

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

École Nationale Supérieure Agronomique
Département : Zoologie Agricole et Forestière
Spécialité : Protection des Végétaux

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة
القسم : علم الحيوان الزراعي و الغابي
التخصص : حماية النباتات

Thèse
**En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat 3ème cycle en sciences
Agronomiques**

Option: Bioagresseurs et Phytopharmacie

Thème

**Myrmecofaune (Hymenoptera, Formicidae) du Parc National de Djurdjura (Nord
d'Algérie), sociogénétique et contribution à l'étude du régime alimentaire de la fourmi
Tapinoma magnum (Mayr, 1861)**

Présentée par : **Mme LABBACI Asma**

Membres de jury

Président : M. DOUMANDJI Salaheddine

Professeur (ENSA)

Directeur de thèse : Mme MILLA Amel

Professeur (ENSV)

Co-directeur de thèse : Mme DAOUDI -HACINI Samia

Professeur (ENSA)

Examineurs :

Mme DOUMS Claudie

Professeur (EPHE, Paris)

Mme BERRAI Sabrina

M.C.A. (ENSA)

Année universitaire : 2020/2021

Remerciement

Il m'est agréable d'exprimer mes plus vifs remerciements à ma directrice de thèse Mme MILLA A. professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger pour avoir dirigé mon travail et Mme DAOUDI HACINI S. professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique pour ses encouragements, et sa disponibilité durant toutes les étapes de ce travail.

Nous remercions vivement Mr. DOUMANDJI S. professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach, pour m'avoir honorée en acceptant de présider le jury de cette thèse.

Je voudrais également exprimer mes vifs remerciements à Mme BERRAI S. maître de conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach qui a bien voulu juger ce travail.

Je souhaiterais adresser ma gratitude et remercier tout particulièrement, professeur Claudie DOUMS pour m'avoir accueilli dans son laboratoire, et de contribuer à la correction de ce document, Merci pour ses orientations et sa disponibilité.

Je remercie également toute l'équipe du M.N.H.N. qui m'ont accueilli dans un univers passionnant tant au niveau scientifique qu'humain. J'ai pu énormément apprendre de leur part, un merci très particulier à Pascaline, technicienne de laboratoire pour m'avoir épaulé lors des manipulations en laboratoire pour le partage de son expertise au quotidien, pour le temps passé ensemble et pour sa bonne humeur.

Ma reconnaissance et mes remerciements s'adressent également à Madame MARNICHE F. Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger, de m'avoir accueillie dans son laboratoire et pour l'identification des espèces. Ainsi pour son soutien durant la période de ce travail.

Toute ma gratitude et mes remerciements s'adressent à mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi. Pour qui je n'aurais jamais suffisamment de mots afin de dire tout ce que je leur dois, MERCI papa, MERCI maman. Je remercie également mon mari Iyes pour son aide et ses encouragements.

Enfin mes remerciements vont à mes chères sœurs et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Remerciement

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction	1
Chapitre I - Présentation de la région d'étude.....	4
1.1. - Situation géographique du parc national du Djurdjura.....	4
1.2. - Facteurs abiotiques du parc national du Djurdjura.....	5
1.2.1. - Facteurs édaphiques.....	5
1.2.2. - Facteurs climatiques.....	7
1.3. - Facteurs biotiques	14
1.3.1.- Flore de la région d'étude.....	14
1.3.2. - Faune de la région d'étude	15
Chapitre II - Matériel et méthodes	16
2.1. - Choix des stations d'études.....	16
2.2. - Description des stations d'étude	16
2.3. - Méthodologie adoptée	18
2.3.1. - Méthodologie adopté sur le terrain.....	18
2.3.2. - Méthodologie adoptée au laboratoire	24
2.4. - Méthodes d'exploitation des résultats	25
2.4.1. - Indices écologiques de composition	25
2.4.2. - Les indices écologiques de structure	26
2.4.4. - Analyses statistiques	27
2.5. - Etude génétique de <i>T. magnum</i>	28
2.5.1. - Analyse génétique.....	29
2.5.2. - Analyse statistique	31
Chapitre III - Résultats sur la myrmécofaune dans les trois sites d'études du parc national de Djurdjura, le régime alimentaire de <i>Tapinoma magnum</i> ainsi les résultats de la structure génétique de <i>T. magnum</i>.....	33

3.1. - Espèces de fourmis capturées par la méthode des pots Barber.....	33
3.1.1. - Exploitation des résultats par des indices écologiques	33
3.1.2. - Analyse factorielle des correspondances appliquée aux espèces de fourmis relevées dans les différentes stations d'étude	40
3.2. - Résultats obtenus par la méthode de la collecte directe à la main dans les trois stations d'étude.....	42
3.2.1. - Exploitation des données par les indices de compositions	42
3.2.2. - Indices écologiques de structures	49
3.2.3. - Exploitation des résultats par des méthodes statistiques.....	50
3.3. - Etude du régime trophique de <i>Tapinoma magnum</i> dans la partie sud du parc national de Djurdjura	55
3.3.1. - Exploitation des résultats des disponibilités alimentaires de <i>T. magnum</i> dans le PND 55	
3.3.2. - Exploitation des résultats portant sur le régime alimentaire de <i>Tapinoma magnum</i>	60
2.4. - Utilisation de l'indice de sélection d'Ivlev pour les espèces trouvées dans le régime trophique de <i>Tapinoma magnum</i>	67
3.2.3. - Exploitation des résultats du régime alimentaire de <i>T. magnum</i> par les méthodes statistiques	72
3.4. – Résultats de la partie génétique.....	74
3.4.1. - Structure socio-génétique de la fourmi <i>T. magnum</i>	74
3.4.2. - Analyse de l'organisation socio-génétique des colonies	75
CHAPITRE IV - Discussions	77
4.1.1. - Discussions sur les fourmis capturées obtenus par la méthode des pots Barber... 77	
4.1.2. - Discussions sur les résultats obtenus par la méthode de la capture directe à la main 80	
4.1.3. – Analyse factorielle de correspondance appliquée aux espèces de 83 Formicidés capturées dans les stations d'étude avec les deux méthodes d'échantillonnages	83
4.2. - Discussions des résultats de l'étude du régime trophique de la fourmi <i>Tapinoma</i> <i>magnum</i> dans le P.N.D	83
4.2.1. - Discussions sur les espèces-proies trouvées dans les nids <i>T. magnum</i> par des indices écologiques de composition et de structure	83
4.2.2. - Exploitation des espèces-proies trouvées dans les nids de <i>T. magnum</i> par des indices écologiques de structure	85

4.2.3. - Discussion de l'indice de sélection d'Ivlev pour les espèces trouvées dans le régime trophique de <i>T. magnum</i>	85
4.3. - Discussion sur la socio-génétique de <i>T. magnum</i>	86
Conclusion	88
Références bibliographiques	91
Annexes	100
Résumé	111
Articles	113

Liste des tableaux

N°	Tableau	Page
01	Valeurs des températures moyennes maximales, minimales et Moyennes dans la région d'études durant une période de 18 ans (2000-2018).	8
02	Variations mensuelles maximales, minimales et moyennes des températures dans la station de Tikjda pendant l'année 2016 et 2017.	8
03	Pluviométrie mensuelle et annuelle en mm des années 2016 et 2017 dans la région de Bouira.	9
04	Humidité relative de l'air (H%) dans la région de Bouira pendant les années 2016 et 2017.	10
05	Espèces de Formicidae piégées par les pots Barber dans les trois stations.	33
06	Effectifs et abondances relatives des espèces de fourmis échantillonnées dans les trois stations d'études par la méthode des pots Barber.	36
07	Variation, des abondances relatives, de l'occurrence et des catégories des fourmis en fonction des sites d'étude récoltés par la méthode des pots Barber.	38
08	Valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver et l'indice de Simpson dans les trois sites d'étude.	40
09	Myrmécofaune capturée à la main dans les trois stations d'étude.	43
10	Effectifs et abondances relatives des espèces de fourmis échantillonnées dans les trois stations d'études.	44
12	Valeurs de l'indice de diversité de Shannon et l'indice de Simpson dans les trois sites d'étude.	49
13	Valeurs de Coefficient de corrélation et ordonnée à l'origine de chaque site.	52
14	Récapitulatif du test d'hypothèse entre deux méthodes d'échantillonnage.	54

15	Test du Khi^2 appliqué aux espèces de fourmis capturées à la main.	54
16	Effectifs et abondances relatives des espèces animales ingérées par <i>T. magnum</i> .	55
17	Valeurs de la diversité de Shannon, la diversité maximale et l'équitabilité appliquées aux espèces capturées.	60
18	Richesse totale des espèces-proies trouvées dans le menu trophique de <i>Tapinoma magnum</i>	61
19	Effectifs et abondances relatives des espèces animales ingérées par <i>T. magnum</i> .	61
20	Fréquence d'occurrence appliquée aux espèces trouvées dans les nids de <i>Tapinoma magnum</i>	64
21	Valeurs d'indice de Shannon-Weaver, d'indice de diversité maximale et équitabilité appliqués aux espèces-proies de <i>Tapinoma magnum</i>	67
22	Valeurs d'indice de sélection d'Ivlev appliqués aux espèces trouvées dans le régime trophique et les disponibilités alimentaires dans le parc national de Djurdjura.	68
23	Nombre d'allèle par locus et taux d'hétérozygotie calculés pour les colonies de <i>T. magnum</i> . Le taux d'hétérozygotie est obtenu selon la formule suivante : 1 moins la somme des fréquences alléliques au carré. Le nombre d'allèle par locus et les fréquences alléliques ont été obtenues avec le logiciel COLONY.	74
24	Résultats de l'analyse sociogénétique de <i>T. magnum</i> . La première colonne indique le nid étudié. La deuxième colonne indique le nombre de mère pour chaque nid. Les parentés (R) estimées sur les ouvrières et les reines mères pour chaque nid échantillonnées sont indiqués dans les colonnes 3 et 4.	75

Liste des figures

N°	Figure	Page
01	Carte de localisation de la Réserve de Biosphère de Djurdjura par rapport aux parcs nationaux du Nord de l'Algérie (Source: open Street map).	4
02	Situation géographique du PND et du secteur de Tikjda (P.N.D., 2014)	5
03	Carte géologique représentant nos sites d'étude au Djurdjura, Algérie (FLANDRIN, 1952 in BENMOUFFOK, 1993)	6
04	carte hydrographique du massif des monts du Djurdjura (P.N.D., 2010)	7
05	Diagramme ombrothermique de Gaussen Appliqué sur la région de Tikjda pour l'année 2016 et 2017	12
06	Diagramme ombrothermique de Gaussen appliqué sur la région de Bouira pendant 18 ans (2000-2018)	13
07	Climagramme pluviométrique d'Emberger	14
08	Site 1 de Tigounatine (Photo.Originale) A : Originale ; B : Situation de site 1 de Tigounatine (Google Earth, 2020)	17
09	Site 2 de Taghzarth (Photo.Originale) A : Originale ; B : Situation de site 2 de Taghzert (Google Earth, 2020)	18
10	Site 3 de Taouilt (Photo.Originale) A : Originale ; B : Situation de site 3 de Taouilt (Google Earth, 2020)	18
11	Technique des pièges enterrés (Originale).	20
12	Ouvrières de <i>Tapinoma magnum</i> , montrant le fort polymorphisme chez cette espèce. (Photo MARION PODOLAK in CULLY, 2017)	22
13	Nids de <i>T. magnum</i> (Originale)	23
14	Matériel utilisé pour la détermination des espèces présentes dans les nids de <i>T. magnum</i> (Original) A : Boite de pétri ; B : Pince à extrémité pointue ; C : Loupe binoculaire.	24
15	: Carte de la zone d'étude et des 62 points de prélèvement.	29

16	Programme PCR sur Thermocycleur (Photo originale)	31
17	Abondances relatives des espèces des sous familles de fourmis capturées dans les trois stations par les pots Barber	35
18	Abondances relatives des espèces de fourmis capturées par la technique des pots Barber dans les sites d'étude	37
19	Représentation graphique de l'analyse factorielle des correspondances des espèces de fourmis du parc national de Djurdjura.	42
20	Abondances relatives des espèces de Formicidae capturées dans le site 1	45
21	Abondances relatives en fonction des espèces présentes dans le site 2	46
22	Abondances relatives en fonction des espèces capturées à la main dans le site 3	47
23	Représentation graphique de l'analyse factorielle des correspondances des espèces de fourmis du parc national de Djurdjura par la méthode directe.	51
24	Nuage de points et corrélation linéaire entre la méthode des pots Barber et celle de la capture directe à la main dans site 1.	52
25	Nuage de points et corrélation linéaire entre la méthode des pots Barber et celle de la capture directe à la main dans site 2	53
26	Nuage de points et corrélation linéaire entre la méthode des pots Barber et celle de la capture directe à la main dans site 3	53
27	Fréquences centésimales des espèces animales capturées à l'aide des pots Barber pendant la période d'échantillonnage	59
28	Fréquences centésimales des espèces animales capturées à l'aide des pots Barber pendant la période d'échantillonnage	64
29	Nuage de points et corrélation linéaire entre les effectifs des espèces trouvées dans le régime alimentaire de <i>T. magnum</i> et les disponibilités dans le parc national de Djurdjura.	73
30	Cartographie des nids et des groupes de pleines sœurs présentées en Cambert sous l'hypothèse de la monoandrie.	76

Liste des abréviations

AR% : Abondance relative

F.O% : Fréquence d'occurrence

Cat. : Catégorie de constance

TR : Très rare

R : Rare

ACD : Accidentelle

ACC : Accessoire

TA : Très Accessoire

A.R1% (R.T) : Abondances relatives dans le régime trophique de *Tapinoma magnum*

A. R2% (R.T) : Abondances relatives dans les disponibilités alimentaires.

P.N.D. Parc national de Djurdjura

D.S.A. Direction des services agricoles

O.N.M. Office national de la météorologie

M.N.H.N. Muséum National d'Histoire Naturelle

Introduction

Introduction

Les fourmis sont des organismes dominants de nombreux écosystèmes, du fait de la biomasse qu'ils représentent, de leur grande diversité et des fonctions fondamentales qu'ils remplissent au sein des écosystèmes terrestres (HÖLLDOBLER et WILSON, 1990, LACH *et al.*, 2010). Elles sont un modèle idéal pour l'écologie et l'évolution, car elles ont réussi à modifier leur environnement et à diversifier leur mode de vie en construisant des nids plus complexes, (par ex. arboricole, souterrain, nomades). La taille des colonies peut aller de 10 individus jusqu'à des millions d'ouvrières. Avec la division du travail, elles ont pu augmenter la productivité du groupe. Et de développer des mécanismes pour réduire les conflits et limiter la propagation de parasites au sein de la colonie. Cette coopération est l'une des clés de leur succès écologique. (KELLER et GENOUD, 1997, BERTELSMEIER, 2013). Les fourmis sont des insectes qui vivent en société, appartenant à l'ordre des Hyménoptères et à la famille des Formicidae. Il y a plus de 12500 espèces décrites de fourmis présentes sur tous les continents sauf l'Antarctique. Les fourmis présentent l'avantage d'être abondantes dans la plupart des écosystèmes terrestres. En Algérie, comme dans les pays où il ne fait pas trop froid, elles existent partout, en forêt comme en lieux découverts, dans les endroits secs au bord des eaux et sur l'argile des rochers (CAGNIANT, 1973). La classification la plus récente des Formicidae montre l'apparition de 21 sous-familles actuelles (BOLTON, 2003). En Algérie, au moins 6 sous-familles sont signalées. Il s'agit des Formicinae, des Myrmicinae, des Dolichoderinae, des Ponerinae, des Dorylinae, et des Proceratiinae (CAGNIANT, 1968, 1970; DEHINA *et al.*, 2013). L'organisation sociale des colonies de fourmis comprend généralement un à plusieurs individus reproducteurs, les reines, assistées par une caste d'individus stériles, les ouvrières. Les reines assument l'intégralité de la fonction de reproduction et les ouvrières sont en charge de l'ensemble des tâches non reproductives. Dans un modèle d'organisation sociale simple, lorsqu'une reine fonde une colonie et qu'elle reste la seule reproductrice jusqu'à sa mort (cas de monogynie) et s'accouple avec un seul mâle, on parle de monoandrie, toutes les ouvrières de ces lignées sont donc pleines sœurs (HUGHES *et al.*, 2008). Cependant, il existe des variations à ce modèle avec la présence de polygynie (plusieurs reines) et/ou la polyandrie (plusieurs mâles). Ces variations permettent d'obtenir plusieurs lignées paternelles et maternelles d'ouvrières au sein de la colonie avec un apparentement plus faible entre les ouvrières. Le système de détermination du sexe haplo-diploïdes des hyménoptères sociaux génère un fort taux d'apparentement entre les ouvrières.

En effet, les mâles sont produits par parthénogénèse arrhénotoque à partir d'un œuf non fécondé haploïdes (BREED et MOORE, 2012).

L'intervention de phéromones sécrétées par les fourmis permet le maintien d'une telle structure sociale entre les individus d'une fourmière. Certaines, jouent un rôle dans la reconnaissance entre individus, dans le contrôle de la stérilité des femelles (molécules produites par la reine), dans le recrutement et dans la signalisation des sources de nourriture ou encore dans l'établissement de pistes vers des lieux d'intérêt (LATA, 2003).

Les fourmis occupent une grande variété de niveaux trophiques au sein des écosystèmes. Elles sont à la fois des prédateurs qui régulent les populations de nombreux autres insectes en jouant un rôle important dans le maintien d'un certain équilibre biologique (BERNARD, 1968), des nettoyeurs qui font disparaître les cadavres d'insectes ou d'autres animaux morts, des pollinisateurs, et des acteurs essentiels de la dispersion des graines, ainsi que la chimie des sols (WILSON, 1987 ; TOBIN, 1994 ; MACMAHON *et al.*, 2000 ; FLOREN *et al.*, 2002). Elles ont développé des interactions privilégiées ou symbiotiques avec une immense diversité de plantes ou d'arthropodes, ainsi qu'avec une multitude de champignons ou de micro-organismes (JOLIVET, 1996 ; SCHULTZ et MC GLYNN, 2000 ; MUELLER *et al.*, 2001). De nombreuses espèces animales et végétales qualifiées d'envahissantes ou d'invasives se répandent dans le monde et sont régulièrement signalées loin de leur air d'origine (LENOIR, 2018), d'où un transfert possible d'un cortège d'insecte peut être réalisé par un transfert des végétaux depuis leurs zones d'origines vers les zones méditerranéennes (GALKOWSKI, 2008). C'est le cas de la fourmi *Tapinoma magnum*, que l'on trouve en Algérie. Nous consacrerons une partie importante de notre travail sur cette dernière espèce. En effet, elle est bien adaptée à survivre dans des régions froides et elle est considérée comme invasive et hyperpolygyne, ses colonies sont composées de plusieurs reines (DEKONINCK *et al.*, 2016). Les fourmis sont généralement bien étudiées et ces connaissances sont relativement partagées à travers le monde (ANDERSEN et MAJER 2004 ; UNDERWOOD et FISHER, 2006). Plusieurs auteurs se sont intéressés à la myrmécofaune en Algérie (CAGNIANT, 1968, 1969, 1970 et 1973 ; DEHINA *et al.*, 2013; BOUZREKRI *et al.*, 2014 ; DJIOUA et SADOUDI-ALI, 2015 ; BARRECH *et al.*, 2016 ; CHEMALA *et al.*, 2017 ; AMARA *et al.*, 2020 ; HENINE *et al.*, 2020). En analysant les travaux déjà réalisés sur le territoire national, notamment en milieu forestier, nous avons constaté qu'ils sont assez rares et fragmentaires. Le seul auteur qui s'est intéressé aux fourmis de la région de Djurdjura est CAGNIANT (1968). Et depuis il n'y a pas eu d'études approfondies sur le sujet sachant que le milieu a subi des changements dus à l'anthropisation et aux perturbations environnementales impactant les

écosystèmes (espèces envahissantes, incendies, fragmentation). Si la bio-écologie des peuplements de fourmis d'Algérie a fait l'objet d'études approfondies (CAGNIANT 1973), leur structure sociale et les stratégies de reproduction restent, quant à elles, largement méconnues.

L'objectif de la présente étude, vient d'actualiser la liste de fourmis d'Algérie et d'évaluer la diversité myrmécologique du parc national du Djurdjura (Nord d'Algérie). Nous nous sommes également penchées à déterminer le statut trophique de la fourmi *Tapinoma magnum* (Mayr, 1861), et aussi confirmer génétiquement l'identification de cette fourmi invasive. Elle est encore très peu connue en Algérie, et elle est toujours identifiée à tort comme *T. nigerrimum*, car au sein de ce genre, le taxon *nigerrimum* (Nylander, 1856) s'est révélé être constitué de quatre espèces distinctes (SEIFERT *et al.*, 2017). L'une d'entre elles est *T. magnum* Mayr, 1861. Cette espèce, est adapté à survivre dans des régions méditerranéennes. Dans la présente étude nous avons déterminé sa structure sociogénétique en testant les deux hypothèses d'accouplement des femelles (monoandrie et polyandrie) à l'aide de marqueurs microsatellites hautement polymorphes.

Notre travail repose sur 4 chapitres. Le premier est consacré à la présentation de la région d'étude. Le second, porte sur la méthodologie du travail. Les résultats ont fait l'objet du troisième chapitre et seront discutés par la suite dans le quatrième chapitre. À la fin nous terminons ce travail par une conclusion et quelques perspectives.

Chapitre I
Présentation de la région
d'étude

Chapitre I - Présentation de la région d'étude

Le présent chapitre vise à faire le point sur la description de notre région d'étude, ses caractéristiques géologiques, pédologiques, hydrologiques, et les données climatiques ainsi qu'une revue bibliographique de la flore et de la faune.

1.1. - Situation géographique du parc national du Djurdjura

L'Algérie compte dix parcs nationaux, dont huit situés au Nord avec une superficie totale de 165 362 ha. Le parc national du Djurdjura est situé dans le Nord-Centre de l'Algérie ($36^{\circ} 27' 47''$ N, $4^{\circ} 10' 41''$ E), à environ 140 Km au Sud Est d'Alger et à 50 Km parallèlement à la méditerranée (Fig. 01) avec une superficie totale de 4454 km² (P.N.D., 2010). Il chevauche entre deux Wilaya, Tizi Ouzou sur le versant nord et Bouira sur le versant sud. Le versant nord contient deux secteurs, Tala-guilef, et Aït Ouabane. La région de Bouira renferme également deux secteurs, Tala-Rana et Tikjda qui représente notre zone d'étude (Fig. 02). Elle est délimitée par la mer Méditerranée au nord, par l'oued Isser oriental et l'oued Djemaa, à l'ouest, et par l'oued Sahel au Sud et à l'Est. Ce dernier change de nom pour prendre celui d'oued Soummam à partir du méridien d'Akbou (MEDDOUR, 2010).



Figure 01 : Carte de localisation de la Réserve de Biosphère de Djurdjura par rapport aux parcs nationaux du Nord de l'Algérie (Source: open Street map).

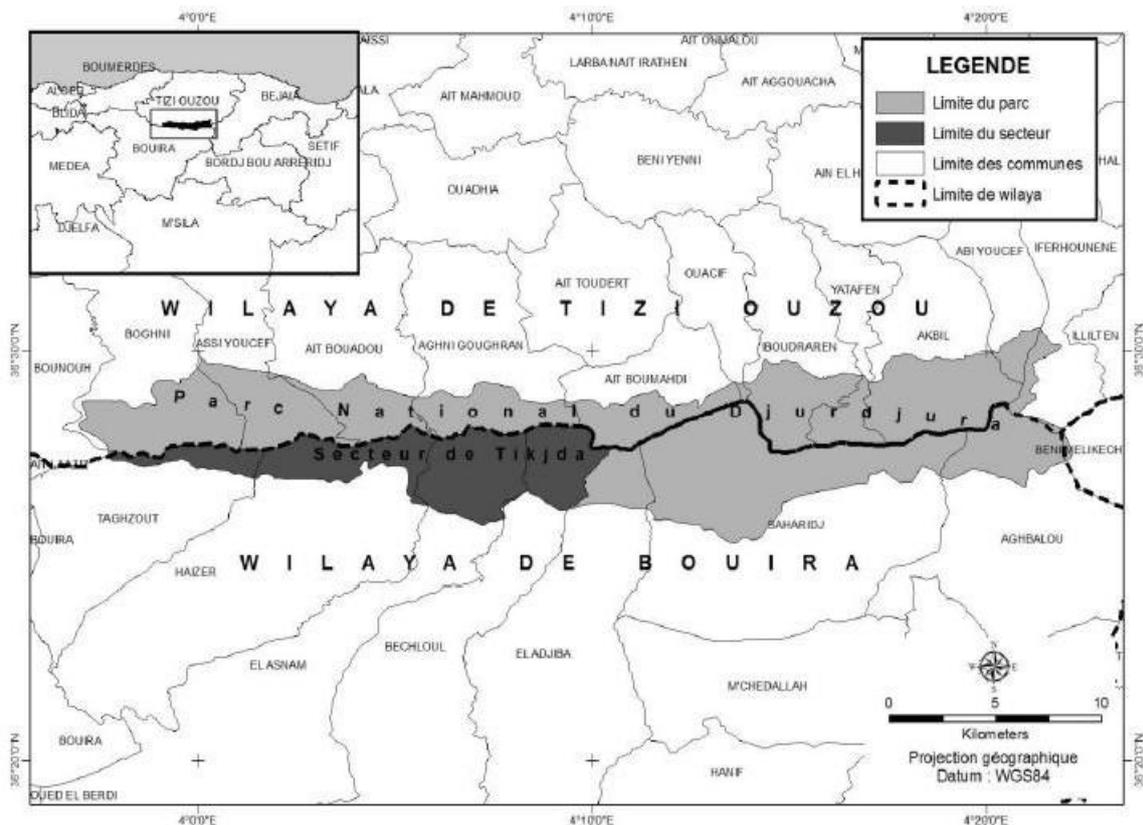


Figure 02: Situation géographique du PND et du secteur de Tikjda (P.N.D., 2014)

1.2. - Facteurs abiotiques du parc national du Djurdjura

Dans cette partie les facteurs édaphiques, hydrographiques et climatiques sont présentés.

1.2.1. - Facteurs édaphiques

Selon DREUX 1980, les facteurs édaphiques comprennent toutes les propriétés physiques et chimiques du sol qui ont une action écologique sur les êtres vivants. Ces facteurs présentent une grande vitalité pour les plantes et les animaux fixes.

1.2.1.1 - Caractéristiques pédologiques

L'ossature du Djurdjura est de type sablo-limoneuse à pH légèrement acide avec une teneur moyenne en matière organique. Cette teneur peut être expliquée par la nature de la roche mère génératrice de calcaire actif qui immobilise les composés organiques ainsi que la nature de la litière (BENMOUFFOK, 1995). Ces sols sont moyennement calcaires et

présentent une teneur assez élevée en azote et un taux faible en phosphore assimilable (SMAIL, 2009).

1.2.1.2 - Caractéristiques géologiques

Le Djurdjura est très complexe sur le plan géologique. C'est une chaîne de montagnes qui s'est formée lors du plissement alpin ou orogénèse alpine. Elle représente la couverture sédimentaire fortement plissée et fracturée du massif métamorphique de la Grande Kabylie (FLANDRIN, 1952). Selon le même auteur, le massif Djurdjurien est constitué dans sa majeure partie par le calcaire dit « chaîne calcaire » (Fig. 03).

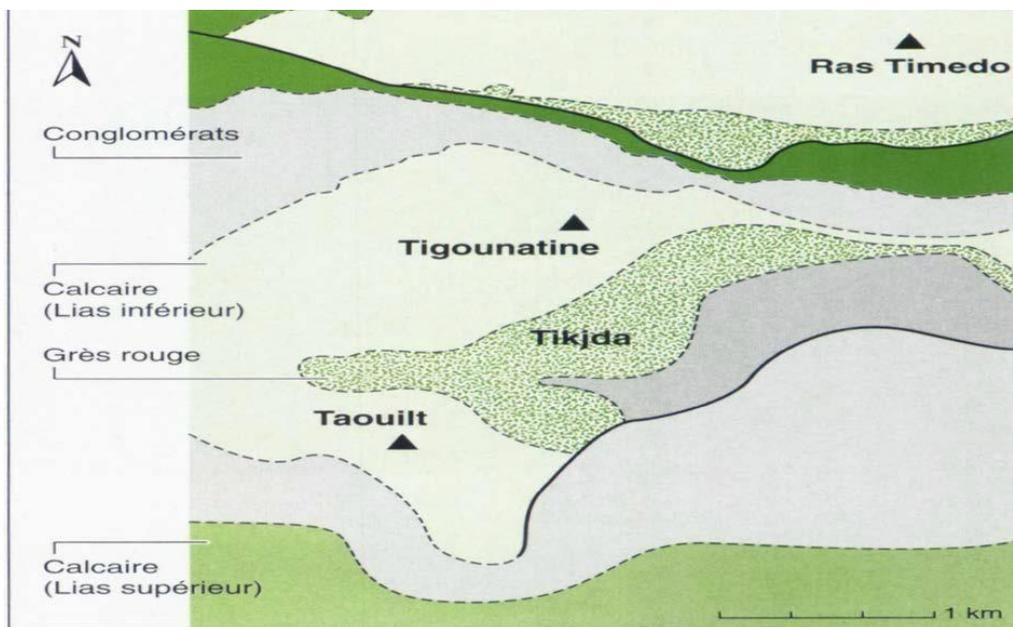


Figure 03 : Carte géologique représentant nos sites d'étude au Djurdjura, Algérie (FLANDRIN, 1952 *in* BENMOUFFOK, 1993)

1.2.1.3. - Caractéristiques Hydrologiques

Quant à l'hydrographie, le Djurdjura est caractérisé par un réseau hydrographique très dense. Il est formé par une multitude de cours d'eau, allant de simples ruisseaux aux grands oueds coulant dans toutes les directions (Fig. 04). Ce qui est à l'origine des affleurements d'eaux carbonatés karstiques bien arrosés où se développent des importants aquifères qui font de ce massif un énorme réservoir d'eau. En plus de l'apport des précipitations, il possède dans ses zones karstiques des eaux souterraines (ABDESSELAM,

1995). Un total de 332 sources d'eau est recensé avec des débits allant de 0,01 à 424 l/s. La majorité de celles-ci ont été captées avant même la création de l'aire protégée pour combler au déficit de l'AEP (P.N.D, 2010).

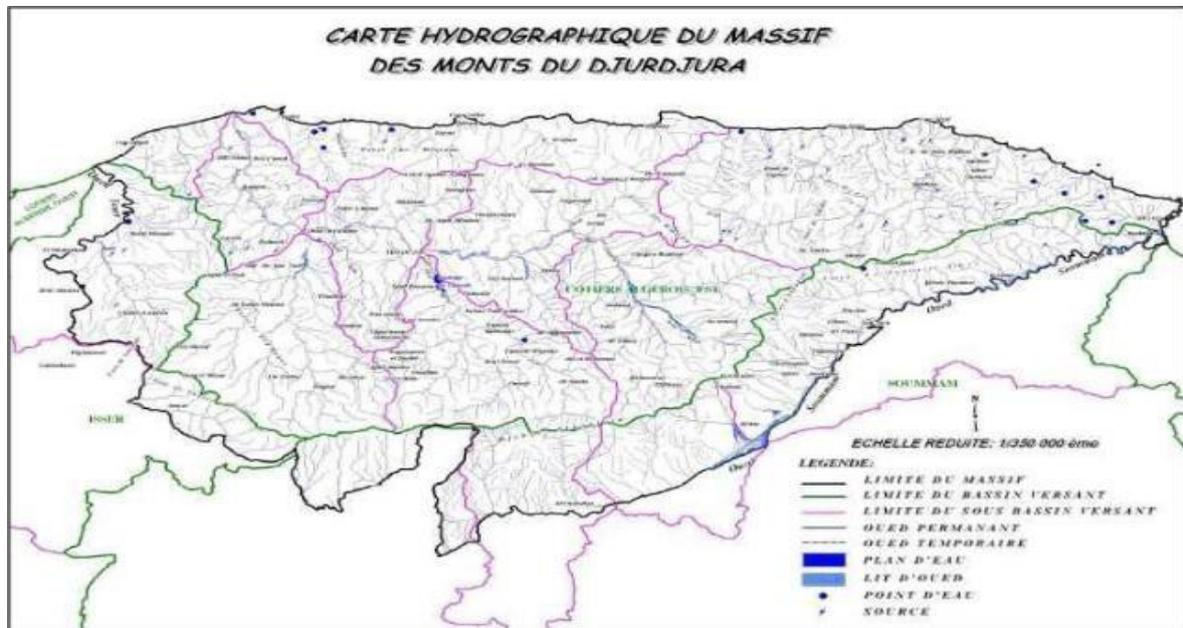


Figure 04 : carte hydrographique du massif des monts du Djurdjura (P.N.D., 2010)

1.2.2. - Facteurs climatiques

Le climat a une relation avec plusieurs éléments physiques tels que les températures, la pluviométrie, l'humidité atmosphérique et le vent. Il est à signaler que le P.N.D., notamment la région de Tikjda ne dispose d'aucune station météorologique fiable pour les relevés climatiques, qui pourtant, est exceptionnelle et importante pour l'Algérie, d'un point de vue écologique, économique et stratégique. La rareté des données climatiques dans les massifs montagneux nous a donc contraints à effectuer des extrapolations à partir des données de la station Bouira (550m d'altitude) et celle d'El Asnam pour obtenir celles de Tikjda.

1.2.2.1. – Température

La température présente un facteur limitant très important, car elle contrôle la physiologie des êtres vivants tels que les phénomènes métaboliques et la reproduction. Elle conditionne de ce fait, la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'être vivant dans la biosphère (RAMADE, 2003). Afin de caractériser le climat dans le Djurdjura, les données de la période allant de 2000 jusqu'au 2018 sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 01 : Valeurs des températures moyennes maximales, minimales et Moyennes dans la région d'études durant une période de 18 ans (2000-2018).

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Moy. An.
M (°C)	16	16,5	18,5	22	26,5	31	34,5	33,5	29,5	26	19	15,5	24,04
m (°C)	6,25	9,5	10	13,5	18	23	26,5	25,5	21	18	13	9	16,10
(M+m)/2	11,13	13	14,25	17,75	22,25	27	30,5	29,5	25,25	22	16	12,25	20,07

(Source : O.N.M., 2018, tutiempo.org, 2019)

m : Moyennes mensuelles des températures minimales.

M : Moyennes mensuelles des températures maximales.

(M+m)/2 : Moyennes mensuelles des températures moyennes.

Moy. An. : Moyennes annuelles.

Les températures à Tikjda (1500m) sont calculées à partir de la station de Bouira (550m) selon la méthode de SELTZER (1946). L'extrapolation consiste à une diminution de la température maximale de 0,7°C et minimale de 0,4°C par 100m de dénivelée. La différence altitudinale entre Tikjda (1500m) et la station de Bouira (550m) est de 950m ; les corrections à apporter sont donc les suivantes : -M =6,7 et -m =3,8. La moyenne de la température mensuelle maximale (M) de Tikjda est égale à celle de la station de Bouira moins 6,7 °C. De même, la moyenne de la température mensuelle minimale (m) de Tikjda est égale à celle de la station de Bouira moins 3,8°C. Ce qui donne les résultats consignés dans le tableau suivant. Les températures enregistrées dans la station de Tikjda sont représentées dans le tableau 2.

Tableau 02: Variations mensuelles maximales, minimales et moyennes des températures dans la station de Tikjda pendant l'année 2016 et 2017.

	Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Moy. An.
2016	M (°C)	15	15	18	22	23	33	32	34	33	6551	959	559	61.3
	m (°C)	9	9	8	13	16	21	25	23	9.5	9	4.4	0.4	12.4
	(M+m)/2	12	12	13	17.5	24.5	27	28.5	28.5	21.2	12.2	7.1	3.1	17.2
2017	M (°C)	5	6.4	9.1	11.7	16.2	16	25.3	25.3	20.3	15.3	10.3	6.3	13.9
	m (°C)	-0.3	0.7	2.8	4.4	8.6	12.9	24.2	24.2	19.2	15.2	10.2	6.2	10.7
	(M+m)/2	2.6	3.5	5.9	8	12.4	14.4	24.7	24.7	19.6	15.2	10.2	6.2	10.2

(Station météorologique d'El Asnam, 2017)

m : Moyennes mensuelles des températures minimales.

M : Moyennes mensuelles des températures maximales.

(M+m)/2 : Moyennes mensuelles des températures moyennes

Moy. An. : Moyennes annuelles

La lecture du tableau 2, montre que pendant l'année 2016, la valeur de la température la plus basse est notée durant le mois de décembre (0.4°C), tandis que le mois le plus chaud est celui d'aout (34°C). Alors qu'en 2017, le mois de janvier est le mois le plus froid avec une température de -0.3°C, et le mois le plus chaud est celui d'aout (25,3°C).

1.2.2.2.- Pluviométrie

Les températures et les précipitations sont deux facteurs fondamentaux pour les êtres vivants. Ces facteurs sont des éléments décisifs qui conditionnent les caractères du milieu physique. Ils ont aussi des répercussions profondes sur les êtres vivants (RAMADE, 1984). D'après la méthode de SELTZER (1946), la pluviométrie consiste à une augmentation de 77 mm de pluies tous les 100 m d'élévation jusqu'à 1000 m d'altitude et une Augmentation de 88 mm de pluies tous les 100 m d'élévation au-delà des 1000 m d'altitude. La différence altitudinale entre la station de Bouira (550m) et celle de Tikjda (1500m) est de 950m. D'après le calcul, l'augmentation est de 786,5 mm par an, en rajoutant cette dernière aux précipitations annuelles obtenues dans la station de Bouira (Tableau 3). La pluviométrie annuelle pour la station de Tikjda est donc de 1084,6 mm en 2016 et de 1178,5mm en 2017. Selon LESPES (1909) in BOUTTI (2020), les précipitations atmosphériques sont abondantes dans toute la région du Djurdjura avec un minimum de 800mm du moins au nord de cette chaîne. Les précipitations mensuelles au cours de l'année sont inscrites dans le tableau 3.

Tableau 03 : Pluviométrie mensuelle et annuelle en mm des années 2016 et 2017 dans la région de Bouira.

Mois		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
P (mm)	2016	21	11	71	38	21	8	6	0.3	9	20	54	39	298.3
	2017	147	25	22	33	10	12	3	10	10	20	50	51	392

(O.N.M., 2016 et Historique meteo.net, 2020)

P (mm) : Pluviosité mensuelle et annuelle.

1.2.2.3. - Humidité de l'air

Par définition l'humidité de l'air est la quantité de vapeur d'eau contenue dans un certain volume d'air, exprimée en g/m³. Selon Abdesselam (1995), le versant Sud du Djurdjura reçoit des masses d'air froides ou chaudes, mais souvent sèches et l'humidité relative de l'air est toute l'année inférieure à 50%. Les données de l'humidité relative de l'air enregistrées dans la région de Bouira durant les années 2016 et 2017 sont représentées dans le tableau 4.

Tableau 04. Humidité relative de l'air (H%) dans la région de Bouira pendant les années 2016 et 2017.

	Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Moy. An.
H.R.	2016	80	82	87	82	73	64	58	71	77	80	79	91	77
(%)	2017	83	83	83	77	67	60	54	60	67	68	70	77	70.7

(Historiquemeteo.net, 2020)

H.R.% : Humidité relative exprimée en pourcentage

Moy. An. : Moyennes annuelles de l'humidité relative.

L'humidité relative de l'air à Bouira enregistre une moyenne annuelle de 77% en 2016 et 70.7% en 2017. (Tab. 4). Les moyennes mensuelles de l'humidité de l'air fluctuent entre 58% et 91% en 2016 et entre 54% et 83% en 2017. (Je ne sais pas si je dois le garder ou pas).

1.2.2.4. - Vent

SELTZER (1946) confirme que le vent est un facteur typique d'une région. Par ailleurs, il a une action indirecte en accentuant l'évaporation. Il augmente ainsi le dessèchement de l'atmosphère et du sol et il peut aussi gêner l'activité de beaucoup d'insectes (DREUX, 1980). ABDESSELEM (1995) et KADID (1985) soulève que le vent « sirocco » est fréquent de la fin du printemps et durant l'été, ce qui induit l'augmentation des températures à plus de 40°C favorisant ainsi le dessèchement du sol et l'évapotranspiration chez les végétaux. La direction dominante des vents à Tikjda est du Nord-Ouest durant toutes les saisons de l'année (HADJEM, 2010). La vitesse moyenne du vent est estimée dans la région de Tikjda à environ 1,3 à 3m/s et qui atteint son maximum en printemps. Elle dépasse 20m/s sur les sommets et les crêtes, avec une direction dominante annuelle de l'ouest (KADID, 1985).

1.2.2.5. - Synthèse climatique

Selon FAURIE et *al.* (1980), les facteurs les plus importants du climat représentent la température et les précipitations. Ces deux facteurs sont essentiels pour la construction du diagramme ombrothermique de Gausсен et du climagramme pluviothermique d'Emberger.

1.2.2.5.1. - Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Nous devons tracer sur le même graphe deux courbes, l'une pluviométrique et l'autre thermométrique pour former le diagramme ombrothermique. Les précipitations sont portées en ordonnée selon une échelle double à celle des températures (100 mm de pluie correspond à 50° C de température). GAUSSEN (1954) considère un mois sec lorsque le cumul de précipitation (P) exprimé en millimètres est inférieur ou égal au double de la température (T) exprimée en degrés Celsius. GAUSSEN et BAGNOULS (1957) confirment que l'intersection de la courbe thermique avec la courbe pluviométrique détermine la durée de la période sèche qui s'exprime par $P < 2T$. Les diagrammes ci-dessous permettent de déterminer la durée et l'intensité de la période sèche. Pour l'année 2016, la période sèche est de 5 mois, tandis qu'en 2017, elle s'étale sur 6 mois et 15 jours (Fig.05).

Afin de caractériser le climat de notre région d'étude, on a utilisé les données climatiques de la station de Bouira, localisée sur le même versant, à 555 m d'altitude, pour une période de 18 ans (2000 à 2018). Le diagramme ombrothermique de Gausсен a permis de définir deux périodes l'une humide et l'autre sèche, la période sèche s'étend sur une durée de 6 mois et 15 jours (Fig. 06).

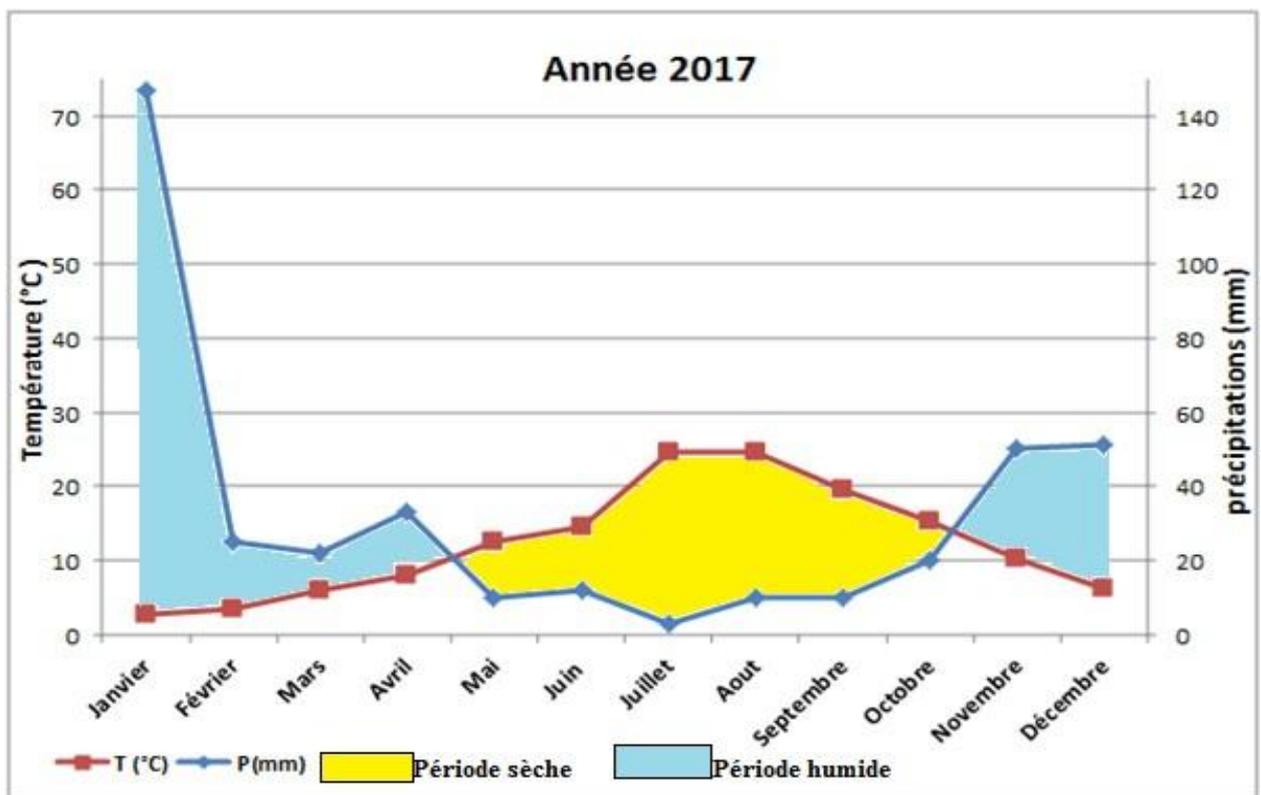
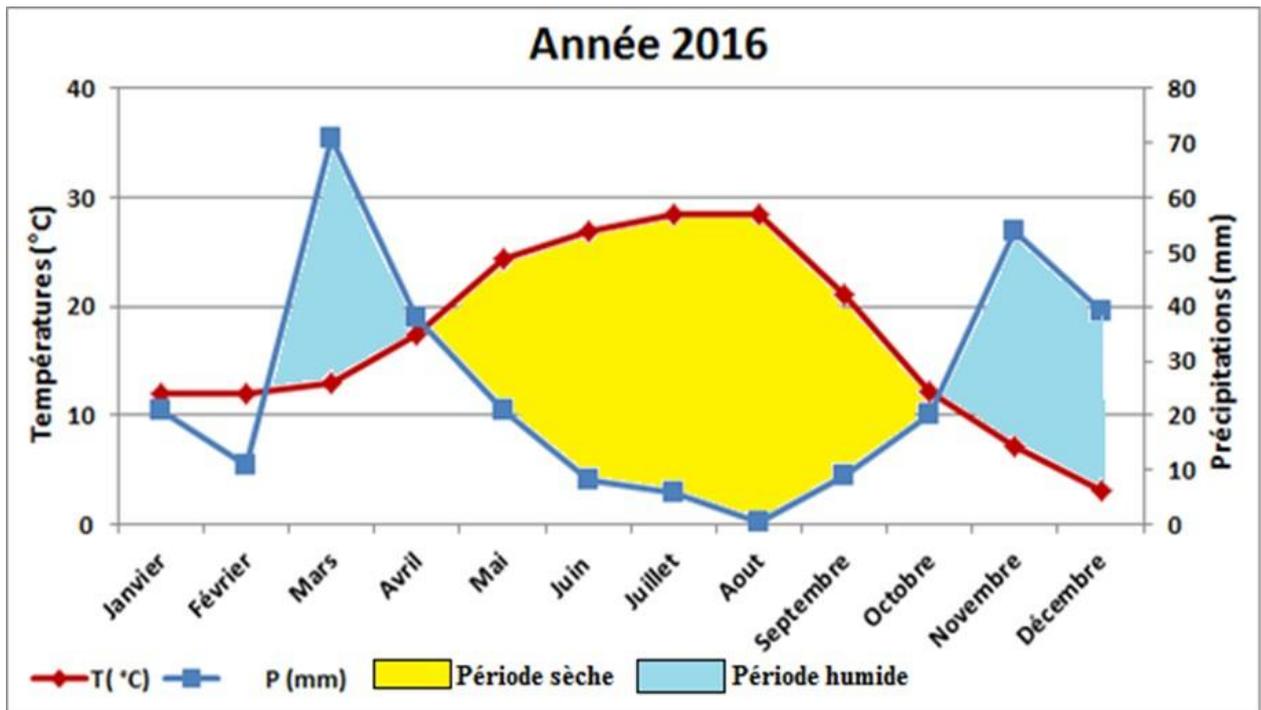


Figure 05 : Diagramme ombrothermique de Gausson Appliqué sur la région de Tikjda pour l'année 2016 et 2017

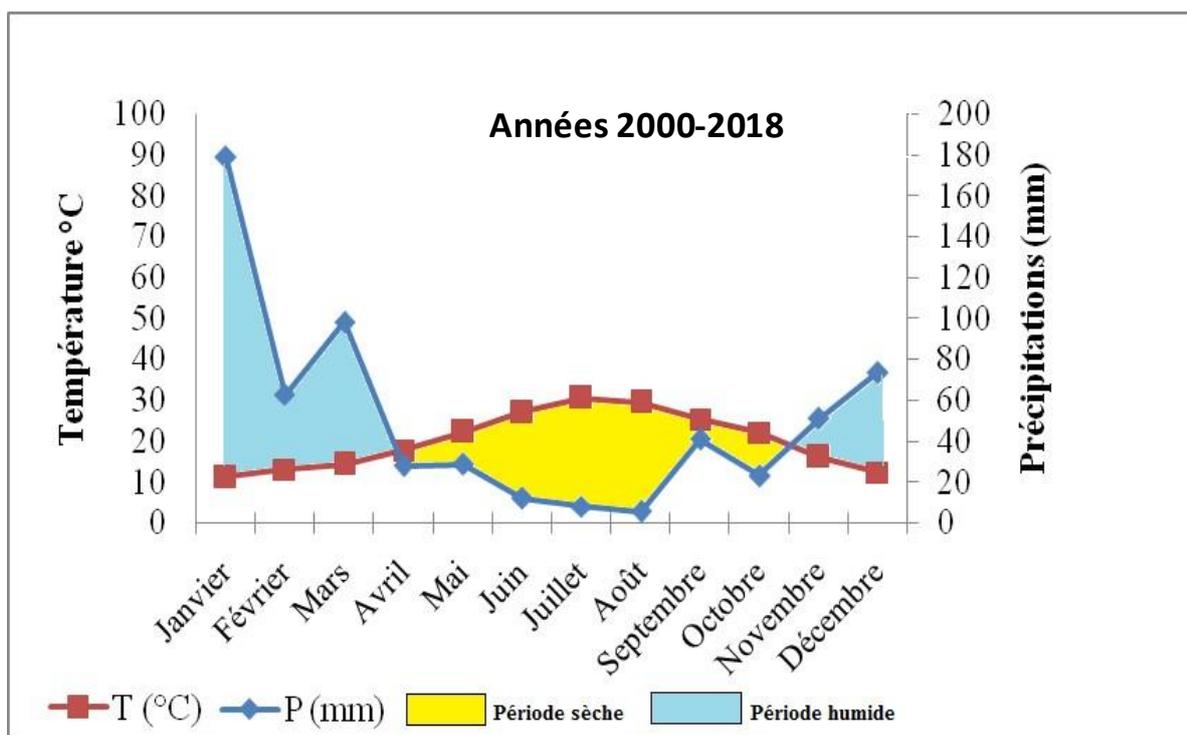


Figure 06 : Diagramme ombrothermique de Gausson appliqué sur la région de Bouira pendant 18 ans (2000-2018)

1.2.2.5.2. Climagramme pluviométrique d'Emberger

Pour situer l'étage bioclimatique d'une région, Emberger (1952), a établi un quotient pluviothermique, simplifié par Stewart (1969) in Meddour (2010), dont l'expression est la suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 * P}{M^2 - m^2}$$

Ce quotient tient compte de la pluviométrie annuelle, des températures moyennes minimales du mois le plus froid et des températures moyennes maximales du mois le plus chaud. Le quotient Q_2 est égal à 73,54. Cette valeur étant portée sur le climagramme d'Emberger, montrent que notre région d'étude appartient à l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré (Fig. 07). Ce qui explique que les nuances du climat du Djurdjura ne sont pas en relation toujours directe avec l'altitude, qui est un facteur essentiel dans les régions les plus élevées. Mais d'une manière générale, l'exposition par rapport à la mer et la plus ou moins grande facilité d'accès des vents marins, jouent un rôle au moins aussi important et parfois le premier (LESPES, 1909 in BOUTTI, 2020).

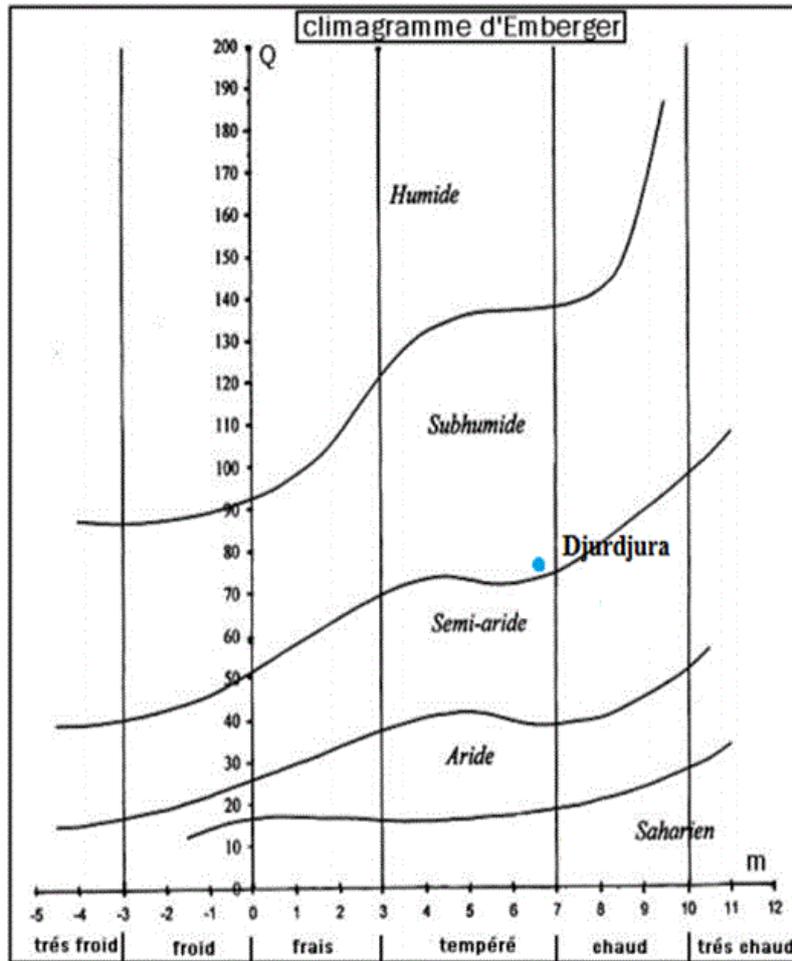


Figure 07 : Climagramme pluviométrique d'Emberger

1.3. - Facteurs biotiques

Le massif du Djurdjura constitue un géo-écosystème, d'un grand intérêt botanique et faunistique liée à sa nature géo-climatique, qui lui a valu l'attention des scientifiques et des naturalistes depuis au moins le 19^{ème} siècle.

1.3.1.- Flore de la région d'étude

Les travaux scientifiques réalisés sur le massif du Djurdjura en général, et sur le territoire du Parc national du Djurdjura plus particulièrement révèlent une richesse floristique très importante d'espèces nobles, rares et endémiques. La flore Djurdjurienne représente 50% des espèces ou sous-espèces endémiques des forêts méditerranéennes, dont 35 espèces, tels que le cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica*), le pin noir (*Pinus nigra*), le genévrier sabine (*Juniperus sabina*) et le houx (*Ilex aquifolium*). (P.N.D., 2010). La végétation du Parc est structurée en strates arborescente, arbustive et herbacée. Les formations sylvatiques sont des

chênaies, du chêne-vert (*Quercus ilex*), du chêne-zen (*Quercus canariensis*), du chêne Afarès (*Quercus afares*) et du Chêne-liège (*Quercus suber*), et des cédraies pures (à cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica*) ou des associations de chênaies-cédraies (MOUSLIM et NOUALKHITER, 2017). La flore Djurdjurienne représente les 1/3 de la flore algérienne. On trouve également 70 espèces très rares, 145 espèces rares, 90 espèces de champignons, 52 espèces de lichens et 111 espèces médicinales et aromatiques (QUEZEL, 1957). Cette biodiversité rend compte de la variabilité des situations biogéographiques et écologiques, et de la fragmentation des aires continentales, souvent en liaison avec les actions anthropiques.

1.3.2. - Faune de la région d'étude

Les ressources naturelles du Parc peuvent faire l'objet d'autres études portant notamment sur la faune. Des études précédentes dans le Djurdjura, recensent 145 espèces animales, avec 30 espèces de mammifères, dont 10 espèces sont protégées. On peut citer l'existence du singe Magot (*Macaca sylvanus*), de l'hyène rayée (*Hyena hyena*), de la mangouste ichneumon (*Herpestes ichneumon*), de la genette d'Europe (*Genetta genetta*), du porc-épic (*Hystrix cristata*), du hérisson (*Erinaceus algirus*) et du chacal (*Canis aureus*). Il existe aussi 18 espèces de reptiles, principalement des lézards, des couleuvres et des tortues. Les principales espèces d'oiseaux observées sont les rapaces diurnes, tels que le vautour percnoptère (*Neophron percnopterus*), le milan noir (*Milvus migrans*), l'aigle botté (*Aquila pennata*), la buse féroce (*Buteo rufinus*), l'épervier d'Europe (*Accipiter nisus*), le vautour fauve (*Gyps fulvus*) et l'aigle royal (*Aquila chrysaetos*) ainsi que quelques passereaux au niveau des forêts denses du Parc (MOUSLIM et NOUALKHITER, 2017).

Chapitre II
Matériel et méthodes

Chapitre II - Matériel et méthodes

Le présent chapitre porte sur la description des stations d'études choisies, les méthodes d'échantillonnages adoptées sur le terrain et au laboratoire, ainsi que les indices écologiques et les analyses statistiques utilisées pour l'exploitation des résultats.

2.1. - Choix des stations d'études

Selon DAGET et GODRON (1982), la définition d'une station est une circonscription d'étendue quelconque représentant un ensemble complet et défini de conditions d'existence nécessaires aux espèces qui l'occupent. Pour cette étude, 3 stations ont été retenues en raison de la présence des fourmis et le nombre important de nids.

2.2. - Description des stations d'étude

La partie expérimentale est réalisée dans le secteur de Tikjda qui se situe sur le versant sud du Djurdjura Central, au sein du parc national du Djurdjura (36° 26' 57" nord, 4° 07' 40" est). Ses coordonnées Lambert sont X : de 625 à 629 km et Y : de 347 à 352 km. Localisée dans le bioclimat Humide à variante frais. Elle présente une période de sécheresse de 4 mois (juin à septembre) et une pluviométrie moyenne estimée à 1258 mm/an. Les températures mensuelles varient de 18°C à 23,4 °C (DERRIDJ, 1990 et ASMANI, 1993). La période d'enneigement peut atteindre quatre mois dans les meilleures années (DERRIDJ, 1990). Par sa localisation au versant sud du Djurdjura, la région est soumise directement aux influences des vents chauds (siroco). MENARD et VALLET (1988) ont reconnu cinq types de végétation dans la zone de Tikjda. Il cite la forêt de cèdre (*Cedrus atlantica*), le taillis de chêne vert (*Quercus rotundifolia*), le matorral haut de cèdre et de chêne vert, la formation arbustive et la pelouse à chaméphytes. Trois sites sont choisis en fonction de leur type de paysage.

Site 1 - Région de Tigounatine

C'est une forêt de pin noir qui occupe une superficie très restreinte estimée à 3 ha, avec environ 400 à 500 individus de pin noir, située à une altitude de 1490 m avec une exposition Sud (36°27'10.55°N 4°06 '22.37 E) et un cortège floristique diversifié (Fig. 08). Elle renferme trois strates végétales. La strate arborée qui représente une association entre le cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica*), le pin noir (*Pinus nigras* sp. *Mauretanica*), le chêne vert

(*Quercus ilex*), l'if (*Taxus baccata*) et quelque sujets de grand houx (*Ilex aquifolium*). La strate arbustive est peu abondante et très claire, constituée principalement de *Juniperus oxycedrus* (junivrier oxycedre), de *Sorbus aria* (alisier blanc) et de *Berberis hispanica* (épine vinette d'Espagne). La strate herbacée est très abondante, composée des essences thermophiles et envahissantes tel que *Ampelodesma mauretanicum* (Diss), *Erinacea pungens* (Genet-hérissou) et *Ruscus aculeatus* (petit houx). Et on retrouve une végétation sous forme de tapis, représentée en abondance par *Juniperus communis* (Genévrier commun).



Figure 08- Site 1 de Tigounatine (Photo.Originale)

A : Originale ; B : Situation de site 1 de Tigounatine (Google Earth, 2020)

Site 2 - Région de Taghzarth

C'est une cédraie, située à la lisière d'une forêt de cèdre. C'est un endroit rocailleux avec une pelouse parfois (Fig. 09). Elle est située à une altitude de 1510 m avec une exposition Nord-Ouest ($36^{\circ}27'31.66^{\circ}\text{N}$ $4^{\circ}06' 38.86^{\circ}\text{E}$) et un cortège floristique diversifié, voir *Genista* spp. L., 1753, *Crataegus monogyna* L., 1753, *Astragalus* spp. L., 1753 et *Juniperus communis* L., 1753.

Site 3 - Région de Taouilt

Elle a subi des incendies à plusieurs reprises et situé à 1490 m d'altitude avec une exposition Nord-Est ($36^{\circ}26' 28.40^{\circ}\text{N}$ $4^{\circ}06' 57.16^{\circ}\text{E}$). C'est une forêt de chêne vert mixte avec le cèdre, *Cytisus scoparius* L. et *Sambucus nigra* L., 1753, *Acer campestre* L., 1753, *Ilex aquifolium* L., 1753 et *Juniperus oxycedrus* L., 1753 (Fig. 10).

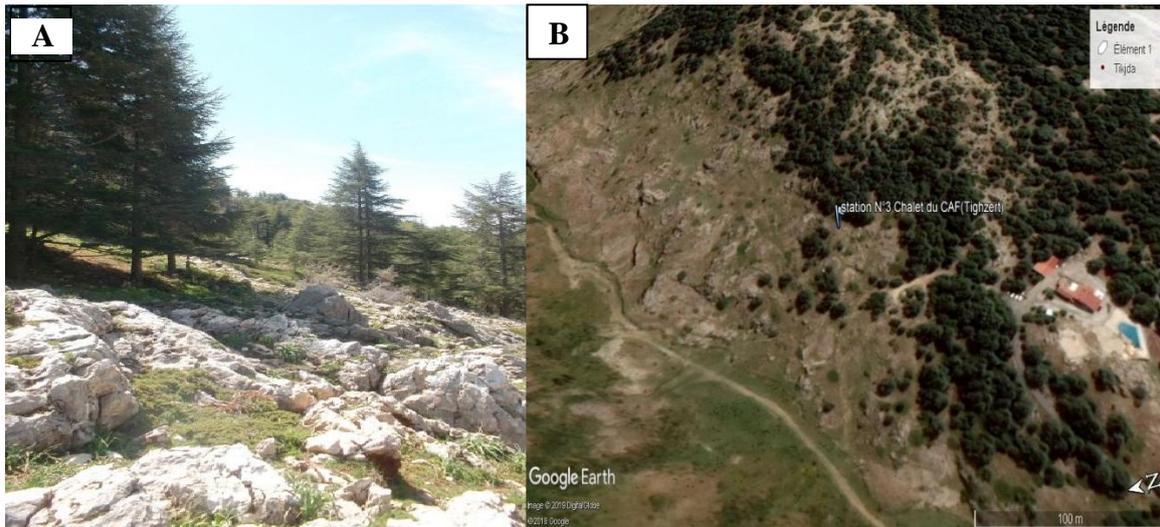


Figure 09 - Site 2 de Taghzarth (Photo.Originale)

A : Originale ; B : Situation de site 2 de Taghzert (Google Earth, 2020)

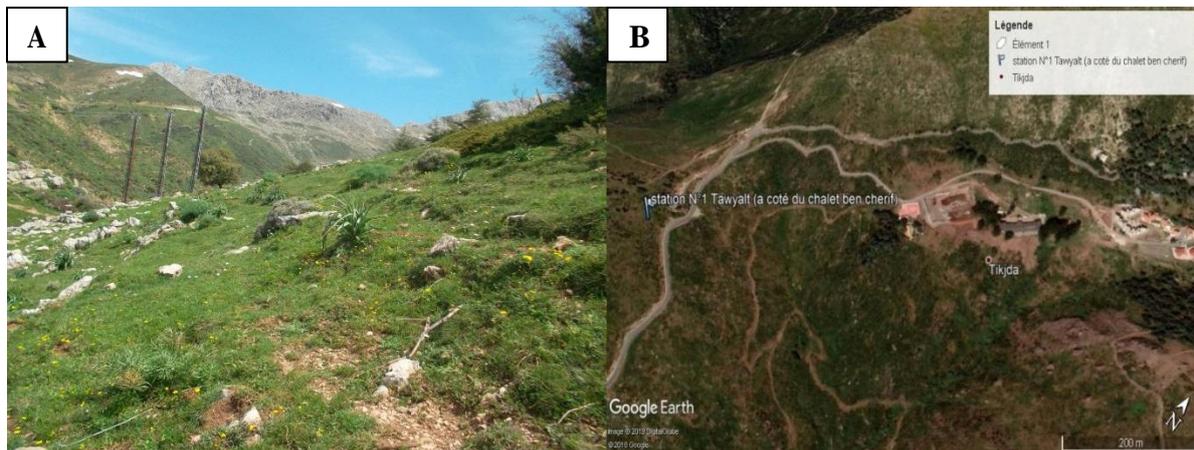


Figure 10 - Site 3 de Taouilt (Photo.Originale)

A : Originale ; B : Situation de site 3 de Taouilt (Google Earth, 2020)

2.3. - Méthodologie adoptée

2.3.1. - Méthodologie adopté sur le terrain

L'échantillonnage des fourmis s'effectue avec des méthodes plus au moins variées selon l'objectif visé. Pour le présent travail, les méthodes réalisées sont :

- La méthode des pots Barber car elle permet d'avoir une idée sur la nature de la faune épigée au niveau de chaque station. Elle permet aussi de capturer les espèces qui constituent des proies potentielles pour *Tapinoma magnum* dans le parc de Parc National de Djurdjura.

- La méthode de la récolte directe à la main qui nous permet d'avoir une idée sur le peuplement inféodé à la région d'étude.
- Pour l'étude du régime alimentaire de la fourmi *T. magnum*, nous avons récupéré les fragments des espèces proies trouvés dans les pourtours des nids de cette fourmi et nous les avons analysé par la suite au laboratoire.

L'étude a été réalisée durant la période printanière et estivale entre mars 2016 et août 2017, avec une fréquence d'une sortie par mois, conformément aux recommandations de CAGNIANT (1973) et BARECH *et al.* (2016), qui soulignent que tout échantillonnage de fourmis en dehors de cette période est inutile. En effet, l'inactivité des fourmis en période hivernale empêche tout échantillonnage.

2.3.1.1. - Description de la méthode des pots Barber

Afin de réaliser un inventaire de la myrmécofaune, nous avons utilisé la technique des pots Barber qui permet la capture de divers arthropodes marcheurs, ainsi qu'un grand nombre d'insectes volants qui viennent se poser à la surface ou qui y tombent emportés par le vent (BENKHELIL, 1991). Cette méthode consiste à utiliser des boîtes enterrées verticalement de façon à ce que l'ouverture soit au même niveau que le sol. La terre est tassée autour afin d'éviter l'effet barrière pour les petites bêtes. Nous avons utilisé des boîtes de conserves comme suggéré par le professeur DOUMANDJI (Com. Pers.). Dix boîtes sont placées sur une ligne matérialisée par une ficelle le long de laquelle on place un piège tous les cinq mètres. Les boîtes sont remplies au 1/3 de leur contenu avec de l'eau additionnée de détergent qui joue le rôle de mouillant (Fig. 11), empêchant les insectes piégés de s'échapper. Après 24 à 48 heures, le contenu des pots est récupéré à l'aide d'une passoire et mis dans des boîtes de Pétri où l'on mentionne la date et le lieu du ramassage. La détermination des fourmis est réalisée au laboratoire par Mme MARNICHE. F. (Professeur à l'E.N.S.V.) et pour les espèces de *T. magnum* à détermination ambiguë, nous l'avons confirmé par la biologie moléculaire au laboratoire de l'Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité au M.N.H.N (Paris, France).



Figure 11: Technique des pièges enterrés (Originale).

Cette méthode est largement utilisée, car elle est simple, non couteuse et pratique. Elle permet d'avoir une idée sur la biodiversité des milieux d'études (BENKHELIL, 1991). D'après BAZIZ (2002), l'emploi des pots à fosse ou Barber a l'avantage de permettre la comparaison entre des milieux différents et de capturer des espèces aussi bien diurnes que nocturnes fréquentant le même milieu. En revanche, l'inconvénient de cette méthode est généralement l'influence des conditions climatiques qui peuvent fausser les résultats. Lors des périodes de fortes pluies, les boîtes sont inondées d'eau et leur contenu est entraîné vers l'extérieur. De même, le sable soulevé par le vent peut remplir les boîtes et l'efficacité du piège sera réduite. D'après BENKHELIL (1991), un phénomène d'osmose commence à se produire si l'insecte reste trop longtemps dans le piège, ce qui fait gonfler l'abdomen et les parties molles de l'insecte.

2.3.1.2. - Récolte directe à la main

Selon LAMORTE et BOURLLIERE (1969) et BERNADOU (2006), la récolte directe à la main doit se faire en deux prélèvements. L'un est direct à la main et consiste à échantillonner les individus visibles sur la terre. L'autre se fait en prenant sur chaque station d'étude un prélèvement du sol à plusieurs endroits, de le submerger d'eau, de le secouer, et de filtrer l'écume ainsi formée sur un torchon (pansement) afin de récupérer les fourmis. Cependant, l'efficacité de la récolte manuelle des fourmis peut être compromise dans les habitats à végétation dense ou dans les sites où les fourmis sont principalement nocturnes ou

lorsque leurs nids sont très cryptiques (GOTELLI *et al.*, 2011). L'ensemble des espèces obtenues sont, par la suite, conservées dans des tubes à alcool de 96° afin de les examiner pour pouvoir les déterminer et donner leur position systématique. Comme pour l'échantillonnage précédent, les espèces ambiguës ont été déterminées par biologie moléculaire.

2.3.1.3. - Etude du régime alimentaire de *T. magnum*

Pour cette étude, nous présentons les principales caractéristiques de la fourmi *T. magnum* accompagnées par les techniques pratiquées sur terrain pour déterminer son statut trophique.

2.3.1.3.1. - Reconnaissance de l'espèce

T. magnum est une espèce de fourmi appartenant à la famille des Formicidae et la sous famille des Dolichoderinae. Elle fait partie d'une super-espèce *Tapinoma nigerrimum* comprenant 4 espèces très difficiles à distinguer par un non-spécialiste (SEIFERT *et al.*, 2017). Les quatre espèces sont *T. nigerrimum*, *T. darioi*, *T. magnum* et *T. ibericum*. L'une d'entre elle est *T. magnum* de la région méditerranéenne (LENOIR, 2018). Cette espèce est bien adaptée à survivre dans des régions froides. Elle est considérée comme invasive et hyperpolygyne c'est-à-dire plusieurs reines par colonie (DEKONINCK *et al.*, 2015), dont les supercolonies occupent des surfaces importantes. La taille de ces espèces est comprise entre 2 et 5 mm. Les ouvrières sont noires et luisantes avec une pubescence qui leur donne des nuances de gris (Fig.12). Au sein du genre *Tapinoma*, plusieurs critères permettent de différencier les espèces telles que le rapport de mesure du clypeus, et la taille des segments funiculaires, le rapport entre les segments funiculaires 2 et 3. Une reconnaissance du genre est possible à l'odeur car une fourmi écrasée entre deux doigts sent le beurre rance unique.



Figure 12 : Ouvrières de *Tapinoma magnum*, montrant le fort polymorphisme chez cette espèce. (Photo FREITAG et CHERIX, 2019)

2.3.1.3.2. - Technique utilisée pour l'examen des proies de *T. magnum*

L'étude du régime alimentaire de *T. magnum* nécessite la reconnaissance de l'espèce afin de circonscrire son nid et récupérer les restes de ses proies qui recouvrent le pourtour de l'ouverture des nids.

2.3.1.3.2.1. - Localisation des nids de *T. magnum*

On distingue les nids de *T. magnum* par la taille de ses colonies d'abord, elles sont géantes et se divisent rapidement, bien plus vite que la plupart des autres espèces, ce sont des nids connectés et se résument le plus souvent à un réseau de galeries assez superficiel autour d'un arbre, d'une souche, de gravats ou de dalles de béton, dans lesquels on peut trouver jusqu'à 350 reines (BAUMANN, 2018), les entrées ont une ouverture en forme de dôme d'un diamètre $> 900 \mu\text{m}$ (SEIFERT, 2012), Elle forme des nids souterrains, souvent très étendus et pouvant atteindre 1 m de profondeur, les entrées des galeries se signalant par la présence de petits cônes de particules de sol excavées (SEIFERT *et al.* 2017).(Fig.13).



Figure 13 : Nids de *T. magnum* (Originale).

2.3.1.3.2. 2. - Récupération des espèces-proies de *T. magnum*

La récupération des espèces-proies pour chaque nid, s'effectue autour de l'entrée en surface. Par ailleurs, à l'aide d'une pioche, nous avons déterré le nid avec beaucoup de précaution afin de récupérer les fragments coincés à l'intérieur. L'ensemble terre, végétaux et cadavres est récupéré et mis dans des boîtes de pétri où la date et le lieu exact de

la récolte sont mentionnés sur l'étiquette. Cette dernière technique présente quelques inconvénients tels que l'opérateur risque de ne pas ramasser la totalité des restes de cuticule et accentue le risque de fragmentation des parties de corps trouvées ce qui augmente la difficulté de la détermination.

2.3.2. - Méthodologie adoptée au laboratoire

Dans cette partie, les techniques utilisées au laboratoire abordées sont les mêmes pour identifier les fragments des espèces proies de *T. magnum* et les proies potentielles récupérées dans les pots Barber.

2.3.2.1. - Détermination des espèces présentes dans les nids de *T. magnum*

La détermination des espèces récupérées à partir des nids de *T. magnum* a été réalisée au laboratoire de zoologie à l'E.N.S.V. par Pr MARNICHE F, suite à une séparation préalable, à travers un petit tamis, des fragments des espèces-proies des particules de terre. Ensuite on regroupe les différents fragments dans des boîtes de Pétri afin d'être identifiés et dénombrés. Cette opération s'effectue à l'aide d'une loupe binoculaire et d'une pince à extrémité pointue en s'appuyant sur la forme, l'aspect, les ornements de la cuticule, la couleur et la taille des différents organes, en s'aidant de différentes clés de détermination et de collections d'insectes de l'insectarium du laboratoire d'entomologie du département de zoologie agricole à l'E.N.S.A. d'El Harrach. (Fig. 14).

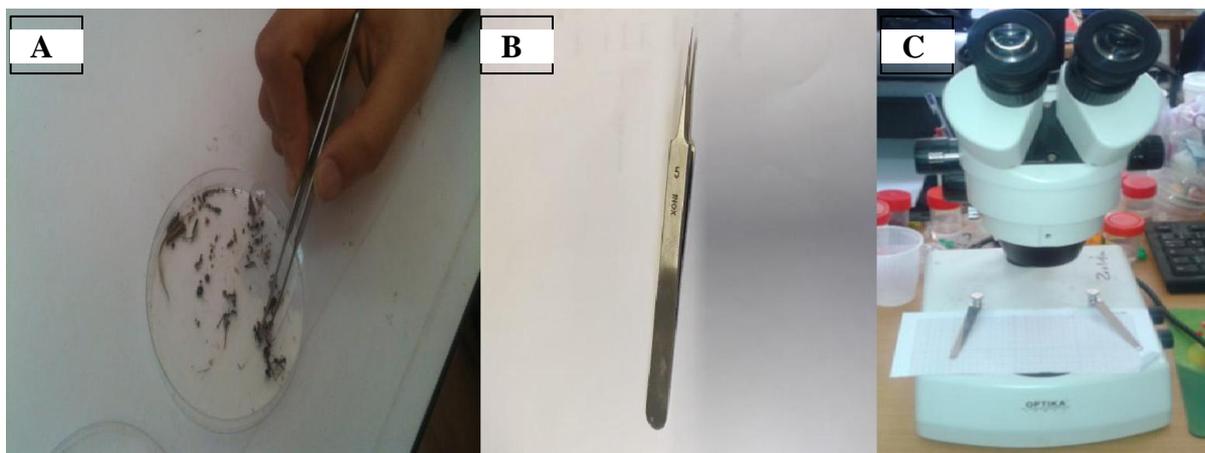


Figure 14 : Matériel utilisé pour la détermination des espèces présentes dans les nids de *T. magnum* (Original)

A : Boite de pétri; **B :** Pince à extrémité pointue; **C :** Loupe binoculaire.

2.4. - Méthodes d'exploitation des résultats

Les résultats obtenus peuvent être exploités en s'appuyant d'une part sur des indices écologiques de composition et de structures. Et d'autre part, nous avons utilisé l'indice de l'Ivlev qui va être accompagné par des méthodes statistiques.

2.4.1. - Indices écologiques de composition

Dans ce travail, les indices écologiques de composition exploités sont la richesse spécifique (totale et moyenne), l'abondance relative et la fréquence d'occurrence.

2.4.1.1. - Richesse spécifique totale (S)

Selon RAMADE (1984), la richesse spécifique totale correspond à la totalité des espèces qui compose une biocénose. C'est le nombre des espèces observées au moins une fois après N relevés effectués (BLONDEL, 1979). Durant cette étude, elle correspond au nombre total des espèces de fourmis trouvées dans les trois stations d'étude.

2.4.1.2. - Abondance relative (A.R. %)

L'abondance relative est la quantité d'individus correspondant à chaque espèce, qui représente le pourcentage d'individus d'une espèce (n_i) par rapport au totale des individus (N). L'abondance relative des espèces dans un peuplement ou dans un échantillon, caractérise la diversité faunistique d'un milieu donné (FRONTIER, 1983). D'après FAURIE *et al.* (2003), l'abondance relative s'exprime en pourcentage (%) par la formule suivante :

$$\text{A.R. (\%)} = (n_i / N) * 100$$

A.R. : Abondance relative exprimé en pourcentage

n_i : Nombre d'individus de l'espèce i

N : Nombre totale des individus

2.4.1.3. - Fréquence d'occurrence ou constance

D'après DAJOZ (2006), la constance (C) est le rapport du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée (P_i) sur le nombre total de relevés (P). Cette formule est exprimée en pourcentage :

$$\text{C (\%)} = (P_i / p) * 100$$

C (%) : Fréquence d'occurrence

P_i : Nombre de relevés contenant l'espèce i

P : nombre total de relevés

On distingue six (6) catégories d'espèces selon leur constance (BIGOT et BODOT, 1973).

Fréquences	Catégories
100%	Omniprésentes
>75%	Constantes
50<C%<75	Régulières
25<C%<50	Accessoires
5<C%<25	Accidentelles
C%<5	Rares

Afin de déterminer le nombre de classes de la constance, la règle de Sturge est appliquée.

$$\text{Nbre Cl.} = 1 + (3,3 \log_{10} N)$$

Nbre Cl. : nombre de classes de constance

N : nombre total des individus examinés

2.4.2. - Les indices écologiques de structure

Les indices écologiques de structure tels que la diversité de Shannon-Weaver (H'), la diversité maximale (H_{max}) et l'équitabilité (E) sont nécessaires pour interpréter nos résultats.

2.4.2.1. - Indice de diversité de Shannon-Weaver

D'après BLONDEL (1979), cet indice permet de mesurer la diversité du peuplement. Il est calculé par la formule suivante : $H' = - \sum P_i \log_2 P_i$

$P_i = n_i/n$ dont somme de $p_i = 1$

n_i : nombre d'individus appartenant à chaque espèce i

n : nombre total des individus de toutes les espèces.

2.4.2.2. Indice de Simpson

L'indice de Simpson permet d'estimer la biodiversité β d'une communauté. Il est calculé suivant la formule :

$$D = \sum N_i (N_i - 1) / (N (N - 1))$$

où ; N_i : nombre d'individus de l'espèce donnée

N : nombre total d'individus de toutes les espèces confondues

Il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard, appartiennent à la même espèce (MAGURRAN, 1988 ; 2004 in BARECH, 2014).

Plus D se rapproche de 0, plus les chances d'obtenir des individus d'espèces différentes sont élevées (comme D augmente, la diversité diminue). Il indique donc le maximum de diversité à 0, et le minimum de diversité à 1 (GRALL *et* HILY, 2003).

2.4.2.3. - Equitabilité

Elle représente le rapport entre la diversité effective de la communauté et sa diversité théorique maximale (BARBAULT, 1981). Elle est exprimé par :

$$E = H'/H_{\max}$$

$H_{\max} = \log_2 S$ d'où S est la richesse spécifique totale.

Les valeurs de l'équitabilité (E) varient entre 0 et 1 (RAMADE, 1984).

2.4.3. - Exploitation des résultats par l'indice d'Ivlev

Un autre indice utilisé pour l'exploitation des résultats est celui d'Ivlev. Cet indice permet d'obtenir une comparaison entre les disponibilités alimentaires du milieu et le régime alimentaire de l'espèce étudiée *T. magnum*. Il est calculé par la formule suivante :

$$Li = (r-p)/(r+p)$$

r : correspond à l'abondance relative d'un item i dans le régime alimentaire

p : correspond à l'abondance relative d'un item i dans le milieu.

Li fluctue de -1 à 0 pour les proies les moins sélectionnées et de 0 à 1 pour les proies les plus sélectionnées (JACOBS, 1974).

2.4.4. - Analyses statistiques

Les analyses statistiques employées pour exploiter les résultats de cette étude sont l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C.), le test de Khi2, le test de Kolmogorov-Smirnov (K-S), et l'analyse de la corrélation.

2.4.4.1. - Analyse factorielle des correspondances (A.F.C.)

C'est la méthode d'analyse multidimensionnelle qui permet d'établir un diagramme de dispersion unique dans lequel apparaissent à la fois chacun des caractères considérés et

chacun des individus observés. Le résultat est obtenu grâce à une méthode particulière de codification et par un calcul de valeurs propres, qui assure une parfaite symétrie entre les caractères et les individus, c'est à dire entre les lignes et les colonnes de la matrice des données initiales (DAGNELIE, 1975).

2.4.4.2. - Test de Khi-2 (X^2)

Le Khi-2 (X^2) est l'une des distributions théoriques les plus utilisées en statistique (SNEDECOR et COCHRAN, 1971). Il représente la somme des rapports entre les carrés des écarts et les effectifs théoriques.

2.4.4.3. - Test non paramétrique Kolmogorov-Smirnov (K-S)

Le test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) est l'un des tests d'adéquation non paramétriques les plus courants (avec le χ^2 mais ce dernier perd davantage d'information). Il porte le nom du mathématicien russe Andréï Nikoláevich Kolmogorov qui établit l'axiomatique des probabilités en 1933. Ce test permet d'estimer si le caractère d'un échantillon est distribué de façon comparable à celui d'un autre ou s'il peut être approximé par une loi de probabilité connue. Notamment, il donne une bonne indication d'ajustement à une loi normale. De plus il s'adapte aux échelles ordinales (SAPORTA, 2011).

2.4.4.4. – Analyse de la corrélation

Le coefficient de corrélation, généralement noté r , est une mesure de relation linéaire entre deux variables quantitatives. La valeur du coefficient de corrélation se situe entre - 1.0 (corrélation maximale négative) et + 1.0 (corrélation maximale positive). Une valeur du coefficient de corrélation près de 0 est une indication de l'absence de liaison linéaire entre les variables (DAGNELIE, 1975).

2.5. - Etude génétique de *T. magnum*

L'identification morphologique peut être extrêmement difficile sur certains genres de fourmis et l'approche d'identification génétique par barcoding a été menée au laboratoire de l'Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité au M.N.H.N., afin de confirmer les identifications morphologiques de l'espèce *Tapinoma*. Pour ceci, nous avons utilisé la séquence du cytochrome C oxydase mitochondriale (COI) (HEBERT *et al.* 2004 *in* SEIFERT *et al.* 2017), pour confirmer l'identification de 35 individus. Les séquences obtenues sont ensuite blastés sur GenBank (NCBI), Afin d'obtenir une précise identification de l'espèce.

Pour les microsattellites (PCR multiplex), nous avons étudié dans un premier temps, la diversité génétique en travaillant avec une ouvrière par nid sur notre échantillonnage de 26 colonies (Fig.15). Dans un deuxième temps, nous avons analysé une dizaine d'ouvrières pour dix colonies et une seule ouvrière pour 16 colonies (soit 126 ouvrières au total). Pour cela, nous avons utilisé 15 marqueurs microsattellites développés chez le genre *Tapinoma* par BUTLER *et al.*, 2014 ; ZIMA *et al.*, 2016.

Les détails des nids prélevés ainsi les coordonnées GPS des sites de prélèvement sont mentionnés dans le tableau 06 en annexe.

2.5.1. - Analyse génétique

L'extraction de L'ADN des ouvrières a été réalisé à l'aide d'une solution de Chelex à 7% (Il s'agit de Chelex Resin molecular Biology grade 200-4000m est un sodium form : Biorad cat 142-1253). Pour ceci, on broie un individu de fourmi dans un puits d'une barrette de 8 microtubes contenant 10 µl de protéinase K (15mg/ml), on ajoute par la suite 150 µl de Chelex (solution sous agitation), puis on fait incuber le tube dans un thermocycler pendant 2 heures à 55°C et 15 min à 90°C. Les extraits d'ADN obtenus sont conservés à 4°C. Pour prélever l'ADN, il faut laisser redescendre les billes de Chelex et prélever 2 µl de solution à la surface.

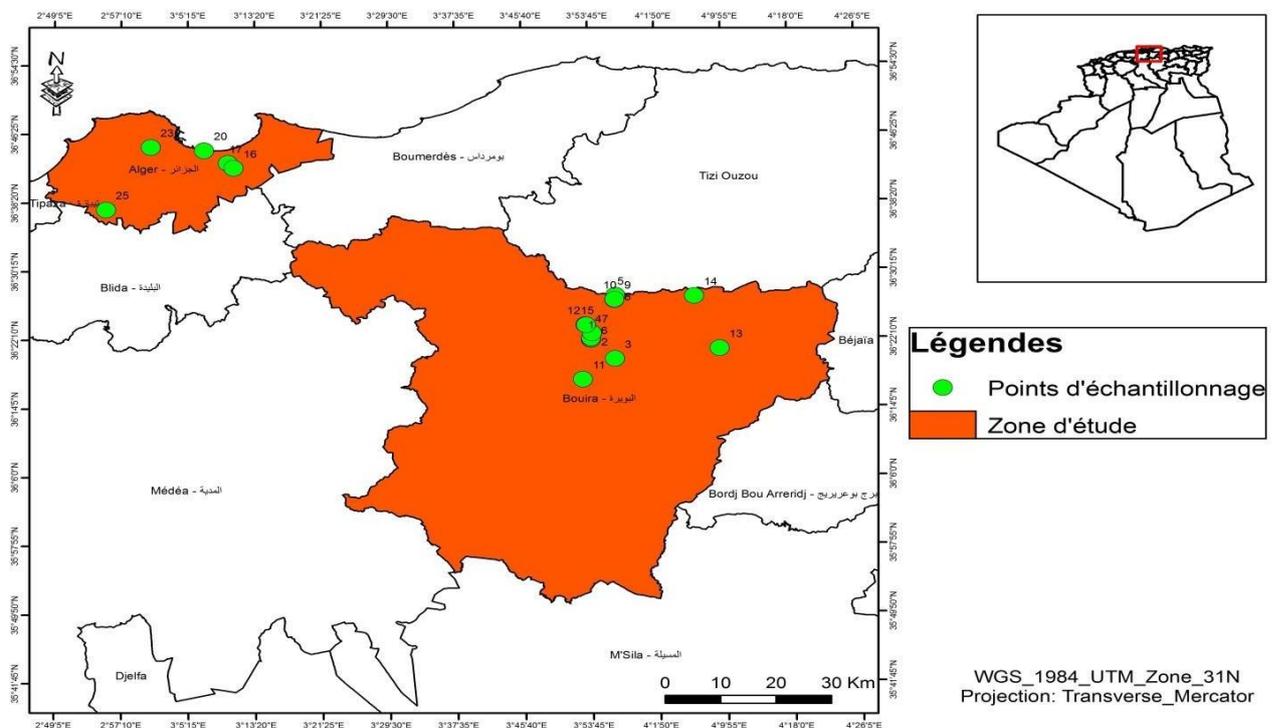


Figure 15 : Carte de la zone d'étude et des 62 points de prélèvement.

2.5.1.1. – Identification génétique par COI

La confirmation des *Tapinoma* a été réalisée par la technique du barcoding de l'ADN mitochondrial du cytochrome C oxydase mitochondriale la sous-unité I (COI) qui a été amplifiée par PCR en utilisant les amorces LEP F1(5'ATTCAACCAATCATAAAGATAT-3') et LEP-R (5TAAACTTCTGGATGTCCAAAAA-3') (HEBERT et al. 2004 in SEIFERT et al. 2017). Pour la préparation des mix d'amorces, on a suivi le protocole mis à disposition dans le laboratoire. Pour une réaction, il faut 21.6 µl d'eau, 3 µl de buffer, 0,75 µl de dNTP, 0,75 µM de chaque amorce F et R, et 0.3 U de Dream taq, 3 X tampon. Après la préparation des mix, on répartit 27 µl de mix dans la plaque PCR (plaque semi-jupée, ref : 4titude, 4ti-0770/C), et on ajoute 3 µl d'ADN. Ensuite on fait incuber dans un thermocycler dont les conditions d'amplifications sont les suivantes ; une première dénaturation à 94 °C pendant 5 min suivie de 40 cycles successifs, chaque cycle comprend une succession de trois phases : une dénaturation à 94 °C pendant 45 sec, une phase d'hybridation à la température optimale déterminée à 48°C pendant 45 sec et une élongation à 72 °C pendant 1 min. Enfin, une dernière étape d'élongation à 72 C pendant 5 min et un stockage à 12 °C. Le séquençage a été réalisé en Sanger, le nettoyage de séquence a été réalisé avec CodonCode pour obtenir des séquences consensus, ces dernières ont été blastées sur NCBI (GenBank) afin d'identifier l'espèce.

2.5.1.2. - PCR multiplex (Microsatellites)

L'estimation des fréquences alléliques et de l'organisation génétique des nids se sont basés sur les marqueurs microsatellites. Ces marqueurs ont vite acquis le statut de marqueurs privilégiés en génétique des populations en raison des avantages qu'ils offrent, notamment un prix avantageux et une grande diversité génétique permettant l'étude de l'organisation sociogénétique des nids. Le génotypage fluorescent implique généralement l'utilisation d'amorces spécifiques de locus marquées par fluorescence qui garantissent que les PCR sont marqués aux extrémités avec des fluorophores avant l'analyse (BLACKET et al, 2012). Pour préparer les 3 mix d'amorces, les amorces F, R et les tails avec les fluorochromes (qui est une substance capable d'émettre de la lumière de fluorescence après excitation), doivent être diluées avec de l'eau ultra-pure. Les détails des concentrations de chaque mix A, B et C sont mentionnées dans les tableaux 1,2 et 3 respectivement en annexes. Des réactions d'amplification ont été réalisées dans un même mix PCR à l'aide d'un réactif : Type-it microsatellite PCR kit (Qiagen, 206246) (qui est un master mix contenant des enzymes, du tampon et dNTP), en suivant les recommandations du fabricant (Pour un volume final de

12.0 μ l par PCR, il faut répartir 10 μ l de mix, et 2 μ l d'ADN). Les détails de la préparation du Mix PCR sont notés dans le tableau 4 en annexe. Les conditions d'amplification sont les suivantes : une première dénaturation à 95 °C pendant 5 min suivie de 36 cycles successifs, chaque cycle comprend une succession de trois phases : une dénaturation à 95 °C pendant 30 sec, une phase d'hybridation à la température optimale déterminée à 60°C pendant 3 min selon l'amorce et une élongation à 72 °C pendant 30 sec. Enfin, une dernière étape d'élongation à 60 °C pendant 30 min est programmée et une phase de refroidissement à 4 °C. (Fig.16).

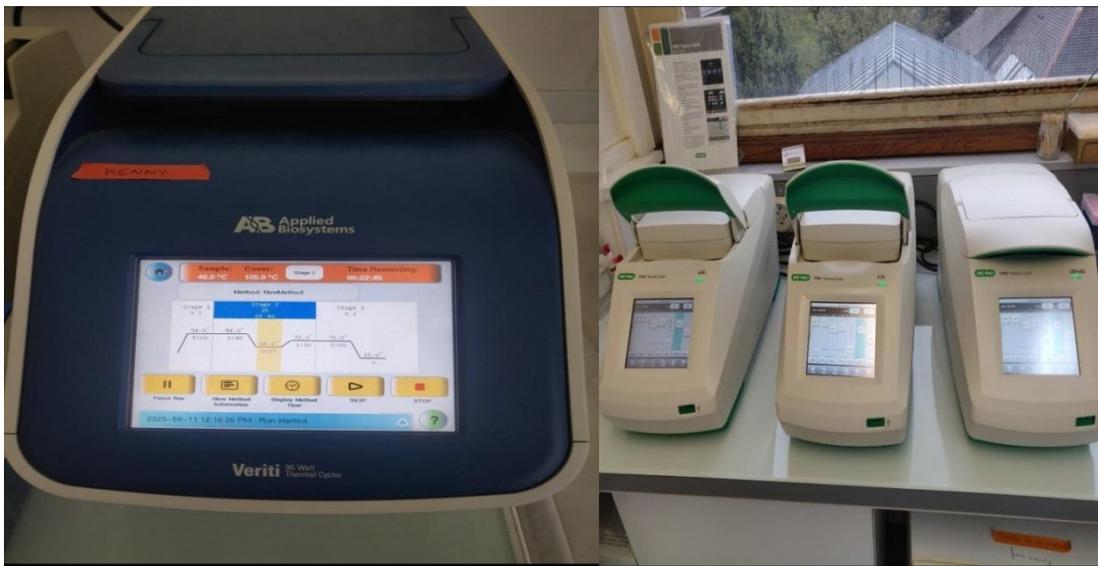


Figure 16: Programme PCR sur Thermocycleur (Photo originale).

2.5.1.3. - Génotypage

Le génotype a été effectué par la plateforme GENTYANE. La lecture des allèles a été réalisée à l'aide du logiciel GeneMapper et la LIZ 600 a été utilisée comme marqueur de taille. Cela permet de générer une courbe d'étalonnage et ainsi de pouvoir déterminer la taille des allèles. Le codage des allèles a été fait à l'aide du logiciel R 3.5.1.

2.5.2. - Analyse statistique

Les résultats obtenus sont traités à l'aide du logiciel COLONY 2.0.6.6 (Wang, 2008) qui permet d'estimer l'appartenance des individus au sein d'une population à partir de leur génotype multilocus. Il permet notamment de déterminer quels individus sont frères et sœurs dans une population dont le génotype des parents est inconnu. Ce logiciel nous a permis donc

d'inférer la structure génétique des colonies sans préciser l'origine coloniale des individus. Nous avons également utilisé les fréquences alléliques estimées par COLONY afin de calculer l'apparentement (Rall) (QUELLER and GOODNIGHT, 1989) au sein des colonies de chaque population avec le logiciel COANCESTRY.

Chapitre III

Résultats

Chapitre III - Résultats sur la myrmécofaune du parc national de Djurdjura, le régime alimentaire de *Tapinoma magnum* ainsi les résultats de la structure génétique de cette espèce de fourmi

Dans le présent chapitre, les résultats de l'échantillonnage effectué dans nos sites d'étude sont exploités par des indices écologiques de composition, de structure ainsi que par des analyses statistiques.

3.1. - Espèces de fourmis capturées par la méthode des pots Barber

Les données obtenues grâce à la méthode des pots Barber dans les trois stations d'études sont regroupées et exploités par les différentes méthodes.

3.1.1. - Exploitation des résultats par des indices écologiques

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

3.1.1.1. - Indices écologiques de composition

Les indices écologiques de composition pris en considération sont, la richesse totale, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence.

3.1.1.1.1. - Richesse spécifique totale

Les valeurs de la richesse spécifique totale des espèces de fourmis piégées dans le parc national de Djurdjura montrent une diversité myrmécologique importante, avec un total de 1499 individus, appartenant à 25 espèces et 13 genres, les détails sont mentionnés dans le tableau 05.

Tableau 05 : Espèces de Formicidae piégées par les pots Barber dans les trois stations

Sous Familles	Code	Espèces	Site 01	Site 02	Site 03
Dolichoderinae Forel, 1878	001	<i>Tapinoma magnum</i> (Mayr, 1861)	+	+	+
Myrmicinae Lepelletier de saint fargeau, 1835	002	<i>Aphaenogaster testaceo-pilosa</i> (Lucas, 1849)	+	+	+
	003	<i>Aphaenogaster depilis</i> (Santschi, 1911)	+	+	+

	004	<i>Aphaenogaster crocea</i> (André, 1881)	-	-	+
	005	<i>Messor sanctus</i> (Emery, 1921)	+	-	-
	006	<i>Messor barbarus</i> (Linnaeus, 1767)	+	-	+
	007	<i>Messor capitatus</i> (Latreille, 1798)	+	+	-
	008	<i>Messor foreli</i> (Santschi, 1923)	-	+	-
	009	<i>Crematogaster scutellaris</i> (Olivier, 1792)	+	+	-
	010	<i>Crematogaster</i> sp.(Lund, 1831)	+	-	-
	011	<i>Monomorium salomonis</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-
	012	<i>Pheidole pallidula</i> (Nylander, 1849)	+	+	+
	013	<i>Pheidole</i> sp.(Westwood, 1839)	-	+	+
	014	<i>Solenopsis</i> sp.	+	-	-
	015	<i>Tetramorium caespitum</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+
	016	<i>Tetramorium biskrense</i> (Forel, 1904)	-	+	+
	017	<i>Tetramorium semilaeve</i> (André, 1883)	+	-	-
	018	<i>Temnothorax</i> sp. (Mayr, 1861)	+	+	+
Formicinae Latreille, 1809	019	<i>Cataglyphis viatica</i> (Fabricius, 1787)	+	+	+
	020	<i>Camponotus cruentatus</i> (Latreille, 1802)	+	+	+
	021	<i>Camponotus alii</i> (Forel, 1890)	+	-	+
	022	<i>Camponotus erigens subconcolor</i> (Emery, 1920)	+	-	-
	023	<i>Camponotus piceus</i> (Leach, 1825)	+	+	+
	024	<i>Lasius</i> sp. (Fabricius, 1804)	-	-	+
	025	<i>Plagiolepis barbara</i> (Santschi, 1911)	+	+	+
S		25	20	15	16

+ : Espèce présente ; - : espèce absente ; S : Richesse spécifique totale

Il ressort de l'analyse du tableau 05, que le P.N.D. est riche en fourmis avec un total de 25 espèces répartis en trois sous familles (Dolichoderinae, Myrmicinae et Formicinae), et 12 genres (*Tapinoma*, *Aphaenogaster*, *Cataglyphis*, *Messor*, *Crematogaster*, *Monomorium*, *Lasius*, *Pheidole*, *Tetramorium*, *Camponotus*, *Temnothorax* et *Plagiolepis*). Il est à noter que la valeur de la richesse totale (S) enregistrée dans le site 1 (station de Tigounatine réservé aux

pins noir) est la plus élevée soit 20 espèces. Suivie par celle enregistrée dans le site 3 avec 16 espèces et une valeur de 15 espèces pour le site 2.

3.1.1.1.2. - Abondance relative des espèces de Formicidae récoltées par les pots Barber

Les abondances relatives des sous familles de Formicidae piégées dans les trois stations d'étude sont présentées graphiquement dans la figure 12, alors que celles des espèces sont regroupées dans le tableau 06 et représentées sous forme histogramme dans la figure 17.

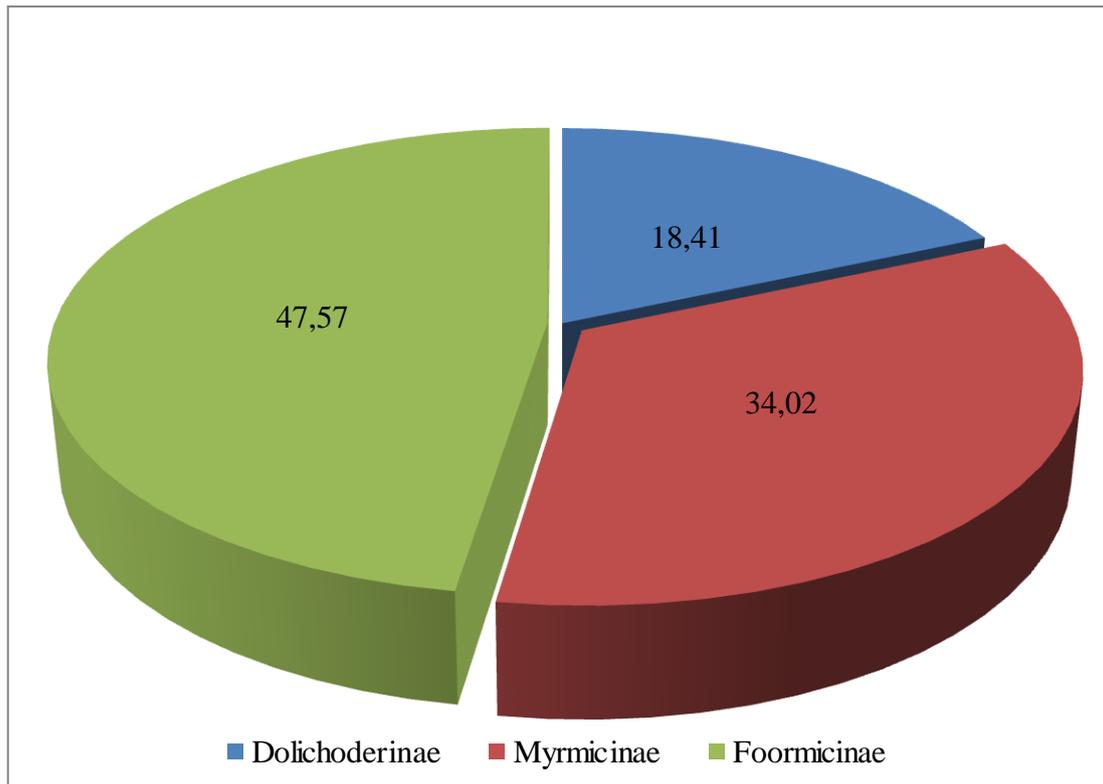


Figure 17 : Abondances relatives des espèces des sous familles de fourmis capturées dans les trois stations par les pots Barber

D'après les résultats montrés dans la figure 16, on note la dominance de la sous-famille des Formicinae (48%) suivie par les sous famille des Myrmicinae (34%) et Dolichoderinae (18%).

Tableau 06 : Effectifs et abondances relatives des espèces de fourmis échantillonnées dans les trois stations d'études par la méthode des pots Barber

Sous Familles	Code	sEcèpsE	ni	A.R%
Dolichoderinae	001	<i>Tapinoma magnum</i>	276	18,41
Myrmicinae	002	<i>Aphaenogaster testaceo-pilosa</i>	114	7,61
	003	<i>Aphaenogaster depilis</i>	92	6,14
	004	<i>Aphaenogaster crocea</i>	1	0,08
	005	<i>Messor sanctus</i>	2	0,13
	006	<i>Messor barbarus</i>	125	8,34
	007	<i>Messor capitatus</i>	2	0,13
	008	<i>Messor foreli</i>	2	0,13
	009	<i>Crematogaster scutellaris</i>	13	0,88
	010	<i>Crematogaster</i> sp.	2	0,13
	011	<i>Monomorium salomonis</i>	1	0,08
	012	<i>Pheidole pallidula</i>	69	4,60
	013	<i>Pheidole</i> sp.	4	0,28
	014	<i>Solenopsis</i> sp.	3	0,20
	015	<i>Tetramorium caespitum</i>	40	2,67
	016	<i>Tetramorium biskrense</i>	17	1,13
	017	<i>Tetramorium semilaeve</i>	8	0,53
	018	<i>Temnothorax</i> sp.	15	1,00
	Formicinae	019	<i>Cataglyphis viatica</i>	181
020		<i>Camponotus cruentatus</i>	469	31,29
021		<i>Camponotus alii</i>	32	2,14
022		<i>Camponotus erigens subconcolor</i>	1	0,07
023		<i>Camponotus piceus</i>	12	0,80
024		<i>Lasius</i> sp.	8	0,53
025		<i>Plagiolepis barbara</i>	10	0,67
Total = 3		25	1499	100

ni : Effectif de l'espèce i ; A.R% : Abondance relative en pourcentage

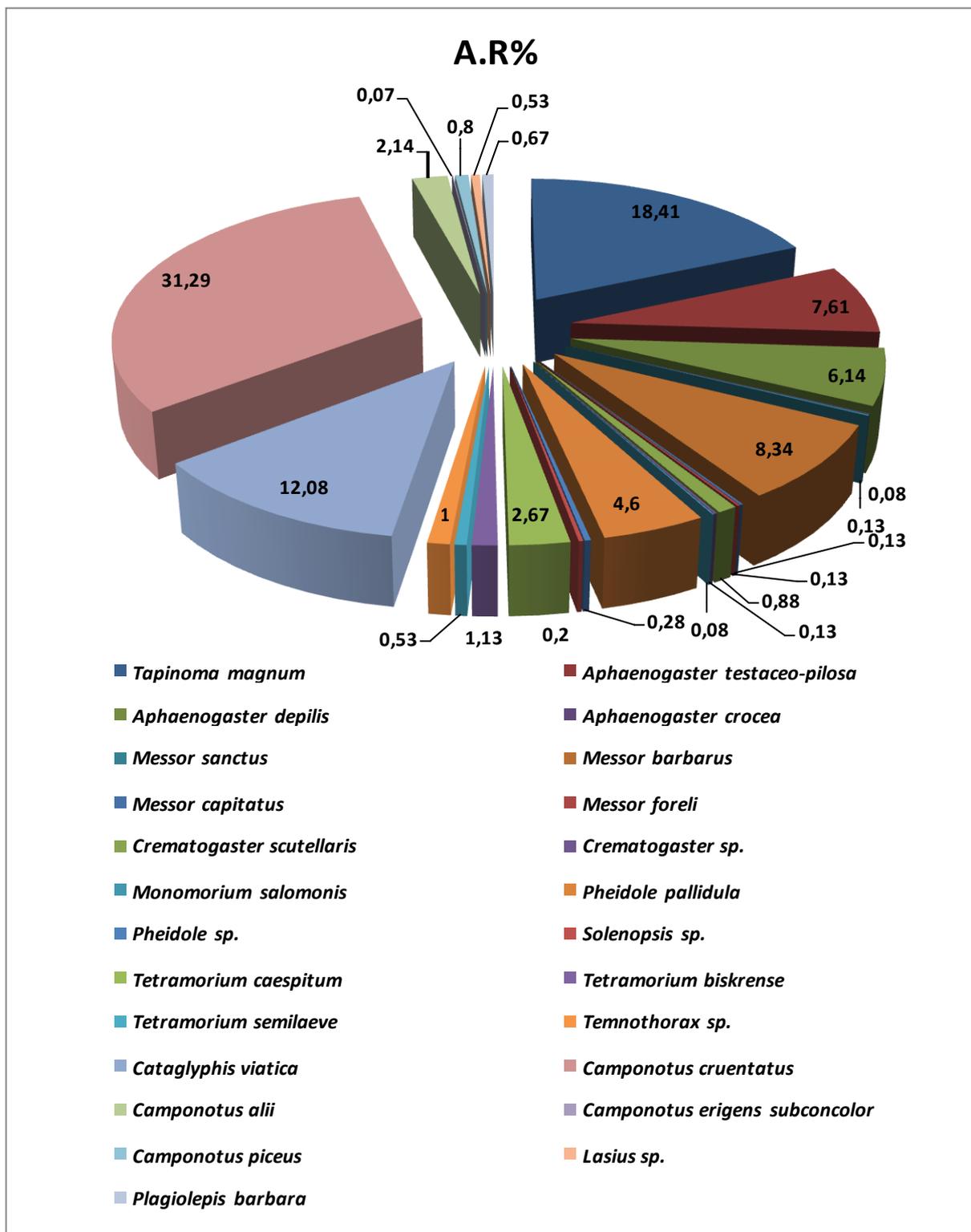


Figure 18 : Abondances relatives des espèces de fourmis capturées par la technique des pots Barber dans les sites d'étude

La lecture du tableau 06, montre que le parc national de Djurdjura est d'une diversité myrmécologique importante, avec un total de 1499 individus, appartenant à 25 espèces et 13

genres. *Camponotus cruentatus* est l'espèce la plus abondante (469 individus correspondant à 31,3%) suivie par la fourmi *Tapinoma magnum* avec un total de 276 individus (A.R.=18,41). Il est à remarquer que trois fourmis (*Aphaenogaster crocea*, *Monomorium salomonis*, *Camponotus erigens subconcolor*) sont faiblement notées avec un seul individu chacune (Fig. 18).

3.1.1.1.3. - Fréquence d'occurrence des fourmis capturées

Les valeurs des fréquences d'occurrence et les catégories de fourmis piégées dans les trois stations d'étude sont mentionnées dans le tableau 07.

Tableau 07 : Variation, des abondances relatives, de l'occurrence et des catégories des fourmis en fonction des sites d'étude récoltés par la méthode des pots Barber

Sites	Site 1			Site 2			Site 3		
Paramètres	AR%	O%	Cat.	AR%	O%	Cat.	AR%	O%	Cat.
Espèces	AR%	O%	Cat.	AR%	O%	Cat.	AR%	O%	Cat.
<i>Tapinoma magnum</i>	30,52	10	R	7,71	15	R	7,25	20	ACD
<i>Aphaenogaster testaceo pilosa</i>	5,91	40	ACC	11,94	45	TA	6,22	20	ACD
<i>Aphaenogaster depilis</i>	8,30	10	R	1,74	10	R	6,74	15	R
<i>Aphaenogaster crocea</i>	-	-	-	-	-	-	0,26	5	TR
<i>Messor sanctus</i>	0,28	5	TR	-	-	-	-	-	-
<i>Messor barbarus</i>	16,46	10	R	-	-	-	2,07	10	R
<i>Messor capitatus</i>	0,14	5	TR	0,25	5	TR	-	-	-
<i>Messor foreli</i>	-	-	-	0,50	5	TR	-	-	-
<i>Crematogaster scutellaris</i>	0,56	5	TR	2,24	5	TR	-	-	-
<i>Crematogaster sp.</i>	0,28	5	TR	-	-	-	-	-	-
<i>Monomorium salomonis</i>	0,14	5	TR	-	-	-	-	-	-
<i>Pheidole pallidula</i>	3,80	25	ACD	3,48	25	ACD	7,25	35	ACC
<i>Pheidole sp.</i>	-	-	-	0,75	10	R	0,26	5	TR
<i>Solenopsis sp.</i>	0,42	10	R	-	-	-	-	-	-
<i>Tetramorium caespitum</i>	1,97	15	R	5,22	15	R	1,30	15	R
<i>Tetramorium biskrense</i>	-	-	-	1,24	15	R	3,11	15	R
<i>Tetramorium semilavae</i>	1,13	0	TR	-	-	-	-	-	-
<i>Temnothorax sp.</i>	0,56	5	TR	1,99	10	R	0,78	5	TR
<i>Cataglyphis viaticus</i>	11,67	10	R	12,44	20	ACD	12,44	20	ACD
<i>Camponotus cruentatus</i>	12,80	25	ACD	48,51	45	TA	47,41	40	ACC
<i>Camponotus alii</i>	4,22	10	R	-	-	-	0,52	5	TR
<i>Camponotus erigens (subconcolor)</i>	0,14	5	TR	-	-	-	-	-	-
<i>Camponotus piceus</i>	0,56	5	TR	0,75	10	R	1,30	10	R
<i>Lasius sp.</i>	-	-	-	-	-	-	2,07	5	TR
<i>Plageolepis barbara</i>	0,14	5	TR	1,24	10	R	1,04	5	TR

AR% : Abondance relative ; O% : Fréquence d'Occurrence ; - : Absence ; Cat. : Catégorie de constance ; TR : très rare ; R : rare ; ACD : Accidentelle ; ACC : accessoire ; TA : Très Accessoire.

Dans les trois stations d'études, dix catégories d'espèces de fourmis sont notées selon la règle de Struge, le nombre de classes de constances est égal à 10, avec un intervalle de 9,6, mais il est arrondi par excès à 10.

Les valeurs des fréquences d'occurrence des formicidés capturés dans les trois stations d'études varient entre 5 et 45 % (Tab.07) ce qui signifie que la distribution des fourmis est similaire dans tous les sites d'études. Sur un total de 20 espèces de fourmis rencontrées dans le site 1, dix espèces sont dites très rares, sept espèces sont classées comme rares, deux espèces considérées comme accidentelles et une espèce est considérée comme accessoire il s'agit de *Aphaenogaster testaceo pilosa* (O%=40).

Au niveau de la station 2, les espèces *Tapinoma magnum*, *Aphaenogaster depilis*, *Pheidole* sp., *Tetramorium caespitum*, *Tetramorium biskrense*, *Temnothorax* sp., *Camponotus piceus* et *Plageolepis barbara* sont signalées comme rares avec une valeur d'occurrence qui varie entre 10 et 15%. Tandis que 3 espèces de fourmis sont classées très rares, deux sont considérés comme très accessoires et deux autres espèces comme accidentelles.

La myrmécofaune du site 3 est classée dans cinq catégories, dont la plus fréquente est la classe des espèces très rares avec six espèces, tant dis que la valeur d'occurrence la plus élevée est notée pour *Camponotus cruentatus* (O%=40) correspondant à la classe accessoire (Tab. 07).

3.1.1.2. - Indices écologiques de structures

Les indices écologiques de structures utilisés sont l'indice de diversité de Shannon-Weaver et l'indice de Simpson.

2.1.1.2.1. - Indice de diversité de Simpson et Shannon

Le tableau 08 englobe plusieurs paramètres de diversité. Ceux qui nous intéressent dans cette partie sont l'indices de diversité de Shannon (H') ainsi que l'indice de Simpson 1-D appliquées aux individus des espèces de fourmis dans les trois sites d'étude.

Tableau 08 : Valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver et l'indice de Simpson dans les trois sites d'étude

Paramètres	Site 1	Site 2	Site 3
Richesse totale S	20	15	16
Nombre d'individus	711	402	386
Dominance_D	0,1645	0,2766	0,2615
Shannon_H	2,11	1,79	1,87
Simpson_1-D	0,8355	0,7234	0,7385
Equitabilité E	0,4136	0,3992	0,4066

Il ressort de l'analyse du tableau 08 que la richesse et les effectifs des fourmis sont plus élevés dans le site1 (avec une richesse spécifique totale est égal à 20 espèces). La dominance tend vers 0 dans les trois sites, ce qui veut dire qu'il n'y a pas une espèce qui domine les autres. L'indice de Shannon mesure la régularité avec laquelle les individus sont divisés parmi les taxons présents. Il révèle des valeurs proches de 2 dans les trois sites, ceci explique que la partie Sud du parc national de Djurdjura est assez diversifié en fourmis. Les valeurs du Simpson (1-D), tendent vers 1, cela veut dire que la diversité est maximale. Les valeurs de planéité pour les trois sites sont presque similaires.

3.1.2. - Analyse factorielle des correspondances appliquée aux espèces de fourmis relevées dans les différentes stations d'étude

Dans la présente partie, l'exploitation des résultats par l'analyse factorielle des correspondances met en évidence la distribution des fourmis et la présence ou l'absence de ces espèces en fonction des stations. La contribution des espèces de Formicidae pour différencier les trois stations d'études est égale à 85,54% pour l'axe 1 et 14,46% pour l'axe 2.

La participation des espèces de fourmis à la formation des axes 1 et 2 est la suivante :
Axe 1 : les espèces de fourmis qui participent le plus à la contribution de l'axe 1 avec un pourcentage de 14,77% sont : *Monomorium pharaonis* et *Plagiolepis barbara*, suivie par *Aphaenogaster* sp. *Monomorium* sp. *Tetramorium semilaevea*, et *Tetramorium* sp. Avec un même taux (9,99%).

Crematogaster scutellaris, et *Myrmica* sp. Interviennent avec un taux de 3,59%. Les espèces qui participent avec 2,19% sont *Aphaenogaster depilis*, *Cataglyphis viaticus*, *Messor barbara*, *Pheidole pallidula*, et *Tapinoma nigerrimum*. Les autres espèces correspondent à des faibles taux (0,21%).

Axe 2 : Les espèces qui participent le plus à la construction de l'axe 2 sont *Crematogaster scutellaris* et *Myrmica* sp. Avec un pourcentage de 22,30%. Ces espèces sont suivies par celles qui possèdent un taux de 8,18% telles que, *Aphaenogaster depilis*, *Cataglyphis viaticus*, *Lepisiota frauenfeldi*, *Messor barbara*, *Pheidole pallidula*, *Tapinoma nigerrimum*. et par celle qui présente un taux de 1,65% qui est *Plagiolepis barbara*. Les autres espèces participent avec un pourcentage faible qui égal à 0,32%.

La figure 19 montre une bonne répartition des espèces de fourmis dans les trois sites d'étude de la partie Sud du parc national de Djurdjura dans une représentation graphique de l'analyse factorielle des correspondances avec un taux de 100% de contribution pour les deux axes 1 et 2. Trois groupement nuiipiirp (A, B et C) sort du nuage et chacun représente les espèces de fourmis qui existent dans le site 1, 2 et 3, ou représente une forte dominance.

Répartition des espèces en fonctions des stations d'études

Le groupement A se trouve dans le quadrant 2, le groupement B se situe dans le quadrant 1 tandis que et le groupement C se situe dans le quadrant 3.

Le groupement A renferme 9 fourmis qui sont présentes dans le site 1, comme *Tapinoma magnum* (001), *Messor barbarus* (006), *Camponotus alii* (021), tans dis que le groupement D ne comprends que les espèces qui sont présente dans le site 1, il s'agit de *Messor sanctus* (005), *Crematogaster* sp. (010), *Monomorium salomonis* (011), *Tetramorium semilaeve* (017), *Solenopsis* sp. (014), *Camponotus erigens subconcolor* (022).

Le groupe B comprend les espèces présentes dans le site 2 tels qu'*Aphaenogaster testaceo-pilosa* (002), *Crematogaster scutellaris* (009), *Pheidole* sp. (013), *Tetramorium caespitum* (015), *Temnothorax* sp. (018).

Le groupe E ne comprend que la fourmi *Messor foreli* (008) qui est une espèce présente uniquement dans le site 2.

Le groupe C comprends les fourmis présentes dans le site 3, il s'agit de *Tetramorium biskrense* (0016), tans dis que le groupe F ne présente que les espèces présentes dans le site 3, il s'agit de *Aphaenogaster crocea* (004) et *Lasius* sp. (024).

Le groupement G renferme 10 fourmis qui sont notées comme espèces communes dans les trois stations comme *Tapinoma magnum* (001), *Aphaenogaster testaceo-pilosa* (002), *Aphaenogaster depilis* (003), *Pheidole pallidula* (012), *Tetramorium caespitum* (015), *Temnothorax* sp. (018), *Cataglyphis viatica* (019), *Camponotus cruentatus* (020), *Camponotus piceus* (023), *Plageolepis barbara* (025).

Tableau 09 : Myrmécofaune capturée à la main dans les trois stations d'étude

Sous Familles	sEcèpsE	Code	Site 1	Site 2	Site 3
Dolichoderinae	<i>Tapinoma magnum</i>	1	+	+	+
Myrmicinae	<i>Tetramorium biskrense</i>	2	+	+	+
	<i>Crematogaster scutellaris</i>	3	-	+	+
	<i>Crematogaster</i> sp.	4	+	-	-
	<i>Temnothorax</i> sp.	5	+	+	+
	<i>Pheidole pallidula</i>	6	+	+	+
	<i>Pheidole</i> sp.	7	-	+	-
	<i>Monomorium salomonis</i>	8	-	+	-
	<i>Messor barbarus</i>	9	+	+	+
	<i>Aphaenogaster testaceo pilosa</i>	10	+	+	+
	<i>Aphaenogaster depilis</i>	11	+	+	+
	<i>Tetramorium semilaeve</i>	12	+	+	+
Formicinae	<i>Cataglyphis viatica</i>	13	+	+	+
	<i>Camponotus cruentatus</i>	14	+	+	+
	<i>Camponotus alii</i>	15	+	+	+
	<i>Camponotus barbaricus</i>	16	+	+	+
	<i>Plageolepis barbara</i>	17	+	-	-
S	18	17	14	15	13

+ : Espèce présente ; - : Espèce absente ; S : Richesse spécifique totale

L'emploi de la technique de récolte directe à la main nous a permis de recenser un total de 18 espèces de fourmis appartenant à 3 sous-familles (Dolichoderinae, Myrmicinae et Formicinae). Dont 11 genres ont été marqué (*Tapinoma*, *Aphaenogaster*, *Crematogaster*, *Messor*, *Monomorium*, *Pheidole*, *Tetramorium*, *Camponotus*, *Temnothorax*, *Cataglyphis* et *Plagiolepis*) (Tab.09). La richesse spécifique totale du site 1 est de 14 espèces, tandis que le site 2 est de 15 et site 3 est de 13 espèces.

3.2.1.2. - Abondance relative de la myrmécofaune capturée à la main

Les abondances relatives des espèces de Formicidae piégées dans les trois stations d'étude sont présentées dans le tableau 10 et représentées graphiquement dans les figures 20,21 et 22.

Tableau 10 : Effectifs et abondances relatives des espèces de fourmis échantillonnées dans les trois stations d'études

Espèces	Site 1		Site 2		Site 3		
	ni	A.R. %	ni	A.R. %	ni	A.R. %	
Dolichoderinae							
<i>Tapinoma magnum</i>	223	44,96	94	26,70	68	20,12	
Myrmicinae	<i>Tetramorium biskrense</i>	33	6,65	19	5,40	38	11,24
	<i>Crematogaster scutellaris</i>	-	-	9	2,56	18	5,33
	<i>Crematogaster</i> sp.	3	0,60	-	-	-	-
	<i>Temnothorax</i> sp.	5	1,01	3	0,85	4	1,18
	<i>Pheidole</i> sp.	-	-	2	0,57	-	-
	<i>Monomorium salomonis</i>	-	-	1	0,28	-	-
	<i>Messor barbarus</i>	14	2,82	21	5,97	27	7,99
	<i>Aphaenogaster testaceopilosa</i>	20	4,03	11	3,13	21	6,21
	<i>Aphaenogaster depilis</i>	19	3,83	25	7,10	62	18,34
	<i>Pheidole pallidula</i>	19	3,83	13	3,69	11	3,25
<i>Tetramorium semilaeve</i>	2	0,40	1	0,28	2	0,59	
Formicidae	<i>Camponotus cruentatus</i>	86	17,34	90	25,57	60	17,75
	<i>Camponotus alii</i>	17	3,43	17	4,83	9	2,66
	<i>Camponotus barbaricus</i>	4	0,81	23	6,53	7	2,07
	<i>Cataglyphis viatica</i>	49	9,88	23	6,53	11	3,25
	<i>Plageolepis barbara</i>	2	0,40	-	-	-	-
Total	496	100	352	100	338	100	

- : Espèce absente; **ni** : Effectifs ; **A.R. (%)** : Abondance relative

En ce qui concerne les effectifs des espèces de formicidés capturées à la main, il est à remarquer que *T. magnum* est l'espèce la plus présente dans les trois sites d'étude (Tableau 10). Dans le site 1 elle est suivie par *C. cruentatus* (A.R.% = 17,34%) et *C. viatica* avec un taux de 9,88%. Les autres espèces sont faiblement présentées avec une fréquence centésimale qui varie entre (0,40 et 6,65 %) (Fig.19). Pour le site 2, *T. magnum* est suivie par *C. cruentatus* un taux d'abondance de 25,57%, la valeur la plus faible est marquée par *T. semilaeve* avec un taux de (0,28 %) (Fig.20). Tans dis que dans le site 3, *A. depilis* est dans la deuxième position avec une abondance de 18,34 % et *T. semilavae* représente la valeur la plus faible avec 0,59 % (Fig.21).

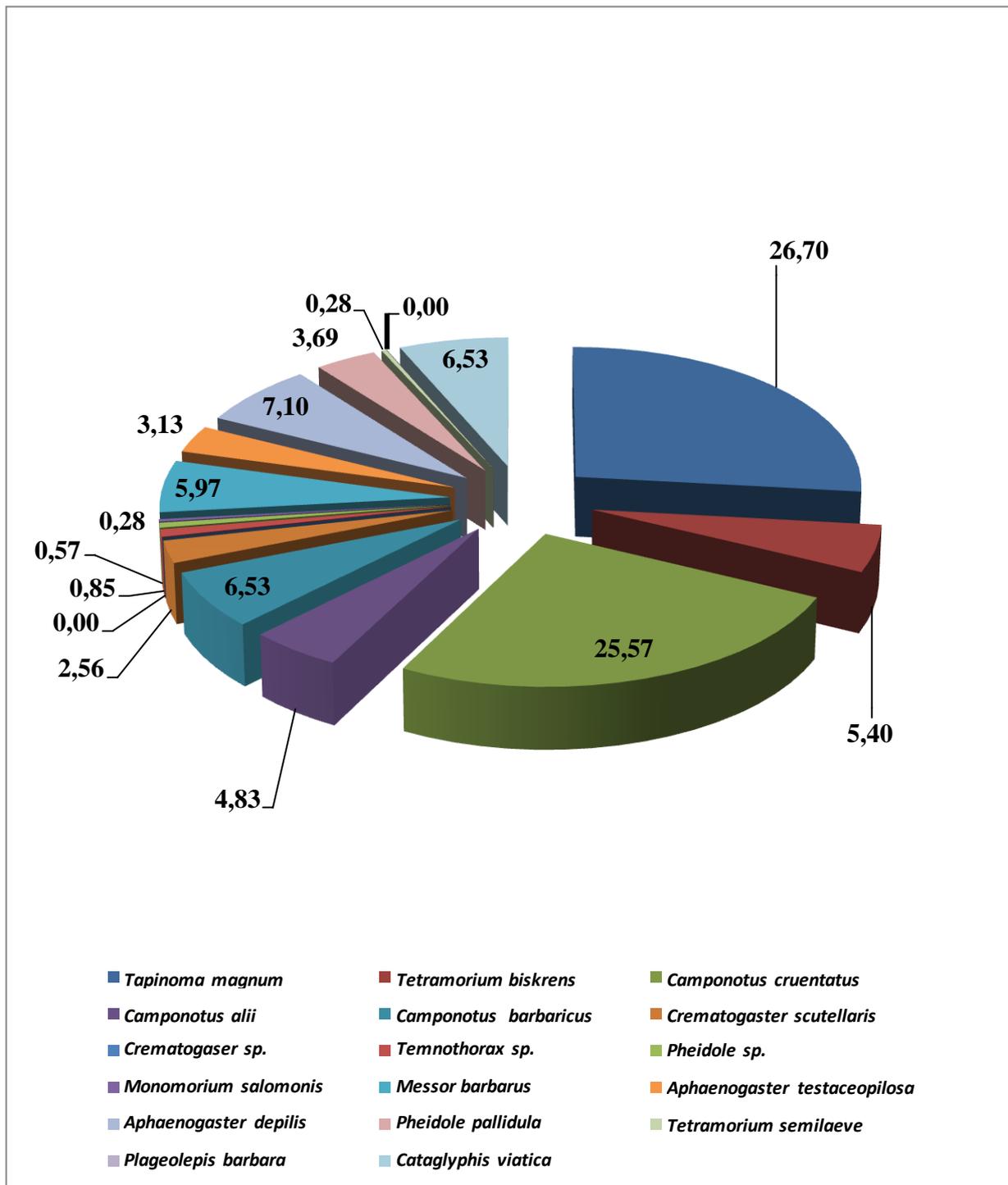


Figure 20: Abondances relatives des espèces de Formicidae capturées dans le site 1

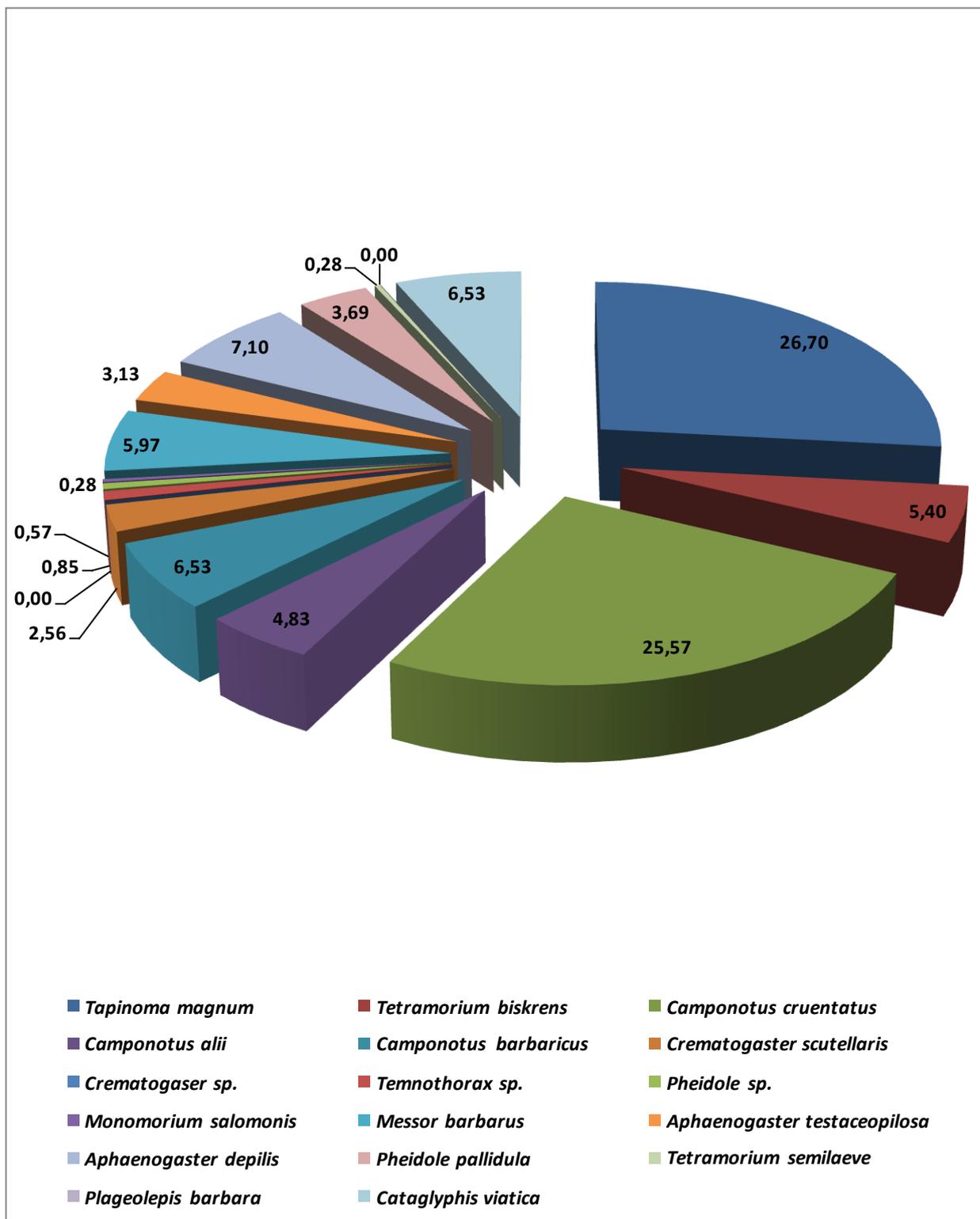


Figure 21: Abondances relatives en fonction des espèces présentes dans le site 2

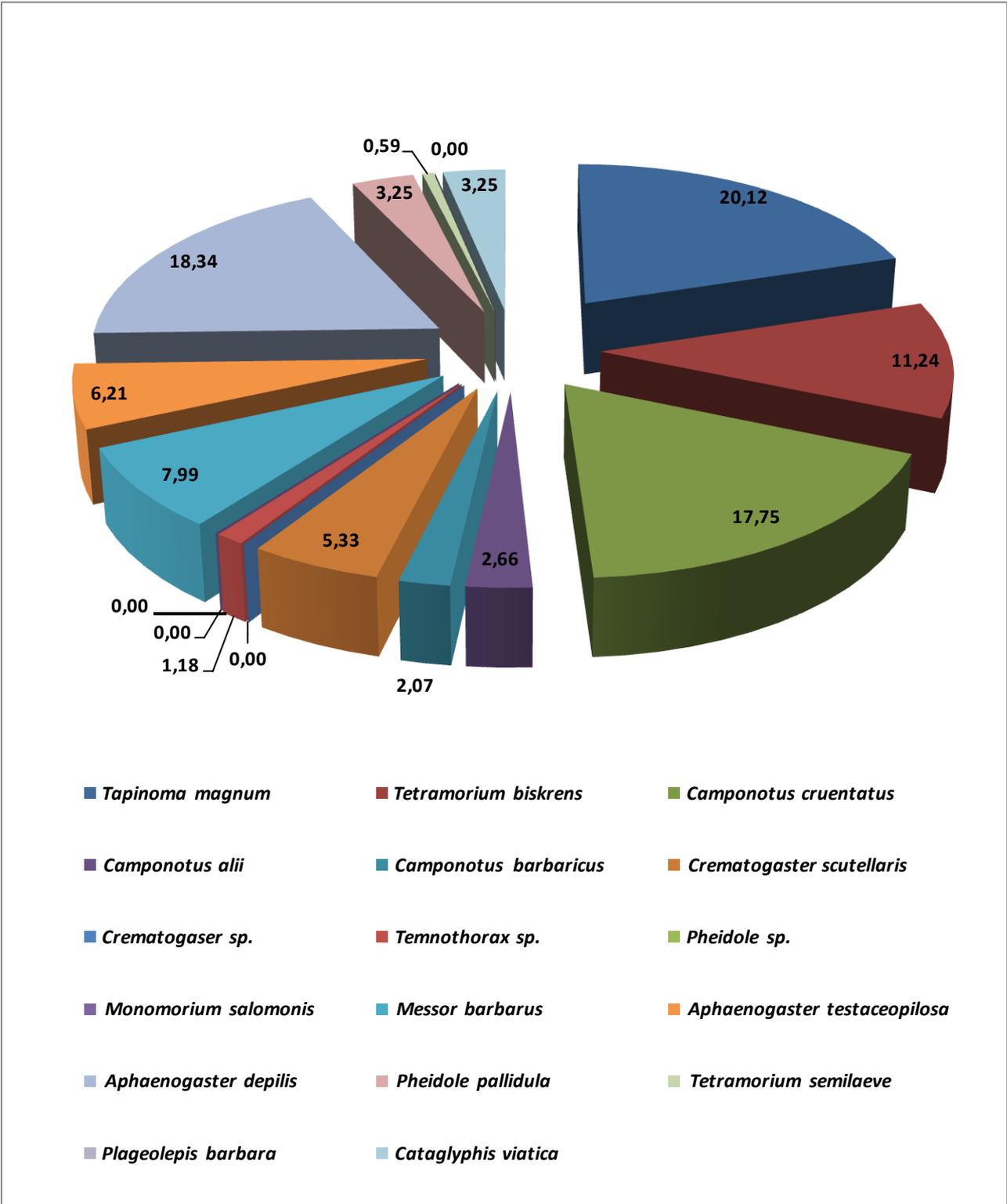


Figure 22 : Abondances relatives en fonction des espèces capturées à la main dans le site 3

3.2.1.3. - Fréquence d'occurrence appliquée aux espèces de fourmis échantillonnées

Les valeurs de la fréquence d'occurrence ainsi que les différentes catégories des espèces de fourmis capturées grâce à la méthode de la récolte directe à la main sont résumées dans le tableau 11.

Tableau 11 : Fréquence d'occurrence et Constantes des espèces de fourmis capturées à la main dans le versant sud de Djurdjura

Sites	site 1			site 2			site 3		
Espèces	AR%	O%	Cat%	AR%	O%	Cat%	AR%	O%	Cat %
<i>Tapinoma magnum</i>	44,96	40	ACC	26,70	40	ACC	20,12	20	R
<i>Tetramorium biskrense</i>	6,65	50	TA	5,40	40	ACC	11,24	40	ACC
<i>Camponotus cruentatus</i>	17,34	40	ACC	25,57	20	R	17,75	30	ACD
<i>Camponotus alii</i>	3,43	30	ACD	4,83	30	ACD	2,66	30	ACD
<i>Camponotus barbaricus</i>	0,81	20	R	6,53	40	ACC	2,07	40	ACC
<i>Crematogaster scutellaris</i>	-	-	-	2,56	40	ACC	5,33	50	TA
<i>Crematogaster</i> sp.	0,60	20	R	-	-	-	-	-	-
<i>Temnothorax</i> sp.	1,01	20	R	0,85	30	ACD	1,18	10	TR
<i>Pheidole</i> sp.	-	-	-	0,57	10	TR	-	-	-
<i>Monomorium salomonis</i>	-	-	-	0,28	10	TR	-	-	-
<i>Messor barbarus</i>	2,82	40	ACC	5,97	40	ACC	7,99	30	ACD
<i>Aphaenogaster testaceo pilosa</i>	4,03	30	ACD	3,13	50	TA	6,21	40	ACC
<i>Aphaenogaster depilis</i>	3,83	50	TA	7,10	40	ACC	18,34	50	TA
<i>Pheidole pallidula</i>	3,83	40	ACC	3,69	40	ACC	3,25	30	ACD
<i>Tetramorium semilaeve</i>	0,40	10	TR	0,28	10	TR	0,59	20	R
<i>Plageolepis barbara</i>	0,40	10	TR	-	-	-	-	-	-
<i>Cataglyphis viatica</i>	9,88	50	TA	6,53	40	ACC	3,25	20	R

AR% : Abondance relative ; O% : Fréquence d'Occurrence ; - : Absence ; Cat. : Catégorie de constance ; TR : très rare ; R : rare ; ACD : Accidentelle ; ACC : accessoire ; TA : Très Accessoire ; Rég : Régulière.

Dans nos stations d'études, six catégories d'espèces de fourmis sont enregistrées grâce à la méthode de capture directe à la main. Selon le tableau 11, cinq catégories d'espèces de Formicidés ont été notées dans le site 1, la valeur la plus élevée (FO%= 50) revient à la classe

très accessoire. C'est le cas de *Tetramorium biskrense*, *Aphaenogaster depilis*, *Cataglyphis viatica*. Tant dis que les valeurs les plus faibles (FO%=10) notées comme catégorie des espèces très rares, tels que *Tetramorium semilaeve* et *Plageolepis barbara*. En ce qui concerne le site 2, aussi cinq catégories de constances sont mentionnées, la valeur la plus élevée de fréquence d'occurrence (FO%= 50), correspond à la catégorie très accessoire et présentée par l'espèce *Aphaenogaster testaceo pilosa*. Huit espèces sont accessoires (Tab.11). Il s'agit de *Tapinoma magnum*, de *Tetramorium biskrense*, de *Camponotus barbaricus*, de *Crematogaster scutellaris*, de *Messor barbarus*, d'*Aphaenogaster depilis*, de *Pheidole pallidula* et de *Cataglyphis viatica* avec une valeur de fréquence (FO%=40). La valeur la plus faible est notée pour l'espèce *Tetramorium semilaeve*, dont l'occurrence est de 0,28%. Au niveau du site 3, les formicidés récoltés sont répartis en 6 classes. Les fourmis dites accidentelles (FO%= 30), sont représentées par des espèces comme *Camponotus cruentatus* et *Camponotus alii*. Elle est suivie par la catégorie d'occurrence accessoire (FO%=40). En revanche, la catégorie des espèces les moins fréquentes est celle des très rares (FO%=10), représentée dans cette station avec la fourmi *Temnothorax* sp.

3.2.2. - Indices écologiques de structures

Les indices écologiques de structures utilisés sont l'indice de diversité de Shannon et l'indice de Simpson.

2.2.2.1. - Indice de diversité de Simpson et Shannon

Le tableau 12 regroupe les différents paramètres de diversité dans les trois sites d'étude Il s'agit des valeurs de la richesse spécifique total, du nombre d'individus, de l'indice maximal (H_{max}), de l'équitabilité (E), de l'indice de la dominance (D), de l'indice de Shannon et de l'indices de Simpson 1-D. Ils sont appliquées aux individus des espèces de fourmis5

Tableau 12 : Valeurs de l'indice de diversité de Shannon et l'indice de Simpson dans les trois sites d'étude

Paramètres	Site 1	Site 2	Site 3
Richesse totale (S)	14	15	13
Nombre d'individus	496	352	338
Indice de Shannon H' (bits)	2,46	3,09	3,17
H_{max} (bits)	3,81	3,91	3,7
Equitabilité (E)	0,69	0,79	0,86

Dominance (D)	0,25	0,16	0,13
Indice de Simpson_1-D	0,75	0,84	0,87

L'analyse du tableau ci-dessus montre que les valeurs de diversité de Shannon ne présentent pas une grande différence pour les trois stations soit une valeur de 2,46 bits pour le site 1, 3,09 bits pour le site 2 et une valeur de 3,17 pour le site 3. Les valeurs de l'indice de la diversité de Shannon sont élevées ce qui expriment une bonne diversité des formicidae échantillonnées dans les trois stations d'études. Cependant l'indice de l'équitabilité calculé est de 0,69 pour le site 1, 0,79 pour le site 2 et 0,86 pour le site 3 (Tab.12). Ces valeurs tendent vers 1 d'où les effectifs des espèces en présence, sont en équilibre entre eux. Pour ce qui concerne la dominance, elle tend vers 0 dans les trois sites (0,25 ; 0,16 et 0,13). Dans le site 1 par exemple la valeur de la dominance est égal à 0,25 ce qui veut dire qu'il a une chance de 25% que deux individus sélectionnés aléatoirement sont issue de deux espèces différentes. Ceci confirme que la partie Sud du parc national de Djurdjura est assez diversifié en fourmis. Les valeurs du Simpson (1-D), tendent vers 1, cela veut dire que la diversité est maximale. Les valeurs de planéité pour les trois sites sont presque similaires. La distribution des effectifs entre les espèces de fourmis n'est pas parfaitement uniforme.

3.2.3. - Exploitation des résultats par des méthodes statistiques

Deux méthodes statistiques sont utilisées pour cette partie, l'analyse factorielle des correspondances et l'analyse de la corrélation.

3.2.3.1. - Analyse factorielle des correspondances appliquée aux espèces de fourmis capturées à la main

Dans la présente partie, l'exploitation des résultats par l'analyse factorielle des correspondances met en évidence la distribution des fourmis d'une part et la présence ou l'absence de ces espèces en fonction des stations. La contribution des espèces de Formicidae dans les trois stations d'études est égale à 73,27 % pour l'axe 1 et 26,73 % pour l'axe 2. La figure 22 montre une bonne répartition des espèces de fourmis dans les trois sites d'étude de la partie Sud du parc national de Djurdjura dans une représentation graphique de l'analyse factorielle des correspondances avec un taux de 100% de contribution pour les deux axes 1 et 2. Trois groupement (A, B et C) sort du nuage (Fig. 23).

Groupe A : les espèces de fourmis qui se trouvent dans le site

Groupe B : les espèces de fourmis qui se trouvent dans le site 2

Groupe C : les espèces de fourmis qui se trouvent dans le site 2 et 3.

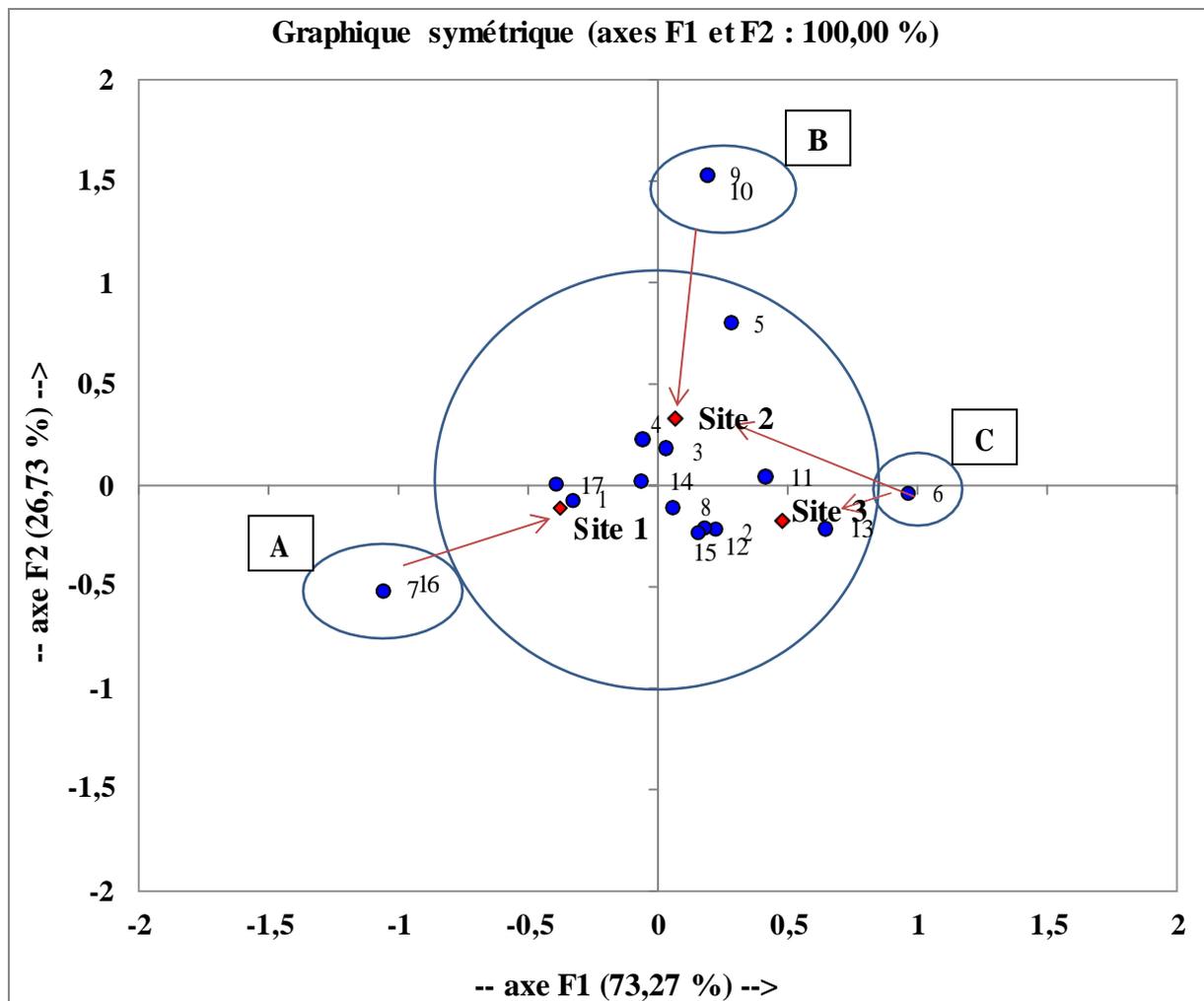


Figure 23 : Représentation graphique de l'analyse factorielle des correspondances des espèces de fourmis du parc national de Djurdjura par la méthode directe.

3.2.3.2. - Analyse de la corrélation appliquée aux fourmis capturées à la main

Le coefficient de corrélation r est calculé à partir des abondances relatives des espèces de fourmis capturées dans les trois sites d'étude. Il permet de comparer entre les techniques d'échantillonnages adoptées sur le terrain (pots Barber et la méthode de la capture directe à la main). Les détails de cette analyse sont placés au sein du tableau 13 qui regroupe les valeurs du coefficient de corrélation et l'ordonnée à l'origine, et représentés graphiquement dans les figures 10,11 et 12.

Tableau 13 : Valeurs de Coefficient de corrélation et ordonnée à l'origine de chaque site

Paramètres	Site 1	Site 2	Site 3
Coefficient de corrélation	0,89	0,71	0,60
Ordonnée à l'origine	0,35	0,06	0,32

Dans les trois sites, les valeurs de coefficient de corrélation r sont proches de 1. Pour le site 1, il existe une très forte corrélation entre les deux techniques avec une valeur de r qui est égal à 0,89. La valeur de r est de 0,71 dans le site 2, tant dis que dans le site 3 elle est égal à 0,60. Ceci confirme statistiquement que la corrélation est significative avec une forte corrélation entre les deux techniques d'échantillonnages (Fig. 24, 25,26).

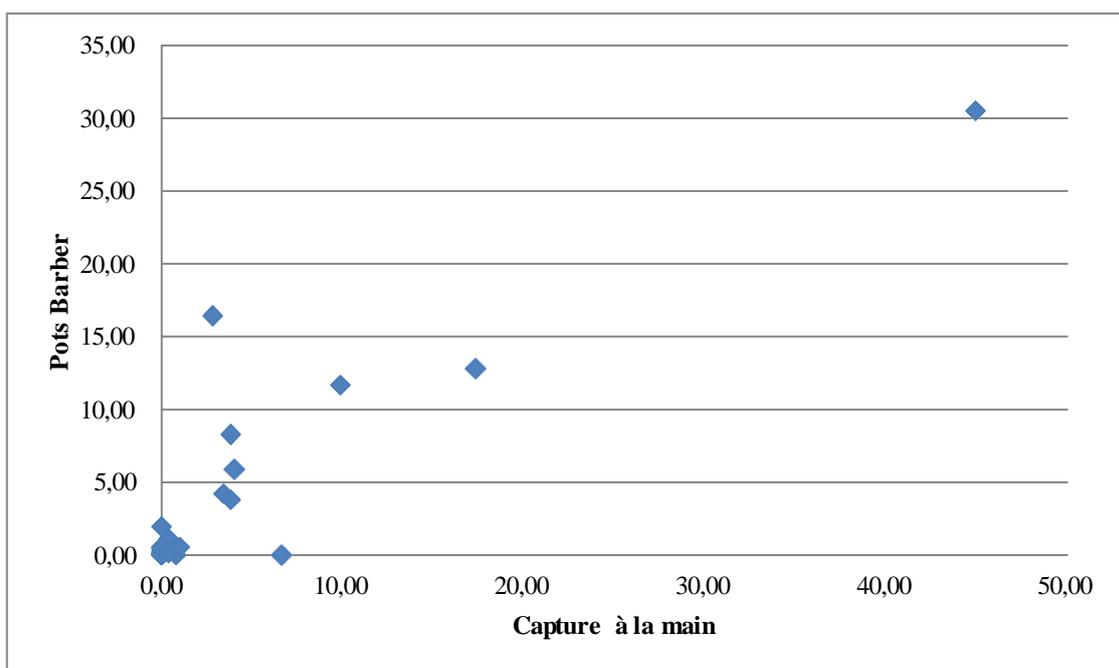


Figure 24 : Nuage de points et corrélation linéaire entre la méthode des pots Barber et celle de la capture directe à la main dans site 1

3.2.3.2. - Tests non paramétriques Kolmogorov-Smirnov

Le nombre moyen de fourmi capturée est identique avec les deux méthodes pour les trois sites. La valeur de p est supérieure à 0,05. Pour le site 1, p est égal à 0,493 > 0,05. Pour le site 2, p est égal à 0,918 > 0,05. Et pour le site 3, p est égal à 0,995 > 0,05. Aucune différence n'a été enregistrée entre les deux méthodes de capture des fourmis (Tab. 14).

Tableau 14 - Récapitulatif du test d'hypothèse entre deux méthodes d'échantillonnage

	Hypothèse nulle	Test	Signification	Décision
Site 1	La distribution des effectifs est identique sur les catégories de méthodes	Test de Kolmogorov-Smirnov à échantillons indépendants	0,493	Retenir l'hypothèse nulle
Site 2	La distribution des effectifs est identique sur les catégories de méthodes	Test de Kolmogorov-Smirnov à échantillons indépendants	0,918	Retenir l'hypothèse nulle
Site 3	La distribution des effectifs est identique sur les catégories de méthodes	Test de Kolmogorov-Smirnov à échantillons indépendants	0,995	Retenir l'hypothèse nulle

Le niveau de signification est de 0,05.

3.2.3.3. - Test du Khi^2 d'indépendance

Les valeurs du test du Khi^2 appliqué aux espèces de fourmis capturées à la main sont mentionnées dans le tableau 15.

Tableau 15 : Test du Khi^2 appliqué aux espèces de fourmis capturées à la main

Paramètres	Valeurs
Khi^2 (valeur observée)	203,941
Khi^2 (valeur critique)	46,194
ddl	32
p-value unilatérale	< 0,0001
Alpha	0,05

Au seuil de signification $\alpha=0,050$ on peut rejeter l'hypothèse nulle d'indépendance entre les lignes et les colonnes. Autrement dit, la dépendance entre les lignes et les colonnes est significative.

3.3. - Etude du régime trophique de *Tapinoma magnum* dans la partie sud du parc national de Djurdjura

Concernant l'étude du régime alimentaire de la fourmi *T. magnum* dans le versant sud du parc national de Djurdjura, deux parties sont détaillées. La première partie traite les résultats des disponibilités alimentaires de la station d'étude et la seconde partie englobe les résultats des espèces proies trouvées dans les nids de *T. magnum*.

3.3.1. - Exploitation des résultats des disponibilités alimentaires de *T. magnum* dans le P.N.D.

L'échantillonnage des disponibilités alimentaires pour *T. magnum* a été effectué pendant la période printanière et estivale entre mars 2016 et août 2017 grâce à la méthode des pots Barber. Pour mener à bien l'exploitation des résultats, des indices écologiques de composition et de structure et une analyse statistique sont employés.

3.3.1.1. - Exploitation des résultats par des indices écologiques de composition

Cette partie renferme la richesse totale, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence.

3.3.1.1.1. - Richesse spécifique totale et abondances relatives

Les abondances relatives et la richesse spécifique totale des espèces animales échantillonnées dans le versant sud du Djurdjura à l'aide des pots Barber sont regroupées dans le tableau 16.

Tableau 16 : Effectifs et abondances relatives des espèces animales ingérées par *T. magnum*

Classes	Ordres	Familles	Espèces	Ni	AR%
Arachnida	Aranea	Linyphiidae	Linyphiidae sp.ind.	4	0,17
		Eresidae	<i>Eresus</i> sp.	1	0,04
		Lycosidae	Lycosidae sp.ind.	15	0,64
		Salticidae	Salticidae sp.ind.	2	0,08

		Nemesidae	<i>Nemesia</i> sp.	3	0,13
		Gnaphosidae	Gnaphosidae sp.ind.	26	1,10
	Sarcoptiformes	Oribatidae	Oribatidae sp.ind.	5	0,21
	Pseudoscorpionida	Cheliferidae	Cheliferidae sp.ind.	3	0,13
	Opiliones	Phalangiidae	Phalangiidae sp.ind.	284	12,06
Malacostraca	Isopoda	Armadillidae	<i>Armadillidium vulgare</i>	3	0,13
Collembola	Entomobryomorpha	Entomobryidae	<i>Orchesella</i> sp.	11	0,47
			<i>Collembola arthopleones</i>	1	0,04
			Entomobryidae sp.ind.	11	0,47
		Isotomidae	Isotomidae sp.ind.	24	1,02
Diplopoda	Julida	Julidae	<i>Iules</i> sp.	33	1,40
			Julidae sp.ind.	2	0,08
	Zygentoma	Lepismatidae	<i>Lepisma</i> sp.	4	0,17
	Dermaptera	Carcinophoridae	<i>Anisolabis mauritanicus</i>	6	0,25
	Orthoptera	Acrididae	Acrididae sp.ind.	2	0,08
			<i>Omecestus lucasii</i>	2	0,08
		Gryllidae	<i>Gryllus</i> sp.	5	0,21
	Blattaria	Ballatellidae	<i>Ectobius sylvestris</i>	11	0,47
			<i>Loboptera</i> sp.	8	0,34
			<i>Loboptera decipiens</i>	2	0,08
			Ballatellidae sp.ind.	8	0,34
			<i>Hololampra trivittata</i>	4	0,17
Homoptera	Cicadellidae	Cicadellidae sp.ind.	4	0,17	
Insecta	Hemiptera	Psyllidae	<i>Acizzia</i> sp.	1	0,04
		Pentatomidae	<i>Nezara</i> sp.	3	0,13
		Reduviidae	Reduviidae sp. ind.	2	0,08
		Pentatomidae	Pentatomidae sp. ind.	4	0,17
		Scutellaridae	Scutellaridae sp. ind.	3	0,13
		Lygaeidae sp.	<i>Rhyparachromus</i> sp.	2	0,08
		Aphididae	<i>Uroleucon</i> sp.	1	0,04
			Aphididae sp.ind.	1	0,04
Coleoptera	Staphylinidae	<i>Atheta</i> sp.	60	2,55	
		<i>Tachinus</i> sp.	10	0,42	
		<i>Ocypus olens</i>	4	0,17	
		<i>Philonthus</i> sp.	2	0,08	
		<i>Anthophagus</i> sp.	4	0,17	
		<i>Aleochara</i> sp.	2	0,08	
	chrysomelidae	<i>Aphthona</i> sp.	2	0,08	
	Anobiidae	<i>Mezium</i> sp.	1	0,04	
	Chrysomelidae	<i>Oulema</i> sp.	1	0,04	
		Chrysomelidae sp.ind.	1	0,04	
	Cantharidae	Cantharidae sp.ind.	1	0,04	
Tenebrionidae	<i>Pachychila</i> sp.	3	0,13		

		<i>Eledona</i> sp.	1	0,04	
		<i>Somaticus aeneus</i>	1	0,04	
		<i>Glyptasida</i> sp.	1	0,04	
		<i>Stenosis</i> sp.	5	0,21	
	Curculionidae	<i>Polydrusus</i> sp.	1	0,04	
		<i>Sitona</i> sp.	1	0,04	
		<i>Otiorhynques</i> sp.	3	0,13	
		<i>Brachycerus</i> sp.	1	0,04	
	Apionidae	Apionidae sp. ind.	2	0,08	
	Lophocateridae	<i>Grycnoharis</i> sp.	1	0,04	
	Leiodidae	<i>Narvus</i> sp.	1	0,04	
	Colydiidae (=Zoophyridae)	<i>Endoploeus exsculptus</i>	4	0,17	
	Carabidae	<i>Microlestes</i> sp.	3	0,13	
		<i>Trychus</i> sp.	7	0,30	
		<i>Carabus morbillosus alternans</i>	1	0,04	
		<i>Calatus</i> sp.	1	0,04	
	Ptinidae	<i>Ptinus</i> sp.	1	0,04	
	Erotylidae	<i>Triplex</i> sp.	1	0,04	
	Chrysomelidae	<i>Aphtona</i> sp.	2	0,08	
		<i>Dibolia</i> sp.	1	0,04	
	Aphodiidae	<i>Aphodius</i> sp.	1	0,04	
	Melolonthidae	<i>Rhizotrogus</i> sp.	3	0,13	
	Geotrupidae	<i>Trypocopris vernalis</i>	1	0,04	
	Scarabeidae	<i>Hybalus</i> sp.	1	0,04	
		<i>Sisyphus schaefferi</i>	62	2,63	
	Hymenoptera	Formicidae	<i>Tapinoma magnum</i>	276	11,72
			<i>Tetramorium caespitum</i>	40	1,70
<i>Tetramorium biskrense</i>			17	0,72	
<i>Tetramorium semilavae</i>			8	0,34	
<i>Camponotus cruentatus</i>			469	19,92	
<i>Camponotus alii</i>			32	1,36	
<i>Camponotus erigens (subconcolor)</i>			1	0,04	
<i>Camponotus piceus</i>			12	0,51	
<i>Cataglyphis viaticus</i>			181	7,69	
<i>Crematogaster scutellaris</i>			13	0,55	
<i>Crematogaster</i> sp.			2	0,08	
<i>Temnothorax</i> sp.			15	0,64	
<i>Lasius</i> sp.			8	0,34	
<i>Monomorium salomonis</i>			1	0,04	
<i>Messor forelii</i>			2	0,08	
<i>Aphaenogaster testaceo</i>			114	4,84	

			<i>pilosa</i>			
			<i>Aphaenogaster depilis</i>	92	3,91	
			<i>Aphaenogaster crocea</i>	1	0,04	
			<i>Messor sanctus</i>	2	0,08	
			<i>Messor barbara</i>	125	5,31	
			<i>Messor capitatus</i>	2	0,08	
			<i>Pheidole pallidula</i>	69	2,93	
			<i>Pheidole</i> sp.	4	0,17	
			<i>Plageolepis barbara</i>	10	0,42	
			<i>Solenopsis</i> sp.	3	0,13	
	Apoidea		Apoidea sp. ind.	12	0,51	
	Apidae		<i>Apis mellifera</i>	5	0,21	
			<i>Nomada</i> sp.	2	0,08	
			<i>Bombus</i> sp.	1	0,04	
	Ichneumonidae		Ichneumonidae sp. ind.	2	0,08	
			<i>Hoplocryptus</i> sp.	1	0,04	
	Crabronidae		<i>Philanthus</i> sp.	2	0,08	
	Diapriidae		Diapriidae sp. ind.	1	0,04	
	Scolidae		<i>Elis</i> sp.	2	0,08	
	Braconidae		<i>Aphidus</i> sp.	2	0,08	
			<i>Coelinus</i> sp.	2	0,08	
	Diptera	Sciaridae	<i>Bradysia</i> sp.	15	0,64	
		Anthomyiidae		<i>Delia</i> sp.	9	0,38
				<i>Anthomyia</i> sp.	4	0,17
		Empididae		Empididae sp. ind.	5	0,21
		Fanniidae		Fanniidae sp. ind.	2	0,08
		Tachinidae		<i>Phania</i> sp.	13	0,55
		Phoridae		Phoridae sp. ind.	34	1,44
		Heleomyzidae		<i>Suilia</i> sp.	15	0,64
		Syrphidae		Syrphidae sp. ind.	1	0,04
		Asilidae		<i>Dioctria</i> sp.	6	0,25
		Sepsidae		<i>Sepsis</i> sp.	1	0,04
		Calliphoridae		<i>Calliphora vicina</i>	2	0,08
		Scatophygidae		Scatophygidae sp. ind.	4	0,17
		Muscinae		<i>Hydrotea</i> sp.	3	0,13
	Rhinophoridae		Rhinophoridae sp. ind.	8	0,34	
	Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Vanessa cardui</i>	1	0,04	
			Pieridae	Pieridae sp. ind.	1	0,04
Reptilia	Squamata	Squamata Fam. ind.	Squamata sp. ind.	1	0,04	
6 classes	18 ordres	70 Familles	126 Espèces	2355	100	

Ni. : Nombres d'individus; AR% : Abondances relatives ; sp. : Espèce ; ind. : Indéterminé

L'ensemble des espèces animales récupérées à l'aide des pots Barber, représentent une richesse totale de 126 espèces réparties en 6 classes, 18 ordres et 70 familles. Il est à remarquer que l'ordre le plus riche en espèces est celui des Coleoptera avec 37 espèces, suivi par l'ordre des Hymenoptera avec 36 espèces. L'espèce qui domine dans les disponibilités alimentaires, est *Camponotus cruentatus* avec un effectif de 496 individus (AR % = 19,92), suivie par Phalangidae sp. ind. avec 284 individus (AR%=12,03) et par *Tapinoma magnum* représentée par 276 individus (AR% = 11,72%). Le reste des espèces sont faiblement présentées (Fig. 27).

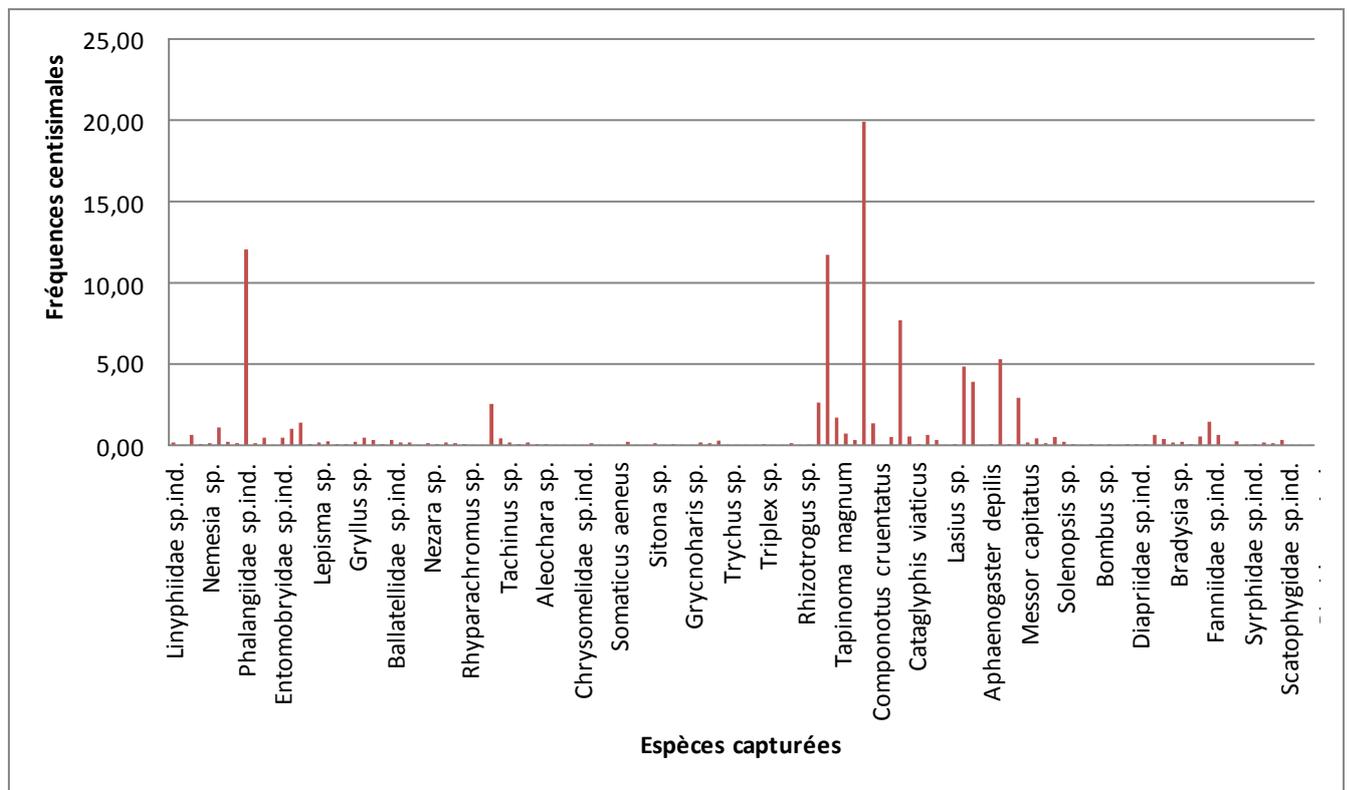


Figure 27 : Fréquences centésimales des espèces animales capturées à l'aide des pots Barber pendant la période d'échantillonnage

3.3.1.2. - Indices écologiques de structure appliquée aux espèces capturées grâce à la méthode des pots Barber

Les résultats portant sur les indices de diversité de Shannon (H'), de diversité maximale (H'max) ainsi que d'équitabilité, appliqués aux espèces échantillonnées dans le versant sud du Djurdjura grâce à la méthode des pots Barber, sont présentés dans le tableau 17.

Tableau 17 : Valeurs de la diversité de Shannon, la diversité maximale et l'équitabilité appliquées aux espèces capturées

Paramètres	Valeurs
H' (en bits)	4,61
H' max (en bits)	6,98
E	0,66

H': Diversité de Shannon-Weaver (bits) ; **H max**: Diversité maximale (bits) ; **E**: Equitabilité.

Il est à noter que l'indice de la diversité de Shannon-Weaver, appliqué aux espèces capturées par les pots Barber est égal à 4,61 bits, tandis que l'indice de diversité maximale est égal à 6,98 bits et la valeur de l'indice d'équitabilité égal à 0,66. Cette valeur est proche de 1, ce qui explique que les effectifs des espèces en présence ont tendance à être en équilibre entre eux (Tab.17).

3.3.2. - Exploitation des résultats portant sur le régime alimentaire de *Tapinoma magnum*

L'exploitation des résultats portant sur les espèces-proies trouvées dans les nids de *T. magnum* est réalisée par des indices écologiques de composition et de structure et par d'autres indices. Les présents résultats sont exploités statistiquement aussi.

3.3.2.1. - Indices écologiques de compositions appliquées aux résultats du régime alimentaire de *T. magnum*

Les indices écologiques de composition appliqués pour l'exploitation des résultats du régime alimentaire de *T. magnum* sont la richesse spécifique totale, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence.

3.3.2.1.1. - Richesse spécifique totale (S)

Les valeurs de la richesse totale S des espèces trouvées dans chacun des nids de *T. magnum* dans le versant sud de Djurdjura sont regroupées dans le tableau ci-dessus.

Tableau 18 : Richesse totale des espèces-proies trouvées dans le menu trophique de *Tapinoma magnum*

Nombre de nids	Richesse totale S	Nombre de nids	Richesse totale S
Nid 1	13	Nid 12	15
Nid 2	11	Nid 13	21
Nid 3	7	Nid 14	26
Nid 4	26	Nid 15	81
Nid 5	3	Nid 16	7
Nid 6	12	Nid 17	7
Nid 7	15	Nid 18	4
Nid 8	28	Nid 19	81
Nid 9	26	Nid 20	22
Nid 10	36	Nid 21	80
Nid 11	27		

Selon le tableau 18, la valeur de la richesse totale trouvée dans le menu trophique de *T. magnum* varie d'un nid à un autre, dont la valeur la plus élevée est notée pour le nid 21, avec une richesse de 80 espèces-proies.

3.3.2.1.2. - Abondances relatives (A.R. %) des espèces-proies de *T. magnum*

Les valeurs de l'abondance relative en fonction des espèces-proies récupérées dans les nids de *T. magnum* sont notées dans le tableau 19.

Tableau 19 : Effectifs et abondances relatives des espèces animales ingérées par *T. magnum*

Phyllums	Classes	Ordres	Familles	Espèces	Ni	A.R.%
Mollusca	Gastropoda	Heterobranchia	Helicidae	<i>Eobania vermiculata</i>	47	8,577
		Stylommatophora	Subulinidae	<i>Rumania decollata</i>	1	0,182
				<i>Allopeas</i> sp.	1	0,182
			Geomitridae	<i>Cochlicella acuta</i>	1	0,182
			Helicidae	<i>Helix</i> sp.	3	0,547
				Helicidae sp.	29	5,292
		Sphincterochilidae	<i>Sphincterochila candidissima</i>	6	1,095	
Arthropoda	Arachnida	Araneae	Linyphiidae	Linyphiidae sp.ind.	10	1,825
			Gnaphosidae	Gnaphosidae sp.ind.	3	0,547
			Salticidae	Salticidae sp.ind.	1	0,182
		Sarcoptiformes	Oribatidae	Oribatidae sp.ind.	1	0,182
		Opiliones	Phalangiidae	Phalangiidae sp.ind.	2	0,365

	Malacostraca	Isopoda	Philosciidae	Philosciidae sp.	9	1,642	
			Oniscidae	<i>Oniscus</i> sp.	3	0,547	
	Diplopoda	Julida	Julidae	<i>Iules</i> sp.	5	0,912	
	Insecta	Blattodea	Ectobiidae	<i>Ectobius</i> sp.	4	0,730	
			Ballatellidae	Ballatellidae sp.ind.	5	0,912	
		Orthoptera	Acrididae	Acrididae sp.ind.	2	0,365	
		Homoptera	Cercopidae	Cercopidae sp.ind.	2	0,365	
		Hemiptera	Pentatomidae	<i>Nezara</i> sp.	2	0,365	
				Pentatomidae sp.ind.	9	1,642	
			Reduviidae	Reduviidae sp.ind.	2	0,365	
			Scutellaridae	Scutellaridae sp.ind.	1	0,182	
			Lygaeidae	Lygaeidae sp.ind.	1	0,182	
			Coleoptera	Staphylinidae	Staphylinidae sp.ind.	7	1,277
				Silphidae	Silphidae sp.ind.	1	0,182
		Chrysomelidae		Chrysomelidae sp.ind.	4	0,730	
				<i>Podagrica</i> sp.	3	0,547	
				<i>Oulma</i> sp.	3	0,547	
		Elateridae		Elateridae sp.ind.	2	0,365	
		Dermastidae		Dermastidae sp.ind.	1	0,182	
		Carabidae		Carabidae sp.ind.	6	1,095	
				<i>Carterus</i> sp.	1	0,182	
		Tenebrionidae		Tenebrionidae sp.ind.	7	1,277	
				<i>Crypticus</i> sp.	3	0,547	
		Curculionidae		Curculionidae sp.ind.	9	1,642	
				<i>Brachycerus</i> sp.	1	0,182	
		Apionidae		Apionidae sp.ind.	1	0,182	
		Bruchidae		Bruchidae sp.ind.	3	0,547	
		Anthicidae		Anthicidae sp.ind.	2	0,365	
		Alleculidae		Alleculidae sp.ind.	2	0,365	
		Buprestidae		<i>Anthaxia</i> sp.	1	0,182	
		Silvanidae		Silvanidae sp.ind.	1	0,182	
		Cantharidae		Cantharidae sp.ind.	3	0,547	
		Coccinellidae		Coccinellidae sp.ind.	1	0,182	
		Scarabaeidae		Scarabaeidae sp.ind.	3	0,547	
				<i>Rhizotrogus</i> sp.	12	2,190	
		Hymenoptera	Formicidae	<i>Tapinoma</i> sp.	85	15,511	
				<i>Tetramorium</i> sp.	20	3,650	
<i>Camponotus</i> sp.				12	2,190		
<i>Cataglyphis</i> sp.				1	0,182		
<i>Crematogaster scutellaris</i>				1	0,182		
<i>Crematogaster</i> sp.	8			1,460			
<i>Temnothorax</i> sp.	1			0,182			
<i>Monomorium</i> sp.	4			0,730			

				<i>Monomorium salomonis pestiferum</i>	3	0,547
				<i>Messor</i> sp.	68	12,409
				<i>Messor barbara</i>	6	1,095
				<i>Aphaenogaster</i> sp.	2	0,365
				<i>Pheidole pallidula</i>	11	2,007
				<i>Pheidole</i> sp.	7	1,277
				<i>Plageolepis</i> sp.	3	0,547
				<i>Solenopsis</i> sp.	5	0,912
			Apidae	Apidae sp.ind.	3	0,547
				<i>Apis mellifera</i>	1	0,182
				<i>Apis</i> sp.	1	0,182
			Ichneumonidae	Ichneumonidae sp.ind.	3	0,547
			Vespidea	Vespidea sp.ind.	1	0,182
			Halictidae	Halictidae sp.ind.	1	0,182
			Chrysidae	<i>Chrysis</i> sp.	2	0,365
			Pompilidae	Pompilidae sp.ind.	1	0,182
			Hymenoptera	Hymenoptera sp.ind.	5	0,912
		Diptera	Sciaridae	<i>Sciara</i> sp.	1	0,182
			Anthomyidae	<i>Anthomyia</i> sp.	1	0,182
			Muscidae	<i>Muscina</i> sp.	1	0,182
			Diptera	Diptera sp. ind.	4	0,730
Chordata	Reptilia	Squamata	Squamata F. ind.	Squamata sp. ind.	2	0,365
Planta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Chinopodiaceae	Chinopodiaceae sp. ind.	6	1,095
		Poales	Poaceae	Poaceae sp. ind.	44	8,029
		Polygonales	Polygonaceae	Polygonaceae sp.ind.	7	1,277
Total : 5	7	17	40	80	548	100

Ni. Nombres d'individus; AR% : Abondances relatives; sp. : Espèce; ind. Indéterminé

Les espèces animales et végétales présentes dans le régime alimentaire de *T. magnum* durant la période d'étude, montre une richesse totale de 80 espèces réparties en 2 règnes, 5 phylums, 7 classes, 17 ordres, 40 familles, et 80 espèces (Tab. 19). La classe des espèces les plus représentées est celle des Insecta avec une valeur d'abondance relative qui égale à 66,97 %, suivie par la classe des Gasteropoda (A.R% = 16,05%), les autres classes sont faiblement représentées.

Les abondances relatives calculées en fonction des ordres des espèces proies de *T. magnum* dans le Djurdjura montre que l'ordre des Hymenoptera est le plus abondant (A.R.%=46,53), suivie par l'ordre des Coleoptera avec une valeur de A.R.%= 14,05. Tant dis que les autres espèces sont faiblement représentées (Fig.28).

Une dominance remarquable est notée pour *Tapinoma* sp. durant la période d'échantillonnage avec une abondance relative de 15,51%, suivie par *Messor* sp. (A.R.% = 12,40%) et par *Eobania vermiculata* avec un taux d'abondance relative de 8,57%. Il est à noter que la portion végétale trouvée dans les restes des nids de *T. magnum* est bien représentée. Une espèce domine, c'est Chinopodiaceae sp. ind. (AR%=8,02). Les autres espèces-proies sont faiblement mentionnées dans le régime alimentaire (Tab.19).

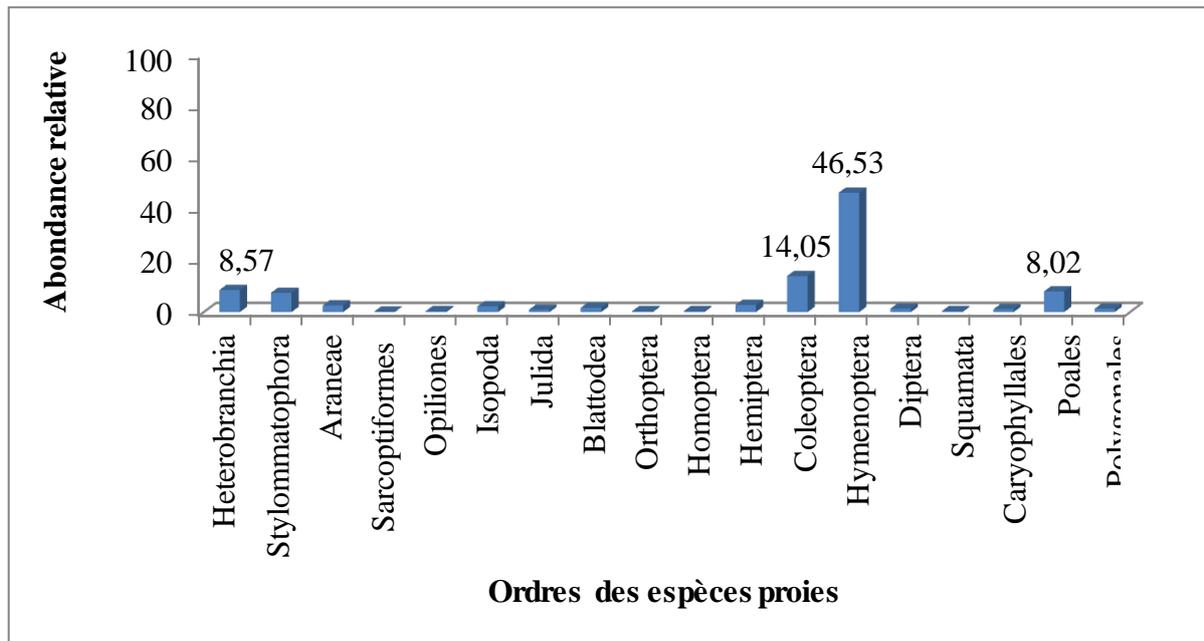


Figure 28 : Abondance relative des ordres des espèces proies de *T. magnum*

3.3.2.1.3. - Fréquences d'occurrences appliquées aux espèces-proies de *T. magnum* dans le Djurdjura

Le tableau 19 Comprend les fréquences d'occurrences appliquées aux individus, et les catégories d'espèces-proies de la fourmi *T. magnum*.

Tableau 20 : Fréquence d'occurrence appliquée aux espèces trouvées dans les nids de *Tapinoma magnum*

Espèces	Ni.	F.O.%	Cat.
<i>Eobania vermiculata</i>	8	38,10	ACC
<i>Rumania decollata</i>	1	4,76	TR
<i>Allopeas</i> sp.	1	4,76	TR
<i>Cochlicella acuta</i>	1	4,76	TR
<i>Helix</i> sp.	2	9,52	TR

Helicidae sp.ind.	8	38,10	ACC
<i>Sphincterochila candidissima</i>	3	14,29	R
Linyphiidae sp. ind.	7	33,33	ACC
Gnaphosidae sp. ind.	3	14,29	R
Salticidae sp. ind.	1	4,76	TR
Oribatidae sp. ind.	1	4,76	TR
Phalangiidae sp. ind.	2	9,52	TR
Phillosciidae sp. ind.	6	28,57	ACD
<i>Oniscus</i> sp.	1	4,76	TR
<i>Iules</i> sp.	4	19,05	R
<i>Ectobius</i> sp.	2	9,52	TR
Ballatellidae sp. ind.	4	19,05	R
Acrididae sp. ind.	2	9,52	TR
Cercopidae sp. ind.	2	9,52	TR
<i>Nezara</i> sp.	1	4,76	TR
Reduviidae sp. ind.	2	9,52	TR
Pentatomidae sp. ind.	2	9,52	TR
Scutellaridae sp. ind.	1	4,76	TR
Lygaeidae sp. ind.	1	4,76	TR
Staphylinidae sp. ind.	6	28,57	ACD
Silphidae sp. ind.	1	4,76	TR
Chrysomelidae sp. ind.	2	9,52	TR
<i>Podagrica</i> sp.	2	9,52	TR
<i>Oulma</i> sp.	2	9,52	TR
Elateridae sp. ind.	1	4,76	TR
Dermastidae sp. ind.	1	4,76	TR
Carabidae sp. ind.	3	14,29	R
<i>Carterus</i> sp.	1	4,76	TR
Tenebrionidae sp. ind.	6	28,57	ACD
<i>Crypticus</i> sp.	2	9,52	TR
Curculionidae sp. ind.	2	9,52	TR
<i>Brachycerus</i> sp.	1	4,76	TR
Apionidae sp. ind.	1	4,76	TR
Bruchidae sp. ind.	2	9,52	TR
Anthicidae sp. ind.	2	9,52	TR
Alleculidae sp. ind.	2	9,52	TR
<i>Anthaxia</i> sp.	1	4,76	TR
Silvanidae sp. ind.	1	4,76	TR
Cantharidae sp. ind.	1	4,76	TR
Coccinellidae sp. ind.	1	4,76	TR
Scarabaeidae sp. ind.	3	14,29	R
<i>Rhizotrogus</i> sp.	2	9,52	TR
<i>Tapinoma</i> sp.	15	71,43	TC

<i>Tetramorium</i> sp.	4	19,05	R
<i>Camponotus</i> sp.	3	14,29	R
<i>Cataglyphis</i> sp.	1	4,76	TR
<i>Crematogaster scutellaris</i>	1	4,76	TR
<i>Crematogaster</i> sp.	3	14,29	R
<i>Temnothorax</i> sp.	1	4,76	TR
<i>Monomorium</i> sp.	4	19,05	ACD
<i>Monomorium salomonis pestiferum</i>	2	9,52	TR
<i>Messor</i> sp.	8	38,10	ACC
<i>Messor barbara</i>	2	9,52	TR
<i>Aphaenogaster</i> sp.	1	4,76	TR
<i>Pheidole pallidula</i>	5	23,81	ACD
<i>Pheidole</i> sp.	4	19,05	R
<i>Plageolepis</i> sp.	3	14,29	R
<i>Solenopsis</i> sp.	1	4,76	TR
Apidae sp. ind.	3	14,29	R
<i>Apis mellifera</i>	1	4,76	TR
<i>Apis</i> sp.	1	4,76	TR
Ichneumonidae sp. ind.	2	9,52	TR
Vespidae sp. ind.	1	4,76	TR
Halictidae sp. ind.	1	4,76	TR
<i>Chrysis</i> sp.	1	4,76	TR
Pompilidae sp. ind.	1	4,76	TR
Hymenoptera sp. ind.	1	4,76	TR
<i>Sciara</i> sp.	1	4,76	TR
<i>Anthomyia</i> sp.	1	4,76	TR
<i>Muscina</i> sp.	1	4,76	TR
Diptera sp. ind.	2	9,52	TR
Fam. sp. ind.	1	4,76	TR
Chinopodiaceae sp. ind.	4	19,05	R
Poaceae sp. ind.	7	33,33	ACC
Polygonacea sp. ind.	3	14,29	R

AR%: Abondance relative; Ni: nombre d'individu s; O%: Fréquence d'Occurrence; Cat. : Catégorie de constances ; TR : très rare ; R : rare ; ACD : Accidentelle ; ACC : accessoire ; TC : Très constante.

L'application de la règle de Struge sur nos constances, nous a permis de définir 5 classes d'espèces, tels que *Tapinoma* sp. comme espèce très constante (F.O.=71,43), *Eobania vermiculata* comme espèce accessoire (F.O.=38,10), Tenebrionidae sp. ind. comme espèce accidentelle (FO%=28,57), Polygonacea sp. ind. comme espèce rare (F.O.=14,29), et *Oulma* sp. comme espèce très rare (F.O.=9,52).

3.3.2.2. - Indices écologique de structures et l'indice de Simpson appliquées aux espèces-proies trouvées dans les nids de *Tapinoma magnum*

Les indices écologiques de structures utilisés pour l'exploitation des résultats sont l'indice de Shannon-Weaver, l'indice de diversité maximale et l'équitabilité.

Tableau 21 : - Valeurs d'indice de Shannon-Weaver, d'indice de diversité maximale et équitabilité appliqués aux espèces-proies de *Tapinoma magnum*

Paramètres	Valeurs
H' (en bits)	4,97
H' max (en bits)	6,32
E	0,78
Dominance (D)	1.06
Indice de Simpson_1-D	-0,06

H': Diversité de Shannon-Weaver (bits) ; **H max**: Diversité maximale (bits) ; **E**: Equitabilité.

D'après les données du tableau 21, la valeur de l'indice de Shannon, appliquée aux espèces-proies de *T. magnum*, est égale à 4,97 bits et la valeur de la diversité maximale est égale à 6,32 bits. Alors que l'équitabilité est égale à 0,78. Cette valeur est proche de 1 ceci explique que les effectifs des espèces présentes sont en équilibre entre eux. La valeur de l'indice de Simpson est proche de 0.

2.4. - Utilisation de l'indice de sélection d'Ivlev pour les espèces trouvées dans le régime trophique de *Tapinoma magnum*

L'indice de sélection d'Ivlev est calculé pour confirmer si les espèces trouvées dans le milieu d'étude sont présentent dans le régime trophique de l'espèce cible. Les valeurs de cet indice sont regroupées dans le tableau 22.

Tableau 22 : Valeurs d'indice de sélection d'Ivlev appliqués aux espèces trouvées dans le régime trophique et les disponibilités alimentaires dans le parc national de Djurdjura.

Familles	Espèces	ni	A.R1% (R.T.)	ni	A.R2% (D.A.)	Indice d'Ivlev
Helicidae	<i>Eobania vermiculata</i>	47	8,57	0	0	1
Subulinidae	<i>Rumania decollata</i>	1	0,18	0	0	1
	<i>Allopeas</i> sp.	1	0,18	0	0	1
Geomitridae	<i>Cochlicella acuta</i>	1	0,18	0	0	1
Helicidae	<i>Helix</i> sp.	3	0,54	0	0	1
	Helicidae sp. ind.	29	5,29	0	0	1
Sphincterochilidae	<i>Sphincterochila candidissima</i>	6	1,09	0	0	1
Eresidae	<i>Eresus</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
Linyphiidae	Linyphiidae sp. ind.	10	1,82	4	0,17	0,83
Gnaphosidae	Gnaphosidae sp. ind.	3	0,54	26	1,10	-0,34
Salticidae	Salticidae sp. ind.	1	0,18	2	0,08	0,36
Lycosidae	Lycosidae sp. ind.	0	0,00	15	0,64	-1
Nemesidae	<i>Nemesia</i> sp.	0	0,00	3	0,13	-1
Cheliferidae	Cheliferidae sp. ind.	0	0,00	3	0,13	-1
Philosciidae	Philosciidae sp.	3	0,1	0	0,00	1
Oniscidae	<i>Oniscus</i> sp.	11	0,47	0	0	1
Armadillidae	<i>Armadillidium vulgare</i>	0	0,00	1	0,04	-1
Julidae	<i>Iules</i> s p.	5	0,91	33	1,40	-0,21
Entomobryidae	<i>Orchesella</i> sp.	0	0	11	0,47	-1
	<i>Collemboles arthopleones</i>	0	0	24	1,02	-1
	Entomobryidae sp. ind.	0	0	2	0,08	-1
Isotomidae	Isotomidae sp. ind.	0	0	4	0,17	-1
Julidae	Julidae sp. ind.	0	0	6	0,25	-1
Lepismatidae	<i>Lepisma</i> sp.	0	0	2	0,08	-1
Carcinophoridae	<i>Anisolabis mauritanicus</i>	0	0	5	0,21	-1
Acrididae	<i>Omecestus lucasii</i>	0	0	11	0,47	-1
	Acrididae sp. ind.	2	0,36	2	0,08	0,62
Gryllidae	<i>Gryllus</i> sp.	0	0	8	0,34	-1
Ballatellidae	Ballatellidae sp. ind.	5	0,91	0	0,00	1
Ectobiidae	<i>Ectobius</i> sp.	4	0,73	0	0	1
Ballatellidae	<i>Ectobius sylvestris</i>	0	0	2	0,08	-1
	<i>Loboptera</i> sp.	0	0	4	0,17	-1
	<i>Loboptera decipiens</i>	0	0	4	0,17	-1
	<i>Hololampra trivittata</i>	0	0	1	0,04	-1
Cercopidae	Cercopidae sp. ind.	2	0,36	0	0,00	1

Cicadellidae	Cicadellidae sp.ind.	0	0	2	0,08	-1
Psyllidae	<i>Acizzia</i> sp.	0	0	1	0,04	-1
Lygaeidae sp.	<i>Rhyparachromus</i> sp.	0	0	1	0,04	-1
Pentatomidae	Pentatomidae sp. ind.	9	1,64	4	0,17	0,81
	<i>Nezara</i> sp.	2	0,36	3	0,13	0,48
Reduviidae	Reduviidae sp. ind.	2	0,36	2	0,08	0,62
Scutellaridae	Scutellaridae sp. ind.	1	0,18	3	0,13	0,18
Lygaeidae	Lygaeidae sp. ind.	1	0,18	0	0,00	1
Aphididae	<i>Uroleucon</i> sp.	0	0,00	60	2,55	-1
	Aphididae sp. ind.	0	0,00	10	0,42	-1
Staphylinidae	<i>Athetasp.</i>	0	0,00	4	0,17	-1
	<i>Tachinus</i> sp.	0	0,00	2	0,08	-1
	<i>Ocypus olens</i>	0	0,00	4	0,17	-1
	<i>Philonthus</i> sp.	0	0,00	2	0,08	-1
	<i>Anthophagus</i> sp.	0	0,00	2	0,08	-1
	Staphylinidae sp. ind.	7	1,27	0	0,00	1
	<i>Aleochara</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
Silphidae	Silphidae sp. ind.	1	0,18			1
chrysomelidae	<i>Aphthona</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
	Chrysomelidae sp. ind.	4	0,73	0	0,00	1
	<i>Podagrica</i> sp.	3	0,54	0	0	1
	<i>Oulma</i> sp.	3	0,54	0	0	1
Elateridae	Elateridae sp. ind.	2	0,36	0	0	1
Dermastidae	Dermastidae sp. ind.	1	0,18	0	0	1
Anobiidae	<i>Mezium</i> sp.	0	0,00	3	0,13	-1
Cantharidae	Cantharidae sp. ind.	0	0,00	1	0,04	-1
Tenebrionidae	<i>Pachychila</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
	<i>Eledona</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
	<i>Somaticus aeneus</i>	0	0,00	5	0,21	-1
	<i>Glyptasida</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
	<i>Stenosis</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
	Tenebrionidae sp. ind.	7	1,27	0	0,00	1
	<i>Crypticus</i> sp.	3	0,54	0	0	1
Curculionidae	<i>Polydrusus</i> sp.	0	0,00	3	0,13	-1
	<i>Sitona</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
	<i>Otiorhynques</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
	Curculionidae sp. ind.	9	1,64	0	0	1
	<i>Brachycerus</i> sp.	1	0,18	1	0,04	0,62
Apionidae	Apionidae sp. ind.	1	0,18	2	0,08	0,36
Bruchidae	Bruchidae sp. ind.	3	0,54	0	0,00	1
Anthicidae	Anthicidae sp. ind.	2	0,36	0	0	1
Alleculidae	Alleculidae sp. nd.	2	0,36	0	0,00	1
Buprestidae	<i>Anthaxia</i> sp.	1	0,18	0	0,00	1

Silvanidae	Silvanidae sp. ind.	1	0,18	0	0,00	1
Cantharidae	Cantharidae sp. ind.	3	0,54	0	0,00	1
Coccinellidae	Coccinellidae sp. ind.	1	0,18	0	0,00	1
Lophocateridae	Grycnoharis sp.	0	0,00	4	0,17	-1
Leiodidae	<i>Narvus</i> sp.	0	0,00	3	0,13	-1
Colydiidae (=Zoophyridae)	<i>Endoploeus exsculptus</i>	0	0,00	7	0,30	-1
Carabidae	<i>Microlestes</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
	<i>Trychus</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
	<i>Carabus morbillosus alternans</i>	0	0,00	1	0,04	-1
	<i>Calatus</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
	Carabidae sp. ind.	6	1,09	0	0,00	1
	<i>Carterus</i> sp.	1	0,18	0	0	1
Ptinidae	<i>Ptinus</i> sp.	0	0,00	2	0,08	-1
Erotylidae	<i>Triplex</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
Chrysomelidae	<i>Aphtona</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
	<i>Dibolia</i> sp.	0	0,00	3	0,13	-1
Aphodiidae	<i>Aphodius</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
Melolonthidae	<i>Rhizotrogus</i> sp.	0	0,00	1	0,04	-1
Geotrupidae	<i>Trypocopris vernalis</i>	0	0,00	62	2,63	-1
Scarabaeidae	<i>Hybalus</i> sp.	0	0,00	276	11,72	-1
	<i>Sisyphus schaefferi</i>	0	0,00	40	1,70	-1
	Scarabaeidae sp. ind.	3	0,54	0	0,00	1
	<i>Rhizotrogus</i> sp.	12	2,19	0	0	1
Formicidae	<i>Tapinoma magnum</i>	0	0,00	17	0,72	-1
	<i>Tetramorium caespitum</i>	0	0,00	8	0,34	-1
	<i>Tetramorium biskrense</i>	0	0,00	469	19,92	-1
	<i>Tetramorium semilavae</i>	0	0,00	32	1,36	-1
	<i>Camponotus cruentatus</i>	0	0,00	1	0,04	-1
	<i>Camponotus alii</i>	0	0,00	12	0,51	-1
	<i>Camponotus erigens (subconcolor)</i>	0	0,00	181	7,69	-1
	<i>Camponotus piceus</i>	0	0,00	13	0,55	-1
	<i>Cataglyphis viaticus</i>	0	0,00	2	0,08	-1
	<i>Crematogaster scutellaris</i>	0	0,00	15	0,64	-1
	<i>Crematogaster</i> sp.	0	0,00	8	0,34	-1
	<i>Temnothorax</i> sp.	0	0,00	2	0,08	-1
	<i>Lasius</i> sp.	0	0,00	114	4,84	-1
	<i>Messor forelii</i>	0	0,00	92	3,91	-1
	<i>Aphaenogaster testaceo pilosa</i>	0	0,00	1	0,04	-1
	<i>Aphaenogaster depilis</i>	0	0,00	2	0,08	-1
	<i>Aphaenogaster crocea</i>	0	0,00	2	0,08	-1
	<i>Messor sanctus</i>	0	0,00	10	0,42	-1
	<i>Messor capitatus</i>	0	0,00	12	0,51	-1
	<i>Plageolepis barbara</i>	0	0,00	5	0,21	-1

	<i>Tapinoma</i> sp.	85	15,51	0	0,00	1
	<i>Tetramorium</i> sp.	20	3,65	0	0,00	1
	<i>Camponotus</i> sp.	12	2,19	0	0,00	1
	<i>Cataglyphis</i> sp.	1	0,18	0	0,00	1
	<i>Crematogaster scutellaris</i>	1	0,18	0	0,00	1
	<i>Crematogaster</i> sp.	8	1,46	0	0,00	1
	<i>Temnothorax</i> sp.	1	0,18	0	0,00	1
	<i>Monomorium</i> sp.	4	0,73	0	0,00	1
	<i>Monomorium salomonis pestiferum</i>	3	0,54	1	0,04	0,86
	<i>Messor</i> sp.	68	12,40	0	0,00	1
	<i>Messor barbara</i>	6	1,09	125	5,31	-0,66
	<i>Aphaenogaster</i> sp.	2	0,36	0	0,00	1
	<i>Pheidole pallidula</i>	11	2,00	69	2,93	-0,19
	<i>Pheidole</i> sp.	7	1,27	0	0	1
	<i>Plageolepis</i> sp.	3	0,54	0	0	1
	<i>Solenopsis</i> sp.	5	0,91	3	0,13	0,75
Apoidea	Apoidea sp. ind.	0	0,00	2	0,08	-1
	<i>Apis</i> sp.	1	0,18	0	0	1
	<i>Apis millifera</i>	1	0,04	5	0,21	-0,67
Apidae	<i>Nomada</i> sp.	0	0	1	0,04	-1
	<i>Bombus</i> sp.	0	0	2	0,08	-1
	<i>Hoplocryptus</i> sp.	0	0	1	0,04	-1
	Apidae sp. ind.	3	0,54	0	0,00	1
Ichneumonidae	Ichneumonidae sp. ind.	3	0,54	2	0,08	0,73
Vespidea	Vespidea sp. ind.	1	0,18	0	0,00	1
Halictidae	Halictidae sp. ind.	1	0,18	0	0,00	1
Chrysidae	<i>Chrysis</i> sp.	2	0,36	0	0,00	1
Pompilidae	Pompilidae sp. ind.	1	0,18	0	0,00	1
Hymenoptera	Hymenoptera sp. ind.	5	0,91	0	0,00	1
Crabronidae	<i>Philanthus</i> sp.	0	0,00	2	0,08	-1
Diapriidae	Diapriidae sp. ind.	0	0,00	2	0,08	-1
Scoliidae	<i>Elis</i> sp.	0	0,00	2	0,08	-1
Braconidae	<i>Aphidus</i> sp.	0	0,00	15	0,64	-1
	<i>Coelinus</i> sp.	0	0,00	9	0,38	-1
Sciaridae	<i>Bradysia</i> sp.	0	0,00	5	0,21	-1
Anthomyiidae	<i>Delia</i> sp.	0	0,00	2	0,08	-1
Empididae	Empididae sp. ind.	0	0,00	13	0,55	-1
Fanniidae	Fanniidae sp. ind.	0	0,00	34	1,44	-1
Tachinidae	<i>Phania</i> sp.	0	0,00	15	0,64	-1
Phoridae	Phoridae sp. ind.	0	0,00	1	0,04	-1
Heleomyzidae	<i>Suilia</i> sp.	0	0,00	6	0,25	-1
Syrphidae	Syrphidae sp. ind.	0	0,00	1	0,04	-1
Asilidae	<i>Dioctria</i> sp.	0	0,00	2	0,08	-1

Sepsidae	<i>Sepsis</i> sp.	0	0,00	4	0,17	-1
Calliphoridae	<i>Calliphora vicina</i>	0	0,00	3	0,13	-1
Scatophygidae	Scatophygidae sp. ind.	0	0,00	8	0,34	-1
Sciaridae	<i>Sciara</i> sp.	1	0,18	0	0,00	1
Anthomyidae	<i>Anthomyia</i> sp.	1	0,18	0	0,00	1
Muscidae	<i>Muscina</i> sp.	1	0,18	0	0,00	1
Diptera	Diptera sp. ind.	4	0,73	0	0,00	1
Rhinophoridae	Rhinophoridae sp. ind.	0	0,00	1	0,04	-1
Nymphalidae	<i>anessa cardui</i>	0	0,00	1	0,04	-1
Pieridae	Pieridae sp. ind.	0	0,00	1	0,04	-1
Fam.ind.	sp. ind.	2	0,36	1	0,04	0,79
Chinopodiaceae	Chinopodiaceae sp.ind.	6	1,09	0	0,00	1
Poaceae	Poaceae sp .ind.	44	8,02	0	0,00	1
Polygonacea	Polygonacea sp. ind.	7	1,27	0	0,00	1

A.R1% (R.T) : Abondances relatives dans le régime trophique de *Tapinoma magnum*

A. R2% (R.T) : Abondances relatives dans les disponibilités alimentaires.

L'analyse du tableau 21 montre que les valeurs de l'indice d'Ivlev varient entre (-1) et (+1). Les espèces présentes dans le régime alimentaire de *T. magnum* et absentes dans le milieu sont au nombre de 57 espèces. Pour chacune de ces espèces l'indice d'Ivlev est égal à 1, telle que *Eobania vermiculata*, *Tapinoma* sp., Poaceae sp. ind. et Apidae sp. ind.

Alors que 100 espèces possèdent une valeur d'indices d'Ivlev qui est égale à -1 comme Phoridae sp. ind. et *Nomada* sp. Ce qui explique que ces espèces ne sont pas habituellement consommées par *Tapinoma magnum*, mais elles sont ingérées accidentellement.

D'autres espèces telles que, *Apis mellifera* et *Pheidole pallidula* présentent une valeur égale à -0,67 et -0,19 respectivement, ce qui implique que ce sont des espèces bien présentes dans le milieu mais qui sont très peu consommées par la fourmi *T. magnum* (Tableau 18). Par ailleurs les valeurs de l'indice d'Ivlev de certaines espèces comme Ichneumonidae sp. ind. et *Solenopsis* sp. possèdent une valeur de 0,73 et 0,75 respectivement, cela signifie qu'elles sont plus fréquentes dans le régime que dans le biotope.

3.2.3. - Exploitation des résultats du régime alimentaire de *T. magnum* par les méthodes statistiques

Les méthodes statistiques utilisées pour le régime alimentaire de *T. magnum* sont la corrélation et le test de Khi-2.

3.2.3.1. - Analyse de la corrélation (R^2)

Le coefficient de corrélation calculé entre les effectifs des espèces-proies (trouvées dans le régime alimentaire) et les disponibilités alimentaires (espèces trouvées dans le milieu) de la fourmi *T. magnum* est égal à -0.06. Cette valeur tend vers 0, indique l'absence de relation linéaire entre les variables, donc une faible corrélation entre les espèces-proie et les disponibilités alimentaires. Ceci est confirmé graphiquement dans la figure 29, où nous remarquons que les effectifs du régime alimentaire ont tendance à augmenter lorsque les disponibilités en espèces diminuent. Le coefficient est négatif, et la ligne représentant la corrélation s'incline vers le bas. Le graphe ci-dessous présente la corrélation entre les effectifs des espèces trouvées dans le menu trophique de *T. magnum* et celles présentes dans les disponibilités alimentaires.

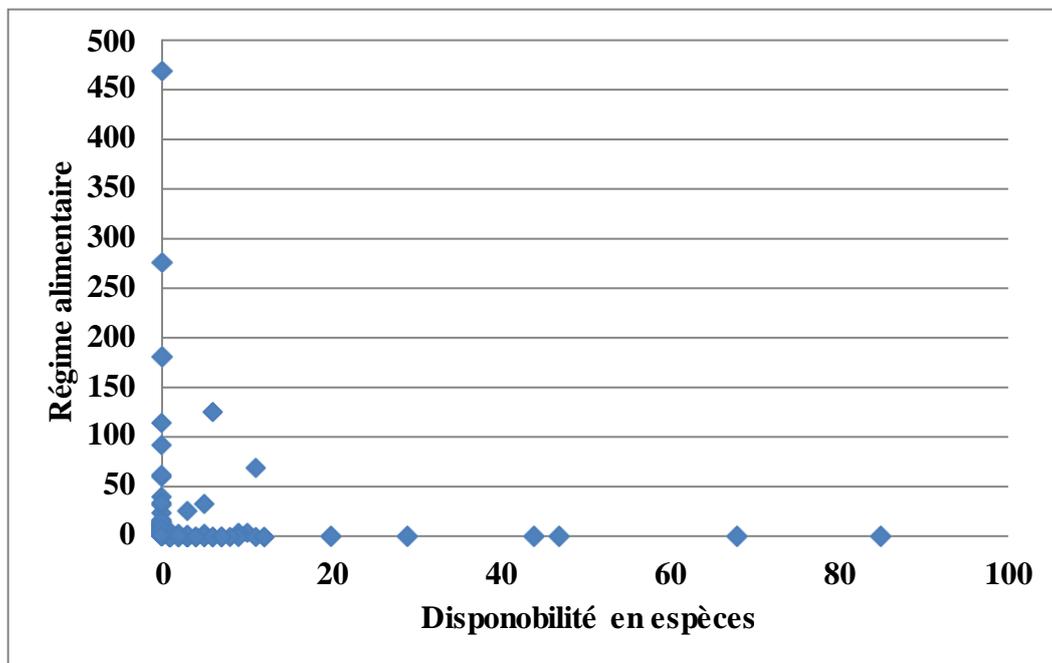


Figure 29 : Nuage de points et corrélation linéaire entre les effectifs des espèces trouvées dans le régime alimentaire de *T. magnum* et les disponibilités dans le parc national de Djurdjura.

3.2.3.2. - Utilisation du test Khi-2 (X^2)

Le test de Khi-2 appliqué pour les ordres des insectes-proies de *T. magnum* montre une différence hautement significative entre les nids, car la valeur du khi-deux est égale à 440,9580 et la p-value à 0,0000.

3.4. – Résultats de la partie génétique

L'identification génétique par barcoding de 35 individus, nous a permis de confirmer 27 individus comme étant *T. magnum* et les huit autres individus sont identifiés comme étant des *insularis*.

Pour la présente étude, 126 ouvrières provenant de 26 nids de *T. magnum* ont été génotypées aux 15 marqueurs microsatellites, sauf que le génotypage a échoué pour un individu suite à un problème de conservation des échantillons.

3.4.1. - Structure socio-génétique de la fourmi *T. magnum*

Le polymorphisme de chaque locus ainsi le taux d'hétérozygotie sont reportées dans le tableau 23.

Les résultats révèlent une euppe variabilité génétique. En effet, tous les loci sont polymorphes (entre 6 et 17 allèles), la diversité génétique pour chacun des loci varie entre 0,69 et 0,90 (Tab.23).

Tableau 23: Nombre d'allèle par locus et taux d'hétérozygotie calculés pour les colonies de *T. magnum*. Le taux d'hétérozygotie est obtenu selon la formule suivante : $1 - \sum p_i^2$ où p_i est la fréquence allélique. Le nombre d'allèle par locus et les fréquences alléliques ont été obtenues avec le logiciel COLONY.

Loci	Nombre d'allèles par locus	Taux d'hétérozygotie
F08	15	0,90
H05	16	0,79
B01	8	0,69
H09	16	0,89
D05	8	0,83
F10	6	0,69
A11	9	0,72
F12	12	0,87
B10	16	0,89
C03	10	0,79
A09	8	0,79
A10	9	0,81
B03	15	0,85
A03	16	0,80
E11	17	0,83

Pour la présente partie, nous avons choisi uniquement les nids qui contenaient plusieurs ouvrières. Parmi les 26 nids, nous avons sélectionnés dix nids contenant 11 ouvrières chacune. L'estimateur Queller & Goodnight du logiciel COANCESTRY nous a permis de calculer l'apparentement entre ouvrières à l'intérieur des nids et sa variance, ainsi que l'apparentement entre les reines en utilisant les génotypes des reines déterminés par le logiciel COLONY.

Le niveau d'apparentement moyen des ouvrières à l'intérieur des nids varie entre 0.06 ± 0.09 et 0.61 ± 0.01 . Par ailleurs, le niveau d'apparentement moyen des reines mères pour chaque nid est faible, il varie entre -0.11 ± 0.04 et $-0,47 \pm 0,03$. (Tab. 24)

Tableau 24: Résultats de l'analyse sociogénétique de *T. magnum*. La première colonne indique le nid étudié. La deuxième colonne indique le nombre de mère pour chaque nid. Les parentés (R) estimées sur les ouvrières et les reines mères pour chaque nid échantillonnées sont indiqués dans les colonnes 3 et 4.

Nid	Nombre de mères	R (ouvrières)	R (reines)
1	6	$0,17 \pm 0,14$	$-0,20 \pm 0,16$
7	6	$0,32 \pm 0,02$	$-0,15 \pm 0,03$
8	6	$0,54 \pm 0,02$	$-0,18 \pm 0,05$
11	4	$0,57 \pm 0,01$	$-0,34 \pm 0,05$
15	6	$0,06 \pm 0,09$	$-0,11 \pm 0,04$
18	9	$0,37 \pm 0,03$	$-0,13 \pm 0,01$
19	6	$0,41 \pm 0,042$	$-0,20 \pm 0,05$
24	3	$0,61 \pm 0,01$	$-0,47 \pm 0,03$
25	4	$0,46 \pm 0,05$	$-0,35 \pm 0,02$
26	5	$0,55 \pm 0,23$	$-0,31 \pm 0,04$

3.4.2. - Analyse de l'organisation socio-génétique des colonies

Les relations de parenté entre individus issus de logiciel COLONY montre une organisation sociale polygyne. Nous avons utilisé ce logiciel dans le but d'identifier des groupes de pleines sœurs ou de demi-sœurs sur l'ensemble des individus grâce à un algorithme de maximisation de la vraisemblance. Nous avons utilisé deux hypothèses

d'accouplement des femelles. La monoandrie (femelle qui est accouplée à un seul mâle) et la polyandrie (femelle qui est accouplée à plusieurs mâles). Les tableaux 7 et 8 en annexes présentent le détail des groupes d'ouvrières pleines sœurs observées pour chaque nid sous les deux hypothèses et les génotypes des ouvrières.

Sous l'hypothèse de la monoandrie, le nombre de mère par nid varie entre 3 et 9, ce qui est plus important que celui trouvé avec la polyandrie (il varie entre 2 et 4).

Sous l'hypothèse de la monoandrie, la taille moyenne des groupes de pleines sœurs formés varie entre 1 et 5 ouvrières pleines sœurs avec la présence parfois des ouvrières d'un nid voisin qui partage la même mère, comme dans le cas de la colonie 4 et 7 où on distingue une mère commune entre une ouvrière de la colonie 4 (Tab.7) (Fig. 30).

Sous l'hypothèse de la polyandrie, on enregistre des groupes de pleines sœurs qui ont une taille qui varie entre 2 à 6 ouvrières pleines sœurs par groupe, avec la présence parfois d'autres ouvrières issues d'une colonie voisine comme pour les colonies 16 et 17 (Tab.8).

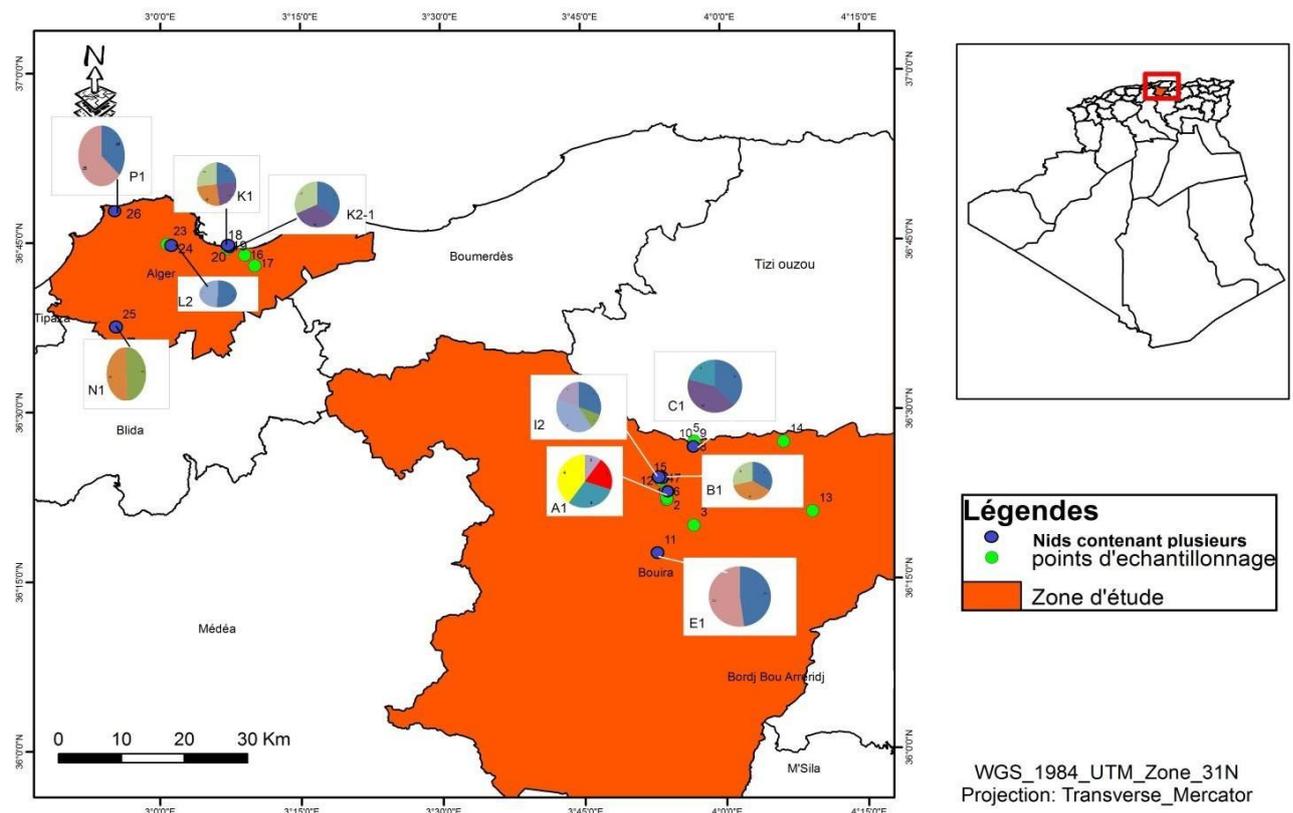


Figure 30: Cartographie des nids et des groupes de pleines sœurs présentées en Cambert sous l'hypothèse de la monoandrie.

CHAPITRE IV

Discussions

CHAPITRE IV - Discussions

Dans le présent chapitre, les discussions portent d'abord sur la myrmécofaune échantillonnée dans les trois milieux d'étude, ensuite sur le régime alimentaire de *Tapinoma magnum*.

4.1.1. - Discussions sur les fourmis capturées obtenus par la méthode des pots Barber

4.1.1.1. - Discussions sur la richesse totale (S) des formicidés échantillonnés dans les trois stations d'étude.

La partie Sud du parc national du Djurdjura est diversifiée en fourmis. Nous avons recensé 25 espèces dans les trois sites choisis, appartenant à 12 genres (*Tapinoma*, *Aphaenogaster*, *Cataglyphis*, *Messor*, *Crematogaster*, *Monomorium*, *Lasius*, *Pheidole*, *Tetramorium*, *Camponotus*, *Temnothorax*, *Plagiolepis*) (Tab. 1). CAGNIANT (1968) ayant travaillé dans 30 régions forestières d'Algérie, a recensé 90 espèces dont 55% uniquement sont nord-africaines. Le même auteur a recensé 8 espèces dans les forêts du parc national de Djurdjura en 1968. Après un demi-siècle, la diversité des fourmis est plus importante. Dans une autre étude sur les peuplements de fourmis dans quelques milieux forestiers et agricoles de la Kabylie, DJIOUA et SADOUDI (2015), montre la présence de 15 espèces dont 8 espèces se trouvent dans une forêt à 1200 m d'altitude. Dans la partie Sud du parc national de Djurdjura, la sous-famille des Formicinae domine dans les pots Barber avec un taux de 48% (Figure 12). Alors que dans la partie Nord du même parc, précisément dans les forêts de Tizi Ouzou, DJIOUA et SADOUDI (2015), trouvent que les Myrmicinae dominent avec un taux de 57%. L'inventaire myrmécologique réalisé par HENINE *et al.* (2020), dans des forêts humides du Parc national de Taza (Jijel, Algérie) a permis d'identifier 34 espèces de 4 sous-familles; Formicinae, Myrmicinae, Dolichoderinae et Ponerinae. Ces derniers auteurs ont pu capturer avec la technique des pots Barber, 11 espèce (AR%=50%) sont capturées dans une forêt de chêne liège, 3 espèces dans une forêt de chêne algérien avec une AR%=21.42, et 4 espèce de fourmis dans une forêt de chêne afares avec une abondance de 23.52%. En outre BOUGHERARA (2009) a signalé la présence de 9 espèces de fourmis dans une chênaie situé à Chréa (1450 mètres). En descendant vers la mer où l'altitude est très basse, plus précisément dans le parc de l'Ecole nationale supérieure agronomique d'El Harrach, BARECH (2014) a récolté 15 espèces de fourmis appartenant à 12 genres, et 3 sous-familles (Myrmicinae, Dolichoderinae et Formicinae). Partant plus au sud, dans un autre type de paysage, à la steppe présaharienne d'Algérie, AMARA (2020), a trouvé 20 espèces de fourmis appartenant à

3 sous-familles (Dolichoderinae, Formicinae, Myrmicinae) avec la dominance des Myrmicinae. De même dans le nord-est du Sahara, CHEMALA *et al.* (2017), signalent la dominance de des Myrmicinae (62%). Et Dans le Chott El Hodna, BARECH *et al.* (2016), mettent en évidence quatre sous familles (Dolichoderinae, Formicinae, Myrmicinae et Dorylinae), de sont également les Myrmicinae qui dominant dans cette région (58,3%).

4.1.1.2. - Discussion sur l'abondance relative dans les trois stations d'études

Dans notre étude *Tapinoma magnum* représente un peu plus d'un tiers (AR%=30,5%) dans le premier site et moins de 10% dans les deux autres sites. Cette espèce était déterminée auparavant à tort comme *Tapinoma nigerrimum*. La confusion est due à la proximité des caractères morphologiques entre les deux espèces qui sont difficiles à distinguer par un non spécialiste. Certains individus du genre *Tapinoma* récoltés ont été identifiés pour la première fois comme *Tapinoma magnum* par SEIFERT au Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz en Allemagne, par la suite les autres individus sont confirmés et analysés par des analyses génétiques, lors de notre stage de recherche au laboratoire de l'Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité au M.N.H.N. de Paris. Par ailleurs le nom actuel de *Tapinoma magnum* a été utilisé par SEIFERT *et al.* (2017) et LENOIR et GALKOWSKI (2017). *T. magnum* est présente jusqu'à 1800 m d'altitude, avec le pâturage dans les milieux humides (CAGNIANT, 1968). Elle est bien adaptée à survivre dans des régions froides (NOORDIJK, 2016). Ce qui est confirmé par sa présence dans notre zone d'étude à 1490 m. Un peu moins de la moitié du peuplement des fourmis est représenté par *Camponotus cruentatus* dans le site 2 (AR=48,5%) et le site 3 (AR=47,4%). Selon CAGNIANT (1968), elle est présente surtout dans le bois de chênes verts de l'Atlas Tellien, entre 800 et 1200 m. En effet le troisième site de notre étude est une forêt mixte avec chêne vert. Par ailleurs, *Cataglyphis viatica* est moyennement abondante dans les trois sites (sup. à 10%). C'est une espèce dite commune en lisière des forêts. Cité par CAGNIANT (1968), dans la liste préliminaire de fourmis forestières d'Algérie, le même auteur en 2009, signale que les espèces du genre *Cataglyphis* se trouvent en Afrique du Nord depuis le bord de la mer jusqu'au Hoggar (cas de la fourmi *C. targuia*). Elle peut atteindre 2800 m d'altitude et semble nicher en lieux découverts. La fourmi *Aphaenogaster crocea*, n'a été trouvée qu'une seule fois dans le site 1, ce qui explique que sa présence est très rare en dehors de la Numidie et de l'Aurès (CAGNIANT, 1968). Par contre *Aphaenogaster testaceo-pilosa* est assez constante dans le parc national de Djurdjura avec un taux variant entre 6 et 12%. Six espèces sont présentes

dans tous les milieux prospectés dans la partie nord du parc national de Djurdjura (DJIOUA et SADOUDI, 2015). Il s'agit de *Cataglyphis bicolor*, *Aphaenogaster testaceo-pilosa*, *Pheidole pallidula*, *Tetramorium biskrense*, *Tapinoma nigerrimum* et *Messor barbara*. Ces auteurs précisent aussi qu'*Aphaenogaster testaceo-pilosa* est la plus constante de la région. Dans la steppe algérienne, AMARA (2020), a trouvé que *Messor capitatus* est particulièrement abondant exclusivement en forêt de pins, tandis que l'abondance relative la plus élevée a été notée pour *T. nigerrimum* (39,3%) dans la station de la rivière à sec. Dans le Nord-Est du Sahara CHEMALA *et al.* (2017), notent que les deux espèces *Monomorium salomonis obscuriceps* et *Pheidole pallidula* sont communes dans la région. Selon BARECH *et al.* (2016), dans le Chotte El Hodna, deux espèces dominant, *Monomorium* sp. et *Tetramorium biskrense*. Dans notre étude, les espèces suivantes sont très peu représentées dans les trois sites (*Monomorium salomonis*, *Crematogaster* sp., *Pheidole* sp., *Tetramorium semilavae*, *Temnothorax* sp.).

La différence des résultats obtenus dans les travaux menés sur l'abondance de la myrmécofaune est due probablement aux localisations des milieux d'étude, et leurs nombres, les conditions climatiques, ou le type de végétation caractérisant le milieu, les méthodes et la durée d'échantillonnages etc.

4.1.1.3. - Discussions des valeurs d'indices de diversité de Shannon-Weaver et de l'équitabilité appliquées sur les individus des fourmis dans les trois stations d'étude.

Les différents indices de diversité utilisés indiquent que la diversité des fourmis de la partie sud du parc national de Djurdjura est importante, et qu'il existe une bonne répartition des peuplements de fourmis dans les différents milieux prospectés. Selon HÖLLDOBLER & WILSON (1990), la communauté des fourmis est dominée par quelques espèces qui contribuent également à réduire la présence de fourmis subordonnées ou opportunistes. Et d'après HEIP *et al.* (1998), un indice de diversité résume la structure et non le fonctionnement d'une communauté et que la régularité soit indépendante de la richesse des espèces. Il est avancé que le calcul des indices de diversité ou de régularité devrait simplement servir de descripteurs de la structure communautaire et être complété par des informations sur le fonctionnement écologique.

4.1.2. - Discussions sur les résultats obtenus par la méthode de la capture directe à la main

4.1.2.1. - Discussions sur la richesse totale (S) des formicidés échantillonnés dans les trois stations d'étude.

L'emploi de la technique de récolte directe à la main nous a permis de recenser un total de 18 espèces de fourmis appartenant à 3 sous-familles, (Dolichoderinae, Myrmicinae et Formicinae) et 11 genres (*Tapinoma*, *Aphaenogaster*, *Crematogaster*, *Messor*, *Monomorium*, *Pheidole*, *Tetramorium*, *Camponotus*, *Temnothorax*, *Cataglyphis*, *Plagiolepis*) (Tab. 08), Dans des chênaies disuées dans le Parc National de Taza, HENINE *et al.* (2020), ont recensés grâce la méthode de la collecte à la main, 15 espèces de fourmis (AR%= 68,18) dans une forêt de chêne liège, 12 espèces (AR%=85.71) dans une forêt de chêne algérien, et 15 espèces (AR%=88.23) dans une forêt de chêne afares, dans un autre milieu forestier, à Yakouren (Tizi Ouzou), SALEM et ZAZGAD (2019) ont trouvé 17 espèces de fourmis. LABBACI (2015), ayant travaillé sur la diversité myrmécologique dans trois stations à Bouira, il s'agit d'un verger de pommier, un milieu cultivé et une friche, dont la richesse spécifique totale est de 8 espèces pour chaque station. De son côté, BARECH (2014) par la technique de la capture à la main dans différentes stations dans le nord de l'Algérie et dans la steppe a enregistré 10 espèces de fourmis. Par ailleurs BOUZEKRI (2014) avec la même méthode dénombre 14 espèces de fourmis en milieux forestiers à Moudjraba (Djelfa). Ce même auteur trouve à Senalba chergui, une richesse de 4 espèces par la méthode des Transects et une richesse de 5 par la méthode quadras. Selon CHEMALA *et al.* (2020) a utilisé la méthode des quadrats, ce qui lui a permis de recenser 21 espèces dans la sous zone de Djamaa, 12 dans la zone d'Illizi et 9 à celle d'El Oued, de Touggourt et d'Ouargla. Dans la sous zone de Djamaa, AMARA (2020) a récolté un total de 20 espèces en utilisant la méthode des quadras.

Il est à remarquer que la variation des résultats trouvés par les auteurs cité en dessus, est peut-être expliquée par la diversité floristique qui caractérise chaque région, le mode d'échantillonnage et l'effet des changements climatiques spécifique à chaque biotope.

4.1.2.2. - Discussion sur les abondances relatives des espèces de fourmis rencontrées dans les trois stations d'études

En ce qui concerne les effectifs des espèces de formicidés capturées à la main, il est à remarquer que *T. magnum* est l'espèce la plus présente dans les trois sites d'étude, sa présence dans nos stations d'étude est confirmée par CAGNIANT (1968) où il mentionne qu'elle peut être introduite jusqu'à 1800 m altitudes, Cette espèce est bien adaptée à survivre

dans des régions froides (DEKONINCK *et al.*, 2016). Dans le site 1, elle est suivie par *Camponotus cruentatus* (A.R%= 17,34%), et *Cataglyphis viatica* avec un taux de 9,88%. Les autres espèces sont faiblement présentées avec une fréquence centésimale qui varie entre (0.40 et 6.65 %). Pour le site 2, *Tapinoma magnum* est suivie par *Camponotus cruentatus* un taux d'abondance de 25,57%. La valeur la plus faible est marquée par *Tetramorium semilaeve* avec un même taux (0,28 %) (Fig. 09). Tant dis que dans le site 3 *Aphaenogaster depilis* est dans la deuxième position avec une abondance de 18,34 % et *T. semilavae* représente la valeur la plus faible avec 0,59 %. Selon HENINE *et al* (2020), parmi les fourmis du chêne-liège trouvées, l'espèce; *Crematogaster scutellaris* et *Aphaenogaster testaceo-pilosa* sont les plus fréquents, dans la station de chêne algérien, *Aphaenogaster crocea*, *Crematogaster scutellaris* et *Aphaenogaster testaceo-pilosa* ont été les plus capturés, (toutes méthodes confondues) avec 38,27; 28,15 et 12,46% respectivement. Au niveau du chêne Afères, *Plagiolepis schmitzii* est la plus courante avec un taux de 59,88%. Viennent ensuite les espèces *Bothriomyrmex decapitans* et *Crematogaster scutellaris* (avec respectivement 12,69 et 6,98%). Les travaux de DJIOUA (2011) dans quelques milieux forestiers de la Wilaya de Tizi-Ouzou montrent que *Crematogaster scutellaris* vient en tête avec 24,36%. D'après CAGNIANT (1973), le regroupement des espèces de fourmis se fait selon leurs affinités cétoniques et leurs communes préférences écologiques. CAGNIANT (1996) reconnaît que les espèces du genre *Camponotus* ont tendance à monter sur les arbres, elles sont répandues dans toutes les forêts. Le même auteur, en 2009 note que les *Cataglyphis* nichent en lieux découverts (grandes clairières, pâturages de montagne, et steppes), les bas-côtés terreux des routes et les friches. Il confirme également que la présence ou l'absence d'une espèce dans une localité est en premier lieu en fonction de l'étage climatique auquel appartient la localité. Ce qui explique que la température et l'humidité sont deux facteurs primordiaux pour la distribution des fourmis.

4.1.2.3. - Discussions sur les fréquences d'occurrences appliquées aux espèces de fourmis échantillonnées

Dans nos stations d'études, six catégories d'espèces de fourmis sont enregistrées grâce à la méthode de capture directe à la main, dont cinq catégories d'espèces de Formicidés ont été notées dans le site 1, la valeur la plus élevée (FO%= 50) revient à la classe Très Accessoire. C'est le cas de *Tetramorium biskrense*, de *Aphaenogaster depilis*, et de *Cataglyphis viatica*. Tant dis que les valeurs les plus faibles (FO%=10) sont notées dans la

catégorie des espèces très rares, tels que *Tetramorium semilaeve* et *Plageolepis barbara*. En ce qui concerne le site 2, aussi cinq catégories de constances sont mentionnées, la valeur la plus élevée de la fréquence d'occurrence est égal à 50% correspondant à la catégorie très accessoire et représentée par l'espèce *Aphaenogaster testaceo-pilosa*, Huit espèces sont accessoires avec un taux de 40% chacune, (*Tapinoma magnum*, *Tetramorium biskrense*, *Camponotus barbaricus*, *Crematogaster scutellaris*, *Messor barbarus*, *Aphaenogaster depilis*, *Pheidole pallidula*, *Cataglyphis viatica*). La valeur la plus faible est notée pour l'espèce dont l'occurrence est d'une seule fois dans les relevés (FO%=0,28) c'est le cas de *Tetramorium semilaeve*. Au niveau du site 3, on trouve que les formicidés récoltés sont réparties en 6 classes d'occurrences. Les fourmis dites accidentelles (FO%= 30), sont représentées par la majorité des espèces comme *Camponotus cruentatus* et *Camponotus alii*, suivie par la catégorie d'occurrence accessoire (FO%=40). En revanche, la catégorie des espèces les moins fréquente est celle des très rares (FO%=10), représenté dans cette station avec la fourmi *Temnothorax* sp. Selon CAGNIANT (1970), *Camponotus alii* est une espèce très commune dans toute la forêt. Elle est surtout une fourmi forestière qui accepte des sols et des couverts végétaux très divers, Nos résultats diffèrent de ceux enregistrés par BARECH *et al.* (2014) qui rapporte qu'au niveau du parc de l'E.N.S.A. trois catégories d'espèces y vivent, avec *Tapinoma nigerrimum* qualifiée d'accessoire, contrairement à *Aphaenogaster depilis* qui est une espèce constante. Par ailleurs, CHEMALA (2020), en utilisant la méthode des quadras dans la zone d'El-Oued, 7 catégories de la constance sont déterminées au niveau d'une station des cultures maraîchères, 3 catégories d'espèces pour le milieu naturel, et 5 classes d'espèces de fourmis pour la palmeraie. D'après GASPARD (1972) et THEUNIS (2008), la distribution et l'abondance relative des Formicidae constituant une communauté, sont influencées directement par des facteurs climatiques et pédologiques, telles que la température, l'humidité, la lumière et l'effet de la végétation.

4.1.2.4. - Discussion sur l'indice de Shannon-Weaver et l'équitabilité appliqués aux espèces de fourmis dans les trois stations d'étude

Les valeurs de diversité de Shannon enregistrées pour les trois sites sont élevées. Selon GUILLAUME, 2020 plus nous sommes en présence d'espèces différentes, plus sa valeur augmente de façon logarithmique, Aussi l'indice de Shannon tend à augmenter lorsque sont présentes des espèces rares. Cependant l'indice de l'équitabilité calculé est de 0,69 pour

le site 1, 0,79 pour le site 2 et 0,86 pour le site 3. Ces valeurs tendent vers 1. Les espèces présentes dans le peuplement ont des abondances identiques, d'où les effectifs des espèces en présence, sont en équilibre entre eux. Il apparaît clairement que les fourmis ont une grande capacité d'adaptation dans les milieux forestiers situés en altitude.

4.1.3. – Analyse factorielle de correspondance appliquée aux espèces de Formicidés capturées dans les stations d'étude avec les deux méthodes 'échantillonnages

L'analyse de l'AFC appliquée aux espèces de Formicidés capturées avec les deux méthodes 'échantillonnages, montre qu'il y a des espèces communes entre les sites d'étude et des espèces spécifiques à chaque site. En effet (GASPAR, 1972) pense que cette diversité est causée essentiellement par les facteurs climatiques qui sont considérés comme l'élément principal régissant la composition spécifique et quantitative des entomocénoses ainsi que la répartition géographique. De même CAGNIANT (1973), ajoute que la composition floristique et la physionomie du couvert végétale influe beaucoup sur la myrmécofaune d'un milieu donné.

4.2. - Discussions des résultats de l'étude du régime trophique de la fourmi *Tapinoma magnum* dans le P.N.D.

Les discussions, dans la présente partie portent sur les indices écologiques de composition et de structure employés. Il est à signaler qu'en Algérie, peu de données sont disponibles traitant du régime trophique de *T. magnum* sauf les travaux de LABBACI (2015), dans le parc de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, où *T. magnum* a été identifié à tort comme *T. nigerrimum*.

4.2.1. - Discussions sur les espèces-proies trouvées dans les nids *T. magnum* par des indices écologiques de composition et de structure.

Dans le présent paragraphe, la discussion de régime alimentaire porte sur l'inventaire des espèces-proies récupérées à partir des nids de *T. magnum*. C'est une espèce de fourmi invasive qui crée des super-colonies dans différentes régions méditerranéenne, Nous la

distinguant par la taille de ses colonies d'abord, elles sont énormes et se divisent rapidement. Les colonies de *T. magnum* sont polygynes, c'est à dire composées de plusieurs reines, et contiennent jusqu'à plusieurs milliers d'individus (SEIFERT *et al.* 2017). D'ailleurs, cette espèce est omnivore, elle chasse de petits insectes et récolte le miellat des hémiptères aussi bien sur les parties aériennes que sur les racines des plantes (LEBAS *et al.* 2016). Elle pourchasse d'autres espèces de fourmis qui vivent dans le même milieu, et se nourrissent des mêmes proies, ils sont donc en concurrence alimentaire, ce qui explique la grande présence des cadavres de fourmis. Ou élimine les insectes régulateurs des écosystèmes comme, par exemple, les araignées. Cette espèce de fourmis peut causer des dégâts sur les cultures notamment la culture maraîchère par une modification du sol par les fourmilières ainsi qu'à une augmentation du nombre d'aphides sur les cultures (LENOIR et GALKOWSKI, 2017). Sur un total de 21 nids récoltés dans la partie sud de Djurdjura, la valeur de la richesse totale notée dans le menu trophique de *T. magnum* se varie d'un nid à un autre, dont une richesse totale de 80 espèces, réparties en 2 règnes. Les abondances relatives calculées en fonction des ordres des espèces proies de *T. magnum* dans le Djurdjura montre que l'ordre des Hymenoptera est le plus abondant (AR%=46.53), suivie par l'ordre des Coleoptera avec une valeur de AR%= 14.05, Tant dis que les autres ordres sont faiblement représentées. Il est à noter qu'une espèce de plante de la famille des Chinopodiaceae sp.ind. présente un pourcentage aussi important (AR%=8.02) de la portion végétale trouvée dans les restes des nids de *T. magnum*. La valeur de la richesse totale est élevée par rapport à celle enregistrée par LABBACI (2015), dans le parc de l'E.N.S.A. où l'inventaire montre la présence de 30 espèces de cadavres d'arthropodes (A.R% =18,07%) dont la portion la plus grande est enregistrée pour les Formicidae avec 15 espèces qui représente 50% des arthropodes présents dans le régime alimentaire. Les gastéropodes occupent la deuxième position avec une abondance relative égale à 7,22 %. Ensuite, les espèces d'origine végétales récupérées à partir des nids de *T. nigerrimum*, sont les glumelles d'*Hordeum murinum*, avec une abondance relative de 35,54%, suivie par les graines d'*Amaranthus* sp. (A.R % = 25,90%) et par les graines de *Capsella- bursa pastoris* avec un taux d'abondance relative de 9,64%. Par ailleurs CERDA *et al.* (1989) montrent que les espèces apportées aux nids de *T. nigerrimum* par les ouvrières sont de 106 espèces dans le Canel de Mar (Espagne). La majorité de ces espèces sont des cadavres d'arthropodes, dont plus de 30 % sont des Formicidae. Aussi bien, les Gastéropodes occupent une importante place. Les ouvrières de *Tapinoma* fourragent en longues colonnes souvent très denses, longeant volontiers les bords de trottoirs, murs et murets. Elles se nourrissent de liquides sucrés, tels que miellat d'homoptères, nectar de

plantes ou jus sucré sur des fruits, et chassent des petits invertébrés morts ou vivants (CERDA *et al.* 1989, HELLER 2011, NOORDIJK 2016). Par ailleurs, GUILIANI *et al.* (2019) ont observé cette espèce de fourmi se nourrissant de nectaires extra-floraux de l'invasive *Reynoutria x bohemica* (Polygonaceae) en Toscane. Les habitats examinés étaient les berges des rivières et les habitats perturbés. Selon BALOUP (2009), le type de la végétation influe sur toute la chaîne alimentaire, il fait varier les espèces de fourmis présentes, ainsi que les conditions du milieu, la géologie et la composition de la litière.

4.2.2. - Exploitation des espèces-proies trouvées dans les nids de *T. magnum* par des indices écologiques de structure

Selon PEET (1974), ces indices permettent de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu d'étude. Il indique quand il est élevé, un nombre important d'espèces ou des fréquences peu différentes entre les espèces rencontrées dans un milieu donné (SOUNON BOUKO1, 2007). La valeur de l'indice de Shannon-Weaver, appliquée aux espèces-proies de *T. magnum*, présente une valeur assez élevée, qui égale à 4.97 bits et la valeur d'indice de diversité maximale égal à 6.32 bits alors que l'équitabilité est égale à 0.78. Cette valeur est proche de 1, ce qui traduit un bon équilibre entre les effectifs des espèces-proies présentes dans les nids. Ceci explique que le menu trophique de cette fourmi est assez diversifié en espèces.

4.2.3. - Discussion de l'indice de sélection d'Ivlev pour les espèces trouvées dans le régime trophique de *T. magnum*

La comparaison entre les ressources alimentaires et les leurs disponibilités pour l'animal, sont souvent impliqués dans les recherches écologiques modernes (JOHNSON, 1880 *in* BARECH ,2014). Les résultats sur les disponibilités alimentaires enregistrés dans les milieux d'étude, montre une richesse totale de 126 espèces réparties en 6 classes, 18 ordres, 70 familles. Il est à remarquer que l'ordre le plus riche en espèces est celui des Coleoptera avec 37 espèces suivi par l'ordre des Hymenoptera avec 36 espèces. Cette richesse est supérieure à celle trouvée dans le régime alimentaire (80 espèces). Cette différence peut traduire que l'aire de chasse des fourmis est limitée autour de leurs nids et ne leur permet pas de fourrager sur de longues distances. Par ailleurs, *Tapinoma nigerrimum* peut être considéré comme un nicheur opportuniste (HOLLODOLBER et WILSON 1977).

Les valeurs de l'indice d'Ivlev varient entre (-1) et (+1). Les espèces présentes dans le régime alimentaire de *T. magnum* et absentes dans le milieu sont au nombre de 57 espèces. Pour chacune de ces espèces l'indice d'Ivlev est égal à +1 telle que *Eobania vermiculata*,

Tapinoma sp., Poaceae sp.ind., et Apidae sp.ind. Alors que 100 espèces possèdent une valeur d'indices d'Ivlev qui égal à -1 comme Phoridae sp.ind. et *Nomada* sp. Ce qui explique que ces espèces ne sont pas consommées par *Tapinoma magnum* mais elles sont ingérées dans son régime accidentellement. D'autres espèces telles que, *Apis millifera*, *Pheidole pallidula* présentent une valeur égal à -0,67 et à -0.19 respectivement ce qui implique que ce sont des espèces bien présentes dans le milieu mais qui sont très peu consommées par la fourmi *T. magnum*. Ces valeurs négatives peuvent être expliquées par l'inconvénient de la méthode d'échantillonnage qui ne permet pas de recueillir l'ensemble des fragments d'espèces-proies trouvées à l'intérieur des nids. Par ailleurs les valeurs de l'indice d'Ivlev de certaines espèces comme Ichneumonidae sp.ind. et *Solenopsis* sp., possèdent une valeur de 0,73 et de 0,75 respectivement. Ça signifie qu'elle est plus fréquente dans le régime que dans le biotope. LABBACI (2015) a remarqué que les espèces présentes dans le régime alimentaire de *Tapinoma nigerrimum* et absentes dans le milieu sont au nombre de 16 espèces. Pour chacune de ces espèces l'indice d'Ivlev est égal à +1 telle que Hemiptera sp.ind. , Lithobiidae sp. ind. et Ichneumonidae sp.ind. 33 espèces possèdent une valeur d'indices d'Ivlev négative comme *Aphaenogaster depilis* et *Loboptera decipiens*, ce qui explique que ces espèces ne sont pas consommées par *Tapinoma nigerrimum*. Deux espèces *Messor barbara* et *Monomorium salomonis pestiferum*, présentent une valeur égal à -0,86 et à -0,62 respectivement ce qui implique que ce sont des espèces bien présentes dans le milieu mais qui sont très peu consommées par la fourmi *Tapinoma nigerrimum*. Par ailleurs, *Tetramorium biskrense* possède une valeur de 0,66 ce qui signifie qu'elle est plus fréquente dans le régime que dans le terrain. Nos résultats sont différents de ceux trouvés par le précédent auteur, car la région d'étude, les conditions climatiques, et le nombre de nids récoltés ne sont pas les mêmes.

4.3. - Discussion sur la socio-génétique de *T. magnum*

Nos analyses génétiques illustrent les premières caractéristiques de l'organisation sociale des nids de la fourmi *T. magnum* échantillonnée à partir de 26 nids. Elles sont toujours polygynes. Plusieurs reines ont été identifiées à partir des génotypes des ouvrières, dans toutes les sociétés échantillonnées avec les deux hypothèses d'accouplement de femelles (monoandrie et polyandrie). *T. magnum* est considérée comme invasive et hyperpolygyne (DEKONINCK *et al.*, 2015), Il est donc presque surprenant que nous ayons réussi à trouver des groupes de pleines sœurs dans nos échantillonnages restreints. Cela laisse suggérer que le

niveau de polygynie en Algérie est plus faible que celui observée par Baumann à Cully (Suisse), où il a trouvé jusqu'à 350 reines (BAUMANN, 2018). La polygynie de *T. magnum*, lui permet une dispersion plus rapide et accélère la croissance de la colonie. Elle augmente également le risque d'introduire des femelles reproductrices dans de nouveaux habitats en déplaçant un groupe d'individus, et ainsi d'initier de nouvelles colonies (CORDONNIER, 2020). Par ailleurs, nous avons observé que les groupes de pleines sœurs contiennent parfois des ouvrières d'autres nids voisins, ce qui peut être expliqué par les échanges continuels de reines et couvain (œufs et larves) entre les différents nids d'une même population, ce qui est le cas pour les espèces qui ont un degré extrême de polygynie tels que le genre *Tapinoma*. Le degré de parenté entre les individus est proche de zéro (KAUFMANN *et al.*, 1992 ; KELLER et FOURNIER, 2002).

Conclusion

Conclusion

La présente étude est basée sur trois principaux axes de recherches. Le premier est consacré pour l'étude de la myrmécofaune du parc national de Djurdjura qui révèle cependant une richesse importante en Formicidae. Le second, traite le régime alimentaire de la fourmi *T. magnum*. Et le dernier concerne l'étude de la sociogénétique de *Tapinoma magnum*, en utilisant des marqueurs microsatellites développés chez cette espèce invasive. Afin de mener à bien cette étude, deux méthodes d'échantillonnages sont appliquées, quantitative par la méthode de la capture directe à la main et qualitative par la méthode des pots-Barber, durant la période qui s'étale entre mars 2016 et août 2017.

Avec la méthode des pots Barber, 1499 individus de Formicidae sont capturées, appartenant à 25 espèces et 12 genres. Une richesse de 20 espèces est notée pour le site 1 avec *T. magnum* qui domine, suivie par 15 espèces dans le site 2 et 16 espèces dans le site 3 avec *Camponotus cruentatus* qui domine dans les deux sites. Selon, les valeurs de l'indice de l'équitabilité, nous remarquons une tendance vers l'équilibre entre les fourmis récoltées. Concernant la méthode de la capture à la main, 1186 individus sont récoltés, avec un total de 17 espèces, répartis entre 14 espèces pour le site 01, 15 espèces pour le site 02, et 13 espèces pour le site 03. Il est à remarquer que *T. magnum* est l'espèce la plus abondante dans les 3 sites. Quant à l'équitabilité, elle tend vers 1, ce qui indique que les espèces sont en équilibre entre elles pour les trois stations d'étude. L'application de l'analyse de l'A.F.C. sur les espèces capturées avec les deux méthodes en fonction des sites d'étude met en évidence la présence des espèces communes entre les différents sites tels que *T. magnum* qui a une capacité d'adaptation dans les différents milieux forestiers. Nous avons constaté que *T. magnum* est présente même dans des altitudes à plus de 1500m, et préfère les milieux ouverts où le sol est moins humide. Et il existe des espèces spécifiques à chaque station d'étude. Nos analyses statistiques révèlent que le nombre moyen de fourmis capturé avec les deux méthodes pour les trois sites est très proche. Ce qui signifie que le choix de la méthode de capture n'a pas d'impact sur la moyenne d'individus récoltés.

La contribution à l'étude du régime trophique de *Tapinoma magnum*, porte sur deux parties, l'une concernant les disponibilités alimentaires et l'autre concernant les espèces-proie trouvées dans ses nids. Cette fourmi chasse de petits insectes et pourchasse d'autres espèces de fourmis, ou élimine les insectes régulateurs des écosystèmes comme, par exemple, les

araignées. L'ensemble des espèces animales composant les disponibilités alimentaires de cette fourmi, représentent un totale de 126 espèces réparties en 6 classes, 18 ordres et 70 familles. Il est à remarquer que deux ordres dominant de loin les autres ordres en nombre d'espèces. Il s'agit de celui des Coleoptera avec 37 espèces, suivi par l'ordre des Hymenoptera avec 36 espèces. L'espèce qui domine dans les disponibilités alimentaires, est *Camponotus cruentatus* avec un effectif de 496 individus (AR % = 19,92), suivie par Phalangidae sp. ind. avec 284 individus (AR%=12,03) et par *Tapinoma magnum* représentée par 276 individus (AR% = 11,72%). L'analyse des espèces-proies trouvées dans les 21 nids de *T. magnum*, montre une richesse totale de 80 espèces réparties en 2 règnes, 5 phylums, 7 classes, 17 ordres et 40 familles. La classe des espèces les plus représentées est celle des Insecta avec une valeur égale à 66,97 %, suivie par la classe des Gastropoda (A.R% = 16,05%). L'ordre des insectes le plus abondant est celui des Hymenoptera avec un taux de 46,53. Ces derniers sont principalement représentés par la famille des Formicidae. Donc *T. magnum* est une espèce omnivore, très agressive, elle s'attaque aux autres fourmis quand ils s'approchent de ses ressources alimentaires qui explique la grande présence des cadavres de fourmis. Les valeurs de l'indice d'Ivlev varient entre (-1) et (+1). Les espèces présentes dans le régime alimentaire de *T. magnum* et absentes dans le milieu sont au nombre de 57 espèces. Pour chacune de ces espèces l'indice d'Ivlev est égal à 1. Alors que 100 espèces possèdent une valeur d'indices d'Ivlev qui égal à -1, ce sont des espèces présentes dans les disponibilités mais elles ne sont pas ingérées par la fourmi. Ce qui explique que ces espèces sont ingérées accidentellement. D'autres espèces sont bien présentes dans le milieu mais qui sont très peu consommées par la fourmi *T. magnum*. Par ailleurs les valeurs de l'indice d'Ivlev de certaines espèces signifient qu'elles sont plus fréquentes dans le régime que dans le biotope. *T. magnum* est sélective, avec un rayon de chasse limitée.

La confirmation de l'identification du genre *Tapinoma* par l'ADN mitochondrial, montre que nos espèces sont des *Tapinoma magnum* et non pas des *T. nigerrimum* comme déterminer auparavant. L'étude basée sur la structure socio-génétique des colonies de *T. magnum* montre que les sociétés de cette fourmi invasive ont une organisation sociale polygyne, avec les deux hypothèses testées (monoandrie et polyandrie). La monoandrie révèle un nombre important de reines qui forment des groupes de pleines sœurs. Ces groupes partagent parfois la même reine mère avec d'autres ouvrières de nids voisins.

A l'heure actuelle, peu d'études sont réalisées sur la nouvelle espèce envahissante *T. magnum*. Compte tenu de l'étonnante capacité de reproduction et d'adaptation dans les différents

milieux, une étude profonde sur l'organisation sociogénétique de cette espèce mérite certainement d'être poursuivie dans le futur.

Perspectives

Les communautés de fourmis jouent un rôle primordial dans les systèmes écologiques et peuvent ainsi affecter le fonctionnement des agrosystèmes⁵. Les fourmis d'Algérie sont mal connues, et l'identification morphologique peut être extrêmement difficile sur certains genres de fourmis. C'est pour cela nous recommandant une identification précise par l'approche génétique de barcoding des espèces est indispensable pour appréhender la structuration et le rôle de ces communautés. C'est d'autant plus crucial que les perturbations anthropiques, notamment à travers les invasions biologiques, peuvent fortement modifier ces communautés. Par ailleurs, un travail de génétique des populations notamment sur la fourmi invasive *Tapinoma magnum* par analyse de phylogéographie (ADN mitochondrial) permettrait d'identifier précisément l'origine géographique de cette invasion ainsi que son histoire.

Par la présente étude, nous avons pu avoir les premières données sur la sociogénétique de cette espèce invasive. A l'heure actuelle, peu d'études sont réalisées sur la nouvelle espèce envahissante *T. magnum*. Compte tenu de l'étonnante capacité de reproduction et d'adaptation dans les milieux, une étude profonde sur l'organisation sociogénétique de cette espèce mérite certainement d'être poursuivie dans le futur. Des études complémentaires sur la génétique des populations de *T. magnum* en Algérie sont donc nécessaires à la poursuite de ce travail car nous ignorons encore comment elles se comportent dans notre pays.

Des analyses génétiques permettront également de clarifier le contenu stomacal de cette fourmi invasive afin de mieux connaître son régime alimentaire et cerner son impact dans les agrosystèmes.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. ABDESSELAM M., 1995 - *Structure et fonctionnement d'une carte de montagne sous climat méditerranéen exemple de Djurdjura occidental (grande Kabylie-Algérie)*.Thèse Doc. Univ. Franche et Comte en Science de la terre.232p.
2. AMARA Y., TLIBA H., BOUNACEUR F., DAOUDI S., 2020 - Diversity, Richness and Composition of Ant Communities (Hymenoptera: Formicidae) in the Pre-Saharan Steppe of Algeria. *Sociobiology* 67(1): 48-58.
3. ANDERSEN A.N., et 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.
4. BALOUP S., 2009 - *Diversité de la myrmécofaune dans une parcelle monospécifique d'hévéas*. Thèse magister, Univ. des Antilles et de la Guyane, 34 p.
5. BARBAULT R., 1981 – *Ecologie des populations et des peuplements*. Ed. Masson, Paris, 200p.
6. BARECH G., 2014 - *Contribution à la connaissance des fourmis du Nord de l'Algérie et de la steppe: Taxonomie, bio-écologie et comportement trophique (Cas de Messor medioruber)*. Thèse Doctorat, Eco. nati. sup. agro., El Harrach, Alger, Algérie.
7. BARECH G., KHALDI M., ZIANE S., ZEDAM A., DOUMANDJI S., SHARAF M., et ESPADALER X., 2016 - A first checklist and diversity of ants (Hymenoptera: Formicidae) of the saline dry lake Chott El Hodna in Algeria, a Ramsar Conservation Wetland. *African Entomology*, 24: 143-152.
8. BAUMANN P., 2018 - Les fourmis, ces envahisseuses <http://www.illustrre.ch/magazine/fourmis-envahisseuses>
9. BAZIZ B., 2002 - *Bioécologie et régime alimentaire de quelques rapaces dans différentes localités en Algérie. Cas du Faucon crécerelle Falco tinnunculus Linné, 1758, de la Chouette effraie Tyto alba (Scopoli, 1759), de la Chouette hulotte Strix aluco Linné, 1758 de la Chouette chevêche Athene noctua (Scopoli, 1769), du Hibou moyen duc Asio otus (Linné, 1758) et du Hibou grand-duc ascalaphe Bubo ascalaphus (Savigny, 1809)*. Thèse Doctorat d'état, Inst. nati. agro. El Harrach, 499 p.
10. BENMOUFOUK R., 1995 - *Description de formation à cedrus atlantica Manetti du massif central de Djurdjura (Algérie)*, cahiers agriculture.Pp.383-387.
11. BENKHELIL M.L., - 1991 - *Les techniques de récolte et de piégeage utilisées en entomologie terrestre*. Ed. Office Pub. Univ. (O.P.U.), Alger, 88 p.

12. BERNADOU A., LATIL G., FOURCASSIE V. et ESPLAER X., 2006 - *Etude des communautés de fourmis d'une vallée Andorrane Iues*. SF, coll. annuel, Avignon, 4p.
13. BERTELSMEIER C., 2013- *Biologie des invasions de fourmis dans un contexte de changement climatique*. Thèse Doctorat, Univ. Paris-Sud, 16p.
14. BIGOT L., et BODOT P., 1973 - Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quercus coccifera*. Composition biotique du peuplement des invertébrés. *Vie Milieu*, Vol. 23, fasc. 2, sér. C, Pp. 229-249.
15. BLONDEL J., 1979 - *Biogéographie et écologie*. Ed. Masson, Paris, 173 p.
16. BOUGHERARA H., 2009 - *Impact des feux de forêt sur la biodiversité entomologique en yeuseraie à Chréa (Blida)*. Mémoire Ing. Agro., Inst. nati. agro., El Harrach, 94 p.
17. BOUZEKRI M. A., HACINI S., CAGNIANT H., DOUMANDJI S., 2015 - Etude comparative des associations (plantes-fourmis) dans une région steppique (cas de la région de Djelfa, Algérie). *Lebanese Science Journal*, 16: 69-77.
18. BOUZEKRI M.A., DAOUDI S., et DOUMANDJI S., 2014 - Vegetative Selection of Formicidae Species in Steppe Region (State of Djelfa, Algeria). *Internation Journal of Zoology and Research* 4, no. 2 9–14.
19. BREED M., et MOORE J., 2012. Social Behavior, Cooperation, and Kinship. In : *Animal Behavior: Elsevier*, 367-397.
20. BUTLER I. A., SILETTI K., OXLEY P. R., et KRONAUER D. J. C., 2014 - Conserved microsatellites in ants enable population genetic and colony pedigree studies across a wide range of species. *PLOS ONE*, 9(9), e107334. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107334>
21. CAGNIANT H., 1966 - Clé dichotomique des fourmis de l'Atlas blidéen. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 56 : 26-40.
22. 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 : 138-147.
23. CAGNIANT H., 1969 - Deuxième liste de fourmis d'Algérie, récoltées principalement en forêt (1er partie). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 105 : 405-430.
24. CAGNIANT H., 1970 - Nouvelle description de *Leptothorax spinosus* (Forel) d'Algérie, représentation des trois castes et notes biologiques. *Société Entomologique de France*, 74 : 201-208. 19.

25. CAGNIANT H., 1973 - *Les peuplements des fourmis des forêts algériennes. Ecologie biocénétique, essai biologique.* Thèse Doctorat. Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 464 p.
26. CAGNIANT H., 1996 - Les *Aphaenogaster* du Maroc (Hymenoptera : Formicidae), Clef et Catalogue des espèces. *Ann. Soc. Entomol. France.*, 32 (1) : 67-85.
27. CAGNIANT H., 2009 - Le Genre *Cataglyphis* Foerster, 1850 au Maroc (Hyménoptères Formicidae), *Orsis* 24 : 41-71.
28. CEDRA X., RETANA J., BOSCH J., et ALSINA A., 1989 - Exploitation of Food Resources by the Ant *Tapinoma nigerrimum* (Hym., Formicidae).” *Acta Oecologica*, Vol. 10, n° 4, p. 419–29.
29. CHEMALA A., 2019 - *Etude myrmécologique dans quelques zones du Sahara de l'Algérie.* Thèse Doctorat, Eco. nati. sup. agro. El Harrach, Alger, Algérie.
30. CHEMALA A., BENHAMACHA M., OULD EL HADJ D.M., MARNICHE F. et DAOUDI S., 2017 - A preliminary list of the Ant Fauna in Northeastern Sahara of Algeria (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 64 (2): 146-154.
31. CORDONNIER M., 2020 - Les fourmis, espèces sentinelles de l'impact des changements globaux. *Encyclopédie de l'environnement.*
32. [D5G5F5, 2013 – Parc national de Djurdjura. Rapport de la direction générale des forêts, Alger, 1p.](#)
33. DAGNELI P., 1975 – *Analyse statistique à plusieurs variables.* Presse Agron., GEMLOUX, pp. 286 – 306.
34. DAJOZ R., 2006 – *Précis d'écologie.* Ed. Dunod, Paris, 630 p.
35. DEKONINCK W., PARMENTIER T., et SEIFERT B., 2015 – First records of a supercolonial species of the *Tapinoma nigerrimum* complex in Belgium (Hymenoptera: Formicidae). *Bulletin de la Société royale belge d'entomologie, Koninklijke Belgische Vereniging voor Entomologie*, 51 (2015): 206-209.
36. DELAGARDE J., 1983 – *Initiation à l'analyse des données.* Ed. Dunod, Paris, 157 p.
37. DJIOUA O., 2011 - *Inventaire des Formicidae dans quelques milieux forestiers et agricoles de la wilaya de Tizi-Ouzou.* Thèse de Magister, Univ., Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzou, 103p.
38. DJIOUA O., et SADOUDI-ALI Ahmed D., 2015 - The stands of ants (Hymenoptera, Formicidae) in some forest and agricultural areas of Kabylia. *International Journal of Zoological Research*, 5: 15-26.
39. DREUX P., 1980 – *Précis d'écologie.* Ed. Presses universitaires de France, Paris,
40. 231 p.

41. EMBERGER L., 1930 - *La végétation de la région méditerranéenne, essai d'une classification des groupements végétaux.* — Rev. Gén. Bot. 42:641-662, 705-721.
42. FAURIE C., FERRA C., et MEDORI P., 1980 – *Ecologie.* Ed. J –B. Baillière , Paris , 168 p.
43. FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX J. et HEMPTINNE J.L., 2003 – *Ecologie. Approche scientifique et pratique.* Ed. Technique et Documentation (Tec. Doc.), Paris, 407 p.
44. FLANDRIN J., 1952 - *la chaine du Djurdjura, monographie régionale.* 1ere Série : ALGERIE - N°19, XIXème Congrès Géologique International.
45. FOLGARAIT P. J., 1998 - Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation*, 7: 1221-1244.
46. FOREL A., 1906 - Mœurs des fourmilles parasites des genres *Wheeleria* et *Bothriomyrmex*. *Rev. Suisse Zool.*, 14 : 51-69.
47. FREITAG A., et CHERIX D., 2019 - *Tapinoma magnum* Mayr, 1861, une nouvelle espèce de fourmi introduite en Suisse (Hymenoptera, Formicidae). *ENTOMO HELVETICA*, 12: 99 – 110.
48. FRONTIER S., 1983- *Stratégie d'échantillonnage en écologie.* Ed. Masson, Paris, (17), 494 p.
49. GAUSSEN H., et BAGNOULS F., 1957 – Les climats biologiques et leur signification. *Ann. geogr., Paris(395)* : 193 – 220.
50. GAUSSEN H., 1954 – Théorie et classification des climats et microclimats. *VIIIe Congr. Int.Bot., Paris* : 125-130.
51. GASPAR G., 1972 - *les fourmis de la famenne :une étude écologique.* *Rev. ècol .biol. Sol*, T.IX,1, 99-125p.
52. GIULIANI C. L., LASTRUCCI L., CRESTI G., SANTINI B., FOGG et Lippi M. M., 2019. The morphology and activity of the extrafloral nectaries in *Reynoutria x bohemica* (Polygonaceae). *Plant Biology*. 21:975-985.
53. GOTLLI N.J., ELLISON A.M., DUNN R.R., et Sanders N.J., 2011- Counting ants (Hymenoptera : Formicidae) : biodiversity sampling and statistical analysis for myrmecologists. *Myrmecological News*, 15 : 13 – 19.
54. GRALL J., et HILY C., 2003 – Traitement des données stationnelles (Faune). *Rebent*, 1 - 10.

55. GREUTER W., 1991 - Botanical diversity, endemism, rarity, and extinction in the Mediterranean area: an analysis based on the published volumes of Med-Checklist. *Bot. Chron.* 10: 63-79.
56. GUILLAUM., 2020 - » *Les indices de diversité en écologie des écosystèmes* » Sur <https://louernos-nature.fr/indices-de-diversite-ecologie-ecosystemes/>
57. HEBERT P.D.N., PENTON E H., BURNS J.M., JANZEN D.H., et HALLWACHS W.,- 2004 - Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astrartes fulgerator*. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101: 14812-14817.
58. HEDJAM H., 2010 - *Diagnostic de la pollution par l'ozone par l'étude des symptômes foliaires sur le Pin noir du Djurdjura (Pinus nigra Arnold ssp mauretunica Maire et Peyer) et le Pin d'Alep (Pinus halepensis Miller) dans les forêts de : Bainem (Alger), Harouza (Tizi-Ouzou), Tikjda et Tigounatine (Parc National du Djurdjura)*.thèse Magister.USTHB.44p.
59. HEIP C.H.R., HERMAN P.M.J. et SOETAERT K., 1998 - Indices of diversity and evenness. *Oecologia*, 24 (4): 61-87.
60. HELLER G., 2011 - *Pheidole pallidula* (Nylander, 1849) und *Tapinoma nigerrimum* (Nylander, 1886) (Hymenoptera Formicidae), etablierte Neozoa in Rheinland-Pfalz. *Mainzer. naturwissenschaftliches Archiv* 48: 273–281.
61. HENINE-MAOUCHE A., TAHRAOUI A., MOULAÏ 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.
62. HÖLLDOBLER B., et WILSON E.O., 1990. The ants. - *Springer-Verlag*.
63. HÖLLDOBLER B., et WILSON E. O., 1977 - The number of queens: An important trait in ant evolution. *Naturwissenschaften*, 64(1), 8–15.
64. HUGHES W. O. H., RATNIEKS F. L. W., et OLDROYD B. P., 2008 - Multiple paternity or multiple queens: two routes to greater intracolony genetic diversity in the eusocial Hymenoptera. *Journal of Evolutionary Biology*. 21 (4): 1090-1095.
65. JACOBS J., 1974 – Quantitative measurement of food selection. A modification of the forage ratio and Ivlev's Electivity index. *Ecologica, Berlin*, (14) : 413-417.
66. JOHNSON D.H., 1980 - The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*, 61 (1): 65-71.

OLIVET P., 1996 - *Ants and plants. An example of coevolution.* (Enlarged edition). Backhuys Publishers, Leiden. Monitoring Biodiversity. Biological Diversity Handbook Series.

67. JONES C.G., LAWNTON J.H., et SCHACHAK M., 1994 - Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373 – 386.
68. KADID A., 1985 - *Contribution structurale des peuplements de cèdre et de pin noir Algérien du Djurdjura* .Mém. Ing. Inst.Nat.Alger.El Hrach. Alger.50p.
69. KAUFMANN B., BOOMSMA J.J., PASSERA L., PETERSEN K.N., 1992 – Re-relatedness and inbreeding in a French population of the unicolonial ant *Iridomyrmex humilis* Mayr.1868 *Insectes Soc.*, 39: 195–213.
70. KELLER L., FOURNIER D., 2002 - Lack of inbreeding avoidance in the Argentine ant *Linepithema humile*. *Behav. Ecol.*, 3: 28–31.
71. KELLER L., GENOUD M., 1997-Extraordinary lifespans in ants: a test of evolutionary theories of ageing. *Nature*, 389: 958–960.
72. LABBACI A., 2015-*Aperçu sur le régime alimentaire de Tapinoma nigerrimum (Nylander, 1856) dans le parc de l'E.N.S.A. d 'El Harrach*. Mémoire de Master, Éco. Nati. Sup. Agro. El Harrach, Alger, Algérie.
73. LACH L., PARR C.L., et ABBOTT K.L., 2010 - *Ant Ecology*. Oxford University Press Inc., NY. 429 pp.
74. LAMOTTE M., et BOURLIERE F., 1969 - *Problèmes d'écologie l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres*. Ed. Masson, Paris, 30p.
75. LATA J.C., 2003 - *Etude écologique de peuplement de fourmis, Maîtrise de biologie des populations et des écosystèmes*. Ed. Paimpont, 18 p.
76. LEBAS C., GALKOWSKI C., BLATRIX R., WEGNEZ P., et al. 2016 - *Fourmis d'Europe occidentale*. Delachaux et Niestlé.
77. LEGENDRE L., et LEGENDRE P., 1984 - *Ecologie numérique - La structure des données écologiques*. Ed. Masson, Paris, coll. "Presses Université du Québec", T. 2, 335 p.
78. LENOIR A., et GALKOWSKI C., 2017 - Sur la présence d'une fourmi envahissante (*Tapinoma magnum*) dans le Sud-Ouest de la France. *Bulletin Société Linnéenne Bordeaux* 45(4): 449–453.
79. LESPES R., 1909 - Le climat de la Kabylie du Djurdjura. *Annales de Géographie*, t. 18, 97 : 24-33.
80. MAGURRAN A.E., 1988 – *Ecological diversity and its measurment*. Princeton University Press, New Jersey, 172p.

81. MEDDOUR R., 2010 - *Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie, exemple des groupements forestiers et preforestiers de la Kabylie Djurdjurenne*. Thèse Doctorat, Univ. Mouloud Mammeri de Tizi ousou, Algérie. 20p.
82. MOUSLIM B., et NOUAL-KHEITER A., 2017 - Le Parc national du Djurdjura une biodiversité à mieux faire connaître, *LE COURRIER DE LA NATURE* 307 : 36-40.
83. MUELLER U.G., SCHULTZ T.R., CURRIE C., ADAMS R., et MALLOCH D., 2001 - The origin of the attine ant *fungus symbiosis*. *Quarterly Review of Biology* 76: 169-197.
84. NOORDIJK J., 2016 - Leefwijze van *Tapinoma nigerrimum* (Hymenoptera:Formicidae), een nieuwe exotische mier in Nederland. *Entomologische Berichten* 76 (3): 86-93.
85. P.N.D., 2010 - *Plan de gestion du Parc National du Djurdjura*. Doc. Polyc., Parc National de Djurdjura. Ed. D. G. F, Alger, 70 p.
86. PASSERA L., et ARON S., 2005 - *Les Fourmis : Comportement, Organisation Sociale et Évolution*. Les Presses scientifiques du CNRC, Ottawa, Canada. 32 p.
87. PEET R.K., 1974-The measurement of species diversity. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*. 5:285-307.
88. QUELLER D. C., et GOODNIGHT K. F., 1989 - Estimating relatedness using genetic markers. *Evolution* 43:258–275.
89. QUEZEL P., 1957 - *Peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du nord*. ed. C.N.R.S., Paris.
90. QUEZEL P., 1985 - *Definition of the Mediterranean region and the origin of its flora, in the Mediterranean Area*, Dordrecht, The C. Gomez-Campo (Ed.), Plant Conservation in :Netherlands, 1985, pp. 9–24.
91. RAMADE F., 1984 - *Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale*. Ed. Mc Graw-Hill Inc., Paris, 397 p.
92. RAMADE F., 1993 – *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*. Ed. Ediscience International. Paris, 822 p.
93. RAMADE F., 2003 - *Eléments d'écologie, - Ecologie fondamentale-*. Ed. Dunod, Paris, 690p.
94. RAMADE F., 2009 – *Elément d'écologie : Ecologie fondamentale (4^{eme} edition)*. Ed. Dunod, Paris, 689 p.
95. RAVARY F., 2016 -*Les bioindicateurs myrmécologiques en Nouvelle-Calédonie : étude de faisabilité*. Œil. Observatoire de l'environnement. 2p.

96. SALEM S., et ZAZGAD I., 2019 - *Diversité myrmécologique dans deux milieux différents (Oliveraie et Forêt) à Tizi-Ouzou*. Mémoire de Master, Univ. MOHAMED BOUDIAF, 46p.
97. SAPORTA G., 2011 - *Probabilités, analyse des données et Statistique*. Ed. TECHNIP, Paris, 656p.
98. SCHULTZ T.R., et MCGLYNN T.P., 2000 - *The Interaction of Ants with Other Organisms*. In: AGOSTI D., MAJER J., ALONSO E. et SCHULTZ T., (eds.). *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Biological Diversity Handbook Series.
99. SEIFERT B., D'EUSTACCHIO D., KAUFMANN B., CENTORAME M., LORITE P. et MODICA M. V., 2017 - Four species within the supercolonial ants of the *Tapinoma nigerrimum* complex revealed by integrative taxonomy (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, Vienna, 24 : 123-144.
100. SELTZER P., 1946 - *Climat de l'Algérie*. Ed. Institut météo. Phys., globe de l'Algérie, Alger, 219 p.
101. SMAIL A., 2009 - *Contribution à l'étude de la problématique du Pin noir. Etude de l'état mycorhizien de jeunes plants obtenus en pépinière avant et après introduction d'un inoculum provenant de la réserve naturelle de Tikjda*. Mémoire de Magister, Univ. Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 83 p.
102. SNEDECOR G.W., et COCHRAN, W.G., 1971 - *Statistical Methods*. 6th Edition, Iowa State University Press, Ames, 649.
103. SOUNON BOUKO B., SINSIN B., et GOURA SOULE B., 2007 - Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au Bénin. *TROPICULTURA*, 25, 4, 221-227. 223 p.
104. TOBIN J.E., 1994 - *Ants as Primary Consumers: Diet and Abundance in the Formicidae*. In: HUNT J.H., et NALEPA C.A. (eds) *Nourishment and Evolution in Insect Societies*. Westview Press, Oxford, pp 279-307.
105. UNDERWOOD E. C., et FISHER B. L., 2006 - The role of ants in conservation monitoring: If, when, and how. *Biological Conservation*, 132: 166-182.
106. WILSON E.O., 1987 - Causes of ecological success: the case of the ants. *J. of Animal Ecology* 56: 1-9.
107. ZIMA J., LEBRASSEUR O., BOROVANSKÁ M., et JANDA M., 2016 - Identification of microsatellite markers for a worldwide distributed, highly invasive ant

species *Tapinoma melanocephalum* (Hymenoptera: Formicidae). *European Journal of Entomology*, 113, 409–414.

Annexes

Annexes

Tableau 1 : Concentration des amorces pour la préparation du Mix A

Nom de l'amorce	Conc μM Amorce F	Conc μM Amorce R	Tail avec fluorochrome	Conc μM
F08	2.5	5	Tail A + FAM	2.5
H05	0.5	1	Tail B + HEX	5
B01	2.5	5	Tail C + ATTO550	2.5
H09	2.5	5	Tail D + ATTO565	2.5
D05	0.5	1		

Tableau 2 : Concentration des amorces pour la préparation du Mix B

Nom de l'amorce	Conc μM Amorce F	Conc μM Amorce R	Tail avec fluorochrome	Conc μM
A11	2.5	5	Tail A + FAM	5
F10	0.5	1	Tail B + HEX	5
B10	0.5	1	Tail C + ATTO550	2.5
F12	2.5	5		
C03	2.5	5		

Tableau 3 : Concentration des amorces pour la préparation du Mix C

Nom de l'amorce	Conc μM Amorce F	Conc μM Amorce R	Tail avec fluorochrome	Conc μM
A09	2.5	5	Tail A + FAM	2.5
A10	0.5	1	Tail B + HEX	2.5
B03	0.5	1	Tail C + ATTO550	5
A03	2.5	5	Tail D + ATTO565	2.5
E11	2.5	5		

Tableau 4 : Préparation du mix PCR:

Mix PCR	μl pour 1 ech	C final	μl pr n = 110,0
H2O	3,60		396,00
Master mix 2X	6,00	1 X	660,00
Mix amorces : F + R + tails	0,40	0,1-0,2 μM	44,00

Tableau 5 : Matrice de corrélation entre les deux techniques pour chaque site d'étude

		Pots Barber	Capture à la main
Site 1	Pots Barber	1	
	Capture à la main	0,89	1
Site 2	Pots Barber	1	
	Capture à la main	0,71	1
Site 3	Pots Barber	1	
	Capture à la main	0,60	1

Tableau 6 : Le nombre d'ouvrière, le numéro du nid ainsi les coordonnées GPS des sites de prélèvement sont mentionnés dans le ci-dessous

Ouvrières	N° du nid	Coordonnées GPS des sites de prélèvement
A1W1	1	36° 22' 07.5" N 3°53' 51.0" E
A1W2		
A1W3		
A1W4		
A1W5		
A1W6		
A1W7		
A1W8		
A1W9		
A1W10		
A1W11		
A3W1	2	36° 22' 09.4" N 3°53' 53.2" E
Aa1W1	3	36° 26' 48.5" N 3°56' 44.0" E
Ab1W1	4	36° 22' 51.1" N 3°53' 58.7" E
Ac1W1	5	36° 27' 17.2" N 3°56' 51.4" E
Ad1W1	6	36°22'18.01"N3°53'51.91"E
B1W1	7	36° 22' 51.1" N 3°53' 58.7" E
B1W2		
B1W3		
B1W4		
B1W5		
B1W6		
B1W7		
B1W8		
B1W9		
B1W10		

B1W11		
C1W1	8	36° 26' 48.5" N 3°56' 43.6" E
C1W2		
C1W3		
C1W4		
C1W5		
C1W6		
C1W7		
C1W8		
C1W9		
C1W10		
C1W11		
C2W1	9	36° 26' 48.5" N 3°56' 44.0" E
C3W1	10	36° 26' 48.7" N 3°56' 45.2" E
E1W1	11	36° 17' 25.5" N 3°52' 50.9" E
E1W2		
E1W3		
E1W4		
E1W5		
E1W6		
E1W7		
E1W8		
E1W9		
E1W10		
E1W11		
F1W1	12	36° 23' 51.2" N 3°53' 12.4" E
G2W1	13	36° 20' 59.77" N 4°9' 21.77" E
H3W1	14	36° 27' 10.55" N 4°06' 22.37" E
I2W1	15	36°23'50.2"N 3°53'17.2"E
I2W2		
I2W3		
I2W4		
I2W5		
I2W6		
I2W7		
I2W8		
I2W9		
I2W10		
I2W11		
J2W1	16	36°43'0.84" N 3°10' 5.411"E
J3W1	17	36°43'0.84" N 3°10' 5.411"E
K1W1	18	36°44'31.2" N 3°7' 11.819"E
K1W2		
K1W3		
K1W4		

K1W5		
K1W6		
K1W7		
K1W8		
K1W9		
K1W10		
K1W11		
K2-1W1	19	36°44'31.2" N 3°7' 11.819"E
K2-1W2		
K2-1W3		
K2-1W4		
K2-1W5		
K2-1W6		
K2-1W7		
K2-1W8		
K2-1W9		
K2-1W10		
K2-1W11		
K2-2W1	20	36°44'31.2" N 3°7' 11.819"E
K3-1W1	21	36°44'31.2" N 3°7' 11.819"E
K3-2W1	22	36°44'31.2" N 3°7' 11.819"E
L1W1	23	36°44'54.4" N 3°00' 43.5"E
L2W1	24	36°44'54.4" N 3°00' 43.5"E
N1W1	25	36°37'33" N 2°40' 51"E
N1W2		
N1W3		
N1W4		
N1W5		
N1W6		
N1W7		
N1W8		
N1W9		
N1W10		
N1W11		
P1W1	26	36°48'11" N 2°55' 18"E
P1W2		
P1W3		
P1W4		
P1W5		
P1W6		
P1W7		
P1W8		
P1W9		
P1W10		
P1W11		

Tableau 7 : Résultats de l'analyse sociogénétique de *T. magnm* sous l'hypothèse de la monoandrie. La première colonne indique les ouvrières pleines sœurs pour chaque nid. La deuxième colonne indique la reine la plus probable, et la troisième colonne indique le nombre de reines pour chaque nid.

Ouvrières pleines sœurs	Reine la plus probable	Nombre de reines
A1W1	1	6
A1W2	2	
A1W4		
A1W7		
A1W3	3	
A1W9	4	
A1W5		
A1W6		
A1W8		
A1W10	5	
A1W11	6	
A3W1	7	1
Aa1W1	8	1
Ab1W1	9	1
B1W4		
B1W9		
Ac1W1	10	1
Ad1W1	11	1
B1W1	12	6
B1W3		
B1W2		
B1W5	14	
B1W7		
B1W8		
B1W6		
B1W10	15	
	16	
B1W11	17	

C1W1	18	6
C1W2	19	
C1W5		
C1W7		
C1W3	20	
C1W4	21	
C1W6		
C1W8		
C2W1		
C1W10		
C1W9	22	
C1W11	8	
C3W1	23	1
E1W1	24	4
E1W4		
E1W5		
E1W8		
E1W2	25	
E1W7		
E1W11		
E1W3	26	
E1W6		
E1W10		
E1W9	27	
F1W1	28	1
G2W1	29	1
H3W1	30	1
I2W2	3	6
I2W6		
I2W3	31	
I2W4	5	
I2W5	32	
I2W9		
I2W10	4	
I2W7	6	
I2W8	1	
I2W11		

J2W1	33	1	
J3W1			
K1W1	34	9	
K1W6			
K2-1W4	35		
K1W2			
K1W3	36		
K1W4	37		
K1W5	38		
K1W7	39		
K2-2W1			
K1W8	40		
K1W10			
K1W9			
K1W11			
K2-1W1	43	6	
K2-1W2			
K3-2W1			
K2-1W3	44		
K2-1W10			
K2-1W5	45		
K2-1W7			
K2-1W6	46		
K2-1W8	47		
K2-1W11			
K3-1W1			
K2-1W9			
L1W1	49		3
L2W1			
L2W9	50		
L2W2			
L2W4			
L2W5			
L2W6			
L2W7			
L2W11			
L2W3	51		
L2W8			
L2W10			
N1W1	52	4	
N1W2			

N1W10		
N1W3		
N1W7	53	
N1W8		
N1W4		
N1W9	54	
N1W11		
N1W5	55	
N1W6		
P1W1		
P1W6	56	
P1W9		
P1W2	57	
P1W11		
P1W3		5
P1W7	29	
P1W10		
P1W4	58	
P1W8		
P1W5	59	

Tableau 8 : Résultats de l'analyse sociogénétique de *T. magnm* sous l'hypothèse de la polyandrie. La première colonne indique les ouvrières pleines sœurs pour chaque nid. La deuxième colonne indique la reine la plus probable, et la troisième colonne indique le nombre de reines pour chaque nid.

Ouvrières pleines sœurs	Reine la plus probable	Nombre de reines
A1W1		
A1W10	1	
A1W2		
A1W11	2	
A1W3		
A1W4		
A1W7	3	4
A1W9		
A1W5		
A1W6	4	
A1W8		
A3W1	1	1

Aa1W1	5	1
Ab1W1	6	1
Ac1W1	3	1
Ad1W1	2	1

B1W1	7	3
B1W5		
B1W7		
B1W8		
B1W11		
B1W2	8	
B1W3		
B1W6		
B1W4	6	
B1W9		
B1W10		

C1W1	9	3
C1W2		
C1W5		
C1W3	10	
C1W4	5	
C1W6		
C1W7		
C1W8		
C1W9		
C1W10		
C1W11		

C2W1	5	1
C3W1	9	1

E1W1	11	2
E1W2		
E1W4		
E1W5		
E1W7		
E1W8		
E1W11		
E1W3	12	
E1W6		

E1W9		
E1W10		

F1W1	13	1
------	----	---

G2W1	14	1
------	----	---

H3W1	15	1
------	----	---

I2W2	3	4
I2W6		
I2W3	1	
I2W4		
I2W8		
I2W11		
I2W5	4	
I2W9		
I2W10		
I2W7	2	

J2W1	16	1
------	----	---

J3W1	16	1
------	----	---

K1W1	17	4
K1W6		
K1W11		
K1W2	18	
K1W7	19	
K1W3		
K1W8		
K1W10	20	
K1W4		
K1W5		
K1W9		

K2-1W1	19	3
K2-1W5		
K2-1W7		
K2-1W2	18	
K2-1W3		
K2-1W8		
K2-1W10		
K2-1W11	17	
K2-1W4		

K2-1W6		
K2-1W9		
K2-2W1	18	1

K3-1W1	18	1
K3-2W1	20	1
L1W1	21	1

L2W1	22	2
L2W4		
L2W5		
L2W6		
L2W7		
L2W11		
L2W2	21	
L2W3		
L2W8		
L2W9		
L2W10		

N1W1	23	2
N1W2		
N1W4		
N1W9		
N1W10		
N1W3	24	
N1W5		
N1W6		
N1W7		
N1W8		
N1W11		

P1W1	14	2
P1W3		
P1W5		
P1W6		
P1W7		
P1W9		
P1W10		
P1W2	25	
P1W4		
P1W8		
P1W11		

Résumé

Pour le présent travail trois aspects principaux sont pris en compte, le premier est consacré pour l'étude de la myrmécofaune du parc national de Djurdjura, le second traite le régime alimentaire de la fourmi *T. magnum*, et le dernier concerne l'étude de la sociogénétique de cette fourmi invasive. Deux méthodes d'échantillonnages sont appliquées pour la capture des fourmis, la méthode des pots-Barber et la capture directe à la main, durant la période qui s'étale entre mars 2016 et août 2017. Avec la méthode des pots Barber, 1499 individus de Formicidae sont capturés. Appartenant à 25 espèces et 12 genres. *T. magnum* est l'espèce la plus abondante dans le site 1, tant dis que *Camponotus cruentatus* est l'espèce la plus marquée dans les deux sites. Concernant la méthode de la capture à la main, 1186 individus sont récoltés, avec un total de 17 espèces. *T. magnum* est l'espèce la plus abondante dans les 3 sites. La contribution à l'étude du régime alimentaire de *T. magnum* montre que cette fourmi est une espèce omnivore, sélective, et agressive envers les autres espèces de fourmis. A l'aide de marqueurs microsatellites, nous avons analysé l'organisation socio-génétique de l'espèce invasive *T. magnum* une espèce répandue dans la région méditerranéenne. Nos résultats montrent qu'elle a une organisation sociale polygyne, sous les deux hypothèses testées (monoandrie et polyandrie). Les groupes de pleines soeurs partagent parfois la même reine mère avec d'autres ouvrières du nid voisin.

Mots-clés : Myrmécofaune, parc national de Djurdjura, régime alimentaire, espèce invasive, *Tapinoma magnum*, microsatellites, structure socio-génétique.

Abstract:

For the present work three main aspects are taken into account, the first is devoted to the study of the myrmecofauna of the Djurdjura National Park, the second deals with the diet of the ant *T. magnum*, and the last concerns the study of the sociogenetics of this invasive ant. Two sampling methods are applied for the capture of ants, the method of pots-Barber and direct capture by hand, during the period between March 2016 and August 2017. With the Barber-pot method, 1499 individuals of Formicidae are captured. Belonging to 25 species and 12 genera. *T. magnum* is the most abundant species in site 1, while *Camponotus cruentatus* is the most marked species in both sites. Concerning the hand-capture method, 1186 individuals were collected, with a total of 17 species. *T. magnum* is the most abundant species in the 3 sites. The contribution to the study of the diet of *T. magnum* shows that this ant is an

omnivorous species, selective, and aggressive towards other ant species. Using microsatellite markers, we analyzed the socio-genetic organization of the invasive species *T. magnum*, a widespread species in the Mediterranean region. Our results show that it has a polygynous social organization, under the two hypotheses tested (monoandry and polyandry). Groups of full sisters sometimes share the same queen mother with other workers of the neighboring nest.

Keywords: Myrmecofauna, Djurdjura National Park, diet, invasive species, *Tapinoma magnum*, microsatellites, socio-genetic structure.

الملخص :

بالنسبة للعمل الحالي ، تم أخذ ثلاثة جوانب رئيسية في الاعتبار ، الأول مخصص لدراسة المرميكوفونا في الحظيرة الوطنية لجرجرة ، والثاني يتناول النظام الغذائي لنملة *Tapinoma magnum* ، والأخير يتعلق بدراسة علم الوراثة الاجتماعية لهذه النملة الغازية. تم تطبيق طريقتين لأخذ العينات لالتقاط النمل ، تقنية أصيص باربار والقبض المباشر باليد ، خلال الفترة ما بين مارس 2016 وأغسطس 2017. باستخدام تقنية أصيص باربار ، تم القبض على 1499 فردًا من Formicidae. تنتمي إلى 25 نوعًا و 12 جنسًا. *T. magnum* هو أكثر الأنواع وفرة في الموقع 1 ، طالما أن *Camponotus cruentatus* هو أبرز الأنواع في كلا الموقعين. فيما يتعلق بطريقة التقاط اليد ، تم جمع 1186 فردًا ، بإجمالي 17 نوعًا. *T. magnum* هو أكثر الأنواع وفرة في المواقع الثلاثة. تُظهر المساهمة في دراسة النظام الغذائي لـ *T. magnum* أن هذه النملة من الأنواع النهمة ، وانتقائية ، وعدوانية تجاه أنواع النمل الأخرى. باستخدام علامات الأقمار الصناعية الصغيرة ، قمنا بتحليل التنظيم الاجتماعي الجيني لـ *T. magnum* ، وهو نوع منتشر في منطقة البحر الأبيض المتوسط. تظهر نتائجنا أن لديها تنظيمًا اجتماعيًا متعدد الملكات ، وفقًا للفرضيتين المختبرتين (أحادية الزوج وتعدد الأزواج). تتقاسم مجموعات الأخوات الكاملات أحيانًا نفس الملكة الأم مع عمال آخرين من العش المجاور.

الكلمات المفتاحية : المرميكوفونا ، الحظيرة الوطنية لجرجرة ، النظام الغذائي ، الأنواع الغازية ، *Tapinoma magnum* ، السوائل الدقيقة ، التركيب الاجتماعي والجيني.

Species diversity of myrmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) on the southern slope of Djurdjura National Park (Northern Algeria)

A. Labbaci, F. Marniche, S. Daoudi–Hacini, R. Boulay, A. Milla

Labbaci, A., Marniche, F., Daoudi–Hacini, S., Boulay, R., Milla, A., 2019. Species diversity of myrmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) on the southern slope of Djurdjura National Park (Northern Algeria). *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 17: 219–229, Doi: <https://doi.org/10.32800/amz.2019.17.0219>

Abstract

Species diversity of myrmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) on the southern slope of Djurdjura National Park (Northern Algeria). This study was carried out at three study sites in the forests of the southern part of Djurdjura National Park. We found a high variety of ants, with 2,651 individuals belonging to 25 species and three subfamilies, Dolichoderinae, Myrmicinae and Formicinae. Sampling methods used were pitfall traps and hand collection. The dominant subfamily was Formicinae, representing 48% of individuals collected. Seven species belonged to this subfamily, 31% of which were *Camponotus cruentatus*. The second most common species found (18%) was *Tapinoma magnum*, an invasive species in many countries. Relative abundance, frequency of occurrence, and diversity varied across the three study sites. Site 1, a black pine forest, had higher species richness (20 species) than site 2, a cedar strip (15 species), and site 3, a mixed holm oak forest (16 species). Our study area has a diverse fauna of ants and distribution of their populations is wide.

Data published in GBIF ([Doi: 10.15470/htbs0q](https://doi.org/10.15470/htbs0q))

Key words: Formicidae, Algeria, Djurdjura National Park

Resumen

Diversidad de especies de mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) en la vertiente sur del Parque Nacional de Djurdjura (norte de Argelia). Nuestro estudio se desarrolló en tres emplazamientos situados en los bosques de la parte sur del Parque Nacional de Djurdjura. Los resultados revelaron una abundante presencia de hormigas con 2.651 individuos pertenecientes a 25 especies y tres subfamilias: Dolichoderinae, Myrmicinae y Formicinae. Se utilizaron dos métodos de muestreo: trampas de caída y recolección manual. La subfamilia Formicinae es la dominante, con el 48% de los individuos recolectados. Siete especies pertenecen a esta subfamilia, en la que *Camponotus cruentatus* representa el 31%. Otra especie muy común es *Tapinoma magnum*, una especie invasiva en muchos países, con el 18%. La abundancia relativa, frecuencia de hallazgos y diversidad varían en los tres emplazamientos de estudio. El emplazamiento 1, un bosque de pino negro, tiene una elevada riqueza de especies (20 especies), mientras que en el emplazamiento 2, una franja de cedros, contabilizamos 15 especies

y en el emplazamiento 3, un bosque mezclado de encinas, 16 especies. Nuestra área de estudio presenta una diversidad de hormigas y una buena distribución de sus poblaciones.

Datos publicados en GBIF ([Doi: 10.15470/htbs0q](https://doi.org/10.15470/htbs0q))

Palabras clave: Formicidae, Argelia, Parque Nacional de Djurdjura

Resum

Diversitat d'espècies de mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) al vessant sud del Parc Nacional de Djurdjura (nord d'Algèria). El nostre estudi es va portar a terme en tres emplaçaments situats als boscos de la part sud del Parc Nacional de Djurdjura. Els resultats van revelar una abundant presència de formigues amb 2.651 individus pertanyents a 25 espècies i tres subfamílies: Dolichoderinae, Myrmicinae i Formicinae. Es van utilitzar dos mètodes de mostreig: paranys de caiguda i recol·lecció manual. La subfamília Formicinae és la dominant, amb el 48 % dels individus recol·lectats. Set espècies pertanyen a aquesta subfamília, en la qual *Camponotus cruentatus* en representa el 31 %. Una altra espècie molt comuna és *Tapinoma magnum*, una espècie invasiva en molts països, amb el 18 %. L'abundància relativa, freqüència de troballes i diversitat varien en els tres emplaçaments d'estudi. L'emplaçament 1, un bosc de pi negre, té una riquesa d'espècies elevada (20 espècies), mentre que a l'emplaçament 2, una franja de cedres, vam comptabilitzar 15 espècies i a l'emplaçament 3, un bosc barrejat d'alzines, en vam registrar 16. La nostra àrea d'estudi presenta una diversitat de formigues i una bona distribució de les seves poblacions.

Dades publicades a GBIF ([Doi: 10.15470/htbs0q](https://doi.org/10.15470/htbs0q))

Paraules clau: Formicidae, Algèria, Parc Nacional de Djurdjura

Received: 25/06/2019; Conditional acceptance: 25/09/2019; Final acceptance: 05/12/2019

Asma Labbaci, Samia Daoudi–Hacini, Plant Protection Research Laboratory, Department of Agricultural and Forest Zoology, National High School of Agricultural Sciences, Algiers, Algeria.– Faiza Marniche, Amel Milla, Laboratory of Zoology, National High School of Veterinary, Algiers, Algeria.– Raphaël Boulay, Research Institute of Insect Biology, University of Tours, Tours, France.

Corresponding author: A. Labbaci. E-mail: asmalabbaci412@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6680-9676>

Introduction

Algeria is a forest-oriented country (Cagniant, 1968). Since the 1970s, Algeria has paid particular attention to natural environments by classifying these ecosystems as protected areas. The Algerian government has created ten national parks, eight of which are located in the north of the country and have a total area of 165,362 ha. One of these parks, the Djurdjura National Park, covers 18,550 ha (11.19 %) (DGF, 2013) and contains a rich diversity of wildlife with 145 animal species (Mousslim and Nouel–Kheiter, 2017).

Ants are abundant in most terrestrial ecosystems. They are found most anywhere, in forests and in the open, at the water's edge and in dry places, underground, and on rocks, (Cagniant, 1973). The most recent classification of Formicidae (Bolton, 2003) consists of 21 sub-families worldwide. In Algeria, six sub-families have been reported: Formicinae, Myrmicinae, Dolichoderinae, Ponerinae, Dorylinae, and Proceratiinae (Cagniant, 1968, 1970a; Dehina et al., 2013). Several authors have studied myrmecofauna in Algeria: Cagniant (1966, 1968, 1969,

1970a, 1970b, 1973), Dehina et al. (2013), Bouzekri et al. (2014), Djioia and Sadoudi–Ali Ahmed (2015), Barrech et al. (2016), and Chemala et al. (2017).

As few studies have been carried out to date in forests areas in Algeria we conducted the present study in the southern part of the Djurdjura National Park to classify Formicidae across three sites that differ in the types of trees therein. The only study conducted previously in this region was that by Cagniant, between 1963 and 1966. However, the area has since undergone changes and disturbances due to anthropization. The objective of this study was to update and complete the list of myrmecological diversity in the southern part of Djurdjura National Park (Northern Algeria).

Material and methods

Site description

The National Park of Djurdjura is located in the northern–central part of Algeria (36° 27' 47" N, 4° 10' 41" E), covering an area of 185 km² (Mousslim and Nouel–Kheiter, 2017). The altitude of the Djurdjura chain averages 2,000 meters and has all the typical characteristics of high mountains.

The Park is divided into four sectors. Three are located on the northern slope. Our work was conducted in the fourth sector, located in the southern part and known for the Tikjda mountain pass. This region has a humid, cool bio–climate characterized by four months of drought (June to September) and an estimated average rainfall of 1,258 mm/year. The monthly temperatures range from 18°C to 23.4°C (Derridj, 1990; Asmani, 1993). The snowfall period may last up to four months in the best years (Derridj, 1990). Being on the southern side of Djurdjura, this sector is directly influenced by hot winds (sirocco).

Three sites were chosen according to their landscape type:

Site 1, located in the Tigounatine region (fig. 1) at an altitude of 1,480 m and it has a southern exposure (36° 27' 10.55" N 4° 06' 22.37" E). It is covered by black pine forest with a diversified floral assemblage (*Ilex aquifolium* L., 1753, *Daphne laureola* L., 1753, *Berberis vulgaris* L., 1753, *Rosa canina* L., 1753, *Anthyllis montana* L. 1753, *Juniperus communis* L., 1753).

Site 2, located in the Taghzarth region at an altitude of 1,510 m with a north–west exposure (36° 27' 31.66" N 4° 06' 38.86" E) (fig. 2). It is rocky with considerable floral diversity, including *Genista* spp. L., 1753, *Crataegus monogyna* L., 1753, *Astragalus* spp. L., 1753, and *Juniperus communis* L., 1753. The site sampled was situated on the edge of a cedar forest.

Site 3, located in the Tawyalt region at an altitude of 1,490 m with a northeastern exposure (36° 26' 28.40" N 4° 06' 57.16" E) (fig. 3). It is a mixed holm oak forest *Quercus ilex* L., 1753 with cedar, *Cedrus atlantica* Carrière, 1855, *Cytisus scoparius* L., 1822, and *Sambucus nigra* L., 1753, *Acer campestre* L., 1753, *Ilex aquifolium* L., 1753, *Juniperus oxycedrus* L., 1753. This site has suffered from fires on several occasions.

Ant collection

The study was conducted during spring and summer in March 2016 and July 2017, in accordance with the recommendations of Cagniant (1973) and Barech et al. (2016).

Ants were sampled using two methods, visual detection and direct hand collection (Romero and Jaffe, 1989), and the Barber pots method (Campos et al., 2011). Hand collection was performed when the pots were placed; two researchers actively searched for ants in the vegetation and under stones and rocks for 60'. The ants were then preserved in 70° ethanol.

The Barber pots consisted of metallic containers (7.4 cm diameter × 10.5 cm long), placed at ground level. They were filled to one–third with a solution of water and a drop of liquid dishwashing soap to break the surface tension. For each study site, we selected a 100 m



Fig. 1. The Tigounatine region (site 1).
Fig. 1. Zona de Tigounatine (emplazamiento 1).

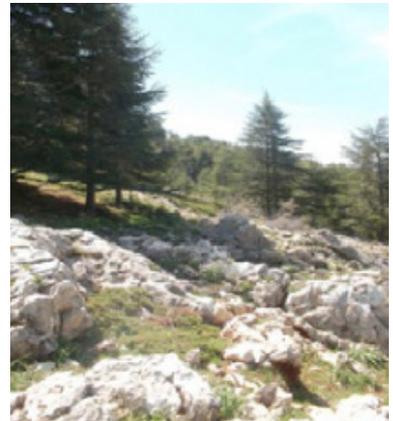


Fig. 2. The Taghzarth region (site 2).
Fig. 2. Zona de Taghzarth (emplazamiento 2).



Fig. 3. The Tigounatine region (site 3).
Fig. 3. Zona de Tigounatine (emplazamiento 3).

transect and positioned a pitfall trap every 5 m (20 traps). The pitfall traps were left in place for 48 h. Their contents were then collected using a strainer and placed in Petri dishes where the date and place of collection were recorded. Ants were identified based on the determination keys found in AntWeb and AntCat. Concerning the identification of *Tapinoma* genus, species level was determined by Pr. Seifert Bernhard, Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz, Am Museum 1, 02826 Görlitz, Germany. The samples are deposited in the Collection Insectarium at the National High School of Agricultural Sciences, Algiers, Algeria.

Data analysis

The results of the myrmecological diversity of this study are expressed by ecological indices: species richness (S), relative abundance (AR), frequency of occurrence (O), Shannon diversity index (H), equitability (E), and Simpson's diversity index and evenness (E) using PAST software (Paleontological STatistics) Version 2.17. Correspondence factor analysis (CFA) was conducted using XLStat software (Copyright © 2017 Addinsoft).

Results

We collected a total of 2,651 individuals belonging to three subfamilies, Dolichodorinae, Myrmicinae and Formicinae, across the three sampled sites in the National Park of Djurdjura (see table 1). The number of ants collected in the pitfall traps (1,499 individuals belonging to 25 species and 13 genera, see [dataset published in GBIF, doi: 10.15470/htbs0q](https://doi.org/10.15470/htbs0q)) was slightly higher than the number collected by hand (1,152 individuals belonging to 16 species and 11 genera). The most common species found in the Barber pots was *Camponotus cruentatus* (469 individuals, 31 %) although *Tapinoma magnum* was the species most commonly caught by the hand method (385 individuals, 32.5 %).

Among the three subfamilies present, Formicinae was the most abundant in the pitfall traps (48 %), followed by Myrmicinae (34 %) and Dolichoderinae (18 %). The most abundant subfamily with the hand collection was Myrmicinae (35 %) followed by Dolichoderinae (33 %) and Formicinae (32 %). Because pitfall traps allowed the collection of a larger numbers of species than hand collection, we based our subsequent analyses on this method. The most common species found in the Barber pots was *Camponotus cruentatus* (469 individuals: 31 %) whereas *Tapinoma magnum* was the most common species caught by hand collection (385 individuals: 32 %).

The highest relative abundance was represented by *Tapinoma magnum* at site 1 and by *Camponotus cruentatus* at sites 2 and 3. With regard to frequency of occurrence and consistency, *Aphaenogaster testaceopilosa* was fairly constant in site 1 (40 %) and site 2 (45 %), while in site 3, it was *Camponotus cruentatus*, which is fairly constant (40 %). Most of other species were rare, very rare, accidental, or incidental (table 2).

Table 3 shows the diversity parameters at the three study sites. Wealth and numbers were highest at site 1 (20 species). Dominance tended towards 0 at all three sites, indicating no one species dominated over the others. The Shannon index measures the regularity with which individuals are divided among the taxa present. It revealed values close to two at the three sites, explaining why the southern part of Djurdjura National Park is diversified in ants. The Simpson values (1–D) tended towards one, showing that the diversity was maximal. The flatness values for the three sites were similar.

The distribution of numbers among ant species was not uniform.

The graphical representation of the correspondence factor analysis indicates a good distribution of ant species in the three study sites in the southern part of Djurdjura National Park (fig. 4), with a 100 % contribution rate for both axes 1 and 2. Three groups (A, B and C) emerge from the cloud and each represents the ant species that exist at site 1, 2 and 3, or represent a strong dominance.

Table 1. Relative abundance of ant species sampled at three different sites according to pitfall trapping (PT) and hand collecting (HC) methods: N, number of individuals; RA%, relative abundance in percentage.

Tabla 1. Abundancia relativa de especies de hormigas en tres emplazamientos diferentes, de acuerdo con las capturas realizadas mediante trampas de caída (PT) y recolección manual (HC): N, número de individuos; RA%, abundancia relativa en porcentaje.

Code Species	PT		HC	
	N	RA%	N	RA%
Subfamily Dolichoderinae (Forel, 1878)				
001 <i>Tapinoma magnum</i> Mayr, 1861	276	18.41	385	32.6
Subfamily Myrmicinae (Lepelletier de Saint Fargeau, 1835)				
002 <i>Aphaenogaster testaceopilosa</i> (Lucas, 1849)	114	7.61	52	4.38
003 <i>Aphaenogaster depilis</i> Santschi, 1911	92	6.14	106	8.94
004 <i>Aphaenogaster crocea</i> André, 1881	1	0.08	0	0.00
005 <i>Messor sanctus</i> Emery, 1921	2	0.13	0	0.00
006 <i>Messor barbaru</i> (Linnaeus, 1767)	125	8.34	62	5.23
007 <i>Messor capitatus</i> (Latreille, 1798)	2	0.13	0	0.00
008 <i>Messor foreli</i> Santschi, 1923	2	0.13	0	0.00
009 <i>Crematogaster scutellaris</i> (Olivier, 1792)	13	0.88	27	2.28
010 <i>Crematogaster</i> sp.	2	0.13	3	0.25
011 <i>Monomorium salomonis</i> (Linnaeus, 1758)	1	0.08	1	0.08
012 <i>Pheidole pallidula</i> (Nylander, 1849)	69	4.60	43	3.63
013 <i>Pheidole</i> sp.	4	0.28	2	0.17
014 <i>Solenopsis</i> sp.	3	0.20	0	0.00
015 <i>Tetramorium caespitum</i> (Linnaeus, 1758)	40	2.67	0	0.00
016 <i>Tetramorium biskrense</i> Forel, 1904	17	1.13	90	7.59
017 <i>Tetramorium semilaeve</i> André, 1883	8	0.53	5	0.42
018 <i>Temnothorax</i> sp.	15	1.00	12	1.01
Subfamily Formicinae (Latreille, 1809)				
019 <i>Cataglyphis viatica</i> (Fabricius, 1787)	181	12.08	83	7.00
020 <i>Camponotus cruentatus</i> (Latreille, 1802)	469	31.29	236	19.90
021 <i>Camponotus alii</i> Forel, 1890	32	2.14	43	3.63
022 <i>Camponotus erigens subconcolor</i> Emery, 1920	1	0.07	0	0.00
023 <i>Camponotus piceus</i> (Leach, 1825)	12	0.80	0	0.00
024 <i>Lasius</i> sp.	8	0.53	0	0.00
025 <i>Plagiolepis schmitzii</i> Forel, 1895	10	0.67	2	0.17
Total	1,499	100	1,152	100

Table 2. Relative abundances, occurrence and categories of ants according to the study sites collected by pitfall: RA%, relative abundance; O%, occurrence frequency; Cat, constant category (VR, very rare; R, rare; Ac, accidental; Acc, accessory; Ac, quite constant).

Tabla 2. Abundancia relativa, frecuencia y categorías de hormigas según las capturas realizadas con trampas de caída en los tres emplazamientos de estudio: RA%, abundancia relativa; O%, frecuencia; Cat, categoría constante (VR, muy rara; R, rara; Ac, accidental; Acc, accesoria; Ac, bastante constante).

Species / Parameter	Sites								
	Site 1			Site 2			Site 3		
	RA%	O%	Cat	RA%	O%	Cat	RA%	O%	Cat
<i>Tapinoma magnum</i>	30.52	10	R	7.71	15	R	7.25	20	Ac
<i>Aphaenogaster testaceopilosa</i>	5.91	40	Ac	11.94	45	Ac	6.22	20	Ac
<i>Aphaenogaster depilis</i>	8.30	10	R	1.74	10	R	6.74	15	R
<i>Aphaenogaster crocea</i>	0.00	0	VR	0.00	0	VR	0.26	5	VR
<i>Messor sanctus</i>	0.28	5	VR	0.00	0	VR	0.00	0	VR
<i>Messor barbarus</i>	16.46	10	R	0.00	0	VR	2.07	10	R
<i>Messor capitatus</i>	0.14	5	VR	0.25	5	VR	0.00	0	VR
<i>Messor forelii</i>	0.00	0	VR	0.50	5	VR	0.00	0	VR
<i>Crematogaster scutellaris</i>	0.56	5	VR	2.24	5	VR	0.00	0	VR
<i>Crematogaster</i> sp.	0.28	5	VR	0.00	0	VR	0.00	0	VR
<i>Monomorium salomonis</i>	0.14	5	VR	0.00	0	VR	0.00	0	VR
<i>Pheidole pallidula</i>	3.80	25	Ac	3.48	25	Ac	7.25	35	Acc
<i>Pheidole</i> sp.	0.00	0	VR	0.75	10	R	0.26	5	VR
<i>Solenopsis</i> sp.	0.42	10	R	0.00	0	VR	0.00	0	VR
<i>Tetramorium caespitum</i>	1.97	15	R	5.22	15	R	1.30	15	R
<i>Tetramorium biskrense</i>	0.00	0	VR	1.24	15	R	3.11	15	R
<i>Tetramorium semilavae</i>	1.13	0	VR	0.00	0	VR	0.00	0	VR
<i>Temnothorax</i> sp.	0.56	5	VR	1.99	10	R	0.78	5	VR
<i>Cataglyphis viatica</i>	11.67	10	R	12.44	20	Ac	12.44	20	Ac
<i>Componotus cruentatus</i>	12.80	25	Ac	48.51	45	Ac	47.41	40	Ac
<i>Componotus alii</i>	4.22	10	R	0.00	0	VR	0.52	5	VR
<i>Componotus erigens subconcolor</i>	0.14	5	VR	0.00	0	VR	0.00	0	VR
<i>Componotus piceus</i>	0.56	5	VR	0.75	10	R	1.30	10	R
<i>Lasius</i> sp.	0.00	0	VR	0.00	0	VR	2.07	5	VR
<i>Plageolepis schmitzii</i>	0.14	5	VR	1.24	10	R	1.04	5	VR

Table 3. Diversity indexes and Evenness of the three sites in the southern part of Djurdjura National Park by pitfall.

Tabla 3. Índices de diversidad y regularidad de las capturas mediante trampas de caída en los tres emplazamientos de la parte sur del Parque Nacional de Djurdjura.

Parameters	Sites		
	Site 1	Site 2	Site 3
Taxa_S	20	15	16
Individuals	711	402	386
Dominance_D	0.1645	0.2766	0.2615
Shannon_H	2.11	1.79	1.87
Simpson_1-D	0.8355	0.7234	0.7385
Evenness_e^H/S	0.4136	0.3992	0.4066

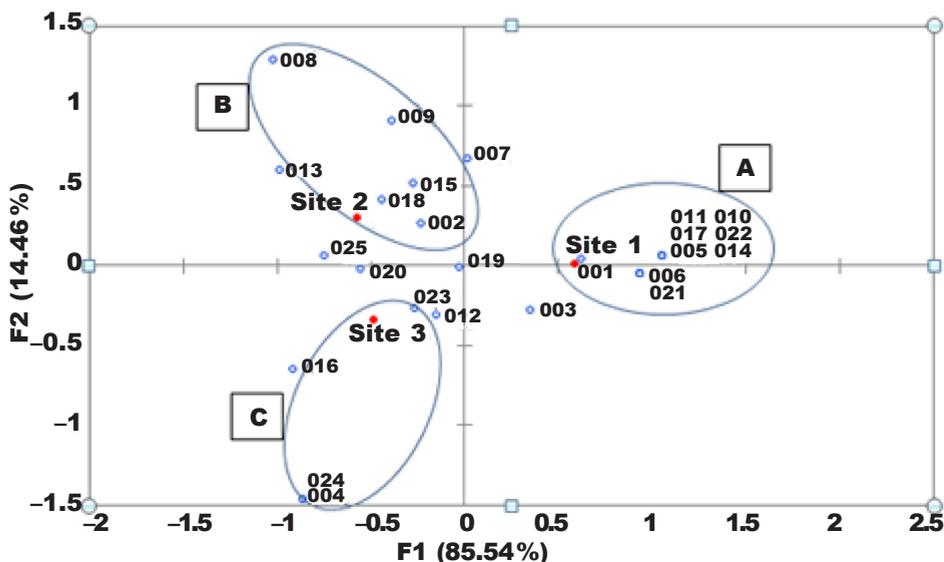


Fig. 4. Graphical representation of the correspondence factor analysis of ant species in Djurdjura National Park.

Fig. 4. Representación geográfica del análisis de factor de correspondencia en el Parque Nacional de Djurdjura.

Discussion

The southern part of Djurdjura National Park is rich in ants. We identified 25 species in the three selected sites (table 1). Cagniant (1968) worked in 30 forest regions of Algeria and identified 90 species, only 55% of which were North African. In another study on ant populations in some forest and agricultural environments in Kabylia, Djioua and Sadoudi–Ali Ahmed (2015), 15 species were identified, including 8 species found in a forest at 1,200 m of altitude.

In the southern part of Djurdjura National Park, the subfamily Formicinae dominates in Barber pots with a portion of 48% and Myrmicinae dominates in direct collection with 35%. While in the northern part of the same park, precisely in the forests of Tizi Ouzou, Djioua and Sadoudi–Ali Ahmed (2015), Myrmicinae dominates with 57% at all stations. In another type of landscape, in the northeastern Sahara, Chemala et al. (2017) reported the dominance of Myrmicinae (62%). In Chott El Hodna, Barech et al. (2016), four subfamilies (Dolichoderinae, Formicinae, Myrmicinae and Dorylinae) have been highlighted. Myrmicinae also dominates in this region (58.3%).

In our study *T. magnum* represents a little more than a third of the specimens (30.5%) found at the first site and less than 10% at the other two sites. This species, previously determined as *Tapinoma nigerrimum*, is found at up to 1,800 m above sea level with grazing in wetlands (Cagniant, 1968). It is well adapted to survive in cold regions (Noordijk, 2016). This supports its presence in our study area at 1,490 m. In addition, the current name *T. magnum* of this invasive ant was used by Seifert et al. (2017) and Lenoir and Galkowski (2017).

About half of the ant population are represented by *C. cruentatus* at site 2 (48.5%) and site 3 (47.4%). According to Cagniant (1968), it is mainly found in the holm oak woods of the Tellian Atlas, at an altitude between 800 and 1,200 m. Indeed, the third site of our study is a mixed forest with holm oak. In addition, *C. viatica* is moderately abundant in all three sites (above 10%). It is a so-called common species on the edge of forests, cited by Cagniant (1968) in the preliminary list of forest ants in Algeria. In 2009, Cagniant reported that species of the genus *Cataglyphis* are found in North Africa from the seaside to the Hoggar (the case of the *targuia* form). It can reach an altitude of 2,800 m and seems to nest in open areas. The *A. crocea* ant was only found on one occasion at site 1, which explains why it is very rare outside Numidia and Aurès (Cagniant, 1968). On the other hand, *A. testaceopilosa* is fairly constant in Djurdjura National Park, with a rate varying between 6 and 12%. Six species are present in all surveyed areas in the northern part of Djurdjura National Park (Djioua and Sadoudi–Ali Ahmed, 2015). These are *C. bicolor*, *A. testaceopilosa*, *P. pallidula*, *T. biskrense*, *T. nigerrimum* and *M. barbara*. These authors also point out that *A. testaceopilosa* is the most constant ant in the region. In the northeastern Sahara, Chemala et al. (2017) note that the two species *M. salomonis obscuriceps* and *P. pallidula* are common in the region. According to Barech et al. (2016), in Chotte El Hodna there are two dominant species, *Monomorium* sp. and *T. biskrense*. In our study, *M. salomonis*, *Crematogaster* sp., *Pheidole* sp., *T. semilavae*, and *Temnothorax* sp. were poorly represented at all three sites.

The various diversity indices used indicate that the diversity of ants in the southern part of Djurdjura National Park is significant, and that there is a good distribution of ants in the environments surveyed. According to Hölldobler and Wilson (1990), the ant community is dominated by a few species that also contribute to reducing the presence of subordinate or opportunistic ants. And according to Heip et al. (1998), a diversity index summarizes the structure and not the functioning of a community and that regularity is independent of species richness. It is argued that the calculation of diversity or regularity indices should simply serve as descriptors of the community structure and be complemented by information on ecological functioning.

Acknowledgements

The authors are grateful to the Editor and the three anonymous referees for their constructive comments and valuable suggestions. We thank my dad Labbaci Belkacem for his help during the sampling process and Claudie Doums for help with the English correction.

References

- Asmani, A., 1993. Exploration of variability in Black Pine in the Tigounatin forest (Djurdjura–Algeria) in comparison with some Mediterranean Black Pine sources. Magister's memoir, Tizi–Ouzou University.
- Barech, G., Khaldi, M., Ziane, S., Zedam, A., Doumandji, S., Sharaf, M., Espadaler, X., 2016. A first checklist and diversity of ants (Hymenoptera: Formicidae) of the saline dry lake Chott El Hodna in Algeria, a Ramsar Conservation Wetland. *African Entomology*, 24: 143–152.
- Bolton, B., 2003. Synopsis and classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute*, 71: 1–370.
- Bouzekri, M. A., Daoudi, S., Doumandji, S., 2014. Vegetative Selection of Formicidae Species in Steppe Region (State of Djelfa, Algeria). *International Journal of Zoology and Research*, 4(2): 9–14.
- Cagniant, H., 1966. Clé dichotomique des fourmis de l'Atlas blidéen. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 56: 26–40.
- 1968. Liste préliminaire de fourmis forestières d'Algérie. Résultats obtenus de 1963 à 1966. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 104: 138–147.
- 1969. Note sur deux *Aphaenogaster* rares d'Algérie (Hyménoptères, Formicidae, Myrmicinae). *Insectes Sociaux*, 16: 103–114.
- 1970a. Deuxième liste de fourmis d'Algérie récoltées principalement en forêt (1re partie). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 105: 405–430.
- 1970b. Deuxième liste de fourmis d'Algérie récoltées principalement en forêt (Deuxième partie). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 106: 28–40.
- 1973. Note sur les peuplements de fourmis en forêt d'Algérie. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, France, 108: 386–390.
- 2009. Le genre *Cataglyphis* Foerster, 1850 au Maroc (Hyménoptères Formicidae). *Orsis*, 24: 41–71.
- Campos, R. I., Vasconcelos, H. L., Andersen, A. N., Frizzo, T. L. M., Spena, K. C., 2011. Multi-scale ant diversity in savannah woodlands: an intercontinental comparison. *Austral Ecology*, 36: 983–992.
- Chemala, A., Benhamacha, M., Ould El Hadj, D. M., Marniche, F., Daoudi, S., 2017. A preliminary list of the Ant Fauna in Northeastern Sahara of Algeria (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology, an international journal on social insects*, 64(2): 146–154.
- Dehina, N., Daoudi, S., Doumandji, S., 2013. Effect of Climatic Factors on the Swarming Ants in a Park of El–Hararch (Algeria). *International Journal of Engineering Research and Technology*, 2(1): 2264–2269.
- Derridj, A., 1990. Study of *Cedrus atlantica* populations in Algeria. PhD thesis, Paul Sabatier University, Toulouse, France.
- DGF (Direction General of Forests), 2013. *Djurdjura National Park*. Report of the General Directorate of Forests, Algiers.
- Djioua, O., Sadoudi–Ali Ahmed, D., 2015. The stands of ants (Hymenoptera, Formicidae) in some forest and agricultural areas of Kabylia. *International Journal of Zoological Research*, 5: 15–26.

- Heip, C. H. R., Herman P. M. J., Soetaert, K., 1998. Indices of diversity and evenness. *Oecanis (Paris)*, 24(4): 61–87.
- Hölldobler, B., Wilson, E. O., 1990. *The ants*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Lenoir, A., Galkowski, C., 2017. Sur la présence d'une fourmi envahissante (*Tapinoma magnum*) dans le Sud-Ouest de la France. *Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux*, 152, new series 45(4): 449–453.
- Mousslim, B., Nouel-Kheiter, A., 2017. Le Parc national du Djurdjura une biodiversité à mieux faire connaître, *Le courrier de la nature*, 307: 36–40.
- Noordijk, J., 2016. Leefwijze van *Tapinoma nigerrimum* (Hymenoptera: Formicidae), een nieuwe exotische mier in Nederland. *Entomologische Berichten*, 76(3): 86–93
- Romero, H., Jaffe, K., 1989. A comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera, Formicidae) in Savannas. *Biotropica*, 21(4): 348–352.
- Seifert, B., D'Eustacchio, D., Kaufmann, B., Centorame, M., Lorite, P., Modica, M. V., 2017. Four species within the supercolonial ants of the *Tapinoma nigerrimum* complex revealed by integrative taxonomy (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News, Vienna*, 24: 123–144.