

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU  
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



## THESE DE DOCTORAT 3<sup>ème</sup> Cycle



Spécialité : Sciences Biologiques

Option : *Entomologie Appliquée à la Médecine, l'Agriculture et à la  
Foresterie*

**THEME**

**Diversité des fourmis dans quelques milieux de la  
grande Kabylie et leur rôle dans la régulation des  
populations de la mouche méditerranéenne des  
fruits *Ceratitis capitata* Wied, 1824 (Diptera :  
Tephritidae)**

Présenté par : Sadou Sid Ali

Devant le jury composé de :

Mme Chaouchi-Talimat Nora	Maître conférence classe A, UMMTO	Présidente
Mme Ali Ahmed-Sadoudi Djamila	Professeur, UMMTO	Rapporteur
Mme Metna-Ali Ahmed Fatiha	Maître conférence classe A, UMMTO	Co-Rapporteur
Mme Barech Ghania	Professeur, U.M'Sila	Examinatrice
Mr Khaldi Mourad	Professeur, U.M'Sila	Examineur
Mme Allal-Benfkik Leila	Professeur, U.Blida	Examinatrice

## **REMERCIEMENT**

*Au terme de ce travail, je tiens à remercier respectueusement Madame **Ali Ahmed-Sadoudi Dj.**, Professeur à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour avoir proposé, encadré et dirigé ce travail. Il s'agit pour moi d'un immense honneur de lui exprimer mes remerciements et ma gratitude pour sa connaissance apportée, sa disponibilité, ses conseils, ses orientations, sa modestie et pour l'intérêt bienveillant manifesté pour mon travail.*

*Je remercie Madame **Metna-Ali Ahmed F.**, maitre de conférences au département de biologie de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour avoir accepté la co-direction ce travail.*

*Madame **Chaouchi-Talmat N.**, maitre de conférences au département de biologie de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, m'a fait l'honneur de présider ce jury. Je lui exprime ma profonde reconnaissance.*

*Madame **Barech G.**, Professeur à l'université de M'Sila a bien voulu disposer d'un peu de son temps pour ce travail, je l'en remercie bien vivement.*

*La présence de Monsieur **Khaldi M.**, Professeur à l'université de M'Sila, m'est particulièrement agréable. Je tiens à lui exprimer ma gratitude d'avoir bien voulu participer à ce jury.*

*Mes remerciements les plus sincères sont, également, adressés à Madame **Allal-Benfkih L.**, Professeur à l'université de Blida, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Mes remerciements iront également à Monsieur **Slimani S.**, maitre de conférences au département d'agronomie de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour sa contribution à la trauction de l'article en anglais.*

*Je m'en voudrais de ne pas remercier **DrDib Dj.**, **DR Ramdini R.**ansi que **DrAli Ahmed Ch.**, maitre de conférence à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour leur précieuse contribution dans le traitement statistique des données.*

*Mes sincères remerciements pour toute l'équipe du laboratoire de Production, Sauvegarde des Espèces Menacées et des Récoltes ; Influence des variations climatiques*

*pour m'avoir soutenu, ainsi que l'ingénieure de laboratoire mademoiselle **Abrous H.** pour son précieux accompagnement dans ce travail.*

*Il m'est particulièrement agréable d'exprimer ma profonde gratitude et reconnaissance à mon très cher frère et mes chers oncles pour leur soutien.*

*Enfin, je garde la place la plus chère dans mon cœur pour mes parents que dieu nous les gardes, sans qui je n'aurais pu arriver là.*

*J'exprime ma reconnaissance à tous ceux qui ont participé de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, sans oublier ceux qui ont contribué à ma formation.*

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1:</b> Températures mensuelles moyenne, maximale et minimale et les précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Tizi-Ouzou durant la période 2010-2020 (OMN, 2021) station de Boukhalfa Tizi-Ouzou. ....	40
<b>Tableau 2:</b> Valeur du quotient pluviométrique des régions d'études. ....	46
<b>Tableau 3 :</b> Espèces recensées dans les quatre sites d'étude. ....	66
<b>Tableau 4 :</b> Richesse spécifique totale de la myrmécofaune des deux sites forestiers.....	68
<b>Tableau 5 :</b> Fréquences centésimales (Fc%) des Formicidae échantillonnées dans les deux sites d'étude. ....	73
<b>Tableau 6 :</b> Indices de Shannon (H') et d'équitabilité (E) pour les deux sites d'étude.....	75
<b>Tableau 7 :</b> Estimation de la richesse totale des fourmis.....	76
<b>Tableau 8:</b> Richesse en espèces de fourmis (S) au sein des deux vergers de figuier .....	77
<b>Tableau 9:</b> Fréquence centésimales (Fc%) des Formicidae échantillonnées dans les deux sites d'études (vergers de figuiers). ....	83
<b>Tableau 10:</b> Indices de Shannon (H') et d'équitabilité (E) pour les deux figueraies. ....	85
<b>Tableau 11:</b> Estimation de la richesse totale des fourmis à Ain-El-Hammam. ....	85
<b>Tableau 12 :</b> Estimation de la richesse totale des fourmis à Akerou. ....	86
<b>Tableau 13:</b> Influence de la température, l'humidité et le temps sur la prédation des larves de troisième stade de la cératite.....	96

## *Listes des figures*

<b>Figure 1 :</b> Répartition des fourmis dans le monde (Guénardet al., 2015).....	8
<b>Figure 2:</b> Anatomie détaillée d'une fourmi du genre <i>Cataglyphis</i> (Sadou, 2021). .....	10
<b>Figure 3:</b> Forme de pétiole dans les sous-familles les plus importantes en Algérie A ; B ; C (Sadou, 2021).....	11
<b>Figure 4 :</b> Répartition de <i>Ceratitidis capitata</i> dans le monde (EPPO, 2021). .....	20
<b>Figure 5:</b> Cycle biologique de la cératite (Bachi, 2018).....	22
<b>Figure 6:</b> Schéma représentant le nombre de générations possibles de <i>Ceratitidis capitata</i> en Algérie (Oukil, 1995).....	23
<b>Figure 7:</b> Dégâts de la cératite sur et à l'intérieur de la figue (Bachi, 2018). .....	27
<b>Figure 8 :</b> Localisation des sites d'étude (Lamine, 2021) modifiée.....	33
<b>Figure 9:</b> Variation des températures maximale, minimale et moyenne dans le site d'Azeffoun durant la période 2010-2020. ....	41
<b>Figure 10 :</b> Variation des températures maximale, minimale et moyenne dans le site d'Assi-Youcef durant la période 2010-2020. ....	42
<b>Figure 11:</b> Variation des températures maximale, minimale et moyenne dans le site d'Ain-El-Hammam durant la période 2010-2020.....	42
<b>Figure 12:</b> Variation des températures maximale, minimale et moyenne dans le site d'Akeroudurant la période 2010-2020. ....	43
<b>Figure 13:</b> Variation des précipitations dans les quatre sites d'étudedurant la période 2010-2020.....	44
<b>Figure 14:</b> Les diagrammes ombrothermique de Bagnouls et Gaussen des quatre sites d'étudedurant la période 2010-2020. ....	45
<b>Figure 15:</b> Différents étages climatiques méditerranéens des quatre sites d'étude. ....	47
<b>Figure 16:</b> Localisation des stations d'étude à Azeffoun (google earth, 2021).....	49
<b>Figure 17:</b> Localisation des stations d'études à Assi-Youcef (google earth, 2021).....	50
<b>Figure 18:</b> Localisation de la station d'étude à Ain-El-Hammam (google earth, 2021). .	51
<b>Figure 19:</b> Localisation de la station d'étude à Akerou (google erth, 2021). ....	51
<b>Figure 20:</b> Protocole expérimental des milieux échantillonnés. ....	52
<b>Figure 21 :</b> Piège à Fosse (Sadou, 2021).....	53
<b>Figure 22:</b> Pétiole de la sous-famille des <i>Formicinae</i> (Sadou, 2021). .....	55
<b>Figure 23:</b> Pétiole de la sous-famille des <i>Dolichoderinae</i> (Sadou, 2021). .....	55
<b>Figure 24:</b> Pétiole de la sous-famille des <i>Myrmicinae</i> (Sadou, 2021). .....	56
<b>Figure 25:</b> Variétés des figes étudiées.....	61
<b>Figure 26:</b> Piège attractif (Sadou, 2019). .....	62
<b>Figure 27:</b> Localisation du verger de figuier (Sadou, 2021).....	63
<b>Figure 28:</b> Protocole expérimentale pour récupérer les larves de troisième stade de <i>Ceratitidis capitata</i> (Sadou, 2020). .....	64
<b>Figure 29 :</b> larves de troisième stade de <i>C. capitata</i> (El keroumi et al., 2010. Modifiée). .....	65
<b>Figure 30:</b> Proportion des sous familles des <i>Formicidae</i> dans les sites d'étude.....	66
<b>Figure 31 :</b> Proportion des sous familles dans les deux sitesforestiers.....	69
<b>Figure 32:</b> Proportion des sous-familles au niveau de chaque site .....	69
<b>Figure 33:</b> Nombre de genres rencontré dans les deux sites .....	70
<b>Figure 34:</b> Courbe de Rang-abondance pour l'abondance relative ( $\log_{10} n_i/N$ ) des espèces de fourmis collectées à Azeffoun. ....	71

<b>Figure 35:</b> Courbe de Rang-abondance pour l'abondance relative ( $\text{Log}_{10} n_i/N$ ) des espèces de fourmis collectées à Assi-Youcef.....	71
<b>Figure 36:</b> Fréquences centésimales des fourmis dans les deux sites forestiers.....	72
<b>Figure 37:</b> Courbes d'accumulation des espèces et estimateurs de la richesse à Azeffoun. ....	76
<b>Figure 38 :</b> Courbes d'accumulation des espèces et estimateurs de la richesse à Assi-Youcef. ....	77
<b>Figure 39:</b> Proportion des sous familles dans les deux vergers de figuier.....	79
<b>Figure 40 :</b> Proportion des sous-familles au niveau de chaque verger de figuier .....	79
<b>Figure 41 :</b> Nombre de genres rencontré dans deux vergers de figuier .....	80
<b>Figure 42 :</b> Courbe de Rang-abondance pour l'abondance relative ( $\text{Log}_{10} n_i/N$ ) des espèces de fourmis collectées à Ain-El-Hammam.....	81
<b>Figure 43 :</b> Courbe de Rang-abondance pour l'abondance relative ( $\text{Log}_{10} n_i/N$ ) des espèces de fourmis collectées à Akerou. ....	81
<b>Figure 44 :</b> Fréquences centésimales des fourmis dans les deux figueraies.....	82
<b>Figure 45:</b> Courbes d'accumulation des espèces et estimateurs de la richesse à Ain-El-Hammam. ....	87
<b>Figure 46:</b> Courbes d'accumulation des espèces et estimateurs de la richesse à Akerou. ....	87
<b>Figure 47:</b> Abondance des individus (mâles et femelles) de la cératite au mois de juillet sur la variété Azendjar. ....	88
<b>Figure 48:</b> Abondance des individus (mâles et femelles) de la cératite au mois d'août sur la variété Azendjar. ....	89
<b>Figure 49:</b> Abondance des individus (mâles et femelles) de la cératite au mois de septembre sur la variété Azendjar. ....	90
<b>Figure 50:</b> Abondance des individus (mâles et femelles) de la cératite au mois de juillet sur la variété Avoghenjor. ....	90
<b>Figure 51:</b> Abondance des individus(mâles et femelles) de la cératite au mois d'août sur la variété Avoghenjor. ....	91
<b>Figure 52:</b> Abondance des individus(mâles et femelles) de la cératite au mois de septembre sur la variété Avoghenjor.....	91
<b>Figure 53:</b> Abondance des individus(mâles et femelles) de la cératite au mois de juillet sur la variété Thaghanimt. ....	92
<b>Figure 54:</b> Abondance des individus(mâles et femelles) de la cératite au mois d'août sur la variété Thaghanimt. ....	92
<b>Figure 55:</b> Abondance des individus de la cératite (mâles et femelles) au mois de septembre sur la variété Thaghanimt.....	93
<b>Figure 56:</b> Le sex-ratio des individus de la cératite piégés sur les différentes variétés de figuier.....	95
<b>Figure 57:</b> Nombre de larves initial et le nombre de larves prédatées.....	97
<b>Figure 58 :</b> ACP représentative de l'influence des deux facteurs température et humidité le nombre de larves prédatées.....	98
<b>Figure 59 :</b> Régression linéaire représentative de l'influence des deux facteurs température et humidité le nombre de larves prédatées.....	98

## Sommaire

<i>Introduction</i> .....	1
---------------------------	---

### *Chapitre I : Synthèse bibliographique*

<b>I. Généralités sur les fourmis</b> .....	<b>5</b>
I.1. Classification des fourmis .....	6
I.2. Répartition des fourmis .....	7
I.3. Anatomie des Formicidés .....	10
I.4. Cycle de développement .....	11
I.5. Habitat des fourmis .....	12
I.6. Régime alimentaire des fourmis .....	12
I.7. Ennemis naturels des fourmis .....	13
I.8. Défense chez les fourmis .....	14
I.9. Ecologie des fourmis .....	15
<b>II. Mouche méditerranéenne des fruits, <i>Ceratitis capitata</i> WIEDEMAMM, 1824</b> .....	<b>19</b>
II.1. Plantes hôtes .....	20
II.2. Biologie et cycle de développement .....	20
II.3. Nombre de générations de la cératite.....	22
II.4. Facteurs influençant le comportement de la cératite .....	23
II.5. Dégâts de la cératite.....	26
II.6. Importance économique de <i>Ceratitis capitata</i> .....	26
II.7. Méthodes de lutte .....	27

### *Chapitre II : présentation des sites d'étude*

<b>I. Localisation de la région d'étude</b> .....	<b>33</b>
<b>II. Facteurs climatiques des régions d'étude de 2010 à 2020</b> .....	<b>39</b>

### *Chapitre III : Matériel et méthodes*

<b>I. Méthodologie appliquée pour l'étude des fourmis</b> .....	<b>48</b>
I-1.Choix des stations d'études .....	49
I-2 Méthodologie adoptée pour l'inventaire des fourmis .....	52

## **II. Méthodologie appliquée pour l'étude de la mouche méditerranéenne des fruits** 60

II.1. Suivi et relevé des pièges .....	61
II.2. Sex-ratio.....	62
II.3. Mise en évidence du phénomène de prédation des larves de troisième stade par les fourmis.....	62

### ***Chapitre IV : Résultats et discussion***

<b>1. Résultats.....</b>	<b>66</b>
1.1. Diversité de la myrmécofaune dans les sites étudiés. ....	66
1.2. Diversité des fourmis dans les deux sites forestiers (Azeffoun et Assi-Youcef) .....	68
1.3. Diversité des fourmis dans deux vergers de figuier à Akerou et Ain-El-Hamman .....	78
1.4 Suivi de la mouche méditerranéenne des fruits sur le figuier .....	88
1.5. Abondance des individus de la mouche méditerranéenne des fruits <i>C. capitata</i> .....	93
1.6. Mise en évidence du phénomène de prédation par les fourmis.....	95
<b>2. Discussion .....</b>	<b>99</b>
2.1. Formicidae capturées dans les sites d'étude .....	99
2.2. Formicidae des sites forestiers .....	111
2.3. Espèces de Formicidae capturées dans les deux sites agricoles (les verges de figuiers).....	115
2.4. Suivi de la dynamique des populations de la mouche méditerranéenne des fruits sur le figuier .....	120
2.5. Mise en évidence du phénomène de prédation par les fourmis.....	122
<b>Conclusion.....</b>	<b>127</b>
Références bibliographiques .....	130

### ***Annexes***

## Résumé

Dans le but d'étudier les peuplements de fourmis et leurs rôles écologiques dans deux types d'écosystèmes de la Kabylie, nous avons effectué un inventaire dans quatre sites répartis sur différentes altitudes à savoir deux agro-écosystèmes (vergers de figuiers) situés à Akerou et Ain-El-Hammam et deux sites forestiers localisés à Azeffoun et Assi-Youcef. Le premier est un reboisement artificiel et le deuxième est naturel. Deux méthodes d'échantillonnage sont adoptées à savoir les pots Barber et la collecte manuelle. Une richesse de 31 espèces et sous-espèces réparties sur 13 genres et 3 sous-familles (Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae) a été recensée. Les Myrmicinae sont les plus abondants suivis par les Formicinae puis les Dolichoderinae.

Parmi les mesures recommandées dans la lutte contre la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata*, qui est l'un des plus importants ravageurs pouvant infester les vergers si sa propagation n'est pas contrôlée, nous nous sommes intéressés à la recherche d'un modèle de lutte biologique en utilisant les fourmis. Les observations ont été réalisées sur 900 larves de troisième stade déposées sous les arbres de figuiers, au moment de la fructification.

Le genre *Aphaenogaster* Mayer, 1853 (Hymenoptera : Formicidae), notamment les espèces *Aphaenogaster senelis* et *Aphaenogaster testaceo-pilosa* semble être le genre de fourmi le plus efficace en matière de prédation contre la cératite. Ce dernier se nourrit fréquemment sous les arbres hôtes, grâce à un aiguillon puissant qui immobilise rapidement la proie. Nos résultats suggèrent que la mortalité des larves de la cératite est limitée par les conditions thermiques élevées et la présence de fourmis prédatrices.

**Mots clés :** Grande-Kabylie, Fourmis, inventaire, cératite, lutte biologique, forêt, figuier.

## Abstract

In order to study ant populations and their ecological roles in two types of ecosystems in Kabylia, we carried out an inventory in four sites distributed over different altitudes, namely two agro-ecosystems (fig orchards) located in Akerou and Ain-El-Hammam, and two forest sites located in Azeffoun and Assi-Youcef. The first is an artificial reforestation and the second is natural. Two sampling methods were adopted, namely Barber pots and manual collection. A species richness of 31 species and subspecies spread over 13 genera and 3 subfamilies (Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae) was recorded. The Myrmicinae are the most abundant, followed by the Formicinae and the Dolichoderinae.

Among the measures recommended in the control of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, which is one of the most important pests that can infest orchards if its spread is not controlled, we were interested in finding a biological control model using ants. Observations were made using 900 third instar larvae deposited under fig trees at fruiting time.

The genus *Aphaenogaster* Mayer, 1853 (Hymenoptera: Formicidae), especially the species *Aphaenogaster senelis* and *Aphaenogaster testaceopilosa*, seems to be the most effective ant genus for predation on ceratitis. The latter frequently feeds under host trees, thanks to a powerful sting that quickly immobilises the prey. Our results suggest that the mortality of ceratitis larvae is limited by high thermal conditions and the presence of predatory ants.

**Key words :** Grande-Kabylie, ants, inventory, ceratitis, biological control, forest, fig tree.

# **Introduction**

Les fourmis sont des insectes sociaux qui présentent 15% de la biomasse du monde animal (Passera, 2016). Elles se retrouvent sous toutes les latitudes et dans tous les milieux ; sous terre, sur le sol, dans l'air et même dans le corps des végétaux et animaux. Selon Bolton (2021), plus de 13922 espèces sont identifiées dans le monde.

A travers les âges, les fourmis ont su s'organiser et s'adapter pour survivre et assurer la pérennité de l'espèce, si bien qu'elles semblent, aujourd'hui, être parmi les espèces les plus socialement évoluées avec l'homme notamment (Lager *et al.*, 2015). Actuellement, les fourmis jouent un rôle très important comme bio-indicatrices de la qualité du milieu (Alonso, 2000). Cependant, il y'a des problèmes majeurs dans leurs utilisations dans les études écologiques et environnementales, qui résident dans la difficulté d'identification des échantillons sur le terrain (New, 1996).

Les fourmis jouent plusieurs rôles dans les écosystèmes terrestres et interviennent comme des herbivores, détritivores, granivores et prédateurs (Holldobler et Wilson, 1990).

Ces insectes ont longtemps attiré l'attention de plusieurs chercheurs depuis l'ancien siècle. Dans le monde, plusieurs travaux ont été réalisés sur les formicidés notamment sur leur biologie et leur écologie. Ainsi, à la fin des années 1990, plusieurs inventaires de la myrmécofaune ont été réalisés dans le cadre des projets qui visent une meilleure connaissance de la biodiversité. Ces études ont été effectuées en Guyana (Lappola *et al.*, 2006), en Argentine (Lepounce *et al.*, 2004), au Costa Rica (Longino & Colwell, 1997) au Brésil (Delabie *et al.*, 2000 ; Marinho *et al.*, 2002 ; Vasconcelos *et al.*, 2003 ; Hites *et al.*, 2004). En Europe, nous mentionnons les travaux de Bernard (1950, 1951, 1958), Darchen (1976), Passera (1984) et Jolivet (1986).

En Algérie, peu de travaux ont été consacrés à la myrmécofaune. Nous citons les travaux de Dartigues (1988), Doumaindji et Doumaindji (1988), Belkadi (1990) dans la région de la Kabylie, Cagniant (1966, 1968, 1969, 1973), et ceux de Bernard (1954, 1958, 1971, 1973). Les plus récents travaux sont ceux de Barech (2005, 2017, 2018, 2020) et Dihina (2009) sur deux stations algéroises et le

travail de Djioua (2011) dans des sites forestiers et agricoles et Abdi-Abdi-Hamecha *et al.* (2021) dans quelques oliveraies de la région de Kabylie.

Les agro-écosystèmes fruitiers dans les régions de Tizi-Ouzou (Algérie) forment de grands ensembles avec de grandes variations des caractéristiques physiques (sol, microclimat, altitude et latitude, etc.). La figuicole a été depuis longtemps la culture la plus appréciée des habitants autochtones (les kabyles), après l'oléiculture, tant sur le plan culturel que sur le plan économique. La réhabilitation de cette culture est, donc aujourd'hui, une nécessité pour une connaissance et une amélioration du patrimoine arboricole figuicole. Cela nous incite à prendre des mesures urgentes quant à l'amélioration de la productivité.

Parmi les insectes ravageurs les plus nuisibles au figuier, nous avons *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera : Tephritidae) ou la mouche méditerranéenne des fruits. Ce ravageur polyphage provoque de grandes pertes économiques (Lux *et al.*, 2003 ; Diamé *et al.*, 2015). Cette mouche est considérée comme le premier obstacle à la production et à l'exportation des fruits (Bachi et Ali Ahmed Sadoudi, 2017). Elle a une large diffusion dans la région méditerranéenne d'où le nom de la mouche méditerranéenne des fruits (Lekchiri, 1982 ; Nunez, 1987).

En Algérie et dans la Kabylie du Djurdjura, la mouche méditerranéenne des fruits cause d'énormes dégâts aux cultures fruitières (Sadoudi Ali Ahmed *et al.*, 2012) car les conditions climatiques associées aux facteurs biotiques et culturels offre des conditions favorables à son développement.

Les dégâts de la mouche méditerranéenne se manifestent par deux types ; le premier aspect est dû aux piqûres des femelles à cause des tentatives de pénétration qui donnent une mauvaise apparence aux fruits. Le second aspect est dû aux larves qui perforent les fruits et provoquent des moisissures entraînant, ainsi, leur chute (Simde et Dakouo, 2017).

Il existe plusieurs méthodes de lutte contre ce ravageur mais la plus utilisée est la lutte chimique, cette dernière a des effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement et développe une résistance chez l'insecte.

La lutte biologique contre *Ceratitis capitata* (les larves de troisième stade et les pupes) est un sujet d'actualité dans de nombreux pays. Plusieurs méthodes de contrôle sont étudiées comme l'utilisation de bactéries, de champignons

pathogènes (Bachi et Ali Ahmed Sadoudi, 2017), la lutte bio-insecticide avec l'extrait des feuilles de la lavande (*Lavandula stoechas*) (Djaout, 2015) et des nématodes parasites ou prédateurs (De Mina, 2011).

Le recours à l'entomologie pour mieux appréhender l'état d'équilibre du fonctionnement d'un écosystème est possible et il a, pendant longtemps, été privilégié (Braet, 2004 ; Andersen et Majer, 2004 ; Jennings et Pocock, 2009 ; Babin-Fenke et Anand, 2010 ; Diame, 2016). Parmi les arthropodes, le taxon des fourmis constitue l'outil le plus pertinent pour un diagnostic de l'état du milieu (King *et al.*, 1998; Majer *et al.*, 2007).

Parmi les fourmis, nous retrouvons le genre *Oecophylla* représenté par deux espèces ; la première est *Oecophylla longinoda* (Latreille) qui est signalée dans la plupart des pays africains (Diamé, 2015) et la deuxième *Oecophylla smaragdina* en Asie (Wetterer, 2017). Elles sont considérées comme des modèles intéressants de lutte biologique contre certaines mouches des fruits (*C. cosyra* et *Bactrocera dorsalis*) qui appartiennent à la même famille que *Ceratitis capitata* (les Tephritidae).

De nombreux travaux ont été réalisés sur ces deux espèces de fourmis (*Oecophylla longinoda*, *Oecophyllas maragdina*) et leur rôle dans la régulation des populations des mouches des fruits dans le monde. Nous pouvons citer, ceux de Diamé et al. (2015), Diamé et al. (2018) en Afrique centrale ; Wetterer (2017) en Asie.

Au Maghreb, dans la partie ouest du Maroc, seul le travail de El keroumi et al. (2010), a été dédié à ce groupe d'hyménoptères (Formicidae ; *Monomorium subopacum*, *Tapinoma simrothi*).

En Algérie, il n'existe pas, à notre connaissance, de travaux traitant les fourmis comme un moyen de lutte biologique contre la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*.

La problématique de cette présente étude est axée sur trois principaux points :

Premièrement : Inventaire de la myrmécofaune de la Grande Kabylie dans le but de connaître ce groupe d'insectes dans deux écosystèmes dont l'un est forestier et l'autre agricole.

Deuxièmement : Un suivie de la mouche méditerranéenne des fruits dans deux vergers de figuier en Kabylie.

Troisièmement : Mise en évidence du rôle des fourmis dans la régulation des populations de cette mouche.

Le présent travail est organisé en quatre chapitres dont le premier est une synthèse bibliographique. Le deuxième porte sur la présentation de la région d'étude.

Le troisième rapporte la méthodologie de travail réalisée sur le terrain et au laboratoire ainsi que l'analyse des données (indices écologiques et analyses statistiques). Les résultats et leur discussion sont exposés dans le quatrième chapitre.

Enfin, une conclusion générale, assortie de quelques perspectives, clôture ce travail essor.

Chapitre I :  
Synthèse bibliographique

## I. Généralités sur les fourmis

Les Formicidés constituent la famille des Hyménoptères la plus diversifiée ; elle renferme plus de 15000 espèces (Guénard, 2015). Ce sont les insectes les plus abondants sur terre et représentent jusqu'à 15% de la totalité de la biomasse animale voir 94% des individus et 50% de la masse des arthropodes dans la canopée des forêts tropicales (Holldobler et Wilson, 1990).

Dans les forêts tropicales amazoniennes, il a même été estimé que le poids sec de l'ensemble des fourmis équivalait à environ quatre fois celui de tous les vertébrés terrestres (Holldobler et Wilson, 1994). Leur biomasse mondiale dépasserait même celle des êtres humains (Holldobler et Wilson, 1996 ; Passera et Aron, 2005).

Selon Cagniant (1973, 2011), on trouve les fourmis partout, en forêt comme en milieu découvert, au voisinage des eaux comme dans des endroits secs. Ces insectes occupent les endroits les plus hostiles à la vie animale telle que les hautes montagnes. Ils constituent un groupe d'organismes dominants dans les écosystèmes terrestres et sont aussi bien terricoles qu'arboricoles.

Les formicidés sont des insectes sociaux. La colonie est divisée en castes :

**Les reines :** Seules individus femelles ailés, nettement, plus grosses que les autres fourmis et peuvent vivre jusqu'à dix ou quinze ans. Elles possèdent un organe de stockage du sperme, la spermathèque et leurs ovaires sont pleinement fonctionnels. Leur rôle se résume essentiellement à pondre des œufs et sont donc les fondatrices de nouvelles colonies (Passera, 2016).

**Les ouvrières :** Elles sont toutes aptères et ne possèdent pas de spermathèque et leurs ovaires ne sont pas développés voire atrophiés. Cette infertilité est relative et les ouvrières de certaines espèces ont gardé un potentiel de reproduction puisqu'elles sont capables de pondre des œufs non fécondés en absence de reine. D'autres sont aussi capables de pondre des œufs « alimentaires » qui ne peuvent accomplir leur développement embryonnaire et qui seront destinés à nourrir les larves.

En dehors de l'élevage du couvain (œufs, larves et nymphes), les ouvrières sont entièrement dévouées aux travaux de maintenance du nid (excavation et

réfection des galeries et des chambres), à la récolte de la nourriture et à la défense de la colonie (Passera, 2016).

**Les mâles :** Les mâles sont tous ailés à l'exception de quelques espèces dont les mâles sont aptères (e.g. *Cardiocondyla elegans*, *Formicoxenus nitidilus*). Ils ne sont présents dans la colonie qu'au moment de la reproduction. Ils ne rempliront, au sein de la colonie, aucune autre tâche que celle de féconder les futures reines (Passera, 2016).

Les fourmis sont considérées comme les plus grands prédateurs des arthropodes (Dyer, 2002 ; Philpott *et al.*, 2013). De par cette fonction de prédation, elles constituent de bons agents de lutte biologique contre les bioagresseurs phytophages (Vayssières *et al.*, 2011 ; Yemeda *et al.*, 2013).

La taille des individus varie entre un millimètre et 6 centimètres (cas de la reine chez les magnans). La longévité d'une ouvrière est de 1 à 2 ans, celle d'un mâle est de quelques mois et celle d'une reine peut aller jusqu'à 15 ans.

### **I.1. Classification des fourmis**

Les fourmis sont classées dans une seule famille, celles des Formicidae, au sein de l'ordre des Hymenoptera. Ce sont des insectes qui ont été en constante évolution avec succès depuis le Crétacé (Ward, 2007).

C'est le groupe le plus homogène de tous les insectes sociaux (Passera et Aron, 2005). Selon Bolton (1995) les fourmis vivantes connues comptent 16 sous-familles, 59 tribus, 296 genres et 9538 espèces.

Le nombre des espèces est estimé par Hölldobler et Wilson (1990) à 20.000 et peut dépasser 25.000 (Ward, 2010). La classification la plus récente des Formicidae (Bolton, 2003) fait apparaître 21 sous-familles actuelles, auxquelles il faut ajouter 4 sous-familles fossiles et 55 tribus (Ward, 2010) et plus de 12.000 espèces décrites (Bolton *et al.*, 2006 cités par Ward, 2007). L'augmentation du nombre de sous-familles vient principalement de l'éclatement de l'ancienne sous-famille des Ponerinae en 6 sous-familles (Passera et Aron, 2005).

## **I.2. Répartition des fourmis**

### **I.2.1. Dans le monde**

La répartition des fourmis est sous l'influence des facteurs climatiques. L'altitude, l'exposition du lieu, la nature du substrat accentuent le climat régional et déterminent le paysage végétal.

Le facteur le plus important est la physionomie du couvert végétal ; celle-ci correspond à la densité et à la morphologie de la végétation : arbres, arbustes ou buisson, pelouse ou friche. C'est donc le pourcentage du couvert végétal et la nature de celui-ci (Chênes verts ou zéens, cèdres ou pins...) qui, avec les autres facteurs (altitude, exposition...), conditionnent le micro climat au niveau du sol auquel les insectes sont soumis (Cagniant, 2011).

La répartition des fourmis permet de distinguer diverses catégories :

- En fonction de l'altitude, des espèces de basse altitude (ne dépassant guère 1000 m), des montagnardes et des espèces à large extension altitudinale.
- En fonction du couvert végétal, des espèces des lieux découverts, des lieux forestières et des lieux mésoforestières. Nous appelons transgressives (anthropophiles), les espèces introduites partout avec les cultures, le pâturage et les reboisements.

La répartition des fourmis est déterminée aussi par leur éthologie : espèces arboricoles ou terricoles.

Les régions géographiques qui recèlent le plus grand nombre de genres sont, par ordre décroissant, l'Indo-Australie, le Néotropical, l'Oriental, l'Australie, l'Afrique, le Paléarctique, le Néarctique et la Malaisie. Les zones Néotropicales et l'Afrique ont le plus grand nombre de genres endémiques (Bolton, 1995).

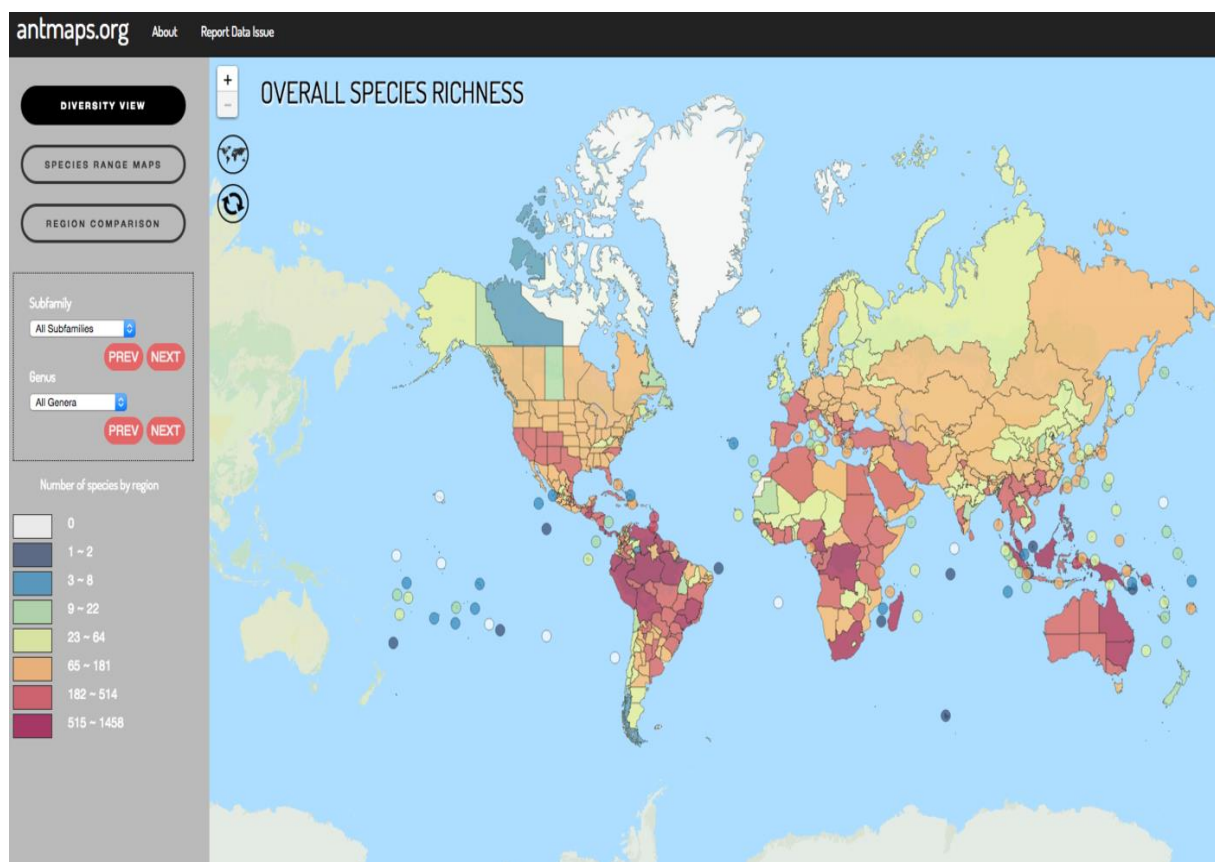
Selon Passera et Aron (2005), les fourmis sont faciles à retrouver. Des forêts finlandaises qui s'étendent au-delà du Cercle polaire jusqu'aux régions équatoriales, elles sont partout. Espaces urbanisés, terres cultivées, landes incultes ou déserts, tout constitue un biotope favorable à l'établissement de ces

insectes sociaux. Seuls, le Groenland et l'Antarctique manquent de fourmis et quelques îles sont dépourvues de fourmis endémiques (Passera, 2016).

Le biologiste français Guénard et ces collaborateurs (2015) ont dressé une carte mondiale des fourmis. Ce qui facilite la découverte de nouvelles espèces et livrer de précieuses informations sur les principaux points chauds de la planète en matière de la biodiversité (Fig. 1). Ils pensent qu'il existerait entre 25000 et 30000 espèces de fourmis, fait-il remarquer.

Beaucoup se trouvent dans des zones tropicales peu étudiées, par manque d'expertise locale et de moyens financiers. Parmi les trous noirs en matière de connaissances figurent le Laos, le Cambodge, le Togo, le Bénin, le Malawi et le nord-est du Brésil.

«Il y en a même en Europe, poursuit-il. On en sait très peu sur les populations de fourmis de Bosnie, de Lituanie ou de Biélorussie.» En Suisse, la grande majorité est, en revanche, connue.



**Figure 1** : Répartition des fourmis dans le monde (Guénard *et al.*, 2015)

### I.2.2. En Algérie

Les grandes lignes de la distribution des espèces sont fixées, en premier lieu, par les contingences macro-climatiques et géographiques. Il en résulte que les espèces peuvent se classer selon des critères de répartition : espèces des Atlas ou littorales, méridionales ou au contraire localisées au nord du pays.

Ce modèle est particulièrement net en Algérie car la structure du pays est clairement orientée nord-sud. A côté des espèces à répartition stricte, nous avons des formes indifférentes, à large répartition (Cagniant, 2011).

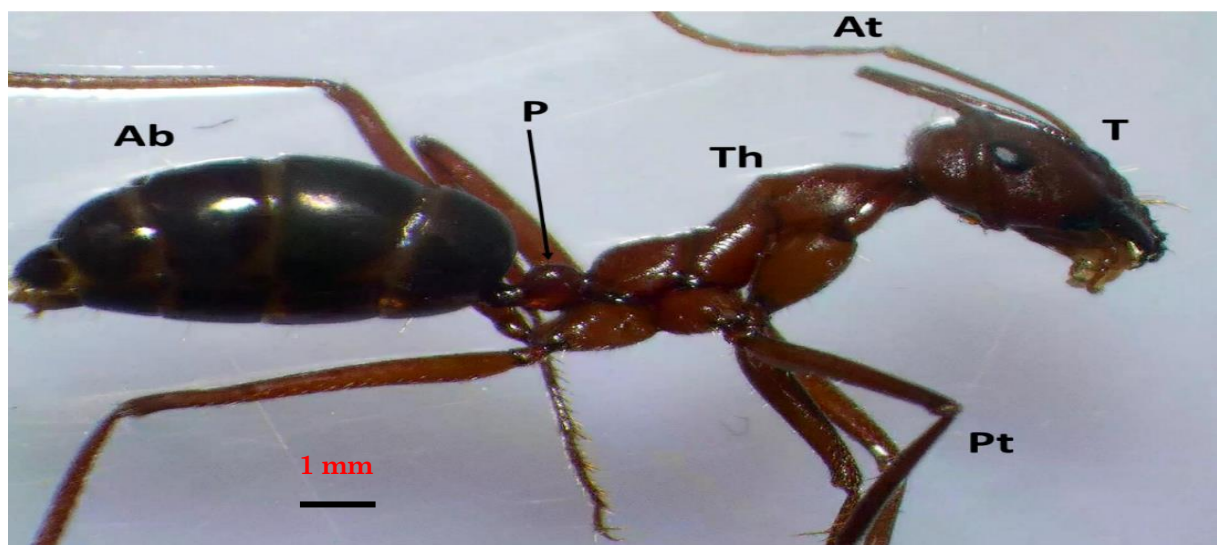
Selon Cagniant (1972), 8 groupes de fourmis sont distingués :

1. Groupement hygrophile de l'Aulnaie du Lac Tonga (espèces euro-asiatiques).
2. Groupement des forêts de Chênes caduques.
3. Groupement des Subéraies ; les espèces méditerranéennes et maghrébines y dominant ; on peut différencier un faciès littoral et un faciès méso-montagnard.
4. Groupement des Cédraies (faciès de l'Aurès et faciès tellien).
5. Groupement des pelouses et pâturages pseudo alpins.
6. Groupement des Chênaies vertes des étages sub-humide et semi-aride ; les espèces maghrébines y dominant.
7. Les peuplements des espaces ouverts de l'étage du Chêne vert avec espèces de lieux découverts que l'on retrouve dans toutes les forêts dégradées.
8. Les groupements hélio-thermophiles des formations enrésinées par le Pin d'Alep, avec :
  - Un faciès littoral, vicariant calcicole de Chêne liège.
  - Un faciès méso-montagnard remplaçant souvent le Chêne vert en milieu dégradé, nettement plus xérophile.
  - Les faciès à Genévrier rouge (Atlas saharien, Aurès) avec un peuplement d'espèces méridionales.
  - Un faciès marocain des monts d'Ain-Sefra

### I.3. Anatomie des Formicidés

Comme tous les insectes, les fourmis ont un corps qui se compose de trois parties principales : la tête, le thorax et l'abdomen, appelé aussi Gastre (Fig. 2).

La tête est composée d'antennes comprenant 4 à 13 articles. Ces antennes compensent la petitesse des yeux par leur grande sensibilité aux odeurs et aux ultrasons ; en palpant le sol, une fourmi reconnaît souvent les vibrations caractéristiques du nid dont elle provient (Bernard, 1983).



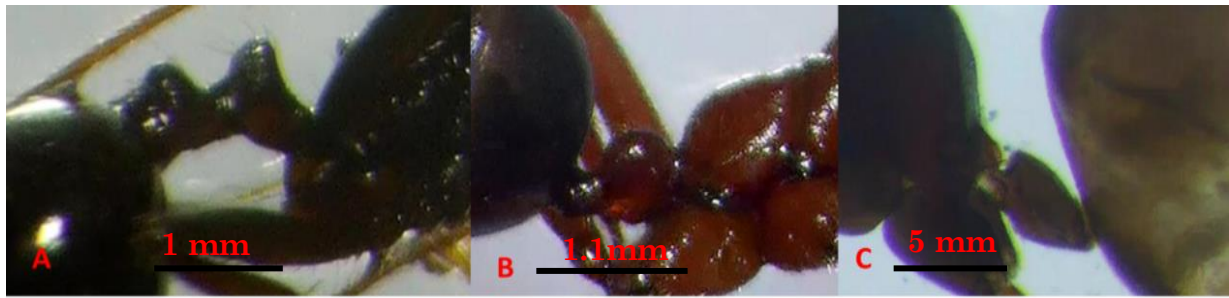
**Figure 2:** Anatomie détaillée d'une fourmi du genre *Cataglyphis* (Originale, 2021).

T : Tête ; Pt : Pattes ; Th : Thorax ; P : Pétiole ; Ab : Abdomen

En plus des segments antérieurs (prothorax, métathorax et mésothorax), le thorax possède un lobe postérieur qui est, en réalité, le premier segment abdominal de la larve, soudé au thorax lors de la métamorphose (Bernard, 1983).

Le gastre présente 3 à 5 segments, il est terminé par l'anus et l'aiguillon est atrophié ou peu fonctionnel selon les espèces. A lui seul, il contient les organes digestifs (sauf l'œsophage et les glandes salivaires) ainsi que les organes reproducteurs (Bernard, 1983).

Entre le gastre et le segment médian (lobe postérieur) se place un pétiole, de 1 ou 2 segments selon les groupes (Fig.3).



**Figure 3:** Forme de pétiole dans les sous-familles les plus importantes en Algérie A ; B ; C (Originale, 2021).

A: Myrmecinae, B: Formicinae, C: Dolichoderinae

#### I.4. Cycle de développement

Peu de travaux ont porté sur les stratégies de reproduction et la structure des populations des fourmis. Pourtant, les analyses génétiques récentes révèlent l'évolution des structures sociales, des systèmes d'accouplement et des processus de dispersion originaux qui sont fort différents selon les espèces (Darras *et al.*, 2014).

Certaines espèces sont strictement monogynes (présence d'une unique reine reproductrice par société), alors que d'autres sont facultativement ou obligatoirement polygynes (présence de plusieurs reines reproductrices par société) (Pearcy *et al.*, 2004 ; Knaden et Wehner 2006 ; Timmermans *et al.*, 2008 ; Timmermans *et al.*, 2010 ; , Leniaud *et al.*, 2011).

Chez les fourmis, le nombre d'accouplements moyen des reines est généralement inférieur à deux (Boomsma et Ratnieks, 1996, Crozier et Fjerdingstad, 2001 ; Strassmann, 2001). La reproduction des ouvrières est, toutefois, observée en l'absence de reine, au sein de sociétés orphelines.

Les ouvrières peuvent pondre des œufs haploïdes, à destinée mâle, par parthénogenèse arrhénotoque (Cagniant, 2009 ; Timmermans *et al.*, 2010). Chez certaines espèces, des œufs diploïdes non fécondés, à destinée femelle, sont également formés par parthénogenèse thélytoque (Dartigues et Lenoir 1990, Timmermans *et al.*, 2008 ; Cagniant, 2009).

### **I.5. Habitat des fourmis**

Les fourmis ont pu coloniser les milieux les plus divers : dunes, garrigues, prairies, champs cultivés, forêts, agglomérations humaines, du bord de la mer aux massifs montagneux, jusqu'à des altitudes de 2500 à 3000 m (Della Santa, 1995). Le comportement des fourmis, quant à l'édification et la localisation de leurs nids, varie considérablement non seulement entre tribus mais aussi entre espèces du même genre. Une espèce peut changer, elle-même, ses habitudes selon son biotope (Jolivet, 1986).

La fourmilière, habitat des fourmis, est représentée par quatre types :

- La fourmilière en dôme : c'est la plus fréquente. Elle est "semi enterrée". On la repère au dôme de terre ou de brindilles ressortant de la terre (Passera, 2016).
- La fourmilière arboricole : elle se trouve dans les arbres, en rassemblant les feuilles entre elles grâce à la soie sécrétée par les cocons des fourmis. Celles-ci présentent une durée de vie très courte.
- La fourmilière souterraine : correspond à un ensemble de galeries irrégulières.
- La fourmilière en amas : c'est un type de fourmilière très rare qui se compose, en fait, du corps des ouvrières encastrées les unes aux autres (Passera, 2016).

### **I.6. Régime alimentaire des fourmis**

Les fourmis sont omnivores (Perrier, 1940) , elles se nourrissent du miellat produit par les pucerons et autres petits Hémiptères, d'insectes et de petits invertébrés morts ou vivants ainsi que des sucres de plantes et de fruits divers. Elles se nourrissent, également, des œufs d'insectes.

Lorsqu'elles entrent dans nos maisons, les fourmis ajoutent à leur menu une foule d'aliments sucrés, des viandes, de la nourriture pour animaux et des matières grasses. Elles peuvent manger presque tout ce dont les humains se nourrissent. Elles chassent également les petits insectes qui se sont installés dans les habitations (Garifuna, 2012).

Lorsqu'une nouvelle reine fonde une colonie, elle nourrit les premières larves à l'aide d'œufs alimentaires qui ne renferment que des substances nutritives. La reine, elle-même, doit, parfois, manger ses propres œufs pour survivre jusqu'à l'entrée en fonction des premières ouvrières. Plus tard, en cas de stress sévère causé à la colonie, la reine peut recourir au cannibalisme pour assurer sa survie (Garifuna, 2012).

Les ouvrières, en charge du ravitaillement, ont deux estomacs. Le plus grand est un estomac « communautaire » où la fourmi garde la nourriture qu'elle mange sous une forme liquide. De retour au nid, elle partage cette nourriture avec la reine, les larves et les autres ouvrières.

En plus du gros estomac, ces fourmis possèdent un jabot, ou estomac « individuel ». Lorsque la fourmi elle-même a besoin de nourriture, une partie des aliments contenus dans le grand estomac est transférée dans le jabot, puis digérée. Les larves destinées à devenir des reines reçoivent davantage de nourriture que les autres (Dussutour et Simpson, 2009).

### **I.7. Ennemis naturels des fourmis**

Les fourmis ont de très nombreux ennemis naturels. Ils peuvent être des agents pathogènes ou des prédateurs. Les principaux sont représentés par des champignons, des arachnides, des coléoptères, des diptères, des névroptères, des oiseaux, des amphibiens, des reptiles et des mammifères (Jolivet, 1986).

Les Formicidés occupent une place très importante dans le régime alimentaire de certaines espèces d'oiseaux telles que le torcol fourmilier *Jynx tooquilla mauretana*, l'Hirondelle de cheminée *Hirundo rustica* et de l'Hirondelle de fenêtres *Delichon urbica* (Hacini, 1995). Les fourmis représentent 95,9% des Hyménoptères et 66,3% des proies retrouvées dans les fientes de *D.urbica*.

De même, le héron garde-bœuf est un prédateur de Formicidés au moment de l'essaimage (Setbel, 2003). En outre, parmi les proies du hérisson en Algérie, nous retrouvons des Formicidés telles que *Messor barbara*, *Camponotus sp.* et

*Tapinoma simrothi*. Elles représentent 86% de l'ensemble des proies ingérées (Doumandji et Doumandji, 1992).

### **I.8. Défense chez les fourmis**

Les ouvrières possèdent des moyens de défense ou d'attaque qu'elles utilisent lors des interactions avec d'autres fourmis (ou avec d'autres taxa) qu'elles chassent ou qui les chassent. Ces mécanismes peuvent être considérés aux niveaux individuel et collectif.

#### **I.8.1. Au niveau individuel**

Les fourmis utilisent principalement deux méthodes. La première c'est la morsure avec leurs mandibules, qui se ferment rapidement sur leurs parois ; comme chez le genre *Odontomachus* (Dejean, 1980).

La seconde, c'est l'utilisation de leurs dards qui, lors des piqûres, diffusent un venin très puissant dans l'organisme de l'ennemi ; comme la fourmi de feu *Solenopsis invicta* (Lager *et al.*, 2015).

#### **I.8.2. Au niveau collectif**

Les fourmis diffèrent de la plupart des animaux sociaux ou grégaires par le fait qu'elles effectuent des tâches en groupes, avec une organisation plus ou moins complexe (Deneubourg et Goss, 1989 ; Bonabeau *et al.*, 1997 ; Theraulaz *et al.*, 1999).

Ces tâches collectives ont pour objet la construction et la maintenance du nid, l'exploitation de sources de nourriture, la défense du territoire, etc. Ces deux dernières tâches nécessitent le recrutement d'un nombre plus ou moins important d'individus.

**Le recrutement** : c'est un type de communication qui amène les individus d'une même société à se rassembler dans une région de leur territoire, dans le but d'y accomplir une tâche particulière : récolte de nourriture, défense du nid ou encore déménagement (Passera, 2005). Le recrutement des fourmis s'inscrit dans un processus évolutif et adaptatif (Passera, 2005).

**La stratégie :** Les fourmis ont mis en place des stratégies. Avant d'engager un combat, des fourmis éclaireuses partent en observation. C'est-à-dire que lorsqu'une fourmi étrangère est repérée, l'éclaireuse tentera de s'imprégner de son odeur pour retourner à sa colonie et transmettre les informations (grâce aux phéromones) à ses congénères. Cependant, lorsqu'une éclaireuse se fait tuer, la colonie, n'ayant pas reçu d'information se trouve en danger.

Plusieurs auteurs ont appliqué des modèles mathématiques, décrits à l'origine pour caractériser des modèles militaires de combats, aux mécanismes compétitifs observés entre les colonies de fourmis qui s'affrontent (Franks et Partridge, 1993, 1994 ; Whitehouse et Jaffe, 1996 ; McGlynn, 1999, 2000 ; Borges, 2002).

### **I.9. Ecologie des fourmis**

Les fourmis sont des organismes cibles intéressants pour étudier leurs modifications telles que leur abondance et de leur dominance écologique. En effet, elles ont une distribution cosmopolite et participent à de nombreuses fonctions dans l'écosystème terrestre. Elles sont également faciles à étudier et des méthodes d'échantillonnage standard existent.

Bien que de nombreuses recherches aient démontré des modifications dans la composition spécifique des fourmis dans des gradients environnementaux, un nombre réduit d'entre elles ont étudié la contribution de ces organismes au fonctionnement des écosystèmes. De plus, les traits responsables de la stabilité des communautés de fourmis, en réponse à ces modifications, sont encore peu connus.

Il est donc nécessaire de développer une méthodologie capable d'identifier la participation des fourmis dans des processus écosystémiques permettant également de quantifier leur activité afin de comprendre comment elles agissent sur les capacités de résistance et résilience des écosystèmes (Salas lopese *et al*, 2016).

Elles constituent, a priori, un modèle animal excellent pour des études écologiques. On peut facilement trouver un support à cette affirmation lorsqu'on

s'aperçoit de l'ubiquité et de l'abondance des fourmis dans le monde comme de la facilité de leur échantillonnage (Hölldobler et Wilson, 1990 ; Lach *et al.*, 2010).

Toutes les fourmis appartiennent à la famille des Formicidae qui est apparue sur Terre il y a entre 180 et 130 millions d'années ; l'hégémonie de cette famille est restée incontestée depuis 60 millions d'années (Wilson et Hölldobler, 2005 ; Ward, 2014). Wilson (1971) et Wilson et Hölldobler (2005) stipulent que le succès écologique des fourmis est uniquement comparable à celui de notre propre espèce.

### **I.9.1. Fourmis et plantes**

Les fourmis ont une très importante diversité d'interactions avec les plantes, essentiellement mutualistes (Orivel, 2007).

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 ; Orivel, 2007). Il n'en demeure pas moins que les fourmis déprédatrices de végétaux peuvent avoir un impact profond voire majeur sur les écosystèmes.

A titre d'exemple, les fourmis champignonnistes sont les principaux défoliateurs et phytophages d'Amérique tropicale (Cherrett, 1986). Les fourmis granivores, dominantes dans de nombreuses régions désertiques, peuvent, quant à elles, consommer jusqu'à 95% des graines produites annuellement (MacMahon *et al.*, 2000).

Ces dernières années des scientifiques ont découvert que certaines plantes guyanaises sont capables de pénaliser leurs fourmis hôtes si celles-ci ne jouent pas le jeu de la cohabitation.

Les fourmis de l'espèce *Allomerus decemarticulatus* habitent dans la plante *Hirtella physophora*. Tandis que les fourmis logent dans les poches foliaires de la plante guyanaise, cette dernière bénéficie de leur protection contre les insectes phytophages (MacMahon *et al.*, 2000).

Les scientifiques expliquent que les fourmis font exprès de détruire plus de deux tiers des boutons floraux produits par leur plante hôte. Reste que *Hirtella physophora* sait même plutôt bien se défendre car si trop de boutons sont détruits, les nouvelles poches foliaires qu'elle produit sont particulièrement petites et les fourmis ne peuvent pas s'en servir (Perrin, 2013).

Les fourmis ont développé des associations fortes avec différents organismes de leur environnement, notamment des relations d'interaction mutualiste avec certaines plantes.

Chaque partenaire de ces relations bénéficie de l'existence de l'autre : les fourmis protègent les plantes des insectes herbivores (mangeurs de feuilles, de fruits, etc.) et en retour, la plante fournit aux fourmis un abri, des ressources alimentaires ou des sites de reproduction (Diame *et al.*, 2018).

### **I.9.2. Fourmis comme bio-indicateurs**

Les fourmis font l'objet d'un suivi dans l'étude des perturbations des écosystèmes terrestres (Bachelier, 1963 ; Lee et Foster, 1991).

En effet, du fait du caractère sessile des colonies de la plupart des espèces et de leur sensibilité aux changements des conditions environnementales, elles sont de robustes bio-indicateurs de la qualité des milieux.

Elles sont utilisées dans de nombreux programmes d'évaluation de la biodiversité (Agosti *et al.*, 2000 ; Dieng *et al.*, 2016). De même, elles jouent un rôle important comme indicateur de la pollution.

### **I.9.3. Fourmis et agriculture**

Aussi étonnant que cela puisse paraître, les fourmis sont l'une des rares espèces vivantes à « exploiter » les ressources produites par d'autres espèces.

L'agriculture chez les fourmis est très variée. En effet, elles cultivent aussi bien des champignons qu'elles élèvent des pucerons pour leur miellat (Lager *et al.*, 2015 ; Passera, 2017).

Deux chercheurs Allemands ont réussi à trouver des fourmis, qui cultivent des plants du genre *Squamellaria* aux îles Fidji (situé dans l'Ouest de l'océan pacifique sud) de puis des millions d'années (Chomicki et Renner, 2016).

#### **I.9.4. Fourmis comme prédateurs**

A l'heure actuelle, la conservation et la gestion de la biodiversité sont des préoccupations mondiales. Cependant, afin d'appréhender au mieux ces enjeux, il est avant tout indispensable de mettre en place et de procéder à des mesures fiables, reproductibles et peu onéreuses sur différents organismes cibles. Parmi les organismes susceptibles de fournir de telles informations, les fourmis constituent de très bons modèles biologiques.

Au niveau des réseaux trophiques, les fourmis sont les plus grands prédateurs d'arthropodes (Dyer, 2002 ; Philpott *et al.*, 2008). De par cette fonction de prédation, elles constituent de bons agents de lutte biologique contre les bioagresseurs phytophages (Vayssières *et al.*, 2011 ; Yemeda *et al.*, 2013).

La prédation directe des insectes par les fourmis dépend du type d'insecte, de sa taille, de sa densité dans son environnement ainsi que du comportement de la fourmi et son environnement (Diame *et al.*, 2018).

Selon Diame *et al.*(2018), dans un environnement agricole, c'est la colonisation des habitats par des espèces de fourmis dominantes organisées sous la forme d'une "mosaïque de fourmis" (c'est-à-dire la distribution des espèces dominantes en taches, de telle sorte que les territoires ne se chevauchent pas), qui permet le contrôle le plus efficace des insectes herbivores, en raison de la recherche de proies animales ou de miellat.

L'activité prédatrice des fourmis, conduisant à une réduction de la pression exercée par les insectes herbivores (au sens large), est basée sur deux principaux facteurs : la chasse coopérative, considérée comme le mécanisme le plus élaboré et la chasse solitaire dite "stochastique".

L'action prédatrice des fourmis se produit aussi bien dans la canopée des arbres que dans ou sur le sol.

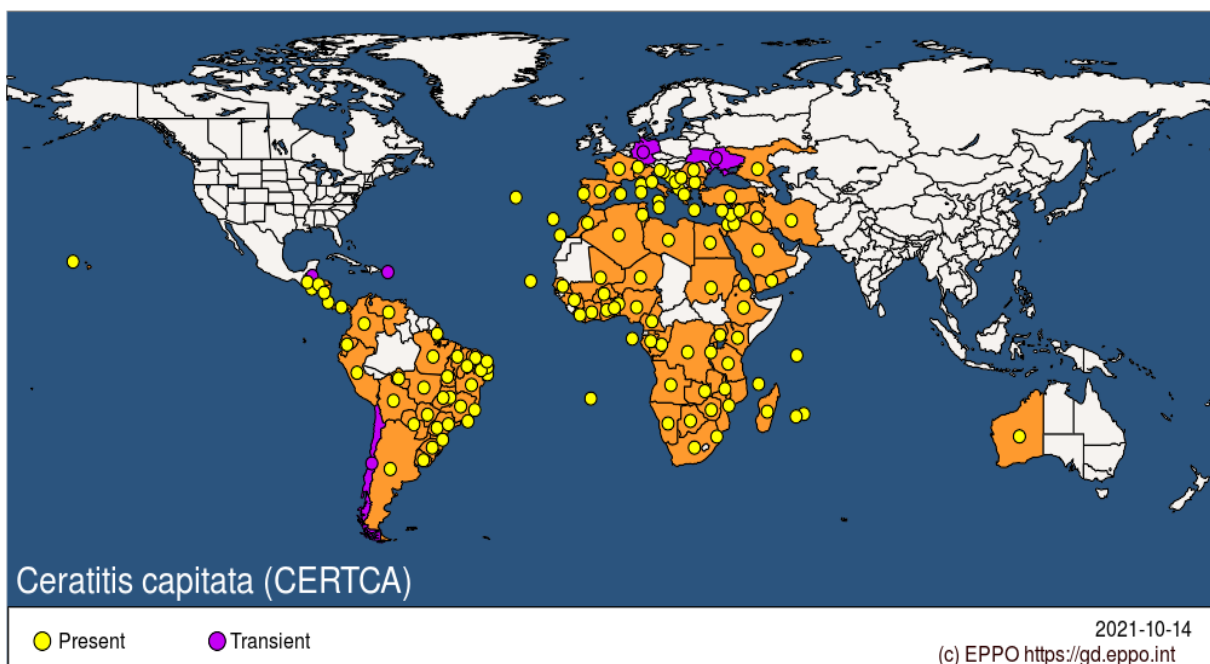
## II. Mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata* WIEDEMAMM, 1824

Cette mouche est considérée comme étant l'insecte ravageur le plus redoutable à l'arboriculture fruitière. Elle appartient à l'ordre des Diptères, groupe des Schizophora, à la famille des Tephritidae et à la tribu des Ceratitidini (White et Elson-Harris, 1992). Selon Boudjelida et Soltani, elle est le plus important ravageur des fruits dans le monde.

*C. capitata* est d'origine africaine, sub-saharienne (probablement Afrique orientale ou australe) d'après De Meyer *et al.* (2004) et se trouve dans toute l'Afrique sub-saharienne où elle semble être moins abondante dans des conditions plus humides et plus froides mais répandue dans les environnements secs et chauds.

De l'Afrique, ce déprédateur s'est répandu dans différentes parties du monde, d'abord dans le bassin méditerranéen, puis en Amérique latine, en Australie et à Hawaï. Il est également introduit sur toutes les îles de l'océan Indien occidental.

Pour une phylogéographie mondiale, Ruiz-Arce *et al.* (2020) ont introduit une carte récente basée sur l'ADN mitochondrial montrant la distribution de la cératite au niveau mondial (Fig. 4).



**Figure 4 :** Répartition de *Ceratitis capitata* dans le monde (EPPO, 2021).

En Californie (États-Unis), *Ceratitis capitata* est régulièrement détectée mais fait systématiquement l'objet de campagnes d'éradication.

Cependant, l'élimination complète des populations de ce ravageur a été estimée par Papadopoulos *et al.* (2013) qui considéraient que des populations, à peine détectables, s'établissent et réapparaissent régulièrement.

De plus, il existe des enregistrements intermittents de plusieurs pays en dehors de l'aire de répartition établie.

### **II.1. Plantes hôtes**

Selon Delassus *et al.* (1931), les Citrus ne sont pas les seules plantes attaquées par la cératite en Algérie. C'est un ravageur clé des agrumes et des fruits à noyau (AliAhmed-Sadoudi, 2007).

*C.capitata* est une espèce très polyphage dont les larves se développent dans une très large gamme de fruits non apparentés. Elle est signalée à partir de plus de 350 hôtes différents confirmés dans le monde et appartenant à 70 familles de plantes (Ali Ahmed-Sadoudi, 2007).

De plus, ce diptère est associé à un grand nombre d'autres taxons végétaux dont le statut d'hôte n'est pas certain. Ainsi, le Compendium of Fruit Fly Host Information (CoFFHI) fournit une liste complète d'hôtes avec des références détaillées (Liquidó *et al.*, 2020).

### **II.2. Biologie et cycle de développement**

La biologie de la cératite a fait l'objet de très nombreuses études. Parmi lesquelles, nous citons celles de Silvestri (1913), de Constantino en 1930 (Balachowsky et Mesnil, 1935), de Back et Pemberton en 1918 aux îles Hawaii ainsi que les recherches de Bodenheimer en 1951.

Le cycle de vie général est similaire à celui des autres espèces de *Ceratitis* infestant les fruits : les œufs sont pondus sous la peau du fruit hôte. Trois stades larvaires se développent à l'intérieur du fruit, se nourrissant des tissus végétaux.

Une fois mature, la larve du troisième stade quittera le fruit, s'enfencera dans le sol et se transformera en une nymphe (Fig. 5).

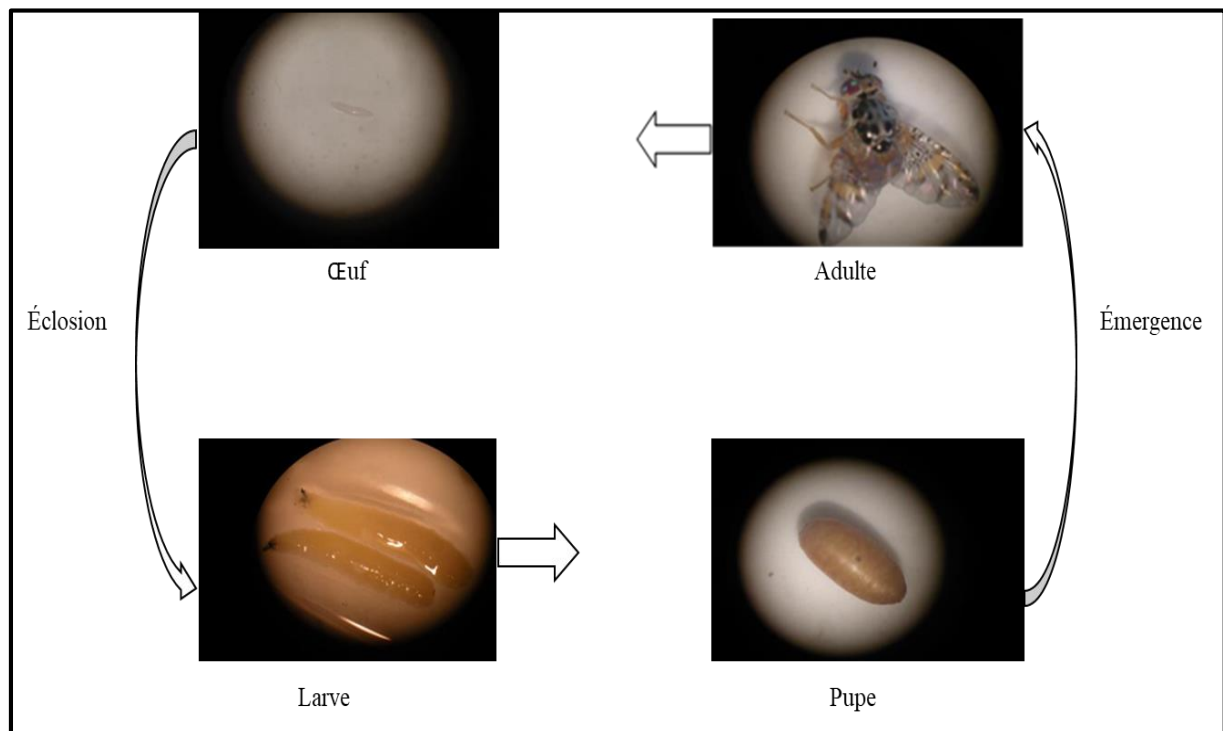
La mouche adulte sortira du puparium et sa durée de vie moyenne est de 11 semaines pour les mâles et de 9 semaines pour les femelles (Carey et *al.*, 2008), bien que certains individus puissent vivre plus longtemps.

Les femelles commencent à pondre dans les fruits entre 3 et 6 jours après l'émergence des adultes (Vargas et *al.*, 1984 ; Manrakhan et Lux, 2006).

La durée du stade larvaire varie de 5 à 21 jours sous des températures respectives de 30 et 15°C (Duyck et Quilici, 2002). Le stade nymphal dure 8 à 35 jours au même intervalle de température. Un cycle de vie complet est bouclé en 32 jours environ à 25°C (Vargas et *al.*, 1984).

Diamantidis et *al.* (2009) ont montré que les populations de *C. capitata* ont évolué, suivant différentes stratégies de cycle de vie (en ce qui concerne la longévité, la maturité reproductive et la fécondité) dans différentes conditions environnementales.

La résistance aux effets du stress climatique (ex. froid et chaleur, dessiccation), la démographie, les fluctuations de population et le nombre de générations annuelles diffèrent également selon la situation environnementale et les conditions bioclimatiques locales (Nyamukondiwa et *al.*, 2013 ; Weldon et *al.*, 2018).



**Figure 5:** Cycle biologique de la cératite (Bachi, 2018).

### II.3. Nombre de générations de la cératite

Le nombre de générations de *Ceratitis capitata* varie d'une année à une autre, d'une région à une autre et est fonction des conditions climatiques locales, particulièrement la température. Il évolue aussi en fonction des espèces fruitières sur lesquelles ont lieu les pontes (Ramade, 2003).

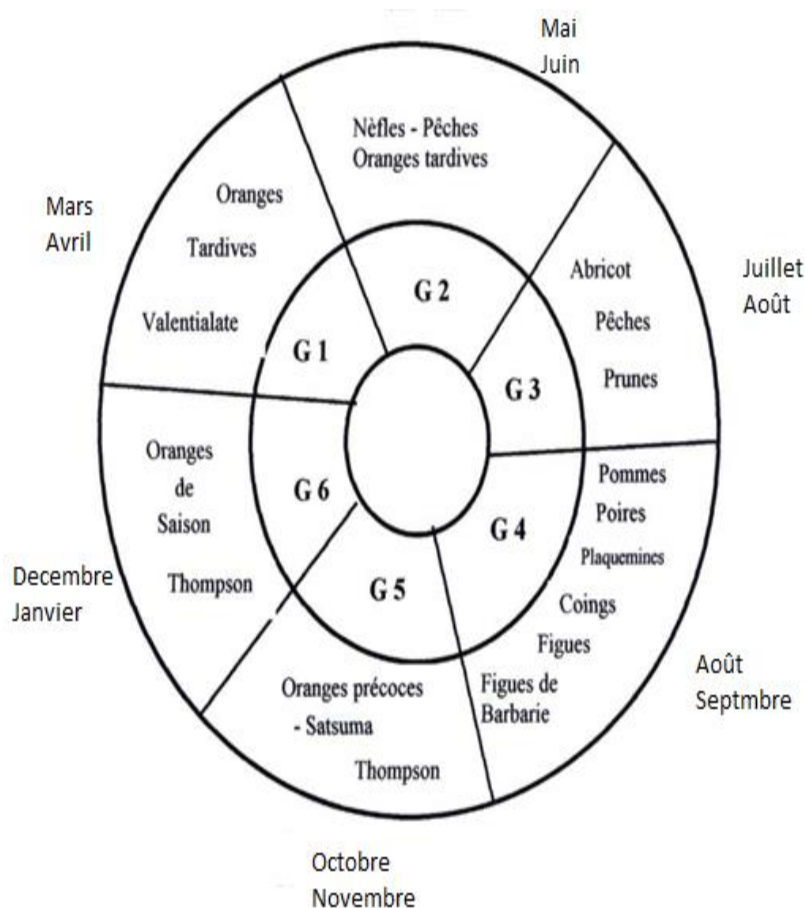
Dans le bassin méditerranéen, six à huit générations se succèdent dans l'année (Geoffrion, 2003). Selon Ramade (2003), plus de 10 générations par an peuvent être comptées en Afrique occidentale.

Au Sud de l'Italie, le développement commence en juin sur pêches et abricots, et se termine sur les agrumes avec, au total, six à sept générations.

Selon les années, seulement une à deux et exceptionnellement trois générations sont observées dans le Sud de la France, qui constitue la limite septentrionale de l'aire de répartition de la cératite.

En Algérie, le nombre de générations de la cératite est résumé dans la figure 6 par Oukil (1995) comme suit :

- La première génération a lieu durant les mois Mars et Avril sur les oranges tardives.
- La deuxième génération, caractérisée par un minimum d'individus et presque inaperçue, survient au mois de Mai.
- La troisième génération s'attaque aux fruits à noyaux (telle que la pêche, l'abricot et la prune) ; elle apparaît au mois de Juillet.
- La quatrième génération apparaît entre la fin du mois d'Août et le début du mois de Septembre.
- Les deux dernières générations se développent sur les agrumes.



**Figure 6:** Schéma représentant le nombre de générations possibles de *Ceratitis capitata* en Algérie (Oukil, 1995).

#### II.4. Facteurs influençant le comportement de la cératite

Le comportement de la cératite est influencé par différents facteurs qui ont un impact direct sur l'activité de cette dernière.

##### II.4.1. Facteurs abiotiques

###### ❖ Température

Selon les travaux de Bodenheimer (1951), Shoukry et Hafez (1979) ainsi que ceux de Delrio (1985), Nunez (1987) et Fahadet *al.* (2014), la température agit sur toutes les fonctions vitales de la cératite.

La maturité sexuelle et la durée d'oviposition sont plus longues pour des températures allant de 17 à 24°C et sensiblement plus courtes pour des températures de 26 à 30°C.

La fécondité journalière est augmentée en jours ensoleillés et les œufs deviennent infertiles à des températures minimales de 4 à 7°C et il en est de même pour les fortes températures de l'ordre de 35°C.

Le nombre de générations de la cératite est élevé (8 à 10) dans les régions chaudes mais les adultes ne supportent pas les fortes températures qui dépassent 45° C ainsi que les basses températures (inférieures à 10° C), surtout si elles sont accompagnées de pluie.

Les pupes se montrent plus résistantes aux variations thermiques ; elles survivent à des intervalles allant de -6 à 45° C (Delrio, 1985).

L'intervalle thermique pour les différents stades (œufs, larves, pupes et adultes) se situe entre 10 et 35°C. L'optimum est situé entre 23 et 37°C (Nunez, 1987 ; Dridi, 1995).

#### ❖ Humidité

Selon Ali Ahmed-Sadoudi (2007), la pluie rend la cératite inactive. Par contre, le manque d'humidité et l'air sec gênent le comportement des adultes de la cératite et les obligent à se déplacer à la recherche d'eau et d'humidité (Nunez, 1987).

#### ❖ Lumière

En lumière naturelle, l'activité sexuelle se manifeste dès le début du jour puis diminue pour s'annuler avant la baisse de l'intensité lumineuse (Causse et Ferron, 1967).

Selon Nunez (1987), l'idéal du rapport lumière/obscurité pour les différents stades de développement est de 12/12.

#### ❖ Vent

Le vent est un facteur important de dispersion et de migration des insectes. Les vents forts peuvent emporter les mouches jusqu'à 72km de leur gîte larvaire et même au-delà (Seguy, 1950).

Soria (1963) a montré que la rapidité de la dispersion de la cératite peut atteindre 464m en 24 heures. Cependant, les vents trop forts ou trop chauds, cas des siroccos, gênent l'activité des adultes et provoquent une forte mortalité (Delanoue, 1951).

#### ❖ Pluviométrie

Une fois les trois stades larvaires achevés, la larve du troisième stade passe dans le sol pour se nymphoser. Les nouveaux adultes de la cératite, sont dérangés par les pluies dans leurs vol (Ali-Ahmed-Sadoudi, 2007).

### II.4.2. Facteurs biotiques

#### ❖ Hôte

L'hôte influe considérablement l'épidémiologie de la cératite (Bodenheimer, 1951 ; Debouzie, 1980). Cette influence revêt une importance capitale car elle détermine le nombre de générations et donc le nombre de femelles en quête de ponte dans un biotope donné.

Selon Debouzie et Mazih (1999), la cératite développe 4 générations, de décembre à juin sur l'arganier, d'après Lekchiri (1983), 3 à 5 générations sont développées sur les agrumes, et 5 sur les fruits d'été auxquelles s'ajoutent 2 générations sur Citronnier (Fellah, 1996).

La structure de la peau des fruits et la composition de leur chair en eau, en protéines et en sucres sont des facteurs importants pour favoriser la ponte (Seguy, 1950 ; Ali Ahmed- Sadoudi, 2007).

#### ❖ Parasitisme

Le parasitisme est un facteur qui agit sur les populations de la cératite. Le parasite agit d'une façon directe sur le ravageur, mais son impact, exprimé par le taux de parasitisme, est variable avec les conditions climatiques et le type de l'hôte ce qui complique son utilisation comme moyen de lutte.

De plus, dans le bassin méditerranéen, seul l'hyménoptère *Opius concolor* (connu comme parasite de la cochenille *H. Saissetia oleae*) est inventorié comme parasite de la cératite (Nunez, 1987).

### II.4.3. Facteurs édaphiques

Selon les travaux de Cavalloro et Delrio (1978), la texture du sol agit de façon significative sur le taux d'émergence des adultes de la cératite.

Par ailleurs, la profondeur d'enfouissement des pupes dans le sol affecte différemment le taux moyen d'émergence des adultes de la cératite.

Ali Ahmed-Sadoudi *et al.* (2007) ont confirmé que la texture du sol affecte différemment le taux d'émergence des adultes de la cératite et la durée de pupaison.

### II.5. Dégâts de la cératite

Les fruits attaqués présentent de minuscules piqûres de ponte, mais ces symptômes et d'autres dommages sont souvent difficiles à détecter aux premiers stades de l'infestation (Fig. 7-a). Des dégâts considérables peuvent se produire à l'intérieur du fruit avant que les symptômes ne soient visibles à l'extérieur, souvent sous forme de réseaux de tunnels accompagnés de pourriture (figure 7-b).



**Figure 7:** Dégâts de la cératite sur et à l'intérieur de la figue (Bachi, 2018).

### II.6. Importance économique de *Ceratitis capitata*

L'espèce est considérée comme l'un des principaux insectes ravageurs d'un certain nombre de fruits commerciaux. Globalement, elle a un impact économique massif, en particulier là où l'espèce a été introduite (IAEA, 1995, Enkerlin *et al.*, 2017).

Elle tolère les climats plus frais mieux que la plupart des autres espèces de mouches des fruits tropicales, et a une large gamme d'hôtes. Elle est classée première parmi les espèces de mouches des fruits économiquement importantes (Minas *et al.*, 2016).

En Afrique, elle semble être en compétition avec d'autres mouches des fruits indigènes et exotiques et son impact est plus limité (Mwatawala *et al.*, 2009 ; Vayssières *et al.*, 2015). Cependant, dans certaines régions d'Afrique du Sud, elle est le principal ravageur dans plusieurs régions, en particulier la région du Cap (Barnes, 2016).

## **II.7. Méthodes de lutte**

Etant un insecte cosmopolite et affectant directement les productions fruitières comme le figuier, la lutte contre la cératite demeure un problème très préoccupant compte tenu de la gravité et de l'ampleur des dégâts associés à la difficulté d'intervention.

Plusieurs techniques ont été mises au point depuis le début du siècle sans arriver à éradiquer ce ravageur très polyphage et multivoltin.

### **II.7.1. Lutte prophylactique**

L'hygiène phytosanitaire des vergers est maintenue à travers les récoltes et la destruction des fruits piqués, tombés au sol.

Ces fruits sont soit enfouis dans le sol à une profondeur de plus de 80 cm, soit brûlés en dehors du verger ou mis dans des sacs bien fermés pour être dégradés et réutilisés comme composte.

De même, la désinfection des sols, qui constituent un abri pour les pré-pupes et les pupes, est un moyen qui peut être utilisé pour limiter les pullulations des mouches de la cératite (Bachi, 2018).

### **II.7.2. Lutte culturale**

Elle consiste en la recherche de variétés résistantes et de sols qui réduiraient les populations de ce ravageur.

Les pratiques culturelles les plus utilisées et qui ont contribué à la lutte contre la cératite, particulièrement en Tunisie et au Maroc (Bachouchi, 2003), sont :

- Toutes les plantes réservoirs présentes autour des parcelles doivent être éliminées.
- Les fruits attaqués doivent être détruits et enfouis. Aucun fruit ne doit rester au sol dans le verger.
- Un travail du sol régulier, en hiver sur les cinq premiers centimètres sous les frondaisons, permet d'exposer une partie des pupes hivernantes à l'humidité, au gel éventuel et aux prédateurs et peut aussi diminuer la première génération survivante.

### **II.7.3. Lutte chimique**

La gestion de cette espèce comprend les mesures générales de lutte contre les mouches des fruits (Vargas *et al.* 2015). Une protection insecticide est possible en utilisant un spray de couverture ou un spray d'appât.

Les pulvérisations d'appâts fonctionnent sur le principe que les Téphritides mâles et femelles sont fortement attirés par une source de protéines d'où émane l'ammoniac.

Les pulvérisations d'appâts ont l'avantage, par rapport aux pulvérisations de couverture, en ce qu'elles peuvent être appliquées comme un traitement localisé afin que les mouches soient attirées par l'insecticide et qu'il y ait un impact minimal sur les ennemis naturels et autres auxiliaires.

### **II.7.4. Piégeage de masse**

Cette lutte consiste en l'installation d'un nombre important de pièges par ha (de 30 à 400) selon les spécialités commerciales. Il s'agit d'un traitement permanent au sein de la parcelle qui permet de garder la population à un niveau bas.

Il est plus efficace quand il est appliqué à grande échelle. Mais il peut s'avérer nécessaire d'avoir recours à des traitements chimiques en cas de fortes

pullulations. Pour cela il faut toujours garder les pièges de surveillances pour déterminer le seuil de traitement.

### **II.7.5. Lutte biotechnique**

#### **❖ Confusion sexuelle**

Pour le contrôle de *Ceratitidis capitata*, l'utilisation de postes d'appâtage, plutôt que de pulvérisations d'appâts, a été suggérée comme étant tout aussi efficace et plus rentable (Pinerio *et al.*, 2014).

L'application de la technique d'annihilation des mâles pour *Ceratitidis capitata* est moins applicable que pour certaines espèces de *Bactrocera* car le leurre principal, le trimedlure, est moins efficace, bien que la suppression à l'aide d'un distributeur de trimedlure ait été proposée (Vargas *et al.*, 2014).

#### **❖ Lutte autocide**

La technique de l'insecte stérile est largement utilisée dans plusieurs pays et régions et pour différentes options stratégiques (prévention, confinement, éradication et suppression).

L'une des utilisations les plus répandues de la technique de l'insecte stérile contre *Ceratitidis capitata* est réalisé au Mexique et en Amérique centrale, en particulier dans le sud du Mexique et au Guatemala pour empêcher la mouche de se déplacer vers le nord (Enkerlin *et al.*, 2017).

### **II.7.6. Lutte biologique**

C'est une méthode qui consiste à diminuer les populations des insectes ravageurs par l'utilisation rationnelle de leurs ennemis naturels appartenant soit au règne animal soit au règne végétal (Balachowsky, 1951).

D'après Mayer (2002), il peut s'agir de micro-organismes (champignons, bactéries, virus), d'invertébrés (acariens, insectes, nématodes) ou de vertébrés (reptiles, amphibiens, oiseaux, poissons, mammifères).

La lutte biologique a été utilisée pour la première fois vers l'an 304 avant Jésus Crist par les Chinois (Lambert, 2010). Dans les vergers d'agrumes, les

fermiers utilisaient des fourmis tisserandes (*Oecophylla smaragdina Fabricius*) indigènes qui consommaient une variété de ravageurs pour protéger les fruits (Peng, 1983).

### II.7.6.1. Lutte biologique avec les fourmis

Les fourmis constituent des candidats potentiels en tant que groupe d'un modèle de lutte biologique du fait de leur grande diversité, leur forte présence dans presque tous les habitats et la facilité des espèces à être collectées (Majer, 1983).

Au niveau des réseaux trophiques, les fourmis sont les plus grands prédateurs d'arthropodes (Dyer, 2002 ; Philpott *et al.*, 2008). De par cette fonction de prédation, elles constituent de bons agents de lutte biologique contre les bio-agresseurs phytophages (Vayssières *et al.*, 2011; Yemeda *et al.*, 2013).

Plusieurs études ont été faites sur les fourmis en tant que un modèle de lutte biologique dans le monde. Nous citons les travaux de Kenne *et al.* (2000) sur l'espèce *Myrmecaria opaciventris*, qu'ils ont considéré comme auxiliaire de lutte biologique contre les termites.

En Amérique du sud, plusieurs travaux ont été réalisés contre la pyrale de caféier avec les fourmis, dont les plus pertinents sont ceux de Fonseca et Raujo (1939) au Brésil et celui de Morris *et al.* (2015) au Mexique.

Yemeda *et al.* (2013) ont utilisé les fourmis comme un moyen de lutte biologique contre des plantes parasites de la famille des Loranthaceae. Aussi, les fourmis sont utilisées contre l'espèce de tiques *Ixodes ricinus* en Suisse (Daniel Cherix *et al.*, 2014).

Au Liban des essais de lutte biologique contre le ravageur des arbres forestières ; la chenille processionnaire *Thaumetopoea wilkinsoni* ont été réalisés en utilisant différentes espèces de fourmis telle que *Aphaenogaster splendida* et *Crematogaster sordidula* (Tohmé et Tohmé, 1982).

En ce qui concerne les mouches des fruits, plusieurs études ont été entreprises notamment celle de Diame *et al.* (2015) qui ont étudié l'influence

d'*Oecophylla longinoda* (fourmis tisserande) sur l'infestation du manguier par la mouche *Bactrocera dorsalis*.

Au Bénin, Van Mele *et al.* (2009) ont mis en évidence le comportement de ponte de la mouche des fruits *Ceratitis cosyra* en présence de la fourmi *Oecophylla longinoda*.

Dans le même sens, Adandonon *et al.* (2009) se sont intéressés à l'influence de la densité des phéromones de la même espèce de fourmis sur le comportement de ponte de *Ceratitis spp.*

Selon Diame *et al.* (2018), les fourmis jouent un rôle important dans l'éradication des populations des mouches des fruits dans les vergers en tant qu'éléments fonctionnels, et sur les fourmis tisserandes *Oecophylla longinoda* en tant qu'agents de contrôle biologique.

Chapitre II :  
Présentation des sites d'étude

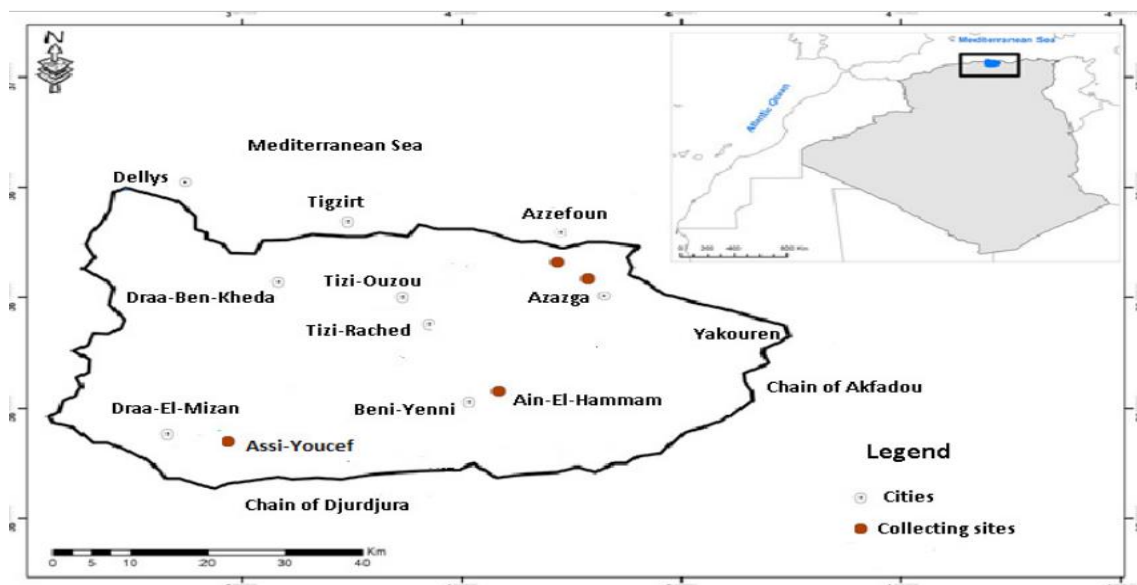
Durant la période d'étude qui s'est étalée de 2017 à 2020, nous avons réalisé dans une première partie, un inventaire de la myrmécofaune dans des sites différents ; deux sites forestiers et deux vergers de figuier.

En deuxième partie, nous avons fait un suivi de la dynamique des populations de la cératite dans des vergers de figuier et nous nous sommes intéressés à l'influence de quelques variétés sur l'infestation du figuier par ce prédateur. La troisième partie a consisté en des essais de lutte biologique, sur terrain, contre les larves de troisième stade de la cératite en exploitant les capacités prédatrices de certaines espèces de fourmis.

### I. Localisation de la région d'étude

La région d'étude se situe au nord de l'Algérie en l'occurrence Tizi-Ouzou ou la Grande Kabylie (aussi appelée Haute Kabylie). Elle est située à l'Est d'Alger et est limitée au Nord par la mer méditerranéenne, à l'Est par la wilaya de Bejaia, à l'Ouest par la wilaya de Boumèrdes et au Sud par la wilaya de Bouira. Sa superficie est de 2970 Km<sup>2</sup>. Elle compte 67 communes pour une population de 1.279.592 habitants.

Les sites d'étude sont localisés à Azeffoun, Assi-Youcef, Ain-El-Hammam et Akerou (Fig. 8).



**Figure 8 :** Localisation des sites d'étude (Lamine, 2021) modifiée.

### I.1. Azeffoun

La commune d'Azeffoun se situe à 56 km au Nord-Est de Tizi Ouzou. Elle est délimitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la commune d'Aït Chaffâa, à l'Ouest par les communes d'Iflissen et d'Aghribs et au Sud par la commune d'Akerou.

Le relief du site est accidenté avec des pentes à 12.5%, à l'exception de l'embouchure de petits oueds côtiers, tel que l'oued Sidi-Ahmed ou Sidi Youssef (Cherifi, 2004). D'après Caltechnica (1972 cité par Cherifi 2004), la géologie de cette zone littorale est constituée de terrains qui n'offrent pas de bonnes qualités aquifères. Mis à part le faible alluvionnement de l'oued Sidi-Ahmed ou Sidi Youssef dans le site d'Azeffoun, le reste des affleurements est assez varié. Cette hétérogénéité englobe une formation gréseuse très disloquée appelée "numidien" qui renferme les principales sources de la zone aquifère (Yakoub, 1996).

Le site d'Azeffoun présente des sols gréseux à texture argilo-silencieuse et argilo-marneuse. Les sols sont donc généralement argileux et à hydromorphie temporaire dont la profondeur est d'un mètre au plus. Ils sont formés sur des roches acides (grés et schistes) qui, parfois, s'appuient sur des marnes (Caltechnica, 1972 cité par Cherifi, 2004).

Azeffoun présente d'importantes formations végétales. On y trouve une surface cultivable de 3299 ha et un massif forestier de 7718 ha, qui est composé par 60% d'eucalyptus, 10% de pin et 30% de maquis.

La commune d'Azeffoun est située sur le versant nord de la wilaya de Tizi-Ouzou, la zone côtière est à environ 56 km au nord-est de Tizi Ouzou, aux coordonnées géographiques 36° 53' 35" N et 4° 25' 12" E. La zone d'échantillonnage est située sur un gradient altitudinal allant de 50 à 300 m.

Aussi la commune d'Azeffoun est caractérisée par un climat méditerranéen avec un hiver humide et frais et un été sec et chaud. Les précipitations annuelles totales varient de 500 à 700 mm. Elle est caractérisée par des vents dominants d'Ouest engendrant des tempêtes d'hiver et ceux d'Est soufflent pendant la

saison estivale. Ceux du Nord sont les plus fréquents et soufflent pendant toute l'année.

Ce site côtier méditerranéen est proche de la zone urbaine d'Azeffoun, ce qui le soumet à une forte pression anthropique, en particulier, le pâturage et les feux de forêt (INRF Azeffoun, 2018).

La forêt d'Azeffoun est composée d'une zone reboisée d'environ 7 718 ha, dominée par une multitude de variétés d'*Eucalyptus* (*E. globulus*, *E. sideroxylon*, *E. gomphocephala*, *E. cladocalyx*, *E. botryooides*, *E. occidentalis*, *E. maideni*) et de *Pinus* (*P. pinaster*, *P. pinea*, *P. canariensis*). En outre, il y a une présence notable de l'espèce de chêne indigène et spontanée ; *Quercus suber* (INRF Azeffoun, 2018).

La principale végétation du sous-bois est constituée de *Pistacia lentiscus*, *Daphne gnidium*, *Erica arborea* et *Calycotome spinosa*.

## **I.2. Assi-Youcef**

La commune d'Assi Youcef se situe dans la partie Sud de la wilaya de Tizi Ouzou. Elle s'étend sur une superficie de 26.27 Km<sup>2</sup>, à environ 50 km de Tizi Ouzou, aux coordonnées géographiques 36° 27' 54" N, 4° 05' 47" E.

Elle est délimitée au Nord par la commune de Mechtras, à l'Est par la commune d'Ait Bouadou, au Nord-Est par la commune de Tizi N'Tleta, à l'Ouest par la commune de Boghni et au Sud par la Wilaya de Bouira.

La topographie de la commune d'Assi Youcef se caractérise par un aspect montagneux dominant, du fait qu'elle fasse partie du grand massif Kabyle. La topographie au Nord de la commune est relativement accidentée avec une altitude moyenne de 550 m. Cependant, au Sud le relief est escarpé, c'est le domaine de la haute montagne du Djurdjura avec une altitude moyenne de 1550 m. Les pentes sont moyennement fortes et dépassent les 25 % selon la carte de la classification des communes par classe de pentes. Le sol est dérivé du calcaire. La commune bénéficie de précipitations abondantes, ce qui constitue un véritable a

tout pour le développement d'une végétation naturelle luxuriante et la pratique d'une agriculture pluviale et variée (APC Assi-Youcef, 2017).

Selon l'étagement du climat et de l'exposition du relief, il est à signaler que les caractéristiques physiques de sol et les caractéristiques climatiques du Sud de la commune, imposent des conditions très contraignantes pour le couvert végétal en raison de la composition rocheuse du terrain et l'importance de la période d'étalement de la neige qui dépasse six mois/an (APC Assi-Youcef, 2017).

La commune d'Assi Youcef est caractérisée par un climat méditerranéen. Ce climat est conditionné par sa situation géographique et la nature du relief dominant qui est un escarpement rocheux très accidenté sur les hauteurs du massif du Djurdjura. Elle se classe dans la séquence bioclimatique humide dont la pluviométrie moyenne est de plus de 900 mm/an.

L'importance et la durée d'enneigement augmentent avec l'altitude, du Nord au Sud, jusqu'à devenir très contraignante, en saison hivernale, pour les zones agglomérées qui se localisent sur les crêtes.

Les vents dominants sont de régime Ouest-Est et Nord donnant lieu à de violents soufflements glacés durant 3 à 5 j/an et le Sirocos en été durant 2 à 3 jours.

Ce site est situé dans le parc national du Djurdjura, et est sujet à un pâturage intensif et à des feux de forêt. Cependant, les activités anthropiques sont beaucoup plus faibles que dans le premier site. Ce site, est une forêt mixte de *Cedrus atlantica* et *Quercus ilex*, avec une très faible densité du l'étage du sous-bois est principalement représenté par *Juniperus oxycedrus*, *Calycotome spinosa*, *Erica arborea*, *Cytisus triflorus*, *Ampelodesma mauritanicum*, et *Asphodelus microcarpus* (APC Assi-Youcef, 2017).

### **I.3. Ain El Hammam**

La commune d'Ain El Hammam se situe à 54 Km au Sud-Est du chef-lieu de la wilaya de Tizi Ouzou. Elle culmine à 1100 m d'altitude et est d'une superficie de 38.55 Km<sup>2</sup> répartie sur un massif montagneux.

Elle est limitée au Nord par la daïra de Mekla, à l'Ouest par la daïra de Benni Yenni, à l'Est par la daïra d'Iferhounene et au Sud par la wilaya de Bouira. Elle est située dans une zone de moyenne montagne sur les piémonts Nord du Djurdjura.

Les villages d'Ain El Hammam sont bâtis à flanc de montagne, allant jusqu'à 1800 m d'altitude. Le relief de cette région est constitué d'une série de crêtes ramifiées (900-1000 m d'altitude) séparées par d'étroites vallées profondes. Ces crêtes s'ordonnent selon trois axes (Anonyme, 1994) :

- La crête de Larbaa N'Ait Irathen (LNI) qui constitue l'épine dorsale de la région.
- La crête des Ait Yenni.
- La crête des Ouacifs.

Cette commune est caractérisée par un climat continental, à la fois méditerranéen et montagnard et un bioclimat humide à variante fraîche. La saison estivale est sèche et chaude avec quelques jours de pluies exceptionnelles. Les hivers sont relativement pluvieux et froids avec des irrégularités inter annuelles, et parfois des périodes sèches de plus de 30 jours consécutifs sans pluies (Abdesselam, 1995).

La neige est l'une des caractéristiques de la saison hivernale du fait de la nature de son relief. L'épaisseur du manteau neigeux est très variable. Bien que cette neige soit bénéfique, elle occasionne des dégâts humains et matériels importants.

Les sols sont assez fragiles et aptes à la culture bien que soumis à l'érosion et à l'action des eaux. L'agriculture et l'urbanisation vivrière occupent l'essentiel des sols de la commune.

Le couvert végétal est reparti comme suit :

- a- Prairies naturelles, pacages et parcours : elles constituent l'essentiel du couvert végétal et occupent, en général, les parties les plus hautes, les lignes de crêtes et les terrains accidentés.
- b- Les forêts : on retrouve du chêne vert et des broussailles très denses.
- c- Les terres affectées à l'agriculture : elles représentent les pistes agricoles, les pistes forestières, les bâtiments agricoles, les bâtiments de stockage, etc.
- d. La superficie agricole utile : on retrouve les céréales, les légumes secs, les fourrages artificiels, les cultures maraichères et les espèces arboricoles (olivier, figuier, pommier, poirier, cerisier) (APC Ain-El-Hammam, 2018).

#### **I.4. Akerou**

La commune d'Akerou occupe le territoire historique de la confédération des Ait Flik au pied du mont Tamgout dans le bassin versant de l'oued Sidi Hend u Yousef qui la traverse du Sud-Est au Nord, passant par les villages de Tigounatine, Tigourine, Ait-boulimane et Idjaqdouden. Elle se caractérise par les coordonnées géographiques  $36^{\circ} 47' 57''$  N,  $4^{\circ} 25' 14''$  E. Elle est délimitée au Nord par la commune d'Azeffoun, à l'Est par la commune d'Aït Chaffâa, à l'Ouest par les communes d'Aghribs et d'Azazga et au Sud par la commune de Yakouren.

Le site d'Akerou est caractérisé par un climat méditerranéen, il est relativement pluvieux et tempéré par la proximité de la mer ; avec une pluviométrie de 700 à 1200 mm/an (APC Akerou, 2018).

Ce site est caractérisé par des vents dominants d'Ouest engendrant des tempêtes d'hiver et ceux d'Est soufflent pendant la saison estivale. Ceux du Nord sont les plus fréquents et soufflent pendant toute l'année.

Il est caractérisé par deux types de sols dont le premier est peu évolué, non climatique, appartenant au groupe des rankers à moder. Le deuxième est un sol brunifié des climats tempérés humides, lessivé et faiblement podzolique. Le relief de cette zone est accidenté. La commune d'Akerou, présente des pentes comprises entre 12 et 45 %. L'altitude est de 1276 m. Quant à l'exposition, la zone est globalement d'orientation nord.

Un groupement Chêne-liège caractérise ce site avec une strate arbustive composée essentiellement d'*Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Rubus ulmifolius*, *Rosa sempervirens*, *Myrtus communis* et *Phillyrea media*. La strate herbacée est caractérisée, en général, par un taux de recouvrement assez faible où on note la présence de *Pulicaria odora*, *Galium elipicum*, *Ampelodesma mauritanica*.

Le Chêne liège est constitué de deux faciès :

-faciès littoral à oléo-lentisque caractérisé par l'oléastre, le genêt, le ciste, le lentisque, la ronce et le cytise.

-faciès montagnard à cytise caractérisé par le cytise, la bruyère, la phyllaire, l'arbousier, le viorne tin, le ciste de Montpellier et la fougère.

## **II. Facteurs climatiques des régions d'étude de 2010 à 2020**

### **II.1. Facteurs climatiques de la région de Tizi-Ouzou**

La région de Tizi-Ouzou se situe dans la zone du climat méditerranéen. Elle présente un climat de type sub-littoral caractérisé par un hiver doux et pluvieux et un été chaud et sec (Lounaci, 2005).

Les facteurs climatiques ont des actions multiples sur la physiologie et sur le comportement des animaux et notamment des arthropodes (Dajoz, 1982). Ils jouent un rôle primordial dans la fluctuation d'abondance de nombreuses espèces d'invertébrés terrestre et aquatique (Ramade, 1984), notamment la température et les précipitations.

A cause de l'absence des données climatiques sur les régions d'étude, nous étions contraints à faire une extrapolation des données (températures et précipitations) obtenues de la station météorologique de Boukhalfa concernant la ville de Tizi-Ouzou.

Les valeurs moyennes mensuelles des températures maximale (M), minimale (m), moyennes ((M+m)/2) ainsi que les précipitations moyennes mensuelles enregistrées pendant 10 ans pour la wilaya de Tizi-Ouzou sont présentées dans le tableau1.

La plus basse température mensuelle moyenne minimale (6.85°C) est enregistrée durant le mois de janvier. La température mensuelle moyenne maximale la plus élevée (27.05°C) est enregistrée durant le mois de juillet.

Les données indiquant les précipitations mensuelles enregistrées pour la wilaya de Tizi-Ouzou font ressortir l'irrégularité des pluies d'un mois à l'autre. Durant les années allant de 2012 à 2018, un maximum de 129.85 mm est atteint en novembre et un minimum de 1.82 mm au mois de juillet. Le total annuel des précipitations est de l'ordre de 814.28 mm.

Selon Seltzer (1946), la température maximale diminue de 0.7°C pour chaque augmentation de 100 mètres en altitude. La température minimale diminue de 0.4°C pour chaque augmentation de 100m.

Selon seltzer, (1946). Les précipitations augmentent de 40mm chaque 100m en altitude.

**Tableau 1:** Températures mensuelles moyenne, maximale et minimale et les précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Tizi-Ouzou durant la période 2010-2020 (OMN, 2021) station de Boukhalfa Tizi-Ouzou.

	jan	fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc
<b>T°Moy/mensuelles max en°C</b>	10,19	10,47	12,82	15,72	19,32	23,05	27,05	27,21	23,54	19,50	14,65	11,16
<b>T°Moy/mensuels min en°C</b>	6,85	6,91	9,08	11,52	13,93	17,55	21,27	22,07	19,05	15,40	12,22	8,11
<b>T°Moy/mensuelles en°C</b>	8,52	8,69	10,95	13,62	16,63	20,30	24,16	24,64	21,30	17,45	13,44	9,64
<b>Précipitations en mm</b>	123,23	113,28	104,59	71,95	51,55	17,65	1,82	6,09	26,94	63,35	129,85	103,97

## II.2. Facteurs climatiques des quatre sites d'étude

### II.2.1. Température

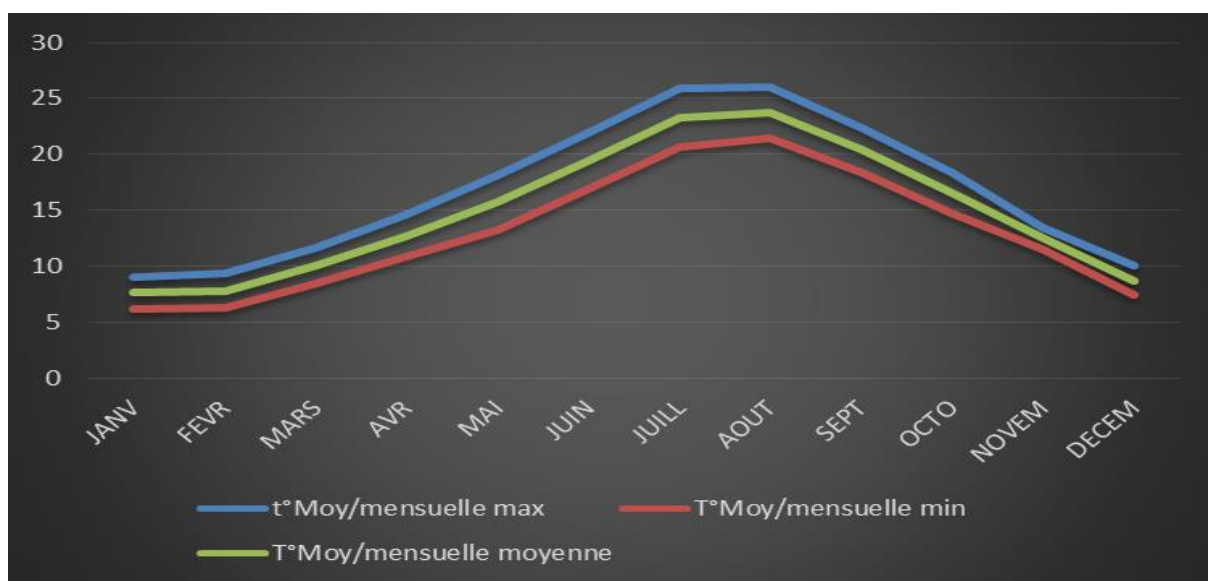
La température est un facteur écologique important car elle conditionne la répartition et la dynamique des êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1984).

Les résultats illustrés par la figure 9, montrent, que pour lesite d'Azeffoun, les températures moyennes mensuelles atteignent un maximum au mois d'août

avec 23,74°C. Elles diminuent progressivement pour atteindre un minimum de 6,19°C en Janvier.

Par contre, les températures moyennes mensuelles minimales atteignent un maximum au mois d'août de l'ordre de 21,42°C et un minimum de 6,45°C au mois de Février.

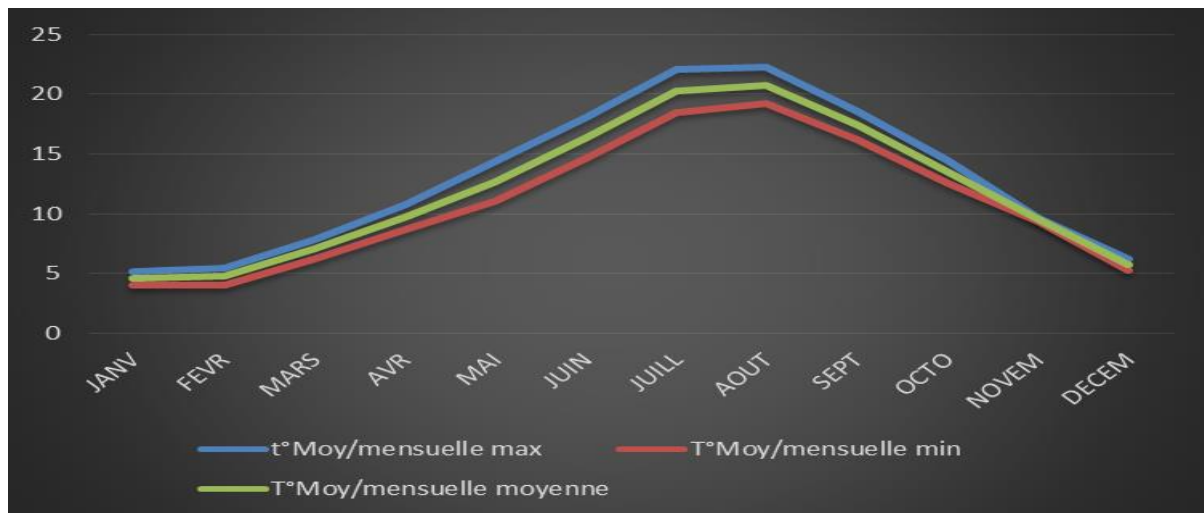
Les températures moyennes mensuelles maximales sont enregistrées, durant les mois d'août et janvier, de l'ordre de 36,06°C pour la valeur maximale et 9,05 pour la minimale (Fig. 9).



**Figure 9:** Variation des températures maximale, minimale et moyenne dans le site d'Azeffoun durant la période 2010-2020.

A Assi-Youcef, les températures moyennes mensuelles atteignent une valeur maximale de 20,72 °C au mois d'août et une valeur minimale de 4,60 °C au mois de Janvier. Les températures moyennes mensuelles minimales atteignent leur maxima au mois d'août avec 19,22 °C et leur minima avec 3,99 °C au mois de Janvier.

Quant aux températures moyennes mensuelles maximales, une valeur maximale de 22,22°C est enregistrée au mois d'août et une valeur minimale de 4,7 °C au mois de Janvier (Fig. 10).

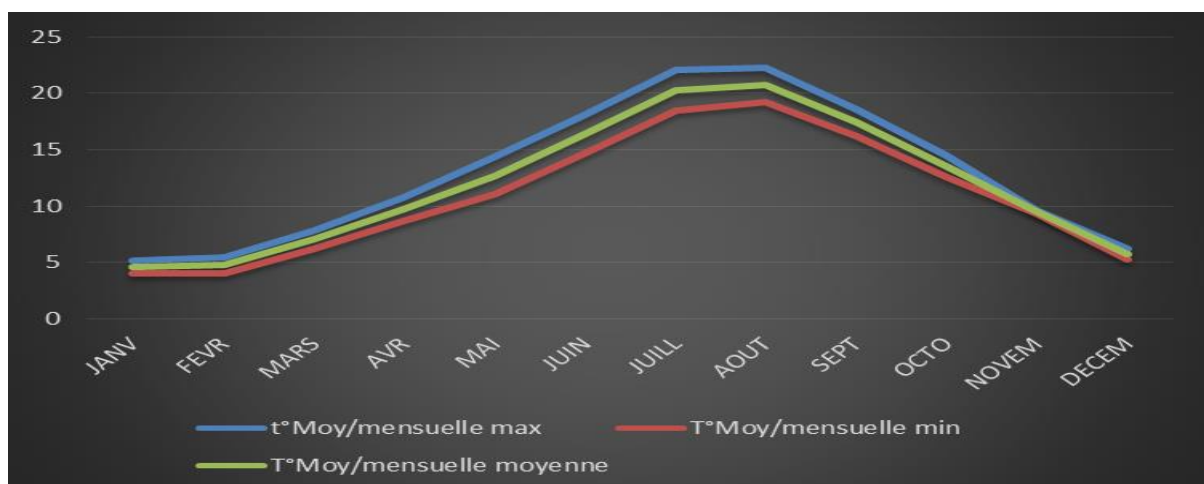


**Figure 10 :** Variation des températures maximale, minimale et moyenne dans le site d'Assi-Youcef durant la période 2010-2020.

Le site d'Ain-El-Hammam, présente des températures moyennes mensuelles qui atteignent leur maximum au mois d'août avec  $19,62^{\circ}\text{C}$ . Elles diminuent progressivement pour atteindre un minimum de  $03,50^{\circ}\text{C}$  en janvier.

Les températures moyennes mensuelles minimales enregistrent leur valeur maximale au mois d'août de l'ordre de  $18,42^{\circ}\text{C}$  et un minimum  $3,19^{\circ}\text{C}$  au mois de janvier.

Par contre, les températures moyennes mensuelles maximales sont enregistrées en été, durant le mois d'août, de l'ordre de  $20,82^{\circ}\text{C}$  et leur valeur minimale au mois de janvier, qui est de  $3,80^{\circ}\text{C}$  (Fig. 11).

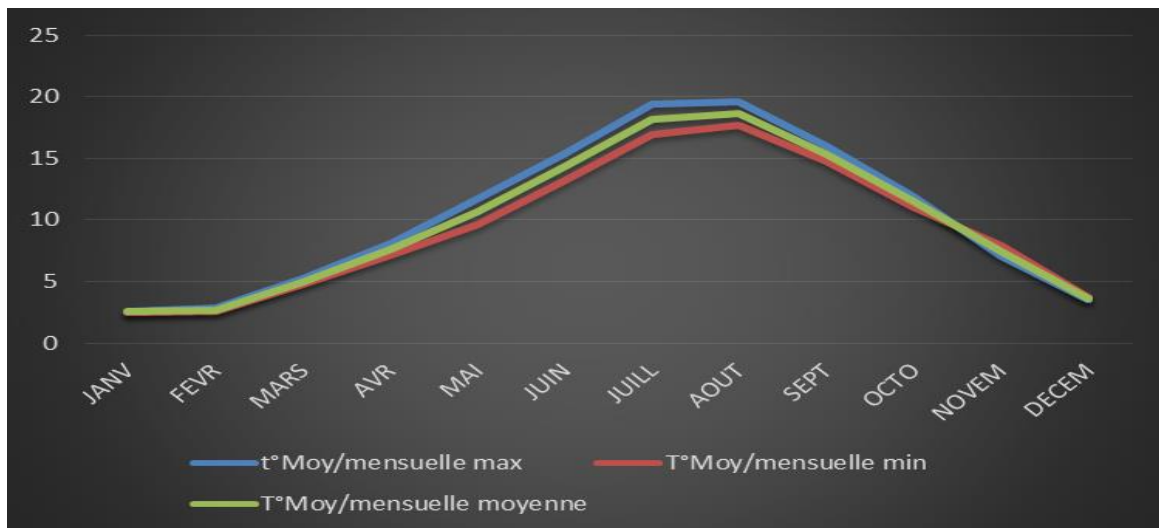


**Figure 11:** Variation des températures maximale, minimale et moyenne dans le site d'Ain-El-Hammam durant la période 2010-2020.

Les valeurs moyennes des températures maximales du site d'Akerou, présentent une valeur maximale de 19,59°C au mois d'Août et une valeur minimale de 2,58°C au mois de Janvier.

Les valeurs moyennes des températures minimales atteignent leur maxima au mois d'Août avec une valeur de 17,72°C et leur minima au mois de Janvier estimé à 2,49°C.

Quant aux températures moyennes mensuelles, elles présentent une valeur maximale au mois d'Août de l'ordre de 18,66 °C et une valeur minimale au mois de Janvier atteignant 2,54°C (Fig. 12).



**Figure 12:** Variation des températures maximale, minimale et moyenne dans le site d'Akerou durant la période 2010-2020.

### II.2.2. Pluviométrie

La pluviométrie est un élément essentiel du climat. Son importance est telle que les différentes classifications du climat reposent essentiellement sur la moyenne annuelle ou mensuelle des précipitations, en combinaison avec les moyennes et/ou les extrêmes de températures.

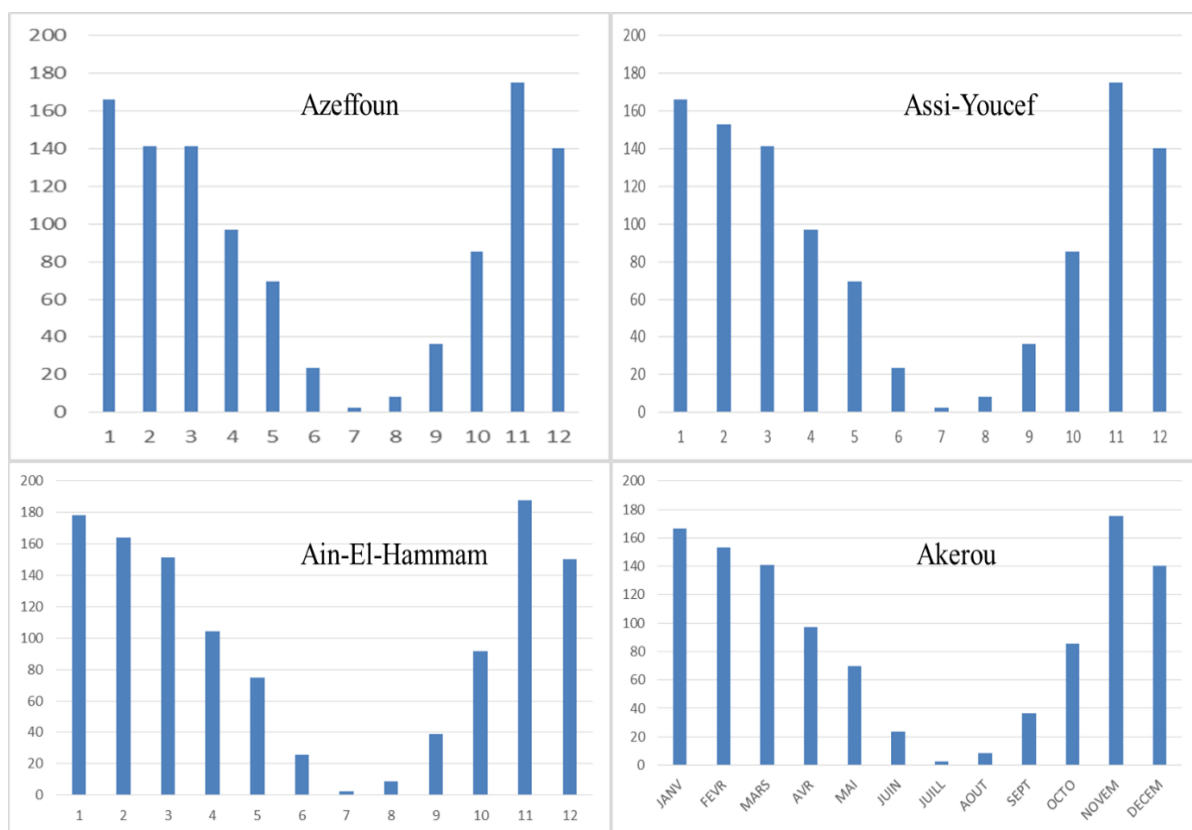
Les pluies qui tombent en Algérie sont d'origine orographique et torrentielle, elles varient avec l'altitude (Seltzer, 1946).

En Algérie, les ressources hydriques dépendantes, pour une large part, d'une pluviométrie irrégulière et inégalement répartie dans l'espace, demeurent

modestes eu égard également au manque en moyens de rétention (Abderrahmani et *al.*, 2006).

D'après la figure 13, nous remarquons que le mois de l'année le plus pluvieux est le mois de Novembre qui enregistre des quantités moyennes mensuelles de l'ordre de 175 mm pour Azeffoun, Assi-Youcef et Akerou et de l'ordre de 188 mm à Ain-El-Hammam.

Par contre, le mois le plus sec est le mois de Juillet avec une moyenne mensuelle de 2,45 mm à Azeffoun, Assi-Youcef et Akerou et de 2,63 mm à Ain-El-Hammam.



**Figure 13:** Variation des précipitations dans les quatre sites d'étude durant la période 2010-2020.

### II.3. Synthèse climatique des sites d'étude

Tous les facteurs climatiques ont des effets directs ou indirects sur le comportement des êtres vivants. Pour cela, une synthèse climatique des sites d'étude semble nécessaire.

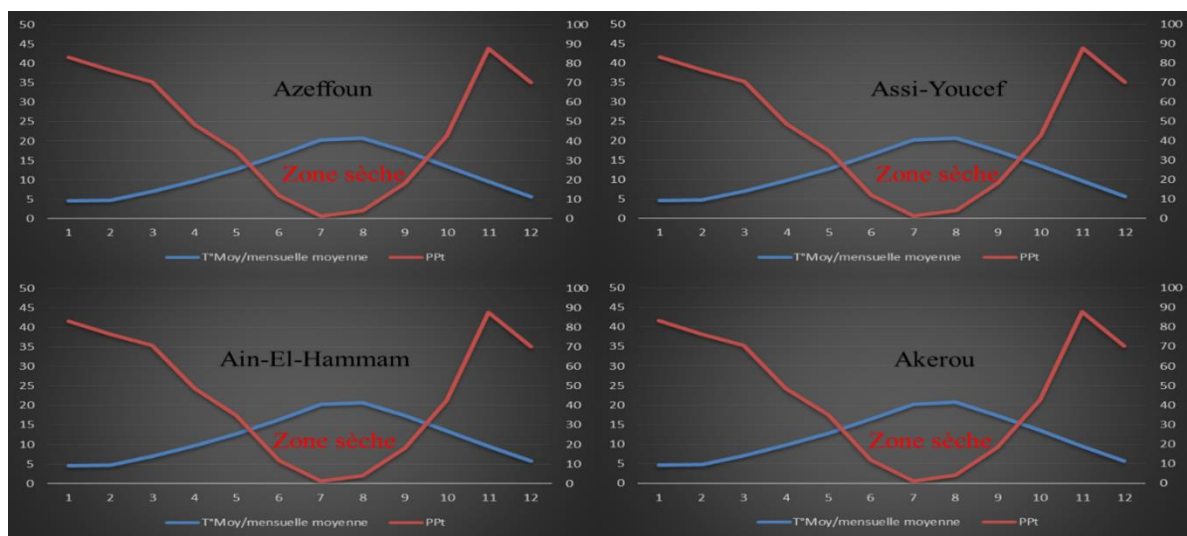
### II.3.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen a pour utilité de déterminer les saisons sèches et humides d'un site donné.

Bagnouls et Gaussen (1953) considèrent, comme mois sec, tout mois durant lequel les précipitations sont inférieures ou égales au double de la température ( $p \leq 2T$ ).

La construction du diagramme se fait en portant sur l'axe des abscisses les mois de l'année pris en considération et en ordonnées, à droite les précipitations et à gauche les températures à une échelle double de celle des précipitations.

De ce fait, à l'aide de l'équation  $P = 2T$ , nous avons réalisé les diagrammes ombrothermiques des sites d'étude durant la période de 2010-2020 représentés par la figure 14.



**Figure 14:** Les diagrammes ombrothermique de Bagnouls et Gaussen des quatre sites d'étude durant la période 2010-2020.

Pendant la période comprise entre 2010 et 2020, les diagrammes ombrothermiques des sites d'Azeffoun, Assi-Youcef, Ain-El-Hammam et Akerou révèlent une saison sèche qui s'étale du début Juin jusqu'à la troisième semaine du mois de Septembre.

La température moyenne la plus élevée est enregistrée au mois d'août ; elle est de l'ordre de 23,74°C à Azeffoun, 20,72°C à Assi-Youcef, 19,62°C à Ain-

El-Hammam et 18,66°C à Akerou. Par contre, le mois de juillet est le mois le plus sec de la saison sèche avec une quantité de pluie ne dépassant pas 2,45 mm à Azeffoun, Assi-Youcef et Akerou et 2,63 mm à Ain-El-Hammam.

### II.3.2. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger

Emberger (1955) a proposé un quotient pluviométrique et un climagramme qui permet de distinguer les différents étages climatiques méditerranéens (humide, subhumide, semi-aride, aride et saharien) ainsi que les variantes de chaque étage (hiver froid, frais, tempéré et chaud).

C'est un rapport plus précis faisant appel, en plus des précipitations  $P$ , à la moyenne ( $M$ ) des maxima du mois le plus chaud et à la moyenne ( $m$ ) des minima du mois le plus froid. La formule d'Emberger a été simplifiée par Steawart (1969) pour l'Algérie et le Maroc comme suit :

$$Q_2 = 3,41 P / (M-m) \text{ avec}$$

$P$  : total des précipitations annuelles (mm).

$M$  : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C)

$m$  : moyenne des minima du mois le plus froid (°C)

Le tableau 2 représente les valeurs de quotient pluviométrique, des sites d'Azeffoun, d'Assi-Youcef, Ain-El-Hammam et Akerou.

**Tableau 2:** Valeur du quotient pluviométrique des régions d'études.

	P	M	m	Q <sub>2</sub>
Azeffoun	1087,35	26,06	6,19	186,61
Assi-Youcef	1099,08	22,22	3,99	233,80
Ain-El-Hammam	1179,08	20,82	3,19	228,06
Akerou	1099,07	19,60	2,49	219,06

D'après la figure 15, les sites Azeffoun, Ain-El-Hammam et Assi-Youcef, sont caractérisés par un étage climatique à hiver tempéré. Par contre le site d'Akerouet situe dans l'étage climatique hiver frais.

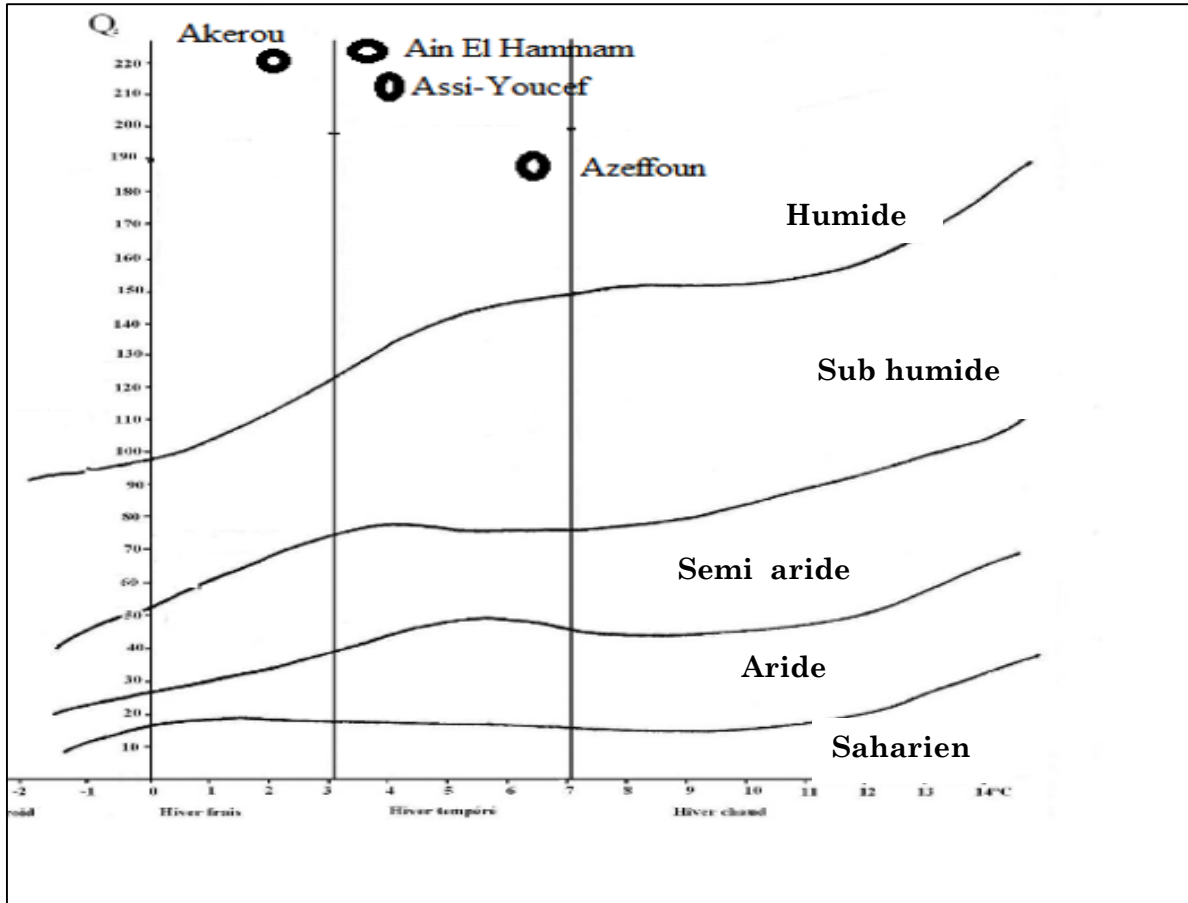


Figure 15: Différents étages climatiques méditerranéens des quatre sites d'étude.

## **Chapitre III : Matériel et méthodes**

Dans ce chapitre seront présentées les stations d'étude, les différentes méthodes d'échantillonnage utilisées dans la réalisation de l'inventaire des fourmis et la méthodologie d'analyse appliquée dans l'exploitation des résultats.

Afin d'évaluer l'infestation de trois variétés de figuier (Azendjar, Thaghanimt, Aboghenjor) par la mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata*), nous avons fait un suivi des populations de cette dernière pendant trois mois (Juillet, Août, Septembre). De plus, une estimation de la pression de prédation exercée par les fourmis sur les individus de la cératite a été réalisée. Ceci dans le but de mettre en place une éventuelle lutte biologique axée sur les fourmis qui semble être le premier en Algérie.

La connaissance des variations numériques des insectes dans le temps et dans l'espace implique la mise au point de techniques d'échantillonnage adéquates, donnant une représentation significative des populations des insectes étudiés. Selon Brunel et Rabasse (1975), la méthodologie d'échantillonnage est d'une grande importance dans l'étude des populations animales.

### **I. Méthodologie appliquée pour l'étude des fourmis**

La majorité des espèces de fourmis, ayant des colonies, sont échantillonnables toute l'année (Alonso, 2000). Cette caractéristique rend les fourmis également pertinentes pour des études de suivi des assemblages "monitoring" (Kaspari *et al.*, 2000).

Dans le cadre de la présente recherche, nous avons adopté une méthode de travail aussi bien sur terrain qu'au laboratoire.

Durant cette étude, nous avons fait appel à deux méthodes d'échantillonnages qui sont appliquées selon la description d'Agosti et Alonso (2000) et de Bestelmeyer *et al.* (2000). Cependant, toutes les méthodes ont leurs avantages et leurs désavantages, une combinaison entre elles permettra d'obtenir un échantillon représentatif (Marshall *et al.*, 1994). L'échantillonnage de la myrmécofaune, au niveau des différents sites, s'est déroulé du mois de mars au mois de juin, ceci durant 4 années (2017, 2018, 2019, 2020) à raison de quatre sorties chaque mois.

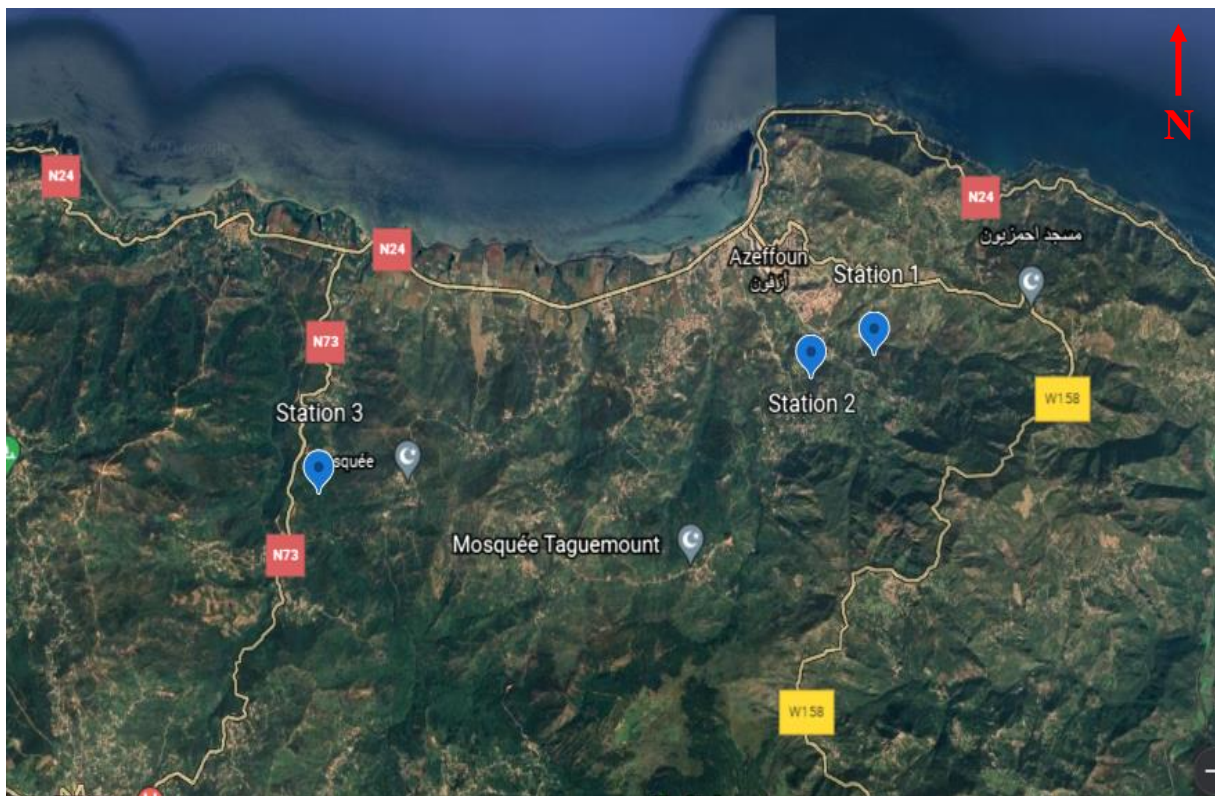
Durant l'échantillonnage sur le terrain, nous avons essayé de toucher le maximum des microhabitats qui peuvent héberger les fourmis (sous les pierres, sous les bois morts, sous les écorces).

La chasse à vue est la technique la plus facile à utiliser et ne nécessite pas beaucoup de matériel.

## I-1.Choix des stations d'études

### I.1.1.Stations forestières

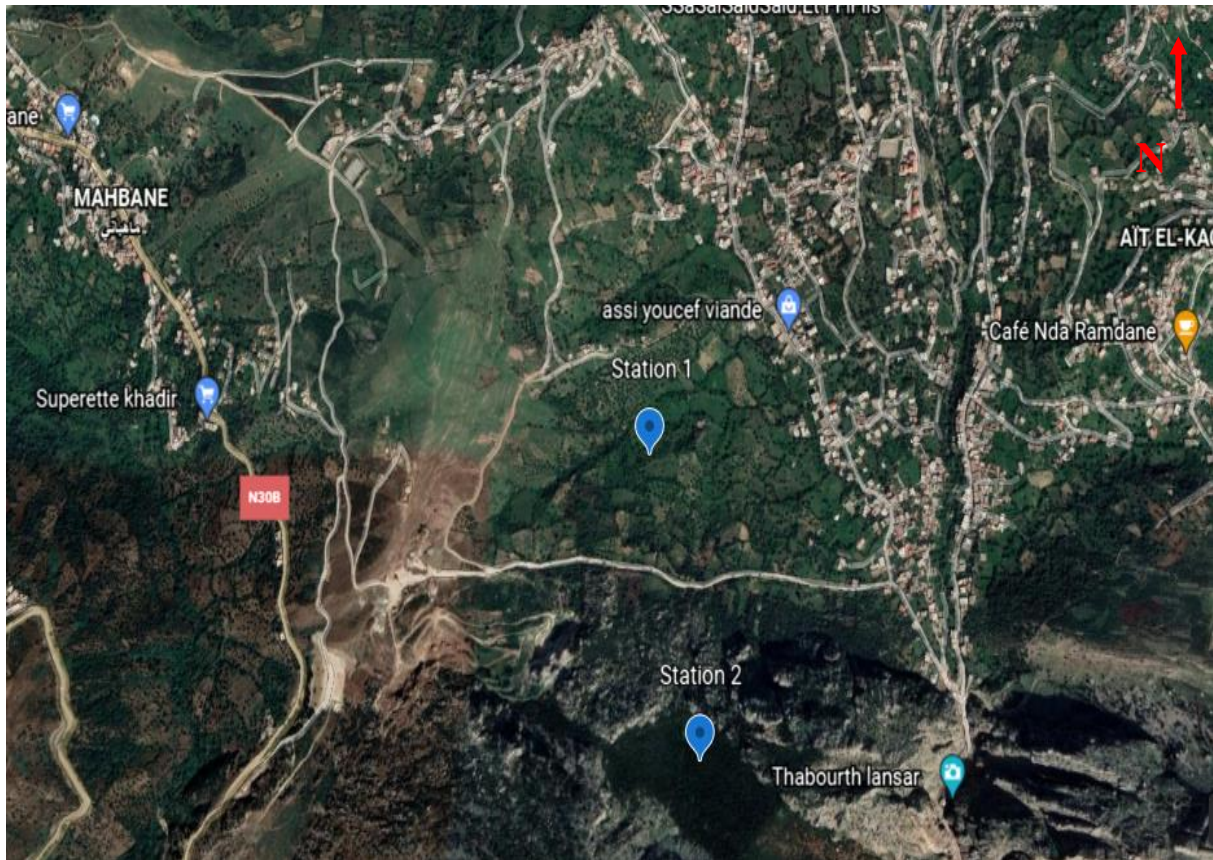
Le premier inventaire a été réalisé dans des stations forestières localisées dans les communes d'Azzefoun et Assi Youcef. Dans la première commune, les stations retenues se situent à des altitudes différentes entre 200 et 400 m. La majorité de leur couvert végétal est un reboisement (eucalyptus, pin maritime, etc.) (Fig. 16).



**Figure 16:** Localisation des stations d'étude à Azeffoun (google earth, 2021).

Dans la commune d'Assi-Youcef, les stations forestières retenues se situent entre 600 et 900 m d'altitude. Il s'agit de stations protégées appartenant au Parc

National du Djurdjura dont le couvert végétal est mixte, formé de cèdre et de chêne vert (Fig. 17).



**Figure 17:** Localisation des stations d'études à Assi-Youcef (google earth, 2021).

### I.1.2. Vergers de figuiers

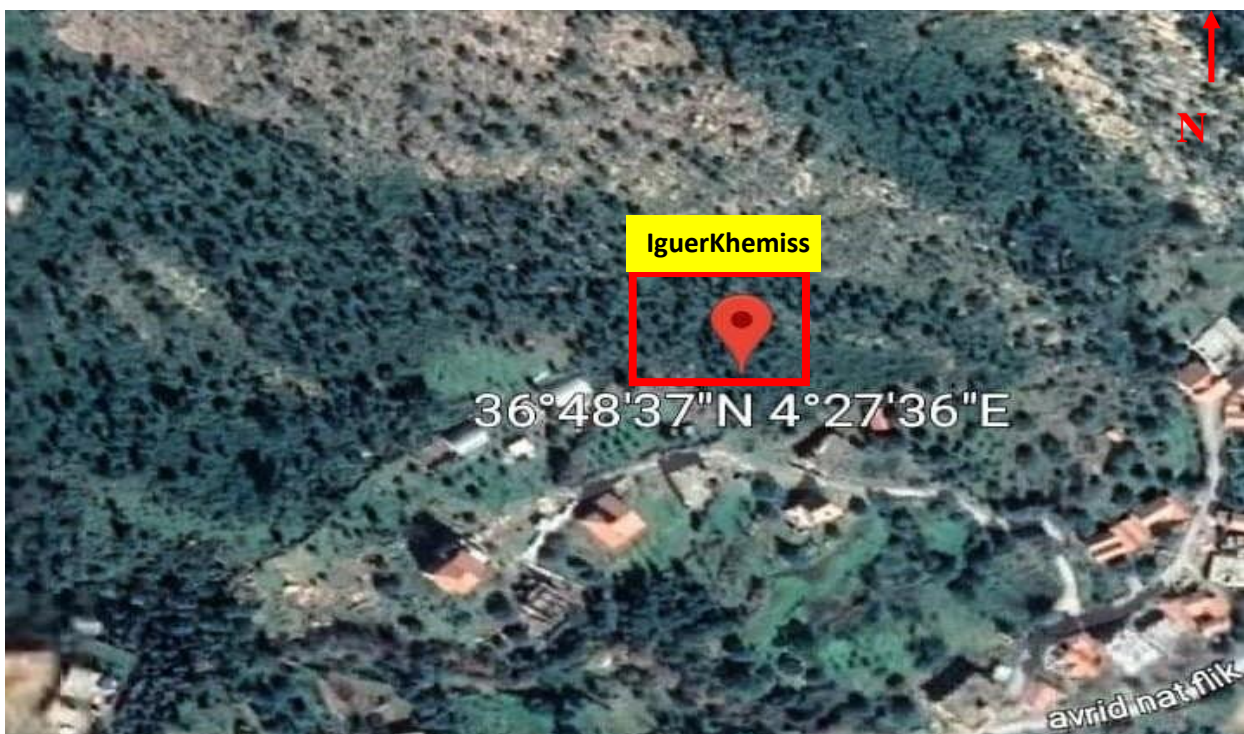
Le deuxième inventaire a été réalisé dans deux vergers de figuier appartenant à deux stations différentes. La première se situe dans la région de Ain El Hammam qui culmine à 1100 m d'altitude et la seconde dans le site d'Akrou à 800 m d'altitude.

La station d'Agouni Lemssara est un verger de figuier qui se situe à 4 km au nord de la commune de Ain El Hammam et se localise selon les coordonnées suivantes : latitude 36° 34' 43" Nord et longitude 4°21' 08" Est (Fig. 18).



**Figure 18:** Localisation de la station d'étude à Ain-El-Hammam (google earth, 2021).

La station d'Iguer Khemiss est un autre verger de figuier qui se situe à 2 km de la commune d'Akrou et présente les coordonnées suivantes : latitude  $36^{\circ}48'37''$  Nord et longitude  $4^{\circ}27'36''$  Est (Fig. 19).



**Figure 19:** Localisation de la station d'étude à Akerou (google erth, 2021).

## I-2 Méthodologie adoptée pour l'inventaire des fourmis

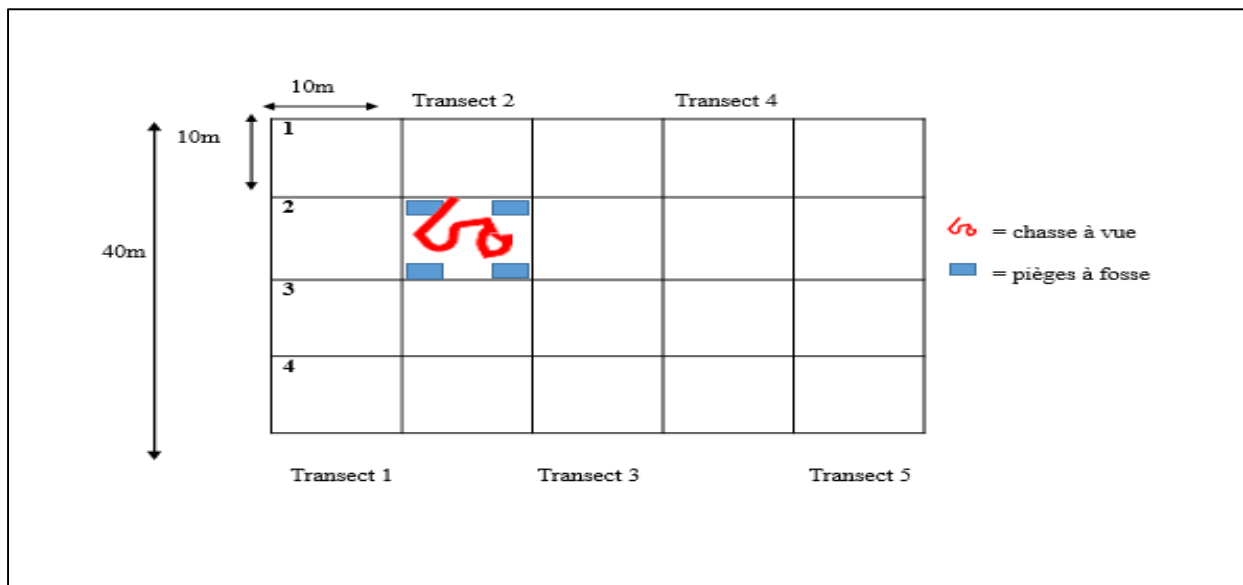
### I.2.1. Méthode des pièges à fosses

#### ➤ Description de la méthode

C'est le type de piège le plus couramment utilisé pour recueillir des invertébrés, notamment les arthropodes qui se déplacent à la surface du sol ainsi qu'un grand nombre d'insectes volants qui viennent se poser à la surface ou qui y tombent emportés par le vent (Benkhelil, 1991).

Cette méthode consiste en l'utilisation de boîtes de conserve d'un litre de volume (boîte de tomate). La boîte est enfoncée verticalement dans le sol de sorte à ce que son ouverture soit à ras du sol. La terre est amassée autour de la boîte afin d'éviter l'effet de barrière contre les petits insectes.

Les boîtes sont placées selon la méthode du transect qui consiste en une ligne matérialisée par une ficelle le long de laquelle les pièges sont posés. Dix pots sont placés en ligne équivalant à un piège tous les dix mètres (Fig. 20).



**Figure 20:** Protocole expérimental des milieux échantillonnés.

Le remplissage des pièges 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. 21). Le contenu des 50 boîtes est récupéré après 48 heures dans des tubes en plastique sur lesquels sont notés le numéro du piège, le lieu et la date.



**Figure 21** : Piège à Fosse (Originale, 2021)

### I.2.2.Méthode manuelle

Le meilleur moment de l'année pour réaliser des récoltes, s'étale de la fin avril à la fin juillet (McGavin, 2000). Les fourmis sont alors en pleine activité et occupent les chambres superficielles de leurs nids. Pendant la période froide, les fourmis occupent les chambres profondes (Hölldobler & Wilson, 1990), donc inutiles de faire des recherches d'alimentation.

Les espèces récoltées au cours des 32 sorties sur le terrain d'une durée d'une heure de temps, sont acheminées au laboratoire dans des tubes afin de les examiner. Chez certaines espèces de fourmis, il y a deux sortes d'ouvrières ; les petites de forme normale et les grosses à tête et mandibules énormes (Robert, 1958).

La capture concerne les fourmis vivantes qui se trouvent souvent sur le sol chaque fois que possible.

Les espèces de grande taille des genres *Messor* et *Cataglyphis* sont chassées aisément à la main. Une pince souple ou un sachet peuvent être utilisés afin d'éviter leurs morsures. Par contre, les espèces minuscules et arboricoles comme celles du genre *Crematogaster*, elles sont récoltées à l'aide d'un pinceau pour ne pas les abimer.

Les milieux à végétation dense et complexe nécessitent généralement bien plus de temps que les milieux ouverts tels que les lisières de forêt et les milieux agricoles (Hölldobler & Wilson, 1990).

### I.2.3.Méthodes utilisées au laboratoire

Les espèces de fourmis récoltées dans les régions d'étude sont, par la suite, conservées dans des tubes contenant de l'alcool éthylique à 70 % afin de les déterminer et donner leur position systématique à l'aide d'une loupe binoculaire.

Dans la présente étude, l'identification a été réalisée à partir des clés d'identification de Bernard (1968) et de Cagniant (1968, 1969, 1970, 1997, 2005, 2006).

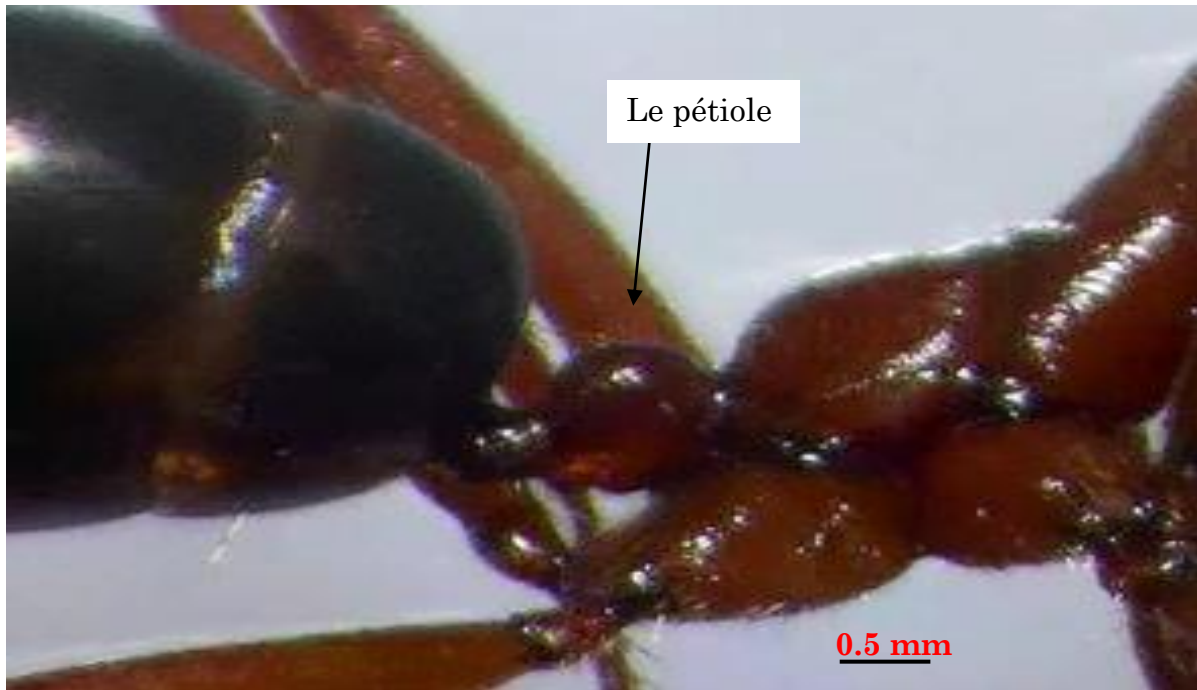
Nous avons, aussi utilisé des sites internet de références : (www.antarea.com, www.antweb.com, www.myrmecofourmis.com, www.antwiki.com) et confirmée par madame bareche.

En se basant sur plusieurs critères, Bernard (1968) a pu différencier huit sous familles qui sont les Formicinae, Dolichoderinae, Myrmicinae, Ponerinae, Ceraphillinae, Leptnillinae, Dorylinae, et Promyrmicinae.

Selon Belkadi (1990), les Ponerinae, les Myrmicinae, les Dolichoderinae et les Formicinae sont les sous-familles les plus présentes dans la nature et se caractérisent par une différenciation au niveau des pétiotes.

- **Les Formicinae (Forel, 1878)**

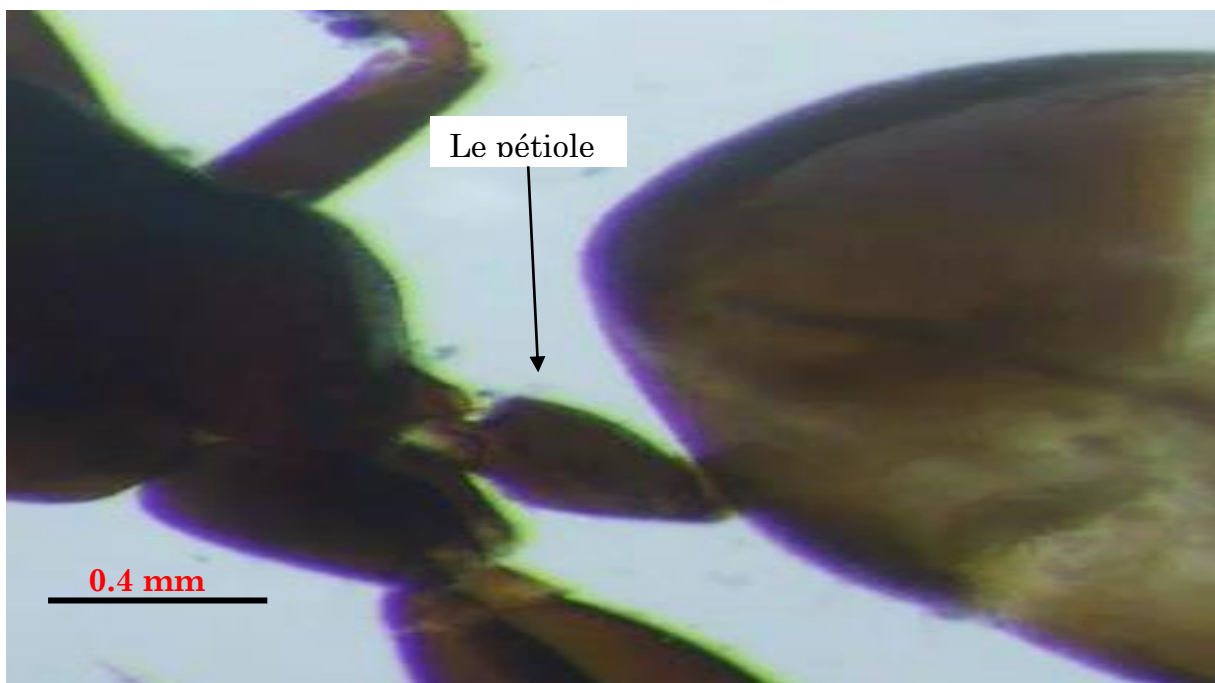
Ce sont les fourmis les plus évoluées, celles dont le cerveau est le plus développé et dont le comportement social le plus abouti. Elles sont caractérisées par l'unique pétiote dressé, surmonté d'une écaille plus ou moins haute (Fig. 22). Elles se déplacent aussi avec beaucoup d'agilité.



**Figure 22:** Pétiole de la sous-famille des Formicinae (Originale, 2021).

- **Les Dolichoderinae (Forel, 1878)**

Comme les Formicinae, les fourmis appartenant à cette sous-famille ont un pétiole d'un seul article mais l'écaille est basse ou nulle (Fig. 23).



**Figure 23:** Pétiole de la sous-famille des Dolichoderinae (Originale, 2021).

- **Les Myrmicinae (Lepeletier, 1836)**

Cette sous-famille constitue le plus vaste ensemble de fourmis, caractérisé par un double pétiole (pétiole et post-pétiole) (Fig. 24).



**Figure 24:** Pétiole de la sous-famille des Myrmicinae (Originale, 2021).

### I-3. Traitement des données

Afin de caractériser la communauté de fourmis, nous avons utilisé un certain nombre d'indices écologiques (de composition et de structure). Nous avons analysé, par la suite, les données par des tests statistiques.

#### I.3.1. Indices écologiques de composition

Les indices écologiques de composition combinent le nombre des espèces ou richesse totale et leur quantité exprimée en abondance, en fréquence ou en densité d'individus contenus dans le peuplement (Blondel, 1975).

Ces indices sont représentés par la richesse spécifique totale (S), l'abondance relative ou fréquence centésimale (Fc %) et la fréquence d'occurrence (F.O. %).

**a- Richesse totale (S)**

La richesse totale est le nombre total d'espèces d'un peuplement considéré dans un écosystème donné. Il s'agit de la totalité des espèces qu'une biocénose renferme (Ramade, 2003).

**b- Abondance relative ou fréquence centésimale**

Selon Dajoz (1975), la fréquence centésimale (**Fc**) est le pourcentage des individus d'une espèce  $n_i$  par rapport au total des individus  $N$  de toutes les espèces confondues. Elle est calculée par la formule suivante :

$$F_c (\%) = (n_i / N) * 100$$

$N_i$ : Nombre d'individus de l'espèce  $i$  pris en considération.

$N$ : Nombre total de tous les individus constituant le peuplement.

**c- Fréquence d'occurrence ou constance**

Selon Dajoz (1971) et Bachelier (1978), la fréquence d'occurrence est le rapport exprimé sous la forme de pourcentage du nombre de relevés ( $p_i$ ) contenant l'espèce  $i$  prise en considération au nombre total de relevés ( $P$ ). Elle est donnée par la formule suivante :

$$F.O \% = (p_i / P) * 100$$

F.O % : Fréquence d'occurrence.

$P_i$  : Nombre de relevés contenant l'espèce  $i$ .

$P$  : Nombre total de relevés.

En fonction de la valeur de F.O, les espèces sont classées comme suit :

F.O=100% : Espèce omniprésente. F.O>75% : Espèce constante. 50%<F.O≤75% : Espèce régulière. 25%<F.O≤50% : Espèce accessoire. 17%≤F.O≤25% ; Espèce accidentelle et F.O<17% : Espèce rare.

**I.3.2. Indices écologiques de structure**

Les indices écologiques de structure utilisés sont les indices de diversité de Shannon, et d'Équitabilité.

### a- Indice de diversité de Shannon

Selon Ramade (1984), l'indice **de Shannon** permet d'évaluer la diversité réelle d'un peuplement dans un biotope. Sa valeur varie de 0 (une seule espèce) à  $\log S$  (lorsque toutes les espèces ont la même abondance),  $S$  étant la richesse spécifique.

Cet indice varie directement en fonction du nombre d'espèces. Il est calculé à partir de la formule suivante :

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

$H'$ : Indice de diversité, exprimé en Bits.

$P_i$ : Probabilité de rencontrer l'espèce  $i$ , elle est calculée par  $P_i = n_i/N$  où  $n_i$  est le nombre d'individus de l'espèce  $i$  et  $N$  est le nombre total des individus.

### b- Indice d'Équitabilité

C'est le rapport de la diversité observée à la diversité théorique (BLONDEL, 1979). C'est une mesure de la régularité dans l'abondance relative des diverses espèces que renferme un peuplement ou une communauté (Ramade, 2008). Une expression de l'équitabilité est souvent donnée à partir de l'indice de Shannon par la formule suivante :

$$E = H' / H_{\max} \text{ avec } H_{\max} = \log_2 S$$

$E$  : Équitabilité

$H'$  : Diversité de Shannon.

$H_{\max}$  : Diversité maximale.

$S$  : Richesse spécifique

La valeur de l'équitabilité ou de l'équipartition varie entre 0 et 1 ; elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond presque à une seule espèce du peuplement et elle tend vers 1 quand chacune des espèces est représentée par un nombre semblable d'individus (Ramade, 2003).

### I.3.3. Exploitation des résultats par les testes statistiques

Les analyses statistiques effectuées dans le présent travail ont été réalisées avec le logiciel R. Ce logiciel a permis d'étudier la diversité et l'écologie des communautés de fourmis de quelques régions de Kabylie du Djurdjura en utilisant des estimateurs non paramétriques.

#### a- Estimateurs non paramétriques de la richesse des espèces

La richesse spécifique est le plus intuitif concept pour caractériser la diversité des communautés (Chao, 2005).

En écologie, le nombre d'espèces mise en évidence dans une étude de la biodiversité est une mesure clé mais, en général, a une vision biaisée, car plusieurs espèces rares ne sont pas détectées (Colwell *et al.*, 2012). Pour estimer la richesse spécifique, des estimateurs non paramétriques sont utilisés tels que Chao 1, Chao 2, Jacknief 1 et Jacknief 2.

L'analyse des données est réalisée sur la présence et absence des différentes espèces ainsi que leurs abondances.

#### b- Estimateurs Chao 1 et Chao 2

Ils sont basés sur la raréfaction des espèces en prenant en considération leur occurrence dans les relevés. Ils utilisent les uniques et les duplicques pour estimer le nombre d'espèces disparues (Chao, 2005). Chao estime le nombre d'espèces non observées à partir de celles observées une ou deux fois.

L'estimateur a une formule simple :

$$S_{\text{chao 1}} = D + (f_1^2 / 2f_2)$$

D est le nombre d'espèces différentes observées et  $f_n$ , le nombre d'espèces observées n fois. Si aucune espèce n'est observée deux fois, l'estimateur est remplacé par :

$$S_{\text{chao 2}} = D + [f_1 (f_1 - 1) / 2]$$

### c- Estimateurs Jackknife 1 et Jackknife 2

La méthode jackknife fournit une autre classe d'estimateurs non paramétriques de la richesse asymptotique des espèces (Gotelli et Chao, 2013). Elle a été développée dans le but de réduire le biais d'un estimateur en considérant des jeux de données dans lesquels on a supprimé un certain nombre d'observations (Marcon, 2016).

Burnham et Overton (1979) ont utilisé cette méthode pour obtenir des estimateurs du nombre d'espèces appelés Jackknife à l'ordre  $j$ , prenant en compte les valeurs  $f_1$  à  $f_j$ . Les estimateurs du premier ordre et du deuxième ordre sont les seuls utilisés en pratique. Ils sont donnés par les formules suivantes :

$$S_{\text{jackknife 1}} = D + (n-1) f_1 / n$$

$$S_{\text{jackknife 2}} = D + (2n-3) f_1 / n - (n-2)^2 f_2 / (n(n-1))$$

## II. Méthodologie appliquée pour l'étude de la mouche méditerranéenne des fruits

### Matériel végétal

Le figuier est la plante hôte sur laquelle nous avons suivi les populations de la cératite. C'est un arbre pouvant atteindre 12 à 15 m de hauteur. Il fait partie de la famille des Moracées qui se caractérise par la présence d'un lait blanc ou incolore, encore appelé latex, qui s'écoule au niveau de toute blessure de la plante. Le fruit ou figue est constitué par le sycone devenu charnu après fécondation (Bretaudeau & Faure, 1992).

L'arbre est de vigueur soit faible, moyenne ou forte ; l'épiderme de la figue est soit très fin ou épais et brillant. Les fruits ont des allures et des colorations assez variées, elles peuvent être allongées, pyriformes ou rondes, de coloration violacée, noire, verte ou brune. Les potentialités gustatives globales sont de mauvaise à excellente et la maturité a lieu à la fin de l'été (août à septembre). Enternes de production, les figues d'automne sont celles qui sont les plus productives.

Durant notre étude, nous avons utilisé trois variétés de figuiers ; deux variétés vertes (Thaghanimt et Aboghenjor) et une variété noire qui est Azendjar (Fig. 25).



**Figure 25:** Variétés des figues étudiées

### II.1. Suivi et relevé des pièges

Pour étudier la dynamique de la cératite, sur les figues de différents vergers, nous avons établi un réseau de piégeage représenté par 6 pièges pour chaque verger pendant trois mois ; de juillet à septembre (2019).

Pour chaque verger, nous avons utilisé des pièges attractifs représentés par des bouteilles en plastique (de 1,5 l remplis aut 3/4) présentant des ouvertures. Ces pièges contiennent du phosphate diamonique (diammonium) en solution (10 g/l) qui est un attractif alimentaire. Attirées par l'odeur, les mouches resteront piégées (Fig. 26).



**Figure 26:** Piège attractif (Originale, 2019).

Pendant la période d'étude, le dispositif de piégeage mis en place a été régulièrement suivi avec un relevé hebdomadaire dans chaque site selon la méthode décrite par Vayssières et Sinzogan (2008).

Les relevés de pièges sont étalés sur 12 sorties, avec une fréquence de quatre sorties par mois.

## II.2. Sex-ratio

Le sex-ratio est calculé par la formule suivante :

**Sex-ratio = Nombre de femelles piégées / Nombre total des individus piégés**

Le sex-ratio est calculé car lorsqu'il est en faveur des femelles, ceci est avantageux pour l'espèce.

## II.3. Mise en évidence du phénomène de prédation des larves de troisième stade par les fourmis

Cette présente étude a été réalisée dans un verger de figuier d'une superficie de 50 m x 30 m (1500 m<sup>2</sup>), localisé dans le village cheurfa, situé au Nord du site d'Azeffoun (36° 51' 59" N de latitude et 4° 25' 32" E de longitude et à 300 m d'altitude) (Fig. 27). En plus du figuier, on y trouve d'autres arbres fruitiers comme l'abricotier et la vigne.

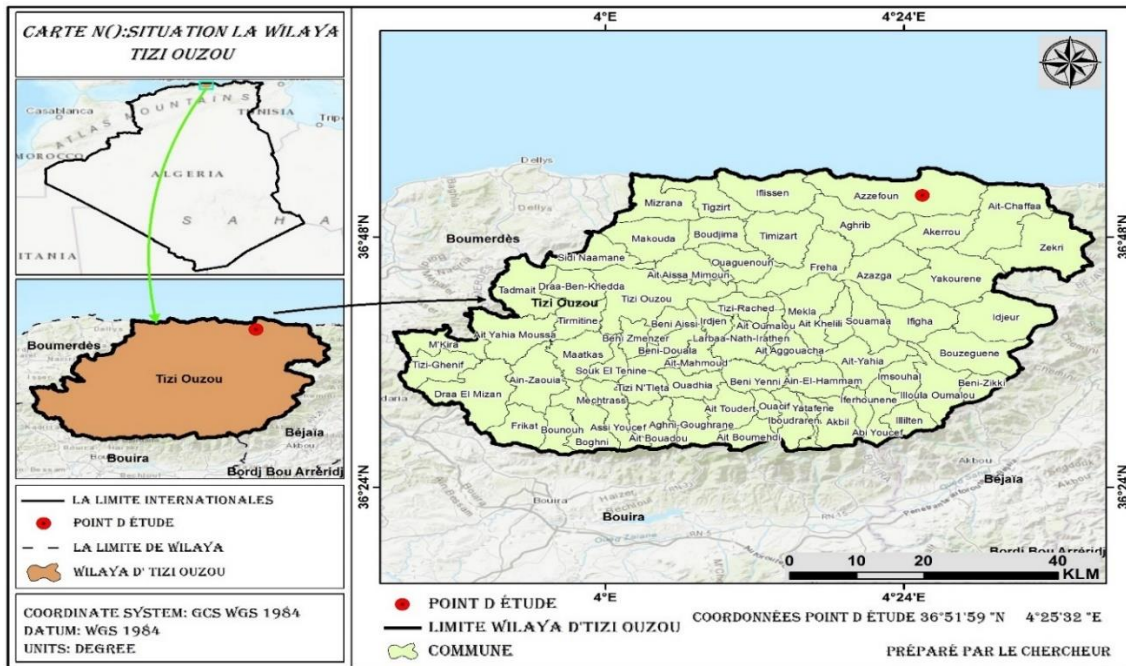


Figure 27: Localisation du verger de figuier (Originale, 2021)

### II.3.1. Récupération des larves de troisième stade

Les 100 fruits de figuier ont été placés dans des passoire qui sont placées, à leur tour, dans des bassines contenant environ 2 cm de sable (Fig.28 A), afin de récupérer les larves de troisième stade (Fig.28 B). En effet, les larves du troisième stade quittent le fruit pour s'enfoncer, à faible profondeur, dans le sol (Etienne, 1982).

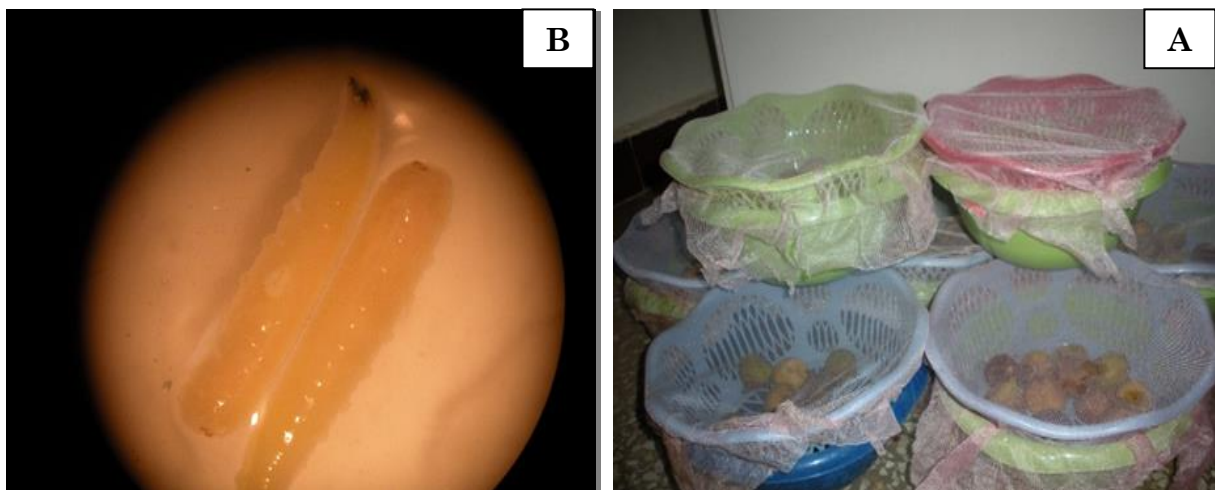


Figure 28: Protocole expérimental pour récupérer les larves de troisième stade de *Ceratitits capitata* (Originale, 2020).

A : Dispositif pour la récupération des larves L3. B : les larves L3.

### II.3.2. Essai de lutte sur le terrain

Dans cette partie, nous avons appliqué la méthode d'*El Keroumi et al. (2010)* avec quelques modifications. Les larves et les pupes récupérées sont mises dans des morceaux de bâche en plastique d'une surface de 4 m<sup>2</sup> au nombre de quatre sous les arbres de figuier (Fig. 29) avec trentaine de fruits de figuier infestés par la cératite des trois variétés étudiées.

L'observation du phénomène de prédation par les fourmis est faite à trois périodes différentes à maturation des fruits (P1 : 6/09/2019 ; P2 : 13/09/2019 ; P3 : 20/09/2019) et pour chaque période, trois intervalles de temps différents sont retenus (T1 : de 6h à 9h ; T2 : de 9h à 13h ; T3 : de 13h à 17h) dans le but de suivre l'activité des fourmis prédatrices.

Pour les essais de prédatrices nous avons fait quatre répétitions, la première avec cinq larves puis avec dix, quinze, vingt et vingt-cinq larves, à fin, d'avoir est ce que le nombre de larves initial influence sur la prédation. Nous avons utilisé 300 larves chaque jour. Au totale, 900 larves sont utilisées durant les trois périodes pour les trois variétés.

A noter aussi que nous étions présents sur place durant tous les essais de prédation, afin d'éviter la visite d'autres prédateurs et suivre uniquement les espèces de fourmis qui seraient intéressantes dans la lutte biologique. Ces dernières sont récupérées en vue de leur identification.

La température et l'humidité ont été mesurées pour chaque intervalle de temps (T1, T2 et T3). Pour cela, nous avons utilisé un thermomètre et un hygromètre.



**Figure 29** : larves de troisième stade de *C. capitata* (El keroumi *et al.*, 2010. Modifiée).

### II.3.3. Traitement et analyse des données

Les données obtenues au cours de ces différentes collectes ont été traitées avec le logiciel Excel de Microsoft office 2010.

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance lorsque la normalité et l'égalité des variances sont vérifiées. Cette analyse est suivie du test de Newman et Keuls lorsque des différences significatives sont observées. Ailleurs, lorsque l'une de ces conditions n'est pas vérifiée, le test de Kruskal Wallis est appliqué. Toutes ces analyses sont réalisées en utilisant le logiciel R et Statistica.

Chapitre IV :  
Résultats et discussion

Dans ce chapitre, deux importants aspects seront traités. Le premier est l'étude de la diversité de la myrmécofaune de différents sites de la grande Kabylie (deux milieux forestiers et deux milieux ouverts représentés par deux vergers de figuiers). Le deuxième aspect consiste à la mise en évidence de la prédation de *C.capitata* par les fourmis après avoir réalisé un suivi de la dynamique de ses populations sur trois variétés de figuier.

## 1. Résultats

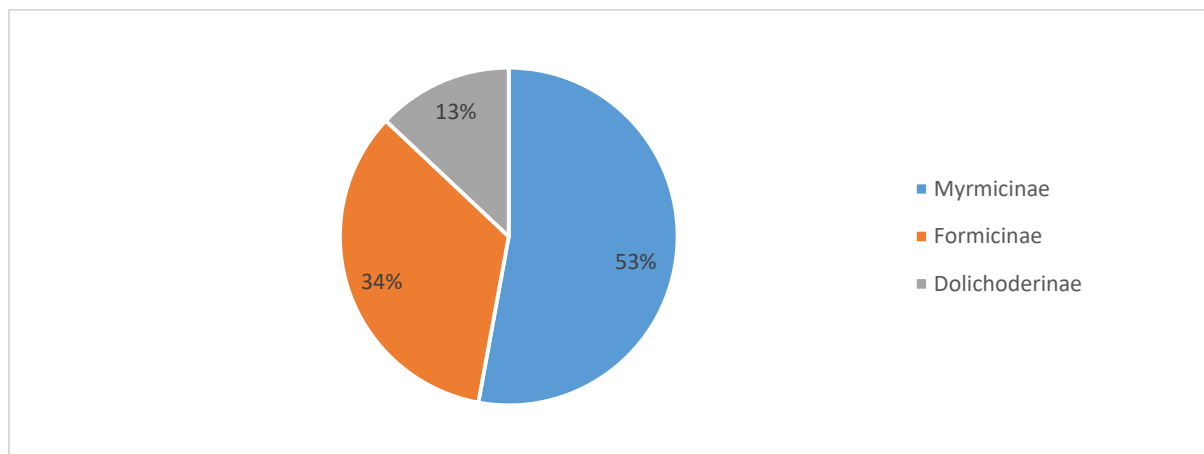
### 1.1. Diversité de la myrmécofaune dans les sites étudiés.

Dans cette étude nous avons recensé 30 espèces de fourmis appartenant à 13 genres et trois sous familles (Tab. 3) qui sont :

- Myrmicinae représentée par huit genres (*Aphaenogaster*, *Messor*, *Crematogaster*, *pheidole*, *Gonioma*, *Temnotorax*, *Tetrmorium* et *Monomorium*).
- Formicinae représentée par quatre genres (*Camponotus*, *Cataglyphis*, et *Plagiolepis*).
- Dolichoderinae représentée par un seul genre (*Tapinoma*).

Quatre genres sont particulièrement bien représentés parmi les fourmis échantillonnées ; il s'agit des genres *Camponotus* (huit espèces), *Aphaenogaster* (cinq espèces), *Messor* (quatre espèces) et *Crematogaster* (Trois espèces) (Tab.1).

Pour la totalité des espèces identifiées, nous avons constaté une dominance de la sous-famille des Myrmicinae (55 %) suivie par la sous-famille des Formicinae avec (35,5 %) et vient, en dernier, la sous famille des Dolichoderinae (13,5 %) (Fig. 30).



**Figure 30:** Proportion des sous familles des Formicidae dans les sites d'étude.

Nous signalons que le site d'Ain-El-Hammam (verger de figuier) représente la majorité des espèces recensées (26 espèces). Il est suivi par le site d'Azeffoun (reboisement) avec 23 espèces. Viennent, enfin, les sites d'Akerou (verger de figuier) avec 17 espèces et d'Assi-Youcef (foret naturelle) avec 13 espèces.

**Tableau 3 :** Espèces recensées dans les quatre sites d'étude.

Sous-Famille	Espèces
Formicinae	<i>Camponotus thoracicus</i>
	<i>Camponotus spissinodis</i>
	<i>Camponotus ruber</i>
	<i>Camponotus lateralis</i>
	<i>Camponotus allii</i>
	<i>Camponotus barbaricus</i>
	<i>Camponotus cruentatus</i>
	<i>Camponotus micans</i>
	<i>Cataglyphis viaticus</i>
	<i>Plagiolepis schmitzii</i>
	<i>Plagiolepis sp</i>
Myrmicinae	<i>Crematogaster scutellaris</i>

	<i>Crematogaster auberti</i>
	<i>Crematogaster laestrygon</i>
	<i>Aphaneogaster testaceo-pilosa</i>
	<i>Aphaneogaster senelis</i>
	<i>Aphaneogaster sardoa</i>
	<i>Aphaneogaster depilis</i>
	<i>Aphaneogaster fallax</i>
	<i>Messor barbarus</i>
	<i>Messor lobicornis</i>
	<i>Messor capitatus</i>
	<i>Messor medioruber</i>
	<i>Pheidole pallidula</i>
	<i>Gonionmma sp</i>
	<i>Temnothorax sp</i>
	<i>Tetramorium biskrense</i>
	<i>Monomorium silimonsis</i>
<b>Dolichoderinae</b>	<i>Tapinoma magnum</i>
	<i>Tapinoma simrothi</i>
<b>Total</b>	<b>30</b>

### 1.2. Diversité des fourmis dans les deux sites forestiers (Azeffoun et Assi-Youcef)

Nos méthodes d'échantillonnage ont permis de collecter 641 individus de fourmis (454 à Azeffoun et 187 à Assi-Youcef). La richesse en espèces de fourmis (S) au sein des deux sites d'étude est rapportée dans le tableau 4.

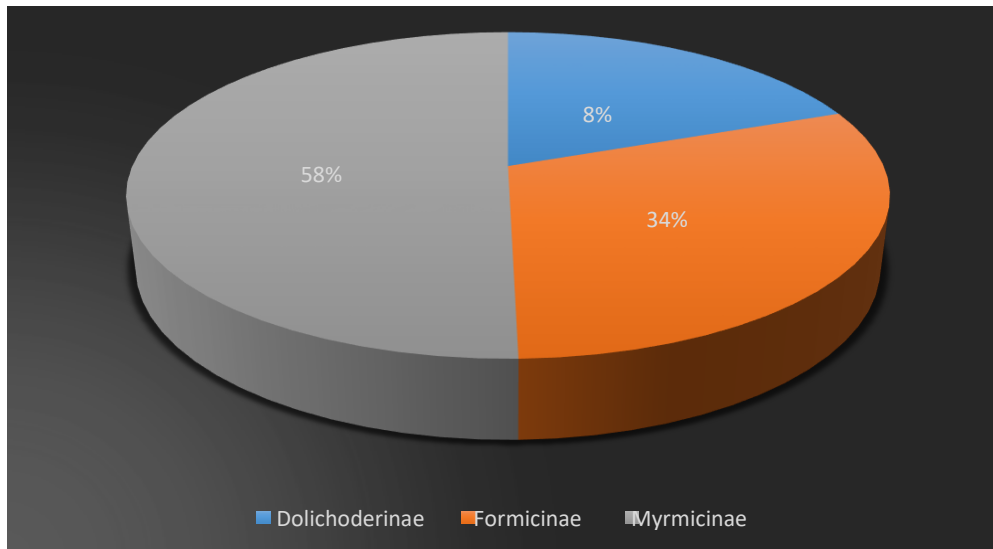
**Tablea4** : Richesse spécifique totale de la myrmécofaune des deux sites forestiers

Sous - famille	Espèce	Site	
		Azeffoun	Assi-Youcef
<b>Formicinae</b>	<i>Camponotus thoracicus</i>	+	+
	<i>Camponotus spissinodis</i>	+	-
	<i>Camponotus ruber</i>	+	-
	<i>Camponotus lateralis</i>	+	+
	<i>Camponotus alii</i>	+	+
	<i>Camponotus barbaricus</i>	+	+
	<i>Cataglyphis viaticus</i>	+	+
	<i>Palagiolepis schmitzii</i>	+	+
	<i>Palagiolepis sp.</i>	+	-
<b>Myrmicinae</b>	<i>Crematogaster scutellaris</i>	+	+
	<i>Crematogaster auberti</i>	+	-
	<i>Crematogaster laestrygon</i>	+	-
	<i>Aphaenogaster testaceopilosa</i>	+	+
	<i>Aphaenogaster senilis</i>	+	+
	<i>Aphaenogaster sardoa</i>	+	-
	<i>Messor barbarus</i>	+	+
	<i>Messor lobicornis</i>	+	-
	<i>Messor capitatus</i>	+	-
	<i>Pheidole pallidula</i>	+	+
	<i>Gonionmma sp.</i>	+	-
	<i>Temnothorax sp.</i>	+	-
	<i>Tetramorium biskrense</i>	+	+
<b>Dolichoderinae</b>	<i>Tapinoma simrothi</i>	+	+

1.2.

### 1. Proportion des sous familles dans les sites forestiers

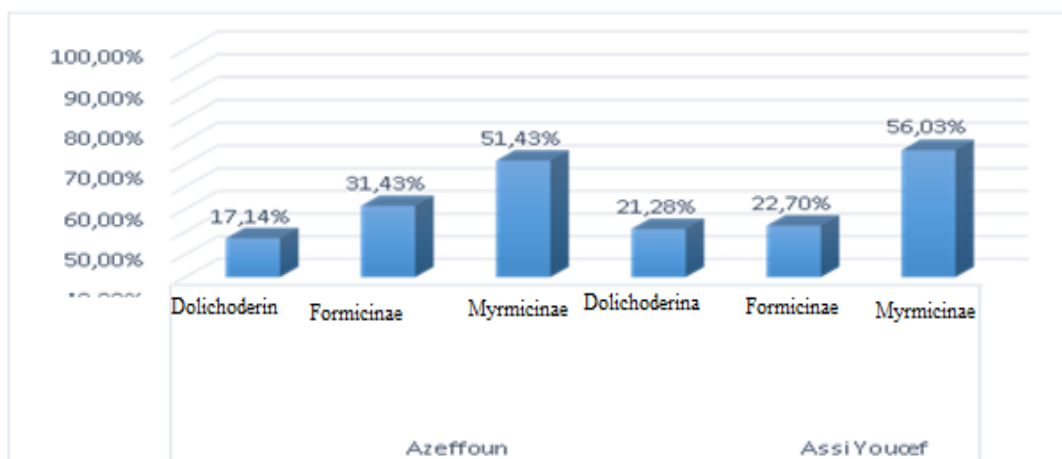
Dans les sites forestiers, un total de 23 espèces a été identifié. Elles appartiennent à 11 genres et à trois sous-familles : Myrmicinae (58 %), Formicinae (34 %) et Dolichoderinae (8 %) (Fig. 31). Les 23 espèces étaient toutes présentes à Azeffoun, alors que seulement 13 ont été trouvées à Assi-Youcef.



**Figure 31 :** Proportion des sous-familles dans les deux sites forestiers

### 1.2.2. Proportion des sous-familles au niveau de chaque site

La répartition des sous-familles dans les deux sites est différente. La sous-famille de Myrmicinae prédomine dans les sites forestiers et représente plus de 50% de la myrmécofaune récoltée. Elle est suivie par la sous-famille des Formicinae. Les Dolichoderinae sont peu présentes en forêt (Fig. 32).

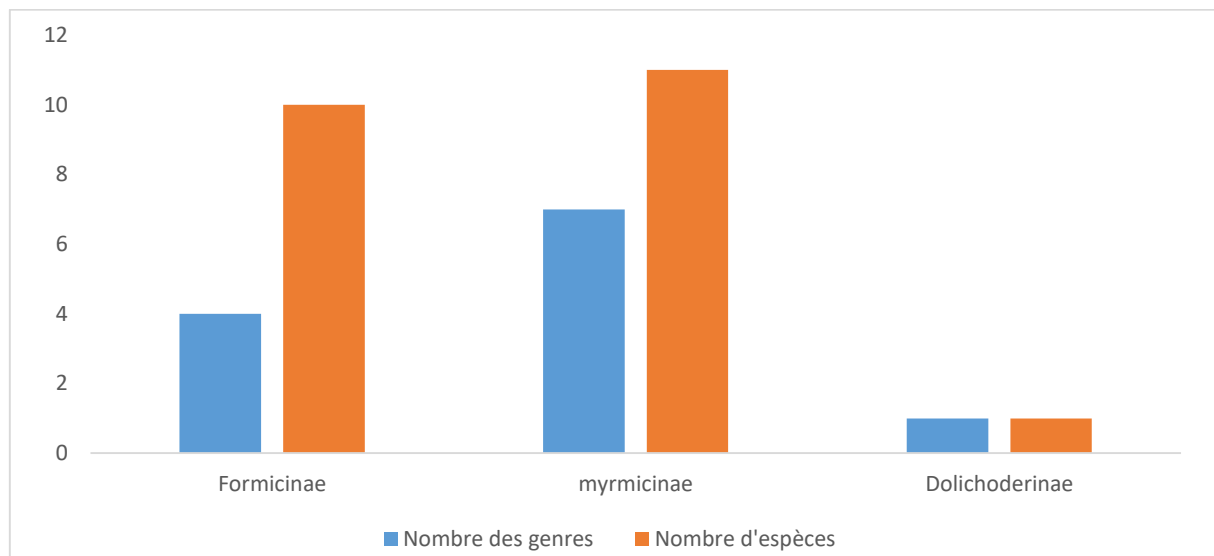


**Figure 32:** Proportion des sous-familles au niveau de chaque site

La sous-famille des Myrmicinae étant la plus diversifiée en refermant sept genres et treize espèces. Chacun des genres *Crematogaster*, *Aphaenogaster* et *Messor* est représenté par trois espèces. Par contre, les genres *Tetramorium*,

*Pheidole*, *Gonomma* et *Temnothorax* sont représentés par une seule espèce chacun.

Concernant la sous-famille des Formicinae, nous avons enregistré dix espèces appartenant à trois genres. Le genre *Cataglyphis* est représenté par une seule espèce et le genre *Plagiolepis* par deux espèces. Le genre *Camponotus*, quant à lui, est le plus riche en renfermant six espèces. La sous-famille la moins diversifiée est celle des Dolichoderinae, qui ne renferme qu'un seul genre (*Tapinoma*) et une espèce (*Tapinoma simrothi*) (Fig. 33).

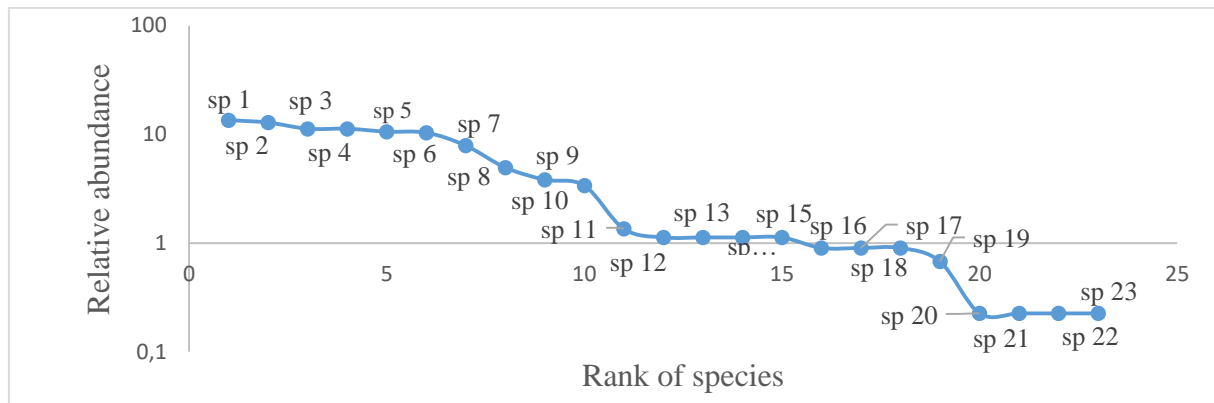


**Figure 33:** Nombre de genres rencontré dans les deux sites

### 1.2.3. Abondance relative des fourmis dans les deux sites forestiers

D'un point de vue quantitatif, l'abondance relative (AR) des fourmis varie dans les deux sites en fonction du rang de l'espèce.

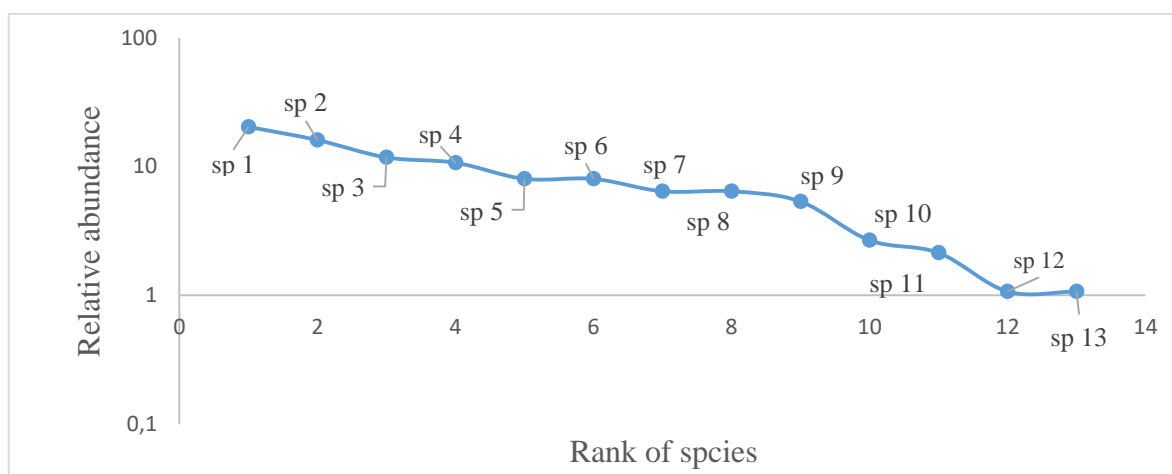
À Azeffoun, *Tapinoma simrothi* est l'espèce la plus abondante (AR = 13,22 %). Elle est suivie par *Pheidole pallidula* (RA = 12,56 %), *Cataglyphis viaticus* et *Crematogaster scutellaris* qui présentent la même abondance (RA = 11,01 %) (Fig. 34).



**Figure 34:** Courbe de Rang-abondance pour l'abondance relative ( $\text{Log}_{10} ni/N$ ) des espèces de fourmis collectées à Azeffoun.

sp 1 : *Tapinoma simrothi* ; sp 2 : *Pheidole pallidula* ; sp 3 : *Cataglyphis viaticus* ; sp 4 : *Crematogaster scutellaris* ; sp 5 : *Aphaenogaster senilis* ; sp 6 : *Palagirolepis schmitzii* ; sp 7 : *Messor barbarus* ; sp 8 : *Crematogaster auberti* ; sp 9 : *Camponotus alii* ; sp 10 : *Camponotus thoracicus* ; sp 11 : *Aphaenogaster testaceopilosa* ; sp 12 : *Camponotus barbarus* ; sp 13 : *Aphaenogaster sardoa* ; sp 14 : *Temnothorax sp* ; sp 15 : *Tetramorium biskrensis* ; sp 16 : *Camponotus lateralis* ; sp 17 : *Palagirolepis sp* ; sp 18 : *Messor capitus* ; sp 19 : *Messor lobicornis* ; sp 20 : *Camponotus spissinodis* ; sp 21 : *Camponotus ruber* ; sp 22 : *Crematogaster laestrygon* ; sp 23 : *Goniomma sp*.

L'espèce la plus abondante à Assi-Youcef est *Pheidole pallidula* (RA = 22,32 %). Elle est suivie par *Tapinoma simrothi*, *Palageolipis schmitzii* et *Cataglyphis viactus*, avec des abondances relatives respectives de 16,04 %, 11,76 % et 10,70 %. (Fig. 35).

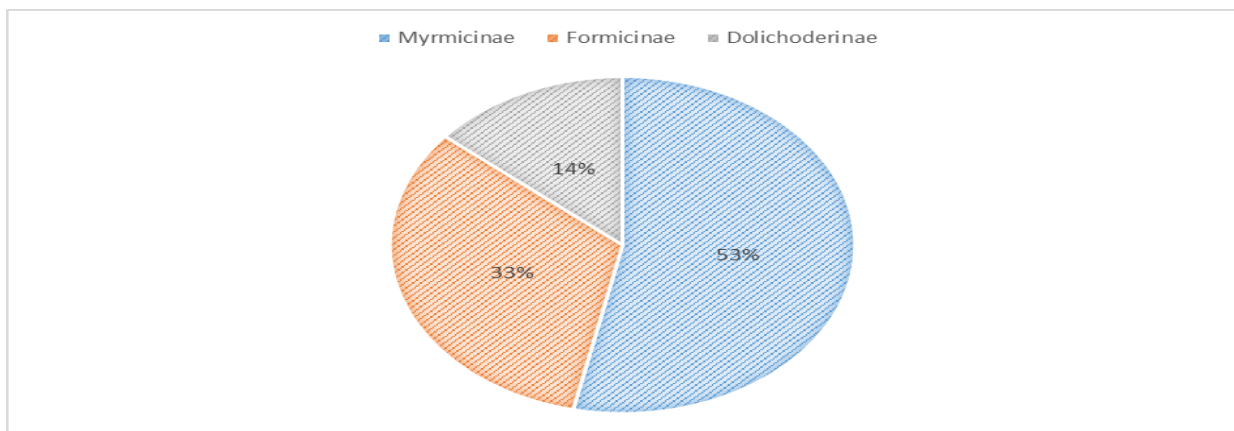


**Figure 35:** Courbe de Rang-abondance pour l'abondance relative ( $\text{Log}_{10} ni/N$ ) des espèces de fourmis collectées à Assi-Youcef.

sp 1 : *pheidole pallidula* ; sp 2 : *Tapinoma simorthi* ; sp 3 : *Palagiolepis schmitzii* ; sp 4 : *Cataglyphis viaticus* ; sp 5 : *Aphaenogastersenilis* ; sp 6 : *Messor barbarus* ; sp 7 : *Crematogaster scutellaris* ; sp 8 : *Tetramorium biskrense is* ; sp 9 : *Camponotus thoracicus* ; sp 10 : *Camponotus alii* ; sp 11 : *Camponotus barbaricus* ; sp 12 : *Camponotus latiralis* ; sp 13 : *Aphaenogaster testaceopilosa*.

### 1.2.4 Fréquences d'occurrences ou centésimales des fourmis dans les deux sites forestiers

Dans cet inventaire, réalisé dans les deux sites (Azeffoun, Assi-Youcef), nous observons une dominance des Myrmicinae avec Fc = 53%. Elle est suivie par les Formicinae (Fc 33%) et les Dolichoderinae (14%) (Fig. 36).



**Figure 36:** Fréquences d'occurrences ou centésimales des fourmis dans les deux sites forestiers

Six classes de constance ont été observées dans les deux sites forestiers (Tab. 5). Cinq classes de constance ont été identifiées à Azeffoun. Les espèces accessoires sont absentes et les espèces rares sont au nombre de 14.

La majorité des espèces identifiées à Azeffoun sont des espèces rares (58,33 %). Elles sont suivies par les espèces accidentelles et les espèces régulières (12,50 % pour chaque catégorie). Les espèces les moins représentées sont les omniprésentes (08,33 %).

À Assi-Youcef, les espèces les plus présentes appartiennent aux catégories rares et accessoires (30,77 % pour chaque classe). Elles sont suivies par les espèces régulières et les espèces omniprésentes (15,38 % pour chacune des classes). Les espèces accidentelles arrivent en dernier (07,69 %).

Les espèces absentes à Assi-Youcef ont une faible abondance à Azeffoun ; 10/11 sont rares et 1/11 est accidentelle. Les espèces rares à Azeffoun sont soit absentes (10 espèces), rares (trois espèces) ou accessoire (une espèce) à Assi-Youcef.

Par contre, les espèces rares à Assi-Youcef sont soit rares (trois espèces) ou accessoire (une espèce) à Azeffoun. Par ailleurs, toutes les espèces omniprésentes le sont pour les deux sites (*Tapinoma simrothi* et *Pheidole pallidula*). Nous notons aussi que le site d'Assi-Youcef présente un taux des espèces rares et accidentelles inférieur et celui des espèces omniprésentes supérieur à ceux affichés à Azeffoun.

**Tableau 5 :** Fréquences d'occurrences ou centésimales (Fc%) des Formicidae échantillonnées dans les deux sites d'étude.

especes	Azeffoun		Assi-Youcef	
	Fc%	Catégorie	Fc%	Catégorie
Camponotus thoracicus	25.00	Ac	33.33	Ac
Camponotus spissinodis	04.76	r	00.00	Abs
Camponotus ruber	04.76	r	00.00	Abs
Camponotus lateralis	06.66	r	06.66	r
Camponotus alii	28.33	Ac	16.66	r
Camponotus barbaricus	08.33	r	13.33	r
Cataglyphis viaticus	66.66	R	60.00	R
Palagiolepis schmitzii	66.66	R	66.66	R
Palagiolepis sp.	03.33	r	00.00	Abs
Crematogaster scutellaris	75.00	C	40	A
Crematogaster auberti	30.00	Ac	00.00	Abs
Crematogaster laestrygon	01.66	r	00.00	Abs
Aphaenogaster testaceopilosa	10.00	r	06.66	r

Aphaenogaster senilis	75.00	C	50.00	A
Aphaenogaster sardoa	08.33	r	00.00	Abs
Messor barbarus	58.33	R	50.00	A
Messor lobicornis	05.00	r	00.00	Abs
Messor capitus	06.66	r	00.00	Abs
Pheidole pallidula	91.66	O	93.33	O
Goniomma sp.	01.66	r	00.00	Abs
Temnothorax sp.	05.00	r	00.00	Abs
Tetramorium biskrense	08.33	r	40.00	A

Fc : constance, **R** : régulière, **A** : accessoire, **Ac** : accidentelle, **r** : rare, **O** : omniprésente, Abs : absente

Nous notons aussi que le site d'Assi-Youcef présente un taux d'espèces rares et accidentelles inférieur et celui des espèces omniprésentes supérieur au site d'Azefoun.

Les espèces rares sont *Goniomma sp.* (Fc = 01,66 %), *Crematogaster laestrygon* (Fc = 01,66 %) et *Palagiolepis sp.* (Fc = 03,33 %). Trois espèces sont accidentelles à savoir *Crematogaster auberti* (Fc = 30,00 %), *Camponotus alii* (Fc = 28,33 %) et *Camponotus toracicus* (Fc = 25,00 %).

De même, les espèces régulières sont au nombre de trois et sont *Palagiolepis schmitzii* (Fc = 66,66 %), *Cataglyphis viaticus* (Fc = 66,66 %) et *Messor barbarus* (Fc = 58,33 %). Deux espèces sont constantes : *Crematogaster scutellaris* (Fc = 75,00 %) et *Aphaenogaster senilis* (Fc = 75,00 %). Deux autres sont omniprésentes : *Tapinoma simrothi* (Fc = 93,33 %) et *Pheidole pallidula* (Fc = 93,33 %).

Cinq classes de constance sont également identifiées à Assi-Youcef. Aucune espèce de fourmi n'est identifiée comme constante. Quatre espèces sont considérées comme rares : *Camponotus alii* (Fc= 16,66 %), *Camponotus barbarus* (Fc = 13,33 %), *Camponotus lateralis* (Fc = 06,66 %) et *Aphaenogaster testaceo-*

*pilosa* (Fc = 06,66 %). La classe accidentelle est représentée par une seule espèce, *Camponotus toracicus* (Fc = 33,33 %).

Quatre espèces accessoires sont enregistrées en l'occurrence *Aphaenogaster senilis* (Fc = 50,00 %), *Messor barbarus* (Fc = 50,00 %), *Crematogaster scutellaris* (Fc = 40,00 %) et *Tetramorium biskrense* (Fc = 40,00 %). Les espèces régulières et omniprésentes sont toutes les deux représentées par deux espèces, à savoir *Palagiolepis schmitzii* (Fc = 66,66 %) et *Cataglyphis viaticus* (Fc = 60,00 %) pour la première catégorie *Pheidole pallidula* (Fc = 93,33 %) et *Tapinoma simorthi* (Fc = 93,33 %) pour la deuxième.

### 1.2.5. Indice de Shannon et indice d'équitabilité de Piélou

Concernant l'indice de Shannon H', il est de l'ordre de 2,613 à Azeffoun et 2,298 à Assi-Youcef. Ces valeurs sont moyenne par apport a H'max estimée respectivement à des valeurs respectives de 4,585 et 3,700 espèces. Quant à la répartition des espèces, l'indice de Piélou est de 0,569 à Azeffoun et 0,621 à Assi-Youcef (Tab. 6).

**Tableau 6 :** Indices de Shannon (H') et d'équitabilité (E) pour les deux sites d'étude.

Paramètre	Site	
	Azeffoun	Assi-Youcef
H'	2.61	2.29
S	24	13
H'max	4.585	3.70
E	0.56	0.62

### 1.2.6. Estimateurs non-paramétriques

A Azeffoun, la richesse spécifique estimée est supérieure à la valeur observée (S obs. = 23). Selon les différents estimateurs utilisés, le nombre de nouvelles espèces à trouver dans ce site est de seize à vingt avec les indices Chao 1 et jackknife 2, neuf espèces avec l'indice jackknife 1 et quatre espèces avec l'indice bootstrap (Tab. 7).

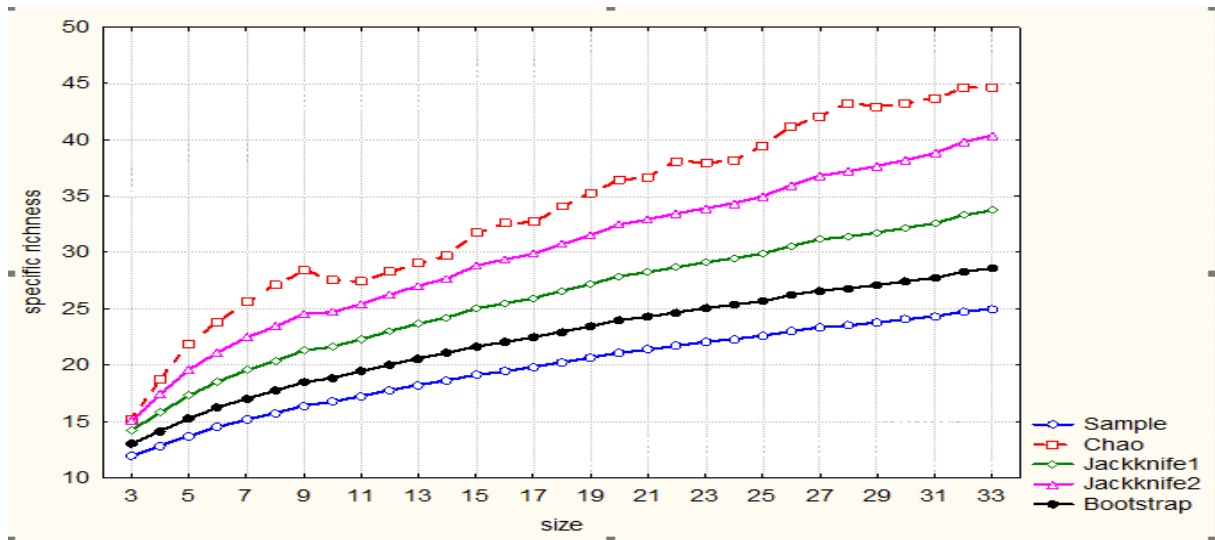
En revanche, à Assi-Youcef, les valeurs estimées sont proches de celles observées, avec une estimation minimale d'une à trois espèces supplémentaires à trouver dans ce site (Sobs. = 13, Chao = 15,93 ± 3,63, jackknife 1 = 15,93 ± 1,37,

jackknife 2 = 16,90 et bootstrap = 14,86 ± 0,77). Par ailleurs, le taux d'exhaustivité de l'inventaire a atteint une valeur de 67,09% à Azeffoun et 81,90 à Assi-Youcef (Tableau 7).

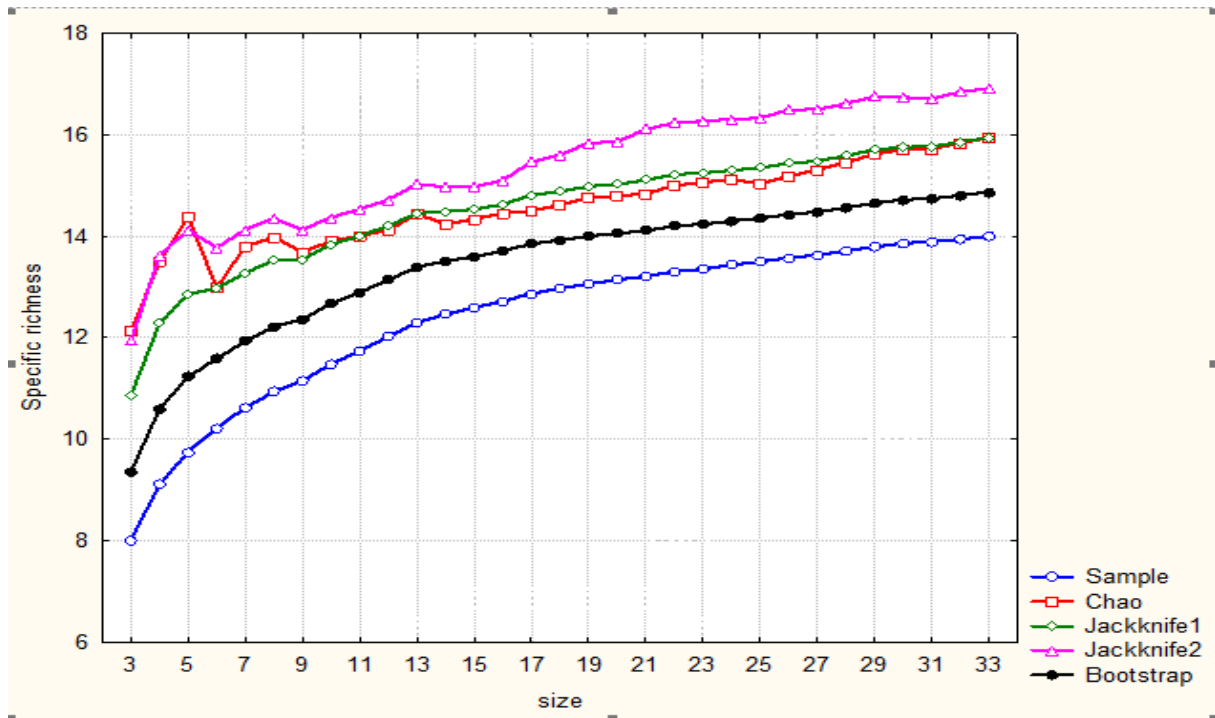
**Tableau 7 :** Estimation de la richesse totale des fourmis.

Sites						
	Azeffoun	Assi-Youcef	Azeffoun		Assi-Youcef	
Estimateurs	Valeur		Amplitude	Amplitude moyenne	Amplitude	Amplitude moyenne
Richesse observée	23	13				
Chao	44,63 ± 19,59	15,93 ± 3,63	53,77%	67,09%	81,60%	81,90%
Jackknife 1	33,72 ± 4,07	15,93 ± 1,37	71,17%		81,60%	
Jackknife 2	40,36	16,9	59,46%		76,92%	
Bootstrap	28,58 ± 2,06	14,86 ± 0,77	83,97%		87,48%	

Les figures 37 et 38 illustrent la différence entre les courbes d'accumulation des espèces (Sobs.) et celles obtenues à l'aide des estimateurs adoptés.



**Figure 37:** Courbes d'accumulation des espèces et estimateurs de la richesse à Azeffoun.



**Figure 38 :** Courbes d'accumulation des espèces et estimateurs de la richesse à Assi-Youcef.

### 1.3. Diversité des fourmis dans deux vergers de figuier à Akerou et Ain-El-Hammam

Les méthodes d'échantillonnage que nous avons adoptées, nous ont permis de collecter 6633 individus de fourmis : 2769 à Akerou et 3864 à Ain-El-Hammam. La richesse en espèces de fourmis (S) au sein des deux sites d'étude est rapportée dans le tableau 8.

**Tableau 8:** Richesse en espèces de fourmis (S) au sein des deux vergers de figuier

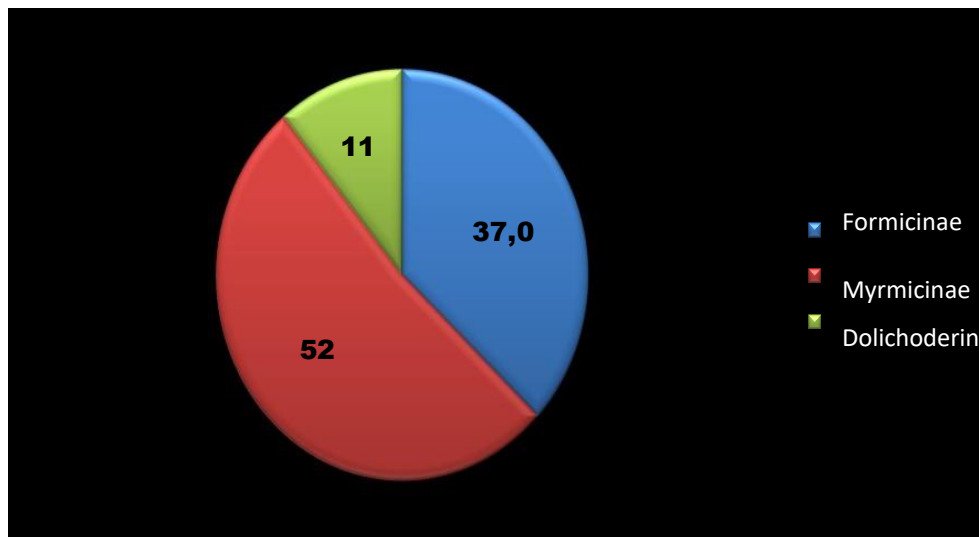
Sous-Familles	Espèces	AEH	Akerou
Formicinae	<i>Cataglyphis viaticus</i>	+	+
	<i>Camponotus lateralis</i>	+	-
	<i>Camponotus barbaricus</i>	+	+
	<i>Camponotus ruber</i>	+	-
	<i>Camponotus alii</i>	+	+
	<i>Camponotus thoracicus</i>	+	+

	<i>Camponotus cruentatus</i>	+	-
	<i>Camponotus micans</i>	+	-
	<i>Camponotus spissinodis</i>	+	-
	<i>Pagiolepis schmitzii</i>	+	-
<b>Myrmicinae</b>	<i>Crematogaster laestrygon</i>	+	+
	<i>Crematogaster auberti</i>	+	+
	<i>Crematogaster scutellaris</i>	+	+
	<i>Aphaenogaster testaceo-pilosa</i>	+	+
	<i>Aphaenogaster senilis</i>	+	+
	<i>Aphaenogaster sardoa</i>	+	+
	<i>Aphaenogaster depilis</i>	+	+
	<i>Aphaenogaster fallax</i>	+	+
	<i>Pheidole pallidula</i>	+	+
	<i>Messor barbarus</i>	+	+
	<i>Messor lobicornis</i>	+	+
	<i>Messor capitatus</i>	+	-
	<i>Messor medioruber</i>	+	-
	<i>Monomorium salomonis</i>	+	+
<b>Dolichoderinae</b>	<i>Tapinoma magnum</i>	+	+
	<i>Tapinoma simrothi</i>	+	+
<b>S</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>17</b>

+:Présence; -:Absence.

### 1.3.1. Proportion des sous familles dans les vergers de figuier

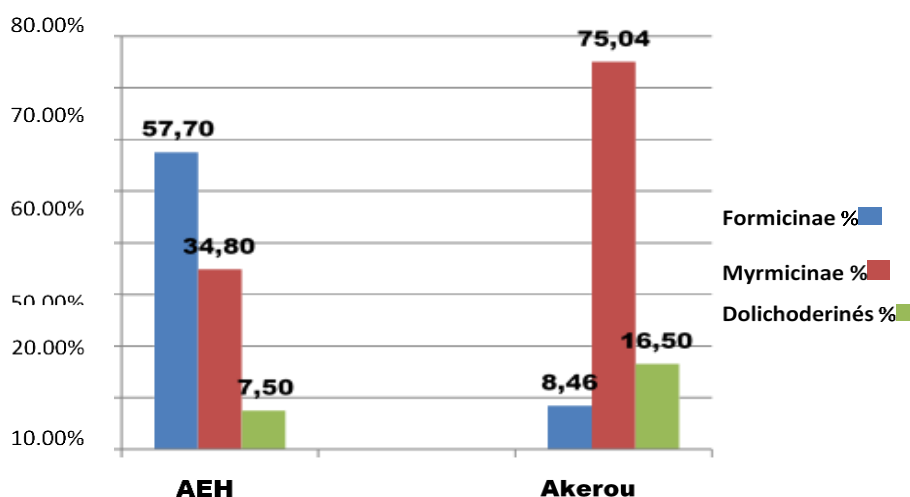
Un total de 26 espèces a été identifié. Elles appartiennent à neuf genres et à trois sous-familles : Myrmicinae (52%), Formicinae (37 %) et Dolichoderinae (11 %) (Fig. 39). Les 26 espèces ont été toutes présentes à Ain-El-Hammam, alors que seulement 17 ont été trouvées à Akerou.



**Figure 39:** Proportion des sous-familles dans les deux vergers de figuier

### 1.3.2. Proportion des sous-familles au niveau de chaque verger

La répartition des sous-familles dans les deux régions est différente. Dans le site d' Ain El Hammam, la sous famille des Formicinae est la plus dominante tandis que dans le site d'Akerou, c'est la sous-famille des Myrmicinae qui prédomine. La sous famille des Dolichoderinae, quant à elle, est la plus présente au niveau d'Akerou (Fig. 40).

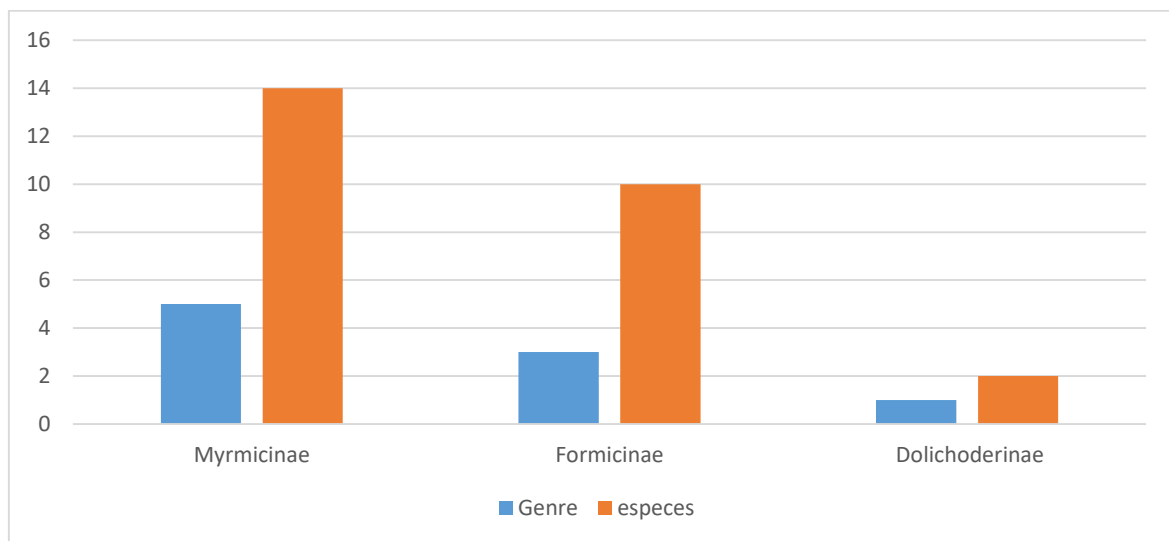


**Figure 40 :** Proportion des sous-familles au niveau de chaque verger de figuier

Avec cinq genres et 14 espèces, la sous-famille des Myrmicinae est la plus diversifiée. Le genre *Aphaenogaster* est représenté par cinq espèces, le genre *Messor* par quatre espèces et le genre *Crematogaster* par trois espèces. Les deux

genres restants (*Monomorium* et *Pheidole*) sont représentés chacun par une seule espèce.

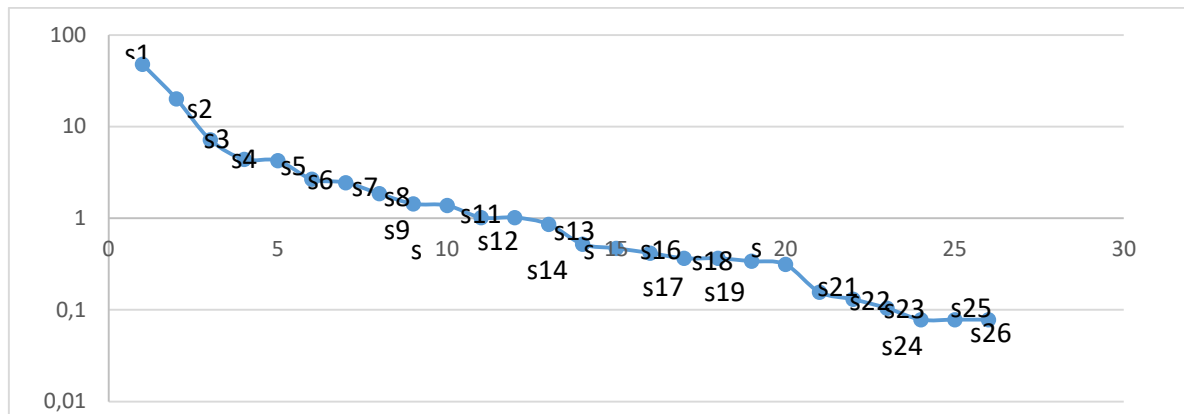
La sous-famille des Formicinae comptabilise 10 espèces appartenant à trois genres. Les genres *Cataglyphis* et *Plagiolepis* sont représentés par une espèce chacun. *Camponotus* est le genre le plus riche, avec huit espèces. La sous-famille la moins diversifiée est celle des Dolichoderinae avec un seul genre (*Tapinoma*) et deux espèces (*Tapinoma simrothi* et *Tapinoma magnum*) (Fig. 41).



**Figure 41** : Nombre de genres rencontré dans deux vergers de figuier

### 1.3.3. Abondance relative des fourmis dans les deux vergers de figuiers

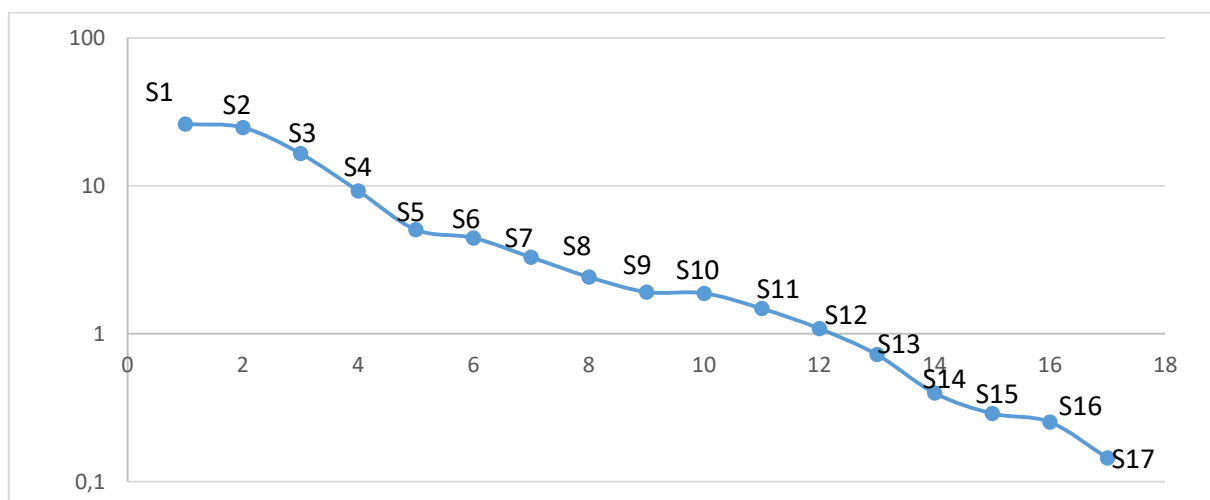
D'un point de vue quantitatif, l'abondance relative (AR) des fourmis varie entre les deux sites en fonction du rang de l'espèce. Dans le site d'Ain El Hammam, qui compte un total de 26 espèces, *Cataglyphis viaticus* est l'espèce la plus abondante avec un pourcentage de 47.51% suivie par *Monomorium salomonis* (19.9%), *Tapinoma magnum*, *Messor lobicornis* et *Camponotus barbarus* avec respectivement 7.14%, 4.34% et 4.21%. Les espèces *Camponotus thoracicus*, *Plagiolepis schmitzii* et *Aphaneogaster fallax* présentent les taux les plus faibles de l'ordre de 0.07% (Fig. 42).



**Figure 42 :** Courbe de Rang-abondance pour l'abondance relative (Log10 ni/N) des espèces de fourmis collectées à Ain-El-Hammam.

s1 : *Cataglyphis viaticus*, s2 : *Monomorium salomonis*, s3 : *Tapinoma magnum*, s4 : *Messor lobicornis*, s5 : *Camponotus barbaricus*, s6 : *Camponotus alli*, s7 : *Pheidole pallidula*, s8 : *Messor barbarus*, s9 : *Aphaenogaster testaceo-pilosa*, s10 : *Messor capitatus*, s11 : *Aphaenogaster sardea*, s12 : *Crematogaster scutellaris*, s13 : *Camponotus ruber*, s14 : *Camponotus spissinodis*, s15 : *Messor medioruber*, s16 : *Camponotus micans*, s17 : *Tapinoma simrothi*, s18 : *Aphaenogaster senilis*, s19 : *Crematogaster auberti*, s20 : *Camponotus cruentatus*, s21 : *Camponotus lateralis*, s22 : *Aphaenogaster depilis*, s23 : *Crematogaster laestrygon*, s24 : *Camponotus thoracicus*, s25 : *Plagiolepis schmitzii*, s26 : *Aphaenogaster fallax*.

Dans le site d'Akerou, qui compte un total de 17 espèces, *Aphaenogaster testaceo-pilosa* est la plus abondante avec un pourcentage de 26.1% suivie par *Pheidole pallidula*, *Tapinoma magnum* et *Aphaenogaster depilis* avec respectivement 24.7%, 16.5% et 9.24%. Les espèces *Aphaenogaster senilis*, *Camponotus thoracicus*, *Camponotus alli*, *Aphaenogaster fallax* et *Crematogaster laestrygon* présentent des taux faibles allant de 0,14 à 1.91%. (Fig. 43).

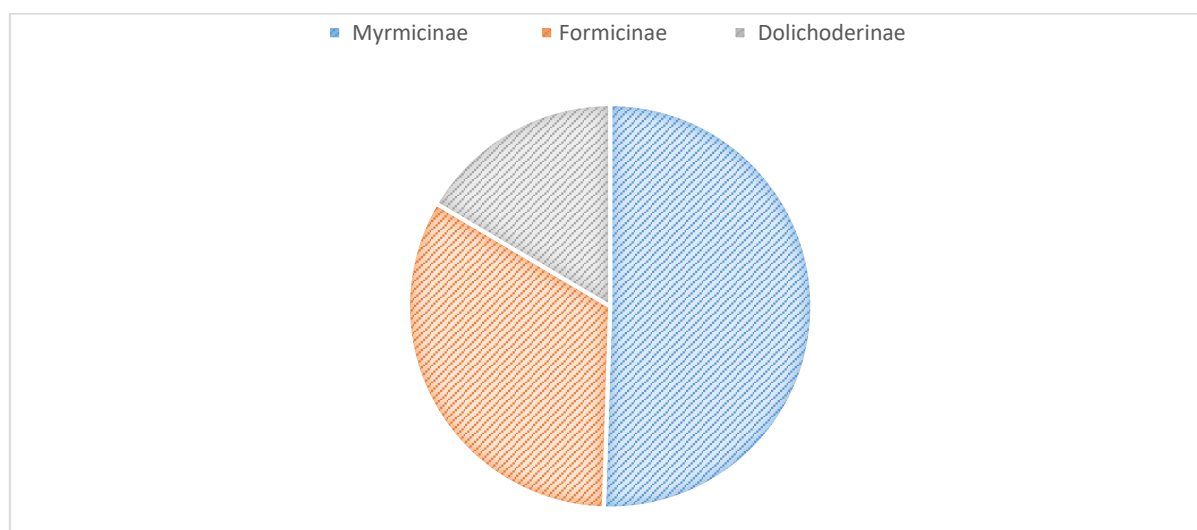


**Figure 43 :** Courbe de Rang-abondance pour l'abondance relative (Log10 ni/N) des espèces de fourmis collectées à Akerou.

s1 : *Aphaenogaster testaceo-pilosa*, s2 : *Pheidole pallidula*, s3 : *Tapinoma magnum*, s4 : *Aphaenogaster depilis*, s5 : *Crematogaster auberti*, s6 : *Camponotus barbaricus*, s7 : *Cataglyphis viaticus*, s8 : *Aphaenogaster sardoa*, s9 : *Messor barbarus*, s10 : *Monomorium salomonis*, s11 : *Messor lobirconis*, s12 : *Crematogaster scutellaris*, s13 : *Aphaenogaster senilis*, s14 : *Camponotus thoracicus*, s15 : *Camponotus alii*, s16 : *Aphaenogaster fallax*, s17 : *Crematogaster laestrygon*.

### I.3.4. Fréquences centésimales des fourmis dans les deux vergers de figuiers

Dans les vergers de figuiers, nous observons une dominance de la sous-famille des Myrmicinae avec Fc = 50,5%. Puis viennent les Formicinae (33%) et les Dolichoderinae avec 16,5% (Fig. 44).



**Figure 44 :** Fréquences centésimales des fourmis dans les deux figueraies.

Quatre classes de constance ont été observées dans les deux sites d'étude (Tab. 9). Deux espèces régulières ont été identifiées, il s'agit de *Cataglyphis viaticus* (Fc=66,8%) à Ain-El-Hammam et *Aphaenogaster senilis* (Fc=58,60%) à Akerou.

Les espèces accessoires sont aussi représentées par deux espèces, *Monomorium salomonis* (Fc=41,5%) à Ain-El-Hammam et *Tapinoma simrothi* (Fc=47,98%) à Akerou. Neuf espèces sont accidentelles dans les deux sites, telle que *Camponotus alii* (Fc=10,76%), *Pheidole pallidula* (Fc=7,03%) à Ain-El-Hammam et *Aphaenogaster fallax* et *Camponotus ruber* à Akerou. A noter que 21 espèces sont rares alors que la catégorie constante est absente dans les deux sites.

**Tableau 9:** Fréquence centésimales (Fc%) des Formicidae échantillonnées dans les deux sites d'études (vergers de figuiers).

Espèces	Ain-El-Hammam		Akerou	
	Fc %	Catégorie	Fc%	Catégorie
<i>Cataglyphis viaticus</i>	66.8	R	9.89	r
<i>Camponotus lateralis</i>	0.43	r	1.09	r
<i>Camponotus barbaricus</i>	15.82	r	00,00	Abs
<i>Camponotus ruber</i>	1.75	r	19.78	Ac
<i>Camponotus alii</i>	10.76	r	00,00	abs
<i>Camponotus thoracicus</i>	0.21	r	1.46	r
<i>Camponotus cruentatus</i>	1.31	r	2.93	r
<i>Camponotus micans</i>	1.31	r	00,00	Abs
<i>Camponotus spissinodis</i>	1.31	r	00,00	Abs
<i>Plagiolepis schmitzii</i>	0.21	r	00,00	Abs
<i>Crematogaster laestrygon</i>	0.87	r	00,00	Abs
<i>Crematogaster auberti</i>	1.53	r	1.46	r
<i>Crematogaster scutellaris</i>	1.09	r	2.19	r
<i>Aphaenogaster testaceopilosa</i>	4.17	r	4.39	r
<i>Aphaenogaster senilis</i>	1.09	r	58.60	R
<i>Aphaenogaster sardo</i>	2.87	r	3.66	r
<i>Aphaenogaster depilis</i>	1.09	r	6.22	r
<i>Aphaenogaster fallax</i>	0.43	r	10.25	r
<i>pheidole pallidula</i>	7.03	r	1.09	r
<i>Messor barbarus</i>	3.51	r	23.07	Ac
<i>Messor lobicornis</i>	17.14	Ac	9.52	r
<i>Messor capitatus</i>	1.31	r	4.76	r
<i>Messor medioruber</i>	1.75	r	00,00	Abs

<i>Monomorium salomonis</i>	41.5	A	00,00	Abs
<i>Tapinoma magnum</i>	17.36	Ac	3.66	r
<i>Tapinoma simrothi</i>	0.43	r	47.98	A

**Fc%** : constance ; **R** : régulière, **A** : accessoire, **Ac** : accidentelle, **r** : rare ; Abs : Absente

La majorité des espèces identifiées à Ain-El-Hammam sont des espèces rares (64,70 %). Elles sont suivies par les espèces accidentelles (19,23 %). Les espèces les moins représentées sont les régulières et les accessoires (03,85 % pour chaque catégorie).

À Akerou, les espèces les plus présentes appartiennent aux catégories rare (52,94%) et accidentelle (29,41 %). Elles sont suivies par les espèces régulières et les espèces accessoires (5,88 % pour chacune des classes).

Les espèces absentes à Akerou ont une faible présence à Ain-El-Hammam ; 7/8 sont rares et 1/8 est régulière. Les espèces rares à Ain-El-Hammam sont soit absentes (sept espèces), rares (13 espèces), accidentelles (deux espèces) ou accessoire (une espèce) à Akerou.

Par contre, les espèces rares à Akerou sont soit rares (11 espèces) ou accidentelles (deux espèces) à Ain-El-Hammam. En outre, une espèce régulière (*Aphaenogaster senilis*) à Akerou est rare à Ain-El-hammam et une autre espèce est accessoire (*Tapinoma simrothi*) à Akerou est rare à Ain-El-Hammam.

Notons aussi que le site d'Akerou présente un taux d'espèces rares et accidentelles inférieur à ceux enregistrés à Ain-El-Hammam.

### 1.3.5. Indice de Shannon et indice d'équitabilité de Piélou

Concernant l'indice de Shannon  $H'$ , il est de l'ordre de 3,00 à Ain-El-Hammam et 2,80 à Akerou. Ces indices tendent vers  $H'$ max dont les valeurs respectives sont 4,70 et 4,08.

Quant à la répartition des espèces, l'indice de Piélou est de 0,64 à Ain-El-Hammam et 0,67 à Akerou ; ce qui dénote d'une tendance à l'existence d'un équilibre dans la répartition des espèces (Tab. 10).

**Tableau 10:** Indices de Shannon (H') et d'équitabilité (E) pour les deux figueraies.

Paramètre	Site	
	Ain-El-Hammam	Akerou
H'	3.00	2.80
S	26	17
H'max	4.70	4.08
E	0.64	0.67

### 1.3.6. Estimateurs non-paramétriques

À Ain-El-Hammam, la richesse spécifique estimée est proche de la valeur observée (Sobs. = 26). Selon les différents estimateurs utilisés, le nombre de nouvelles espèces à trouver dans ce site est de un à deux avec les indices Chao (=27.25 ± 0.72), jackknife 2 (=27.05), jackknife 1(= 27.98 ± 0.98) et avec l'indice bootstrap (= 27.68 ± 0.72) (Tab. 11).

**Tableau 11:** Estimation de la richesse totale des fourmis à Ain-El-Hammam.

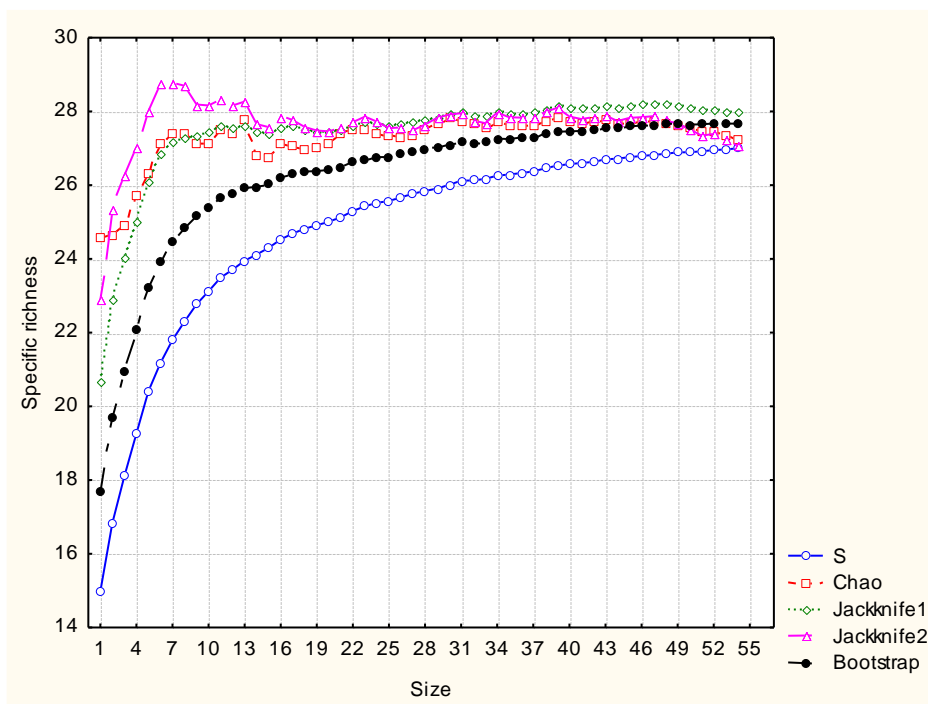
Estimateurs	Valeurs	amplitude	Amplitude moyenne
S observée	26		
Chao	27.24554 ± 0.7189094	99.08%	98.23%
Jackknife1	27.98214 ± 0.9821429	96.5%	
Jackknife2	27.05292	99.82%	
Bootstrap	27.68453 ± 0.7227459	97.54%	

De même, à Akerou, les valeurs estimées sont proches de celles observées, avec une estimation minimale d'une à deux espèces supplémentaires à trouver dans ce site (Sobs. = 17, Chao = 18 ± 0.477, jackknife 1 = 18.98 ± 0.98, jackknife 2 = 19.94 et bootstrap = 18.43 ± 0.54) (Tab.12).

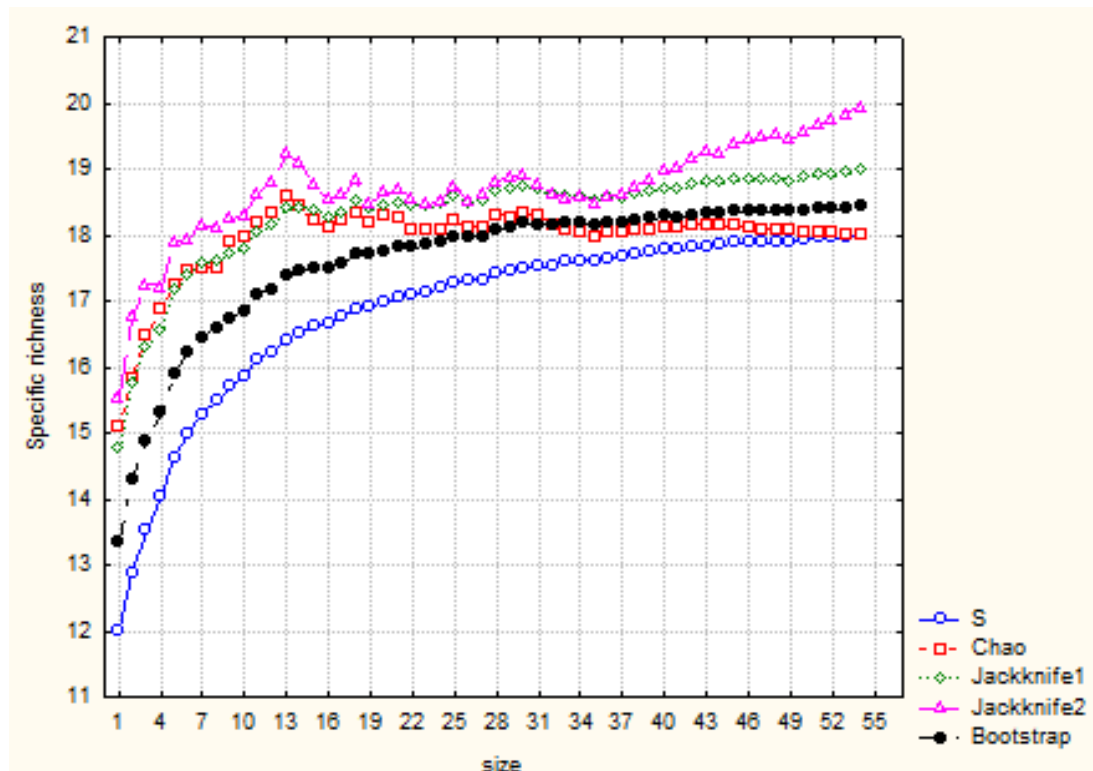
**Tableau 12 :** Estimation de la richesse totale des fourmis à Akerou.

estimateurs	Valeurs	Amplitude	Amplitude moyenne
S observée	17		
Chao	18 ± 0.4772356	100 %	95.68%
Jackknife1	18.98214 ± 0.9821429	94.84%	
Jackknife2	19.94643	90.23%	
Bootstrap	18.43321 ± 0.543395	97.67%	

Par ailleurs, le taux d'exhaustivité de l'inventaire a atteint une valeur de 98,23% à Ain-El-Hammam et 95,68% à Akerou. L'effort d'échantillonnage au sein des deux sites est suffisant, confirmé par la différence entre les courbes d'accumulation avec les espèces (Sobs.) et celles obtenues à l'aide des estimateurs adoptés (Fig. 45 et 46).



**Figure 45:** Courbes d'accumulation des espèces et estimateurs de la richesse à Ain-El-Hammam.



**Figure 46:** Courbes d'accumulation des espèces et estimateurs de la richesse à Akerou.

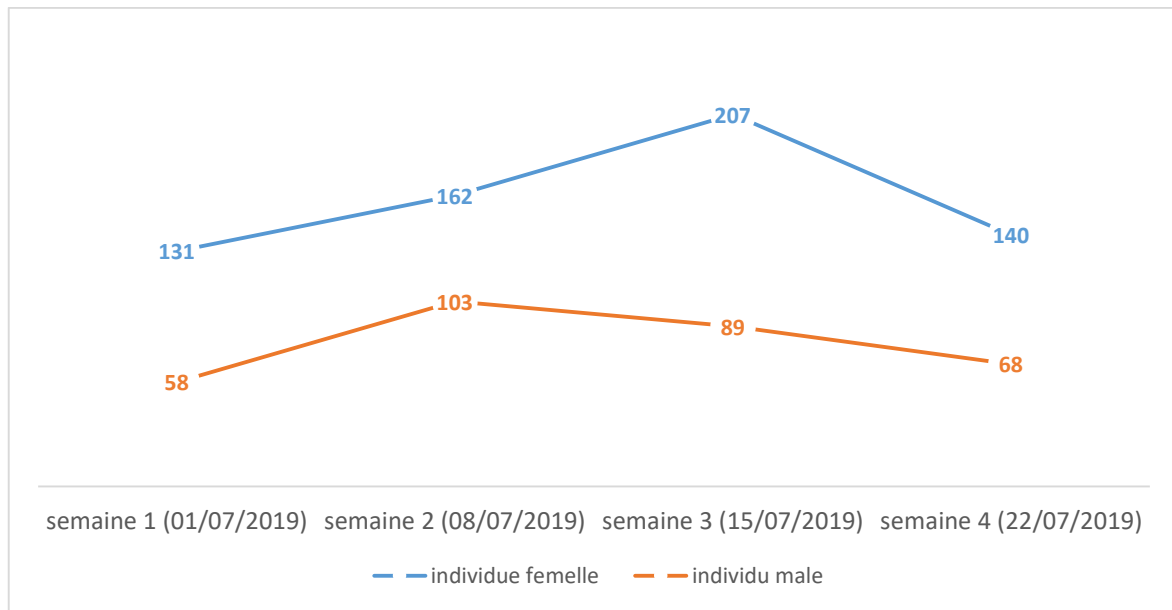
#### 1.4 Suivi de la mouche méditerranéenne des fruits sur le figuier

Dans cette partie, nous avons évalué l'infestation de trois variétés de figuier (Azendjar, Thaghanimt, Aboghenjor) par la mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata*). La dynamique des populations de cette dernière est suivie pendant trois mois (Juillet, Août, Septembre) de l'année 2019.

##### 1.4.1. Variété Azendjar

Le nombre d'adultes de *Ceratitis capitata* capturés, par semaine, dans les pièges reste très variable. Soit, de 131 à 207 pour les femelles et de 58 à 103 pour les mâles pendant le mois de juillet.

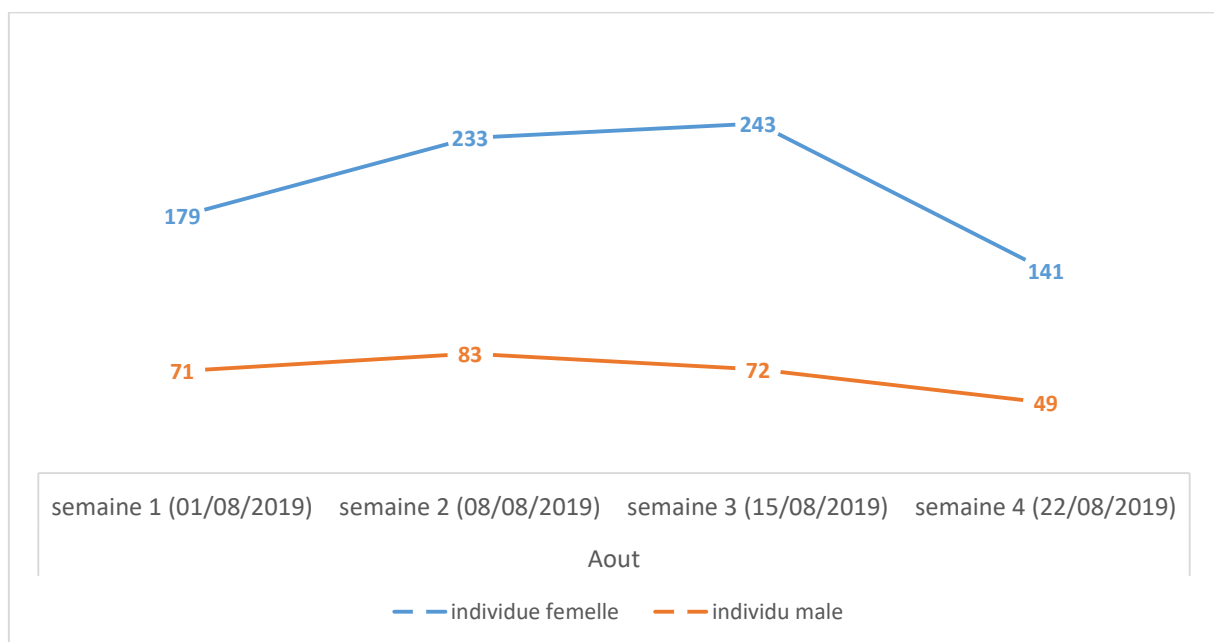
Nous avons remarqué que le pic pour les femelles, estimé à 207 individus, est observé durant la troisième semaine ; alors qu'il est de 58 individus durant la deuxième semaine pour les mâles (Fig. 47).



**Figure 47:** Abondance des individus (mâles et femelles) de la cératite au mois de juillet sur la variété Azendjar.

Durant le mois d'août nous avons récolté un nombre plus important de femelles dans les pièges. Il varie de 141 à 243 individus alors qu'il varie de 49 à 83 individus pour les mâles.

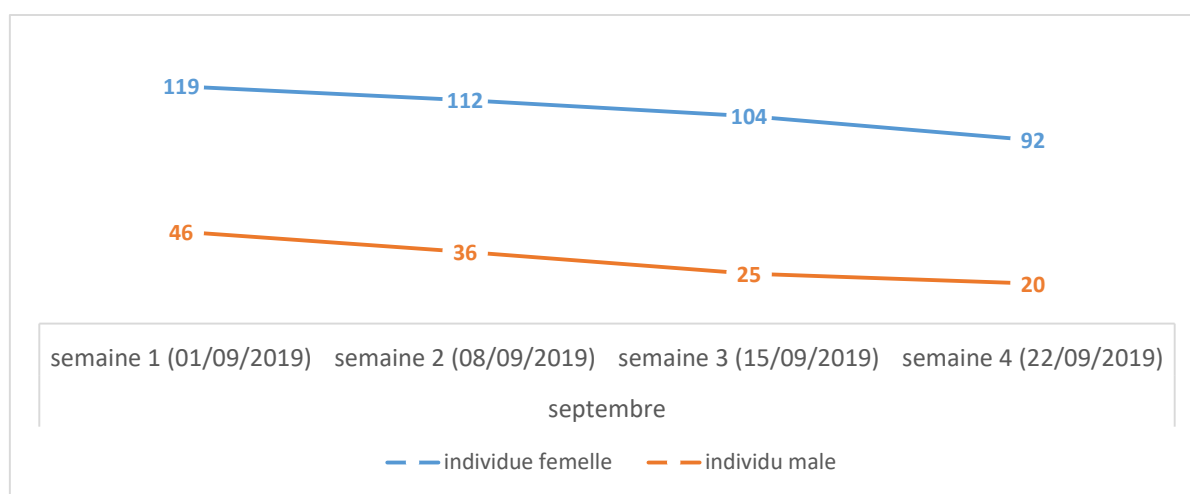
Nous avons remarqué que le pic pour les femelles est observé durant la troisième semaine (243 individus) ; alors qu'il est enregistré durant la deuxième semaine (83 individus) pour les mâles (Fig. 48).



**Figure 48:** Abondance des individus (mâles et femelles) de la cératite au mois d'août sur la variété Azendjar.

Par contre, au mois de septembre, nous avons observé une diminution remarquable du nombre d'individus capturés par rapport aux mois juillet et août. Il varie de 92 (première semaine) à 119 individus pour les femelles et de 20 à 46 individus pour les mâles.

Le pic aussi bien pour les femelles que pour les mâles est observé durant la première semaine (Fig. 49).

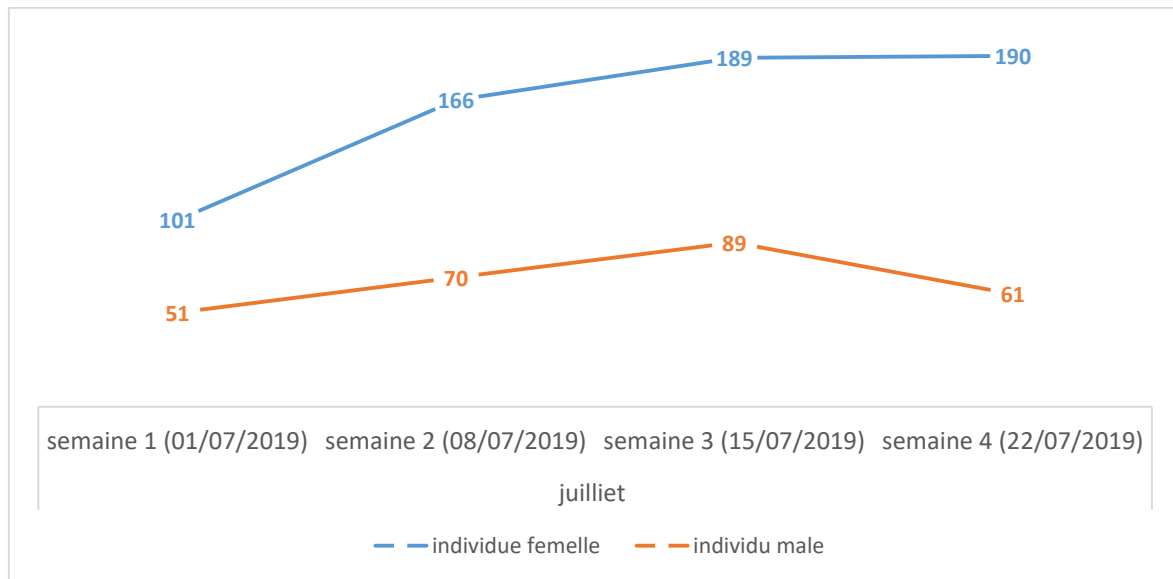


**Figure 49:** Abondance des individus (mâles et femelles) de la cératite au mois de septembre sur la variété Azendjar.

#### 1.4.2. Variété Avoghenjor

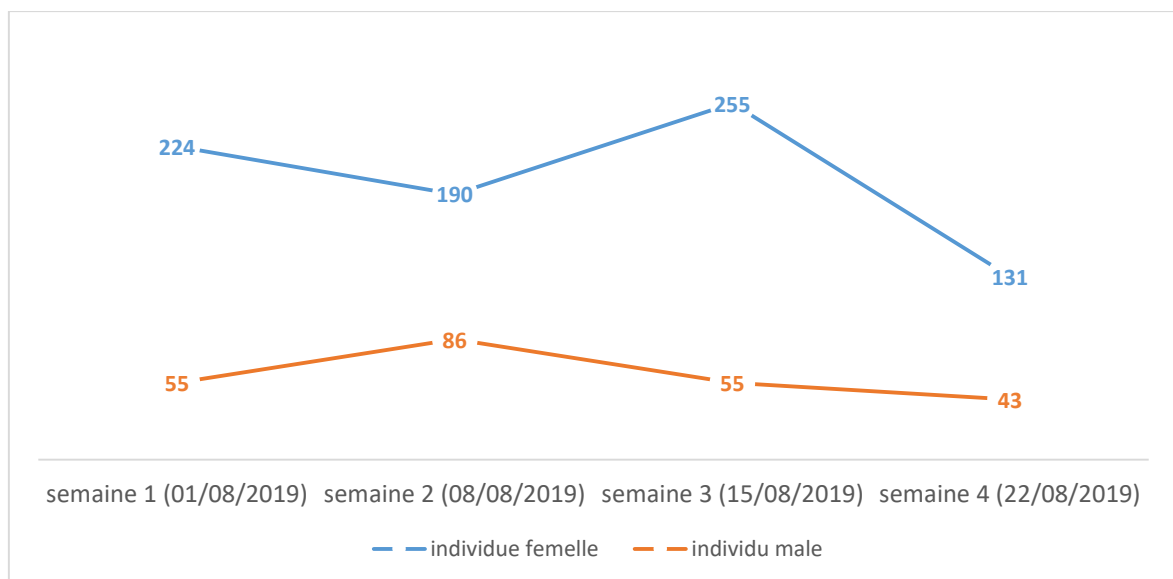
Le nombre d'individus de la mouche méditerranéenne des fruits capturés au mois de juillet sur la variété Avoghenjor varie de 101 à 190 individus pour les femelles et de 51 à 89 individus pour les mâles.

Le pic pour les femelles est observé durant la quatrième semaine (190 individus) ; alors qu'il l'est durant la troisième semaine (89 individus) pour les mâles (Fig. 50).



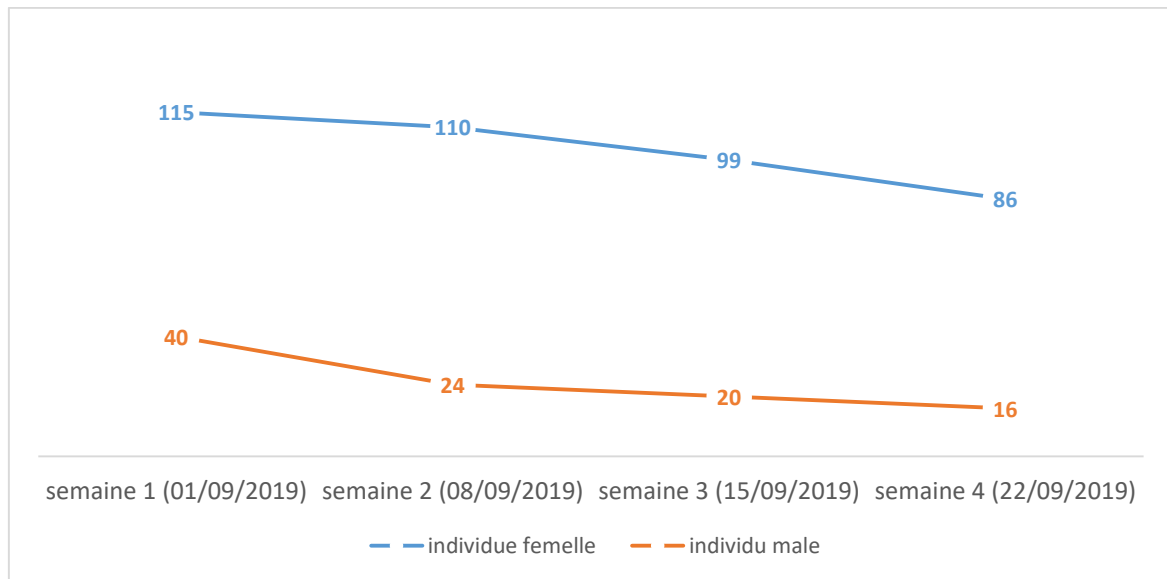
**Figure 50:** Abondance des individus (mâles et femelles) de la cératite au mois de juillet sur la variété Avoghenjor.

Au mois d'août, nous avons observé un nombre important d'adultes dans les pièges. Ce nombre est compris entre 131 et 255 individus pour les femelles et entre 43 et 86 individus pour les mâles (Fig. 51).



**Figure 51:** Abondance des individus (mâles et femelles) de la cératite au mois d'août sur la variété Avoghenjor.

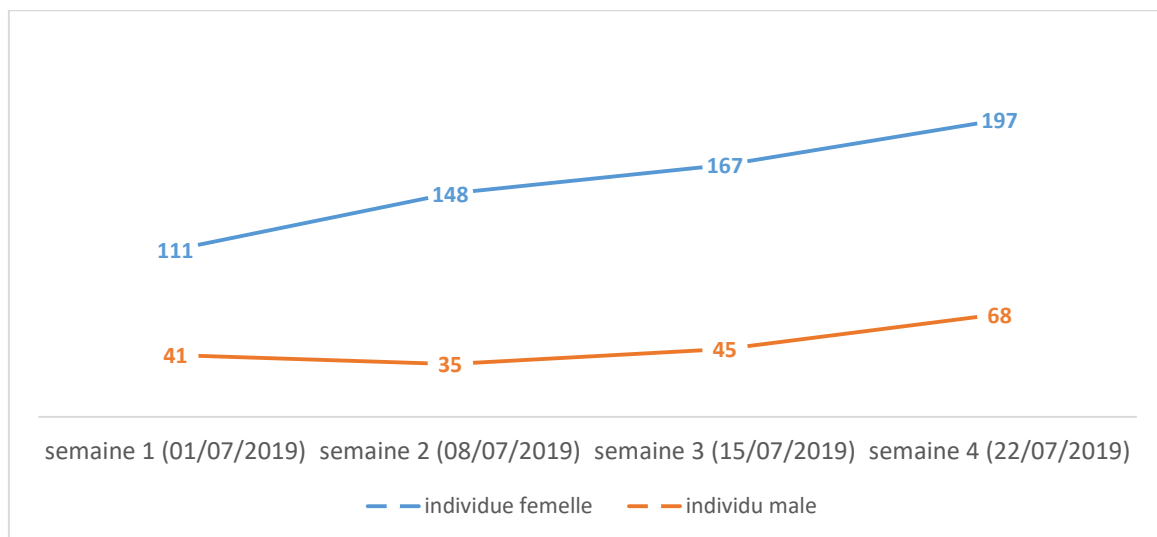
Pour le mois de septembre, le nombre d'individus capturés varie entre 86 et 115 individus pour les femelles alors qu'il ne varie qu'entre 16 et 40 individus pour les mâles (Fig. 52).



**Figure 52:** Abondance des individus (mâles et femelles) de la cératite au mois de septembre sur la variété Avoghenjor.

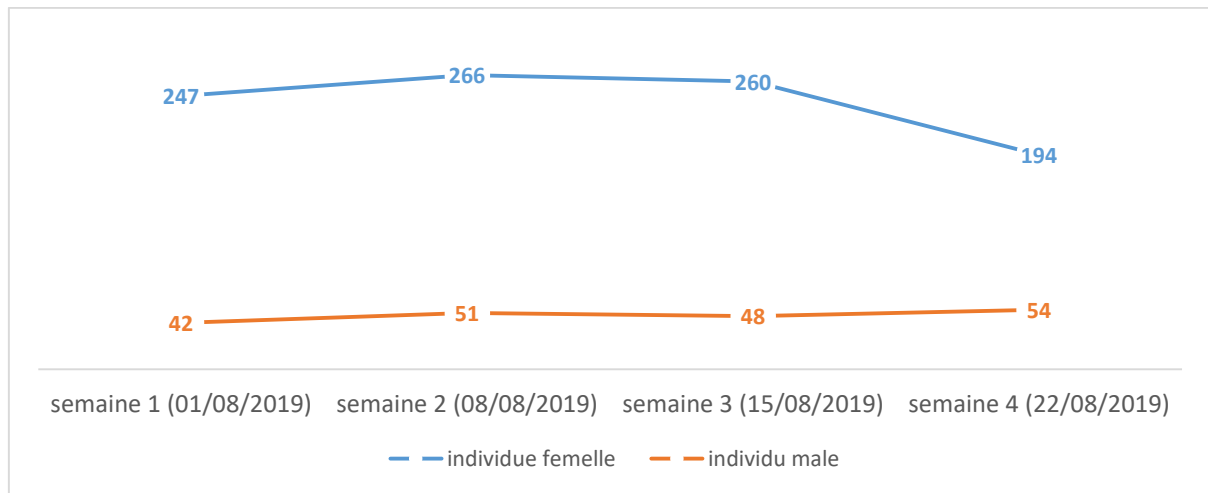
#### 1.4.3. Variété Thaghanimt

Le nombre des individus de la mouche méditerranéenne capturés au mois de juillet se situe entre 111 et 197 individus pour les femelles et entre 35 et 68 individus pour les mâles (Fig. 53).



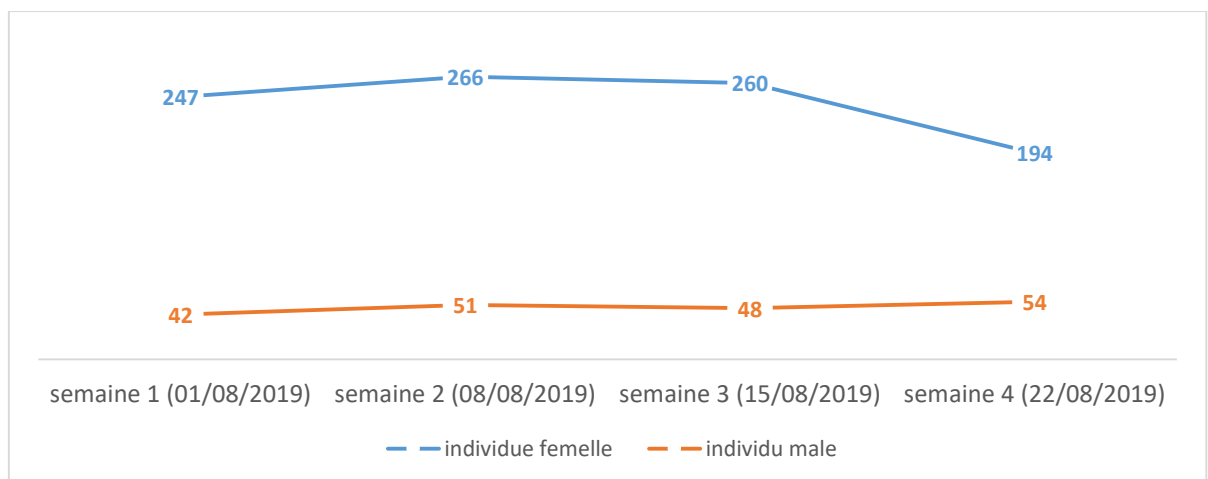
**Figure 53:** Abondance des individus (mâles et femelles) de la cératite au mois de juillet sur la variété Thaghanimt.

Au mois d'août, nous avons récolté un nombre important d'adultes dans les pièges. Il varie de 194 à 266 individus pour les femelles et de 42 à 54 individus pour les mâles (Fig. 54).



**Figure 54:** Abondance des individus (mâles et femelles) de la cératite au mois d'août sur la variété Thaghanimt.

Pour le mois de septembre, le nombre de mouches capturées varie entre 123 et 148 individus pour les femelles. Le nombre de mouches mâles capturées est, par contre, plus faible ; il varie entre 22 et 42 individus (Fig.55).



**Figure 55:** Abondance des individus de la cératite (mâles et femelles) au mois de septembre sur la variété Thaghanimt.

### 1.5. Abondance des individus de la mouche méditerranéenne des fruits *C. capitata*

Le nombre d'adultes de *Ceratitis capitata* capturés dans un piège durant notre étude reste très variable pour la période allant de juillet à septembre 2019.

Des différences ont été observées d'une variété à une autre dans l'évolution des populations de la mouche méditerranéenne des fruits, déterminées par piégeage des adultes.

L'analyse de la variance à un critère de classification au seuil de 5% l'absence d'une différence significative pour le nombre d'individus (mâle et femelle) capturés selon la variété ( $P=0,6543$ ) et présence d'une différence très hautement significative par rapport au temps  $P=1,141e-06$  (annexe 1).

Le test de Newman et Keuls classe le nombre d'individus piégés selon les semaines en cinq groupes homogènes. Dans le groupe (a) on retrouve la semaine 7 qui correspond à la troisième semaine du mois d'août ou la capture des individus est très importante. Le (c) représente les semaines s11, s12 qui correspondent à la fin du mois de septembre ou les captures sont faibles (annexe 1).

Concernant le nombre d'adultes femelles capturés dans les différents pièges, l'analyse de la variance à un critère de classification au seuil de 5% montre une différence très hautement significative selon les différentes semaines des trois mois ( $P=4,386e-07$ ) et absence d'une différence significative par rapport à la variété (annexe 2).

Le test de Newman et Keuls classe le nombre d'individus piégés selon le mois en sept groupes homogènes. Dans le groupe (a) nous trouvons la semaine s7 qui correspond à la troisième semaine du mois d'août ou la capture des individus femelle est très importante. Le groupe (d) correspond à la première semaine du mois de juillet et à les trois dernières semaines du mois de septembre ou les captures des femelles sont faibles (annexe 2).

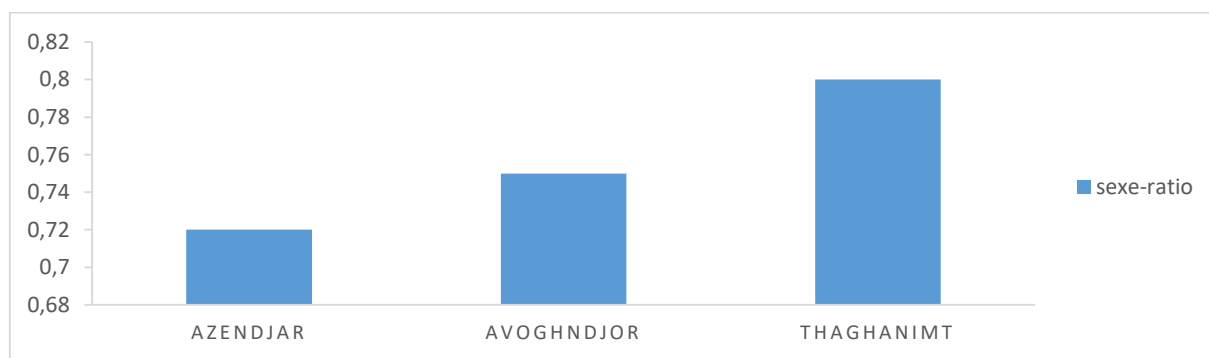
Concernant les mâles, l'analyse de la variance à un critère de classification au seuil de 5% montre l'absence d'une différence significative pour le nombre d'individus piégés selon la variété ( $P= 0.1605$ ), une différence hautement significative ( $p=7.733e-07$ ) pour les différentes semaines des trois mois et une différence significative avec l'interaction variété et temps (annexe 3).

Le test de Kruskal Wallis classe le nombre d'individus piégés selon les semaines de trois mois en sept groupes homogènes. Dans le groupe (a) nous trouvons les semaines s3, s4 du mois de juillet et s6 du mois d'août, qui représentent le nombre plus important des captures des individus. Le groupe (e) nous trouvons la semaine s12 ou les captures des individus sont faibles (annexe 3).

Le test de Kruskal wallis classe le nombre d'individus piégés selon les semaines par rapport à l'interaction variété et temps en dix-neuf groupes homogènes. Le groupe (a) représente l'interaction v1s3 ou le nombre de capture il est important. Par contre le groupe (j) représenté par l'interaction v1s12, qui correspond au nombre des capture les plus faibles (annexe 4).

### Sex-ratio

Les résultats obtenus (Fig. 56) révèlent que le sex-ratio des mouches varie de 0,72 à 0,80 sur les trois variétés de figuier étudiées. Nous constatons que le sex-ratio est en faveur des femelles durant la période d'étude.



**Figure 56:** Sex-ratio des individus de la cératite piégés sur les différentes variétés de figuier.

## 1.6. Mise en évidence du phénomène de prédation par les fourmis

Les résultats de l'expérience de la prédation des larves de troisième stade de la cératite montrent que les genres de fourmis exerçant une prédation sur ce ravageur sont *Aphaneogasteret Tapinoma*.

Le genre *Aphaneogasteret* le genre le plus impliqué dans la prédation avec un pourcentage plus 50% de larves prédatées contre 20 à 30% pour le genre *Tapinoma*.

### 1.6.1. Influence de la température, l'humidité et le temps sur la prédation des larves de troisième stade de la cératite

Nous avons constaté que le nombre d'individus prédatés le plus élevé est obtenu au niveau de T3 (13h à 17h). Nous avons, en effet, 60% d'individus

prédatés au niveau de P1 (6/09/2019) et P2 (13/09/2019) et 50% au niveau P3 (20/09/2019).

Le plus faible nombre d'individus prédatés par apport au facteur temps est obtenu au niveau de T1 (6h à 9h), nous observons des valeurs de 1% au niveau P1 (6/09/2019) et 2% au niveau P2 (13/09/2019) et P3 (20/09/2019) respectivement.

Nous constatons que plus la température augmente et l'humidité baisse, plus le nombre d'individus prédatés augmente. Les valeurs les plus élevées sont au niveau de T3 où la température est à son maximum et l'humidité à son minimum.

Le test de l'ANOVA a montré que le facteur temps a un effet très hautement significatif sur le nombre d'individus prédatés (P-value= 0,00000000017, F=37,13). Le test post hoc de Newman et Keuls montre trois différents groupes T1, T2 et T3 (Tab. 13).

**Tableau 13 :** Influence de la température, l'humidité et le temps sur la prédation des larves de troisième stade de la cératite

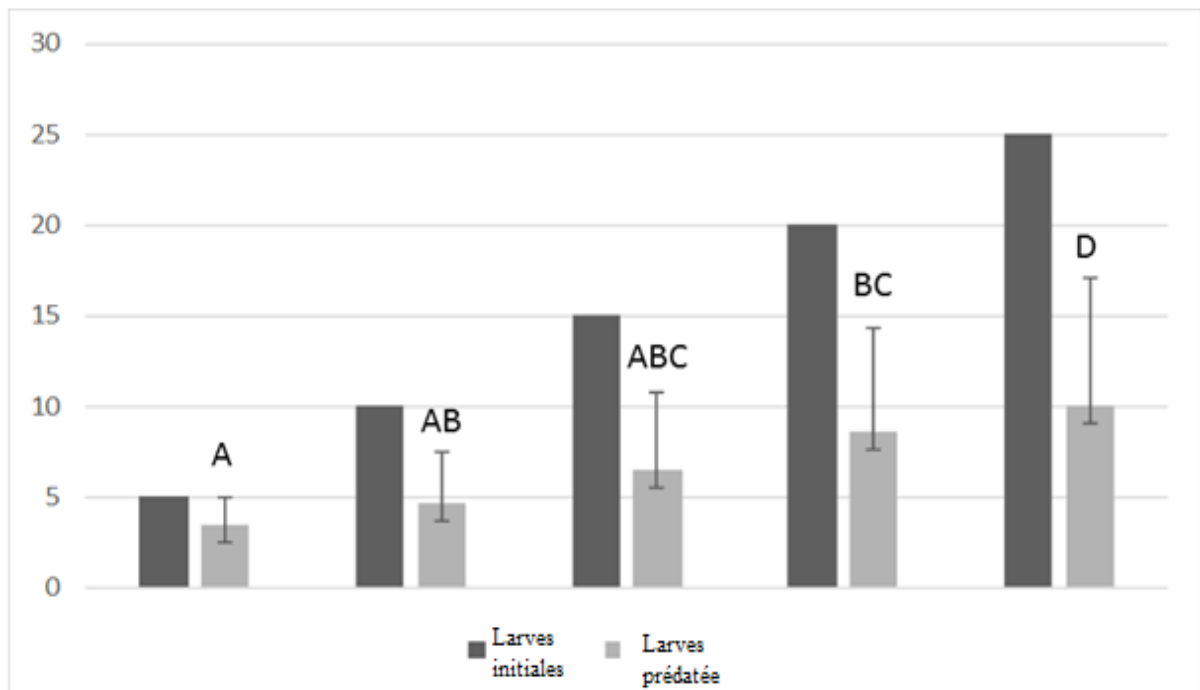
Période	Temps	Température (C)	Humidité (%)	Individus prédatés
P1	T1	19	80	1,4± 0,54a
	T2	26	78	5,6± 2,07b
	T3	28	68	11,4± 5,12c
P2	T1	18	75	1,6± 0,54a
	T2	27	72	7± 2,91b
	T3	30	67	11± 5,04c
P3	T1	20	73	1,6± 0,89a
	T2	25	70	8,2± 4,38b
	T3	32	67	10,6± 4,82c

### 1.6.2. Influence du nombre de larves initial sur le nombre de larves prédatées

Le nombre de larves initial a un effet positif sur le nombre d'individus prédatés, ce dernier augmentant avec l'augmentation du nombre de larves initial.

Le test de l'ANOVA a montré que le facteur nombre de larves initial a un effet autement significatif sur le nombre d'individus prédatés par les fourmis (P-value= 0,0005, F=4.093).

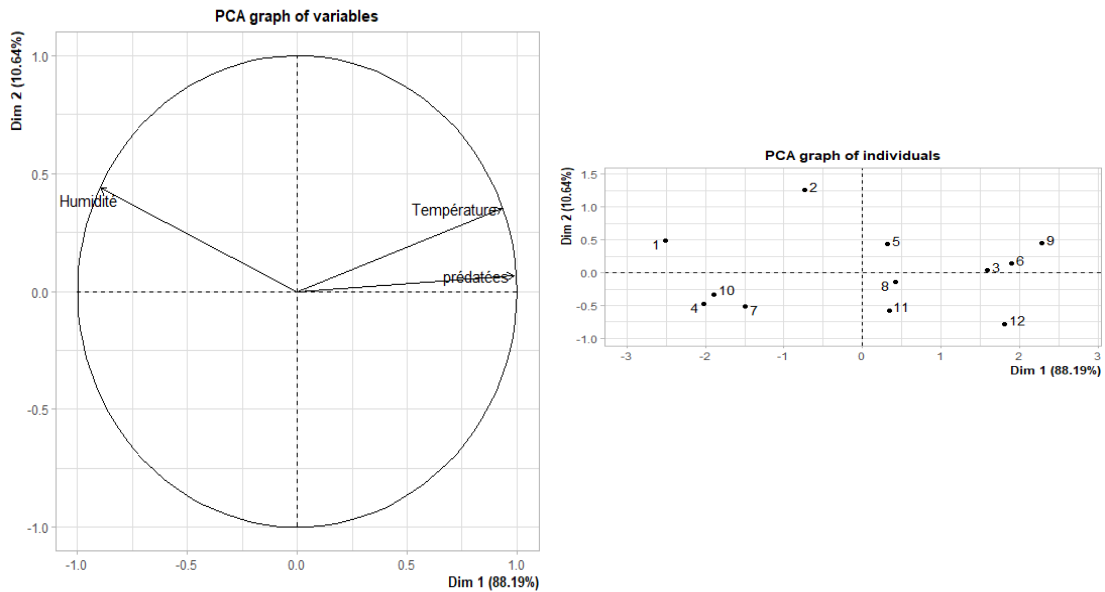
Le test post hoc de Newman et Keuls montre des différences significatives ( $p < 0,05$ ) entre les niveaux les plus bas et les plus élevés pour le paramètre nombre de larves et a distingué 5 groupes homogènes (Fig. 57).



**Figure 57:** Nombre de larves initial et le nombre de larves prédatées

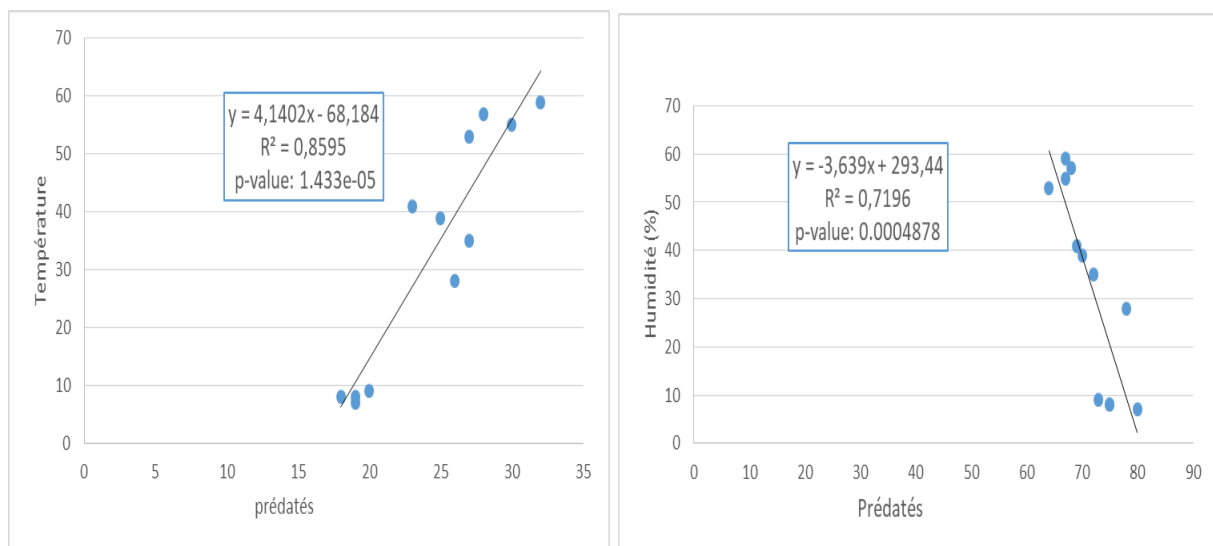
### 1.6.3. Analyse principale des correspondance pour l'influence des deux facteurs température, humidité et le nombre de larves prédatées

Selon la figure 58, le nombre de larves prédatées sont positivement corrélées avec la température et s'opposent négativement avec l'humidité.



**Figure 58 :** ACP représentative de l'influence des deux facteurs température et humidité le nombre de larves prédatées.

La régression linéaire montre des corrélations positives significatives ( $p < 1,4433e-05$ ) entre le nombre d'individus prédatés et le facteur température ( $R^2 = 0,8595$ ), cependant nous avons une corrélation négative significative ( $p < 0,0004878$ ) entre le nombre d'individus prédatés et le facteur humidité ( $R^2 = 0,7196$ ) (Fig. 59).



**Figure 59 :** Régression linéaire représentative de l'influence des deux facteurs température et humidité le nombre de larves prédatées.

## 2. Discussion

### 2.1. Formicidae capturées dans les sites d'étude

#### 2.1.1. Proportions des trois sous-familles dans les deux sites d'étude

Les trois sous-familles identifiées au terme de notre inventaire se présentent avec des proportions différentes. La sous-famille des Myrmicinae est la plus importante et représente 55% des effectifs capturés. Quant aux familles des Formicinae et des Dolichoderinae, elles sont proches en termes de prépondérance.

Ces résultats sont identiques à ceux obtenus par Cerda *et al.* (2009) dans leur étude de la structure des communautés de fourmis dans les vergers d'agrumes du bassin méditerranéen.

En Algérie, la prépondérance des Myrmicinae a aussi été signalée dans une étude sur les Formicidés dans deux stations de l'Algérois par Dehina (2009) et par Djoua (2011) qui a fait une étude sur les Formicidés dans cinq stations de la Kabylie.

La même constatation a été faite par Lahmar (2008) et Amel *et al.* (2015) dans la même région d'Ouargla et ainsi que par Hennine *et al.* (2019) dans la petite Kabylie.

#### 2.1.2. Liste des fourmis recensées

La classification des espèces de fourmis que nous avons retenue se base sur l'ordre systématique adopté par la base de données antweb ([www.antweb.org](http://www.antweb.org)).

#### **Sous famille des Dolichoderinae (Forel, 1878)**

Les fourmis de cette sous-famille sont des fourmis supérieures, proches des Formicinae desquelles elles se distinguent par des critères anatomiques (Bernard, 1968).

#### **Genre *Tapinoma* (Foerster, 1850)**

*Tapinoma* est un genre de fourmis réparti dans le monde entier, avec 69 espèces connues (Bolton 2021 ; Escárraga *et al.*, 2021) principalement sous les

tropiques. Les fourmis de ce genre sont considérées comme des fléaux sur le littoral méditerranéen (Bernards, 1968).

### ***Tapinoma magnum* (Mayer, 1861)**

*Tapinoma magnum* fait partie d'un complexe d'espèces cryptiques (complexe *Tapinomanigerrimum*) qui comprend plusieurs espèces distribuées en Europe continentale ainsi que dans les bassins méditerranéens occidental et central (Seifert et al., 2017 ;D'Eustacchio et al., 2019 ).

Elle est présente dans toute l'Algérie, très commune en Kabylie (Cagniant, 1969, Abdi-Abdi-Hamecha et al., 2021) et révélée dans la petite Kabylie dans l'étude de Henine-Maouche et al. (2020).

Dans notre étude, elle a été échantillonnée dans les deux sites, Akerou et Ain-El-Hammam (vergers de figuier).

### ***Tapinoma simrothi* (krausse, 1911)**

*Tapinoma simrothi* est largement répandue soit dans les sites urbains soit dans les habitats sauvages de la péninsule arabe, y compris les champs agricoles et les fermes de palmiers dattiers (Collingwood, 1985 ; Abdel-Dayem et al., 2021). Elle se retrouve au nord de l'Algérie et est très favorisée par le pâturage (Cagniant, 1969).

Dans cette étude, elle a été échantillonnée dans les deux sites forestiers (Azeffoun et Assi-Youcef) et dans les deux milieux ouverts, plus exactement dans des vergers de figuiers (Akerou et Ain-El-Hammam).

Cette espèce a été échantillonnée dans la petite Kabylie (Henine-Maouche et al., 2020) et par Abdi-Hamecha et al.(2021) dans la grande Kabylie.

## **Sous-famille des Formicinae (Latreille, 1802)**

### **Genre *Camponotus* (Mayr, 1861)**

En tant que l'un des genres les plus grands et les plus évolués des Formicidae, les fourmis de ce genre se caractérisent par un polymorphisme et une division du travail évidents (Hansen et Klotz, 2005). Selon Bernard (1968), le

genre *Camponotus* est parmi les plus grands groupes de Formicinae et renferme plus de 600 espèces dont 24 en Afrique du Nord.

### ***Camponotus thoracicus* (Fabricius, 1804)**

*Camponotus thoracicus* est parmi les plus grandes fourmis en Afrique. Elle est très agressive et défensive. Sa répartition géographique correspond à l'Afrique du nord. Son habitat préféré est représenté par la steppe et la forêt sèche (Cagniant, 1973).

Dans cette étude, l'espèce *Camponotus thoracicus* a été échantillonnée dans les deux sites forestiers (Azeffoun et Assi-Youcef) et dans les deux milieux ouverts, plus exactement dans des vergers de figuier (Akerou et Ain-El-Hammam). Cette espèce a été signalée par Abdi-Abdi-Hamecha *et al.* (2021) dans des vergers d'oliviers en Kabylie.

### ***Camponotus spissinodis* Forel, 1909**

La validité de cette espèce, décrite à l'origine en Tunisie, a longtemps été incertaine ou définie exclusivement sur l'épaisseur de son pétiole, comme son nom le suggère (Forel, 1909 ; Emery, 1925 ; Schifani *et al.*, 2021). C'est une espèce des forêts claires et clairières (Cagniant, 1968).

Elle a été échantillonnée dans trois sites de la présente étude ; les deux premiers sont les sites forestiers (Azeffoun et Assi Youcef) et le troisième est un verger de figuier (Ain-El-Hammam).

### ***Camponotus ruber* Emery, 1925**

C'est une espèce maghrébine, généralement cantonnée aux pinèdes (Cagniant, 1996 ; Schifani *et al.*, 2021). Elle a été signalée dans une forêt artificielle de *Pinus halepensis* en Italie (Schifani *et al.*, 2021).

Cette espèce est présente dans les sites d'Azeffoun, Akerou et Ain-El-Hammam) et absente à Assi-Youcef. Elle a été signalée, également, par Abdi-Abdi-Hamecha *et al.* (2021) dans des vergers d'oliviers à Tizi-Ouzou.

***Camponotus lateralis* (Olivier, 1791)**

C'est une espèce ouest-paléarctique plutôt de petite taille (Seifert, 2019). Elle est principalement trouvée dans les régions chaudes ou chaudes avec un climat méditerranéen (Seifert, 2019).

La présence de cette espèce est remarquée dans trois sites durant notre étude (Azeffoun, Assi-Youcef et Ain-El-Hammam). Henine-Maouche *et al.* (2020) ont échantillonné cette espèce dans la petite Kabylie (Forêt de Guerrouche et le parc national de Gouraya).

***Camponotus alii* Forel, 1890**

C'est une espèce à répartition maghrébine (Germann, 2020). Elle est considérée comme une espèce très adaptative (Abdi-Hamecha, 2021) et a été signalée par Forel (1890) dans la forêt de pins du Djébel Ozmor près de Tébessa entre 1100 et 1300 mètres et par Abdi-Abdi-Hamecha *et al.* (2021) dans la forêt de Yakouren et dans une oliveraie.

Cette espèce est présente dans les quatre sites d'étude (Azeffoun, Assi Youcef, Akerou et Ain-El-Hammam).

***Camponotus barbaricus* Emery, 1905**

*Camponotus barbaricus* est une fourmi des forêts dégradées (Cagniant, 1973 ; Henine-Maouche *et al.*, 2020).

Elle a été échantillonnée dans la petite Kabylie (Moulai *et al.*, 2006 ; Henine-Maouche *et al.*, 2020). Cette espèce a été échantillonnée dans les quatre sites d'étude.

***Camponotus cruentatus* (Latreille, 1802)**

C'est une espèce dominante du bassin méditerranéen occidental (Boulay *et al.*, 2007). Elle est liée au chêne vert (Gallardo *et al.*, 2012) notamment le bois de chênes verts de l'atlas tellien et dans les clairières (Cagniant, 1968). Dans notre région, elle a été capturée à Ain-El-Hammam.

***Camponotus micans* (Nylander, 1856)**

*Camponotus micans* vit dans les prairies arides de la Méditerranée et présente, à des températures élevées (plus de 25 ° C), une activité de plein air prononcée.

Elle se rencontre dans toute l'Algérie septentrionale, des plaines littorales aux montagnes, jusqu'à 1200 m dans le Tell et 1700 m dans les Aurès (Cagniant, 1969). Elle a été échantillonnée dans un verger de figuier à Ain-El-Hammam.

**Genre *Cataglyphis* (Foester, 1850)**

*Cataglyphis* Foerster, 1850 est un genre de fourmis comprenant 94 espèces et 18 sous-espèces valides divisées en neuf groupes d'espèces (Bolton, 2020).

Ses représentants sont répartis principalement dans les semi-déserts et les déserts de la région paléarctique (Khalili-Moghadam *et al.*, 2012).

Cependant, des espèces de *Cataglyphis* ont également été signalées dans d'autres habitats arides, tels que la haute altitude, les steppes de montagne et les steppes forestières (Agosti, 1990).

***Cataglyphis viaticus* (Fabricius, 1787)**

*Cataglyphis viatica* est une espèce connue en Afrique du Nord et au Moyen-Orient (Bolton *et al.*, 2007 ; Háva *et al.*, 2013). Elle est largement distribuée dans le Maghreb (Aron *et al.*, 2013).

Selon Cagniant (1968), cette espèce est commune aux lisières des forêts. Elle a été observée dans les quatre sites d'étude aussi bien les deux sites forestiers que les vergers de figuiers.

**Genre *Plagiolepis* Mayer, 1868**

Le genre *Plagiolepis* est l'un des genres les plus vastes et les plus difficiles sur le plan taxonomique.

Il appartient à la sous-famille des Formicinae et renferme 80 espèces réparties dans les zones tropicale et tempérée de l'ancien monde (Charaf *et al.*, 2011).

***Plagiolepis schmitzii* (Forel, 1895)**

*Plagiolepis schmitzii* est une espèce qui se caractérise par des puits basaux étroitement espacés de poils de pubescence sur le dos (résultant d'une densité élevée de poils) (Seifert, 2020).

C'est une espèce commune à tous les milieux, depuis le littoral jusqu'à l'Atlas saharien, avec une préférence pour les forêts claires, les broussailles et les clairières (Cagniant, 1969 ; Henine-Maouche *et al.*, 2020).

Cette espèce a été échantillonnée dans trois sites d'étude qui sont Azeffoun et Assi Youcef (sites forestiers) et Ain-El-Hammam (verger de figuier).

***Plagiolepis sp.***

Durant notre échantillonnage, nous avons récolté quelques individus du genre *Plagiolepis* qui ont la même morpho-espèce (les mêmes critères morphologiques) dans le site forestier à Azeffoun.

**Sous-famille des Myrmicinae**

C'est la sous famille la plus diversifiée et englobe des fourmis qui ont un aiguillon, à régime alimentaire varié et dont les nymphes sont nues.

**Genre *Crematogaster* Lund, 1831**

Les fourmis du genre *Crematogaster* sont généralement arboricoles, creusent leurs nids dans les troncs ou les branchettes, ou construisent des nids cartonnés. C'est l'un des groupes de fourmis le plus riches en espèces et le plus répandu.

Malgré leur abondance locale souvent élevée et leurs interactions écologiques importantes, la taxonomie du genre est fragmentaire et a grand besoin d'études de révision modernes (Sharaf *et al.*, 2019).

***Crematogaster scutellaris* (Olivier, 1791)**

C'est une espèce arboricole, polydome, abondante dans son biotope (le bassin méditerranéen) et qui présente un comportement nidificateur flexible ainsi qu'un fourragement sur de grandes distances (Marlier *et al.*, 2018).

Cette espèce a été échantillonnée dans les quatre sites d'étude qui sont Azeffoun, Assi Youcef (sites forestier), Ain-El-Hammam et Akerou (verger de figuier).

#### ***Crematogaster auberti* Emery, 1869**

Abondante dans tous les milieux selon Cagniant (1962), c'est une espèce qui aime les plaines argileuses et les milieux humides (Cagniant, 1968).

Dans cette étude, elle est apparue dans trois sites d'études ; un site forestiers (Azeffoun) et dans les vergers de figuiers (Akerou et Ain-El-Hammam).

#### ***Crematogaster laestrygon* Emery, 1869**

Elle a été citée à plusieurs reprises dans les îles Baléares (Tinaut, 2009). Pour la péninsule ibérique, elle a été signalée en Andalousie par Bernard (1956). Sa présence est quelque peu douteuse car des individus intermédiaires sont parfois trouvés entre cette espèce et *Crematogaster auberti*.

Dans cette étude, elle est apparue dans les vergers de figuiers (Akerou et Ain-El-Hammam) et à Azeffoun dans le site forestier.

#### **Genre *Aphaneogaster* Mayer, 1853**

C'est l'un des genres le plus singularisés à sa biogéographie. Son domaine est de type mésogée, surtout en Amérique centrale et dans la région méditerranéenne (Bernard, 1968 ; Henine-Maouche *et al.*, 2020).

#### ***Aphaneogaster testaceo-pilosa* (Lucas, 1849)**

*Aphaenogaster testaceo-pilosa* est une espèce xérothemophile qui fréquente les milieux ouverts ensoleillés et les zones urbaines (Lebas *et al.*, 2016 ; Abdi-Hamecha *et al.*, 2020).

C'est une fourmi largement indifférente au couvert végétal ; elle se rencontre dans les biotopes forestiers et sub-forestiers (Cagniant, 1973).

Dans la présente étude, cette espèce est inventoriée dans les quatre sites d'étude.

***Aphaneogaster senelis* (Mayr 1853)**

*Aphaenogaster senelis* Mayr est une fourmi commune distribuée autour du bassin méditerranéen occidental (Cagniant *et al.*, 1991).

Elle se présente comme une espèce més-forestière habitant surtout les maquis et les forêts claires de Chênes lièges et de Chênes verts jusque vers 600 mètres d'altitude, en exposition méridionale. On la trouve aussi, mais avec moins de fréquence, dans les broussailles, les vignes abandonnées et autres lieux découverts.

Elle manque dans les zones trop ombragées et ne dépassant pas 200 mètres d'élévation en exposition nord. Elle manque aussi dans les stations trop en pente ou soumises à une érosion excessive laissant la rocaille à nu (Cagniant, 1974). Dans la présente étude, cette espèce est inventoriée dans les quatre sites d'étude.

***Aphaenogaster sardoa* Mayr, 1853**

*Aphaenogaster sardoa* est une espèce de forêts de chênes liège (Cagniant, 1968a ; Lebas *et al.*, 2016) et se trouve surtout en Numidie et en Kabylie.

C'est une meso-forestière qui fréquente les clairières de forêts, les maquis et les chemins en sous-bois sans soleil (Lebas *et al.*, 2016 ; Abdi-Hamecha *et al.*, 2020).

Elle est chantonnée dans trois sites d'étude ; deux milieux ouverts (Akerou et Ain-El-Hammam) et dans un seul site forestier (Azeffoun).

***Aphaneogaster depilis* Santschi, 1911**

C'est une meso-forestière montagnarde qui fréquente les clairières, les pelouses et les pâturages en Grande Kabylie (Cagniant, 1973 ; Abdi-Hamecha *et al.*, 2020). Les forêts qui lui sont les plus favorables sont les forêts de Cèdre au Babor et aux Aurès ainsi que les plaines humides (Cagniant, 1973).

Elle a été échantillonnée dans deux sites et plus exactement dans les milieux ouverts (Akerou et Ain-El-Hammam).

***Aphaenogaster fallax* Cagniant, 1992**

C'est une espèce qui présente une variation géographique, surtout sensible au niveau des ouvrières (Cagniant, 1992).

Son biotope est relativement varié (rive d'oued, rocaïlle...) mais constitue des refuges à végétation souvent bien conservée au sein d'un environnement plus hostile (Cagniant, 1992).

Cette espèce est échantillonnée dans les sites d'Akerou et d'Ain-El-Hammam.

**Genre *Messor* (Forel 1890)**

Les fourmis Myrmicines moissonneuses du genre *Messor* sont distribuées principalement dans la région paléarctique (Barech *et al.*, 2020).

Bolton (2020) a répertorié 120 espèces et 42 sous-espèces valides que l'on trouve dans les prairies, les zones semi-arides et les savanes de l'Ancien et du Nouveau Monde.

***Messor barbarus* (Linné, 1767)**

Cette espèce se caractérise par une tête franchement rouge cerise de «Barbaria» et se retrouve dans tout le Maghreb, souvent en lieux habités (Barechet *al.*, 2020).

C'est une espèce méditerranéenne, commune au Maghreb de la mer aux Atlas (Cagniant et Espadaler, 1997). Cette espèce est présente dans les quatre sites d'échantillonnage.

***Messor lobicornis* Forel, 1894**

Cette espèce a été signalée en Terni (Oranie - Algérie), dans la Chênaie verte de l'Atlas Blidéen à 1300 m, en forêt mixte de Yakouren à 850 m, au Djurdjura à 1766 m et dans Monts Babors à 2000 m (Barechet *al.*, 2020).

Elle est présente dans trois sites d'études dont des vergers de figuiers (Akerou et Ain-El-Hammam) et un site forestier (Azeffoun).

***Messor capitus* (Latreille, 1798)**

Forme nominale d'Europe occidentale décrite de Bordeaux et introduite au Maghreb. En Algérie a été inventoriée à Djebel Maadid (Bordj Bouarreridj) à 1535 m, Forêt Haourane (M'sila) à 1100 m (Barechet *al.*, 2020).

Nous l'avons capturé dans deux sites, un site forestier (Azeffoun) et dans un verger de figuier (Ain-El-Hammam).

***Messor medioruber* Santschi, 1910**

D'origine de Kairouan, cette espèce se caractérise par un thorax rouge, une tête lisse un peu moins luisante et un tronc plus ou moins assombri. C'est la forme la plus commune dans tout le Maghreb, de la mer aux Atlas.

En Algérie, elle a été signalée dans la Forêt El Haourane (M'sila) à 946 m, Oum Laadam dans la Réserve Naturelle de Mergueb et à Akfadou à 874 m (Barechet *al.*, 2020). Cette espèce a été observée dans un seul site, celui d'Ain-El-Hammam.

**Genre *Pheidole* Westwood, 1839**

Le genre de fourmis myrmicines *phaidole* possède plusieurs avantages exceptionnels pour les études expérimentales et phylogénétiques du comportement social et de l'écologie.

C'est l'un des genres de fourmis les plus répandus dans le monde.

***Pheidole pallidula* (Nylander, 1849)**

C'est une espèce cosmopolite assez proche des espèces du genre *Messor* mais plus évoluée (Bernard, 1968).

C'est une espèce banale, répandue partout et absente dans les milieux trop ombragés (Cagniant, 1966 ; 1968).

Cette espèce est inventoriée dans quatre sites d'étude dont deux sites sont des vergers de figuier (Akerou et Ain-El-Hammam) et un autre forestier (Azeffoun et Assi-Youcef).

**Genre *Goniomma* Emery, 1895**

Ce genre a une répartition biogéographique paléarctique et se trouve en Afrique du Nord (Maroc, Tunisie), en Europe (France, Allemagne, Gibraltar, Macédoine, Portugal, Espagne) et en Asie (Israël) (Antweb, 2021).

***Goniomma sp***

Cinq individus de *Goniomma sp* sont échantillonnés au niveau du site forestier d'Azeffoun.

**Genre *Temnotorax* (Myer, 1861)**

Groupe essentiellement méditerranéen (Bernard, 1968). Les espèces de ce genre constituent de bons indicateurs écologiques et biocénologiques et se montrent sensibles aux perturbations de l'environnement (Cagniant et Espadaler, 1997).

Quelques individus de *Temnotorax sp* sont échantillonnés au niveau du site forestier d'Azeffoun.

**Genre *Tetramorium* (Myer, 1855)**

Ce genre est commun dans les milieux anthropisés, s'adapte avec tous les bioclimats et colonisent tous les milieux dégradés (Cagniant, 1997).

***Tetramorium biskrense* Forel, 1904**

C'est une espèce des hautes plaines et Atlas et Atlas Saharien algérien (Cagniant, 1970).

Elle apparaît comme une espèce très variable tout au long de son aire de distribution qui s'étend sur des zones bioclimatiques bien différentes.

Cette espèce est présente dans quatre sites d'études dont deux sites sont des vergers de figuier (Akerou et Ain-El-Hammam) et un autre est forestier (Azeffoun et Assi-Youcef).

**Genre *Monomorium* (Mayer, 1855)**

Les fourmis de ce genre sont très petites, omnivores et grêles (Bernard, 1968).

***Monomorium salomonis* (Linnaeus, 1758)**

Cette espèce qui se présente comme une fourmi nettement hélioxérophile abondante dans tous les biotopes chauds, secs et ensoleillés.

Elle est très banale dans les hautes plaines et favorisée en zone forestière par la dégradation du couvert végétal (Cagniant, 1973 ; Abdi-Hamecha *et al.*, 2021).

Cette espèce est rencontrée dans deux sites représentés par des vergers de figuier (Akerou et Ain-El-Hammam).

**Sous-famille des Dolichoderinae**

Les fourmis de ce genre colonisent presque tous le globe et sont considérées comme des fléaux sur le littoral méditerranéen (Bernard, 1968 ; Henine-Maouche *et al.*, 2020).

**Genre *Tapinoma* (Foerster, 1850)**

Ces fourmis colonisent presque tous le globe et sont considérées comme des fléaux sur le littoral méditerranéen (Bernard, 1968 ; Henine-Maouche *et al.*, 2020).

***Tapinoma magnum* Mayr, 1861**

*Tapinoma magnum* est une espèce du bassin méditerranéen et d'Asie centrale ; elle est observée dans toute l'Algérie non désertique mais surtout en montagne (Cagniant, 1973).

Elle s'adapte très bien aux étages frais et froids (Cagniant, 1973 ; Lenoir, 2019 ; Abdi-Hamecha *et al.*, 2021). Cette espèce est présente dans deux sites qui sont des vergers de figuier (Akerou et Ain-El-Hammam).

***Tapinoma simrothi* Krausse, 1911**

Elle se cantonne à basse altitude au nord de l'Algérie où elle peut être une véritable plaie (Henine-Maouche *et al.*, 2020). Elle est très favorisée par le pâturage (Cagniant, 1968).

Cette espèce est présente dans quatre sites d'étude dont deux sites sont des vergers de figuier (Akerou et Ain-El-Hammam) et un autre site est forestier (Azeffoun et Assi-Youcef).

## **2.2. Formicidae des sites forestiers**

### **2.2.1. Richesse totale des espèces récoltées dans les sites forestiers**

La richesse moyenne des Formicidae de la wilaya de Tzi-Ouzou recensée dans les deux sites d'étude (Azeffoun et Assi Youcef) est de 23 espèces : 13 espèces appartiennent à la sous-famille des Myrmicinae, 9 à la sous-famille des Formicinae et une espèce à la sous-famille des Dolichoderinae. La région d'Azeffoun (25 m d'altitude) compte 23 espèces, celle d'Assi Youcef (900 m d'altitude) 13 espèces.

Nous avons répertorié 23 espèces par conséquent 9 de plus dans la région de Tizi-Ouzou (plus exactement à Azeffoun) par apport à Djioua (2011) qui n'a inventorié que 14 espèces en Kabylie. Les espèces recensées au cours de cette étude ont été décrites par Cagniant (1968, 1969 et 1973) et Bouzkri *et al.* (2013) lors de leurs études des peuplements de fourmis des forêts algériennes.

La richesse spécifique obtenue dans le présent travail est supérieure à celle obtenue par les récents travaux réalisés dans l'Algérois, à l'institut national agronomique d'El Harrach et au niveau du lac de Réghaia. Ainsi, Dehina (2009) a noté une richesse totale de 11 espèces dans deux stations de l'Algérois, avec quatre espèces de Myrmicinae, quatre espèces de Formicinae et une seule espèce de Dolichoderinae.

Ce même auteur a signalé la même richesse de 11 espèces au niveau de l'institut national agronomique d'El Harrach. Dans ce même milieu, Souttou (2002) a recensé une richesse de neuf espèces, avec six Myrmicinae, deux Formicinae et une espèce de Dolichoderinae.

De son côté, Baouane (2005), ayant échantillonné durant deux années (2001 et 2002) aux abords du marais de Réghaia, a trouvé une richesse spécifique de 10 espèces avec 3 espèces de Formicinae, cinq espèces de Myrmicinae et une seule espèce de Dolichoderinae ainsi qu'une espèce non déterminée.

### 2.2.2. Abondance des espèces de Formicidae capturées dans les deux sites forestiers

L'abondance relative des espèces qui composent la myrmécofaune inventoriée montre qu'au niveau du site d'Azeffoun, *Tapinoma simrothi* est en première position avec 13.52%, suivie par *Pheidole pallidula*, *Crematogaster scutellaris*, *Cataglyphis viaticus* et *Aphaenogaster senilis* avec respectivement 12.56%, 11.08%, 11.01% et 10.35%. Viennent ensuite *Palagiolepis schmitzii*, *Messor barbarus*, *Crematogaster auberti*, *Camponotus alii*, *Camponotus thoracicus* avec respectivement 10.13%, 7.71%, 4.85%, 3.74% et 3.30%. Les espèces *Aphaenogaster testaceo-opilosa*, *Camponotus barbarus*, *Temnothorax sp*, *Tetramorium biskrense*, *Palagiolepis sp*, *Messor capitus*, *Messor lobicornis*, *Palagiolepis sp*, *Camponotus lateralis*, *Messor lobicornis* présentent des taux respectifs de 1.22%, 1.10%, 1.10%, 1.10%, 0.88%, 0.88% et 0.66%.

Enfin, *Camponotus spissinodis*, *Camponotus ruber*, *Crematogaster laestrygon* et *Goniomma sp* sont représentées avec 0.22% chacune.

Dans le site d'Assi Youcef, nous avons noté la prédominance de *Pheidole pallidula* avec 20.32% du peuplement. Elle est suivie par *Tapinoma simrothi*, *Palageolipis schmitzii* et *Cataglyphis viaticus* avec respectivement 16.04%, 11.76% et 10.70%. Puis viennent *Messor barbarus*, *Aphaenogaster senilis*, *Tetramorium biskrense* et *Camponotus thoracicus* avec des taux respectifs de 8.02%, 8.02%, 6.42% et 5.35%.

Enfin, nous avons les espèces *Camponotus alii*, *Camponotus barbaricus*, *Camponotus lateralis* et *Aphaenogaster testaceo-pilosa* représentées par des taux faibles ; 2.67%, 2.14%, 1.07% et 1.07% respectivement.

Dans l'ensemble de ces milieux, l'espèce *Tapinoma simrothi* inventoriée dans les milieux agricoles apparait comme une espèce bien représentée dans les sites d'Azeffoun et Assi-Youcef.

Cependant, Djoua (2011) et Dehina (2009) ont notée que cette espèce est effectivement abondante dans les milieux agricoles. Belkadi (1990), dans son étude sur *Tapinoma simrothi*, a aussi montré son importance en termes d'abondance dans les milieux cultivés.

L'espèce *Pheidole pallidula* est présente et abondante dans l'ensemble des deux stations. Ces résultats correspondent à ceux de Lahmar (2008), dans son étude sur la caractérisation de l'entomofaune de quelques cultures maraichères sous serre dans la région d'Ouargla et à ceux du Djioua (2011) et Dehina (2009) dans la région de Tizi-Ouzou et la région d'El-Harrach respectivement.

L'espèce *Crematogaster scutellaris* n'a été rencontrée, au cours de notre étude, que dans les milieux forestiers.

Ces résultats confirment ceux obtenus par Cagniant (2005), dans son étude sur le genre *Crematogaster* au Maroc. Cet auteur montre que ce genre est l'un des plus riches en espèces parmi les Formicidés. Ce qui corrobore aussi les constatations de Djioua (2011) dans la région de Tizi Ouzou.

### 2.2.3. Constance appliquée aux Formicidés dans les sites forestiers

Les résultats de la fréquence d'occurrence obtenus dans les deux stations d'étude montrent que celle-ci varie considérablement entre les espèces de Formicidés capturées dans ces dernières.

Au niveau du site d'Azeffoun, nous avons noté quatre catégories d'occurrence ; les espèces *Crematogaster scutellaris*, *Crematogaster auberti*, *Camponotus barbaricus xanthomelas*, *Pheidole pallidula*, *Tapinoma simrothi*, *Plagiolepis schmitzii* et *Messor barbarus* sont qualifiées de « régulières ». *Cataglyphis viaticus*, *Aphaenogaster testaceo-pilosa* et *Camponotus thoracicus* sont « accessoires ».

Les espèces *Camponotus lateralis*, *Camponotus alii*, *Palagiolepis sp*, *Aphaenogaster senilis*, *Tetramorium biskrense is*, sont accidentelles. Enfin, *Camponotus spissinodis*, *Camponotus ruber*, *Goniomma sp*, *Temnothorax*, *Aphaenogaster sardoa*, *Messor lobicornis* et *Messor capitus* appartiennent à la catégorie d'espèces « rares ».

Au niveau, du site d'Assi Youcef, 3 catégories d'occurrence ont été enregistrées. Les espèces *Crematogaster scutellaris*, *Camponotus barbaricus xanthomelas*, *Pheidole pallidula*, *Tetramorium biskrense is*, *Tapinoma simrothi*,

*Plagiolepis schmitzi* et *Messor barbarus* sont qualifiées de « régulières ». *Cataglyphis viaticus* et *Camponotus thoracicus* sont « accessoires ».

Les espèces *Camponotus latiralis*, *Camponotus alii*, *Aphaenogaster senilis*, *Aphaenogaster testaceo-pilosa* sont accidentelles.

A Staouali, grâce à la méthode des pots barber, Hacini (1995) a enregistré deux catégories : « omniprésente » représentée par *Tapinoma simrothi* et *Pheidole pallidula*. Bakiri (2001) a noté les valeurs de constance de 100 % pour l'espèce *Tapinoma simrothi*. Ces valeurs ont été observées pendant les mois de Mai, Juin, Juillet, Août et Septembre.

Les espèces *Camponotus lateralis*, *Camponotus alii*, *Aphaenogaster senilis*, *Aphaenogaster testaceo-pilosa* sont accidentelles.

Nous avons constaté que l'espèce *Tapinoma simrothi* est constante dans les deux sites étudiés. Ce même résultat a été obtenu par Dehina (2009) dans les deux stations de l'Algérois.

Djioua (2011) a constaté que l'espèce *Pheidole pallidula* est régulière dans les cinq stations d'étude de la région de Tizi-Ouzou.

#### **2.2.4. Indice de diversité de Shannon et d'équitabilité appliquées sur les espèces de Formicidae capturées dans les deux sites forestiers**

L'indice de diversité de Shannon calculé pour les espèces de Formicidés donne les valeurs de 2.69 bits pour la région d'Azeffoune et 2.29 pour Assi Youcef.

Ces valeurs sont compatibles avec une grande diversité des deux régions et un équilibre des peuplements de fourmis dans ces milieux. Le site le plus diversifiée étant le site d'Azeffoun.

L'indice d'équitabilité révèle une valeur de 0.5 pour Azeffoun et 0.56 pour Assi Youcef. D'après Du Merle (1978), un indice de Shannon élevé et une valeur de l'équitabilité proche de un impliquent une grande diversité du milieu prospecté.

Dans les deux sites forestiers échantillonnés au cours de notre étude, les valeurs de l'indice de Shannon obtenues sont nettement élevées et la valeur de  $H'$  est proche de un. Ceci implique que les espèces de Formicidés sont en équilibre entre elles.

Ces valeurs indiquent, en plus d'une diversité élevée, une répartition équilibrée des peuplements de fourmis dans les différents milieux prospectés.

### **2.2.5. Estimateurs non-paramétrique**

Selon l'estimation de la richesse spécifique totale, les méthodes d'échantillonnage adoptées ont permis de capturer les deux tiers (67.09%) des espèces de fourmis qui seraient présentes à Azeffoun et plus des trois quarts (81,90%) de celles que l'on s'attend à trouver à Assi-Youcef. Ceci justifie les différences affichées entre les courbes d'accumulation des espèces capturées et attendues dans les deux sites.

## **2.3. Espèces de Formicidae capturées dans les deux sites agricoles (les verges de figuiers)**

### **2.3.1. Richesse totale des espèces récoltées dans les sites agricoles**

La myrmécofaune, dans les milieux agricoles, a été dominée par les Myrmicinae (52%), suivies des Formicinae (37%) puis des Dolichoderinae (11%).

La forte dominance des Myrmicinae pourrait s'expliquer par le fait qu'elles représentent la sous-famille de fourmis la plus large et un groupe dominant dans plusieurs habitats terrestres (Marsh, 1986) et par leur capacité d'adaptation aux changements des conditions environnementales (Savitha *et al.*, 2008).

Plusieurs autres chercheurs ont obtenu des résultats similaires. Bickel et Watanasit (2005) ont constaté une dominance des Myrmicinae à 55,1%, au sud de la Thaïlande.

De même, Ramesh *et al.* (2010) ont enregistré une dominance de ce groupe à 51% au sud de l'Inde. En Algérie, la prépondérance des Myrmicinae a aussi été signalée lors de l'étude des Formicidés dans deux stations de l'Algérois par Dehina (2009), Lahmar (2008) dans la région d'Ouargla, Djioua (2011) et Abdi-Hamecha (2021) dans la région de la Kabylie.

La richesse moyenne des Formicidae de la wilaya de Tizi-Ouzou recensée dans les deux sites agricoles (Ain El Hammam et Akerou) est de 26 espèces : 14 espèces appartiennent à la sous-famille des Myrmicinae, 11 à la sous-famille des Formicinae et deux espèces à la sous-famille des Dolichoderinae. Le site d'Ain-El-Hammam (1100 m d'altitude) compte 26 espèces et celui d'Akerou compte 17 espèces.

Dans la région de Heuraoua (Alger), Dehina (2004) a noté une richesse totale de neuf espèces réparties entre trois sous familles à savoir trois Formicinae, quatre Myrmicinae et une seule espèce de Dolichoderinae. Sept espèces ont été recensées dans le verger d'agrumes, quatre espèces dans les cultures maraîchères et six espèces dans la friche. Ce même auteur a signalé, en 2009, une richesse de 11 espèces au niveau du l'institut national agronomique d'El Harrach.

Dans le même institut, Souttou (2002) a recensé une richesse de neuf espèces avec six Myrmicinae, deux Formicinae et une espèce pour les Dolichoderinae. Cet auteur note la présence de *Monomorium salomonis* qui a été capturée lors de la présente étude. Oudjiane (2004), ayant travaillé sur la biosystématique des fourmis selon l'altitude dans la région de Tizirt, a capturé 20 espèces de fourmis dans la station de Tassalast à 3 m d'altitude, 12 espèces à 559 m d'altitude dans la station de Boukellal et 16 espèces à 885 m à Freha.

Aussi, Baouane (2005) ayant échantillonné durant deux années (2001 et 2002) aux abords du marais de Réghaia, trouve une richesse de 10 espèces avec 3 espèces de Formicinae, cinq espèces de Myrmicinae, une seule espèce de Dolichoderinae et une espèce non déterminée.

De leur côté, Sahki *et al.* (2007), durant 5 ans de recherche sur le régime alimentaire du torcol fourmilier au niveau du parc de l'I.N.A. (de 1993 à 1997), ont rapporté l'abondance de trois espèces *Tapinoma simrothi*, *Pheidole pallidula* et *Tetramorium biskrense*. La variation de richesse constatée entre les différentes stations fait appel à plusieurs constatations.

Du Merle (1978), en étudiant le peuplement des fourmis du mont Ventoux, a signalé une richesse de 64 espèces. Il suggère que la distribution des fourmis est déterminée fondamentalement par les variations thermiques.

### **2.3.2. Abondance des espèces de Formicidae capturées dans les deux sites agricoles**

L'abondance relative des espèces qui composent la myrmécofaune inventoriée montre qu'au niveau du site d'Ain-El-Hammam, *Cataglyphis viaticus* arrive en première position avec 47.51%, suivie par *Monomorium salomonis*, *Tapinoma magnum*, *Messor lobicornis* et *Camponotus barbaricus* avec respectivement 19.9%, 7.14%, 4.34% et 4.21%. Viennent ensuite *Camponotus alii*, *Pheidole pallidula* avec respectivement 2.63% et 2.43. Les autres espèces sont faiblement représentées.

Dans le site d'Akerou, nous avons noté la prédominance d'*Aphaenogaster testaceo-pilosa* avec 26.1%. Elle est suivie par *Pheidole pallidula*, *Tapinoma magnum* et *Aphaenogaster depilis* avec respectivement 24.7%, 16.5% et 9.24%. Viennent ensuite *Crematogaster auberti*, *Camponotus barbaricus*, *Cataglyphis viaticus* et *Aphaenogaster sardoa* avec respectivement 5.05%, 4.44%, 3.28% et 2.41%. Les autres espèces sont faiblement représentées.

Il ressort de la présente étude, qu'*Aphaenogaster testaceo-pilosa* est très abondante dans le verger d'Akerou et peu présente dans celui d'Ain-El-Hammam. Cagnant (1973) estime que cette dernière est indifférente vis-à-vis du couvert végétal, il ne semble donc pas y avoir de milieux favorables et propres à cette espèce.

L'espèce *Tapinoma simrothi* est absente dans le verger d'Akerou et rarement présente dans celui de Ain-El Hammam. Cependant, Djoua (2011) a noté que cette espèce est pullulante dans le verger d'orangers et celui des pêchers au niveau d'Oued Aissi.

Belkadi (1990), dans son étude sur *Tapinoma simrothi*, a aussi montré son importance en termes d'abondance dans les milieux cultivés.

*Pheidole pallidula* est moyennement présente dans l'ensemble des deux stations. Conformément aux résultats de Djoua (2011) dans la région de Tizi Ouzou. D'après Bernard (1956), cette espèce pullule dans toute la région méditerranéenne, sauf dans les forêts très ombragées.

*Messor barbarus* est présente dans les deux vergers de figuiers et ne semble pas avoir de milieu propre. Detrain et *al.* (1999) signalent que, pour ce prédateur majeur des graminées dans les prairies annuelles de la zone méditerranéenne, la répartition ainsi que le maximum de densité sont fonction des conditions naturelles de semences et répondent à la théorie de la récolte optimale.

*Cataglyphis viaticus* a été recensée dans les deux stations avec une importante abondance dans le verger de Ain El Hammam. Cagniant (2009) signale que *Cataglyphis* se trouve en Afrique du Nord depuis le bord de la mer jusqu'à 2800 m au Hoggar. Ces fourmis nichent en des lieux découverts (grandes clairières, pâturages de montagne et steppes).

D'après Gaspar (1972) et Theunis (2008), la composition et l'abondance relative des Formicidae constituant une communauté, sont influencées par des facteurs climatiques (température, humidité, lumière) et par la végétation.

### **2.3.3. Constance appliquée aux Formicidés dans les deux sites agricoles**

Les résultats de la fréquence d'occurrence obtenus dans les deux stations d'étude montrent que celle-ci varie considérablement entre les espèces de Formicidés capturées dans ces dernières.

Au niveau, de site d'Ain-El-Hammam, quatre catégories d'occurrence ont été enregistrées. L'espèce *Cataglyphis viaticus* est qualifiée de « régulière ». *Monomorium salomonis* est « accessoire ». Les espèces *Tapinoma magnum*, *Messor lobicornis*, *Camponotus barbaricus*, *Camponotus alii*, *Pheidole pallidula* sont accidentelles. Les autres espèces appartiennent à la catégorie d'espèces « rares ».

Au niveau, de site d'Akerou, nous avons aussi noté quatre catégories d'occurrence. L'espèce *Aphaenogaster testaceopilos* est qualifiée de « régulière ».

*Tapinoma magnum* est « accessoire ». Les espèces *Pheidole pallidula*, *Camponotus barbarus*, *Aphaenogaster depilis*, *Cataglyphis viaticus*, *Messor barbarus*, *Aphaenogaster sardoa* sont dites « accidentelles ». Enfin, les autres espèces appartiennent à la catégorie d'espèces « rares ».

A Staouali, grâce à la méthode des pots barber au niveau d'une station des cultures maraîchères, Kaci (2006) a enregistré deux catégories : « accessoire » représentée par 7 espèces et « régulière » représentée par *Pheidole pallidula* et *Aphaenogaster testaceo-pilosa*.

Le même auteur, dans un verger de figuier, note 4 catégories ; à savoir la catégorie accessoire, régulière, accidentelle et constante ; ces résultats sont conformes avec nos résultats de son côté. Chemala (2009) a constaté que l'espèce *Monomorium salomonis* est accessoire dans la région d'El Oued.

L'espèce *Tapinoma simrothi* est rare au niveau des deux vergers de figuier contrairement aux résultats obtenus par Dehina (2009) dans les deux stations de l'Algérois alors que Djioua (2011) note la constance de cette espèce en Kabylie.

#### **2.3.4. Indice de diversité de Shannon et d'équitabilité appliquées sur les espèces de Formicidae capturées dans les deux vergers de figuier**

L'indice de diversité de Shannon calculé pour les espèces de Formicidés donne les valeurs de 3.04 bits pour le site d'Ain El Hammam et 2.86 pour le site d'Akerou. Ces valeurs sont compatibles avec une grande diversité des deux sites et un équilibre des peuplements de fourmis dans ces milieux. Le verger le plus diversifié est celui d'Ain-El-Hammam. L'indice d'équitabilité révèle une valeur de 0.64 pour Ain-El-Hammam et 0.68 pour Akerou.

Dans les deux régions échantillonnées, au cours de cette étude, les valeurs obtenues de l'indice de Shannon sont nettement supérieures à zéro et la valeur de E est proche de un. Ceci implique que les espèces de Formicidés sont en équilibre entre elles.

Ces résultats sont similaires à ceux notés par Ferarsa (1994) dans une steppe à Djelfa, par Dehina (2007) au nord de l'Algérie et par Chemala (2009) dans le sud à El Oued.

Selon l'estimation de la richesse spécifique totale, les méthodes d'échantillonnage adoptées ont permis de capturer 98.23% des espèces de fourmis qui seraient présentes à Ain-El-Hammam et 95.68% à Akerou.

La courbe d'accumulation a atteint une asymptote importante pour tous les échantillons, ceci suggère que l'effort d'échantillonnage est suffisant.

#### **2.4. Suivi de la dynamique des populations de la mouche méditerranéenne des fruits sur le figuier**

Le suivi de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* est fait dans la localité d'Azeffoun (village cheurfa) et s'est étalé du début du mois de juillet à la fin du mois de septembre durant l'année 2019. Des pièges qui nous permettent d'estimer l'abondance de *Ceratitis capitata* ont été placés sur les arbres de trois variétés de figuier qui sont Azendjar, Avoghnjor et Thaghanimt.

Deux générations sont observées sur le figuier à travers les fluctuations des effectifs enregistrées. La première génération apparaît en juillet-août et la deuxième à partir du mois de septembre ; ce qui correspond à la période estivale et automnale.

Nous constatons que cette mouche existe dans les trois vergers en grand nombre pendant la période estivale (juillet- août).

Étant donné que le moment de fructification du figuier survient durant cette période, nous pouvons interpréter le nombre élevé de mouches par la présence des fruits (figes). Cette spéculation constitue un foyer important pour ce ravageur durant la période estivale et le début de la période automnale.

Le nombre d'adultes de la cératite capturés par piège durant la présente étude reste très variable pour la période d'étude.

Ces variations peuvent être attribuées, pour partie, à la saison de production de figuier qui est précoce dans le site d'étude (fruits en abondance et laissés sur le sol).

Le développement larvaire se déroule à l'intérieur des figes ; les paramètres physico-chimiques étant favorable ainsi que les conditions

climatiques au développement de cette mouche (température élevée). Le même constat est fait par Vayssières *et al.* (2005) au Soudan. Selon lequel, la cératite préfère les climats chauds et secs.

Ces mêmes auteurs notent que les espèces de cératites sont plus abondantes durant la saison sèche. Leurs niveaux de populations diminuent dès les premières pluies mais remontent ensuite (Jean *et al.*, 2008).

*Ceratitis capitata* est plus abondante dans les fruits de la variété Thaghanimt par rapport à ceux de la variété d'azendjar (Ali Ahmed-Sadoudi *et al.*, 2007). Cela se traduit par la facilité avec laquelle les femelles déposent leurs œufs à l'intérieur des fruits et les températures élevées.

Cela pourrait s'expliquer par le fait que les fruits de cette variété semblent plus préférés par la cératite d'une part, et, d'autre part, pendant la période d'étude ou la maturité des fruits et précoce dans le site d'étude.

L'installation des pièges dans les vergers de figuier en fonction du biotope, et la variété car chacune d'elles a des stimuli olfactifs caractéristiques. L'analyse statistique des données issues des pièges montre que la variété influence significativement la densité de la population de *Ceratitis capitata*.

Cela signifie que les trois variétés et leurs biotopes pourraient réunir les facteurs abiotiques (température, et humidité relative) favorables au maintien des populations de *Ceratitis capitata* dans les vergers.

Des différences hautement significatives ont été observées dans le nombre moyen de captures des femelles et des mâles de *Cerqtitis capitata* qui sont plus élevées sur la variété Avoghendjor durant les 3 mois d'étude.

Des différences hautement significatives des captures de *Cerqtitis capitata* ont été observées en fonction des périodes (juillet à septembre) de tous les vergers. Ces résultats sont similaires à ceux de Vayssières *et al.* (2012) qui ont également signalé cette espèce au cours de cette période dans les vergers pilotes au Burkina Faso.

Ali Ahmed-Sadoudi (2007) a constaté que le nombre d'individus capturés est faible durant les mois de juillet et d'août. Par la suite, il atteint un pic au mois de septembre qui diminue progressivement jusqu'à la fin de ce mois.

Ces captures peuvent être dues à la maturité précoce des fruits à cause de sa localisation géographique de site qui est proche de littorale. Aussi pourrait être due à la salinité de sole, qui est élevée dans le site d'étude, qui joue un rôle important dans le cycle de développement des insectes en générale.

## **2.5. Mise en évidence du phénomène de prédation par les fourmis**

Nos résultats ont confirmé l'existence de phénomène de prédation par quelques espèces de fourmis présentes dans les vergers de figuier sur les larves de troisième stade de la cécidomyie entraînant une réduction de leur nombre sous les arbres hôtes.

Les résultats de cette étude ont montré que la mortalité des larves de *Ceratitis capitata* déposées sous les figuiers est due à des facteurs biotiques en l'occurrence le phénomène de prédation par les fourmis et les facteurs abiotiques qui sont la température et l'humidité.

D'après nos observations, les températures jouent un rôle très important dans l'activité des fourmis, qui augmente les chances de la prédation des larves de troisième stade de la mouche méditerranéenne des fruits. À des températures favorables au développement des larves de troisième stade de la cécidomyie (entre 20 et 35°C), la prédation par les fourmis était la principale cause de mortalité de ces dernières sous le figuier.

Dans l'ensemble, les fourmis sont des acteurs importants de la mortalité totale des larves de la cécidomyie. Deux genres, *Aphaenogaster* (*Aphaenogaster senilis* et *Aphaenogaster testaceo-pilosa*) et *Tapinoma* (*Tapinoma simrothi*) ont été responsables de la mortalité des larves de *Ceratitis capitata* estimée à 50%. Cependant, le premier genre était beaucoup plus efficace que le second au terme de prédation.

Premièrement, le genre *Aphaenogaster* est l'un des genres les plus abondants dans les vergers de figuier, permettant une découverte rapide des proies.

Deuxièmement, ce genre est un prédateur important qui répond systématiquement à la détection de ses proies par une attaque (Haro Veraet *al.*, 1986).

Troisièmement, comme la majorité des fourmis Myrmicinae, le genre *Aphaenogaster* possède un venin puissant qui contient un mélange complexe d'agents pathogènes (Jones, *et al.*, 2003).

En revanche, le genre *Tapinoma* n'a pas de venin et " perd " souvent sa proie. En effet, ce genre est connu surtout comme tendeur de pucerons qui élève les Homoptères sur les plantes pour recueillir leur miellat (El keroumi *et al.*, 2010).

Dans l'ensemble, nos résultats confirment ceux obtenus dans les vergers de Guatemala, où plusieurs fourmis (*P. megacephala*, *S. geminata*, *Linepithema humile*) ont été identifiées comme des prédateurs sérieux de diverses mouches des fruits (Pemberton et Willard 1918 ; Wong *et al.*, 1984 ; Eskafi et Kolbe, 1990).

Les fourmis sont également responsables de la prédation sur les larves d'autres *Tephritidae*, comme *Anastrepha spp* (Hymenoptera, Formicidae) au Mexique (Aluja *et al.* 2005). Elles sont aussi utilisées contre la mouche du pommier *Rhagoletis pomonella* et la mouche de l'olive *Bactrocera oleae* (Allen et Hagley, 1990 ; Bressan-Nascimento, 2001 ; Orsini et Erik, 2007).

Dans leur étude sur la capacité de l'espèce de fourmi *O. longinoda* de jouer un rôle de protection des mangues contre la mouche *Bractocera dorsalis* au Bénin, Van Mele *et al.* (2007) ont également démontré que des populations élevées d'*O. longinoda* réduisaient considérablement les taux d'infestation par les mouches des fruits.

Jusqu'à présent, les mécanismes régissant le contrôle des mouches des fruits par les fourmis (fourmis tisserandes) sont restés ambigus. Il semble, cependant, que la présence des fourmis *O. longinoda* affecte le comportement de

ponde des mouches des fruits sur les arbres qu'elles occupent par une diminution du temps de ponte et du nombre d'œufs pondus lorsque ces fourmis ont déjà patrouillé ces fruits (Vayssières *et al.*, 2010, 2013). L'émission de phéromones chimiques affectant le comportement de ponte des mouches des fruits, est la supposition la plus évidente (Offenberg *et al.*, 2004 ; Offenberg, 2007 ; Adandonon *et al.*, 2009 ; Van Mele *et al.*, 2009), mais la prédation directe ou la dissuasion des ravageurs sont d'autres phénomènes influencés par cette espèce (Van Mele *et al.*, 2007 ; Aluja *et al.*, 2005).

D'après de Haro Vera *et al.* (1986), les ouvrières d'*Aphaenogaster senilis* ramassent des matériaux divers, mais ont une préférence pour les produits d'origine animale qui sont postérieurement distribués et consommés par tous les membres de la société.

Les fourmis peuvent potentiellement contribuer à la suppression des ravageurs par de multiples mécanismes, y compris la prédation, les attaques non consommatrices et la dissuasion chimique indirecte (Way et Khoo 1992).

Les fourmis arboricoles se nourrissent facilement et s'occupent des insectes hémiptères dans les caféiers, maintenant souvent des niveaux d'activité élevés près des baies sur les branches. Cela offre une opportunité pour réguler les niveaux de populations des adultes et des stades larvaires du principal ravageur des caféiers ; la pyrale (Morris *et al.*, 2015).

Aussi les fourmis qui butinent au sol sont plus susceptibles de rencontrer des larves de troisième stade et les pupes incorporées dans les baies, où le ravageur passe la dernière partie de son cycle de vie.

D'après nos observations, les fourmis ont joué un rôle important dans la prédation des larves de *Ceratitis capitata* sous les figuiers. La proportion de larves attaquées était variable dans le site d'étude entre 75 et 100 larves pour chaque bache.

La structure des populations de fourmis, leur richesse spécifique et leur abondance dans chaque biotope, semblent être des facteurs prééminents expliquant leur contribution à la prédation des larves sous les arbres.

Le genre *Aphaenogaster* avec les espèces *Aphaenogaster senelis* et *Aphaenogaster testaceo-pilosa* semble être le genre de fourmi le plus efficace en matière de prédation. Cette caractéristique peut justifier son intérêt en tant qu'agent potentiel dans un éventuel programme de lutte biologique.

Ce genre de prédateur, qui semble bien s'adapter dans les champs et dans des vergers, est susceptible de jouer un rôle clé dans la régulation des populations de *Ceratitis capitata* sur le figuier, comme dans les vergers d'autres arbres fruitiers.

L'élevage et la libération périodique de colonies des deux espèces (*Aphaenogaster senelis* et *Aphaenogaster testaceopilosa*) dans les vergers de figuiers pourrait potentiellement augmenter leur contribution à la prédation des larves de la cératites.

## **Conclusion**

Cette étude est un apport pour enrichir les données relatives à la diversité, la distribution et la bioécologie des fourmis dans quelques milieux de la Grande Kabylie (Tizi-Ouzou) et l'utilisation de quelques espèces comme un modèle de lutte biologique contre la mouche méditerranéenne des fruits sur le terrain.

L'échantillonnage des Formicidae a été réalisé par deux méthodes de capture qui sont les pots Barber et la collecte manuelle au cours des années 2018 et 2019. Les échantillons ont été collectés de mars à juillet, tous les dix jours à raison de trois sorties par mois. Quatre sites appartenant à différentes altitudes ont été prospectées ; la forêt d'Azeffoun (entre 100 et 500 m), la forêt d'Assi-Youcef (900 m), le verger de figuiers d'Akerou (800 m) et le verger de figuiers d'Ain-El-Hammam (1100 m).

La richesse totale collectée est de 30 espèces de fourmis, regroupées en 11 genres et 3 sous-familles (Myrmicinae, Formicinae et Dolichoderinae). Les Myrmicinae sont les plus répandues dans les relevées (55%) suivies par les Formicinae (35.5%) et les Dolichoderinae (13.5%).

Dans les deux sites forestiers d'Azeffoun et d'Assi-Youcef, une richesse spécifique moyenne de 23 espèces est obtenue pour l'ensemble des stations d'étude. Ces espèces appartiennent à 11 genres et à 3 sous-familles. Les trois sous familles recensées sont les Myrmicinae, les Formicinae et les Dolichoderinae.

En termes d'espèces, les Myrmicinae sont les plus représentées avec 11 espèces (*Crematogaster sticularis*, *Crematogaster auberti*, *Crematogaster laestrygon*, *Aphaenogaster testaceo-pilosa*, *Aphaenogaster senilis*, *Aphaenogaster sardoa*, *Messor barbarus*, *Messor lobicornis*, *Messor capitus*, *Pheidol pallidula*, *Gonomma sp*, *Temnothorax sp*, *Tetramorium biskrense*). Les espèces des Formicinae inventoriées sont au nombre de 9 (*Camponotus toracicus*, *Camponotus spissinodis*, *Camponotus ruber*, *Camponotus latiralis*, *Camponotus alii*, *Camponotus barbarus*, *Cataglyphis viaticus*, *Palagiopsis schmitzi*, *Palagiopsis sp*). La sous famille des Dolichoderinae est représenté par une seule espèce qui est *Tapinoma simrothi*.

Par contre, dans les vergers de figuier (Akerou et Ain-El-Hammam), la richesse spécifique moyenne obtenue pour les deux stations d'étude est de l'ordre de 26 espèces appartenant à neuf genres et trois sous familles. Les trois sous familles recensées sont les Myrmicinae avec 14 espèces, les Formicinae avec 10 espèces et seulement deux espèces pour les Dolichoderinae.

En termes d'espèces, les Myrmicinae sont les plus représentées avec 11 espèces (*Crematogaster sticularis*, *Crematogaster auberti*, *Crematogaster laestrygon*, *Aphaenogaster testaceo-pilosa*, *Aphaenogaster senilis*, *Aphaenogaster sardoa*, *Messor barbarus*, *Messor lobicornis*, *Messor capitus*, *Messor medioruber*, *Monomorium salomonis*, *Pheidol pallidula*). Les Formicinae renferment 13 espèces (*Camponotus toracicus*, *Camponotus spissinodis*, *Camponotus ruber*, *Camponotus latiralis*, *Camponotus alii*, *Camponotus barbarus*, *Camponotus thoracicus*, *Camponotus cruentatus*, *Camponotus micans*, *Cataglyphis viaticus*, , *Palagiolepis schmitzii*, *Palagiolepis sp*). La sous famille des Dolichoderinae renferme deux espèces qui sont *Tapinoma simrothi* et *Tapinoma magnum*.

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon, calculé pour les différentes sites échantillonnées, varie de 2,298 bits (site forestier Azeffoun) à 2,613 bits (site forestier Assi-Youcef). Par contre, cet indice présente des valeurs proches dans les deux vergers de l'ordre de 4.75 bits à Ain-El-Hammam et de 4.16 bits à Akerou.

Quant à l'équitabilité, elle varie de 0,569 à 0,621 pour les sites forestiers (Azeffoun et Assi-Youcef respectivement). Elle est de 0.64 à Ain El Hammam et de 0.68 dans le site d'Akerou dans les vergers de figuier ; ce qui signifie qu'un équilibre entre les effectifs des espèces de fourmis est établi dans les différents sites.

L'effort d'échantillonnage effectué semble être insuffisant dans les sites forestiers. Par contre, il est représentatif pour les vergers de figuier. La courbe d'accumulation d'espèces (Sobs) a été comparée à quatre estimateurs de la richesse qui sont Chao, Jack1, Jack2 et Bootstrap.

Les fourmis (*Aphaenogaster*, *Tapinoma*) ont joué un rôle important dans la prédation des larves de *Ceratitis capitata* sous les figuiers. La proportion de larves attaquées était différente par rapport au facteur temps dans le site d'étude.

Les facteurs biotiques et abiotiques, comme la température, l'humidité jouent un rôle important sur l'activité des deux genres de fourmis (*Aphaenogaster* et *Tapinoma*), ainsi que sur la prédation des larves de troisième stade de la cératite.

Le genre *Aphaenogaster* avec les deux espèces (*Aphaenogaster senilis* et *Aphaenogaster testaceopilosa*) semble être le genre de fourmis le plus efficace en matière de prédation contre la cératite. Cette caractéristique lui procure un intérêt comme agent potentiel dans un éventuel programme de lutte biologique. Ce prédateur, qui semble bien s'adapter dans les vergers des arbres fruitiers, est susceptible de jouer un rôle clé dans la régulation des populations de *Ceratitis capitata* dans le verger de figuier.

En perspectives, nous proposons de compléter cette étude en réalisant des échantillonnages dans d'autres types de milieux et d'augmenter le nombre de prospections et d'observations directes et utiliser d'autres méthodes comme la méthode Welkner. Une amélioration du protocole d'échantillonnage s'avère importante avec l'augmentation du nombre de relevées et les surfaces échantillonnées dans chaque milieu d'étude, afin d'avoir plus de précisions sur la diversité de la myrmécofaune dans les milieux naturels et anthropisés.

Des études approfondies sur l'écologie, le comportement et la structure des populations de fourmis dans d'autres vergers seront utiles à mener pour la gestion biologique et intégrée de cette mouche des fruits dans la région de la Kabylie.

## **Références bibliographiques**

## A

- Abdel-Dayem M. S., Orabi G. M., Sharaf M. R., Majer J. D., Al-Sadoon M. K., Aldawood A. S., & Aldhafer H. M. (2021).** Urbanization effect on the ant diversity and composition in an Arid City.
- Abdi-Hamecha L., Barech G., Khaldi M., Sadoudi D. A. A., Salem S., Zazgad I., & Cagniant H. (2021).** Diversity of ants (Hymenoptera, Formicidae) in Yakouren forest (Algeria): species richness, biogeography and taxonomy. *revue suisse de zoologie*, 128(1) : 61-72.
- Aboussaid H., El Messoussi S., & Oufdou K. (2009).** Activité insecticide d'une souche marocaine de *Bacillus thuringiensis* sur la mouche méditerranéenne: *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae). *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 5(1) : 160-172.
- Adandonon A., Vayssieres J. F., Sinzogan A., & Van Mele P. (2009).** Density of pheromone sources of the weaver ant *Oecophylla longinoda* affects oviposition behaviour and damage by mango fruit flies (Diptera: Tephritidae). *International Journal of Pest Management*, 55(4) : 285-292 .
- Agosti D. (1990).** Review and reclassification of *Cataglyphis* (Hymenoptera, Formicidae). *Journal of Natural history*, 24(6) : 1457-1505.
- Agosti, D., & Alonso, L. E. (2000).** The all protocol. *ANTS: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington DC : 204-206.
- Ali Ahmed D., Soltani N., Kellouche A., & Mazouzi F. (2007).** Effects of the soil texture and the burying depth of the larvae on some biological parameters of *Ceratitis capitata* (Diptera: Trypetidae). *African Journal of Agricultural Research*, 2 : 105-111.
- Ali Ahmed-Sadoudi D. (2007).** Bioécologie de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 (Diptera : Trypetidae) dans quelques vergers de la Kabylie. Thèse de Doctorat d'Etat Univ. Mouloud Mammeri T.O. 179 p.

**Allen W.R., and Hagley E.A. (1990).** 'Epigeal Arthropods as Predators of Mature Larvae and Pupae of the Apple Maggot (Diptera: Tephritidae)', *Environnemental Entomology*, 19 : 309-312.

**Alonso L. (2000).** *Ants as indicators of diversity*, Smithsonian Institution Press.

**Aluja M., Sivinski J., Rull J., and Hodgson P.J. (2005).** 'Behavior and Predation of Fruit Fly Larvae (*Anastrepha spp.*) (Diptera: Tephritidae) after Exiting Fruit in Four Types of Habitats in Tropical Veracruz, Mexico', *Environnemental Entomology*, 34:1507-1516.

**Andersen A.N., & Majer J.D. (2004).** *Ants show the way Down Under: invertebrates as bioindicators in land management. Frontiers in Ecology and the Environment* 2 : 291-298.

**Aron S., Darras H., Eyer P. A., Leniaud, L., & Pearcy, M. (2013).** Structure génétique des sociétés et systèmes d'accouplement chez la fourmi *Cataglyphis viatica* (Fabricius 1787). *Bulletin de l'Institut Scientifique, section Sciences de la Vie*, (35) : 103-109.

## B

**Babin-Fenske J., & Anand M. (2010).** Soil insect communities and the restoration of an industrially-perturbed landscape: assessing success and surrogacy. *Restoration Ecology* 18 : 73-84.

**BACHELIER G. (1978).** *La faune des sols, son écologie et son action*. Paris : ORSTOM, 391 p. (Initiations-Documentations Techniques ; 38). ISBN 2-7099-0530-2.

**Bachi K. (2018).** *Bioécologie de la mouche méditerranéenne des fruits, Ceratitis capitata Wied. 1824 (Diptera; Tephritidae) sur quelques variétés fruitières en Kabylie. Essai de lutte biologique au laboratoire* (thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri).

**Bagnouls F. & Gaussen H. (1953).** Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse*, 88 : 193-240.

- Bakiri A. 2001.** Relation entre les disponibilités trophiques et le régime alimentaire du torcol fourmilier *Jynx troquillamauritanica* Rothschild, 1909 (Aves, Picidae) en milieu suburbain près d'Alger. Thèse magister, Inst. nati. agro. EL Harrach, 153p.
- Balachowsky A. S. (1951).** *La lutte contre les Insectes. Principes, méthodes, applications.* Paris, Payot [compte-rendu].
- Balachowsky A. & Mesnil, L. (1935).** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Paris, Busson : in-4°, broché xvi, 1921 pp.
- Baouane M., 2005.** Nouvelle technique d'étude du régime alimentaire du Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* (Erinaceidae, Mammalia) aux abords du marais de Réghaia. Mémoire magister, Inst. nati. agro., El Harrach, 208 p.
- Barbault R. (1992).** *Ecologie des peuplements: structure, dynamique et évolution.* Elsevier Masson.
- 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 redescription de la fourmi *Monomorium major* Bernard, 1953 et nouvelles citations pour l'Algérie. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.) 61: 151-157.
- Barech G., Khaldi M., Espadaler X., & 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.
- Barnes B. N. (2016).** Sterile Insect Technique (SIT) for fruit fly control—the South African experience. In *Fruit Fly Research and Development in Africa-Towards a Sustainable Management Strategy to Improve Horticulture* (pp. 435-464). Springer, Cham.
- Belkadi M. A. (1990).** Biologie de la fourmi des jardins *Tapinoma simrothi* (Hymenoptera, Formicidae) dans la région de Tizi-Ouzou (Mémoire Magister, Univ. Mouloud Maammeri, Tizi Ouzou).

**Benkhelil M.L., (1991).** Les techniques de récolte et de piégeage utilisées en entomologie.

**Bernard F. (1951).** Super famille des Formicidea ashmead 1905, pp. 997-1119 cité par GRASSE p.p., 1951 – Traité de Zoologie, insectes supérieurs et Hémiptéroïdes. Ed. Masson Cie, Paris, T.X, Fasc.2 : 976-1948p.

**Bernard F. (1956).** Remarques sur le peuplement des Baléares en Fourmis. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 47(4) : 254-266.

**Bernard F. (1968).** Les fourmis [hymenoptera formicidae] d'Europe occidentale et septentrional (No. 595.796 B47).

**Bernard F. (1983).** Les fourmis et leur milieu en France méditerranéenne (Vol. 45). Paris (France): Lechevalier.

**Bernard F. 1958.** Résultats de la concurrence naturelle chez les fourmis terricoles d'Europe et d'Afrique du Nord : évaluation numérique des sociétés dominantes. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 49 : 301 – 356.

**Bernard F. 1971.** Comportement de la fourmi *Messor Barbara* (L.) pour la récolte des graines de *Trifolium stellatum* L. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, Alger, T.62., Fasc. 1 et 2, pp.15-19.

**Bernard F. 1973.** Comparaison entre quatre forêts côtières Algériens relation entre sol, plante et fourmis. *Bull. Sol. Hist. Nat. Afr. Nord*, 64(1-2) :25-37.

**Bernard F., 1950.** Notes biologiques sur les cinq fourmis les plus nuisibles dans la région méditerranéenne. *Rev .path .végét. et entom. agri.*, Paris, 29(1-2) : 26-42.

**Bernard F., 1954.** Fourmis moissonneuses nouvelles ou peu connus des montagnes d'Algérie et révision des *Messor* du groupe *structor* (Latr.). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, pp.354 - 365.

**Blondel J. (1975).** L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique I. la méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (EFP). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, (4), 533-589.

- Blondel J. (1979).** Biogéographie et écologie: synthèse sur la structure, la dynamique et l'évolution des peuplements de vertébrés terrestres. Masson.
- Bodenheimer F. S. (1951).** Citrus entomology in the Middle East. Citrus Entomology in the Middle East, Springer Dordrecht, XII, 663P.
- Bolton B. (1995).** A taxonomic and zoogeographical census of the extant ant taxa (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Natural History*, 29(4), 1037-1056.
- Bolton B. (2003).** *Synopsis* ant classification of Formicidae. The American Entomological Institute, Florida, 370.
- Bolton B. 2019.** An online catalog of the ants of the world. Available from <http://antcat.org> (accessed 01.10.2019).
- Bolton B. 2020.** An online catalog of the ants of the world. Available from <https://antcat.org>. (accessed [10/08/2020]).
- Bolton B. 2021.** An online catalog of the ants of the world. Available from <https://antcat.org>. (accessed [10/08/2021]).
- Bolton B., Alpert, G., Ward, P. S., & Naskrecki, P. (2006).** Bolton's catalogue of ants of the world, 1758-2005 (p. 222). Cambridge: Harvard University Press.
- Bolton, B.; Alpert, G.; Ward, P. S.; Naskrecki, P. (2007).** Bolton's Catalogue of ants of the world: 1758-2005. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, Compact Disk.
- Boomsma J. J., & Ratnieks, F. L. (1996).** Paternity in eusocial Hymenoptera. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 351(1342), 947-975.
- Borowiec M. L., Cover, S. P., & Rabeling, C. (2021).** Novel insights into the evolution of social parasitism revealed by a global phylogeny of *Formica* ants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118p.

**Boudjelida H., & Soltani, N. (2011).** Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch) on *Ceratitis capitata* L. (Diptera: Tephritidae). *Annals of Biological Research*, 2(2) : 104-110.

**Boulay R., Cerdá, X., Simon, T., Roldan, M., & Hefetz, A. (2007).** Intraspecific competition in the ant *Camponotus cruentatus*: should we expect the 'dear enemy' effect? *Animal Behaviour*, 74(4) : 985-993.

**Bouzekri M., Daoudi-Hacini, S., Cagniant, H., & Doumandji, S., (2013).** Étude comparative des associations (plantes-fourmis) dans une région steppique (cas de la région de djelfa, algérie). Université de Djelfa, Algérie.

**Braet Y. (2004).** L'entomologie : un outil d'évaluation et de suivi des sites dans la perspective d'une gestion durable de la biodiversité. L'exemple des fourmis des litières du Parc National de Chaco (Argentine). Certificat en Gestion de l'Environnement, 124 p.

**Bressan-Nascimento S. (2001).** Emergence and Pupal Mortality Factors of *Anastrepha obliqua* (Macq.) (Diptera: Tephritidae) Along Fruiting Season of Host *Spondia dulcis* L., *Neotropical Entomology*, 30, 207-215.

**Bretaudeau J., & Fauré, Y. (1992).** Atlas d'arboriculture fruitière, Vol. 1, 3 Edit. Lavoisier, Paris.

**Burnham, K. P., & Overton, W. S. (1979).** Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. *Ecology*, 60(5), 927-936.

## C

**Cagniant H. (1962).** Étude de quelques fourmis marocaines. Statistique provisoire des Formicidae du Maroc. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 53, 83-118.

**Cagniant H. (1966).** Note sur le peuplement en fourmis d'une montagne de la région d'Alger, l'Atlas de Blida.

**Cagniant H. (1968).**Liste préliminaire de fourmis forestières d'Algérie.– Résultats obtenus de 1963 à 1966. Bulletin de la société d'histoire naturelle de Toulouse, 104, 1-10.

**Cagniant H. (1970).** Deuxième liste de fourmis d'Algérie récoltées principalement en forêt (1re partie). Bulletin de la société d'histoire naturelle de Toulouse, 105, 405-430.

**Cagniant H. (1973).** Description et représentation des trois castes de *Chalepoxenus kutteri* (Nov. sp.)(Hyménoptères formicidæ-myrmicidæ). Insectes Sociaux, 20(2): 145-156.

**Cagniant H. (1992).** Contribution à la connaissance des fourmis marocaines. Description des trois castes d'*Aphaenogaster dejeani* Cagniant, 1982 (Hymenoptera, Formicidae). Bulletin de la Société zoologique de France, 117(1) : 5-73.

**Cagniant H. (1994).** Contribution à la connaissance des Fourmis marocaines. Description d'*Aphaenogaster rifensis* n. sp. Révision de la superespèce *Aphaenogaster* (supersp.) *gemella* (Rog.)(N. Taxon). (Hyménoptères Formicidae). Bulletin de la Société zoologique de France, 119(1), 15-29.

**Cagniant H. (1997).** Le genre *Tetramorium* au Maroc (Hymenoptera: Formicidae): clé et catalogue des espèces. In Annales de la Société Entomologique de France (Vol. 33, pp. 89-100).

**Cagniant H. (2005).** Les *Crematogaster* du Maroc (Hym., Formicidae). Clé de détermination et commentaires. Orsis: organismes i sistemes, 7-12.

**Cagniant H. (2009).** Le genre *Cataglyphis* Foerster, 1850 au Maroc (Hyménoptères Formicidae). Orsis: organismes i sistemes, 41-71.

**Cagniant H., & Espadaler X. (1997, January).** Le genre *Messor* au Maroc (Hymenoptera: Formicidae). In Annales de la Société entomologique de France (Vol. 33, No. 4, pp. 419-434). Paris: La Societe.

**Cagniant H., Espadaler X., & Colombel P. (1991).** Biométrie et répartition de quelques populations d'*Aphaenogaster* (suprasp.) *senilis* (Hymenopteres

Formicidae) du Bassin Méditerranéen Occidental et du Maroc. Vie et Milieu/Life & Environment, 61-71.

**Cagniant, H. (1972).** Essai d'établissement d'une relation entre le nombre d'espèces et le nombre de nids chez les fourmis terricoles en forêt d'Algérie.

**Carey J. R., Papadopoulos N. T., Müller H. G., Katsoyannos B. I., Kouloussis N. A., Wang J. L., & Liedo P. (2008).** Age structure changes and extraordinary lifespan in wild medfly populations. *Aging Cell*, 7(3), 426-437.

**Causse R. & Feron, M. (1967).** Influence du rythme photopériodique sur l'activité sexuelle de la mouche méditerranéenne des fruits : *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera, Trypetidae). Ann. Epiphyties/INRA, 18(2): 157-192.

**Cavalloro R., & Delrio G. (1978).** Sur la profondeur d'enfouissement de *Ceratitis capitata* Wied. Rev. Path. Veg. Agric. Fr, 32, 45-49.

**Cerdá X., Palacios R., & Retana J. (2009).** Ant community structure in citrus orchards in the Mediterranean Basin: impoverishment as a consequence of habitat homogeneity. *Environmental Entomology*, 38(2), 317-324.

**Chao A. 2005.** A new statistical approach for assessing compositional similarity based on incidence and abundance data. *Ecology Letters*, 8: 148-59.

**Chemala A. (2009).** Bioécologie des Formicidae dans trois stations de la région de djamaa (El-oued). Mémoire, Ing. Agro., Ecol. Nati.sup. agro., El Harrach, 74p.

**Cherifi F., (2004).** Propagation des incendies dans la région d'Azeffoun W. Tizi Ouzou. Thèse de magister.

**Cherix D., Freitag A. & Gern L. (2014).** Prédation des tiques *Ixodes ricinus* par les fourmis des bois *Formica pratensis* – expérience préliminaire. ENTOMO HELVETICA, 7: 41 –45.

**Chomicki G., & Renner S. S. (2016).** Obligate plant farming by a specialized ant. *Nature Plants*, 2(12), 1-4.

**Collingwood C. A. (1985).** Hymenoptera: Fam. Formicidae of Saudi Arabia. Fauna of Saudi Arabia, 7, 230-302.

**Colwell R. K., Chao A., Gotelli N. J., Lin S. Y., Mao C. X., Chazdon R. L., & Longino J. T. (2012).** Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of plant ecology*, 5(1), 3-21.

**Crozier R. H., & Fjerdingstad E. J. (2001, January).** Polyandry in social Hymenoptera—disunity in diversity?. In *Annales Zoologici Fennici* (pp. 267-285). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.

## D

**D'Eustacchio D., Centorame M., Fanfani A., Senczuk G., Jiménez-Alemán G. H., Vasco-Vidal A., & Francioso A. (2019).** Iridoids and volatile pheromones of *Tapinoma darioi* ants: chemical differences to the closely related species *Tapinoma magnum*. *Chemoecology*, 29(2), 51-60.

**Da Fonseca J. P., & Araujo R. L. L. (1939).** Insetos inimigos do *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Broca do Café). *Boletim Biologico (Brasil)*, 4 (3): 486-504.

**Dajoz R. (1971).** Précis d'écologie.

**Dajoz R. (1975).** Ecologie fondamentale appliquée. Précis d'écologie. Ed. Bordas, Paris.

**Dajoz R. (1982).** Coleoptera of Madagascar. VI. Several new species of *Tenebrionidae*. *Bulletin-Societe entomologique de France*.

**Darras H., Kuhn, A., & Aron, S. (2014).** Genetic determination of female castes in a hybridogenetic desert ant. *Journal of evolutionary biology*, 27(10), 2265-2271.

**Dartigues D. 1988.** Influence de la fourmi *Tapinoma simrothi* Krausse sur les pucerons de l'oranger, *Toxoptera auantii* Boyer, *Aphis cricola* Goot, et les pucerons noirs de la fève, *Aphis fabbae* Scop. *Ann. Inst. Nat. Agro. El-Harrach*, 137p.

- Dartigues D., & Lenoir, A. (1990).** La ponte des ouvrières *Cataglyphis bicolor* F.(Hymenoptera: Formicidae): mise en évidence d'une parthénogénèse thélyloque. In Annales de la Société Entomologique de France, 26 : 121-123.
- De Haro Vera A., Riasol J. M., & Espadaler X. (1986).** Données sur le comportement alimentaire chez *Aphaenogaster Senilis* Mayr 1853 (Hymenoptera Formicidae). Sessió Conjunta d'Entomologia, 131-138.
- De Meyer M., Copeland R.S., Wharton R.A., & Mc Pheron B.A. (2004).** On the geographic origin of the Medfly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). In Proceedings of the 6<sup>th</sup>International Fruit Fly Symposium: 45-53
- De Minas R. S., Dolinski C., da Silva Carvalho R., & de Souza R. M. (2011).** Controle biológico da mosca-do-mediterrâneo *ceratitis capitata* utilizando nematoides entomopatogênicos em laboratório. *Scientia agraria*, 12(2), 115-119.
- Debouzie D. (1980).** Estimate of variance effective population size in a laboratory *Ceratitis* population. *Heredity*, 45(2), 297-299.
- Debouzie D., & Mazih A. (1999).** Argan (Sapotaceae) trees as reservoirs for Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Morocco. *Environmental entomology*, 28(1), 53-60.
- Dehina N. (2004).** Bioécologie des fourmis dans trois types de cultures dans la région de Heuraoua (Mitidja). Mémoire Ing. Agro., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 137p.
- Dehina N. (2009).** Systématique et essaimage de quelques espèces de fourmis (Hymenoptera, Formicidae) dans deux régions de l'Algérois (Doctoral dissertation).
- Dejean A. (1980).** Predation behaviour of *Serrastruma serrula* Santschi (Formicidae, Myrmicinae). II. Sequential analysis. *Annales des sciences naturelles ; zoologie et biologie animale*. 13e serie.
- Delabie J. H., Fisher B. L., Majer J. D., & Wright, I. W. (2000).** Sampling effort and choice of methods. *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*, 145-154.

- Delage-Darchen, B. (1976).** Les glandes post-pharyngiennes des fourmis connaissances actuelles sur leur structure, leur fonctionnement, leur rôle. *Ann. Iol.*, 15, 63-76.
- Delanoue P. (1951).** *Encore la cératite!...* N. Bascone et S. Muscat.
- Delassus M. (1931).** Algeria: Latest Locust Invasion. *International Bulletin of Plant Protection*, 5(5).
- Della Santa E. (1995).** Fourmis de Provence. *Faune de Provence*, 16, 5-38.
- Delrio G. (1985).** Biotechnical methods for olive pest control. Integrated pest control in olive groves. Rotterdam: Balkema, 394-410.
- Detrain C., Deneubourg, J.L. & Pasteels, J.M. (1999).** Decisionmaking in foraging by social insects. In: *Information Processing in Social Insects* (Detrain C., J.-L. Deneubourg and J.M. Pasteels, (Eds.), Birkhäuser Verlag, Basel: pp 331–354.
- Diamantidis A. D., Papadopoulos N. T., Nakas C. T., Wu, S., Mueller H. G., & Carey J. R. (2009).** Life history evolution in a globally invading tephritid: patterns of survival and reproduction in medflies from six world regions. *Biological journal of the Linnean Society*, 97(1), 106-117.
- Diame L. (2016).** Relations entre le fonctionnement des agroécosystèmes à base de fruitiers et les fourmis (Hymenoptera : Formicidae). Impacts sur le développement des mouches des fruits (Diptera : Tephritidae). Thèse de doctorat. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 128p.
- Diamé L., Rey J. Y., Vayssières J. F., Grechi I., Chailleux A., & Diarra K. (2018).** Ants: Major functional elements in fruit agro-ecosystems and biological control agents. *Sustainability*, 10(1), 23.
- Diame L., Rey, J. Y., Sane C. A. B., Diatta, P., Vayssières J. F., Yasmine, A. & Diarra K. (2015).** Influence of *Oecophylla longinoda* Latreille, 1802 (Hymenoptera: Formicidae) on mango infestation by *Bactrocera dorsalis* (Hendel)(Diptera: Tephritidae) in relation to Senegalese orchard design and management practices. *African Entomology*, 23(2), 294-305.

**Djaout K. (2015).** Essai de lutte bio-insecticide contre la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wiedmann, 1824),(Diptera: Trypetidae) avec l'extrait des feuilles de la lavande (*Lavandula stoechas*) au laboratoire (Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri).

**Djioua O. (2011).** Inventaire des Formicidae dans quelques milieux forestiers et agricoles de la wilaya de Tizi-ouzou (mémoire de magistère, Université Mouloud Mammeri).

**Doumandji S., Doumandji A. (1988).** Note sur l'écologie de *Crabo quinquenotatus* Jurine (Hymenoptera, Sphecidae) prédateur de la fourmi des agrumes *Tapinoma simrothi* Krauss (Hymenoptera, Sphecidae) près d'Alger .Ann. Inst. Nati. Agro. EL Harrach, 12 (n°sp.): 101-118.

**Dridi B., (1995).** Journées techniques sur la lutte contre la mineuse et la cératite des agrumes. Alger. La lutte autocide contre la mouche méditerranéenne des fruits : *Ceratitis capitata*.I.N.P.V. EL HARRACH : 1-9.

**Du Merle P. (1978).** Les peuplements de fourmis et les peuplements d'acridiens du Mont Ventoux. La terre de la vie (supplément) (1) : 161-218p.

**Dussutour, A., & Simpson S. J. (2009).** Communal nutrition in ants. Current Biology, 19(9), 740-744.

**Duyck P. F., & Quilici S. (2002).** Survival and development of different life stages of three *Ceratitis spp.* (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. Bulletin of Entomological Research, 92(6), 461-469.

**Dyer F. C. (2002).** The biology of the dance language. Annual review of entomology, 47(1), 917-949.

## E

**El Keroumi A., Naamani K., Dahbi A., Luque, I., Carvajal A., Cerda X., & Boulay R. (2010).** Effect of ant predation and abiotic factors on the mortality of medfly larvae, *Ceratitis capitata*, in the Argan forest of Western Morocco. Biocontrol Science and Technology, 20(7), 751-762.

**Emberger L. (1955).** Une classification biogéographique des climats.

**Emery, C. A. B. L. O. (1925).** *Camponotus* (Myrmentoma) palearctici del gruppo *lateralis*. Rendiconto delle Sessioni della R. Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, 29, 62-72.

**Enkerlin W. R., Gutiérrez Ruelas J. M., Pantaleon R., Soto Litera C., Villasenor Cortés A.(2017).** The Moscamed regional programme : review of a success story of area-wide sterile insect technique application. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **164**, 188-203.

**Escárraga, M. E., Lattke, J. E., Pie, M. R., & Guerrero, R. J. (2021).** Morphological and genetic evidence supports the separation of two *Tapinoma* ants (Formicidae, Dolichoderinae) from the Atlantic Forest biome. *ZooKeys*, 1033, 35.

**Eskafi F.M., and Fernandez A. (1990).** 'Larval and Pupal Mortality of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) from Interaction of Soil, Moisture and Temperature', *Environmental Entomology*, 19, 1666-1670.

## F

**Fahad K., Gmira N., Benziane T., & Sekkat A. (2014).** Etude de la bio-écologie de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wiedemann (1824) sur rosacées dans la région de Sefrou (Maroc). *Entomologie faunistique-Faunistic Entomology*.

**Fellah H. (1996).** Contribution à l'étude de la bioécologie de la mouche Méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wiedmann 1829 (Diptera: Tephritidae) sur fruits d'été. Mémoire de Fin d'Etudes de Cycle de Spécialisation. Institut National Agronomique de Tunisie, Tunisie.

**Ferarsa F. (1994).** Contribution à l'étude de la structure de l'entomofaune dans la forêt de Sanalba chergui (Djelfa). Mémoire, magistère. agro., Ecol. nati. Sup. agro., El Harrach, 89 p.

**Forel A. (1890).** Fourmis de Tunisie et de l'Algérie orientale.

**Forel A. (1909).** Fourmis du Musée de Bruxelles. Fourmis de Benguela récoltées par M. Creighton Wellman, et fourmis du Congo récoltées par MM. Luja, Kohl et Laurent.

## G

**Gallardo A., Jiménez A., Antonietty C. A., Villagrán M., Ocete M. E., & Soria F. J. (2012).**Forecasting infestation by *Coraebus undatus* (Coleoptera, Buprestidae) in cork oak forests. *International Journal of Pest Management*, 58(3), 275-280.

**Garifuna(2012).** Voyage dans le monde caché des fourmis. Le site <http://leavingstone.eklablog.com/les-fourmis-generalites-a46475219>

**GasparG. (1972).**Les fourmis de la famenne : une étude écologique. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* T.IX,1 : 99-125p.

**Geoffrion R. (2003).** Réglementation des produits phytosanitaires et rôle des SRPV: l'exemple d'Angers: Des évolutions, pourquoi?. *Phytoma, la défense des végétaux*, (563), 44-45.

**Germann C. (2020).** On the Auguste Forel ant collection in the Naturmuseum Solothurn, Switzerland: current state and illustrated type catalogue (Hymenoptera, Formicidae). *Revue suisse de Zoologie*, 124(2), 241-254.

**Gotelli N. J., & Chao A. (2013).**Measuring and estimating species richness, species diversity, and biotic similarity from sampling data.

**Guénard B., Perrichot V., & Economo E. P. (2015).** L'intégration des données mondiales sur la biodiversité fossile et moderne révèle le dynamisme et la stagnation des schémas macroécologiques des fourmis. *Journal of Biogeography* , 42 (12), 2302-2312.

## H

**Hacini S. (1995).** Place des insectes dans le régime alimentaire de l'hirondelle de cheminée *Hirundo rustica* Linné 1758 (Aves, Hirundidae) dans un milieu agricole

près de Bordj el Kiffan (Alger).mémoire de Magister, Inst. Nat. Agro. El Harrach, 124p.

**Henine-Maouche A., Tahraoui A., & Moulai R. (2020).**Ants' diversity (Hymenoptera-Formicidae) in the Algeria's humid forests, case of the Gerrouche forest massif (Taza National Park). *Sociobiology*, 67(2), 153-162.

**Hites N.L., Mourão M.A.N., Araújo F.O., Melo M.V.C., DE Biseau J.C. & Quinet Y. (2005).** Diversity of the ground-dwelling ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) of a moist, montane forest of the semi-arid Brazilian "Nordeste". *Revista de Biologia Tropical*, 53: 165- 173p

**Hölldöbler B., & Wilson E. (1996).** Voyage chez les fourmis. Une exploration scientifique.

**Hölldöbler B., & Wilson E. O. (1990).** The ants. Harvard University Press.

**Hölldöbler B., & Wilson E. O. (1994).** Journey to the ants: a story of scientific exploration. Belknap Press of Harvard University Press.

## I

**IAEA (1995).** Economic evaluation of damage caused by, and methods of control of the Mediterranean fruit fly in the Maghreb. An analysis covering three control options including the sterile insect technique. Vienna: International Atomic Energy Agency, 72pp. <http://www-naweb.iaea.org/nafa/ipc/public/ipc-economic-medfly-maghreb-TECDOC830.pdf> [accessed on 2021-04-23].

## J

**Jennings N. & Pocock M.J.O. (2009).** Relationships between sensitivity to agricultural intensification and ecological traits of insectivorous mammals and arthropods. *Conservation Biology* 23: 1195-1203.

**Jolivet P. (1986).** Les fourmis et la télévision. *Entomologiste*, 42, 321-323.

**Jones T. H., Zottig V. E., Robertson H. G., & Snelling R. R. (2003).** The venom alkaloids from some African *Monomorium* species. *Journal of chemical ecology*, 29(12), 2721-2727.

**Jurgensen M. F., Storer A. J., & Risch A. C. (2005, January).** Red wood ants in North America. In *Annales Zoologici Fennici* (pp. 235-242). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.

## K

**Kaci D. (2006).** Bioécologie des formicidae dans trois milieux différents dans la Kabylie (Moyen Assif El Hammam). Mémoire Magistère. Agro., Inst.nati. agro., El Harrach, 136 p.

**Karima B., & Djamila A. A. S. 2017.** Biological control with the fungi *penicillium roqueforti* against *ceratitis capitata* l.(diptera: tephritidae).

**Kaspari, M., Alonso, L., & O'Donnell S. (2000).** Three energy variables predict ant abundance at a geographical scale. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 267(1442), 485-489.

**Kenne, M., Schatz, B., Durand, J. L., & Dejean, A. (2000).** Hunting strategy of a generalist ant species proposed as a biological control agent against termites. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 94(1), 31-40.

**Khalili-Moghadam A., Salat S. et Borowiec L. (2012).** Trois nouvelles espèces de *Cataglyphis Foerster*, 1850 (Hymenoptera, Formicidae) d'Iran.

**King J.R., Andersen A.N., & Cutter A.D. (1998).** Ants as bioindicators of habitat disturbance: validation of the functional group model for Australia's humid tropics. *Biodiversity and Conservation* 7: 1627-1638p.

## L

**Lager B., Pitavall, & Defretin, A., (2015).** TPE : La société des fourmis. [http://fourmis/TPE%20\\_%20La%20société%20des%20fourmis.html](http://fourmis/TPE%20_%20La%20société%20des%20fourmis.html)

**Lahmar R. (2008).** Entomofaune de quelques cultures maraichères sous serre inventaire et caractérisation (Hassi Ben Abdallah-Ouargla)–Mémoire Ing. Agro., Ouargla.

**Lambert S. (2010).** Italy and the history of preventive conservation. In CeROArt.Conservation, exposition, Restauration d'Objets d'Art (No. EGG 1). Association CeROArt asbl.

**Lamine S. (2021).** Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Hydraenidae et Elmidae des cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura (thèse de doctorat, Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou).

**Lapolla J.S., Suman T., Sosa-calvo, J. & Schultz T.R. (2006).** Leaf litter ant diversity in Guiana. *Biodiversity and Conservation*, 16: 491-510p.

**Lebas C., Galkowski C., Blatrix R. et Wegnez P., 2016.** Fourmis d'Europe occidentale. Delachaux & Niestle, 415p.

**Leniaud L., Heftez A., Grumiau L., & Aron S. (2011).** Multiple mating and supercoloniality in *Cataglyphis* desert ants. *Biological Journal of the Linnean Society*, 104(4), 866-876.

**Lenoir A. (2019).** Une nouvelle fourmi invasive: *Tapinoma magnum*. <http://www.dictionnaireamoureuxdesfourmis.fr/F/Fourmis%20invasives/Tmagnum/Tapinoma-magnum.htm>.

**Lenoir A., Háva, J., Hefetz A., Dahbi, A., Cerdá X., & Boulay R. (2013).** Chemical integration of *Thorictus myrmecophilous* beetles into *Cataglyphis* ant nests. *Biochemical Systematics and Ecology*, 51, 335-342.

**Leponce M., Theunis L., Delabie J.H.C. & Roisin Y. (2004).** Scale dependence of diversity measures in leaf-litter ant assemblage. *Ecography*, 27: 253-267p.

**Longino J.T. & Colwell R.K. (1997).** Biodiversity assessment using structured inventory: capturing the ant fauna of a tropical rain forest. *Ecological Applications*, 7: 1263- 1277p.

**Lounaci A. (2005).** Recherches sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie) (thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou).

**Lux S.A., Ekisi S., Dimbi S., Mohamed S., Billah M., Mango M. (2003).** Infesting fruit flies in Africa-perspective and limitations of biological approaches to their management. In: Neuenschwander, C. Borgemeister and J. Langewald, Editions, Biological Control in IMP systems in Africa, CABI, Wallingford: 277, 293.

## M

**Majer J. D. (1983).** Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. *Environmental management*, 7(4), 375-383.

**Majer J. D., Orabi G. & Bisevac L. (2007).** Ants (Hymenoptera: Formicidae) pass the bioindicator scorcard. *Myrmecological News*. 10: 69-76.

**Manrakhan A., & Lux S. A. (2006).** Contribution of natural food sources to reproductive behaviour, fecundity and longevity of *Ceratitis cosyra*, *C. fasciventris* and *C. capitata* (Diptera: Tephritidae). *Bulletin of Entomological Research*, 96(3), 259-268.

**Marcon E. (2016).** Mesurer la biodiversité et la structuration spatiale (Doctoral dissertation, Université de Guyane).

**Marinho C.G.S., Zanetti R., Delabie J.H.C, Schlindwein M.N. & Ramos, L.S. (2002).** Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da *serapilheira emeucaliptais* (Myrtaceae) e área de Cerrado de Minas Gerais. *Neotropical Entomology*, 31, 187- 195.

**McGavin G. C. (2000).** DK handbooks: insects, spiders, and other terrestrial arthropods. Dorling Kindersley, London.

**Merkle T., Knaden M., & Wehner R. (2006).** Uncertainty about nest position influences systematic search strategies in desert ants. *Journal of Experimental Biology*, 209(18), 3545-3549.

**Meyer J. Y. (2002).** La lutte biologique contre les espèces introduites envahissantes : solution miracle ou méthodes risquées. Fiche tech. Maroc. 16p.

**Minas I. S., Tanou G., Karagiannis E., Belghazi M., & Molassiotis A. (2016).** Coupling of physiological and proteomic analysis to understand the ethylene-and chilling-induced kiwifruit ripening syndrome. *Frontiers in plant science*, 7, 120.

**Morris J. R., Vandermeer J., & Perfecto I. (2015).** A keystone ant species provides robust biological control of the coffee berry borer under varying pest densities. *PloS one*, 10(11), e0142850.

**Mwatawala M. W., De Meyer M., Makundi R. H., & Maerere A. P. (2009).** Host range and distribution of fruit-infesting pestiferous fruit flies (Diptera, Tephritidae) in selected areas of Central Tanzania. *Bulletin of entomological research*, 99(6), 629-641.

## N

**New T.R. (1996).** Taxonomic focus and quality control in insect surveys for biodiversity conservation. *Australian Journal of Entomology*, 35: 97-106p.

**Nunez B.L.(1987).** La moskadelmediterreo, Informa (Enero-Maio), CA, pp. 9-17.

**Nyamukondiwa C., Weldon C. W., Chown S. L., le Roux P. C., & Terblanche J. S. (2013).** Thermal biology, population fluctuations and implications of temperature extremes for the management of two globally significant insect pests. *Journal of Insect Physiology*, 59(12), 1199-1211.

## O

**Offenberg J. (2007).** The distribution of weaver ant pheromones on host trees. *Insectes Sociaux*, 54(3), 248-250.

**Offenberg J., Nielsen M. G., MacIntosh D. J., Havanon S., & Aksornkoe S. (2004).** Evidence that insect herbivores are deterred by ant pheromones. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271(suppl\_6), S433-S435.

**Oudjiane A. (2004).** Biosystématique des fourmis selon l'Altitude dans la région de Tigzirt. Mémoire Ing., Inst. Nati. Agro., El Harrach, Alger, 136p.

**Oukil S. (1995).** Effets des insecticides et des radiations ionisantes en relation avec la variabilité génétique chez la Mouche Méditerranéenne des Fruits: *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptère, Trypetidae) (Doctoral dissertation, Aix-Marseille 3).

**P**

**Papadopoulos N. T., Plant R. E., & Carey J. R. (2013).** From trickle to flood: the large-scale, cryptic invasion of California by tropical fruit flies. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1768), 20131466.

**Passera L. (1984).** L'organisation sociale des fourmis. Privat, Toulouse, 225p.

**Passera L. (2016).** Formidables fourmis!. Formidables fourmis!, 1-160.

**Passera L., & Aron S. (2005).** Les fourmis: comportement, organisation sociale et évolution. NRC Research Press.

**Passera L. 2017.** Le passage des activités de chasse-cueillette à celle de l'agriculture est une transition culturelle majeure dans l'évolution des civilisations humaines. <http://www.futurasciences.com/planete/dossiers/zoologie-fourmi-secrets-fourmilieres-140>

**Pearcy M., Aron, S., Doums C., & Keller L. (2004).** Conditional use of sex and parthenogenesis for worker and queen production in ants. *Science*, 306(5702), 1780-1783.

**Pemberton C.E., & Willard H.F. (1918).** 'A Contribution to the Biology of Fruit-Fly Parasites in Hawaii', *Agricultural Research*, 15, 419-465.

**Pengs S., (1983).** Biological control- One of the fine traditions of ancient Chinese agricultural techniques. *Scientia Agricultura Sinica*, N°1, p. 92-98.

**Perito B., Cremonini M., Montecchi T., & Turillazzi S. (2018).** A preliminary study on the antimicrobial activity of sting secretion and gastral glands of the acrobat ant *Crematogaster scutellaris*. *Bull. Insectol*, 71, 97-101.

**Perrier R. (1940).** La faune de la France, Hyménoptères. *FR*, 7, 211.

**Pervez A., & Omkar. (2006).** Ecology and biological control application of multicoloured Asian ladybird, *Harmonia axyridis*: A review. *Biocontrol science and technology*, 16(2), 111-128.

**Philpott S. M. (2013).** Biodiversity and pest control services.

**Philpott S. M., Arendt W. J., Armbrecht I., Bichier P., Diestch T. V., Gordon C., & Zolotoff J. M. (2008).** Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: review of the evidence on ants, birds, and trees. *Conservation Biology*, 22(5), 1093-1105.

**Pinero J. C., Enkerlin W., & Epsky N. D. (2014).** Recent developments and applications of bait stations for integrated pest management of tephritid fruit flies. In *Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies* (pp. 457-492). Springer, Dordrecht.

**Plowes N. J., Johnson, R. A., & Hoelldobler B. (2013).** Foraging behavior in the ant genus *Messor* (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). *Myrmecol. News*, 18, 33-49.

## R

**Ramade F. (1984).** *Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale*. Ed. Mc Graw – Hill, Paris, 397 p.

**Ramade F. (2008).** *Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité*. Dunod.

**Ramade F. (2003).** *Elément écologie fondamentale*, 3ème édition DUNOD, Paris, 690p.

**Ramesh T., Hussain K.J., Satpathy, K.K., Selvanayagam M., Prasad M.V.R. (2010).** Diversity, Distribution and Species Composition of Ants fauna at Department of Atomic Energy (DAE) Caupus Kalpakkam, South India. *World Journal of Zoology* 5: 56-65p.

**Ruiz-Arce R., Todd, T. N., Deleon R., Barr, N. B., Virgilio M., De Meyer M., & McPheron B. A. (2020).** Worldwide phylogeography of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) using mitochondrial DNA. *Journal of Economic Entomology*, 113(3), 1455-1470.

S

**Sadoudi-Ali Ahmed D., Rezoug N., Saiki F., & Soltani, N. (2012).** Effect of the variety of fig Tree on some biological Parameters of *Ceratitis capitata* Wied. 1824 (Diptera: Trypetidae) in some Orchads in the Kabylie. *Journal of Life Sciences*, 6, 313-320.

**Sahki-benabbes I. (2007).** Cinq années d'étude sur le régime alimentaire du Torcol fourmilier *Jynx torquilla mauretunica* Rothschild, 1909 (Aves, Picidae) en milieu suburbain près d'Alger. III ème journée protect. Vég., 7 et 8 avril 2008, Dép. Zool. Agri. For, Inst. nati. agro., El Harrach, 93 p.

**Salas-Lopez A., Talaga S., & Lalagüe H. (2016).** The discovery of devil's gardens: an ant-plant mutualism in the cloud forests of the Eastern Amazon. *Journal of Tropical Ecology*, 32(3), 264-268.

**Santschi F. (1927).** Revision des Messor du groupe instabilis Sm.(Hymenopt.). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 27, 225-250.

**Savitha S., Barve N., Davidar P. (2008).** Response of ants to disturbance gradients in and around Bangalore, India. *Tropical Ecology* 49(2): 235-243p.

**Schifani E., Csósz S., Viviano R., & Alicata A. (2021).** Ant diversity on the largest Mediterranean islands: on the presence or absence of 28 species in Sicily (Hymenoptera, Formicidae). *Natural History Sciences*, 8(1), 55-70.

**Séguy, E. (1950).** biologie des diptères.

**Seifert B. (2019).** A taxonomic revision of the members of the *Camponotus lateralis* species group (Hymenoptera: Formicidae) from Europe, Asia Minor and Caucasia. *Soil Organisms*, 91(1), 7-32.

- Seifert B. (2020).** Revision of the *Plagiolepis schmitzii* group with description of *Pl. invadens* sp. nov.—a new invasive supercolonial species (Hymenoptera: Formicidae). *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, 67, 183.
- Seifert B., d'Eustacchio D., Kaufmann B., Centorame M., Lorite P., & Modica M. (2017).** Four species within the supercolonial ants of the *Tapinoma nigerrimum* complex revealed by integrative taxonomy (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 24, 123-144.
- Setbel S. (2003).** Impact trophique du Héron garde-boeufs *Bubulcus ibis* (Linné, 1758) sur la faune associée au milieu agricole près de Tizi-ouzou, de Boudouaou et d'Ouled Fayet (Doctoral dissertation, Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach).
- Sharaf M. R., Aldawood A. S., & Garcia F. H. (2019).** Review of the Arabian *Crematogaster Lund* (Hymenoptera, Formicidae), synoptic list, distribution, and description of two new species from Oman and Saudi Arabia. *ZooKeys*, 898, 27.
- Sharaf M. R., Aldawood A. S., & Taylor, B. (2011).** The formicine ant genus *Plagiolepis* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) in the Arabian Peninsula, with description of two new species. *Transactions of the American Entomological Society*, 137(1&2), 203-215.
- Shoukry A., & Hafez M. (1979).** Studies on the biology of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata*. *Entomologia Experimentalis et applicata*, 26(1), 33-39.
- Silvy, C., & Riba, G. (1999).** Biopesticides contre maladies, insectes, mauvaises herbes. *La lutte biologique (II)*. Dossiers de l'environnement de l'INRA, (19), 157-197.
- Simde, R., & Dakouo, D. (2017).** Plantes hotes et detection des mouches des fruits en periode hors production de mangues dans la region des hauts-bassins du Burkina Faso. *Agronomie Africaine*, 29(1), 99-108.
- Soria, F. (1963).** Etude des populations et de dispersion de *Ceratitidis capitata* Wied.(Dipt. Trypetidae) en Tunisie à l'aide des radioisotopes. *IAEA AND FAO*, 357.

**Souttou, K., (2002).** Reproduction et régime alimentaire du Faucon crecerelle, *Falco tinnunculus* Linné, 1758 (Aves, Falconidae) dans deux milieux, l'un suburbain près d'ElHarrach et l'autre agricole à Dergana. Thèse magister, Inst. nati. agro., El Harrach, 251 p.

**Strassmann, J. (2001).** The rarity of multiple mating by females in the social Hymenoptera. *Insectes sociaux*, 48(1), 1-13.

## T

**Theunis, L. (2008).** Structure des assemblages de fourmis dans une forêt naturellement fragmentée du Chaco humide argentin. Thèse Doc. Scien. Boil. Univ. Libre de Bruxelles, Belgique, 159 p.

**Timmermans, I., Grumiau, L., Hefetz, A., & Aron, S. (2010).** Mating system and population structure in the desert ant *Cataglyphis livida*. *Insectes Sociaux*, 57(1), 39-46.

**Timmermans, I., Hefetz, A., Fournier, D., & Aron, S. (2008).** Population genetic structure, worker reproduction and thelytokous parthenogenesis in the desert ant *Cataglyphis sabulosa*. *Heredity*, 101(6), 490-498.

**Tinaut, A., Mira, Ó., Vidal, J. M., & Aguirre-Segura, A. (2009).** Las hormigas de Cabo de Gata (Almería, España), aspectos faunísticos (Hymenoptera, Formicidae). *Boletín de la Asociación española de Entomología*, 33(1-2), 227-251.

**Tohme, H., & Tohme, G. (1982).** Action of several species of ant on the processionary caterpillar *Thaumetopoea wilkinsoni* (Tams)(Lepidoptera) in Lebanon and their behavior in presence of that caterpillar. *Bulletin-Societe entomologique de France*.

## V

**Van Mele, P., Vayssieres, F., Van Tellingen, E., and Vrolijk, J. (2007).** 'Effects of an African Weaver Ant, *Oecophylla longinoda*, in Controlling Mango Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) in Benin', *Journal of Economic Entomology*, 100, 695701

- Van Mele, P., VAYSSIERES, J. F., Adandonon, A., & Sinzogan, A. (2009).** Ant cues affect the oviposition behaviour of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Africa. *Physiological Entomology*, *34*(3), 256-261.
- Vargas, R. I., Leblanc, L., Pinero, J. C., & Hoffman, K. M. (2014).** Male annihilation, past, present, and future. In *Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies* (pp. 493-511). Springer, Dordrecht.
- Vargas, R. I., Miyashita, D., & Nishida, T. (1984).** Life history and demographic parameters of three laboratory-reared tephritids (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, *77*(6), 651-656.
- Vasconcelos, H.L., Macedo, A.C.C., Vilhena, J.M.S. (2003).** Influence of topography on the distribution of ground-dwelling ants in an Amazonian forest. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, *38*: 115-124p
- Vayssières, J. F., & Sinzogan, A. A. C. (2008).** Formation des formateurs et des planteurs sur l'identification, la détection, le suivi des populations de mouches des fruits et les techniques de lutte (atelier de Conakry 17-23 novembre 2008). Lettre d'information du COLEACP sur la lutte régionale contre les mouches des fruits et légumes en Afrique de l'Ouest.
- Vayssières, J. F., Adandonon, A., Sinzogan, A., & Wharton, R. A. (2012).** Native parasitoids associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae) in cultivated and wild fruit crops in Casamance, Senegal. *African Entomology*, *20*(2), 308-315.
- Vayssières, J. F., De Meyer, M., Ouagoussounon, I., Sinzogan, A., Adandonon, A., Korie, S., & Goergen, G. (2015).** Seasonal abundance of mango fruit flies (Diptera: Tephritidae) and ecological implications for their management in mango and cashew orchards in Benin (Centre & North). *Journal of economic entomology*, *108*(5), 2213-2230.
- Vayssières, J. F., Sinzogan, A. A. C., Adandonon, A., Ouagoussounon, I., & Noma, Z. (2010).** Les fourmis tisserandes sont bénéfiques aux producteurs de mangues béninois.

**Vayssières, J. F., Sinzogan, A., Adandonon, A., Van Mele, P., & Korie, S. (2013).** Ovipositional behaviour of two mango fruit fly species (Diptera Tephritidae) in relation to *Oecophylla cues* (Hymenoptera Formicidae) as compared to natural conditions without ant cues. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(2), 447-456.

**Vayssières, J., Vigne, M., Alary, V., & Lecomte, P. (2011).** Integrated participatory modelling of actual farms to support policy making on sustainable intensification. *Agricultural Systems*, 104(2), 146-161.

## W

**Ward, P. S. (2007).** Phylogénie, classification et taxonomie au niveau de l'espèce des fourmis (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxons*, 1668 (1), 549-563.

**Ward, P. S. (2010).** Taxonomy, phylogenetics, and evolution (Vol. 1). chapter.

**Way, M.J., and Khoo, K.C. (1992).** 'Role of Ants in Pest Management', *Annual Review of Entomology*, 37, 479-503.

**Weldon, C. W., Nyamukondiwa, C., Karsten, M., Chown, S. L., & Terblanche, J. S. (2018).** Geographic variation and plasticity in climate stress resistance among southern African populations of *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae). *Scientific reports*, 8(1), 1-13.

**Wetterer, J. K. (2017).** Geographic distribution of the weaver ant *Oecophylla smaragdina*. *Asian myrmecology*, 9, 1-12.

**White, I. M., & Elson-Harris, M. M. (1992).** Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics (No. 595.774 W4).

**Wilson, E. O., & Hölldobler, B. (2005).** Eusociality: origin and consequences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(38), 13367-13371.

**Wong, T.T.Y., McInnis, D.O., Nishimoto, J.I., Ota, A.K., and Chang, V.C.S. (1984).** Predation of the Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) by the

Argentine Ant (Hymenoptera: Formicidae) in Hawaii', *Journal of Economic Entomology*, 77, 1454-1458.

**Y**

**Yakoub, B. (2006).** Le problème de l'eau en grande Kabylie, édité par : univ. M.Mammeri Tizi-Ouzou : 189 p.

**Yemeda, C. L., Mony, R., Tchatat, M., & Dibong, S. (2013).** Contribution des fourmis à la lutte biologique contre les Loranthaceae. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(3), 924-937.

## **Annexes**

## Annexe 1

ANOVA pour toute la population de la *ceratitis capitata* et les groupes homogènes :

```
Response: pop
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
variété	2	370	185.18	0.4252	0.6543
temps	11	23615	2146.78	4.9290	1.141e-06 ***
variété:temps	22	2782	126.45	0.2903	0.9993
Residuals	180	78397	435.54		

```
$groups
```

	pop	groups
s7	51.83333	a
s6	50.50000	a
s5	45.44444	ab
s3	43.66667	ab
s2	38.00000	abc
s4	37.00000	abc
s8	34.00000	abc
s9	27.94444	bc
s1	27.38889	bc
s10	24.94444	bc
s11	22.33333	c
s12	20.11111	c

s1jusqu'as12 c'est les semaines des trois mois juillet,août et septembre.

## Annexe 2

Anova pour les individus femelles et les groupes homogènes

Response: femelle

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
variété	2	763	381.53	1.5230	0.2209
temps	11	14324	1302.16	5.1978	4.387e-07 ***
variété:temps	22	1526	69.38	0.2769	0.9996
Residuals	180	45094	250.52		

\$groups

	femelle	groups
s7	42.11111	a
s6	38.27778	ab
s5	36.11111	abc
s3	31.27778	abcd
s2	26.44444	bcd
s4	26.05556	bcd
s8	25.88889	bcd
s9	21.22222	cd
s10	19.27778	d
s1	19.05556	d
s11	18.11111	d
s12	16.88889	d

### Annexe 3

#### Anova pour les individus mâles et les groupes homogène

Kruskal wallis Males- temps p-value = 7.733e-07

\$groups		
	male	groups
s3	144.80556	a
s6	135.30556	a
s4	133.30556	a
s2	129.50000	ab
s7	125.94444	ab
s5	120.83333	ab
s1	115.27778	abc
s8	113.66667	abc
s9	95.47222	bcd
s10	80.58333	cde
s11	60.36111	de
s12	46.94444	e

Kruskal wallis Males-variété p-value = 0.1605

Kruskal wallis Males interaction variété temps p-value = 0.001183

\$groups		
	male	groups
v2s3	165.91667	a
v1s3	163.08333	ab
v2s2	162.08333	ab
v3s4	151.08333	abc
v2s6	145.91667	abcd
v1s6	144.16667	abcd
v1s2	142.91667	abcd
v2s7	142.91667	abcd
v2s5	140.33333	abcd
v2s4	130.33333	abcde
v2s1	130.00000	abcde
v3s8	123.75000	abcde
v1s5	123.08333	abcdef
v1s7	119.75000	abcdefg
v1s1	118.66667	abcdefg
v1s4	118.50000	abcdefg
v3s6	115.83333	abcdefgh
v3s7	115.16667	abcdefgh
v2s8	114.33333	abcdefgh
v2s9	108.66667	abcdefghi
v3s3	105.41667	abcdefghi
v1s8	102.91667	abcdefghij
v3s10	99.66667	bcdefghij
v3s5	99.08333	bcdefghij
v3s1	97.16667	cdefghij
v1s9	96.25000	cdefghij
v2s10	85.58333	defghij
v3s2	83.50000	defghij
v3s9	81.50000	defghij
v3s11	74.25000	efghij
v2s11	58.83333	fghij
v1s10	56.50000	ghij
v3s12	53.66667	hij
v2s12	48.16667	ij
v1s11	48.00000	ij
v1s12	39.00000	j