, 26 : 91-108.
- 41 - **Bestelmeyer B.T. et Wiens, J.A., 2001** - Ant biodiversity in semiarid landscape mosaics: the consequences of grazing vs. natural heterogeneity. *Ecol. Appl.* 11, 1123–1140.
- 42 - **Bestelmeyer B.T., Agosti D., Alonso L.E., Roberto C., Brandao F., Delabie J.H.C. et Sylvestre R., 2000** - Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description and evaluation.
- 43 - **Biche M., 2012** - Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. *Ed. FAO., Regional Integrated Pest Management Programme in the Near East / GTFS/REM/070/ITA*, 36 p.
- 44 - **Bishop D.B. et Bristow C.M., 2001** - Effect of Al- legheny mound ant (Hymenoptera : Formicidae) presence on homopteran and predator populations in Michigan jack pine forests. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 94 :33–40.
- 45 - **Blackmore S., 2002** - Biodiversity update: progress in taxonomy. *Science*, 298, 365.
- 46 - **Blaxter M., Elsworth B. et Daub J., 2004** - DNA taxonomy of a neglected animal phylum : an unexpected diversity of tardigrades. *Proc. R. Soc. B.* ; 271(Suppl 4) : 189–192.

- 47 - **Blondel J., 1979** - La biogéographie et écologie. Ed. Masson et Cie, Paris. 173 p.
- 48 - **Bolton B., 1980** - The ant tribe Tetramoriini (Hymenoptera : Formicidae). The genus *Tetramorium* Mayr in the Ethiopian zoogeographical region. Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology, 40, 193–384.
- 49 - **Bolton B., 1983** - The Afrotropical dacetine ants (Formicidae). Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology, 46: 267-416.
- 50 - **Bolton B., 1994** - Identification guide to the ant genera of the world. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 222 p.
- 51 - **Bolton B., 1995a** - A taxonomic and zoogeographical census of the extant ant fauna (Hym.Form.). Journal of Natural History 29 : 1037-1056.
- 52 - **Bolton B., 1995b** - A new general catalogue of the ants of the world. Cambridge, Mass : Harvard University Press, 504 p.
- 53 - **Bolton B., 2000** - The ant tribe Dacetini. Memoirs of the American Entomological Institute, 65 : 1-1028.
- 54 - **Bolton B., 2003** - Synopsis and classification of Formicidae. *Memoires of the American Entomological Institute*, vol. 71, 370 p.
- 55 - **Bolton B., Alpert G., Ward P. S., Naskrecki P., 2006** - Bolton's catalogue of ants of the World: Harvard University Press, Cambridge.
- 56 - **Bolton B., Alpert, G., Ward P. S., Naskrecki, P., 2007** - Bolton's Catalogue of the ants of the world- (Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- 57 - **Borowiec M., 2016** - Generic revision of the ant subfamily Dorylinae (Hymenoptera, Formicidae). ZooKeys 608 : 1-280.
- 58 - **Borror D.J., Triplehorn C.A. et Johnson M.F., 1989** - An introduction to the study of insects. No. Ed. 6. Saunders college publishing. USA. 875 p.
- 59 - **Bouchery Y., et Jack F., 1982** - Atlas des formes ailées des espèces courantes de pucerons. Ed. I.N.R.A. Paris. 48p.
- 60 - **Bouhalissa Z., 2013** - Relation plante fourmis dans trois milieux différents. Mem. Magist., Ecol. Nat. Sup. Agron., El Harrach, 200p.
- 61 - **Boulton A.M., Davies K.F. et Ward P.S., 2005** - Species richness, abundance, and composition of ground-dwelling ants in northern California grasslands: role of plants, soil, and grazing. Environ. Entomol. 34 : 96 –104.
- 62 - **Bourguignon C., 2002** - Le sol, la terre et les champs. Ed. Sang Terre. 246 p.
- 63 - **Bouzekri M.A., 2015** – Bioécologie des quelques fourmis et leur relation avec les plantes dans trois stations de la région de Djelfa. Thèse Doct. Sci., Ecol. Nat. Sup. Agro., EL Harrach, 109 p.
- 64 - **Bouzekri, M., 2011** - Bio écologie des Formicidae dans la région de Djelfa. Mem. Magist. Sci., Ecol. Nat. Sup. Agron., EL Harrach, 90 p.
- 65 - **Brian L., Fisher, B. et Barry B., 2016** - Ants of Africa and Madagascar : Aguide of Genera. University of California Press. 503 p.
- 66 - **Brown W.L., 1958** - Contributions toward a reclassification of the Formicidae. 2. Tribe Ectatommini. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College 118 : 175– 362.

- 67 - **Brown W.L., 1975** - Contributions toward a reclassification of the Formicidae. 5. Ponerinae, tribes Platythyreini, Cerapachyini, Cyldromyrmecini, Acanthostichini, and Aenictogitini. Search Agriculture 5. Entomology (Ithaca) 15 : 1– 115.
- 68 - **Brown W.M., George M. Jr. et Wilson, A.C., 1979** - Rapid evolution of animal mitochondrial DNA. Proceedings of the National. Academy of Science of USA, 76, 1967-71.
- 69 - **Cagniant H., 1966** - Clef dichotomique des fourmis de l'Atlas blidéen. Bull. Soc. Hist. Nat. Afri. Nord., 56 : 26-40.
- 70 - **Cagniant H., 1970** - Deuxième liste de fourmis d'Algérie, récoltées principalement en forêt (Deuxième partie). Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 106: 28-40.
- 71 - **Cagniant H., 1973a** - Les peuplements de fourmis des forêts algériennes. Ecologie biocénotique, essai biologique. Thèse Doct. Es-Sci., Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 464p.
- 72 - **Cagniant H., 1973b**- Note sur les peuplements de fourmis en forêt d'Algérie. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 108 : 386-390.
- 73 - **Cagniant H., 1988** – Contribution à la connaissance des fourmis marocaines : *Aphaenogaster baronii* n sp. (Hymenoptera : Formicidae). Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 124 : 43-50.
- 74 - **Cagniant H., 1996** - Les *Aphaenogaster* du Maroc (Hymenoptera: Formicidae). Clé et catalogue des espèces. Annales de la Société Entomologique de France (N.S.), 32: 67–85.
- 75 - **Cagniant H., 1997** - Le genre *Tetramorium* au Maroc (Hymenoptera: Formicidae). Clé et catalogue des espèces. Annales de la Société Entomologique de France (N.S.) 33: 89-100.
- 76 - **Cagniant H., 2005** - Les *Crematogaster* du Maroc (Hym., Formicidae), clef de détermination et commentaires. Orsis 20, pp. 7-12.
- 77 - **Cagniant H., 2006**- Liste actualisée des fourmis du Maroc. Myrmecologische Nachrichten, 8 : 193-200.
- 78 - **Cagniant H., 2009** - Le Genre *Cataglyphis* Foerster, 1850 au Maroc (Hymenoptères: Formicidae). Orsis, 24: 41-71.
- 79 - **Cagniant H. et Espadaler X., 1997** - Le genre *Messor* au Maroc (Hymenoptera : Formicidae). Annales de la Société Entomologique de France (n.s.), 33(4) : 419-434.
- 80 - **Callot G., Chamayou H., Maertens C., Salsac L., 1982** - Les interactions sol-racine. Incidence sur la nutrition minérale. INRA, Paris, 325p.
- 81 - **Cerda X. et Retana J., 2007** - Ant community structure in Citrus orchards in the Mediterranean Basin : Impoverishment as a consequence of habitat homogeneity. *Environ. Entomol.*, 36 (6) : 1-8.
- 82 - **Cerdà X., Angulo E., Boulay R. et Lenoir A., 2009** - Individual and collective foraging décisions : a eld study of worker recruitment in the gypsy ant *Aphaenogaster senilis*. *Behav Ecol Sociobiol*, 63 :551–562.
- 83 - **Cerda X., Retana J., Carpintero S. et Cros S., 1996** - An unusual ant diet *Cataglyphis floricola* feeding on petals. *Insectes Sociaux* 43 : 101-104.

- 84 - Cerdan P., 1989** - L'élevage des *Messor*, fourmis moissonneuses. *Insectes*, 72 : 1-5.
- 85 - Charlotte S., 2007**- Six Legs Better : A Cultural History of Myrmecology. The Johns Hopkins University Press. 449 p.
- 86 - Chazeau J., Jourdan H., Bonnet de Larbogne L., Konghoulieux J., Chauvin C., Bouvarel I., Beloeil P.A., Orand J.P., Guilemot D., Currie C.R., Wong B., Stualet A.E., Schltz T.R., Rehener S.A., Muelle U.G., Sung G.H., Spatafora J.W., Straus N.A. et 2004** - Ancient tripartite coevolution in the attine ant–microbe symbiosis. *Science* 299 : 386–388.
- 87 - Chebouti-Meziou S., 2010** - Entomofaune du Pistachier dans la plaine de Mitidja. VI^{ème} journée scientifique et technique phytosanitaire, 20-21 juin 2006. Inst. Nat. Prot. Vég. El Harrach, 56 p.
- 88 - Chemala A., 2019** - Etude myrmécologique dans quelques zones du Sahara de l'Algérie. Thèse doct. Sci., Ecol. Nat. Sup.Agro., EL Harrach, 171p.
- 89 - Chemala A., Benhamacha M., Ould El Hadj D.M. Marniche F. et Daoudi S., 2017** - A preliminary list of the ant fauna in northeastern Sahara of Algeria (Hymenoptera : Formicidae). *Sociobiology*, 64 (2): 146-154.
- 90 - Chevassut G., Kiared G. et Abdelkrim H., 1988** – Contribution à la connaissance des groupements de mauvaises herbes de la région d'EL Harrach, *Ann. Inst. Nat. Agron., EL Harrach, Vol. 12, n°1, T 2*: 690 – 702.
- 91 - Chopard L., 1943** – Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. Ed. La rose, Paris, "Coll. Faune de l'empire français", T. I, 450 p.
- 92 - Clark C., 2001** - Rôle et utilisation de substance défensive de *Crematogaster montezumia* (Hymenoptera : Formicidae). Mém. D.E.S, Université de Liège, Belgique, 71 p.
- 93 - Claude L., 2010** - Inventaire de la myrmécofaune de la réserve de la Massane. Paris. 73 p.
- 94 - Colli E., 2014** - Etude des fourmis hôtes et identification d'un réseau de sites favorables. L'Azur de la Croisette, *Maculineaalcon* ecotype 'rebeli' (Hirschke, 1904), en Haute-Saone. Mém. L.P. professionnelle, MINA. Universit. Franche-Comt., UFR ST. 21 p.
- 95 - Collingwood C. A., Tigar B. J. et Agosti D., 1997** - Introduced ants in the United Arab Emirates. *Journal of Arid Environments*, 37: 505–512.
- 96 - Comin P., Espadaler X., 1984** - Ants of the Pityusic Islands (Hymenoptera : Formicidae). In: H. Kuhbier, J.A. Alcover and C. Guerau (eds.). *Biogeography of the Pityusic Islands*. Junk, The Hague. 287- 301.
- 97 - Cornillons P.A., Guyader, A., Husson, F., Jegau, N., Josse, J. et Rouviere L., 2012**- Statistiques avec R 3^{ed} édition revue et argumenté. Ed. Press universitaire de Rennes, Rennes, France, 296 p.
- 98 - Crist T.O. et Wiens J.A., 1996** - The distribution of ant colonies in a semiarid landscape : implications for community and ecosystem processes. *Oikos*, 76 : 301-311.
- 99 - D.E.B.B.A., 2011** – Guide de la diversité biologique et culturelle de la wilaya de Bordj Bou- Arreridj. Direction de l'environnement de la wilaya de B.B.A., Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, p 57.

- 100 - **Daget J., 1979**- les modèles mathématiques en écologie. Ed., Masson et Cie, Paris 2
172 p.
- 101 - **Dajoz R., 1971** - Précis d'écologie. Ed. Dunot, Paris, 434 p.
- 102 - **Dajoz R., 1985** – Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 489 p.
- 103 - **Davidson D.W., 1981** - Some consequences of diffuse competition in a desert ant community. *Am. Nat.*, 116,523-532.
- 104 - **Deborah G., 2010** - Ant Encounters. Interaction Networks and Colony Behavior. Primers in complex systems. Princeton : Princeton University Press. 184 p.
- 105 - **Decaëns T., Porco D., Rougerie R., Brown G.G. et James S.W., 2013** - Potential of DNA barcoding for earthworm research in taxonomy and ecology. *Applied Soil Ecology*, 65 : 35- 42.
- 106 - **Dehina N., 2009** - Systématique et essaimage de quelques espèces de fourmis (Hymenoptera, Formicidae) dans deux régions de l'Algérois. *Mem. Magist. Agron., Ecol. Nat. Sup. Agron., El Harrach. Alger*, 72 p.
- 107 - **Dehina N., Daoudi Hacini S., et Doumandji S., 2007**- Arthropodofaune et place des Formicidae dans un milieu à vocation agricole. *Journ Intern. Zool. Agri. For.*, 8-10 avril 2007, *Inst.Nat. Agron., El Harrach*, 201 p.
- 108 - **Dejean A., 1991** - Gathering of nectar and exploitation of Aphididae by *Smithistruma emarginata* (Formicidae : Myrmicinae). *Biotropica*, 23 : 207–208.
- 109 - **Dejean A., Djéto-Lordon, C. et Orivel, J., 2007** - The plant-ant *Tetraponera aethiops* (Pseudomyrmecinae) protects its host myrmecophyte *Barteria fistulosa* (Passifloraceae) through aggressiveness and predation. - *Biological Journal of the Linnean Society*. 93(1), 63-69.
- 110 - **Delabie JHC., Agosti D., et Ascimonto ICD., 2000** - Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. *Sampling Ground-dwelling Ants: case studies from the world's rain forests*. Curtin University of Technology School of Environmental Biology Bulletin, vol. 18.
- 111 - **Delagarde J., 1983** – Initiation à l'analyse des données. Ed. Dunod, Paris, 157 p.
- 112 - **Delsinne T., Roisin Y., Herbauts J. et Leponce M., 2010** - Ant diversity along a wide rainfall gradient in the Paraguayan dry Chaco. *J Arid Environ* 74 : 1149–1155.
- 113 - **Délye G., 1968** - Recherches sur l'écologie, la physiologie et l'éthologie des Fourmis du Sahara. Thèse Doctorat Etat Sciences Naturelles. Université Aix-Marseille. 176 p.
- 114 - **Detrain, C., 1990** - Field study on foraging by the polymorphic ant species *Pheidole pallidula*. *Insectes Sociaux*, 37 : 315-332.
- 115 - **Diamond S., Sorger D., Hulcr J., Peline S.L., Del Toros I. et Hirsch C., 2012** - A global analysis of the climatic, ecological, and evolutionary determinants of warming tolerance in ants. *Global Change Biology*.18 :448–56.
- 116 - **Dixon A.F.G., 1998** - Aphid Ecology. : Ed. Chapman et Hall, London. 300 p.
- 117 - **Djioua O., 2011**- Inventaire des Formicidae dans quelques milieux forestiers et agricoles de la wilaya de Tizi Ouzou. *Mem. Magist., Univ. Mouloud Maameri de Tizi-Ouzou, Dep. Biol. Anim. Vég.*, 103 p.

- 118 - Djioua O., et Sadoudi, A., 2014** - Les Peuplements de Fourmis (Hymenoptera, Formicidae) Dans Quelques Milieux Forestiers et Agricoles de La Kabylie. AFPP - 10ème Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, Montpellier -23 octobre 2014, 11 p.
- 119 - Doumandji S., et Doumandji-Mitiche B., 1992** – Observations préliminaires sur les caelifères de trois peuplements de la région de la Mitidja. *Mém. Soc. r. belge ent.*, 35 : 619 – 623.
- 120 - Dreux P., 1980** - Précis d'écologie. Ed. Presses universitaires de France, Paris, 231p.
- 121 - Eisner T. et Happ GM., 1962** -"The infrabuccal pocket of a formicine ant : a social filtration device". *Psyche*. 69 (3) : 107–116.
- 122 - Elalaoui A., 2007** - Fertilisation Minérale des Cultures Les éléments fertilisants majeurs (Azote, Potassium, Phosphore), Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTA. Transfert de technologie en agriculture. 155 p.
- 123 - Emery C., 1910** - Beiträge zur Monographie der Formiciden des paläarktischen Faunengebietes. (Hym.) Teil X. *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, 1910: 127-132.
- 124 - Escala M., Xena De Enrechem N. et Mathez J., 2001** – Myrmécochory in the tropics and in the Mediterranean : a comparative approach. - *Boccone* 13 : 365-370.
- 125 - Espadaler X. et Bernal, V., 2003** - Exotic ants in the Canary Islands (Hymenoptera: Formicidae). *Vieraea*, 31: 1-7.
- 126 - Fagundes E.P., 2003** - Efeitos de fatores do solo, altitude e inclinac, ão do terreno sobre os invertebrados da serapilheira, com ênfase em Formicidae (Insecta, Hymenoptera) da Reserva Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil. Mast. Sci. Dissertation. Universidade Federal do Amazonas, 96 p.
- 127 - Felsenstein J., 1985** - Confidence limits on phylogenies : An approach using the bootstrap. *Evolution*. *Evolution*, 39(4) : 783-791.
- 128 - Fent K. et Wehner R., 1985** – Ocelli : a celestial compass in the desert ant *cataglyphis*". *Science*. **228** (4696) : 192–4.
- 129 - Fernández F., 2003** - Introduccioón o laa hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigaciòn de Recursos Biològicos Alexander von Humboldt. Bogotá. Colombia, 398 p.
- 130 - Fiala B. et Maschwitz U., 1990** - Studies on the south east asian ant-plant association *Crematogaster borneensis*, Madagascar : adaptations of the ant partner. *Insectes sociaux*, 37 : 212-231.
- 131 - Fisher B.L., 1996** - Ant diversity patterns along elevational gradients in the Reserve Naturelle Integrale d'Andringitra, Madagascar. *Fieldiana Zoology* 85 : 93-108.
- 132 - Fisher B.L. et Cover, S.P., 2007** - Ants of North America : A Guide to the Genera. University of California Press, pp 54–58.
- 133 - Fisher B.I. et Sarnat E., 2016** - Revision and microtomography of the *Pheidole knowlesi* group, an endemic ant radiation in Fiji (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae). *Plos One*, 11 (8) : 0161520.

- 134 - Fisher B.L., Malsch A.K.F., Gadagkar R., Delabie J.H.C., Vasconcelo H.L. et Majer, J.D. 2000. Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity. Applying the ALL Protocol, In: Agosti D., Majer J.D., Alonso L.E. et Schultz T.R. (Eds.). Smithsonian Institution Press, Washington DC 214 p.
- 135 - Folgarit P.J., 1998 - Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation*, 7: 1221-124.
- 136 - Folmer O., Black, M., Hoeh W., Lutz R. et Vrijenhoek R., 1994 - DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*. 3: 294–299.
- 137 - Forel A., 1890 - Fourmis de Tunisie et de l'Algérie orientale recoltées et décrites par Auguste Forel. – *Annales de la Société Entomologique de Belgique*. Comptes-rendus 34 : 61-76.
- 138 - Fowler H.G., Delabie J.H.C., Moutinho P.R.S., 2000 - Hypogaeic and epigaeic ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblages of Atlantic costal rainforest and dry mature and secondary Amazon Forest in Brazil: Continuums or communities. *Trop. Ecol.* 41: 73–80.
- 139 - Francoeur A., 1968 - Une nouvelle espèce du genre *Myrmica* au Québec (Formicidae, Hymenoptera). *Naturaliste can.* 95 (3) : 727-730.
- 140 - Francoeur A., 2001 - Les fourmis de la forêt boréale (Formicidae, Hymenoptera). *Le Naturaliste canadien* 125 (3) : 108-114.
- 141 - Frisque K., 1935 - La Fourmi d'Argentine *Iridomyrmex humilis* Mayr dans les serres en Belgique. *Annales de la Société Entomologique de Belgique*, 75 : 148-153.
- 142 - Frouz J. et Jílková V., 2008 - The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecol. News* 11: 191–199.
- 143 - Gagnard J., Huguet C. et Ryser J.P., 1988 - L'analyse du sol et du végétal dans la conduite de la fertilisation, le control de la qualité des fruits, Secrétariat générale. OILB/ SROP, Edition-Diffusion ACTA., 87 p.
- 144 - Gaspar CH., 1965a - Notes sur l'écologie et l'éthologie des espèces du genre *Lasius*. (Hymenoptera : Formicidae) ; *Insectes Sociaux*, 12 : 219-230.
- 145 - Gervy R., 1970 - Les phosphates et l'agriculture. Edition Dunod, Paris, 298 p.
- 146 - Ghezali D. et Fekkoum S., 2012 - Répartition spatio-temporelle des acariens (Acari : Oribatida Michael, 1883 and Gamasida Reuter, 1909) dans différents étages bioclimatiques du nord de l'Algérie. *Lebanese Science Journal*, Vol. 13, N° 2 : 49-68.
- 147 - Godin M. et Guy-Boivin P. D., 2002- Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraichères au Québec. Ed. Prisme consortium, Québec, 31p.
- 148 - Goheen J. R. et Palmer T. M., 2010 - Defensive plant-ants stabilize megaherbivore-driven landscape change in an African savanna. *Current Biology* 20, 1-5.
- 149 - Gomez K., et Espadaler X., 2007 - Cuatro nuevas citas de hormigas (Hymenoptera, Formicidae) y actualización del listado para Cataluña. *Boletín de la SEA (en prensa)* : 1-5.

- 150 - Graham J.H., Krzysik A.J., Kovacic D.A., Duda J.J., Free- man D.C., Emlen J.M., Zak J.C., Long W.R., Wallace M.P., Chamberlin-Graham C., Nutter J.P. et Balbach H.E., 2009** - Species richness, equitability, and abundance of ants in disturbed landscapes. *Ecological Indicators*, 9, 866–877.
- 151 - Grall J. et Coïc N., 2005** – Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Institut Universitaire Européen de la Mer – Université de Bretagne Occidentale Laboratoire des sciences de l'Environnement Marin, Rebert, 91 p.
- 152 - Groc S., 2007-** Communautés natives des fourmis de la litière en forêts naturelles de Guyane française et impact de la conversion forestière en plantations monospécifiques. Thèse Doct., Université des Antilles et de la Guyane, 275 p.
- 153 - Guertzou A., Derdoukh W., Guertzou M. et Doumandji S., 2014** - Arthropod biodiversity in three step region of Djelfa area (Algeria)., *International journal of zoology and research*, 4 : 41-50.
- 154 - Hammer Q., Hadder D., Ryan P., 2001** - PAST Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. Louys Press. London. 4 (1): 1-9.
- 155 - Heatwole H. et Muir R., 1990** -Seasonal and daily activity of ants in the pre-Saharan steppe of Tunisia. *Journal of Arid Environments*. 16: 49-67.
- 156 - Hebert P.D.N. et Gregory T.R., 2005** - The promise of DNA barcoding for taxonomy. *Systematic Biology*, 54, 852–859.
- 157 - Hebert P.D.N., Cywinska S. L., Ball J. et Waard R., 2003** - Biological identifications through DNA barcodes. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 270 : 313-321.
- 158 - Hebert P.D.N., Stoeckle L.Y., Zemplak T.S. et Francis C.M., 2004a** - Identification of birds through DNA barcodes. *Plos biol.*, 2(10), 312.
- 159 - Hebert P.D.N, Penton E.H., Burns J.M., Janzen D.H. et Hallwachs W., 2004b** -Ten species in one : DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astrartes fulgerator*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101, 14812 14817.
- 160 - Heil M. et McKey D., 2003** - Protective ant-plant interactions as model systems in ecological and evolutionary research. - *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34 : 425-453.
- 161 - Heinze J., Cremer, S., Eckl N. et Schrempf A., 2006** - Stealthy invaders : the biology of *Cardiocondyla trampa* ants. *Insect. Soc.* 53 : 1-7.
- 161 - Hemmerter S., Šlapeta J. et Beebe W.L., 2009** - Resolving genetic diversity in Australasian *Culex* mosquitoes : Incongruence between the mitochondrial cytochrome C oxidase I and nuclear acetylcholine esterase 2. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 50 (2), 317-325.
- 162 - Hernández-Ruiz P. et Castaño-Meneses G., 2006** - Ants (Hymenoptera : Formicidae) diversity in agricultural ecosystems at Mezquital Valley, Hidalgo, Mexico. *European Journal of Soil Biology* 42 S208–S212.
- 163 - Herrera HW. et Longino JT., 2008** - New records of introduced ants (Hymenoptera: Formicidae) in the Galapagos Islands. *Galapagos Research*, 65, 16–19.

- 164 - Heterick B., 2006** - A revision of the Malagasy ants belonging to genus *Monomorium* Mayr, 1855 (Hymenoptera : Formicidae). Proceedings of the California Academy of Sciences, 57(3) : 69-202.
- 165 - Holbrook T., 2018** - "Ask a Biologist : Face to Face with Ants". ASU School of Life Sciences.
- 166 - Holder M., Lewis P.O., 2003** - Phylogeny estimation : traditional and Bayesian approaches. Nature reviews, 4, 275-284.
- 167 - Hölldobler B., et Wilson E.O., 1996** - Voyage chez les Fourmis. Éditions du Seuil, Paris, 256 p.
- 168 - Hölldobler B., et Wilson, E.O., 1990** - The Ants. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge. Massachusetts, 732 p.
- 169 - Holway D., Lach L., Suarez A. V., Tsutsui N. D. et Case T.J., 2002** - The causes and consequences of ant invasion. *Annual Review of Ecology and systematic* 33, 181-233.
- 170 - Hudson R.R. et Turelli M., 2003** - Stochasticity overrules the "three-times rule : genetic drift, genetic draft, and coalescence times for nuclear loci versus mitochondrial DNA. *Evolution*, 57, 182-190.
- 171 - Idir NF., et Kherbouche-Abrous O., 2013-** Biodiversité des Myriapodes dans deux milieux herbacés : un naturel et un agroécosystème. *Journées du 39^{ème} anniversaire de la création de l'U. S. T. H. B.*, 22-25 avril, p. 293.
- 172 - James A., Eldridge D.J., Koen T.B. et Withford W.G., 2008-** Landscape position moderates how ant nests effect hydrology and soil chemistry across a Chihuahuan Desert Watershed. *Landscape Ecology* 23, 961-975.
- 173 - Janzen D. H., Hallwachs W., Blandin P., Burns J. M., Cadiou M., Chaco, I., Darkey T., Hausmann A., Woodely N. E. et Wilson J., 2009** - Integration of DNA barcoding into an ongoing inventory of complex tropical biodiversity. *Mol. Ecol. Res.*, 9 : 1-26.
- 174 - Johnson RA., 2000** - Habitat segregation based on soil texture and body size in the seed-harvester ants *Pogonomyrmex rugosus* and *P. barbatus*. *Ecol. Entomol.* 25(4), 403 - 412.
- 175 - Jones G., Lawton, J.H., et Shachak, M., 1994** - Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69, 373–386.
- 176 - Jouquet P., Dauber J., Lagerlöf J., Lavelle P. et Lepage M., 2006-** Soil invertebrates as ecosystem engineers : intended and accidental effects on soil and feedback loops. *Appl. Soil Ecol.* 32, 153–164.
- 177 - Juste C., et Pouget R., 1980** - Rôle de certaines caractéristiques du sol sur la sensibilité des plantes à la chlorose. *Sci Sol.* 18, 37-44.
- 178 - Kaspari M., et Majer J. D., 2000** - Using ants to monitor environmental change. 98 p. in: Agosti D., Majer J. D., Alonso L. E., et Schultz, T. R ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. *Smithsonian Institution, Washington DC*, (9), 280 p.
- 179 - Kaspari M. et Weiser M.D., 1999** - The size-grain hypothesis and interspecific scaling in ants. *Funct. Ecol.* 13, 530–538.

- 180 - Kaufmann B., 2010** - Les fourmis en France à l'heure de la biodiversité. Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon, hors-série n°2 : 167-173.
- 181 - Kaufmann B., Jerome G.V. et Théotime C., 2012** - pelouses sèches de l'Isle Cremieu. Université Lyon 1 LEHNA, Université François Rabelais de Tours IRBI et Office pour les insectes et leur environnement, 6 p.
- 182 - Kheddam M. et Adane N., 1996-** Contribution à l'étude phytoécocologique des mauvaises herbes des cultures pérennes dans la plaine de la Mitidja. 1. Aspect floristique. *Ann. Inst. Nati. Agron., El Harrach, Volume 17 Num 1 et 2* : 1-26.
- 183 - Kherbouche-Abrous O., 2014** –Les Araneides épigés (Arthropodes, Arachnides) dans les milieux naturels et agricoles du nord algérien : Diversité et abondance. Séminaire National sur la biodiversité faunistique, 7 - 9 décembre, Dép. Zool. Agri. For., Inst. Nati. Agron., El Harrach. 137 p.
- 184 - Khoudour A., 1994** – Bio écologie des orthoptères dans trois stations d'études de la région BBA. Mem.Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 159 p.
- 185 - Khoudour A, Doumandji S., Moutassem D., Meribai A., 2011-** Bioécologie et pullulations des Acridiens dans la région de Bordj-Bou-Arreidj. Journ. Inter. Zool. Agri. For., 8-10 avril 2007. Inst. Nati. Agro., El-Harrach 28p.
- 186 - King J. R., Tschinkel W. R., 2006** - Experimental evidence that the introduced fire ant, *Solenopsis invicta*, does not competitively suppress co-occurring ants in a disturbed habitat. *Journal of Animal Ecology*, 75: 1370 –1378.
- 187 - Kisserli O., 1997** - Place des insectes dans le régime alimentaire de l'Hirondelle de fenêtre *Delichon urbica* Linné, 1758 (Aves, Hirundinidae) à Jijel. Mem.Magist. Sci., Inst. Nat. Agron., El-Harrach, 157 p.
- 188 - Knaden M., Tinaut A., Stokel J., Cerda X. et Wehner R., 2012** - Molecular phylogeny of the desert ant genus *Cataglyphis* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*. 16: 123-132.
- 189 - Kumar S., Stecher G. et Tamura K., 2016** - MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution* 33: 1870-1874.
- 190 - Lach L., Parr CL. et Abbott KL., 2010** - Ant Ecology. Oxford University Press, Oxford, 402 p.
- 191 - Lamotte M. et Bourlière F., 1969** – Problèmes d'écologie – l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres. Ed. Masson et Cie, Paris, 303 p.
- 192 - LaPolla J. S., Hawkes P. G. et Fisher B. L., 2011** - Monograph of *Nylanderia* (Hymenoptera: Formicidae) of the world, part I: *Nylanderia* in the Afrotropics. *Zootaxa* 3110: 10 –36.
- 193 - Leclant. F., 1978** - Les pucerons des plantes cultivées. Clé d'identification. Ed. A.C.T.A. Paris, 51 p.
- 194 - Legendre L. et Legendre P., 1984** - Ecologie numérique, la structure des données écologiques. Ed. Masson, Paris, Presse univ. Québec, T. 2,335 p.
- 195 - Leghzal-Moussaoui N., 2015** - Bio écologie des fourmis et leur avec les plantes dans l'Atlas blideen, Thèse Doct. Sci., Ecol. Nat. Sup.Agron., EL Harrach, 97 p.

- 196 - Leliaert F., Verbruggen H., Wysor B. et Clerck O., 2009 - DNA taxonomy in morphologically plastic taxa: algorithmic species delimitation in the *Boodlea* complex (Chlorophyta: Siphonocladales). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 53, 122–133.
- 197 - Leschner A. et Shmida S., 1992 - Activity pattern of harvester ants (*Messor* spp.) in the Negev desert ecosystem. *Journal of Arid Environments*, 23 : 169-176.
- 198 - Levieux J., 1985 - L'échantillonnage des peuplements des fourmis terricoles, Lab. Zoo. De. L'éco. Nor. Sup., Paris, 299 p.
- 199 - Lighton J., Weier J. et Feener D., 1993 - The energetics of locomotion and load carriage in the desert harvester ant, *Pogonomyrmex rugosus*. *Journal of Experimental Biology*, 181 : 49-61.
- 200 - Limoges R., 2003 – Methode de captures I.ED. Insectarium de Montréal, 5p.
- 201 - Lobo J., Lumaret J. et Jay-Robert P., 1997 - Les atlas faunistiques comme outils d'analyse spatiale de la biodiversité. *Ann. Soc. Entomol. Fr. (N.S.)*. 33(2) : 123-138.
- 202 - Lokeshwari D., Krishna Kumar N.K. et Manjunatha H., 2015 - Record of ants (Hymenoptera : Formicidae) tending aphids with special reference to the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera : Aphididae). *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, Vol. 21, No. 1 pp 31-37.
- 203 - Lopez-Bellido L. et Fuentes M., 1986 - Lupin crop as an alternative source of protein. *Adv Agron.* 40, 239- 295.
- 204 - Maguran A. E., 1988 - Ecological diversity and its measurement. Princeton university press. 114 p.
- 205 - Majer J.D., 1976- The influence of ants and ant manipulation on the cocoa farmfauna. *Journal of Applied Ecology* 13 : 157–175.
- 206 - Majer, J.D., 1983- Ants : bio-indicators of mine site rehabilitation, land-use, and land conservation. *Environmental Management* 7 : 375–383.
- 207 - Menozzi C., 1934 - Reperti mirmecofaunistici raccolti dal Prof. L. di Caporiacco nelle oasi di Cufra in altre località del deserto Libico. *Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena*, 65: 153–66.
- 208 - Moore W.S., 1995 - Inferring phylogenies from mtDNA variation: mitochondrial gene trees versus nuclear gene trees. *Evolution*, 49 : 718-726.
- 209 - Mutin G., 1977 –La Mitidja. Décolonisation et espace géographique. Ed. Office Publ. Univ., Alger, 607 p.
- 210 - Newton CR. et Graham A., 1994 - “PCR”, Bios scientific Publishers, Oxford, UK. Ed. Taylor & Franc. 161 p.
- 211 - Ogata K., 1987 - Synopsis générique du complexe ponéroïde de la famille des Formicidae au Japon (Hymenoptera). Partie I. Sous-familles Ponerinae et Cerapachyinae. *Esakia*, 25 : 97-132.
- 213 - Oussalah N., Marniche F., Espadaler X. et Biche M., 2018- Exotic ants new first record from Maghreb (Hymenoptera: Formicidae) with first report of the Hairy Alien Ant *Nylanderia jaegerskioeldi* (Mayr) in Algeria. *Arxius de Miscellania Zoologica* 17:45-58.

- 244 - Pablo S., 2004** – Inventaire myrmécologique de la réserve naturelle volontaire Trésor. Test d'une méthodologie applicable à la réserve naturelle de la Trinité. Rapport de mission, 8 p.
- 215 - Paquin P. et Hedin M., 2004** -The power and perils of 'molecular taxonomy': a case study of eyeless and endangered Cicurina Araneae: Dictynidae from Texas caves. *Molecular Ecology*, 13, 3239–3255.
- 216 - Passera L., 1974** - Différenciation des soldats chez la fourmi *Pheidole pallidula* NYL. (Formicidae, Myrmicinae). *Insectes sociaux*, Paris, Vol. 21, n°1, pp. 71-86.
- 217 - Passera L. et Aron S., 2005** - Les fourmis : comportement, organisation sociale et évolution. Les Presses scientifiques du CNRC, Ottawa, Canada.480 p.
- 218 - Peel MC., Finlayson BL., McMahon TA., 2007**- Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11: 1633–1644.
- 219 - Pergola A., 2009** - 'Indagini sugli Imenotteri Formicidi (Hymenoptera: Formicidae) in agrumeti e meleti etnei a differente condizione culturale', Dissertation, the University of Catania, Italy.
- 220 6 Perrier R., 1940** - La faune de France, Hyménoptère. Ed. Librairie Delagrave, Paris, 211 p.
- 221 - Petal J., 1978** - The role of ants in ecosystems. In: Brian, M.V. (Ed.), *Production Ecology of Ants and Termites*. Cambridge Univ Press, Cambridge, 342 p.
- 222 - Philippeau G., 1992** – Analyse en composantes principales. Collection STAT-ITCF. Institut Technique des céréales et Fourrage. 15 p.
- 223 - Pimentel D., Zuniga R. et Morrison D., 2005** - Update on the environmental and economic costs associated with alien invasive species in the United States. *Ecol. Econ.* 52, 273-288.
- 224 - Plowes N.J.R., Johnson R.A. et Hölldobler B., 2013** - Foraging behavior in the ant genus *Messor* (Hymenoptera : Formicidae : Myrmicinae). *Myrmecol News*, Vol. 18 : 33-49.
- 225 - Quezel P. et Santa S., 1962** – Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. Centre Nat. Rech. Sci., Paris, T.1, 558 p.
- 226 - Quintero C., Barton K.E. et Boege K., 2013** - The ontogeny of plant indirect defenses. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 15(5), 245-254.
- 227 - Rabitsch W., 2011**- the hitchhiker's guide to alien ant invasions *Biocontrol* 56, 551-572.
- 228 - Ramade F., 1984** – Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill, 89-100.
- 229 - Ramade F., 2003** - Élément d'écologie, écologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 688 p.
- 230 - Redolfi I., Tinaut, A., Pascual F. et Campos M., 2002** - Patrón de actividad de *Tapinoma nigerrimum* (Nylander) y *Crematogaster scutellaris* (Olivier) (Hymenoptera, Formicidae) en el cultivo de olivo y en el laboratorio. *Zool. baetica*, 13/14 : 37-55p.

- 231 - **Retana J., Cerdá X., Alsina A. et Bosch J., 1988** - Field observations of the ant *Camponotus sylvaticus* (Hym : Formicidae) : Diet and activity patterns. *Acta Oecologica/Oecologia Generalis*, 9 : 101-109.
- 232 - **Robert O.E., 2007**- Influence of activities of termites on some physical and chemical properties of soils under different land use patterns : a review. *International Journal of Soil Science* 2, 1 – 14.
- 233 - **Roig X. et Espadaler X., 2010**- Proposal of functional groups of ants for the Iberian Peninsula and Balearic Islands, and their use as bioindicators. *Iberomyrmex* 2 : 28–29.
- 234 - **Ross K.G., Gotzek D., Ascunce M.S. et Shoemaker D., 2010** - Species delimitation : a case study in a problematic ant taxon. *Systematic Biology*, 59, 162–184.
- 235 - **Rusek J., 1998** - Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Journal of Biodiversity and Conservation*, 7 : 1207-1219.
- 236 - **Russell G., 1996** - Phenotypic plasticity in an intertidal snail : the role of a common crab predator. *Evolution*, 50, 448-454.
- 237 - **Ryder Wilkie K.T., Mertl A.L. et Traniello J.F., 2007** - Biodiversity below ground: probing the subterranean ant fauna of Amazonia. *Naturwissenschaften* 94 : 725–731.
- 238 - **Saharaoui L., Hemptienne J. et Magro A., 2014** - Biogéographie des coccinelles (Coleoptera : Coccinellidae) d'Algérie. *Faunistic Entomology*, 67 : 147-164.
- 239 - **Salata S., Christos G. et Borowiec L., 2017** - Invasive ant species (Hymenoptera : Formicidae) of Greece and Cyprus North-Western *Journal of zoology* 15 (1) : 13-23.
- 240 - **Sambrook J. et Russell D.W., 2001** - Molecular cloning : a laboratory manual. Woodbury : Cold Spring Harbor Laboratory, 3v, 999 p.
- 241 - **Samson D. A., Rickart E.A. et Gonzales P. C., 1997**- Ant diversity and abundance along an elevational gradient in the philippines. *Biotropica*, 29 (3) : 349- 363.
- 242 - **Sanders D. et Van Veen, F., 2010** - The impact of an ant-aphid mutualism on the functional composition of the secondary parasitoid community. *Ecological Entomology* 35(6) : 704-710.
- 243 - **Santschi, F., 1929** - Fourmis du Maroc, d'Algérie et de Tunisie. *Bulletin et Annales de la Société Entomologique de Belgique*, 69, 138–165.
- 244 - **Scheffer S., Lewis M., et Joshi R., 2006** - DNA barcoding applied to invasive leafminers (Diptera : Agromyzidae) in The Philippines. *Annals of the Entomological Society of America*, 99 : 204–210.
- 245 - **Schmidt A., Ribas C. et Schoereder J., 2013** - How predictable is the response of ant assemblages to natural forest, recovery. Implications for their use as bioindicators. *Ecological Indicators*, 24: 158–166.
- 246 - **Segev U., 2010** - Regional patterns of ant-species richness in an arid region: the importance of climate and biogeography. *Journals of arid Environments* 74, 646-652.
- 247 - **Seifert B., 1996**- Ameisen beobachten, bestimmen. Augsburg: Naturbuch Verlag, 351 p.

- 248 - Seifert B., 2003** - The ant genus *Cardiocondyla* (Insecta: Hymenoptera: Formicidae): a taxonomic revision of the *C. elegans*, *C. bulgarica*, *C. batesii*, *C. nuda*, *C. shuckardi*, *C. stambuloffii*, *C. wroughtonii*, *C. emeryi*, and *C. minutior* species groups. Ann. Naturhist. Mus. Wien 104B, 203 – 338.
- 249 - Seifert B., 2007** - Die ameisen mittel-und nordeuropas, Tauer Verglas und vertriebsgesellschaft, 368 p.
- 250 - Seifert B., Schlick-Steiner, B. et Steiner F., 2009** - *Myrmica constricta* Karavajev, 1934 – a cryptic sister species of *Myrmica hellenica* Finzi, 1926 (Hymenoptera: Formicidae). Soil Organisms 81(1): 53-76.
- 251 - Seifert B., D'Eustacchio D., Kaufman B., Centorame M., Lorite M. et Modica V., 2017**- Four species within the supercolonial ants of the *Tapinoma nigerrimum* complex revealed by integrative taxonomy (Hymenoptera : Formicidae). *Myrmecol News* 24: 123-144.
- 252 - Sharaf M., Fisher B. et Aldawood A., 2014** - Notes on ants of the genus *Strumigenys* F. Smith, 1860 (Hymenoptera : Formicidae) in the Arabian Peninsula, with a key to species. Sociobiology, 61, 293–301.
- 263 - Sharaf M., Fisher B., Clingwood C. et Aldawood A., 2017** - Ant fauna (Hymenoptera : Formicidae) of the socotra Archipelago (Yemen) : Zoogeography, distribution and discription of a new species. Journal of Natural History 51, 317-378.
- 254 - Shigesada N., Kawasaki K., 1997**- Biological Invasions : Theory and Practice. Oxford : Oxford University Press, 224 P.
- 255 - Slimani S., Berrai H., Meridji R., Taheri A., Dahmani L., Chebli, A., Biche M., 2020** - New reports of the Argentine ant *Linepithema humile* (Mayr, 1868) (Hyménoptère : Formicidae) in Algeria. Ukrainian Journal of Ecology, 248-252,
- 256 - Smith A., Fisher B., 2009** - Invasions, DNA barcodes, and rapid biodiversity assessment using ants of Mauritius. *Frontiers in Zoology*, 6 (1), 1-12.
- 257 - Smith M., Fisher B.L., Hebert P.D.N., 2005** - DNA barcoding for effective biodiversity assessment of a hyperdiverse arthropod group : the ants of Madagascar. Philosophical. Transactions of the Royal Society B 360, 1825–1834.
- 258 - Soltner 2005**- Les bases de la production végétale - Tome I : Le sol et son amélioration. Les collections sciences et techniques agricoles, 22eme Editions. 472 p.
- 259 - Sommer F., Cagniant H., 1988** - Etudes des peuplements des fourmis dans les Alberes orientales (France). Vie Milieu. 38.pp 321-329.
- 260 - Southwood R.E., 1978** - Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. Univesity Press, Cambridge. Ed. Chapman & Hall, 210 p.
- 261 - Sperling F., 2003** - DNA barcoding. Deux et machina. Newsletter of the Biological Survey of Canada (*Terrestiral Arthropods*), 22 p.
- 262 - Stapley L., 1998** -The interaction of thorns and symbiotic ants as an effective defence mechanism of swollen-thorn acacias. Oecologia, 115 : 401-405.
- 263 - Stitz, H., 1917** - Ameisen aus dem westlichen Mittelmeergebiet und von den Kanarischen Inseln. Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin, 8: 333–353.

- 264 - Suarez A., McGlynn T. P. et Tsuitsui N.D., 2012 - IN Ant Ecol. (Lach, L. & Aboott, K. L) 233-244 (Oxford University Press).
- 265 - Taheri A. et Reyes-López J., 2015 - Five new records of ants (Hymenoptera : Formicidae) from Morocco. *Journal of Insect Science*, 15 : 37.
- 266 - Taheri A. et Reyes-Lopez J., 2018 - Exotic ants (Hymenoptera: Formicidae) in Morocco: checklist, comments and new faunistic data. *TAES* 144 : 99-107.
- 267 - Tahraoui A., 2018 - Diversité de la myrmécofaune des forêts humides de la petite Kabylie—Comparaison de différentes méthodes d'échantillonnage. *Mem. Mas. Sci., Eco. Nat. Sup. Agron., EL Harrach*, 60 p.
- 268 - Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipski A. et Kumar S., 2013 - MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, 30: 2725-2729."
- 269 - Tautz D., Arctander A., Minelli Thomas R. H. et Vogler A. P., 2002 - DNA points the way ahead in taxonomy. *Nature* 418 :479.
- 270 - Theunis L., 2008 - Structure des assemblages de fourmis dans une forêt naturellement fragmentée du Chaco humide argentin. Thèse Doct. Sci. Biol. Univ. Libre de Bruxelles, Belgique, 159 p.
- 271 - Tschinkel W. R. et Kwapich C. L., 2016 - The Florida Harvester Ant, *Pogonomyrmex badius*, Relies on Germination to Consume Large Seeds. *Plos One* 11(11).
- 272 - Turpeau E., Hulle M. et Chaubet B., 2012 - Encyclop'aphid, tout savoir sur les pucerons. *INRA Magazine*, 21, 31.
- 273 - USDA, 2008 - A Plants profil of *Pisum sativum* L. (garden pea). United States Department of Agriculture (USDA), Natural Ressources Conservation Service (NRCS). Plants Database.
- 274 - Vandermeer J. et Prfecto I., 1997 - The agroecosystem: a need for the conservation biologist's lerns. *Conservation Biology*, 11: 1-3.
- 275 - Vasconcelos H., Macedo A. et Vilhena J., 2003 - Influence of topography on the distribution of ground-dwelling ants in an Amazonian Forest. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 38: 115–124.
- 276 - Vences M, Thomas M., Bonett, R.M. et Vieites D., 2005 - Deciphering amphibian diversity through DNA barcoding: chances and challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B Biological Sciences*, 360 : 1859–1868.
- 277 - Vogler A.P. et Monaghan, M.T., 2007 - Recent advances in DNA taxonomy. *Journal Zoological Systematic Evolution Research*, 45 : 1-10.
- 278 - Ward P.S., 2007 - Phylogeny, classification, and species-level taxonomy of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa* 1668 : 549–63.
- 279 - Ward P.S., 2011- Integrating molecular phylogenetic results into ant taxonomy (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News* 15, 21-9.
- 280 - Wetterer J. K., 2011-Worldwide spread of the membraniferous dacetine ant, *Strumigenys membranifera* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 14 : 129–135.

- 281 - Wheeler Q.D., Raven, P.H. et Wilson, E.O., 2004** -Taxonomy : impediment or expedient Science, 303, 285.
- 282 - Wiens J.A. et Milne, B.T., 1989-** Scaling of ‘landscapes’ in landscape ecology, or, landscape ecology from a beetle’s perspective. Landscape Ecol. 3, 87–96.
- 283 - Williamson M., etFitter, A., 1996** -The varying success of invaders. Ecology, 77(6).
- 284 - Wilson E.O., 1971** – The insect societies. Ed. Harvard University Press Cambridge, Mass., 548p.
- 285 - Wilson, E.O. 2003** - The encyclopedia of Life. Trends in Ecology and Evolution, 18, 77– 80.
- 286 - Wilson, E.O. et Taylor R.W., 1967-** The ants of Polynesia (Hymenoptera : Formicidae). Pacific Ins. Mon. 14, 109 p.
- 287 - Withford W.G. et DiMarco R., 1995** - Variability in soils and vegetation associated with harvester ant (*Pogonomyrmex rugosus*) nests on a Chihuahuan Desert watershed. Biology and Fertility of soils 20, 169-173.
- 288 - Wood T.G. et Sands W.A., 1978** - The role of Termites in Ecosystems. In : M.V. Brian (Editor), "Production ecology of Ants and Termites". University Press, Cambridge : 68-73.
- 289 - Zhang D.X. et Hewitt G.M., 1997** - Assessment of the universality and utility of a set of conserved mitochondrial primers in insects. Insect Molecular. Biology, 6, 143–150.
- 290 - Zina V., 2008** - ‘Formigas (Hymenoptera, Formicidae) Associadas a Pomares de Citrinos na Regiaõ do Algarve’, Master’s thesis, Universidade Te´cnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisbon, Portugal.65 p.

Sites internet :

<http://antcat.org> - An online catalog of the ants of the world. **Bolton B., 2014** (Consulté : Septembre 2019).

http://www.acideformik.com/forums/index.php?act=calendar&cal_id=1&code=showday&y=2020&m=12&d=1 - **Acideformika.com, 2020.**

<http://www.antcat.org> - Bolton's Catalogue and Synopsis, Version 7. **Bolton B., 2018** (Consulté Juin 11 2019).

<https://earth.google.com/web/> - Google earth, 2020.

<https://www.antweb.org/> - **Antweb, 2020.**

<http://jymassenet-foret.fr/courspedologie.html> - Cour de pédologie : propriétés physiques du sol. **Massenet J., 2013.**

https://www.supagro.fr/resspepites/OrganismesduSol/co/2_Sousfamille.html

https://www.supagro.fr/resspepites/OrganismesduSol/co/2_Sousfamille.html

https://www.supagro.fr/resspepites/OrganismesduSol/co/2_Sousfamille.html

Annexe

Annexe 1 : Température et précipitation des régions d'étude

1- Région orientale de Mitidja

Tableau 1 : Températures mensuelles moyennes maximales et des minimales en 2016 et 2017 de la Mitidja

| Année 2016 | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Jui | Juit | Aot | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| Tm (C°) | 9,1 | 9 | 8,3 | 11,2 | 14,8 | 20 | 22,3 | 18 | 18,7 | 18,34 | 17,8 | 10,9 |
| TM (C°) | 19,5 | 19,9 | 18,6 | 22,9 | 24,7 | 30,3 | 34,9 | 35 | 29,3 | 28,42 | 28,3 | 18,1 |
| T°C Moy | 14,3 | 14,5 | 13,6 | 17 | 19,8 | 25,1 | 28,6 | 28,8 | 24 | 23,36 | 23,02 | 14,56 |
| Année 2017 | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Jui | Juit | Aot | Sep | Oct | Nov | Dec |
| m (C°) | 8,11 | 10,5 | 10,1 | 11,02 | 14,55 | 18,77 | 20,5 | 21,3 | 18,2 | 14,8 | 11,4 | 9,26 |
| M (C°) | 16,5 | 18,8 | 20,6 | 21,72 | 25,8 | 28,85 | 30,2 | 32,4 | 29,6 | 26,48 | 21,02 | 16,2 |
| Moy | 12,28 | 14,8 | 15,37 | 16,38 | 20,22 | 23,8 | 25,35 | 26,9 | 24,05 | 20,7 | 16,26 | 12 ;5 |

(O.N.M, 2017)

Tm : Températures minimales

TM : Températures maximales

T°C Moy : Températures moyennes

2- Région Bordj-bou-arréridj

Tableau 2 : Valeurs des températures moyennes mensuelles, minimales et maximales de la wilaya de Bordj-Bou-Arréridj en 2016

| Mois | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Jui | Juit | Aot | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| m (C°) | 4,1 | 3,8 | 4,8 | 9 | 11,9 | 15,7 | 18,9 | 18 | 15,1 | 13,5 | 6,8 | 4,7 |
| M (C°) | 14,3 | 14,3 | 15,71 | 22,7 | 26,6 | 32,9 | 36,9 | 35 | 29,7 | 26,2 | 16,4 | 13 |
| Moy | 9,6 | 9,5 | 11 | 17,2 | 21,1 | 26,9 | 30,6 | 28,8 | 23,7 | 20,9 | 12,6 | 9,5 |

(O.N.M, 2017)

Tableau 3 : Valeurs de Précipitations moyennes mensuelles de la région de BBA en 2016

| Mois | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Jui | Juit | Aot | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-----|
| P(mm) | 14,98 | 26,41 | 50,78 | 37,6 | 22,61 | 11,18 | 2,03 | 3,05 | 10,4 | 16,7 | 33,02 | 8,9 |

Annexe 2 : Inventaire de la faune de la région de Bordj Bou-Argeridj**1- Les Mammifères**

| Nom commun | Nom scientifique |
|------------------------------|------------------------------|
| Chacal commun | <i>Canis aureus</i> |
| Chat forestier /Chat sauvage | <i>Felis silvestris</i> |
| Genette | <i>Genetta genetta</i> |
| Gerboise | <i>Jaculus jaculus</i> |
| Hérisson | <i>Erinaceus europaeus</i> |
| Hyène rayée | <i>Hyaena hyaena</i> |
| Lapin de garenne | <i>Oryctolagus cuniculus</i> |
| Lièvre brun | <i>Lepus europaeus</i> |
| Porc- épic | <i>Hystrix cristata</i> |
| Renard roux | <i>Vulpes vulpes</i> |
| Sanglier | <i>Sus scrofa</i> |

2- Les Oiseaux

| Nom commun | Nom scientifique |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Acrobate roux | <i>Cercotrichas galactotes</i> |
| Aigle botté | <i>Hieraetus pennatus</i> |
| Aigle de bonelli | <i>Hieraetus fasciatus</i> |
| Aigrette garzette | <i>Egretta garzetta</i> |
| Alouette calandre | <i>Melanocorypha calandra</i> |
| Alouette calandrelle | <i>Calandrella brachydactyla</i> |
| Alouette des champs | <i>Alauda arvensis</i> |
| Alouette lulu | <i>Lullula arborea</i> |
| Alouette pipolette | <i>Calandrella rufescens</i> |
| Ammomane élégante | <i>Ammomanes cincturus,</i> |
| Ammomanes isabelline | <i>Ammomanes deserti</i> |
| Bec croisé des sapins | <i>Loxia curvirostra</i> |
| Bécasseau minute | <i>Calidris minuta</i> |
| Bécassine des marais | <i>Gallinago gallinago</i> |
| Bergeronnette des ruisseaux | <i>Motacilla cinerea</i> |
| Bergeronnette grise | <i>Motacilla alba</i> |
| Bergeronnette printanière | <i>Motacilla flava</i> |
| Bouscarle de cetti | <i>Cettia cetti</i> |
| Bruant fou | <i>Emberiza cia</i> |
| Bruant ortolan | <i>Emberiza hortulana</i> |
| Bruant zizi | <i>Emberiza cirlus</i> |
| Bulbules des jardins | <i>Pycnonotus babatus</i> |
| Buse féroce | <i>Buteo rufinus</i> |
| Canard colvert | <i>Anas platyrhynchos</i> |
| Chardonneret élégant | <i>Carduelis carduelis</i> |
| Chevalier guignette | <i>Actitis hypoleucos</i> |
| Chouette hulotte | <i>Strix aluco</i> |

| | |
|-----------------------|--------------------------------|
| Cigogne blanche | <i>Ciconia ciconia</i> |
| Cincla plongeur | <i>Cinclus cinclus</i> |
| Effraie des clochers | <i>Tyto alba</i> |
| Etourneau sansonnet | <i>Sturnus vulgaris</i> |
| Etourneau unicolore | <i>Sturnus unicolor</i> |
| Faucon crecerelle | <i>Falco tinnunculus</i> |
| Fauvette à lunettes | <i>Sylvia conspicillata</i> |
| Fauvette à tête noire | <i>Sylvia atricapilla</i> |
| Fauvette des jardins | <i>Sylvia borin</i> |
| Fauvette orphée | <i>Sylvia hortensis</i> |
| Fuligule milouin | <i>Aythya ferina</i> |
| Gobemouche à collier | <i>Ficedula albicollis</i> |
| Gobemouche noir | <i>Ficedula hypoleuca</i> |
| Goeland d'audouin | <i>Larus audouinii</i> |
| Gorgebleue à miroir | <i>Luscinia svescica</i> |
| Grand corbeau | <i>Corvus corax</i> |
| Grand cormoran | <i>Phalacrocorax carbo</i> |
| Grive mauvis | <i>Turdus iliacus</i> |
| Hirondelle de rivage | <i>Riparia riparia</i> |
| Hirondelle rustique | <i>Hirundo rustica</i> |
| Huppe fasciée | <i>Upupa epops</i> |
| Martinet noir | <i>Apus Apus</i> |
| Merle noir | <i>Turdus merula</i> |
| Mésange charbonnière | <i>Parus major</i> |
| Milan noir | <i>Milvus migrans</i> |
| Moineau domestique | <i>Passer domesticus</i> |
| Moineau espagnol | <i>Passer hispaniolensis</i> |
| Moineau soulcie | <i>Petronia petronia</i> |
| Perdrix gabra | <i>Alectoris barbara</i> |
| Pie grièche à tête | <i>Lanius senator</i> |
| Pigeon biset | <i>Columba livia</i> |
| Pipit des arbres | <i>Anthus trivialis</i> |
| Pipit farlouse | <i>Anthus pratensis</i> |
| Pipit spioncelle | <i>Anthus spinoletta</i> |
| Tadorne casarca | <i>Tadorna ferruginea</i> |
| Tarier pâtre | <i>Saxicola torquata</i> |
| Tourterelle des bois | <i>Streptopelia turtur</i> |
| Tourterelle turque | <i>Streptopelia decaocto</i> |
| Traquet du désert | <i>Oenanthe deserti</i> |
| Traquet oreillard | <i>Oenanthe hispanica</i> |
| Traquet rieur | <i>Oenanthe leucura</i> |
| Troglodyte mignon | <i>Troglodytes troglodytes</i> |
| Verdier d'Europe | <i>Carduelis chloris</i> |

3- Les poissons

| Nom commun | Nom scientifique |
|-----------------------|--------------------------------|
| Carpe à grande bouche | <i>Aristichtys nobilis</i> |
| Carpe herbivore | <i>Otenopharyngodon idella</i> |
| Carpe royale | <i>Cyprinus carpio</i> |

Annexe 3 : Les critères d'identification des cochenilles

❖ Les critères d'identifications de cochenilles Diaspines

➤ **Le bouclier** : est formé de trois enveloppes superposées, correspondant aux dépouilles larvaire, nymphales et à la sécrétion de l'adulte sous laquelle l'insecte se trouve complètement abrité (Ballachowsky, 1937 ; Bonnemaïson, 1962). Le bouclier par sa forme, sa couleur et sa taille offre la possibilité d'une reconnaissance macroscopique rapide des espèces de cochenilles trouvées.

➤ **Le pygidium** est formé par la fusion des quatre derniers segments abdominaux de la femelle. La détermination des espèces est basée sur l'observation du pygidium et nécessite pour cela un montage des femelles en préparation microscopique (Eric, 1987). Il est nettement différencié, on y trouve la vulve sur la face ventrale, l'anus sur la face dorsale et une ornementation particulièrement importante qui doit faire l'objet d'examens attentifs quant à la forme, le nombre et la disposition des palettes, des peignes, des glandes circumgénitales et des apophyses paragénitales (Bovey *et al.*, 1972).

Annexe 4 : Les modes opératoires des analyses physico-chimiques du sol

1 - Mesure du pH

La mesure de pH permet de caractériser la réaction du sol. La réaction du sol traduit l'état d'acidité ou d'alcalinité du sol. Quand on détermine la réaction du sol en mesurant le PH de la solution, c'est l'acidité que l'on détermine. Selon que la valeur de l'acidité sera forte ou faible, la réaction du sol sera acide ou alcaline.

Selon Coineau, (1974) le degré de l'acidité est l'un des facteurs abiotiques qui influe sur la faune du sol.

Mode opératoire

- Peser 20g de terre tamisée à 2mm et les introduire dans un bêcher de 100ml
- Ajouter 50ml d'eau distillée dégazée (bouillie pendant 30 minutes)
- Agiter la suspension à la main et laisser refroidir, mesurer le PH en plongeant l'électrode dans la suspension
- Lire la valeur quand la lecture s'est stabilisée

Remarque : après chaque mesure, l'électrode doit être rincée à l'eau distillée.

2-La conductivité électrique

La conductivité électrique du sol par l'eau est utilisée comme un diagnostic de la salinité des sols ainsi que pour le classement d'aptitude des eaux pour l'irrigation.

Mode opératoire

- Peser 10g du sol tamisé à 2mm et l'introduire dans un bêcher de 100ml
- Ajouter 50ml d'eau distillée
- Agiter la suspension et laisser à reposer
- Mesurer la conductivité avec le conductimètre

3- Dosage du calcaire total

Le calcaire total est défini comme étant la totalité du calcaire dosé par destruction à l'HCL. Il est réalisé par la méthode du calcimètre de Bernard.

Le principe de dosage du calcaire est basé sur la mesure de CO₂ dégagé du calcaire (CaCO₃) se trouvant dans 0.5g de terre neutralisée par l'acide chlorhydrique (HCL). Le

dispositif réactionnel est appelé calcimètre de Bernard ou procédé gazométrique, il est composé d'une burette pour la mesure du volume du CO₂ dégagé, d'un tube à essai pour le HCL et d'un erlenmeyer contenant le sol.

Le taux du calcaire est donné par la formule suivante :

$$\% \text{ CACO}_3 = 0.3 \cdot v \cdot 100 / V \cdot P$$

V : Volume en ml de CO₂ dégagé par 0.3g de CACO₃ pur

v : Volume moyen en ml de CO₂ dégagé par l'échantillon

P : Prise d'essai en g

L'interprétation des résultats peut se baser sur la proposition suivante :

| <i>Teneurs en calcaire total</i> | <i>Caractère</i> |
|----------------------------------|-------------------------|
| < 1% | non calcaire |
| 1à5% | peu calcaire |
| 5à25% | modérément calcaire |
| 25à50% | fortement calcaire |
| 50à80% | très fortement calcaire |

4. Le dosage du carbone organique

Le principe : le principe est basé sur la combustion humide des composés organiques à l'aide d'un mélange de bichromate de potassium et d'acide sulfurique à une température de l'ordre de 125°C. Après la réaction de combustion humide, le bichromate de potassium résiduel est titré en retour à l'aide d'une solution de sel de Mohr

Mode opératoire

- Peser 0.2g de terre séchée (dans le cas des échantillons riches en matière organique, contenant plus de 2.5% de carbone, réduire la prise de terre à 0.1g).
- Introduire la prise d'essai dans un ballon à col large de 500ml.
- Ajouter 10ml de la solution de bichromate de potassium. Préparer un témoin (sans échantillon de terre pour valider la normalité de la solution de sulfate de fer).
- Ajouter 15ml d'acide sulfurique mesuré à l'aide d'une éprouvette ; agiter le ballon et le mettre dans une plaque chauffante jusqu'à ébullition, ensuite on compte à partir de la première goutte de condensation. Laisser refroidir

- Transférer la solution dans une fiole de 200ml en ajoutant l'eau distillée
- Prélever à l'aide d'une éprouvette 20ml de contenu et le traverser dans un erlenmeyer de 250ml
- Diluer avec 100ml d'eau distillée
- Ajouter une pincée de fluorure de sodium en poudre et 5 à 6 gouttes de diphénylamine
- Titrer avec la solution de Mohr 0.2N. Lorsque la couleur commence à changer du brun vers le pourpre ou le bleu-violet, ralentir la titration. Le virage est obtenu lorsque la couleur vire vers le vert.

La teneur en carbone du sol s'obtient ainsi :

$$\%C.O = (N-n)/p*0.615$$

N : Le volume de sel de Mohr utilisé pour le titrage de témoin

n : Le volume de sel de Mohr utilisé pour le titrage de l'échantillon

p : Le poids de l'échantillon en gramme

$$\%MO = \% \text{ de CO} * 1.72$$

5. Le dosage du phosphore

Le phosphore joue un rôle important dans la croissance des racines, la production ; la floraison et le mûrissement des fruits.

Pour la détermination du phosphore il existe plusieurs méthodes, parmi ces méthodes on a utilisée

5.1. L'extraction du phosphore assimilable

- Peser 5g de terre et les places dans une fiole de 200ml
- Ajouter 100ml de la solution d'extraction (NaHCO₃, 0.5N)
- Ajouter une pincée de charbon actif
- Agiter pendant 30mn et filtrer toute la suspension sur papier à filtration lente.

5.2. Dosage par colorimétrie

- Prélever 5ml du filtrat et ajouter 3ml du réactif CSM (chloro-sulfo-molibidique)

Et laisser le CO₂ dégager

- Ajouter 2 ml d'acide ascorbique, puis chauffer au bain marie pendant 5 mn jusqu'au le développement d'une couleur bleue
- Passer au colorimètre pour effectuer une lecture de la densité optique

- Passer également la gamme étalon pour le calcul de coefficient de lecture (C)

Le phosphore assimilable dosé est exprimé sous la forme de P₂O₅ en ppm

La formule de calcul est la suivante :

$$\mathbf{P2O5ppm= X/1000*U/v*V/P*1000}$$

X: Concentration obtenue fonction du coefficient de lecture

U: Volume colorimétrique (25ml)

v: Volume de la prise d'essai (5ml)

V : Volume de la solution d'extraction (100ml)

P : Poids de la prise d'essai de terre

6- Capacité d'échange cationique

La capacité d'échange cationique exprime l'aptitude d'un matériau à retenir les cations sous forme échangeable. C'est une propriété des sols à la fois utile et intéressante.

Mode opératoire

- Peser 5g de sol dans des tubes à centrifuger de 50ml
- Ajouter 33ml de solution d'acétate de sodium (82g/l), agiter pendant 15mn
- Centrifuger 15mn et éliminer le surnageant
- Répéter trois fois l'opération avec d'acétate de sodium
- Lavage du sol par l'alcool (éthanol absolute) avec 33ml de solution d'alcool
- Agiter et centrifuger pendant 15mn
- Répéter cette opération deux fois
- Reprendre l'échantillon par 33ml d'acétate d'ammonium, remettre le sol en suspension puis laisser en contact (agiter 15mn)
- Centrifuger 15mn et récupérer la solution limpide dans une fiole jaugée de 100ml, répéter l'opération trois fois.
- Passer au spectrophotomètre pour effectuer une lecture de la densité optique

$$\mathbf{CEC= L/C*B*D*100/P*1000}$$

7. Dosage de l'azote total : Méthode de Kjeldahl

Principe

Dans un sol, l'azote peut se trouver sous forme minérale et organique. Pour obtenir tout l'azote dans une même forme minérale ; il faut détruire les composés organiques. On effectue pour cela une minéralisation. L'azote est ensuite dosé par dosage acide-base.

7.1. Minéralisation

La minéralisation est effectuée à l'aide d'un excès d'acide sulfurique concentré et chaud, en présence d'un mélange de catalyseurs (K_2SO_4 et $CuSO_4$).

introduire 1g de terre fine tamisée à 0.2mm dans un matras de Kjeldahl.

- Ajouter environ 1ml d'eau distillée
- Ajouter 10ml d' H_2SO_4 concentré, homogénéisé
- Ajouter une pincée du catalyseur et porter à la rampe d'attaque

7.2. Distillation et dosage de l'azote total

Déplacement du NH_4^+ en NH_3 et isolement de l'ammoniac (NH_3)

Pour transformer les ions ammonium du minéralisat en ammoniac, on doit alcaliniser le minéralisat ; pour cela on utilise un large excès de base forte : la lessive de soude NaOH. Le minéralisat est ainsi tout d'abord neutralisé puis alcalinisé.

Recueillir dans une fiole jaugée de 250ml le contenu du matras; ajuster avec les eaux de rinçage.

Dans un matras à distiller :

- Prélever 25ml de la solution et 25ml de lessive de soude NaOH

7.3. Distillation et dosage

NH_3 se dégage sous forme de vapeurs que l'on capte, que l'on recueille pour le dosage. L'ammoniac est recueilli dans une solution d'acide borique (H_3BO_3). L'acide borique sert simplement de pièger à ammoniac

- Dans un erlenmeyer, introduire 10ml d'acide borique
- Ajouter quelques gouttes de l'indicateur coloré (rouge de méthyle)

La troisième étape est le titrage de l'ammoniac par de l'acide sulfurique

$$N\% = (A - B) \times N \times 14.007 \times 100 / P \text{ mg}$$

A: Quantité de l'acide sulfurique nécessaire pour le titrage de l'échantillon (ml)

B: Quantité de l'acide sulfurique nécessaire pour le titrage du témoin (ml)

N: Normalité de l'acide sulfurique

P: Prise d'essai (mg)

8. Analyse granulométrique

Cette analyse a été effectuée selon la technique Rouiller, 1994. L'analyse granulométrique du sol ou encore appelée analyse mécanique, consiste à classer les éléments du sol d'après leur grosseur et à déterminer le pourcentage de chaque fraction (sable, limon, argile).

L'analyse granulométrique a pour but de définir la texture d'un sol, c'est-à-dire le pourcentage de divers constituants et par là d'expliquer les propriétés physiques de ce sol, son comportement vis-à-vis de l'eau, de l'air et des racines et d'évaluer sa stabilité structurale (résistance aux agents de dégradations). On utilise pour cette analyse de la terre fine obtenue par tamisage au tamis à maille 2mm, on élimine la matière organique par un oxydant énergétique (H_2O_2), la durée d'exposition dépend de la teneur en matière organique (24h à 48h).

Les particules minérales sont ensuite dispersées à l'aide d'un dispersant alcalin (hexametaphosphate de sodium). Les particules grossières de diamètre supérieur à 50 μ m sont séparées par tamisage, les particules moyennes et fines sont obtenues par la mesure de la vitesse de sédimentation. D'après le triangle de texture, on définit la texture de notre sol.

Exotic ants from the Maghreb (Hymenoptera, Formicidae) with first report of the hairy alien ant *Nylanderia jaegerskioeldi* (Mayr) in Algeria

N. Oussalah, F. Marniche, X. Espadaler, M. Biche

Oussalah, N., Marniche, F., Espadaler, X., Biche M., 2019. Exotic ants from the Maghreb (Hymenoptera, Formicidae) with first report of the Hairy Alien Ant *Nylanderia jaegerskioeldi* (Mayr) in Algeria. *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 17: 45–58, Doi: <https://doi.org/10.32800/amz.2019.17.0045>

Abstract

Exotic ants from the Maghreb (Hymenoptera, Formicidae) with first report of the Hairy Alien Ant Nylanderia jaegerskioeldi (Mayr) in Algeria.— We compiled 16 exotic ant species found in the Maghreb in wild ecosystems, gardens and urban areas. Five of these introduced species are considered major ecological and agricultural household pest species that have become established above all in Morocco. During our investigation in a citrus orchard of ITMAS Heuraoua, Algiers, we detected two exotic ants, *Nylanderia jaegerskioeldi* (Mayr, 1904) and *Strumigenys membranifera* Emery, 1869, plus nine native ant species. The Formicinae ant *N. jaegerskioeldi* is recorded for the first time in Algeria, taking the number of exotic ants in the country to 11. This is the fourth known record in North Africa. A brief comparison between the exotic ant fauna of Algeria, Morocco, Tunisia and neighboring countries highlights the need to improve the limited knowledge of ants in North Africa.

Data published through GBIF (Doi: <https://doi.org/10.32800/amz.2019.17.0045>)

Key words: Tramp ants, Maghreb, *Nylanderia jaegerskioeldi*, Queen

Resumen

Hormigas exóticas del Magreb (Hymenoptera, Formicidae) con primer registro de la hormiga velluda alóctona Nylanderia jaegerskioeldi (Mayr) en Argelia. Documentamos 16 especies exóticas de hormigas distribuidas en ecosistemas naturales, jardines y áreas urbanas del Magreb. Cinco de las especies introducidas y establecidas constituyen plagas importantes desde los puntos de vista ecológico, agrícola y doméstico, especialmente en Marruecos. Durante nuestra investigación en una huerta de cítricos de ITMAS Heuraoua, Argel, registramos dos hormigas exóticas, *Nylanderia jaegerskioeldi* (Mayr, 1904) y *Strumigenys membranifera* Emery, 1869, así como nueve especies de hormigas autóctonas. La hormiga *N. jaegerskioeldi*, de la subfamilia Formicinae, fue registrada por primera vez en Argelia, lo que eleva a 11 el número de hormigas exóticas presentes en el país. Este es el cuarto registro conocido en el Norte de África. Una breve comparación entre la fauna de hormigas exóticas de Argelia, Marruecos, Túnez y países vecinos pone de relieve la necesidad de mejorar el limitado conocimiento sobre las hormigas en el Norte de África.

Datos publicados en GBIF (Doi:)

Palabras clave: Trampas para hormigas, Magreb, *Nylanderia jaegerskioeldi*, Reina

Resum

Formigues exòtiques del Magrib (Hymenoptera, Formicidae) amb primer registre de la formiga peluda al·lòctona Nylanderia jaegerskioeldi (Mayr) a Algèria. Documentem 16 espècies exòtiques de formigues distribuïdes en ecosistemes naturals, jardins i àrees urbanes del Magrib. Cinc de les espècies introduïdes i establertes constitueixen plagues importants des dels punts de vista ecològic, agrícola i domèstic, especialment al Marroc. Durant la nostra recerca en una horta de cítrics d'ITMAS Heuraoua, Alger, vam registrar dues formigues exòtiques, *Nylanderia jaegerskioeldi* (Mayr, 1904) i *Strumigenys membranifera* Emery, 1869, així com nou espècies de formigues autòctones. La formiga *N. jaegerskioeldi*, de la subfamília Formicinae, va ser registrada per primera vegada a Algèria, cosa que eleva fins a 11 el nombre de formigues exòtiques presents al país. Aquest és el quart registre conegut al Nord d'Àfrica. Una breu comparació entre la fauna de formigues exòtiques d'Algèria, el Marroc, Tunísia i els països veïns posa en relleu la necessitat de millorar el limitat coneixement sobre les formigues al Nord d'Àfrica.

Dades publicades a GBIF (Doi:)

Paraules clau: Paranys per a formigues, Magrib, *Nylanderia jaegerskioeldi*, Reina

Received: 26/02/19; Conditional acceptance: 04/04/19; Final acceptance: 14/05/19

N. Oussalah, M. Biche, Higher National Agronomic School Algiers, El Harrach Alger, Algeria.– F. Marniche, Higher National Veterinary School Algiers El–Harrach, El–Harrach Alger, Algeria; X. Espadaler, CREA, Autonomous University of Barcelona, Cerdanyola del Vallés, Spain.

Corresponding author: N. Oussalah, Higher National Agronomic School Algiers El–Harrach, 12 Av. Hassen Badi El Harrach Alger, Algeria. E–mail: oussalahlavende@yahoo.fr

Introduction

A large number of plant and animal species have been transferred to new locations either deliberately (e.g. for food, medicine, landscaping, or as pets) or unintentionally (e.g. in ballast water, via potted plants, top soil, or redwood) (Vitousek et al., 1997). We refer to such organisms that have completed the first step of the introduction process (i.e., initial 'dispersal') as non–native, alien, or exotic species. Ants are no exception, and most regions of the world are now known to harbor at least a few non–native species. Of the approximately 14,000 described species of ants (<http://www.antcat.org/>), over 200 have established populations outside their known native range and even more species have been detected but not established (Sarnat et al., 2016).

Many established non–native species (i.e. species that have completed the second step of the dispersal process or 'exotic established species' in Wittenborn and Jeschke (2011)) possess invasive attributes and constitute a major part of the global environmental change. Such species have the potential to spread, often considerably, after establishment and can affect native ecosystems, causing devastating ecological consequences (e.g. Mack et al., 2000; Mooney and Hobbs, 2000; Pimentel et al., 2005).

Along the destruction of native habitat, the impact of exotic species is considered one of the two major ongoing causes leading to the decline and extinction of species (Wilson, 1992). Several ant species are known to have major ecological impacts in exotic locales (Hölldobler and Wilson, 1990; Williams, 1994). When these species invade, they commonly

undergo enormous population explosions and come to dominate widespread areas. Ants are one of the most resourceful invaders (Samways, 2007). At least 150 species of ants have been recorded as invasive taxa introduced through human activities, mainly through commerce (McGlynn, 1999), and substantially affecting ecosystems in many countries (Samways, 2007), usually by directly competing with native and endemic species (Blight, 2014).

Invasive exotic species, including ants, cause extirpation of native plants and animals (Erickson, 1971; Holmes and Cowling, 1997; Way et al., 1997), alter relationships among them (Mooney and Drake, 1986; Williamson, 1996) and interrupt ecosystem processes (Vitousek, 1986). Identifying and describing patterns of invasion of non-native species can be crucial to efforts aiming to stop and eradicate these species (Bergelson et al., 1993). For example, identifying the role of disturbance in exotic species' establishment and spread will inform management strategies, while revealing relationships of the invader with the abiotic environment and with biotic communities may aid in setting containment and eradication goals. Since invasive species can have cascading trophic effects throughout communities (Allen et al., 1994; Suarez et al., 2000; Christian, 2001), predicting areas of potential spread by invaders and understanding the possible effects should help mitigate their consequences.

According to Trager (1984), Formicinae ants of the genus *Paratrechina* (now split into *Nylanderia*, *Parapatrechina* and *Paratrechina* by LaPolla et al., 2010) are common members of almost all continental ant faunas where suitable habitats can be found. The genus *Nylanderia* Emery includes 110 species and 27 subspecies (Antweb, 2018), with greatest diversity in tropical Asia and Australia. It is absent from most of Europe and from desert regions in other continents. About 14 indigenous species and three introduced species are known from tropical Africa (LaPolla et al., 2011) but the Afrotropical *Nylanderia* fauna remains poorly known. *Nylanderia* species are found throughout the continent of Africa, with the majority of species being from the equatorial rainforests. *Paratrechina* species have been cited as exhibiting a great propensity for successful invasions (Wilson and Taylor, 1967; Trager, 1984; Zenner–Polania, 1994; Passera, 1994; Fellowes, 1999; Freitag et al., 2000; Wetterer, 2007; Wetterer and Keularts, 2008).

In this paper we comment on the present understanding of non-native ants (= alien, exotic, introduced, transferred species) in Maghreb (Algeria, Morocco, Tunisia). The ant fauna of Maghreb is still poorly known and knowledge of exotic ants is scant. Here we report the exotic ants of Maghreb including one non-native ant species, *Nylanderia jaeegerskioeldi* (Mayr, 1904), for the first time in Algeria. A second tramp species, *Strumigenys membranifera* Emery, 1869 was also recorded, this being the second record for Algeria. It is a minute dacetine predator and has been successfully distributed worldwide through commerce and human activities (Wetterer, 2011). Originally a Pantropical species, it now is found outside the tropics (Bolton, 2000). The species has successfully established in a wide range of habitats including forests, cultivated fields, pastures, and even manicured gardens and lawns (Deyrup, 1997).

Material and methods

We attempted to document all ant species ever collected in Maghreb, based on published accounts, the FORMIS database and examination of <http://www.antweb.org>, and established the percentage of exotics within the total number of known ant species. In addition, sampling was performed in agricultural ecosystem and urban area in two locations of Algiers (Algeria): the first at the Institute of Technology on Specialized Agriculture (ITMAS Heuraoua) in a citrus orchard and the second at the High National Veterinary School (ENSV El-Harrach). The study site of ITMAS Hueraoua is located in the East area of Sahel-Mitidja, 30 km from the centre of Algiers; and bordered to the north by the Algerian Sahel, to the east by Lake Reghaia, to the west by Ain-Taya and Rouïba finally to the south by the commune of Rouïba. This station has geographical coordinates of 3° 19' 00" E and 36° 46' 60" N; elevation



Fig. 1. General view of the citrus grove sampling site for ITMAS Heuraoua (Algiers, Algeria).

Fig. 1. Vista general del punto de muestreo con algunos cítricos situado en ITMAS Heuraoua (Argel, Argelia).

42 m. The soil type is fine sandy clay and slightly basic. The local climate is subhumid temperate (Bounab, 2009). It occupies a total area of 31.6 ha of which market gardening is the most dominant followed by arboriculture and cereal crops, forage and cultivation under plastic. The agricultural area is estimated at 17.25 ha, with four ha being citrus established for 60 years with around 180 trees (*Citrus sinensis*) with four varieties. For our study we chose the variety Washington Navel (fig. 1). The trees were watered regularly during dry periods. Diverse adventive plants in association with citrus trees were scored, for example: oxalis Bermuda Buttercup (*Oxalis cernua* Thunb.), Bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) and *Solanum* sp. The second study site of ENSV is located in El Alia–Oued Smar 14 km east of Algiers at the same time it is a part of Mitidja and Algerian Sahel where the urban area occupies a very small portion place around 10 m² of surface. This station has geographical coordinates of 36° 42' 13" N and 3° 10' 20" E; elevation 52 m.

Sampling was carried out at ITMAS Heuraoua on a monthly basis from January 2016 to October 2017. Standard pitfall traps consisted of a 10.4 cm diameter metal container placed with its top at the same level as the surrounding ground, and holding a solution of water plus a drop of liquid detergent to break the surface tension. Ten traps were placed under the trees in single line also, separated by almost 5 m. They were left for 48 hours before being gathered and emptied of their contents. This is a well-known method (e.g. Hernández–Ruiz and Castaño–Meneses, 2006; Berville et al., 2015). On November 2018 at ENSV El–Harrach, we intentionally collected the ants directly to survey exotic species inside the building.

Ant samples were sorted to species level based on morphological characters. The specimens were studied under a Leica stereomicroscope and all except *N. jaegerskioeldi* were identified by M. F. using available keys (Cagniant, 1996, 1997, 2009). Digital images were prepared using Keyance digital with 4x microscope objective. Voucher specimens are kept at the Higher National Agronomic School Algiers.

Results

Data (table 1) show that the set of exotic ants in Maghreb are in number fourteen species and belong to 11 genera. Subsequently, two additional species have been added to the list

Table 1. First reports of exotic ant species in Algeria, Tunisia, and Morocco (North Africa).

Tabla 1. Primeros registros de especies exóticas de hormigas en Argelia, Túnez y Marruecos (Norte de África).



| Species | Algeria | Tunisia | Morocco | Putative native range |
|---|--|--|--|---|
| <i>Cardiocondyla emeryi</i> | | | 1992 (Seifert, 2003) | Africa (Wetterer, 2012) |
| <i>Hypoponera punctatissima</i> | | Santschi (1923) | Santschi (1921) | Africa and Europe (Bolton and Fisher, 2011) |
| <i>Linepithema humile</i> | 1923 (Frisque, 1935) and Barech et al. (2015) | ≤ 2005 (Wetterer et al., 2009) | ≤ 1964 (Taheri and Reyes–Lopez, 2015) | subtropical South America (Wetterer, 2009) |
| <i>Lioponera longitarsus</i> | Barech et al. (2017) in olive grove Nouara M'sila | Santschi (1910) as <i>L. noctambula</i> | Guillem et al. (2012) as Cerapachys | South–East Asia (Antmaps.org, accessed on 17 Feb 2019) |
| <i>Monomorium pharaonis</i> | 1862 (Roger, 1862) noted by Bernard (1967) | ≤ 1940 (F. Santschi, MCZ) in Wetterer (2010) | ≤ 1962 (Cagniant, 1962) Taheri et al., 2018) | Tropical Asia (Wetterer, 2010) |
| <i>Nylanderia jaegerskioeldi</i> | ITMAS Heuraoua, citrus grove Algiers new record ENSV Harrach Algiers new record | | Taheri et al. (2017) in Tangier | Afrotropical (LaPolla et al., 2011) |
| <i>Paratrechina longicornis</i> | Cagniant (1970) | | Taheri et al. (2010) | Indomalayan (Wetterer, 2015) |
| <i>Pheidole indica</i> (= <i>P. teneriffana</i>) | | 1908 (Santschi, 1908) | 1992 (Delabie, 2007) | Indo–Malayan (Sarnat et al., 2015) |
| <i>Pheidole megacephala</i> | ≤ 1883 (André, 1883) | 1889 () in Wetterer (2012) | ≤ 1888 (Saunders, 1888) in Wetterer (2012), | Afrotropical (Sarnat et al., 2015; Taheri et al., 2011) |
| <i>Strumigenys membranifera</i> | Chemala et al. (2017) in Aïn Moussa, Ouargla, wild ecosystem | ≤ 1904 (Forel, 1904 as <i>S. membranifera santschii</i>) | Taheri et al. (2017) in Marrakesh | Afrotropical (Wetterer, 2015) |
| <i>Tetramorium bicarinatum</i> | Bernard (1960), as <i>T. guineense</i> | < 1965 (Bernard, 1965 as <i>T. guineense</i>) | < 1962 (Cagniant, 1962 as <i>T. guineense</i>) | S. E. Asian (Wetterer, 2009b) |
| <i>Tetramorium caldarium</i> | | | 1993 (Cagniant and Espadaler, 1993) | Afrotropical (Wetterer, 2015) |
| <i>Tetramorium lanuginosum</i> | Barech et al. (2011) in INA Algiers, irrigated garden | ≤ 1890 (Emery, 1891 as <i>T. striatidens</i>) | Taheri et al. (2017) in Marrakesh | Indomalayan (Wetterer, 2015) |
| <i>Trichomyrmex destructor</i> (= <i>Monomorium destructor</i>) | André (1883: 333; as <i>Monomorium gracillimum</i>) | ≤ 1908 (Emery, 1908 as <i>M. gracillimum</i>) | Figuig (Cagniant, 2009) | Palaeartic (Wetterer, 2015) |



Fig. 2–3. Worker of *Nylanderia jaegerskioeldi*: 2, body in lateral view (total length 3.9 mm); 3, head profile view (head length 0.6 mm).

Fig. 2–3. Obrera de la especie *Nylanderia jaegerskioeldi*: 2, vista lateral del cuerpo (longitud total: 3,9 mm); 3, vista del perfil de la cabeza (longitud de la cabeza: 0,6 mm).

as follows: Bernard (1967) 'Algeria' added *Tetramorium simillimum*; Bernard (1967) 'Algeria' Cagniant (2006) in Agadir and Marrakesh 'Morocco' added *Monomorium monomorium*.

It is debatable whether this last species is exotic or native; and due to taxonomic problems it remains unclear (Bolton, 1987). The tramp ants indicated above are, not unexpectedly, similarly present in the three countries of Maghreb. The exotic ant species component is approximately 5.9% in Morocco (Toheri et al., 2018), 4.35% in Algeria and 5.6% in Tunisia. In order to calculate those proportions regarding Algeria, Tunisia and Italy we used faunistic lists of online database by <http://www.antweb.org>, as having a total number of known ant species. In addition, we obtained the numbers of exotic ants from (table 1) and published papers.

One non-native ant species, *Nylanderia jaegerskioeldi*, is a new record for Algeria, collected at ITMAS Heuraoua Algiers, June 2017; three workers, one queen and at ENSV El Harrach Algiers on Nov 2018; two workers (fig. 2–5). *Strumigenys membranifera* is a second record for Algeria, July 2016; one queen. This brings the number of known exotic ants in Algeria to 11. The nest was not detected for either species. Other ant species regarded as native were found in the same flowerpot at ITMAS Heraoua: *Tetramorium semilaeve* (André, 1883); *Tapinoma nigerrimum* (Nylander, 1856); *Plagiolepis barbara pyrenaica* Emery, 1921; *Pheidole pallidula* (Nylander, 1849); *Tapinoma simrothi* Krausse, 1911; *Crematogaster scutellaris* (Olivier, 1792); *Aphaenogaster depilis* Santschi, 1911; *Cardiocondyla mauritanica* Forel, 1890; and *Cataglyphis viatica* (Fabricius, 1787). In the survey at the second site ENSV we collected a worker of the native *Tetramorium biskrense* Forel.



Fig. 4–5. Queen of *Nylanderia jaegerskioeldi*: 4, body in lateral view (total length 5.8 mm); 5, head in full face view (head length 0.79 mm).

Fig. 4–5. Reina de la especie *Nylanderia jaegerskioeldi*: 4, vista lateral del cuerpo (longitud total: 5,8 mm); 5, vista frontal completa de la cabeza (longitud de la cabeza: 0,79 mm).

Discussion

Wetterer (2015) considered 42 cosmopolitan ants are spreading, with multiple well-established populations and great population explosions causing serious ecological and economic problems in both the old and new world. Through human commerce, 12 of these species have become a major ecological, agricultural and/ or household pest species. However, to date, these invasive ant species have seemingly remained restricted to climates with warm winters and have not been able to penetrate any cold-temperate region, with the exception of a few species like *M. pharaonis* (Czechowski et al., 2002) and *T. melanocephalum* (Wetterer, 2009a), which inhabit heated premises in temperate Europe. Five of those exotic pest species have been documented recently in Maghreb, especially in Morocco: *Linepithema humile*, *Monomorium pharaonis*, *Paratrechina longicornis*, *Pheidole megacephala* and *Trichomyrmex destructor* (Taheri et al., 2018). In Algeria and Tunisia, on the contrary, it seems that the only pest species that has been recorded recently is *Linepithema humile*, reported by Barech et al. (2015) and Wetterer et al. (2009). *Linepithema humile* had been restricted to the lowlands, and almost exclusively to urban areas and, to a lesser extent, agricultural lands (Wetterer et al., 2007). Furthermore, the Argentine ant is an important ecological and

agricultural pest in areas with Mediterranean climates, including not only around much of the Mediterranean region, but also southern California, southern Africa, and southern Australia (Wetterer et al., 2009). It seems likely that the four remaining exotic pest species may occur in houses in both Algeria and Tunisia, but this has yet to be demonstrated.

The proportion of transferred ants from Maghreb represents roughly 5.3% of the myrmecofauna, a percentage rather similar to the 5% of exotic ant species in the Iberian Peninsula (Espadaler and Collingwood, 2001 updated) and 4.65% in Italy (Jucker et al., 2008). However, these are relatively small numbers in comparison to the much higher exotic ant component of several Atlantic archipelagos: 33% from the Canary Islands (Espadaler and Collingwood (2001) updated 57% for the Azores (Wetterer et al., 2004); 64% for Madeira (Wetterer et al., 2007). The rate at which ant species are added to the accurate list of the Maghreb exotic fauna would suggest that there remain more species to be discovered.

In Algeria, as in other countries with a warm climate, ants are abundant. They are found everywhere, in the forest, in open areas, along sides of permanent or temporal watercourses, in dry areas, on clay and on rocky habitats (Cagniant, 1973). Compared with other countries of North Africa, Cagniant (2006) indicated some 180 ant species known from both Algeria and Tunisia. Recently, Barech et al. (2016) added a checklist of 24 species belonging to 14 genera and four subfamilies (Dolichoderinae, Dorylinae, Formicinae and Myrmicinae) of the myrmecological fauna in a saline lake area. Morocco has some 237 ant species (Cagniant, 2009; Taheri et al., 2010; Taheri and Reyes-López, 2011, 2015; Guillem et al., 2012, 2015; Taheri et al., 2018).

According to Miravete et al. (2013) regions in similar latitudes or in the same biogeographic realm are more likely to have similar climates and habitats which might increase the odds of the success of introduced species. Morocco has a rich ant fauna, and 14 (5.9%) of the species are actually widespread tramp ants considered as non-native: *Cardiocondyla emeryi* Forel, *Hypoponera punctatissima* (Roger), *Linepithema humile* (Mayr), *Lioponera longitarsus* (Mayr), *Monomorium pharaonis* (Linnaeus), *Nylanderia jaegerskioeldi* (Mayr), *Paratrechina longicornis* (Latreille), *Pheidole megacephala* (Fabricius), *Pheidole indica* (Mayr), *Strumigenys membranifera* (Emery), *Tetramorium bicarinatum* (Nylander), *Tetramorium caldarium* (Roger) *Tetramorium lanuginosum* (Mayr), *Trichomyrmex destructor* (Jerdon) (Taheri et al., 2018). Eleven genera and most of their species have been recorded outside of their native habitat in the three countries and according to Andersen (1997) and Bestelmeyer and Wiens (1996), they belong to the functional groups including cryptics (e.g. *Hypoponera punctatissima*), opportunists (e.g. *Paratrechina longicornis*, *Nylanderia jaegerskioeldi*) and generalized Myrmicine (e.g. *Pheidole megacephala*). From the alien species encountered in Algeria and Tunisia (see table 1), we conclude that the three countries have eight non-native species in common.

Maghreb countries are not immune to the invasion of pest or tramp ants. Even though climate change and an array of anthropogenic factors could have an impact on the ant fauna it is hard to speculate further.

In neighboring countries, some of these pest or tramp ants are known, such as the two notorious invasive ants, the big-headed ant (*Pheidole megacephala*) and the Argentine ant (*Linepithema humile*). Both are also known from Madeira, where they respectively underwent population explosions in the 1850s and 1890s. Researchers have long assumed that these invaders spread across all of Madeira and exterminated most or all native ants, although no research has documented such impact (Wetterer, 2006). In a companion study, Wetterer et al. (2007) concluded that *P. megacephala* and *L. humile* probably never spread beyond coastal lowland areas, which make up < 10% of Madeira's land area. In 2002, Wetterer et al. (2006) found that native ants dominated most of Madeira; *P. megacephala* and *L. humile* were restricted to ~0.3% and ~6% of Madeira's land area, respectively. The Argentine ant, after having invaded Madeira, would quickly make its appearance on the European continent. In fact, after the records of *L. humile* in Madeira, starting before 1858, the next

earliest exotic records all come from mainland Portugal (1890–96: Schmitz, 1897; Coutinho, 1929), suggesting that *L. humile* may have spread from South America to southern Europe (and perhaps to other parts of the world) via Madeira and then Portugal (see Wetterer and Wetterer, 2006). Besides this, the presence of other invasive species such as *Paratrechina longicornis* (Latreille, 1802) has been described as potentially threatening in the Canarian archipelago (Espadaler and Bernal, 2003). More research is needed to analyse not only where various invasive species may be able to become established based on climatic requirements, but also their potential long-term impact, which may be either catastrophic (e.g. in Hawaii and Bermuda) or minimal (e.g. in the Azores and Madeira).

As result of our investigation, two exotic species were collected at ITMAS Heuraoua Algiers: *Nylanderia jaegerskioeldi* and *Strumigenys membranifera*. This increases the number of non-native ants reported in Algeria to 11 species (about 4.35% of Algerian myrmecofauna). Both species are already known from Morocco (Taheri et al., 2017). In Tunisia the list of known exotic ants to date is just ten (5.6%), including the inconspicuous species *Strumigenys membranifera* which was discovered by Forel (1904; as *S. membranifera santschii*). In our study, the ants were restricted to anthropogenic-disturbed localities and confined to a small portion of a citrus grove. *Nylanderia jaegerskioeldi* in the Canary Islands was quite abundant in flowerpots at Puerto de la Cruz (Espadaler and Bernal, 2003). Exotic ants have been found to exhibit preferences towards disturbed habitats, with their relative abundance and activity being related to the degree of disturbance and the amount of exotic vegetation (Tschinkel, 1988; Suarez et al., 1998; King and Tschinkel, 2006).

LaPolla et al. (2011) considered *N. jaegerskioeldi* as native to the Afrotropics and reported that it is "found across equatorial Africa, northward through North Africa, to as far west as the Canary Islands". In North Africa, *N. jaegerskioeldi* is known from Egypt (Emery, 1910) and Libya (Menozi, 1934). Outside Africa, there are widespread records of *N. jaegerskioeldi* from the eastern Mediterranean and the Middle East, including Cyprus (Emery, 1910), Greece (Collingwood, 1993), Iraq (Abdul-Rassoul et al., 1978), Israel (Menozi, 1933), Lebanon (Kugler, 1988), Oman (Collingwood, 1988), Saudi Arabia (Collingwood, 1985), Syria (Emery, 1910), and the United Arab Emirates (Collingwood et al., 1997). It is considered a common pest in the houses in the Arab Emirates (Collingwood et al., 1997), where it seems to seek damp and humid places (bathrooms and kitchens). It is considered a recently arrived exotic species in southern Spain (Espadaler and Collingwood, 2001; Reyes-López et al., 2008), the Balearic Islands (Gómez and Espadaler, 2006), and Madeira (Wetterer et al., 2007). It might be possible to consider this species as a natural –non-exotic– component of the fauna. However, we feel it should be treated as exotic based on the following indirect evidence. First, the genus *Nylanderia*, with 110 species, 27 subspecies (Bolton, 2018), had never been recorded for Algeria. Second, the habitat in Algeria where we found it is heavily anthropized; in spite of the many published papers on agricultural fields in Algeria, we think that if it was a native species, it is highly unlikely that it would be present only in one agricultural grove.

According to Deyrup (1997), *Strumigenys membranifera* often occurs in disturbed open areas, such as lawns and pastures. A queen of this species was recently collected from the wild ecosystem of Ouargla region, Algeria (Chemala et al., 2017). Among the 873 dacetine species, only three species have achieved wide distributional ranges: *S. rogeri* Emery, 1890; *S. emmae* (Emery, 1890) and *S. membranifera*, see Bolton (1983). Though widespread, these minute dacetines are most inconspicuous (Chemala et al., 2017).

The exotic ants seem to be of lesser importance in relation to mainland Algeria, Tunisia and Morocco. This may indicate either i) comparatively better-preserved biotopes in mainland or ii) a higher resistance to establishment of exotic species in the Mediterranean mainland, probably because of the dry, harsher summer climate, or iii) a higher prevalence of exotics in the islands, a well-established fact (Simberloff, 1995). Exotic species tend to become established in regions with climatic conditions that are similar to their region of origin (Williamson, 1996). This is not to say that we should blandly accept the present state

of this issue in the Maghreb. Ants are often inconspicuous immigrants, and may remain unnoticed for many years after their arrival in an area. This is most likely the case with the recent finding of *N. jaegerskioidi* in Algeria. This species has been present in North Africa at least since the 1910s when it was first discovered in Egypt.

The occurrence of both *N. jaegerskioidi* and *S. membranifera* in Algeria does not seem at present to be of concern, though its effect on local fauna is still unexplored. It will be interesting to track the process of these species in Algeria to see whether they continue to spread and become a major long-term economic and ecological pest. Alternatively, they may become a minor pest, smoothly integrate with native species or disappear completely. More efforts are needed to reveal the presence of yet undiscovered species in Algeria and, by extension, the Maghreb.

Acknowledgements

This project would not have been possible without the kind support of O. Youcef, W. and T. Ikhlass for their help in collecting ants and companionship. The authors extend their sincere appreciation to the chief executive at the Higher National School of Agronomy for funding this research. We thank two referees for their careful revision, comments and corrections of a previous version.

References

- Abdul-Rassoul, M. S., Dawah H. A., Othman N. Y., 1978. Records of insect collection (Part I) in the Natural History Research Centre. Baghdad. *Bulletin of the Natural History Research Centre*, 7(2): 1–6.
- Allen, C. R., Demarais, S., Lutz, R. S., 1994. Red imported fire ant impact on wildlife: an overview. *Texas Journal of Science*: 465–469
- Andersen, A. N., 1997. Functional groups and patterns of organization on North American ant communities: a comparison with Australia. *J. Biogeogr.*, 24: 433–460.
- André, E., 1883. Species des Hyménoptères d'Europe et d'Algérie. Tome Deuxième. Beaune. Edmond André, P. 919–948.
- Antweb., 2018. Genus *Nylanderia* Emery, 1906. Taxonomic History (provided by Barry Bolton, 2019), <https://www.antweb.org/description.do?subfamily=formicinae&genus=nylanderia&rank=genus/> [Accessed on 11 April 2018].
- Barech, G., Khaldi, M., Doumandji, S., Espadaler, X., 2011. One more country in the worldwide spread of the woolly ant: *Tetramorium lanuginosum* in Algeria (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 14: 97–98.
- Barech, G., Rebbas, K., Khaldi, M., Doumandji, S., Espadaler, X., 2015. Redécouverte de la fourmi d'Argentine *Linepithema humile* (Hymenoptera: Formicidae) en Algérie: un fléau qui peut menacer la biodiversité. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 56: 269–272.
- Barech, G., Khaldi, M., Ziane, S., Doumandji, S., Sharaf, M., Espadaler, X., 2016. A first checklist and diversity of ants (Hymenoptera: Formicidae) of the saline dry lake Chott El Hodna in Algeria, a Ramsar Conservation Wetland. *African Entomology*, 24: 143–152, Doi:10.4001/003.024.0143
- Bergelson, J., Newman, J. A., Floresroux, E. M., 1993. Rates of weed spread in spatially heterogeneous environments. *Ecology*, 74: 999–1011.
- Bernard, F., 1953. *Les fourmis du Tassili des Ajjer (Sahara Central)*. Institut de Recherches Sahariennes de l'Université d'Alger, Mission Scientifique au Tassili des Ajjer (1949), part I Recherches zoologiques et médicale. Paris, Paul Lechevalier.

- 1960. Notes écologiques sur diverses fourmis Sahariennes. *Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes*, 19: 51–63.
- 1967. *Faune de l'Europe et du Bassin Méditerranéen. 3. Les Fourmis (Hymenoptera : Formicidae) Europe occidentale et septentrionale*. Paris, Masson.
- Berville, L., Passetti, A., Ponel, P. 2015. Diversité des Formicidae de la réserve intégrale de l'île de Bagaud (Var, France), avant l'éradication de deux taxa invasifs majeurs : *Rattus rattus* et *Carpobrotus* spp. *Scientific Reports of Port-Cros National Park*, 29: 23–40.
- Bestelmeyer, H. T., Wiens, J. A., 1996. The effects of land use on the structure of ground-foraging ant communities in the Argentine Chaco. *Ecol. Appl.*, 6 : 1225–1240.
- Blight, O., 2014. Invaders in a changing world: ecology, impacts and management of invasive ants. In: *1st Congress of Insects in Qatar, 25–27 April 2014*: 35. Friends of the Environment Centre, Doha, Qatar.
- Bolton, B., 1983. The afrotrropical dacetine ants (Formicidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology*, 46: 267–416.
- 1987. A review of the *Solenopsis* genus-group and revision of Afrotrropical *Monomorium* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). *Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.) Entomol.*, 54: 263–452 [page 287, Replacement name: *monomorium*].
- 2000. The ant tribe Dacetini. *Memoirs of the American Entomological Institute*, 65: 1–1028.
- 2018. *Bolton's Catalogue and Synopsis, Version 7*, <http://www.antcat.org/catalog/429200/> [Accessed on June 11 2018].
- Bounab, S., 2009. *Determination des volumes nets délivrés aux cultures irriguées dans quelques exploitations de Metidja Oust*. Institut nationale d'agronomie, Alger, <https://www.memoireonline.com/04/10/3348/Determination-des-volumes-nets-delivres-aux-cultures-irriguees-dans-quelques-exploitations-de-M.html> [Accessed on June 11, 2018].
- Cagniant, H., 1970. Deuxième liste de fourmis d'Algérie, récoltées principalement en forêt (Deuxième partie). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 106: 28–40.
- 1973. Note sur les peuplements de fourmis en forêt d'Algérie. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 108: 386–390.
- 1996. Les *Aphaenogaster* du Maroc (Hymenoptera: Formicidae). *Clé et catalogue des espèces. Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)*, 32: 67–85.
- 1997. Le genre *Tetramorium* au Maroc (Hymenoptera: Formicidae). *Clé et catalogue des espèces. Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)*, 33: 89–100.
- 2006. Liste actualisée des fourmis du Maroc. *Myrmecologische Nachrichten*, 8: 193–200.
- 2009. Le Genre *Cataglyphis* Foerster, 1850 au Maroc (Hymenoptères: Formicidae). *Orsis*, 24: 41–71.
- Chemala, A., Benhamacha, M., Ould El Hadj, D. M., Marniche, F., Daoudi, S., 2017. A preliminary list of the ant fauna in northeastern Sahara of Algeria (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 64(2): 146–154, Doi: 10.13102/sociobiology.v64i2.1386
- Collingwood, C. A., 1985. Hymenoptera: Fam. Formicidae of Saudi Arabia. *Fauna of Saudi Arabia*, 7: 230–302.
- 1988. The ants (Hymenoptera: Formicidae) of the Wahiba Sands, Oman. *Journal of Oman Studies Special Report*, 3: 361–362.
- 1993. A comparative study of the ant fauna of five Greek islands. *Biologia Gallo-hellenica*, 20: 191–197.
- Collingwood, C. A., Tigar, B. J., Agosti, D., 1997. Introduced ants in the United Arab Emirates. *Journal of Arid Environments*, 37: 505–512.
- Christian, C. E., 2001. Consequences of a biological invasion reveal the importance of mutualism for plant communities. *Nature*, 413: 635–639.
- Coutinho, M. P., 1929. A 'formiga argentina' 'Iridomyrmex humilis' Mayr 'var. arrogans', Santschi. *Boletim do Ministério da Agricultura*, XI(13–18): 95–116.
- Czechowski, W., Radchenko, A., Czechowska, W., 2002. *The ants (Hymenoptera, Formicidae) of Poland*. Museum and Institute of Zoology PAS, Warsaw.

- Deyrup, M., 1997. Dacetine ants of the Bahamas (Hymenoptera: Formicidae). *Bahamas Journal of Science*, 5: 2–6.
- Emery, C., 1910. Beiträge zur Monographie der Formiciden des paläarktischen Faunengebietes. (Hym.) Teil X. *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, 1910: 127–132.
- Erickson, J. M., 1971. The displacement of native ant species by the introduced Argentine ant *Iridomyrmex humilis* Mayr. *Psyche*, 78: 257–266.
- Espadaler, X., Bernal, V., 2003. Exotic ants in the Canary Islands (Hymenoptera: Formicidae). *Vieraea*, 31: 1–7.
- Espadaler, X., Collingwood, C. A., 2001. Transferred ants in the Iberian Peninsula. *Nouvelle Revue d'Entomologie*, 17: 257–263.
- Fellowes, J. R., 1999. Exotic ants in Asia: is the mainland at risk? *The case of Hong Kong. Aliens*, 9: 5–6.
- Forel, A., 1904. Miscellanea myrmécologiques. *Revue Suisse de Zoologie*, 12: 1–52.
- Freitag, A., Dorn, K., Cherix, D., 2000. First occurrence of the crazy ant *Paratrechina longicornis* (Latreille) (Hym. Formicidae: Formicinae) in Switzerland. *Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, 73: 301–303.
- Gómez, K., Espadaler, X., 2006. Exotic ants (Hymenoptera: Formicidae) in the Balearic Islands. *Myrmecologische Nachrichten*, 8: 225–233.
- Guillem, R., Bensusan, K., Taheri, A., 2012. First record of the ant subfamily Cerapachyinae Forel, 1893 (Hymenoptera: Formicidae) from Morocco. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, 34: 121–123.
- 2015. New data on the genus *Dorylus* Fabricius, 1793 (Formicidae, Dorylinae) in Morocco. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, 37: 47–51.
- Hernández-Ruiz, P., Castaño-Meneses, G., 2006. Ants (Hymenoptera: Formicidae) diversity in agricultural ecosystems at Mezquital Valley, Hidalgo, Mexico. *European Journal of Soil Biology*, 42 (Suppl. 1): S208–S212.
- Holmes, P. M., Cowling, R. M., 1997. The effects of invasion by *Acacia saligna* on guild structure and regeneration capabilities of South African fynbos shrublands. *Journal of Applied Ecology*, 34: 317–332.
- Hölldobler, B., Wilson, E. O., 1990. *The Ants*. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.
- Jucker, C., Rigato, F., Regalin, R., 2008. Exotic ant records from Italy (Hymenoptera, Formicidae). *Bollettino di Zoologia agraria e di Bachicoltura*, Ser. II, 40(1): 99–107.
- King, J. R., Tschinkel, W. R., 2006. Experimental evidence that the introduced fire ant, *Solenopsis invicta*, does not competitively suppress co-occurring ants in a disturbed habitat. *Journal of Animal Ecology*, 75: 1370–1378, Doi: 10.1111/j.1365-2656.2006.01161.x
- Kugler, J., 1988. The zoogeography of Israel. 9. The zoogeography of social insects of Israel and Sinai. *Monographiae Biologicae*, 62: 251–275.
- LaPolla, J. S., Brady, S. G., Shattuck, S. O., 2010. Phylogeny and taxonomy of the *Prenolepis* genus-group of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology*, 35: 118–131, Doi: 10.1111/j.1365-3113.2009.00492.x
- LaPolla, J. S., Hawkes, P. G., Fisher, B. L., 2011. Monograph of *Nylanderia* (Hymenoptera: Formicidae) of the world, part I: *Nylanderia* in the Afrotropics. *Zootaxa*, 3110: 10–36.
- Le Breton, J., Orivel, J., Chazeau, J., Dejean, A., 2007. Unadapted behaviour of native, dominant ant species during the colonization of an aggressive, invasive ant. *Ecological Research*, 22: 107–114, Doi: 10.1007/s11284-006-0014-z
- Mack, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Evans, H., Clout, M., Bazzaz, F. A., 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications*, 10: 689–710, Doi: 10.1890/1051-0761(2000)010[0689: BICEGC]2.0.CO;2.
- McGlynn, T. P., 1999. The worldwide transfer of ants: geographical distribution and ecological invasions. *Journal of Biogeography*, 26: 535–548, Doi: 10.1046/j.1365-2699.1999.00310.x
- Menzio, C., 1933. Le formiche della Palestina. *Memorie della Società Entomologica Italiana*, 12: 49–113.

- 1934. Reperti mirmecofaunistici raccolti dal Prof. L. di Caporiacco nelle oasi di Cufra e in altre località del deserto Libico. *Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena*, 65: 153–66.
- Miravete, V., Roura–Pascual, N., Dunn, R. R., Gómez, C., 2013. How many and which ant species are being accidentally moved around the world? *Biology Letters*, 9: 20130540.
- Moller, H., 1996. Lessons for invasion theory from social insects. *Biological Conservation*, 78: 125–142, Doi: 10.1016/0006–3207(96)00022–5
- Mooney, H. A., Drake, J. A. (Eds.), 1986. The Invasions of Plants and Animals into California. In: *Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii*: 250–269. Springer–Verlag, New York.
- Mooney, H. A., Hobbs, R. J., 2000. *Invasive Species in a Changing World*. Island Press, Washington, U.S.A.
- Passera, L., 1994. Characteristics of tramp species. In: *Exotic Ants: Biology, Impact and Control of Introduced Species*: 23–43 (D. F. Williams, Ed.). Westview Press, Boulder, CO.
- Pimentel, D., Zuniga, R., Morrison, D., 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien–invasive species in the United States. *Ecological Economics*, 52: 273–288, Doi: 10.1016/j.ecolecon.2004.10.002
- Reyes–López, J., Ordoñez–Urbano, C., Capintero–Ortega, S., 2008. Relación actualizada de las hormigas alóctonas de Andalucía (Sur de España). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, 32(1–2): 81–94.
- Samways, M., 2007. Insect conservation: A synthetic management approach. *Annual Review of Entomology*, 52: 465–487, Doi:10.1146/annurev.ento.52.110405.091317.
- Santschi, F., 1921. Nouvelles fourmis paléarctiques. 3ème note. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 21: 165–170.
- Samat, E. M., Suarez, A., Fisher, B., 2016. AntWeb, <https://www.antweb.org/project.do?name=introducedants> [Accessed on 6 February 2018].
- Schmitz, E., 1897. As formigas da Madeira. *Annaes de Sciencias Naturaes*, 4: 77.
- Simberloff, D., 1995. Why do introduced species appear to devastate islands more than mainland areas? *Pacific Science*, 49: 87–97.
- Suarez, A.V., Bolger, D. T., Case, T. J., 1998. Effects of fragmentation and invasion on native ant communities in coastal southern California. *Ecology*, 79: 2041–2056.
- Suarez, A. V., Richmond, J. Q., Case, T. J., 2000. Prey selection in horned lizards following the invasion of Argentine ants in Southern California. *Ecological Applications*, 10: 711–725.
- Taheri, A., Reyes–Lopez, J., 2011. Primera cita de *Pyramica membranifera* (Emery, 1869) (Hymenoptera: Formicidae) y listado actualizado de hormigas alóctonas para Marruecos (Norte de África). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 49: 363.
- 2015. Five new records of ants (Hymenoptera: Formicidae) from Morocco. *Journal of Insect Science*, 15(37): 1–3, Doi: 10.1093/jisesa/iev022
- 2018. Exotic ants (Hymenoptera: Formicidae) in Morocco: checklist, comments and new faunistic data. *Transactions American Entomological Society*, 144: 99–107.
- Taheri, A., Reyes–López, J., Espadaler, X., 2010. Citas nuevas o interesantes de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para Marruecos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 47: 299–300.
- Taheri, A., Wetterer, J. K., Reyes–López, J., 2017. Tramp ants of Tangier, Morocco. *Transactions American Entomological Society*, 143: 267–270, Doi: 10.3157/061.143.0207
- Trager, J. C., 1984. A revision of the genus *Paratrechina* (Hymenoptera: Formicidae) of the continental United States. *Sociobiology*, 9: 49–162.
- Tschinkel, W. R., 1988. Distribution of the fire ants *Solenopsis invicta* and *S. geminata* (Hymenoptera: Formicidae) in northern Florida in relation to habitat and disturbance. *Annals of Entomological Society of America*, 81: 76–81.
- Vitousek, P. M., 1986. Biological invasions and ecosystem properties: can species make a difference. In: *Biological Invasions of North America and Hawaii*: 163–176 (H. A. Mooney, J. A. Drake, Eds.). Springer–Verlag, New York.

- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., Melillo, J. M., 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277: 494–499, Doi: 10.1126/science.277.5325.49
- Way, M. J., Cammell, M. E., Paiva, M. R., Collingwood, C. A., 1997. Distribution and dynamics of the Argentine ant *Linepithema* (*Iridomyrmex humile* Mayr) in relation to vegetation, soil conditions, topography and native competitor ants in Portugal. *Insectes Sociaux*, 44: 415–433.
- Wetterer, J. K., 2006. Quotation error, citation copying, and ant extinctions in Madeira. *Scientometrics*, 67: 351–372.
- 2007. *Paratrechina pubens* (Forel, 1893) (Hymenoptera: Formicidae), a candidate for the plague ant of 19th century Bermuda. *Myrmecologische Nachrichten*, 10: 39–40.
 - 2009a. Worldwide spread of the ghost ant, *Tapinoma melanocephalum* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 12: 23–33.
 - 2009b. Worldwide spread of the penny ant, *Tetramorium bicarinatum* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 54: 811–830.
 - 2010. Worldwide spread of the pharaoh ant, *Monomorium pharaonis* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 13: 115–129.
 - 2011. Worldwide spread of the membraniferous dacetine ant, *Strumigenys membranifera* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 14: 129–135.
 - 2012. Worldwide spread of the African big-headed ant, *Pheidole megacephala* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 17: 51–62.
 - 2015. Geographic origin and spread of cosmopolitan ants (Hymenoptera: Formicidae). *Halteres*, 6: 66–78.
- Wetterer, J. K., Espadaler, X., Wetterer, A. L., Aguin-Pombo, D., Franquinho-Aguiar, A. M., 2007. Ants (Hymenoptera: Formicidae) of the Madeiran Archipelago. *Sociobiology*, 49: 265–297.
- Wetterer, J. K., Espadaler, X., Wetterer, A. L., Cabral, S. G. M., 2004. Native and exotic ants of the Azores (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 44: 1–19.
- Wetterer, J. K., Keularts, J. L. W., 2008. Population explosion of the hairy crazy ant, *Paratrechina pubens* (Hymenoptera: Formicidae), on St. Croix, US Virgin Islands. *Florida Entomologist*, 91: 423–427, Doi: 10.1653/0015-4040(2008)91[423:PEOTHC]2.0.CO;2
- Wetterer, J. K., Wetterer, A. L., 2006. A disjunct Argentine ant metacolon in Macaronesia and southwestern Europe. *Biological Invasions*, 8: 1123–1129.
- Wetterer J. K., Wild, A. L., Suarez, A. V., Roura-Pascual, N., Espadaler, X., 2009 Worldwide spread of the Argentine ant, *Linepithema humile* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 12: 187–194.
- Williams, D. F., 1994. *Exotic Ants. Biology, Impact, and Control of Introduced Species*. Westview Press, place of edition???.
- Williamson, M. H., 69. *Biological Invasions*. Chapman and Hall, London, U. K.
- Wilson, E. O., 1992. *The Diversity of Life*. W. W. Norton Co, New York.
- Wilson, E. O., Taylor, R. W., 1967. An estimate of the potential evolutionary increase in species density in the Polynesian ant fauna. *Evolution*, 21(1): 1–10.
- Wittenborn, D., Jeschke, J., 2011. Characteristics of exotic ants in North America. *ZooKeys*, 10: 47–64.
- Zenner-Polania, I., 1994. Impact of *Paratrechina fulva* on other ant species. In: *Exotic Ants: Biology, Impact and Control of Introduced Species*: 121–132 (D. F. Williams, Ed.). Westview Press, San Francisco, CA, U.S.A.

العنوان: تفاعل النبات - النمل في منطقتين بالجزائر: الرويبة وبرج بوعريريج

الخلاصة: تم انجاز هذه الدراسة في منطقتين متباينتين: متيجة (الرويبة) ومدينة (برج بوعريريج) واللذان تنتميان على التوالي للمستويات المناخية التالية: شبه الرطبة بالنسبة لمنطقة الرويبة وشبه الجافة فيما يخص منطقة برج بوعريريج. الهدف المنشود من هذا العمل هو المساهمة في دراسة علم البيئة الحيوية في فئة جشرات فصيلة: Formicidae. من أجل دراسة التفاعلات التي تحدد التوزيع المكاني والزمني لهذه الفصيلة الجشرية أجريت الدراسة في محورين بيئيين مختلفين: بستان حمضيات يقع في المعهد التكنولوجي المتوسط الفلاحي المتخصص بهراوة "ITMAS" (رويبة) وحقل حبوب يقع في محطة سيدي موسى مجانة (برج بوعريريج). كشفت طريقة أخذ عينات بطريقة pot de Barber عن ثراء إجمالي لـ 19 نوعاً من النمل موزعة في 15 جنساً وثلاث فصائل فرعية (Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae). مع هيمنة الفصيلة الفرعية Myrmicinae و Formicinae في العدد، بينما Dolichoderinae، يساهمان فقط بنوعين. حددت عملية أخذ العينات التي تم إجراؤها في ITMAS لمدة عامين متتاليين (2016 و 2017) 14 نوعاً، تنتمي بشكل رئيسي إلى 13 جنساً بما في ذلك نوعين غريبين: *Strumigenys Membranifera* و *Nylanderia jaegerskioeldi*. هذا الأخير معترف به من بين 11 من الأنواع الغريبة الموجودة في الجزائر. في منطقة سهوب البرج، تم جمع 9 أنواع خلال عام 2016. يمكن أن توجد بعض الأنواع في جميع البيئات، مثل *Aphaenogaster depilis* و *Pheidole pallidula* و *Cataglyphis viatica* في حين أن البعض الآخر مخصص لبيئة واحدة. يتم الانتهاء من هذا العمل عن طريق الحصاد اليدوي للتعرف على النمل الرئيسي المرتبط بالنباتات. لقد أظهر أخذ العينات أن الأنواع الأكثر انتشاراً مرتبطة بفصيلتي المن والقشريات واللذان تنتميان فرع حشرات Homoptera وبشكل أكثر تحديداً مع المن من نوع *Aphis spiraecola* داخل أشجار البرتقال ITMAS مع وجود ارتباط كبير بين النبات والنمل. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يختلف تحديد وفرة أنواع النمل اعتماداً على النظام الغذائي، البيئة والنبات المعيل.

تقدم الطرق الجزيئية، من خلال فائدة تفسير الحمض النووي وشجرة النشوء والتطور، أدوات قوية لاستنتاج العلاقات التطورية / تحديد أنواع النمل التي تم جردها من موقعين للدراسة. بالإضافة إلى ذلك، فإن شجرة النشوء والتطور من خلال طريقتي Likelihood و Neighbor-joining جعلت من الممكن معرفة العلاقات بين التسلسلات من خلال الكشف عن الموقع والمسافة التطورية بين الأنواع المختلفة من النمل.

الكلمات المفتاحية: Formicidae، الأنواع الغريبة، الحمضيات، الحبوب، الرويبة، برج بوعريريج، الترميز الشريطي للحمض النووي، علم الوراثة.

Title : Plant - ant interaction in two regions of Algeria : Rouiba and Bordj-Bou Arréridj

Abstract : The present work is performed in two different regions: the Mitidja (Rouiba) and Medjana (Bordj Bou Arréridj) which belong respectively to the sub-humid and semi-arid bioclimatic stages. The purpose is to contribute to the study of the bioecology of Formicidae by studying the interactions that determine the spatio-temporal distribution of the myrmecofauna. This study was conducted in two different ecological niches : a citrus orchard located in the Institute of Technology on Specialized Agriculture (ITMAS Heuraoua) and a cereal field located in the site of Sidi Moussa 'Medjana. The sampling method by pitfalls traps revealed a total richness of 19 ants species belonging to 15 genera and three subfamilies (Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae). The Myrmicinae and Formicinae dominate in number, while the Dolichoderinae contribute only of two species. The sampling at ITMAS for two consecutive years (2016 and 2017) has identified 14 species, essentially belonging to 13 genera, including two exotic species: *Strumigenys membranifera* and *Nylanderia jaegerskioeldi*. This last one is recorded for the first one in Algeria taking the number of exotic ants in the country to 11. In the steppe region of Bordj, 9 species were collected during 2016. Some species can be present in all environments, in this case *Aphaenogaster depilis*, *Pheidole pallidula* and *Cataglyphis viatica*, while others are specific to a single environment. This work is completed by hand-collecting in order to identify the main ants associated with the plants. The sampling showed us that the most dominant species are associated with Homoptera (Aphid, Mealy bug) and more particularly with *Aphis spiraecola* within the citrus

orchard of ITMAS, with a significant correlation between the plant and the ant. Furthermore, the identification and abundance of ant species could vary according to their diet, biotope and plant.

Molecular methods, through the use of DNA barcoding and phylogenetic tree, present powerful tools to deduce the evolutionary relationships/identification of ant species collected from two study sites. Moreover, the phylogenetic tree by Neighbor-joining and Likelihood method allowed to know the relationships between the sequences by revealing the evolutionary position and distance between the different ant species.

Key words: Formicidae, exotic species, citrus orchard, cereal field, Rouiba, Bordj-Bou Arréridj, DNA barcode, phylogenetics

Titre : Interaction plante – fourmis dans deux régions d’Algérie : Rouiba et Bordj-Bou Arréridj

Résumé : Le présent travail est réalisé dans deux régions contrastées : la Mitidja (Rouiba) et Medjana (Bordj Bou Arréridj) qui appartiennent respectivement à l’étage bioclimatique subhumide et semi-aride. L’objectif recherché est la contribution à l’étude de la bioécologie des Formicidae par l’étude des interactions qui détermine la distribution spatio-temporelle de la myrmécofaune. Cette étude a été menée dans deux niches écologiques différents : il s’agit d’un verger agrumicole localisé dans la station de l’Institut Technologie Moyen Agricole Spécialisée ‘ITMAS’ et un champ de céréaliculture situé dans la station de Sidi Moussa ‘Medjana. La méthode d’échantillonnage par les pots Barber a révélé une richesse totale de 19 espèces de fourmis réparties dans 15 genres et à trois sous familles (Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae). Les Myrmicinae et les Formicinae dominent en nombre, tandis que les Dolichoderinae, elles ne contribuent que par deux espèces. L’échantillonnage effectué à l’ITMAS durant deux années consécutives (2016 et 2017) a permis de recenser 14 espèces, appartenant essentiellement à 13 genres dont deux espèces exotiques : *Strumigenys membranifera* et *Nylanderia jaegerskioeldi*. Cette dernière, est reconnue parmi les 11 des espèces exotiques présentes en Algérie. Dans la région steppique bordjienne, 9 espèces ont été collectées durant l’année 2016. Certaines espèces peuvent être présentes dans tous les milieux en l’occurrence *Aphaenogaster depilis*, *Pheidole pallidula* et *Cataglyphis viatica* tandis que d’autres sont spécifiques pour un seul milieu. Ce travail est complété par la récolte à la main afin d’identifier les principales fourmis associées aux plantes. L’échantillonnage nous a montré que les espèces les plus dominantes sont associées avec les Homoptera (Aphide, Cochenille) et plus particulièrement avec *Aphis spiraecola* au sein des arbres d’orangers de l’ITMAS avec une corrélation significative entre la plante et la fourmi. Par ailleurs, l’identification et l’abondance des espèces de fourmis pourrait varier selon le régime alimentaire, le biotope et la plante qu’elles abritent.

Les méthodes moléculaires par l’utilité de l’ADN barcoding et l’arbre phylogénétique, présentent des outils puissants pour déduire les relations évolutives /l’identification des espèces de fourmis inventoriées de deux sites d’étude. De plus l’arbre phylogénétique par la méthode Neighbor-joining et Likelihood a permis de connaître les relations entre les séquences en révélant la position et la distance évolutives entre les différentes espèces de fourmis.

Mots clés : Formicidae, espèces exotique, agrumiculture, céréaliculture, Rouiba, Bordj -Bou Arréridj, ADN code-bare, phylogénétique

