



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITÉ KASDI MERBAH – OUARGLA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Sciences Agronomiques

Mémoire de Fin d'Études
Master Académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Agronomiques
Spécialité : Phytoprotection et Environnement

Présenté par :

Mlle : KAT Chaima

Mlle : BEN KHADOUDJA Fatima Zohra

Thème :

**La relation fourmis -opophages dans quelques milieux agricoles
sahariens**

Soutenu publiquement le : 18/06/2026

Devant le jury :

Qualité	Nom et Prénom	Grade	Établissement
Président	Mme SAGGOU H.	MCA	UKM Ouargla
Examineur	Mme CHENNOUF R.	MCA	[UKM Ouargla]
Encadrant	Mme KHERBOUCHE Y.	MCB	[UKM Ouargla]
Co- Encadrant	[Nom et Prénom]	[Grade]	[UKM Ouargla]

Année Universitaire : 2025/2026

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Nous remercions Allah Tout-Puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens nécessaires afin de pouvoir accomplir ce travail.

*Nous remercions tout particulièrement notre promotrice **Mme KHERBOUCHE Y.**, ainsi que **M. SEKOUR M.** et **M. EDDOUD A.**, pour leurs orientations, leurs conseils et l'aide précieuse qu'ils nous ont apportée.*

*Nous tenons à remercier **Mme SAGGOU H.** pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant la présidence de ce jury, ainsi que **Mme CHENNOUF R.** pour avoir accepté la lourde charge d'évaluer ce mémoire en tant qu'examinatrice.*

Nous remercions également nos familles et nos proches qui nous ont soutenus tout au long de la réalisation de ce travail, aussi bien moralement que matériellement. Leur aide, leur patience et leur encouragement ont été précieux et nous ont permis de mener à bien ce mémoire.

Enfin, nous invitons tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail à trouver ici l'expression de nos vifs remerciements.

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله حمداً يليق بجلاله وعظيم سلطانه، الذي وفقتي وأعانني ومنّ عليّ بإتمام هذا العمل المتواضع، والصلاة والسلام على سيدنا محمد صلى الله عليه

وسلم

أهدي ثمرة هذا الجهد إلى من كانا سبب وجودي ونجاحي، إلى أغلى الناس على قلبي، إلى أبي العزيز وأمي الحبيبة، اللذين أحاطاني بحبهما ورعايتهما، وبذلاً من أجلي الكثير من الجهد والتضحيات دون انتظار مقابل. إليكما أهدي هذا العمل عربون وفاء وامتنان، وأسأل الله أن يحفظكما ويديم عليكما الصحة والعافية، وأن يجزيكما عني خير الجزاء

وإلى إخوتي الأعزاء: محمد السعيد، محمد علي، محمد لخضر، عمر، وعبد الرزاق، الذين كانوا سنداً لي في مختلف مراحل حياتي، وشاركوا معي لحظات التعب والأمل، فشكراً لكم على دعمكم وتشجيعكم ومساندكم الدائمة

أما الإهداء الأصديق والأكثر شوقاً، فأخص به أختي الغالية بشرى رحمها الله، التي غابت عن عيني ولم تغب عن قلبي يوماً. إلى روحك الطاهرة أهدي هذا العمل، وإلى ذكراك الجميلة التي ما زالت تملأ حياتنا حباً وحنيناً. كنت أتمنى أن تكوني اليوم بيننا لتشاركي فرحة هذا الإنجاز كما كنت تشاركيننا كل لحظائنا، لكن إرادة الله كانت فوق كل شيء. أسأل الله أن يتغمذك بواسع رحمته، وأن يجعل قبرك روضة من رياض الجنة، وأن يجمعنا بك في مستقر رحمته ورضوانه. سيبقى اسمك محفوراً في القلب، وستبقى ذكراك دعاءً لا ينقطع وحباً لا يزول.

كما أهدي هذا العمل إلى جميع أفراد عائلتي وأهلي، وإلى كل من قدم لي كلمة طيبة أو دعماً صادقاً أو مساعدة من قريب أو بعيد، وكان له أثر في الوصول إلى هذه المرحلة.

وإلى أساتذتي الكرام الذين أناروا درب العلم والمعرفة، وإلى كل طالب علم يسعى وراء المعرفة والاجتهاد لتحقيق أهدافه أسأل الله أن يجعل هذا العمل خالصاً لوجهه الكريم، وأن ينفع به وأن يكون صدقة جارية على أختي رحمها الله، وأن يوفقنا جميعاً لما فيه الخير والفلاح،

شيماء.

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذي وفقني وأعانني على إتمام هذا العمل، وجعل بعد التعب نجاحًا، وبعد السهر فرحة الإنجاز.

أهدي ثمرة جهدي المتواضع إلى أعلى الناس على قلبي، إلى عائلتي الكريمة، من كبيرها إلى صغيرها، الذين كانوا مصدر قوتي وسندي في كل مراحل حياتي، والذين أحاطوني بمحبتهم ودعواتهم وتشجيعهم الدائم، فكانوا السبب بعد الله في وصولي إلى هذا اليوم.

إلى والديّ العزيزين، وكل أفراد أسرتي، الذين تحملوا معي مشقة الطريق وآمنوا بقدرتي على النجاح.

إلى أساتذتي الأفاضل، الذين غرسوا في نفسي حب العلم والمعرفة، وقدموا لي التوجيه والنصح بكل إخلاص، فجزاهم الله عني خير الجزاء.

إلى أصدقائي وزملائي، الذين شاركوني أجمل الذكريات وأصعب اللحظات، وكانوا خير رفقة وخير داعم طوال مشواري الدراسي.

إلى كل من مدّ لي يد العون، وكل من شجعني بكلمة طيبة أو دعوة صادقة، أقول لكم: شكرًا من أعماق القلب.

أما الإهداء الأعمق والأقرب إلى روحي، فهو إلى روح جدي الغالي رحمه الله، الذي كان يحلم أن يراني في هذا المقام، ويتمنى أن يشهد يوم تخرجي ونجاحي. رحل قبل أن يرى هذه اللحظة، لكن صورته وكلماته بقيت ترافقني في كل خطوة من هذا الطريق. أهديك هذا العمل يا جدي العزيز، وأرجو أن يصلك فخري وامتناني حيث أنت، وأسأل الله أن يجعل مثواك الجنة، وأن يجمعنا بك في الفردوس الأعلى.

إلى كل هؤلاء أهدي هذا العمل المتواضع، عرفانًا بالجميل، ومحبةً لا تفيها الكلمات حقها.

فاطمة

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
1.	Situation géographique des régions de Touggourt et d'Ouargla	7
2.	Vue globale de la station Ghamra 1	9
3.	Vue globale de la station Ghamra 2	10
4.	Vue globale de la station El-Ksar	11
5.	Vue globale de la station Bamendil	12
6.	Emplacement du pot Barber	13
7.	Emplacement du piège jaune	14
8.	Richesse totale et moyenne en famille d'arthropode selon les régions d'étude	21
9.	Évolution mensuelle de la richesse totale en famille d'arthropode selon les régions d'étude	22
10.	Abondance relative (%) des familles dominantes selon les régions et par méthode de piégeage	25
11.	Classes d'occurrence des familles fréquentes selon la région et la méthode	26
12.	Variation des indices écologiques de structure selon les régions d'étude	29
13.	Évolution mensuelle de l'indice de Shannon-Weaver (H') selon les régions d'étude	30
14.	Évolution mensuelle de l'indice d'Equitabilité (E) selon les régions d'étude	31
15.	Abondance totale, richesse spécifique et richesse moyenne des Formicidae dans les régions d'Ouargla et de Touggourt	33
16.	Variation stationnelle de l'abondance et de la richesse des	34

	Formicidae	
17.	Dynamique mensuelle de l'abondance totale des Formicidae	35
18.	Espèces dominantes de Formicidae selon l'abondance relative par région	36
19.	Diversité, équitabilité, diversité de Simpson et dominance de Berger-Parker des Formicidae selon la région	37
20.	Variation stationnelle de Shannon-Weaver et de Berger-Parker des Formicidae	38
21.	Dynamique mensuelle de la diversité de Shannon-Weaver des Formicidae	39
22.	Variation stationnelle de l'équitabilité des Formicidae	40
23.	Abondance totale, richesse spécifique et richesse moyenne des insectes Opophages dans les régions d'étude	41
24.	Abondance totale (N) des insectes opophages par station	42
25.	Richesse totale (S) des insectes opophages par station	42
26.	Dynamique mensuelle de l'abondance totale des opophages	43
27.	Contribution des groupes fonctionnels d'opophages	44
28.	Abondance relative des opophages en fonction des régions d'étude	45
29.	Diversité, équitabilité, diversité de Simpson et dominance de Berger-Parker des opophages selon la région	46
30.	Variation stationnelle de Shannon-Weaver et de Berger-Parker des opophages	47
31.	Variation mensuelle de la diversité de Shannon-Weaver des opophages	48
32.	Variation stationnelle de l'équitabilité des opophages	48
33.	Effectifs des Formicidae et des opophages par région et par méthode de piégeage	50
34.	Évolution mensuelle conjointe des fourmis et des opophages	51

35.	Fréquence d'occurrence (FO%) des fourmis et des opophages selon les stations	52
36.	Présence des fourmis, des opophages et de leur cooccurrence selon les regions	53
37.	Relation quantitative entre les abondances des fourmis et des opophages	54
38.	Corrélations de Spearman entre espèces de fourmis et groupes opophages	55
39.	Corrélations de Spearman entre espèces de fourmis et espèces opophages	56
40.	Réseau des associations positives retenues pour le couple fourmis-opophages	58

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
01	Limites géographique et administrative de la région de Touggourt	5
02	Limites géographique et administrative de la région d'Ouargla	6
03	Inventaire floristique des espèces végétales spontanées recensées dans la région de Touggourt	74
04	Familles dominantes selon l'abondance relative par régions et par méthodes de piégeage	23
05	Familles les plus fréquentes selon la région et la méthode de piégeage	27

Table des matières	
Introduction.....	2
Chapitre 1 – Méthodologie.....	5
1.1. -Présentation des régions d'étude.....	5
1.1.1. -Situation et limites géographique de la région de Touggourt.....	5
1.1.2. -Situation et limites géographique de la région d'Ouargla.....	6
1.1.3. –Facteurs abiotiques de la région de Touggourt.....	8
1.1.4.- Facteurs abiotiques de la région d'Ouargla.....	8
1.2.- Présentation des stations d'étude.....	8
1.2.1. -Station Ghamra	9
1.2.1.1.- Ghamra 1	9
1.2.1.2. - Ghamra 2.....	10
1.2.2.-Station El-Ksar.....	10
1.2.3.-Station Bamendil.....	11
1.3.- Matériel et Méthodes.....	12
1.3.1.- Méthodes utilisé sur terrain.....	12
1.3.1.1.-Méthode des pots Barber.....	12
1.3.1.2.- Méthode des pièges jaunes.....	13
1.3.2.- Méthodes utilisé au laboratoire.....	14
1.3.2.1.-Observation et identification des espèces d'arthropodes.....	14
1.3.2.2.-Détermination des plantes adventices.....	15
1.4. - Exploitation des résultats par des indices écologiques.....	15
1.4.1.- Indices écologiques de composition.....	15
1.4.1.1.-Richesse totale (S).....	15
1.4.1.2.-Richesse moyenne (Sm).....	15

1.4.1.3.- Abondance relative (AR%).....	16
1.4.1.4.-Fréquence d'occurrence (Fo%).....	16
1.4.2.- Indices écologiques de structure.....	17
1.4.2.1.-Indice de diversité de Shannon-Weaver.....	17
1.4.2.2.-Indice de diversité maximale ($H'_{\max}$).....	17
1.4.2.3.-Indice d'équitabilité (E).....	18
1.4.2.4.-lindice de Berger-Parker	18
1.4.2.5.- Cooccurrence	19
Chapitre 2 - Résultats et discussion.....	21
2.1. - Résultats des indices écologiques de composition et de structure en fonction des familles.....	21
2.1.1. - Richesse totale et moyenne des familles d'arthropodes	21
2.1.1.1. – En fonction des régions d'étude.....	21
2.1.1.2. – En fonction des mois.....	22
2.1.2. - Effectif et abondance relative (AR%) des familles d'arthropodes les plus Dominantes.....	23
2.1.3. - Fréquences d'occurrence (Fo%) et classe des familles d'arthropodes selon les régions et les méthodes de piégeages	26
2.1.4. - Diversité et équitabilité en familles d'arthropodes	29
2.1.4.1. - En fonction des régions d'étude.....	29
2.1.4.2. - En fonction des mois.....	30
2.2. - Indices écologiques appliqués aux Formicidae dans les palmeraies d'Ouargla et de Touggour.....	32
2.2.1. - Indices écologiques de composition appliqués aux fourmis inventoriées dans les deux régions d'étude.....	32

2.2.1.1. - Variation régionale de l'abondance totale et de la richesse spécifique des Formicidae.....	32
2.2.1.2.- Variation stationnelle de l'abondance totale et de la richesse spécifique des Formicidae.....	33
2.2.1.3. - Variation temporelle de l'abondance totale et de la richesse spécifique des Formicidae.....	34
...2.1.4. - Variation régionale de l'abondance relative des espèces de Formicidae.....	35
2.2.2. - Indices écologiques de structures appliqués sur les fourmis recensées dans les deux régions d'étude.....	37
2.2.2.1.- Variation régionale de la diversité,d'équitabilitéet de la dominance de Berger-Parker des Formicidae.....	37
2.2.2.2. - Variation stationnelle dediversité des Formicidae.....	38
2.2.2.3. - Variation mensuelle dediversité des Formicidae.....	39
2.2.2.4. - Variation stationnelle de l'équitabilité des Formicidae.....	39
2.3.- Indices écologiques appliqués aux opophages recensés dans les régions d'Ouargla et de Touggourt.....	40
2.3.1. - Indices écologiques de composition appliqués aux opophages inventoriées dans les deux régions d'étude.....	40
2.3.1.1.- Variation régionale de l'abondance et de la richesse spécifique des opophages	40
2.3.1.2. - Variation stationnelle de l'abondance et de la richesse spécifique des opophages.....	41
2.3.1.3. - Variation temporelle de l'abondance totale des opophages.....	42
2.3.1.4. - Contribution des groupes fonctionnels des opophages.....	43
2.3.1.5. - Variation régionale de l'abondance relative des espèces d'opophages.....	43
2.3.2. - Indices écologiques de structures appliqués sur les opophages des deux régions d'étude.....	46
2.3.2.1. - Variation régionale de la diversité, de l'équitabilité et de l'indice de Berger-	

Parker des opophages.....	46
2.3.2.2. - Variation stationnelle de diversité des opophages.....	47
2.3.2.3. - Variation mensuelle de diversité des opophages.....	47
2.3.2.4. - Variation stationnelle de l'équitabilité des opophages.....	48
2.4. - Relation entre les espèces de Formicidae et des insectes opophages dans les palmeraies d'Ouargla et de Touggourt.....	49
2.4.1. - Interaction des fourmis et des opophages selon les régions et les méthodes de piégeage.....	49
2.4.2. - Dynamique temporelle conjointe.....	50
2.4.3. - Fréquence d'occurrence par station.....	51
2.4.4. - Cooccurrence fourmis-opophages selon les régions.....	52
2.4.5. - Relation quantitative entre les abondances des fourmis et des opophages recensés dans les deux régions d'étude.....	53
2.4.6. -Associations entre espèces de fourmis et groupes fonctionnels opophages.....	54
2.4.7.-Associations fines entre espèces de fourmis et taxons opophages.....	55
2.4.8. -Réseau des associations des relations fourmis-opophages.....	57
Conclusion	60
Références bibliographiques	63
Annexe	74

Introduction

Introduction

Les fourmis constituent un groupe important d'insectes sociaux appartenant à l'ordre des Hyménoptères et à la famille des Formicidae, caractérisées par une grande diversité spécifique et une large répartition à travers le monde (BOLTON, 1994). Elles sont présentes dans la plupart des écosystèmes terrestres, où elles occupent différentes niches écologiques et jouent un rôle fonctionnel essentiel (CAGNIANT, 1973). Leur abondance est remarquable, puisqu'elles peuvent représenter une part significative de la biomasse animale totale, atteignant jusqu'à 10 à 15 % dans certains milieux (HÖLLDOBLER et WILSON, 1990).

Sur le plan écologique, les fourmis jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes. Elles participent à l'aération du sol et à la redistribution des éléments minéraux à travers leurs activités de creusement et de transport de particules (PABLO, 2004). Elles contribuent également à l'enrichissement du sol en matière organique et en éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore (BEATTIE et HUGHES, 2002). Les fourmis ont fait l'objet de nombreuses études en raison de leur importance écologique. En Algérie, plusieurs travaux ont contribué à la connaissance des Formicidae, notamment ceux de CAGNIANT (1968, 1969, 1973) et BERNARD (1972) dans la région méditerranéenne, BARACHE et DOUMANDJI (2002) ; DEHINA (2004, 2009) à Alger et BOUZEKRI (2008, 2011) à Djelfa ; BELKADI (1990) et AIT SAID (2005) en Kabylie. Dans les régions sahariennes, les principales études sont celles de DJIOUA (2011) à Biskra ; CHEMALA (2009, 2013) à Djamaa, El-Oued et Ouargla ; AMARA (2010) à Laghouat ; GHEHEF (2012) à Ouargla et au Souf ; BOUHAFS (2013) à Djamaa ; BEN ABEDALLAH (2014) et ABBA (2014) à Ouargla, ainsi qu'ADDI et NOUHA (2014) et ACHBI et CHAFOU (2015) dans l'agroécosystème céréalier de l'E.R.I.A.D. d'Ouargla. Dans les agroécosystèmes, les fourmis entretiennent des interactions étroites avec d'autres organismes, notamment les insectes phytophages. Ces interactions peuvent être bénéfiques lorsque les fourmis agissent comme prédateurs et contribuent à la régulation naturelle des ravageurs. Cependant, elles peuvent également avoir des effets négatifs en protégeant certains insectes nuisibles, tels que les pucerons et les cochenilles, en échange de substances sucrées comme le miellat, ce qui favorise leur prolifération (JOLIVET, 1986 ; NELSON et MOONEY, 2022).

Les milieux agricoles sahariens se distinguent par des conditions climatiques extrêmes et un équilibre écologique fragile, où les interactions biologiques jouent un rôle déterminant dans le maintien des systèmes de production (BOUAMMAR et BEKHTI, 2008 ; IDDER et al., 2014).

Introduction

Malgré cela, les relations entre les fourmis et les ravageurs phytophages dans ces milieux restent encore peu étudiées, notamment en ce qui concerne leur impact sur la dynamique des populations et la régulation biologique.

Afin de comprendre le rôle des fourmis dans le maintien et la protection des ravageurs opophages dans quelques agroécosystèmes sahariens, la présente étude vise la mise en évidence de relations existantes entre ces deux groupes d'insectes dans les palmeraies d'Ouargla et de Touggourt.

La démarche suivie dans le présent travail repose sur 2 chapitres. Le premier concerne la présentation des deux régions et des stations d'étude ainsi que la méthodologie du travail. Le second chapitre renferme les résultats sur la faune inventoriée et leurs discussions. Une conclusion générale et des perspectives achèvent ce travail.

Chapitre 1 – Méthodologie

Chapitre 1 – Méthodologie

Ce chapitre est consacré à la présentation de la région et des stations d'étude. Il comprend une description de leur situation géographique ainsi que des principaux facteurs abiotiques caractérisant la zone d'étude. Les techniques adoptées sur le terrain et au laboratoire ainsi que les méthodes utilisées pour l'exploitation des résultats sont également présentées.

1.1. -Présentation des régions d'étude

Cette partie est consacrée à une description des régions de Touggourt et d'Ouargla, en mettant en évidence leurs aspects géographiques et environnementaux.

1.1.1. -Situation et limites géographique de la région de Touggourt

La région de Touggourt (33°11' à 34°9' N ; 5°30' à 6°20' E) est située au sud-est algérien, au sein de la vallée de l'Oued Righ et sur la bordure occidentale du Grand Erg Oriental (Tab.1). Son chef-lieu est situé à une distance d'environ 620 km de la capitale Alger. La région s'étend sur près de 140 km du nord au sud (DUBOST, 2002). Elle recouvre une superficie d'environ 216 km² avec une altitude moyenne de 72 m (A.N.R.H., 2017) (Fig. 1). Cette région constitue un ensemble d'oasis à vocation agricole, localisé entre les oasis d'Ouargla au sud et la région des Zibans au nord (Tab.1) (LAKHDARI, 1980).

Tableau 1 – Limites géographique et administrative de la région de Touggourt

Direction	Limites géographiques	Limites administratives
Nord	La région des Zibans	La wilaya d'El M'Ghair
Sud	Les oasis d'Ouargla	La wilaya d'Ouargla
Est	Le Grand Erg Oriental	La wilaya d'El-Oued
Ouest	La vallée de l'Oued Righ	La wilaya de Djelfa

1.1.2. - Situation et limites géographique de la région d'Ouargla

La région d'Ouargla (31°45' à 32°45' N., 5°20' à 5°45' E.) est située au sud-est algérien à une altitude de 157 m. Son chef-lieu est situé à une distance de 800 km de la capitale Alger, (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975) (Fig. 1). La région s'inscrit dans la partie septentrionale du Sahara algérien et constitue l'une des principales oasis du bas-Sahara (Tab. 2). Elle se caractérise par un ensemble de palmeraies et d'oasis développées grâce à l'exploitation des ressources hydriques souterraines (DUBOST, 2002 ; CÔTE, 2005).

Tableau2 – Limites géographique et administrative de la région d'Ouargla

Direction	Limites naturelles	Limites administratives
Nord	Hassi El Khefif	Touggourt et El-Oued
Sud	Les ruines de Sedrata	Illizi et Tamanrasset
Est	Les Ergs El Touil, Bou Khezana et Arifidji	Tunisie
Ouest	Le plateau du M'Zab	El Meniaa

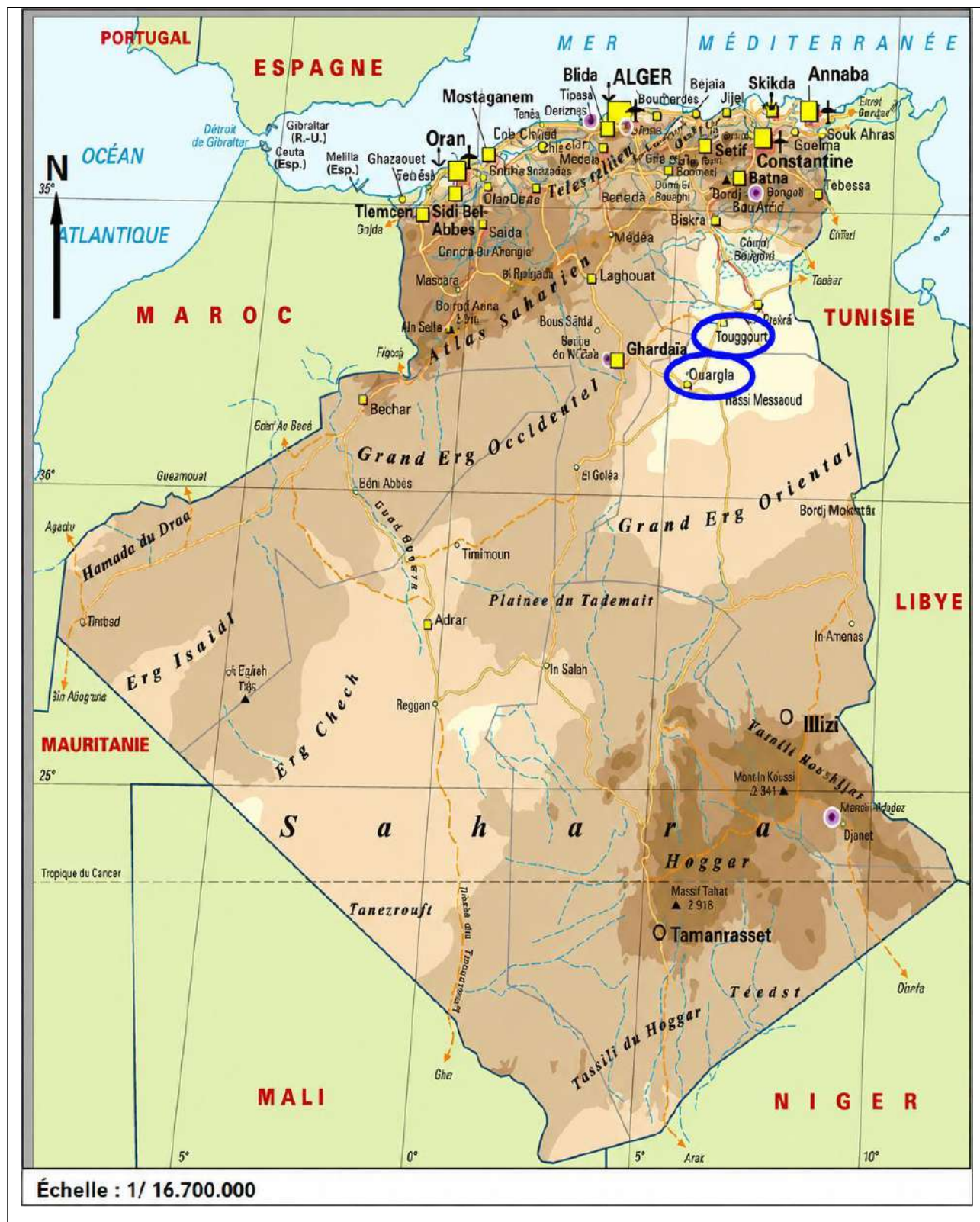


Figure 1- Situation géographique des régions de Touggourt et d'Ouargla (ENCARTA, 2008)

1.1.3. – Facteurs abiotiques de la région de Touggourt

Les sols de la région de Touggourt présentent des caractéristiques physico-chimiques variées, dominées par une forte salinité, ce qui influence la répartition et le développement des organismes vivants dans la région (KHADRAOUI, 2005).

Du point de vue hydrographique, la région de Touggourt repose essentiellement sur les eaux souterraines, représentées par la nappe phréatique, le complexe terminal et le continental intercalaire, qui constituent la principale source d’approvisionnement en eau (DUBOST, 2002).

Sur le plan topographique, la région se caractérise par un relief globalement plat à légèrement ondulé, avec la présence de plateaux, de zones sableuses ainsi que de dépressions locales (A.N.R.H., 2009).

1.1.4. - Facteurs abiotiques de la région d’Ouargla

Les sols sahariens sont formés principalement par le vent et les variations thermiques (DUTIL, 1971 ; DUBOST, 1991). À Ouargla, ils sont sableux, pauvres en matière organique, alcalins et très salés à cause des eaux souterraines et d’irrigation (HAMDI AÏSSA, 2001 ; HALILAT, 1993). Par ailleurs, le relief de la région est dominé par les dunes avec un aspect tabulaire et se divise en trois zones : des terrains pauvres à l’Ouest et au Sud, une zone peu riche en eau à l’Est (Oued-M’Ya) et le Grand Erg oriental occupant la majeure partie de la surface (PASSAGER, 1957). Les ressources en eau d’Ouargla reposent sur plusieurs nappes aquifères : albienne, mio-pliocène, sénonien et phréatique (A.B.H.S., 2005).

1.2. - Présentation des stations d’étude

Selon BLONDEL (1979), la station représente la plus petite unité spatiale d’un biotope, définie à l’échelle du phénomène étudié, où une partie des espèces de la communauté se trouve réunie. Dans ce cadre, les stations d’étude ont été sélectionnées en fonction de leur accessibilité, de la sécurité des palmeraies et de la présence du matériel biologique. L’inventaire entomologique a été réalisé dans les régions de Touggourt (Ghamra 1 et Ghamra 2) et Ouargla (El Ksar et Bamendil).

1.2.1. –Commune de Ghamra

Le village Ghamra (6° 08' E ; 33° 09' N.) est situé à la commune de Megarine (wilaya de Touggourt), au sein de la vallée de l'Oued Righ, dans un environnement oasien à vocation agricole dominé par la culture du palmier dattier. Il se trouve à environ 25 km de la ville de Touggourt, avec des altitudes comprises entre 60 et 80 m. Les deux stations prisent en considération, présentent des conditions édaphiques similaires, caractérisées par des sols sableux à sablo-limoneux et un mode d'irrigation par submersion, favorisant le développement de la végétation spontanée et de l'activité biologique.

1.2.1.1.- Station Ghamra 1

La station Ghamra 1 est localisée à environ 5 km du centre du village et couvre une superficie d'environ 1ha. Elle se distingue par une diversité végétale importante, 133 palmiers dattiers répartis en plusieurs variétés, dont Deglet Nour (64,7 %), Degla Beida (16,5 %), Ghars (8,3 %), Deguel (5,3 %), ainsi que Tansine (1,5 %), Aliyan (1,5 %) et des pieds mâles (2,3 %)(Fig. 2). Elle abrite également plusieurs arbres fruitiers, notamment le grenadier (7 pieds), l'abricotier (2 pieds), le figuier (1 pieds) et l'olivier (1 pieds), ainsi que des cultures maraîchères telles que le piment, l'aubergine, la tomate, l'oignon et la betterave, en plus de la présence de certains adventices (Tab. 3, Annexe 1).



Figure 2-Vue globale de la station Ghamra 1

1.2.1.2. - Station Ghamra 2

Cette station est située à environ 10 km du centre du village et présente une superficie plus réduite, estimée à 4500 m². Elle se caractérise par une faible diversité végétale, dominée essentiellement par le palmier dattier avec 105 pieds, répartis en Deglet Nour (82,9 %), Degla Beida (9,5 %) et Ghars (7,6 %). Elle comprend uniquement 12 arbres de grenadier et de la luzerne (*Medicagosativa*) comme végétation associée, ainsi que quelques adventices (Tab.3, Annexe 1) (Fig. 3).



Figure 3 - Vue globale de la station Ghamra 2

1.2.2. - Station El-Ksar

La zone d'El-Ksar (5° 19' E ; 31° 57' N.) est située aux limites nord et nord-ouest de la ville d'Ouargla à 139 m d'altitude (Fig. 4). C'est un ensemble de jardins âgés ayant des superficies réduites. Elle s'étend sur 623 ha, avec un nombre de palmier qui atteint les 112815 pieds (IDDER, 2005).

La zone étudiée couvre une superficie de 2500 m² (Fig. 4). Elle représente un jardin phoenicicole caractérisé par une plantation traditionnelle et un mode d'irrigation classique. Le nombre total de palmiers dattier (*Phoenix dactylifera*) est de 37 pieds, dont la variété Deglet Nour est la plus dominante avec 20 palmiers. Les autres variétés sont représentées par 13 palmiers de Ghars et 4

palmiers de Takerboucht .Cette station se distingue par l'absence de cultures associées, où seuls les palmiers sont présents, reflétant un système agricole simple basé exclusivement sur la phoeniciculture traditionnelle(Fig.4).



Figure 4-Vue globale de la station El-Ksar

1.2.3. - Station Bamendil

La zone étudiée couvre une superficie de 5000m². Elle correspond à un jardin phoenicicole ancien (Fig. 5), caractérisé par un sol sableux et un mode d'irrigation traditionnel. Ce site ne présente aucune culture associée, où seuls les palmiers sont présents. Le nombre total de palmiers dattier est de 40 pieds, dont la variété Deglet Nour est la plus dominante avec 20 palmiers. Les autres variétés sont représentées par 10 palmiers de Ghars, 5 palmiers de Takerboucht et 5 palmiers de Tamesrit (Fig. 5).Ce jardin se distingue par son ancienneté et par une organisation agricole simple, basée exclusivement sur la phoeniciculture traditionnelle en absence totale de cultures saisonnières.



Figure 5-Vue globale de la station Bamendil

1.3.- Matériel et méthodes

Après le choix et la description des sites d'étude, les différentes méthodes utilisées dans l'échantillonnage des espèces d'arthropodes sont traitées et en dernier lieu les méthodes d'analyse appliquées dans l'exploitation des résultats sont définies.

1.3.1.- Méthodes utilisé sur terrain

Dans le cadre de la réalisation de ce travail, deux méthodes principales de collecte ont été adoptées, à savoir les pièges Barber et le piège jaune. L'échantillonnage s'est déroulé sur une période de six mois, allant d'octobre 2025 à mars 2026, à raison d'une sortie sur terrain par mois.

1.3.1.1.-Méthode des pots Barber

La méthode des pots Barber, développée par HERTZ (1927) puis améliorée par Barber (1931), constitue une technique efficace pour l'échantillonnage des invertébrés se déplaçant à la surface du sol. Elle repose sur l'utilisation de récipients enterrés verticalement, de manière à ce que leur ouverture affleure le sol, permettant ainsi la capture des arthropodes marcheurs et de certains insectes volants qui y tombent accidentellement (BENKHELIL, 1992).

Les pièges sont généralement remplis d'eau additionnée d'un détergent afin de retenir les organismes capturés.

Dans cette étude, dix pots Barber ont été installés en ligne oblique, avec un espacement de 10 m entre chaque piège (Fig. 6). Les pièges ont été laissés en place pendant 24 heures, puis leur contenu a été récupéré et placé dans des boîtes de Pétri où sont mentionnées toutes les informations nécessaires (date, lieu et numéro des pots) puis conservé pour une ultérieure identification au laboratoire.



Figure 6 - Emplacement du pot Barber

1.3.1.2.- Méthode des pièges jaunes

Les pièges colorés constituent une méthode simple et efficace de collecte des insectes, basée sur l'utilisation de récipients généralement de couleur jaune remplis d'eau additionnée d'un agent mouillant permettant l'immobilisation des individus capturés (VILLIERS, 1977; SEL, 2010). Ces dispositifs attirent principalement des insectes, notamment floricoles, grâce à leur sensibilité aux couleurs, le jaune vif étant le plus attractif et permettant d'obtenir le plus grand nombre de captures (BENKHELIL, 1991 ; YVES, 1967).

Dans cette étude, dix pièges jaunes ont été utilisés, dont cinq installés au niveau du sol et cinq fixés sur les troncs de palmiers dattiers (Fig. 7). Les pièges ont été laissés en place pendant 24

heures, puis leur contenu a été récupéré et installé dans des boîtes de Pétri où sont mentionnées, la date, le lieu et le numéro du pot, puis conservé pour une ultérieure identification au laboratoire.



Figure 7-Emplacement du piège jaune

1.3.2.-Méthodes utilisé au laboratoire

Dans la présente partie, la détermination des espèces végétales et des espèces d'arthropodes récoltées dans les quatre milieux d'études, sont décrites.

1.3.2.1.-Observation et identification des espèces d'arthropodes

L'observation des échantillons a été réalisée au laboratoire à l'aide d'une loupe binoculaire, permettant l'étude des différents caractères morphologiques des insectes, tels que la taille, la couleur, la forme de la tête et des antennes...etc. L'identification des espèces a été effectuée en se basant sur leurs caractères morphologiques et en les comparants avec des clés de détermination telle que celles de BERNARD (1954 et 1968), CAGNIANT (1968 et 1996) et BARACH et DOUMANDJI (2002). Par la suite, les espèces identifiées ont été classées selon leur position systématique (Classe, ordres, famille, genre et espèce).

1.3.2.2.-Détermination des plantes adventices

La reconnaissance et l'identification des plantes spontanée, récupérées dans les 4 stations d'étude sont rendue possibles grâce à l'utilisation d'une loupe binoculaire et des clefs de déterminations telles que QUÉZEL et SANTA (1962-1963), MAIRE (1987) et OZENDA (1991).

1.4. - Exploitation des résultats par des indices écologiques

Les données de cette étude sont exploitées à l'aide d'indices écologiques de composition et de structure.

1.4.1.- Indices écologiques de composition

Dans le cadre de cette étude, plusieurs indices de composition ont été utilisés pour exploiter les résultats, notamment la richesse totale (S), la richesse moyenne (Sm), l'abondance relative (AR%) ainsi que la fréquence d'occurrence (Fo%).

1.4.1.1.-Richesse totale (S)

La richesse totale (S) correspond au nombre total d'espèces présentes dans un peuplement donné au sein d'un écosystème (BLONDEL, 1979).

1.4.1.2.-Richesse moyenne (Sm)

La richesse moyenne (Sm) est le nombre moyen d'espèces observées par relevés dans un biotope, utilisée pour analyser la structure des peuplements (RAMADE, 2003).

$$Sm = \sum S/N$$

Sm : la richesse moyenne ;

S : la richesse totale de chaque relevé;

N : le nombre de relevés.

1.4.1.3.- Abondance relative (AR%)

L'abondance relative (AR%) est un indice écologique qui exprime la proportion d'une espèce ou d'un groupe taxonomique par rapport à l'ensemble des individus recensés dans un inventaire faunistique. Elle permet d'évaluer l'importance de chaque taxon au sein du peuplement étudié en fonction de son effectif (FAURIE et al., 2012).

$$AR\% = (n_i \times 100) / N$$

AR% : L'abondance relative des espèces d'un peuplement ;

n_i : Le nombre des individus de l'espèce i prise en considération ;

N : Le nombre total des individus de toutes espèces confondues.

1.4.1.4.-Fréquence d'occurrence (Fo%)

La fréquence d'occurrence (Fo%) est un indice écologique qui traduit la régularité de présence d'une espèce dans les relevés réalisés (FAURIE et al., 2012). Elle exprime, en pourcentage, la proportion de relevés où l'espèce i est observée par rapport à l'ensemble des relevés effectués, ce qui permet d'évaluer son degré de répartition et de constance dans le milieu étudié (FAURIE et al., 2012).

Elle est calculée selon la formule suivante :

$$Fo\% = (P_i / P) \times 100$$

P_i : nombre de relevés contenant l'espèce i ;

P : nombre total de relevés réalisés.

Cette mesure permet également d'apprécier la constance et la distribution des espèces dans un habitat donné (DAJOZ, 1982).

En fonction de la valeur de Fo% on désigne les catégories suivantes :

Des espèces omniprésentes si $Fo = 100\%$;

Des espèces constances si $75 \% \leq Fo < 100 \%$;

Des espèces régulières si $50 \% \leq Fo < 75 \%$;

Des espèces accessoires si $25 \% \leq Fo < 50 \%$;

Des espèces accidentelles si $5 \% \leq Fo < 25 \%$;

Des espèces rares si $Fo < 5 \%$.

1.4.2.- Indices écologiques de structure

Les indices écologiques de structure sont des outils utilisés pour analyser la diversité et l'organisation des communautés biologiques. Ils regroupent principalement l'indice de Shannon-Weaver, la diversité maximale et l'indice d'équitabilité et servent à exploiter les résultats des inventaires faunistiques.

1.4.2.1.-Indice de diversité de Shannon-Weaver

L'indice de diversité de Shannon-Weaver est un indice écologique qui permet de mesurer la diversité d'une communauté en prenant en compte à la fois le nombre d'espèces et leur abondance relative (RAMADE, 1984).

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

où $q_i = n_i/N$

H' : L'indice de diversité de Shannon Weaver ;

q_i : La probabilité de rencontre de l'espèce i ;

n_i : Le nombre d'individus de l'espèce i ;

N : Le nombre total d'individus de toutes espèces confondues.

1.4.2.2.-Indice de diversité maximale ($H'_{\max}$)

La diversité maximale ($H'_{\max}$) représente la valeur théorique la plus élevée de diversité d'un peuplement, lorsque les espèces sont réparties de manière équilibrée.

$$H'_{\max} = \log_2 S$$

$H_{\max}$: Diversité maximale;

S : Richesse totale.

1.4.2.3.-Indice d'équitabilité (E)

L'équitabilité (E) mesure la répartition des individus entre les espèces d'un peuplement en comparant la diversité observée à la diversité maximale (RAMADE, 2003). Elle varie entre 0 et 1, où 0 indique la dominance d'une espèce et 1 une répartition équilibrée (BLONDEL, 1979).

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

E: L'équitabilité ;

H': L'indice de Shannon-Weaver ;

Hmax: Diversité maximale

1.4.2.4.-Indice de Berger-Parker

Cet indice met en évidence la dominance d'une espèce dans une communauté. Il permet de mieux comprendre la structure des communautés biologiques et d'orienter les stratégies de conservation de la biodiversité (Magurran, 2004).

$$d = \frac{N_{\max}}{N}$$

Où :

d: L'indice de Berger Parker;

N_{max} : Le nombre d'individus appartenant à l'unique espèce la plus abondante;

N : Le nombre total d'individus de toutes les espèces confondues dans l'échantillon.

Quant :

- Valeurs proches de 0 : Indiquent une communauté très équilibrée et diversifiée, où aucune espèce ne domine.
- Valeurs proches de 1 : Indiquent une forte dominance, où une seule espèce constitue la grande majorité de la communauté.

1.4.2.5.- Cooccurrence

L'analyse de la cooccurrence entre espèces vise à déterminer si deux taxons sont distribués indépendamment l'un de l'autre dans une série de sites, ou si leurs présences respectives présentent une association statistique significative, positive ou négative (KALLIO et al., 2011 ; GRIFFITH et al., 2016). C'est une approche fondamentale pour comprendre les mécanismes d'assemblage des communautés, qui repose sur un test d'hypothèse dont l'équation de référence est le test exact de Fisher. C'est la probabilité d'observer exactement (a) cooccurrences des deux espèces A et B dans un même site (VEECH, 2013; ARITA, 2016).

L'utilité de cette analyse est majeure, car les patrons de cooccurrence intègrent des signaux de plusieurs processus écologiques (filtrage environnemental, compétition, mutualisme) et peuvent servir à inférer des interactions ou à améliorer les modèles prédictifs, par exemple pour anticiper les déplacements d'aires de répartition sous l'effet du changement climatique (SIEFERT & LAUGHLIN, 2024).

Chapitre 2 - Résultats et discussion

Chapitre 2 - Résultats et discussion

Le présent chapitre concerne l'exploitation des résultats par des indices écologiques calculés à partir des captures d'arthropodes réalisées dans les régions d'Ouargla et de Tougourt. Les indices sont calculés pour les familles d'arthropodes en premier lieu. En deuxième lieu, les relations portant sur les insectes opophages et les fourmis sont mises en lumière.

2.1. - Résultats des indices écologiques de composition et de structure en fonction des familles

2.1.1. - Richesse totale et moyenne des familles d'arthropodes

2.1.1.1. – En fonction des régions d'étude

La richesse totale est plus élevée à Tougourt avec 48 familles contre 40 à Ouargla (Fig. 8). La richesse moyenne en famille par relevé est légèrement plus élevée à Ouargla ($S_m = 1,89$ familles) qu'à Tougourt ($S_m = 1,53$ familles), indiquant que chaque unité de piégeage y intercepte en moyenne davantage de familles.

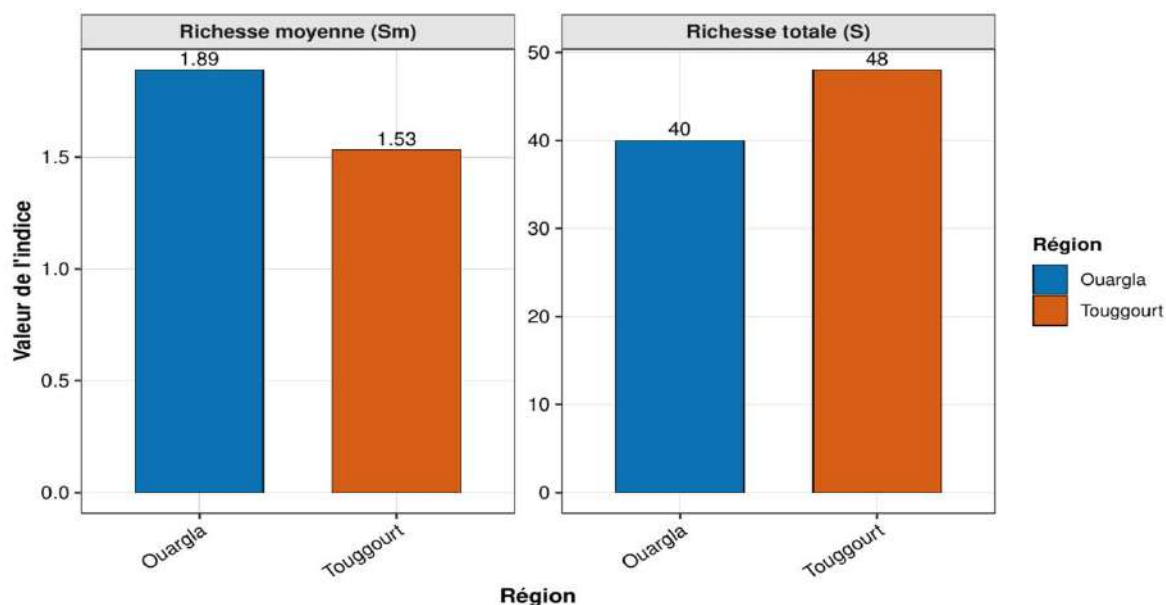


Figure 8 - Richesse totale et moyenne en famille d'arthropode selon les régions d'étude

Cette situation traduit un phénomène écologique classique : un site peut être numériquement très productif tout en étant dominé par quelques familles, alors qu'un autre peut présenter une diversité taxonomique plus large mais des effectifs plus faibles (MAGURRAN, 2004 ; KREBS, 1999).

2.1.1.2. – En fonction des mois

Ce graphique est une représentation de l'évolution de la richesse totale des familles pour deux régions, Ouargla et Tougourt, sur une période allant d'octobre 2025 à mars 2026 (Fig. 9).

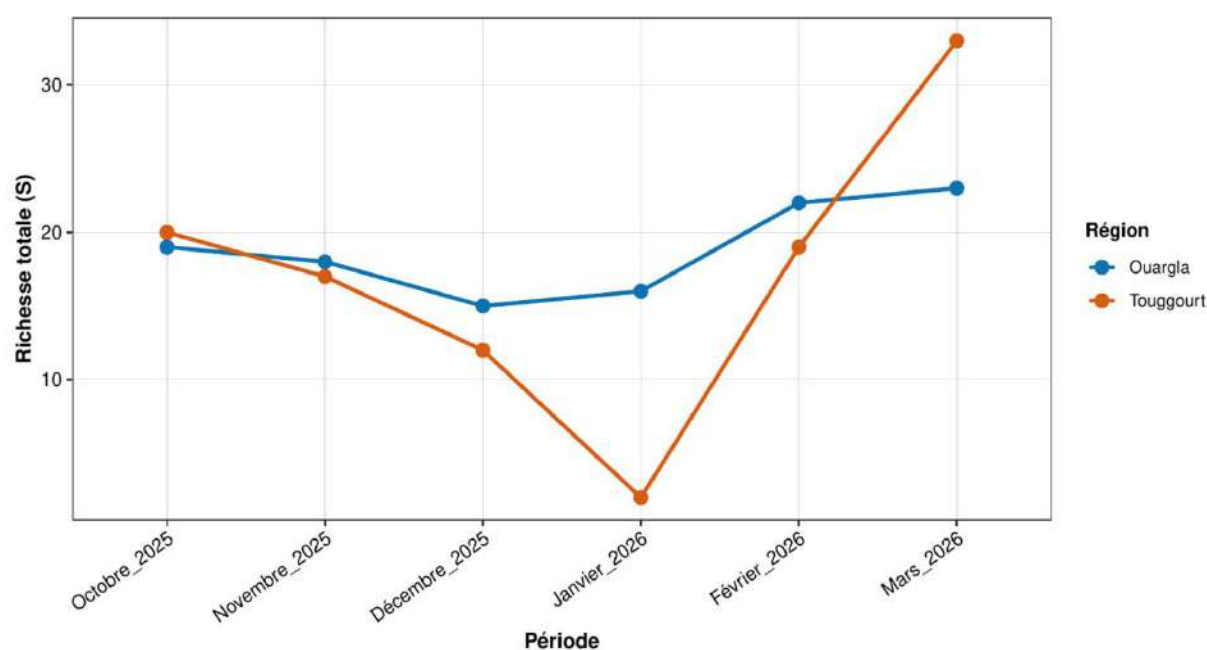


Figure 9- Évolution mensuelle de la richesse totale en famille d'arthropode selon les régions d'étude

Pour Ouargla, la richesse totale commence à un niveau relativement élevé ($S = 19$ familles) en octobre. On observe une baisse progressive mais régulière au cours des trois premiers mois, passant de près de 19 familles à environ 14 familles en décembre. A Tougourt, la tendance est également descendante, mais plus marquée que celle d'Ouargla. Le déclin cumulé entre octobre ($S = 20$ familles) et décembre, semble plus rapide jusqu'à un minimum en janvier ($S = 2$ familles). Juste après, une augmentation très prononcée est notée avec un maximum en mars ($S = 33$ familles) (Fig. 9).

2.1.2. - Effectif et abondance relative (AR%) des familles d'arthropodes les plus dominantes

Les deux régions sont dominées par les Formicidae, qui représentent globalement 54,88 % des individus à Ouargla et 51,19 % à Touggourt (Tab. 4). Cette dominance explique une grande partie du déséquilibre observé, surtout dans les captures au pot Barber. À Ouargla, cette famille est très notée dans les pots Barber (66,36%) contrairement pour les pièges jaunes (3,15%). Elle est suivie par les Cicadellidae qui constituent également une composante majeure (22,49 %), ce qui renforce le poids des insectes opophages dans cette région.

Tableau 4- Familles dominantes selon l'abondance relative par régions et par méthodes de piégeage

Région	Piège	Classe	Ordre	Famille	ni	AR (%)
Ouargla	Piègejaune	Insecta	Hemiptera	Cicadellidae	104	27,30
				Aphididae	21	5,51
			Hymenoptera	Formicidae	12	3,15
			Diptera	Muscidae	88	23,10
				Dolichopodidae	44	11,55
				Phoridae	25	6,56
				Agromyzidae	14	3,67
				Psychodidae	12	3,15
	Pot Barber	Insecta	Hemiptera	Cicadellidae	368	21,42
			Hymenoptera	Formicidae	1 140	66,36
			Diptera	Dolichopodidae	30	1,75

Touggourt				Muscidae	28	1,63
				Tephritidae	19	1,11
				Empididae	17	0,99
				Phoridae	13	0,76
	Piègejaune	Insecta	Hemiptera	Cicadellidae	21	4,84
				Aphididae	37	8,53
			Hymenoptera	Formicidae	64	14,75
				Vespidae	23	5,30
			Diptera	Scatopsidae	82	18,89
				Agromyzidae	40	9,22
				Culicidae	33	7,60
	Pot Barber	Arachnida	Araneae	Lycosidae	33	4,98
				Salticidae	8	1,21
				Gnaphosidae	7	1,06
		Insecta	Coleoptera	Cicindelidae	30	4,53
			Hymenoptera	Formicidae	497	75,08
			Diptera	Sphaeroceridae	8	1,21
				Scatopsidae	7	1,06

À Touggourt, les fourmis sont observées dans les deux techniques de piégeages, avec des taux variants entre 14,75% en piège jaune et 75,08% en pots Barber (Fig. 10). Ce résultat est cohérent avec la biologie des fourmis : la majorité des Formicidae inventoriés sont des espèces épigées, marcheuses, recherchant les ressources au niveau du sol, ce qui rend les pots Barber beaucoup plus adaptés à leur échantillonnage (SOUTHWOOD et HENDERSON, 2000 ; BESTELMEYER et al., 2000 ; AGOSTI et al., 2000).

La dominance des Formicidae reste forte, mais les familles suivantes sont plus diversifiées : Scatopsidae, Aphididae, Agromyzidae, Lycosidae, Culicidae, Cicindelidae et Cicadellidae, ce qui contribue à une équitabilité régionale plus élevée dans cette région.

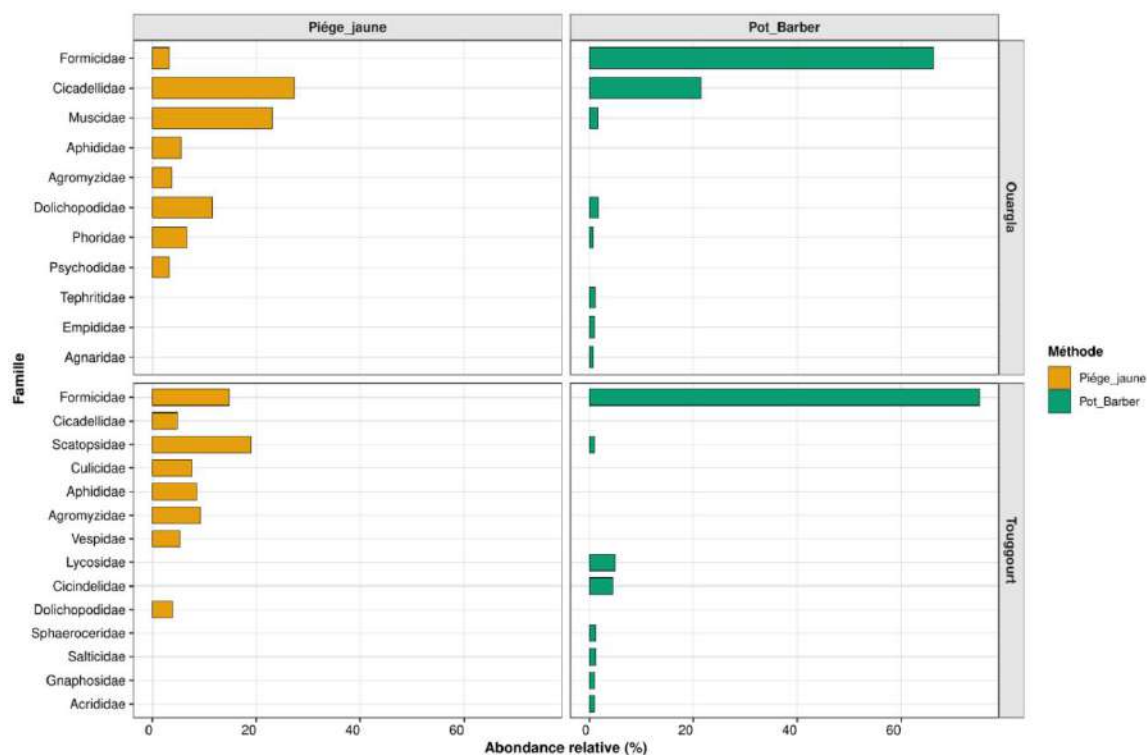


Figure10 - Abondance relative (%) des familles dominantes selon les régions et par méthode de piégeage

La comparaison entre les résultats confirme que les méthodes de piégeage ne mesurent pas exactement la même composante du peuplement. Les pots Barber sont adaptés à l'activité-densité des arthropodes du sol, tandis que les pièges jaunes favorisent les insectes volants ou

attirés par la couleur, ce qui doit être pris en compte dans l'interprétation écologique (SOUTHWOOD & HENDERSON, 2000 ; BROWN & MATTHEWS, 2016).

2.1.3. - Fréquences d'occurrence (Fo%) et classe des familles d'arthropodes selon les régions et les méthodes de piégeages

Les pièges jaunes ne montrent aucune famille régulière. Les familles les plus fréquentes y sont accessoires ou accidentelles (Fig. 11). Cela indique que cette méthode capture une faune plus dispersée dans le temps ou moins régulièrement présente. Muscidae est la famille la plus fréquente dans les pièges jaunes d'Ouargla (Fo = 47,50 %), alors qu'à Touggourt les Formicidae ne présente que 23,33 % de présence dans le même type de pièges. Les deux régions diffèrent donc dans la régularité des familles capturées par la méthode aérienne/colorée.

La fréquence d'occurrence permet de distinguer une famille très abondante mais ponctuelle d'une famille moins abondante mais régulièrement présente, distinction essentielle pour l'interprétation écologique des peuplements (ZHOU et al., 2017).

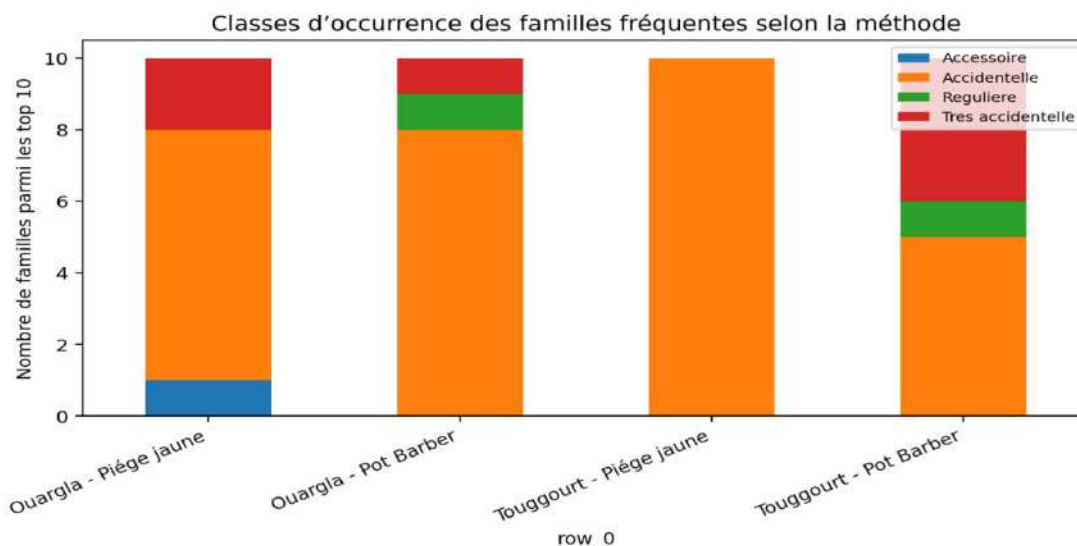


Figure 11 - Classes d'occurrence des familles fréquentes selon la région et la méthode

En fonction des pièges, les pots Barber mettent clairement en évidence la régularité des Formicidae: Fo = 69,17% à Ouargla et Fo = 60,83% à Touggourt, ce qui les classe comme régulières dans cette méthode (Tab. 5). Aucune famille n'est constante dans l'ensemble des

relevés, ce qui traduit une forte hétérogénéité spatio-temporelle des captures et/ou une grande variabilité d'activité des familles (STYRSKY & EUBANKS, 2007).

A Ouargla, Muscidae montre une fréquence élevée ($Fo = 47,50\%$) dans les pots Barber ce qui les classe comme accessoires, contrairement aux pièges jaunes où elles sont considérées comme accidentelles ($Fo = 15\%$). A Touggourt, cette famille est soit accidentelle ($Fo = 15\%$) ou rare ($Fo = 4,17\%$). La coexistence de nombreuses familles accidentelles ou très accidentelles (rare) est classique dans les inventaires d'arthropodes, où une partie importante de la diversité est constituée de taxons rares ou faiblement détectés (KREBS, 1999).

Tableau 5 -Familles les plus fréquentes selon la région et la méthode de piégeage

Région	Méthode	Classe	Ordre	Famille	Na	Fo (%)	Classe occurrence
Ouargla	Piège jaune	Insecta	Hemiptera	Cicadellidae	27	22,50	Accidentelle
				Aphididae	17	14,17	Accidentelle
			Diptera	Muscidae	57	47,50	Accessoire
				Dolichopodidae	27	22,50	Accidentelle
				Phoridae	13	10,83	Accidentelle
				Agromyzidae	7	5,83	Accidentelle
				Scatopsidae	6	5	Accidentelle
	Pot Barber	Crustacea	Isopoda	Agnaridae	11	9,17	Accidentelle
		Insecta	Hemiptera	Cicadellidae	28	23,33	Accidentelle
			Hymenoptera	Formicidae	83	69,17	Régulière

			Diptera	Muscidae	18	15	Accidentelle
				Dolichopodidae	14	11,67	Accidentelle
				Phoridae	10	8,33	Accidentelle
				Tephritidae	10	8,33	Accidentelle
Touggourt	Piègejaune	Insecta	Hemiptera	Aphididae	14	11,67	Accidentelle
			Hymenoptera	Formicidae	28	23,33	Accidentelle
				Vespidae	15	12,50	Accidentelle
			Diptera	Culicidae	8	6,67	Accidentelle
				Scatopsidae	15	12,50	Accidentelle
				Agromyzidae	12	10	Accidentelle
			Lepidoptera	Pyalidae	10	8,33	Accidentelle
	Pot Barber	Arachnida	Araneae	Lycosidae	18	15	Accidentelle
				Gnaphosidae	6	5	Accidentelle
				Salticidae	6	5	Accidentelle
		Insecta	Orthoptera	Acrididae	7	5,83	Accidentelle
			Coleoptera	Cicindelidae	11	9,17	Accidentelle
			Hymenoptera	Formicidae	73	60,83	Régulière
			Diptera	Muscidae	5	4,17	Rare

2.1.4. - Diversité et équitabilité en familles d'arthropodes

2.1.4.1. - En fonction des régions d'étude

Les valeurs de l'indice de Shannon-Weaver sont nettement supérieures à Touggourt ($H' = 3,23\text{bit}$) qu'à Ouargla ($H' = 2,37\text{bit}$; Fig. 12). Il en est de même pour la diversité maximale où Touggourt ($H'_{\text{max}} = 5,58\text{bit}$) affiche une valeur un peu plus élevée qu'à Ouargla ($H'_{\text{max}} = 5,32\text{bit}$). Pour l'équitabilité, les valeurs suivent la même tendance ($E = 0,58$ contre $0,45$; Fig. 12).

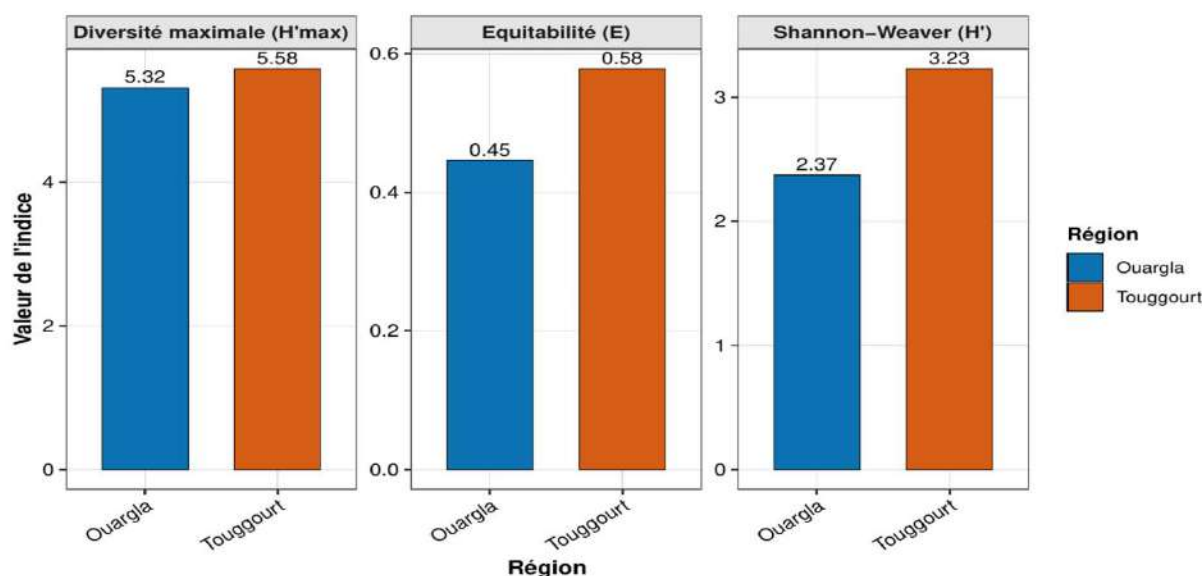


Figure 12 - Variation des indices écologiques de structure selon les régions d'étude

Ce résultat signifie que la communauté des arthropodes inventoriés à Touggourt est diversifiée avec une tendance vers l'équilibre dans la distribution des individus entre les familles. Alors que la communauté d'Ouargla est davantage structurée par une forte dominance numérique. En écologie des communautés, un faible E indique souvent une pression de dominance exercée par un ou quelques taxons très abondants, phénomène fréquent dans les milieux agricoles perturbés ou dans les agroécosystèmes où des ressources concentrées favorisent des groupes opportunistes (PIELOU, 1966 ; MAGURRAN, 2004).

2.1.4.2. - En fonction des mois

À Ouargla, la diversité commence à un niveau moyen en octobre ($H' = 1,84$ bit), puis diminue en novembre ($H' = 1,31$ bit), ce qui indique une diversité plus faible à cette période (Fig. 13). Elle augmente fortement en décembre ($H' = 3,31$ bit), traduisant une diversité élevée et probablement des conditions écologiques plus favorables. En janvier, l'indice baisse légèrement ($H' = 2,53$ bit), puis reste relativement élevé en février ($H' = 2,78$ bit) et en mars ($H' = 2,47$ bit). Cette évolution suggère une communauté assez diversifiée et relativement stable après le pic de décembre (WAY, 1963 ; BUCKLEY, 1987 ; MORRIS et al., 2014).

À Tougourt, la courbe de la diversité est relativement différente (Fig. 13). Elle est moyenne en octobre ($H' = 1,84$ bit), puis augmente nettement en novembre ($H' = 3,05$ bit), indiquant une forte diversité spécifique. Elle diminue ensuite en décembre ($H' = 1,76$ bit) et atteint son minimum en janvier ($H' = 1,00$ bit), ce qui peut traduire des conditions écologiques défavorables ou la dominance de quelques espèces. À partir de février, la diversité remonte ($H' = 2,06$ bit) et atteint son maximum en mars ($H' = 3,56$ bit), suggérant un retour de conditions plus favorables, probablement lié à l'amélioration saisonnière du milieu (STADLER et DIXON, 2005 ; STYRSKY et EUBANKS, 2007 ; Morris et al., 2014).

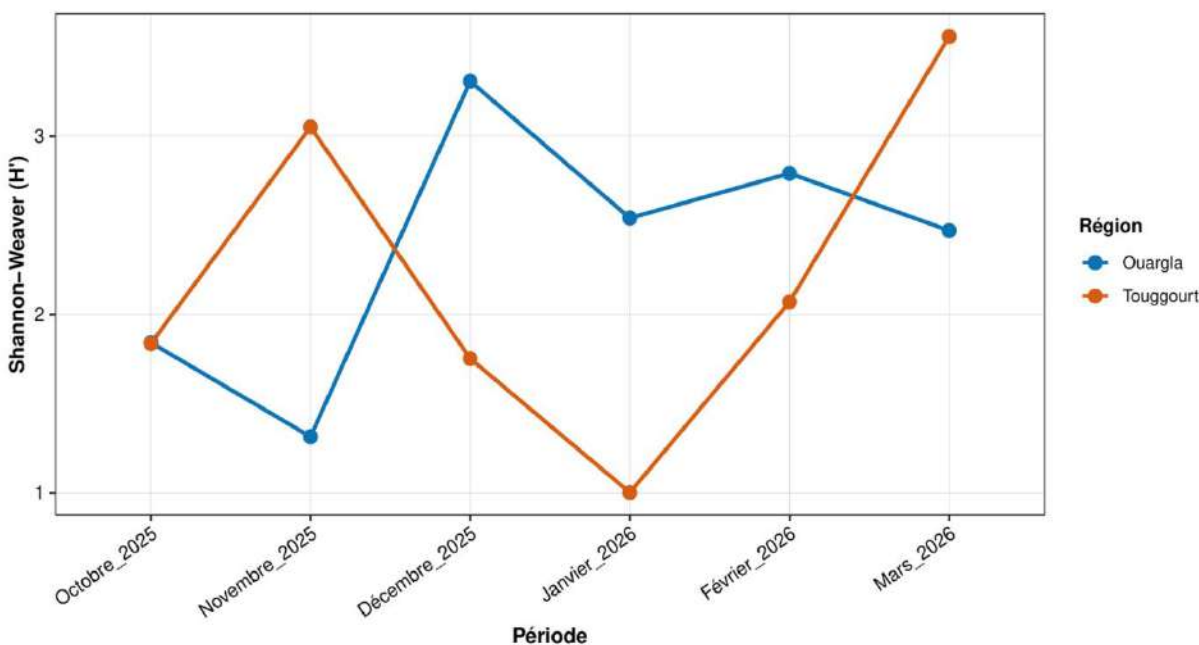


Figure 13 - Évolution mensuelle de l'indice de Shannon-Weaver (H') selon les régions d'étude

Pour l'équitabilité (Fig. 14), le graphique montre que l'équitabilité varie fortement au cours du temps dans les deux régions. Ouargla présente son meilleur équilibre communautaire en décembre ($E = 0,84$), tandis que Tougourt atteint une équitabilité maximale en janvier ($E = 1,00$). Globalement, cette région montre une dynamique plus contrastée, avec des valeurs élevées en novembre ($E = 0,75$), janvier ($E = 1,00$) et mars ($E = 0,71$), alors qu'Ouargla présente un pic marqué en décembre ($E = 0,84$) suivi d'une stabilité modérée entre janvier et mars ($E = 0,55$).

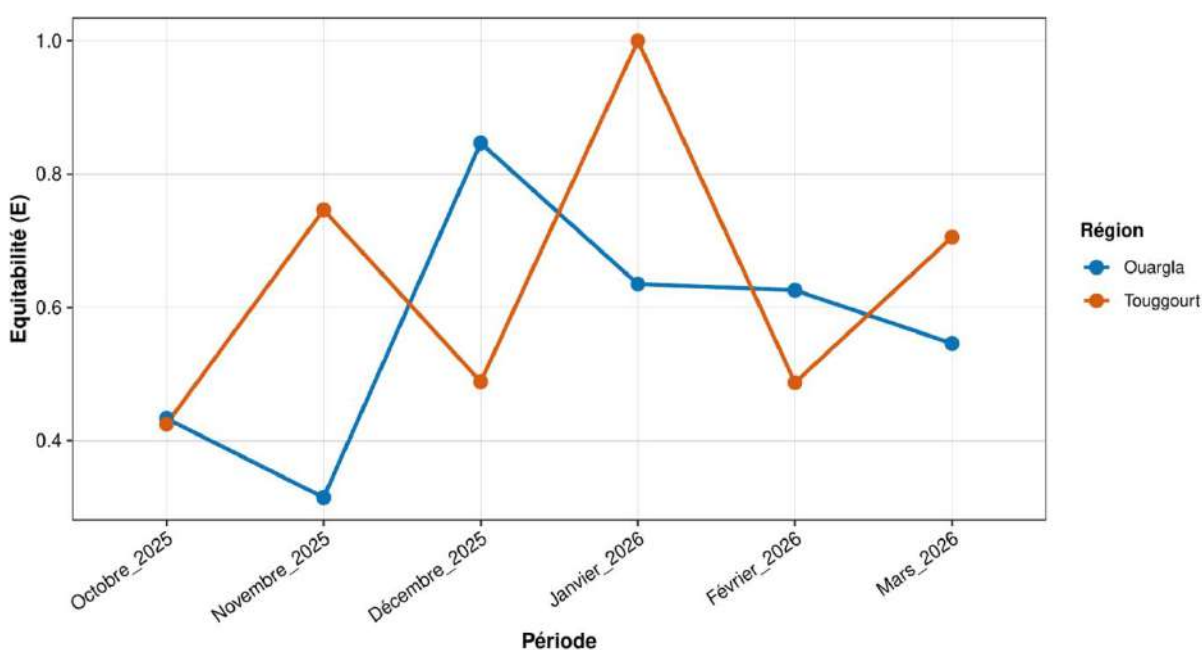


Figure 14 - Évolution mensuelle de l'indice d'Équitabilité (E) selon les régions d'étude

Il faut dire qu'une valeur élevée de H' associée à une forte équitabilité est généralement interprétée comme le signe d'une communauté plus stable et moins dominée par une seule espèce (PIELOU, 1966 ; MAGURRAN, 2004). Selon les principes généraux de l'écologie des communautés, l'augmentation conjointe de la diversité et de l'équitabilité reflète souvent une meilleure répartition des niches écologiques et une diminution de la dominance spécifique (MAGURRAN, 2004 ; JOST, 2010).

2.2. - Indices écologiques appliqués aux Formicidae dans les palmeraies d'Ouargla et de Touggourt

Cette partie concerne les résultats des Formicidae en fonction des méthodes d'échantillonnages, des régions, des stations et des mois.

2.2.1. - Indices écologiques de composition appliqués aux fourmis inventoriées dans les deux régions d'étude

2.2.1.1. - Variation régionale de l'abondance totale et de la richesse spécifique des Formicidae

L'inventaire global met en évidence 1713 individus de Formicidae répartis en 13 espèces obtenues grâce à 480 relevés (Fig. 15). La région d'Ouargla présente l'abondance la plus élevée, avec 1152 individus contre 561 à Touggourt. Cette différence numérique peut être expliquée par une activité de surface beaucoup plus intense dans les palmeraies d'Ouargla, mais elle ne traduit pas nécessairement une diversité plus forte.

En effet, la richesse spécifique est plus faible à Ouargla ($S = 7$ espèces) qu'à Touggourt ($S = 10$), ce qui révèle une structure communautaire asymétrique : Ouargla est numériquement très abondante mais biologiquement dominée, tandis que Touggourt présente une myrmécofaune moins abondante mais plus diversifiée.

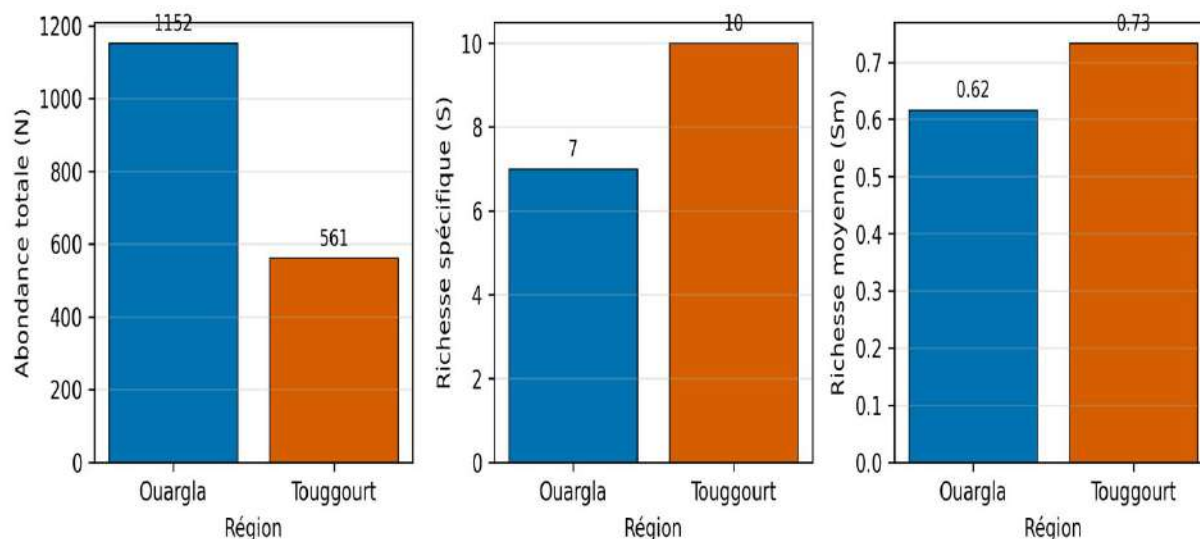


Figure 15 -Abondance totale, richesse spécifique et richesse moyenne des Formicidae dans les régions d'Ouargla et de Touggourt

Une forte abondance de fourmis peut se traduire souvent par une activité biologique intense du sol, mais une communauté peu équilibrée. Dans les agroécosystèmes, les communautés dominées par une ou quelques espèces généralistes sont souvent associées à des habitats perturbés, homogénéisés ou fortement soumis à des ressources trophiques ponctuelles, comme le miellat ou les déchets organiques (MAJER, 1983 ; ANDERSEN, 1995 ; PHILPOTT et ARMBRECHT, 2006).

2.2.1.2.- Variation stationnelle de l'abondance totale et de la richesse spécifique des

Formicidae

L'analyse par station révèle que la dominance observée à Ouargla est particulièrement marquée à El Ksar (Fig. 16). Cette station présente 555 individus, représentés par 7 espèces. Autrement dit, plus de 90 % des individus y sont portés par l'espèce dominante. Une telle structure est typique d'une communauté très déséquilibrée, dominée par une espèce compétitive ou opportuniste, capable d'exploiter efficacement les ressources locales

(ANDERSEN, 1995). La station Bamendil présente également une forte abondance (597 individus). Cette station reste dominée, mais conserve un peu plus d'hétérogénéité interne.

À Touggourt les abondances sont relativement faibles (Fig. 16). A Ghamra I, 260 individus de fourmis sont capturés avec $S = 10$ espèces. Alors que 301 individus sont notés à Ghamra II réparties sur 9 espèces. Cette opposition spatiale suggère que les palmeraies de Touggourt offrent probablement une mosaïque micro-habitat plus favorable à la coexistence de plusieurs espèces de fourmis. Dans les milieux arides, la disponibilité en ombre, humidité superficielle, litière, fissures du sol, végétation herbacée et ressources sucrées influence fortement l'activité des fourmis (RETANA et CERDA, 2000 ; CERDA et al., 2013). En protection des cultures, ces différences stationnelles peuvent aussi refléter des contrastes de conduite culturale : irrigation, entretien du sol, désherbage, présence de débris organiques, pratiques phytosanitaires et densité d'insectes producteurs de miellat (CERDA et al., 2013).

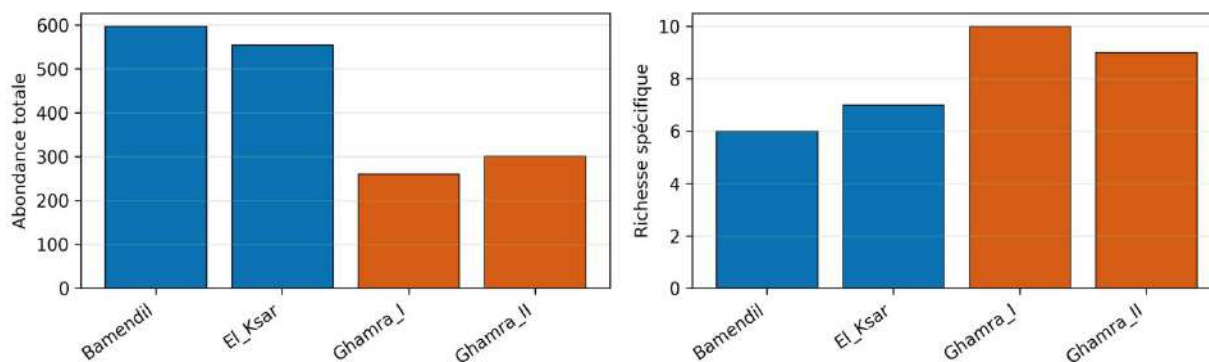


Figure 16 -Variation stationnelle de l'abondance et de la richesse des Formicidae

2.2.1.3. - Variation temporelle de l'abondance totale et de la richesse spécifique des Formicidae

La dynamique temporelle montre une forte saisonnalité (Fig. 17). À Ouargla, l'activité est maximale en octobre et novembre 2025, avec respectivement 369 et 384 individus, puis chute fortement en décembre (17 individus) et janvier (71 individus), avant une reprise en février et mars. Cette dynamique suggère une période d'activité intense en début d'automne,

probablement favorisée par des conditions thermiques et hydriques plus favorables à l'activité de surface, puis un ralentissement hivernal. Dans les régions arides, l'activité des fourmis est fortement modulée par la température du sol, l'humidité, l'insolation et les fenêtres journalières de prospection (CERDA et al., 2013).

À Touggourt, le profil est plus contrasté (Fig. 17). L'abondance est élevée en octobre (199 individus), quasiment nulle en janvier (1 individu), puis remonte en février et mars.

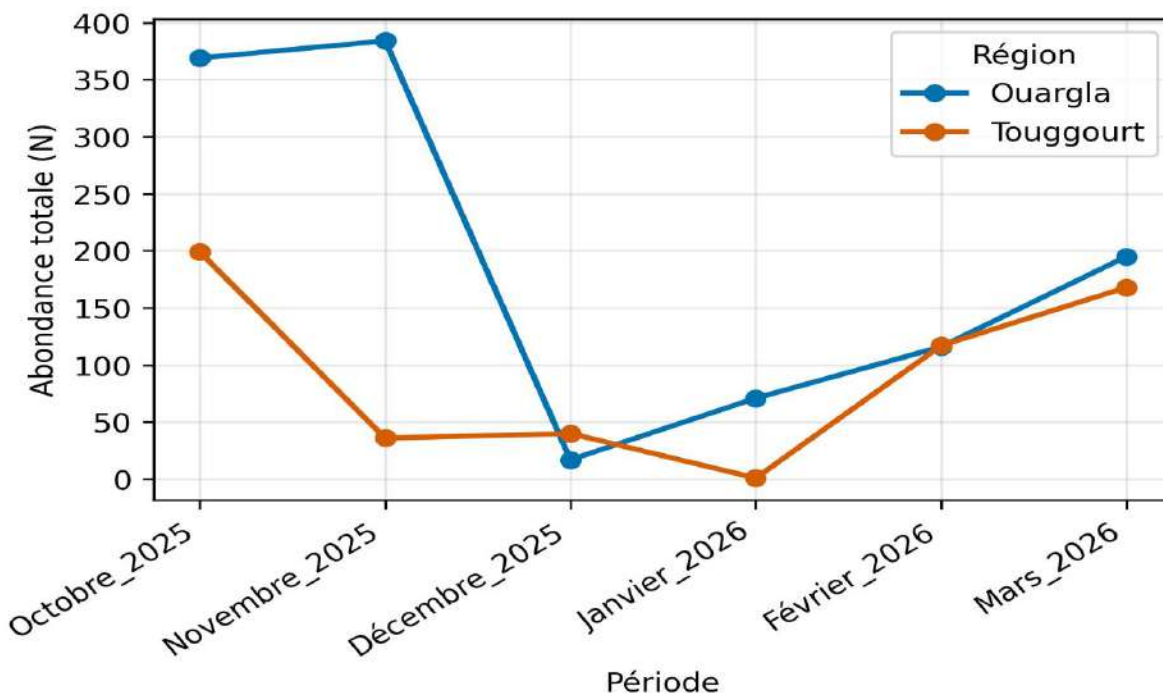


Figure 17 - Dynamique mensuelle de l'abondance totale des Formicidae

2.2.1.4. - Variation régionale de l'abondance relative des espèces de Formicidae

La composition spécifique révèle deux modèles écologiques très différents. À Ouargla, *Pheidole pallidula* est dominante avec 957 individus, soit 83,07 % du peuplement régional (Fig. 18). Les autres espèces sont très secondaires comme *Monomorium salomonis obscuratum* (AR = 7,55 %), *Tetramorium* sp. (AR = 5,03 %) et *Tetramorium sericeiventris* (AR = 3,30 %). Cette structure traduit une myrmécofaune extrêmement polarisée autour d'une espèce dominante. Le genre *Pheidole* est connu pour sa diversité écologique, son organisation sociale

efficace et son aptitude à exploiter rapidement des ressources au sol, notamment en milieux perturbés ou cultivés (WILSON, 2003 ; HÖLLDOBLER et WILSON, 1990).

À Touggourt, la dominance est partagée entre plusieurs espèces (Fig. 18), comme *Cataglyphis bicolor* (AR = 42,25 %), *Monomorium salomonis obscuratum* (AR = 20,50 %), *Tapinoma nigerrimum* (AR = 11,76 %), *Pheidole pallidula* (AR = 10,87 %) et *Camponotus thoracicus* (AR = 6,24 %). Ce profil est beaucoup plus équilibré. La présence notable de *Cataglyphis bicolor* est écologiquement cohérente avec les conditions chaudes et ouvertes des milieux sahariens. Le genre *Cataglyphis* est souvent associée aux environnements arides et à une activité de prospection adaptée aux fortes températures (CERDA et al., 2013 ; RETANA et CERDA, 2000).

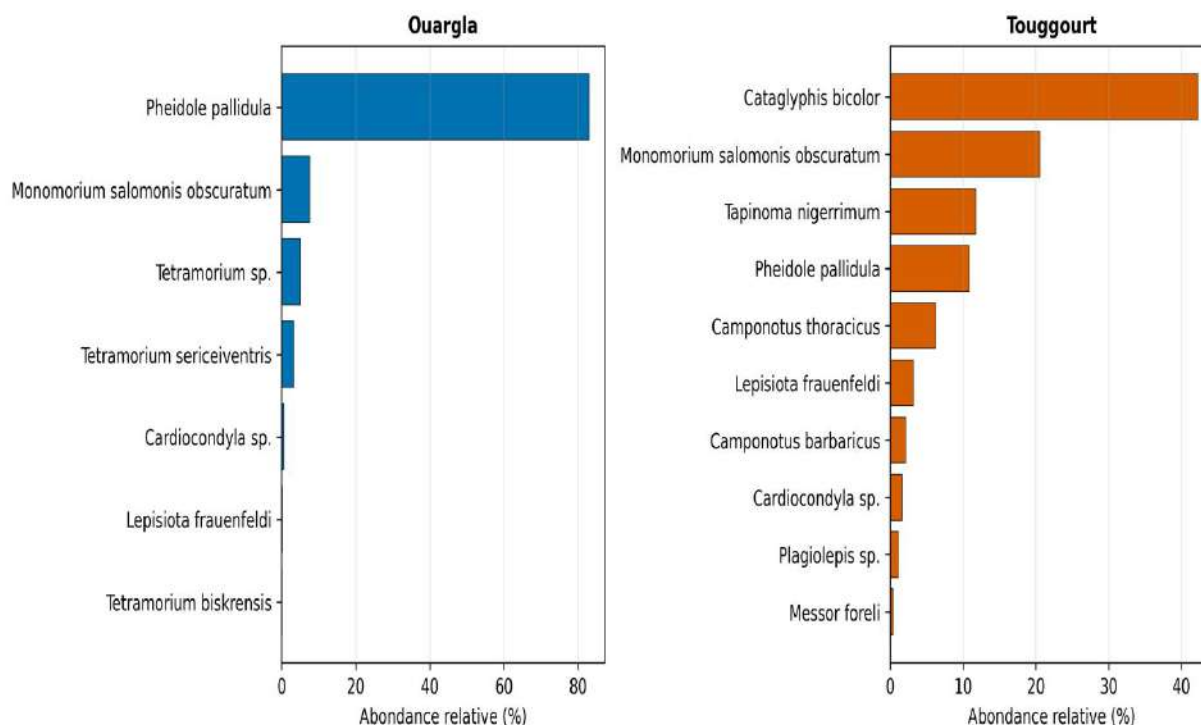


Figure 18 -Espèces dominantes de Formicidae selon l'abondance relative par région

2.2.2. - Indices écologiques de structures appliqués sur les fourmis recensées dans les deux régions d'étude

2.2.2.1.- Variation régionale de la diversité, d'équitabilité et de la dominance de Berger- Parker des Formicidae

La divergence entre abondance et diversité est confirmée par les indices de structure (Fig. 19). Ceci dit, H' atteint 0,97bit à Ouargla contre 2,43 à Tougourt, tandis que l'équitabilité augmente de 0,34 (Ouargla) à 0,73 (Tougourt). Ainsi, à Tougourt, les individus sont distribués de manière plus régulière entre les espèces, alors qu'à Ouargla une seule espèce concentre l'essentiel de l'abondance ce qui exprime une certaine dominance.

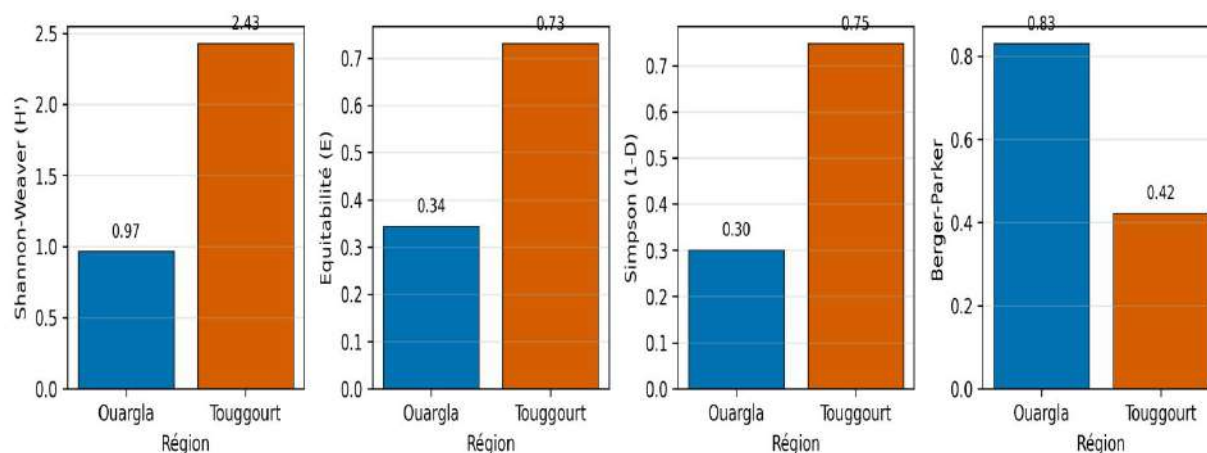


Figure 19. - Diversité, équitabilité, diversité de Simpson et dominance de Berger-Parker des Formicidae selon la région

Par ailleurs, l'indice de Berger-Parker confirme ce diagnostic : la dominance maximale atteint 0,83 à Ouargla contre 0,42 à Tougourt. Une telle valeur indique qu'à Ouargla la communauté est fortement structurée par une espèce numériquement dominante, ce qui peut refléter soit une forte adaptation locale, soit une simplification écologique du peuplement (MAGURRAN, 2004 ; SOUTHWOOD et HENDERSON, 2000).

2.2.2.2. - Variation stationnelle de diversité des Formicidae

L'analyse par station révèle que la dominance observée à Ouargla est particulièrement marquée à El_Ksar (Fig. 20). Cette station présente 555 individus, 7 espèces et un indice de Shannon très faible ($H' = 0,48$), avec une équitabilité de 0,17 et un Berger-Parker de 0,93. Autrement dit, plus de 90 % des individus y sont portés par l'espèce dominante. Une telle structure est typique d'une communauté très déséquilibrée, dominée par une espèce compétitive ou opportuniste, capable d'exploiter efficacement les ressources locales (RETANA et CERDA, 2000).

La station Bamendil présente également une forte abondance (597 individus), mais la structure y est moins extrême : $H' = 1,29$, $E = 0,50$ et Berger-Parker = 0,74 (Fig. 20). Cette station reste dominée, mais conserve un peu plus d'hétérogénéité interne.

À Touggourt, Ghamra_I présente le profil le plus équilibré avec $S = 10$, $H' = 2,50$ et $E = 0,75$ (Fig. 20). Ghamra_II est légèrement moins diversifiée, mais conserve une structure relativement régulière ($H' = 2,01$; $E = 0,63$). Cette opposition spatiale suggère que les palmeraies de Touggourt offrent probablement une mosaïque microhabitat plus favorable à la coexistence de plusieurs espèces de fourmis (CERDA et al., 2013).

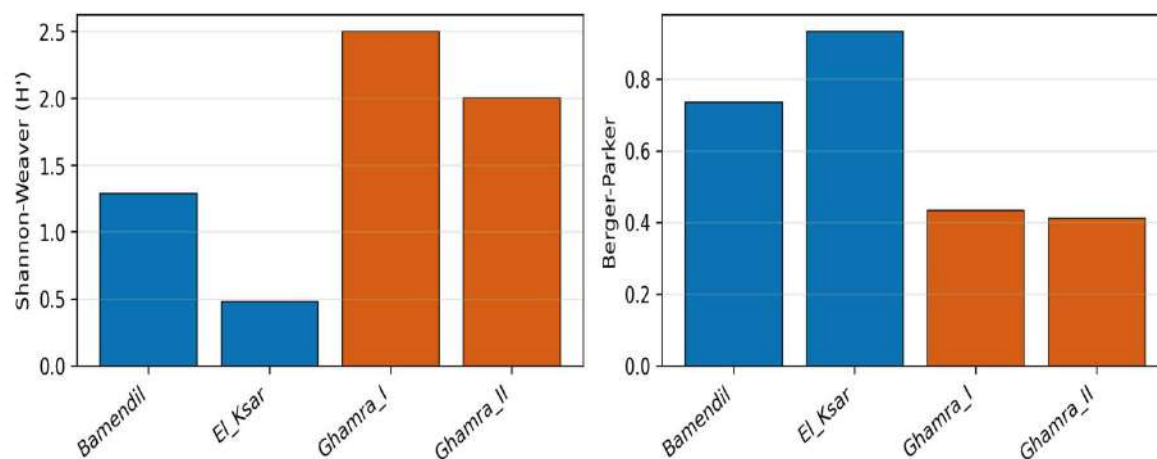


Figure 20 - Variation stationnelle de Shannon-Weaver et de Berger-Parker des Fromicidae

2.2.2.3. - Variation mensuelle de diversité des Formicidae

En fonction du temps, les valeurs de diversité à Ouargla sont relativement faibles, variant entre 0,27 en novembre et 1,41 en octobre (Fig. 21). Alors qu'à Tougourt, elles sont relativement élevées durant certains mois, notamment novembre ($H' = 2,52$) et décembre ($H' = 1,91$). Cette dissociation indique que Tougourt conserve une structure plus équilibrée même lorsque l'activité totale baisse.

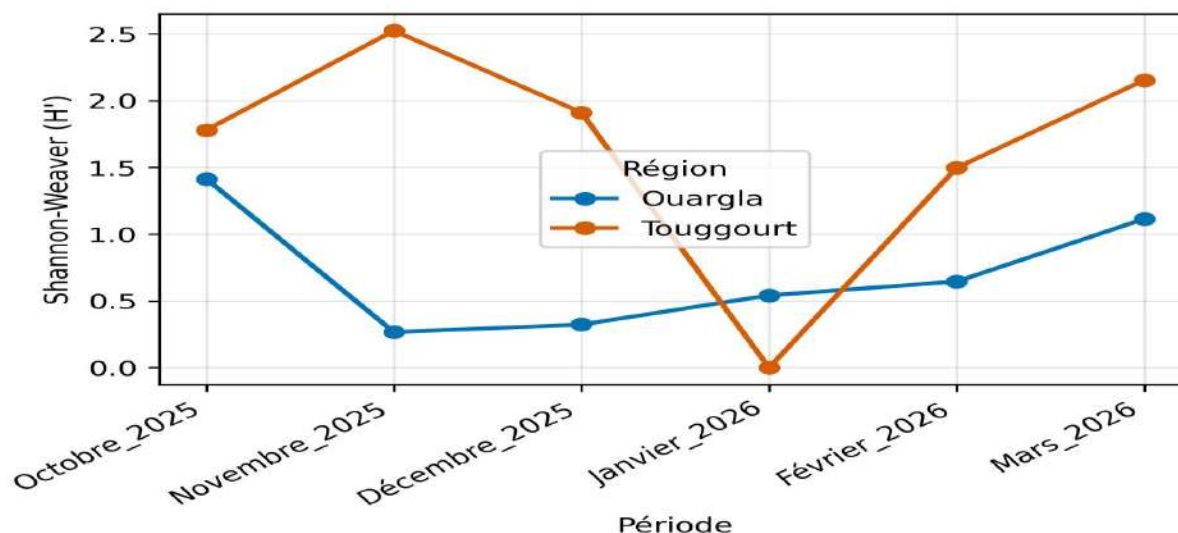


Figure 21 -Dynamique mensuelle de la diversité de Shannon-Weaver des Formicidae

2.2.2.4. - Variation stationnelle de l'équitabilité des Formicidae

Les valeurs de l'équitabilité varient d'une station à une autre (Fig. 22). Les stations de Ouargla affichent les plus faibles valeurs notamment à El Ksar ($E = 0,17$), ce qui exprime une dominance de certaines espèces. Alors qu'à Tougourt, l'inverse est observé avec des valeurs de E qui tendent vers 1 surtout à Ghamra 1 ($E = 0,75$).

Figure 22 -Variation stationnelle de l'équitabilité des Formicidae

2.3.- Indices écologiques appliqués aux opophages recensés dans les régions d'Ouargla et de Touggourt

Cette partie concerne les résultats des opophages (Hemiptera et Homoptera) en fonction des méthodes d'échantillonnages, des régions, des stations et des mois.

2.3.1. - Indices écologiques de composition appliqués aux opophages inventoriées dans les deux régions d'étude

2.3.1.1.- Variation régionale de l'abondance et de la richesse spécifique des opophages

La comparaison régionale des insectes opophages révèle une dissymétrie nette : Ouargla concentre 520 individus contre seulement 71 à Touggourt (Fig. 23). La richesse spécifique reste modérée à Ouargla ($S = 9$ espèces) et à Touggourt ($S = 9$), typique des peuplements des palmeraies sahariennes où la diversité végétale restreint le pool d'espèces (BLONDEL, 1979 ; DELVARE et ABERLENC, 1989).

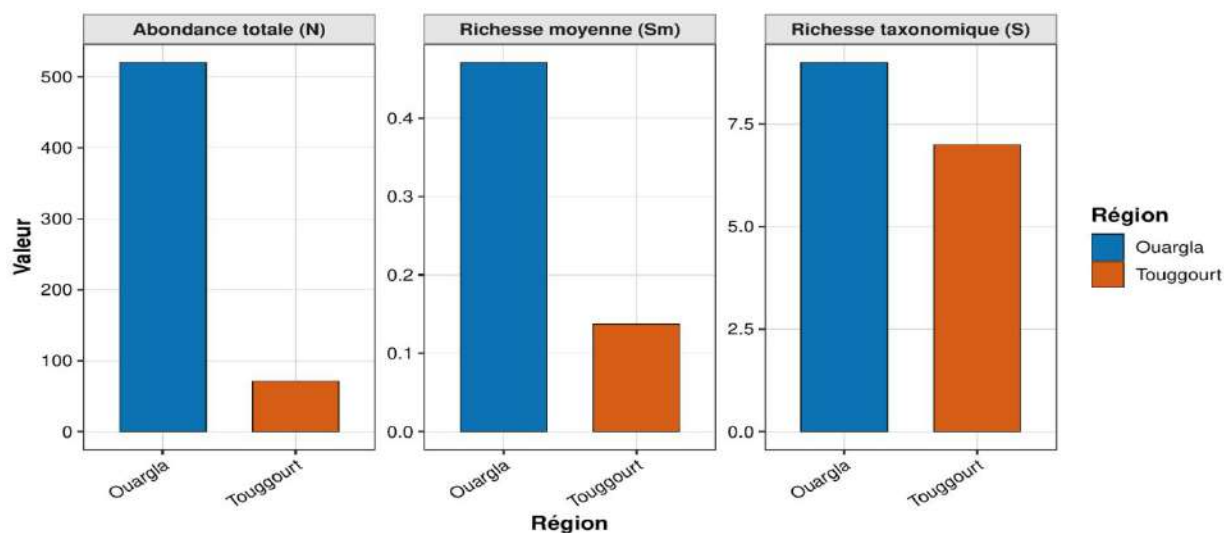


Figure 23 -Abondance totale, richesse spécifique et richesse moyenne des insectes

Opophages dans les régions d'étude

2.3.1.2. - Variation stationnelle de l'abondance et de la richesse spécifique des opophages

En fonction des stations, il y'a une forte abondance des insectes opophage dans la station Bamendil (415 individus) de Ouargla (Fig. 24). Alors que les stations de Tougourt sont faiblement représentées avec des taux variants entre 23 (Ghamra 1) et 48 individus (Ghamra 2). En termes d'espèces d'opophages, les valeurs sont proches et variant entre 6espèces (Ghamra 2) et 8 espèces à Bamendil (Fig. 25). Chez les insectes piqueurs-suceurs, les populations sont liées à des foyers localisés de plantes hôtes bien déterminées ou à des stades phénologiques favorables (SOUTHWOOD et HENDERSON, 2000 ; GULLAN et CRANSTON, 2014).

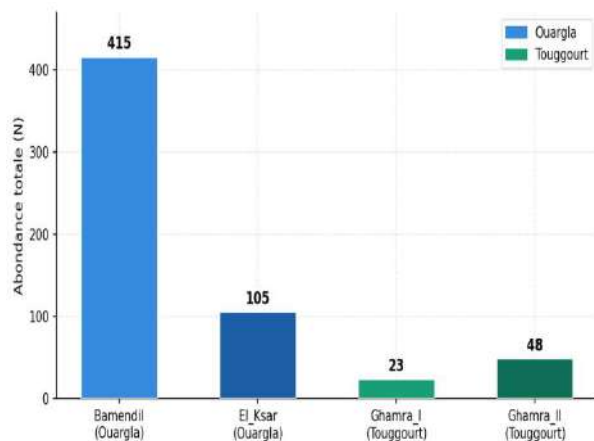


Figure 24 - Abondance totale (N) des insectes opophages par station

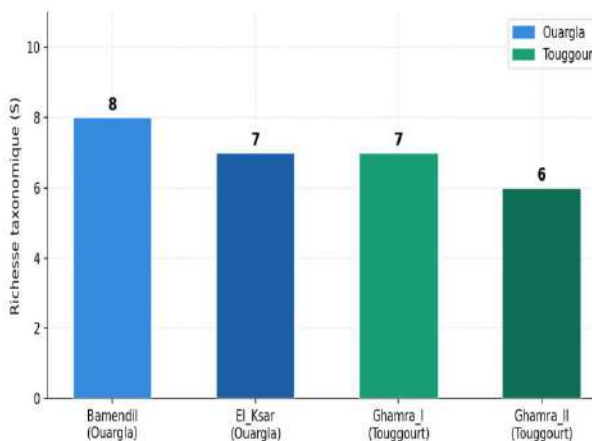


Figure 25 - Richesse totale (S) des insectes opophages par station

2.3.1.3. - Variation temporelle de l'abondance totale des opophages

La dynamique mensuelle montre une chute des effectifs depuis le mois d'octobre 2025 à mars 2026 (Fig. 26). L'abondance maximale est enregistrée en octobre 2025 à Ouargla ($N = 312$ individus), coïncidant avec la reprise d'activité post-estivale. Juste après une chute très prononcée est remarquée jusqu'au mois de février ($N = 17$). Alors que dans la région de Touggourt, une cinétique plutôt stable est notée entre d'octobre 2025 ($N = 4$) et mars 2026 ($N = 33$). L'absence totale d'individus à Touggourt en décembre 2025 ($N = 0$) traduit l'effet inhibiteur des températures hivernales.

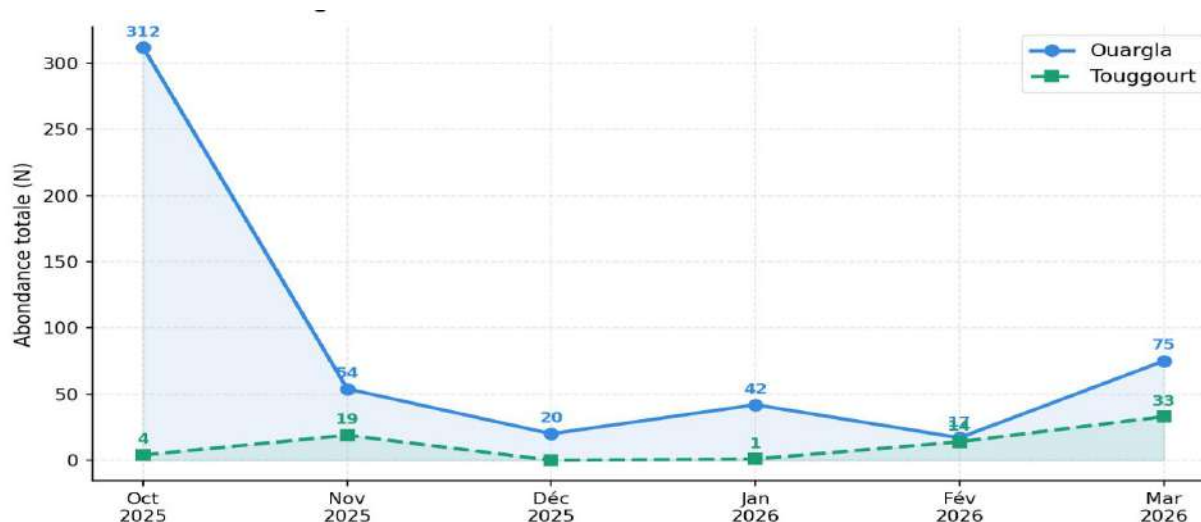


Figure 26 - Dynamique mensuelle de l'abondance totale des opophages

En protection des cultures, cette discontinuité est essentielle : les épisodes de faible abondance ne signifient pas nécessairement l'absence de risque, car plusieurs Hemiptera vecteurs peuvent transmettre des pathogènes à partir de faibles densités si les conditions de transmission et les plantes hôtes sont réunies (NAULT, 1997 ; HOGENHOUT et al., 2008 ; WEINTRAUB et BEANLAND, 2006).

2.3.1.4. - Contribution des groupes fonctionnels des opophages

À Ouargla, les opophages xylémo-phloémophages représentent 94,62 % des individus (Fig. 27). Ce résultat est agronomiquement important, car Cicadellidae et Delphacidae regroupent plusieurs taxons capables de se déplacer activement entre plantes, d'exploiter les tissus conducteurs et, dans plusieurs systèmes de culture, de contribuer à la dissémination d'agents pathogènes. À Touggourt, les opophages phloémophages dominent avec 61,97 %, ce qui oriente davantage le risque vers la production de miellat, l'attraction des fourmis, la fumagine et les interactions trophiques indirectes (WAY, 1963 ; STADLER et DIXON, 2005 ; GULLAN et CRANSTON, 2014).

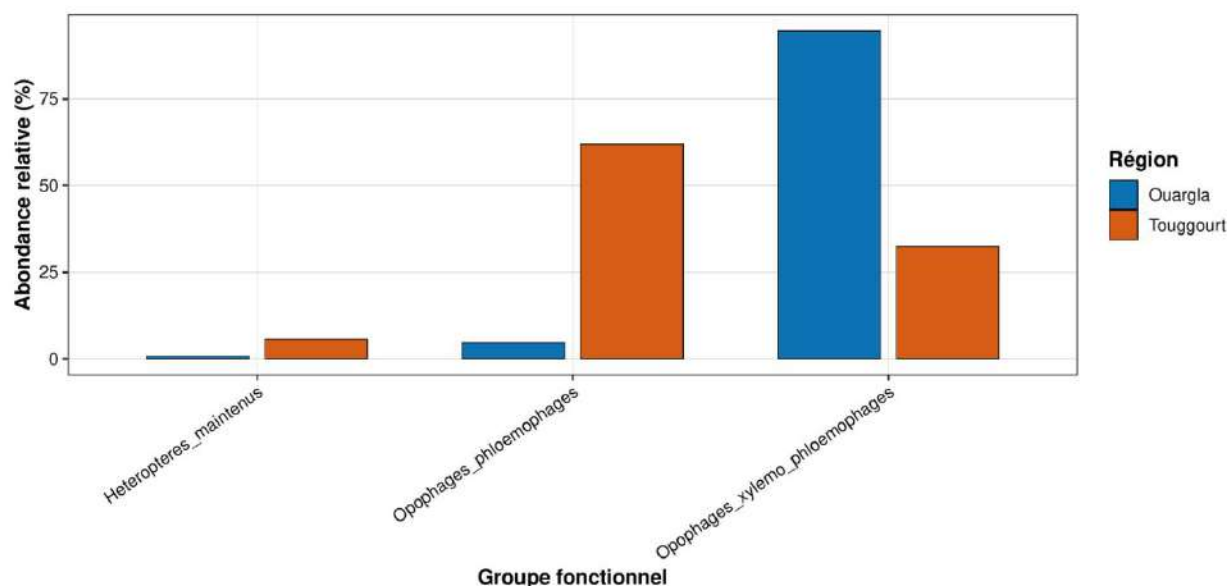


Figure 27 - Contribution des groupes fonctionnels d'opophages

2.3.1.5. - Variation régionale de l'abondance relative des espèces d'opophages

La composition taxonomique est très contrastée entre régions (Fig. 28). À Ouargla, le peuplement est dominé par *Zyginidia scutellaris*, qui représente 378 individus, soit 72,69 % de l'abondance régionale. Cette cicadelle est connue pour ses dynamiques explosives dans les agroécosystèmes méditerranéens et sahariens (BALACHOWSKY, 1962 ; PINET, 1973). Ce niveau de dominance classe ce taxon comme eudominant.

Les Delphacidae comme *Nothodel phaxfennah* et *Sogatana konensis* arrivent ensuite avec 7,50 % chacun, puis les Aphididae indéterminés et *Cicadulina bipunctata* avec 4,23 % chacun. La forte contribution des Cicadellidae et Delphacidae indique un cortège principalement xylémophloémophage, cohérent avec la biologie des Auchenorrhyncha, connus pour exploiter les tissus conducteurs et pour inclure de nombreux vecteurs de phytoplasmes, virus ou bactéries phytopathogènes (DIETRICH, 2005 ; BACKUS et al., 2005 ; WEINTRAUB et BEANLAND, 2006).

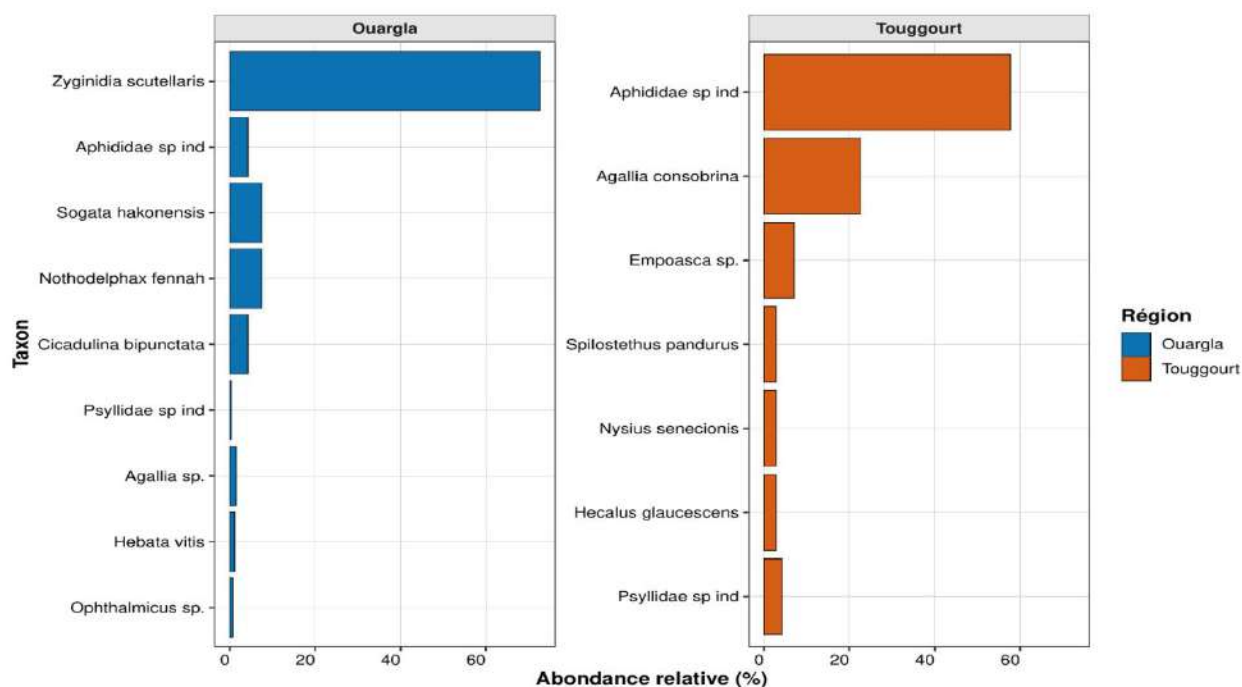


Figure 28 - Abondance relative des opophages en fonction des régions d'étude

À Touggourt, l'eudominance est assurée par les Aphididae indéterminés (57,75 %), suivis d'*Agallia consobrina* (22,54 %). Cette configuration indique un cortège plus phloémophage que celui d'Ouargla. Les Aphididae, même lorsqu'ils sont identifiés à un niveau générique ou familial seulement, constituent un groupe de grande importance agronomique en raison de leur capacité à produire du miellat, à favoriser la fumagine, à affaiblir les tissus jeunes et à transmettre de nombreux virus végétaux (BLACKMAN et EASTOP, 2000 ; GULLAN et CRANSTON, 2014). La prédominance des pucerons suggère des conditions hydriques et microclimatiques distinctes (BODENHEIMER, 1951 ; BALACHOWSKY, 1962).

2.3.2. - Indices écologiques de structures appliqués sur les opophages des deux régions d'étude

2.3.2.1. - Variation régionale de la diversité, de l'équitabilité et de l'indice de Berger-Parker des opophages

Les valeurs des différents indices varient selon les régions (Fig. 29). Toutefois, la diversité de Shannon est plus élevée à Touggourt ($H' = 1,84$) qu'à Ouargla ($H' = 1,53$), et l'équitabilité y est aussi supérieure ($E = 0,66$ contre $0,48$). Autrement dit, Ouargla est plus abondante mais plus dominée, tandis que Touggourt est moins abondante mais plus équilibrée dans la répartition des taxons. Pour l'indice de Berger-Parker, la dominance élevée à Ouargla ($0,73$) traduit le poids d'un taxon très dominant, alors que Touggourt présente une dominance plus au moins modérée ($0,58$).

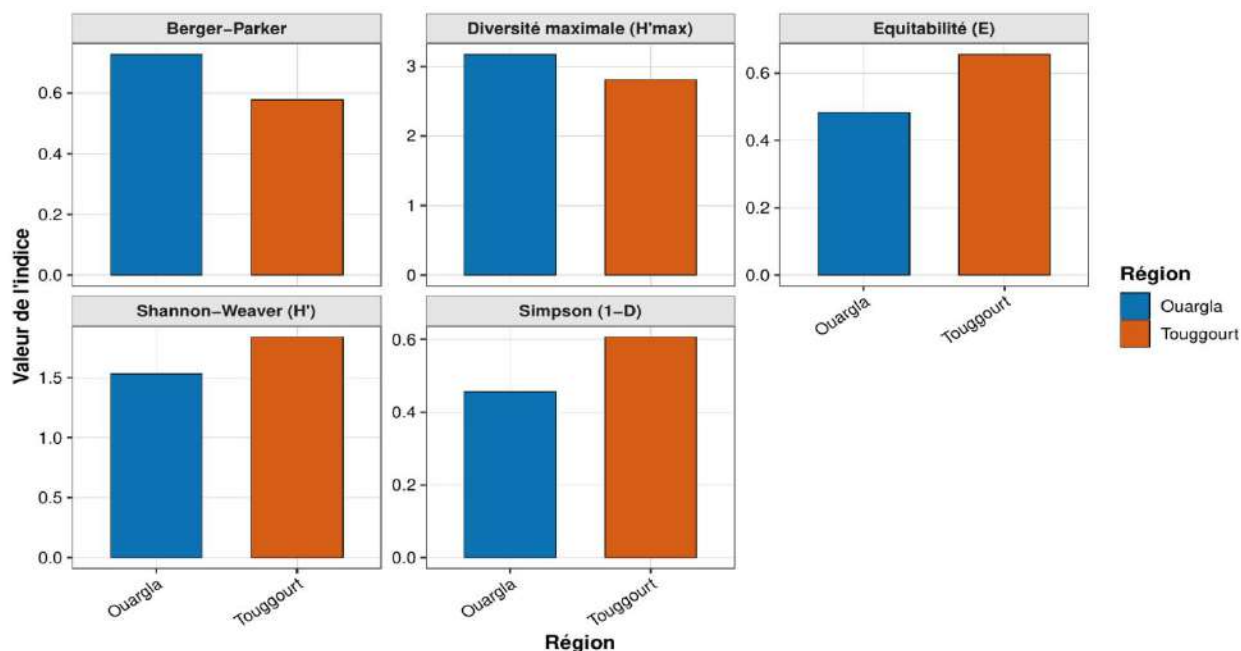


Figure 29 -Diversité, équitabilité, diversité de Simpson et dominance de Berger-Parker des opophages selon la région

2.3.2.2. - Variation stationnelle de diversité des opophages

Dans la région d'Ouargla (Fig. 30), les valeurs de diversité de Shannon-Weaver sont modérées pour Bamendil ($H' = 1,26$) et El Ksar ($H' = 2,10$). Dans les stations de Touggourt, les valeurs sont relativement proches ($1,72 \leq H' \text{ bit} \leq 1,84$). Il est à rappeler que des valeurs de $H' < 2$ bits signalent un peuplement dominé par quelques taxons (MAGURRAN, 2004 ; KREBS, 1999).

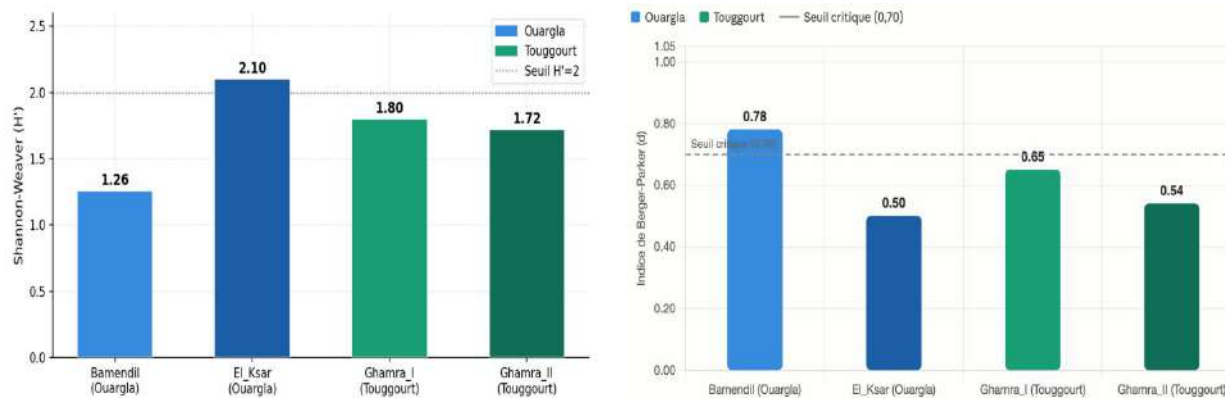


Figure 30 -Variation stationnelle de Shannon-Weaver et de Berger-Parker des opophages

2.3.2.3. - Variation mensuelle de diversité des opophages

La diversité est très faible en octobre ($H' = 0,7\text{bit}$) dans la région d'Ouargla (Fig. 31), ce qui suggère une dominance d'une ou quelques espèces d'opophages. Juste après un pic très marqué en novembre ($H' = 2,03$) indique une diversification soudaine de la communauté, probablement liée à des conditions écologiques favorables (température, humidité, disponibilité de ressources). Après ce pic, la diversité se stabilise autour de 1,3–1,6 bit, ce qui traduit une communauté modérément diversifiée avec une certaine stabilité relative. Dans la région de Touggourt, une période creuse est observée en décembre et janvier ($H' = 0$). La dynamique saisonnière révèle un pic automnal (octobre) et une quasi-disparition hivernale, cohérente avec les cycles biologiques des hémiptères en zone saharienne (BODENHEIMER, 1951).

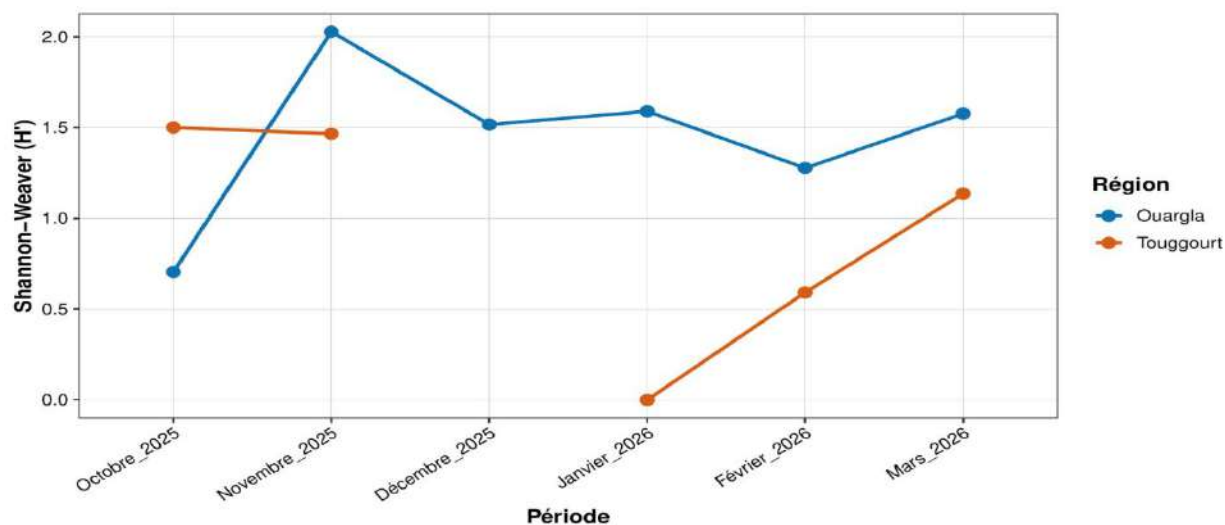


Figure 31 -Variation mensuelle de la diversité de Shannon-Weaver des opophages

2.3.2.4. - Variation stationnelle de l'équitabilité des opophages

La valeur de l'équitabilité à Bamendil ($E = 0,42$) reflète un peuplement déséquilibré (Fig. 32). Dans la station El_Ksar ($E = 0,75$) et Ghamra_II ($E = 0,67$) il y'a une répartition plus équitable. Selon Pielou (1966), une valeur $E < 0,5$ signale un peuplement fortement déséquilibré.

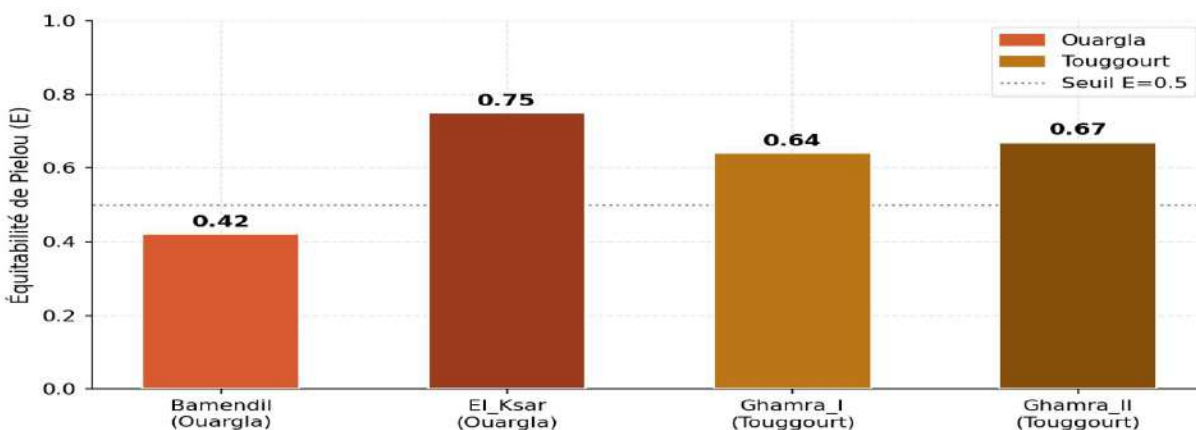


Figure 32 – Variation stationnelle de l'équitabilité des opophages

2.4. - Relation entre les espèces de Formicidae et des insectes opophages dans les palmeraies

d'Ouargla et de Touggourt

Dans cette partie sont détaillées les interactions entre les fourmis et les opophages échantillonnés dans les régions d'étude suite à l'utilisation de deux techniques de piégeage.

2.4.1. - Interaction des fourmis et des opophages selon les régions et les méthodes de piégeage

Il existe une asymétrie marquée entre les deux méthodes de piégeage dans leur efficacité respective à capturer les fourmis et les opophages (Fig.33). Le pot Barber s'avère nettement plus performant pour les fourmis, avec des effectifs totaux très supérieurs à ceux enregistrés au piège jaune dans les deux régions. Ceci est cohérent avec la biologie des Formicidae, insectes essentiellement épigés dont les ouvrières se déplacent principalement au sol lors de leurs activités de butinage et de recrutement (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

Les opophages présentent quant à eux un profil plus équilibré entre les deux méthodes, avec toutefois une dominance au pot Barber dans la région d'Ouargla, indiquant la présence d'espèces aptères ou à faible activité de vol. En milieu saharien, les opophages aptères (cochenilles, acarions tétranyques, psylles aptères) représentent souvent la majorité des espèces phytophages associées aux palmiers et aux plantes halophytes (IPERTI & FERRAN, 1971 ; BICHE et al., 2012).

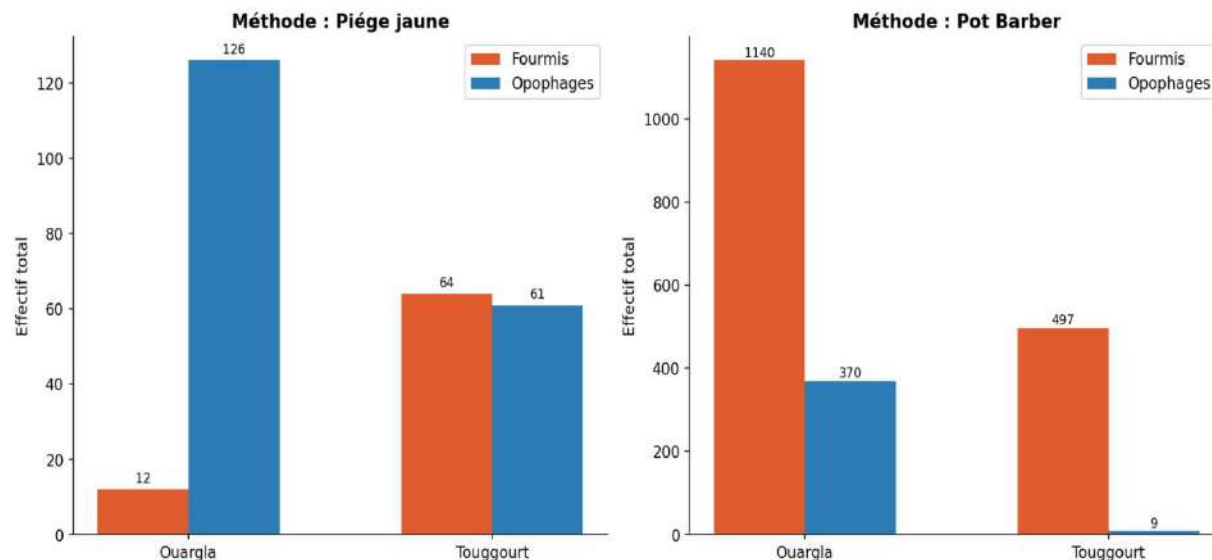


Figure 33 - Effectifs des Formicidae et des opophages par région et par méthode de piégeage

2.4.2. - Dynamique temporelle conjointe

La dynamique temporelle révèle des patterns saisonniers distincts pour les deux groupes taxonomiques (Fig. 34). Les fourmis montrent un pic d'activité notable en octobre 2025, suivi d'une dépression hivernale marquée en décembre–janvier, puis d'une reprise printanière en mars 2026. Ce patron bimodal est classiquement observé chez les fourmis sahariennes, dont l'activité de surface est thermiquement régulée : les températures hivernales sous le seuil de 10°C inhibent les déplacements des ouvrières (CERDA et al., 1998 ; WEHNER et al., 2004).

Les opophages présentent une dynamique différente, avec un pic dès octobre 2025, une décroissance progressive en hiver, et une remontée en février–mars 2026. Cette tendance correspond aux cycles biologiques des principaux opophages phénicoles : les populations de pucerons (notamment *Cerataphis brasiliensis* Hempel et *Rhopalosiphum* sp.) et de cochenilles (*Parlatoria blanchardi* Targioni-Tozzetti) connaissent généralement une explosion démographique en automne avant les forts froids, puis une reprise au début du printemps (IPERTI & FERRAN, 1971 ; BICHE et al., 2012 ; KHALFI et al., 2018).

Le croisement des deux courbes révèle une période de co-présence maximale en octobre–novembre, créant des conditions propices aux interactions trophobiontiques fourmis-opophages.

Cette synchronisation saisonnière est un prérequis fondamental à l'établissement de relations mutualistes durables documentées en zones arides méditerranéennes et sahariennes (STYRSKY & EUBANKS, 2007 ; DARROUZET et al., 2010).

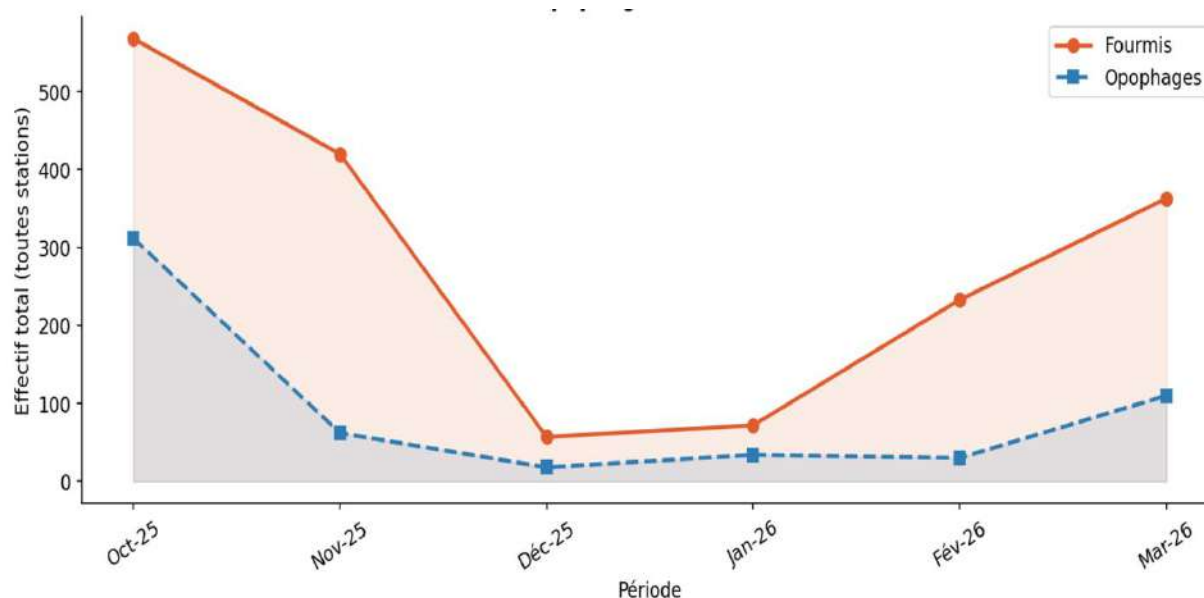


Figure 34 - Évolution mensuelle conjointe des fourmis et des opophages

2.4.3. - Fréquence d'occurrence par station

Les fourmis atteignent une fréquence d'occurrence supérieure à 50% dans l'ensemble des stations, les classant ainsi comme espèces "constantes" dans tous les milieux prospectés (Fig. 35). Cette omniprésence myrmécologique est caractéristique des écosystèmes sahariens algériens, où les Formicidae représentent le groupe d'insectes épigés le plus abondant et le plus régulier (CERDA et al., 1998 ; LEBAS et al., 2008).

Pour les opophages, la fréquence d'occurrence est plus variable et systématiquement inférieure à celle des fourmis. Bamendil se distingue avec la FO% d'opophages la plus élevée, dépassant le seuil de 25% (classe "régulière"), tandis que Ghamra I et Ghamra II se situent en dessous de 10% (classe "accidentelle"). Cette gradation entre stations est cohérente avec les données d'abondance et confirme que la présence régulière d'opophages n'est pas garantie en tout point du territoire saharien, mais dépend de la qualité et de la densité du couvert végétal.

Le différentiel de FO% entre fourmis (constantes) et opophages (de régulières à accidentelles) suggère que les fourmis sont présentes dans un plus grand nombre de microhabitats que les opophages. Les fourmis sahariennes, notamment du genre *Cataglyphis* Förster, sont connues pour leur capacité à coloniser des biotopes extrêmement pauvres en ressources, y compris des ergs presque dépourvus de végétation (WEHNER et al., 2004). Par contre les opophages, dépendants de plantes-hôtes spécifiques, ont nécessairement une distribution plus restreinte.

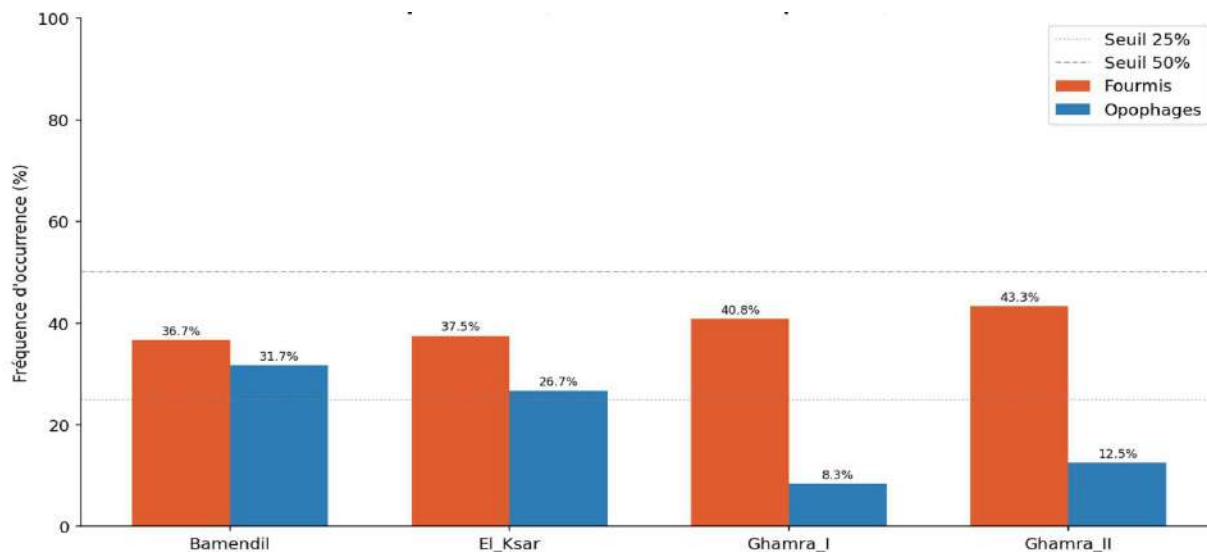


Figure 35 - Fréquence d'occurrence (FO%) des fourmis et des opophages selon les stations

2.4.4. - Cooccurrence fourmis-opophages selon les régions

À l'échelle régionale (Fig. 36), Ouargla présente une abondance totale nettement plus élevée d'opophages ($N_i = 520$ individus) que Touggourt ($N_i = 71$ individus), tandis que les fourmis restent abondantes dans les deux régions, avec 1152 individus à Ouargla et 561 à Touggourt. La fréquence de présence des fourmis est relativement proche entre les régions, avec 37,08 % à Ouargla et 42,08 % à Touggourt, alors que la fréquence des opophages est beaucoup plus élevée à Ouargla (28,33 %) qu'à Touggourt (11,67 %).

La cooccurrence fourmis-opophages atteint 14,17 % à Ouargla contre 6,67 % à Touggourt, indiquant que la structuration conjointe du couple fourmis-opophages est plus marquée dans les palmeraies d'Ouargla. Cette différence suggère une disponibilité plus importante de ressources associées aux opophages, une meilleure continuité microclimatique, ou une plus forte

concentration de producteurs potentiels de miellat dans les stations de Ouargla. La cooccurrence entre fourmis et opophages peut avoir plusieurs significations. Elle peut refléter une relation de trophobiose autour du miellat, une agrégation commune sur les mêmes microhabitats, une réponse parallèle aux conditions de la palmeraie, ou encore un effet de la méthode de piégeage. La littérature montre que les fourmis peuvent protéger des hémiptères contre leurs ennemis naturels, accroître leur survie et parfois amplifier leur impact phytosanitaire (BUCKLEY, 1987 ; STADLER et DIXON, 2005 ; STYRSKY et EUBANKS, 2007).

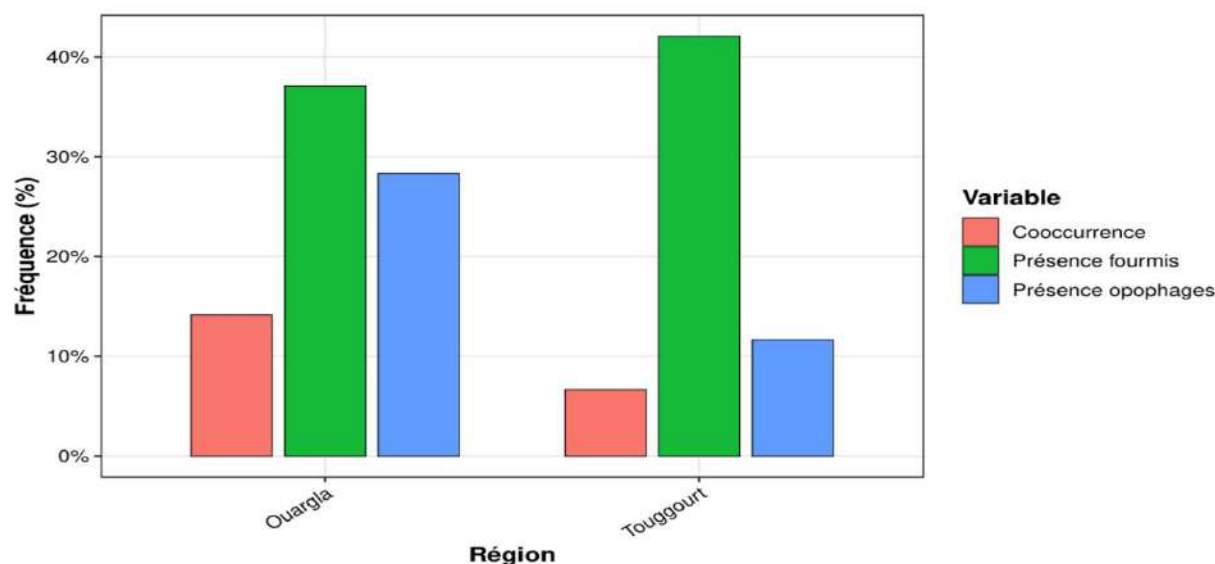


Figure 36 - Présence des fourmis, des opophages et de leur cooccurrence selon les régions

2.4.5. - Relation quantitative entre les abondances des fourmis et des opophages recensés

dans les deux régions d'étude

La relation entre les abondances des opophages et des fourmis montre une tendance globale positive, plus marquée à Ouargla qu'à Touggourt (Fig. 37). Cette corrélation positive est interprétable dans le cadre de la théorie du mutualisme conditionnel (BRONSTEIN, 1994 ; STYRSKY & EUBANKS, 2007). L'utilisation de l'échelle logarithmique a permis de représenter simultanément les relevés pauvres et les relevés très abondants, tout en réduisant l'influence visuelle des valeurs extrêmes. La dispersion importante des points indique cependant que la relation n'est pas simple : plusieurs relevés présentent beaucoup de fourmis avec peu ou pas

d'opophages, tandis que certains relevés montrent des opophages abondants sans abondance équivalente de fourmis. Cela soutient l'idée que les fourmis possèdent une écologie trophique large et ne dépendent pas exclusivement du miellat. Elles peuvent exploiter des proies, des graines, des cadavres, des ressources sucrées végétales ou des déchets organiques, ce qui correspond au caractère opportuniste et omnivore de nombreuses espèces de Formicidae en milieux arides et agroécosystèmes (HÖLLDOBLER et WILSON, 1990 ; LACH et al., 2010 ; CERDA et al., 2013).

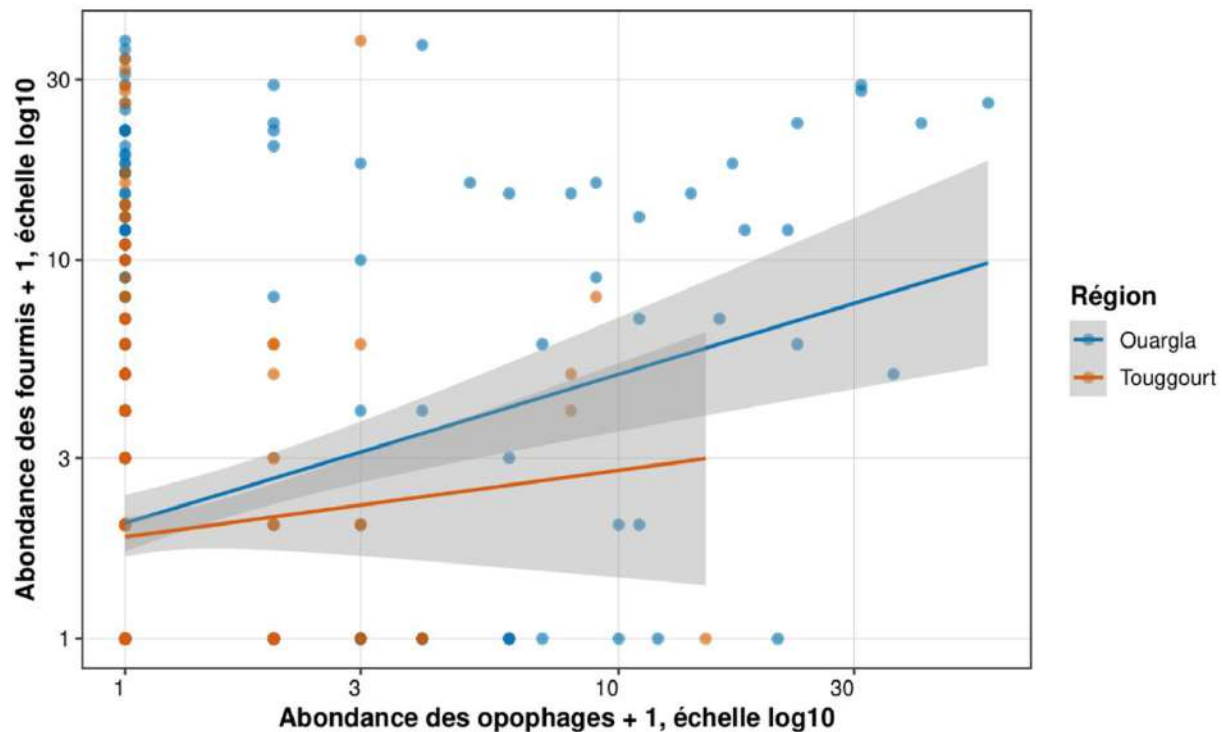


Figure 37- Relation quantitative entre les abondances des fourmis et des opophages

2.4.6. -Associations entre espèces de fourmis et groupes fonctionnels opophages

Les corrélations au niveau des groupes fonctionnels mettent en évidence un signal écologique particulièrement net autour des opophages xylémo-phloémophages (Fig. 38). *Tetramorium* sp. montre la plus forte association positive avec ce groupe ($\rho = 0,399$; p ajusté $< 0,001$), suivie par *Monomorium salomonis obscuratum* ($\rho = 0,318$; p ajusté $< 0,001$), *Pheidole pallidula* ($\rho = 0,240$; p ajusté $< 0,001$), *Cardiocondyla* sp. ($\rho = 0,194$; p ajusté $< 0,001$) et

Tetramorium sericeiventris ($\rho = 0,130$; p ajusté $< 0,05$). Cette concentration de relations significatives indique que la composante Cicadellidae / Delphacidae est probablement au cœur de la structuration statistique observée (NAULT, 1997 ; WEINTRAUB et BEANLAND, 2006).

Le groupe des hétéroptères présente également des associations positives avec *Tetramorium* sp. ($\rho = 0,372$; p ajusté $< 0,001$), *Lepisiota frauenfeldi*, *Plagiolepis* sp., *Camponotus thoracicus* et *Monomorium salomonis obscuratum*. Les Geocoridae et Lygaeidae peuvent présenter des régimes alimentaires variés selon les taxons : phytophagie, granivorie, prédation ou omnivorie (SCHAEFER et PANIZZI, 2000 ; SCHUH et WEIRAUCH, 2020). Leur association avec les fourmis peut donc traduire un partage de microhabitat, une activité au sol ou une réponse commune à la végétation basse, plutôt qu'une relation de miellat au sens strict (Lach et al., 2010).

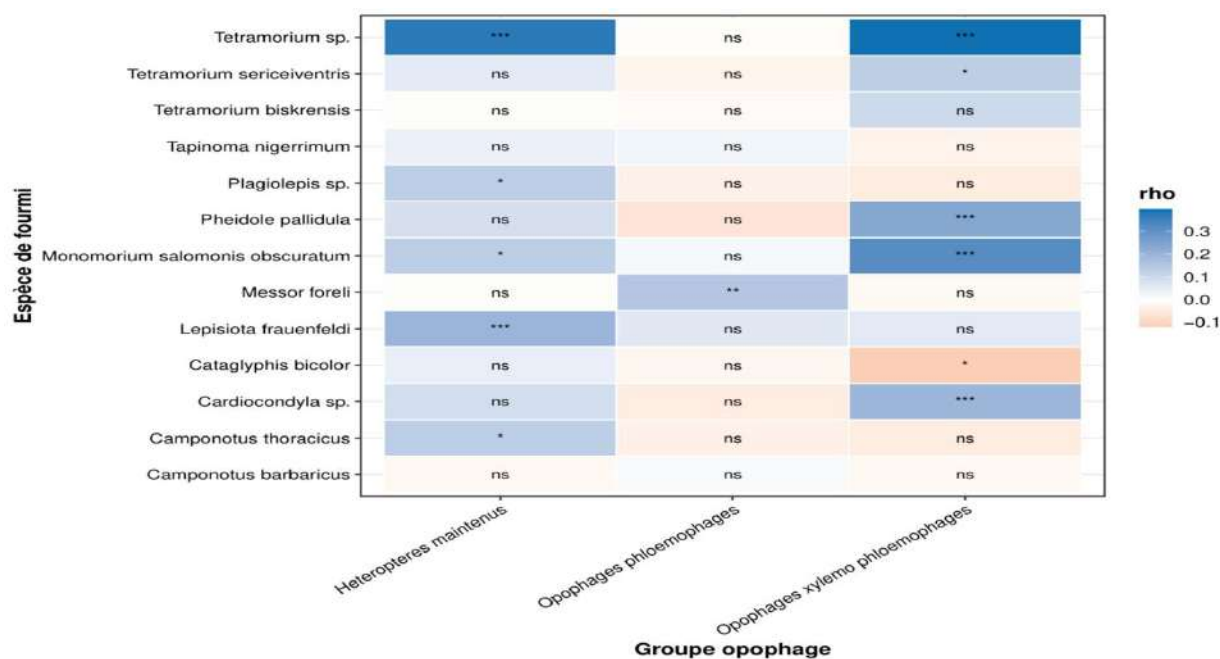


Figure 38 -Corrélations de Spearman entre espèces de fourmis et groupes opophages

2.4.7.-Associations fines entre espèces de fourmis et taxons opophages

Les associations fines confirment le rôle central de quelques taxons opophages (Fig. 39). *Zyginidia scutellaris* apparaît comme un taxon structurant, positivement corrélé à *Tetramorium* sp. ($\rho = 0,466$; p ajusté $< 0,001$), *Monomorium salomonis obscuratum* ($\rho = 0,326$; p ajusté $< 0,001$), *Pheidole pallidula* ($\rho = 0,258$; p ajusté $< 0,001$), *Cardiocondyla* sp. Et *Tetramorium*

sericeiventris. Cette répétition d'associations autour de *Zyginidia scutellaris* suggère que ce cicadellide pourrait constituer un indicateur de zones où les ressources associées aux opophages sont élevées. En protection des cultures, les Cicadellidae doivent être surveillés car plusieurs espèces peuvent être vectrices ou associées à des troubles physiologiques des plantes, même si l'importance phytosanitaire dépend toujours de l'espèce, de la plante-hôte et du contexte local (NAULT, 1997 ; WEINTRAUB et BEANLAND, 2006).

Par ailleurs, l'association négative significative entre *Cataglyphis bicolor* et *Zyginidia scutellaris* ($\rho = -0,125$; p ajusté $< 0,05$) est très particulière. *Cataglyphis* est souvent associé aux milieux ouverts, chauds et secs, avec une activité de recherche au sol très marquée. Une association négative avec un cicadellide abondant pourrait traduire un gradient de microhabitat : les zones favorables aux cicadelles, souvent plus végétalisées ou plus humides, ne seraient pas nécessairement les zones les plus favorables à *Cataglyphis* (CERDA et al., 2013).

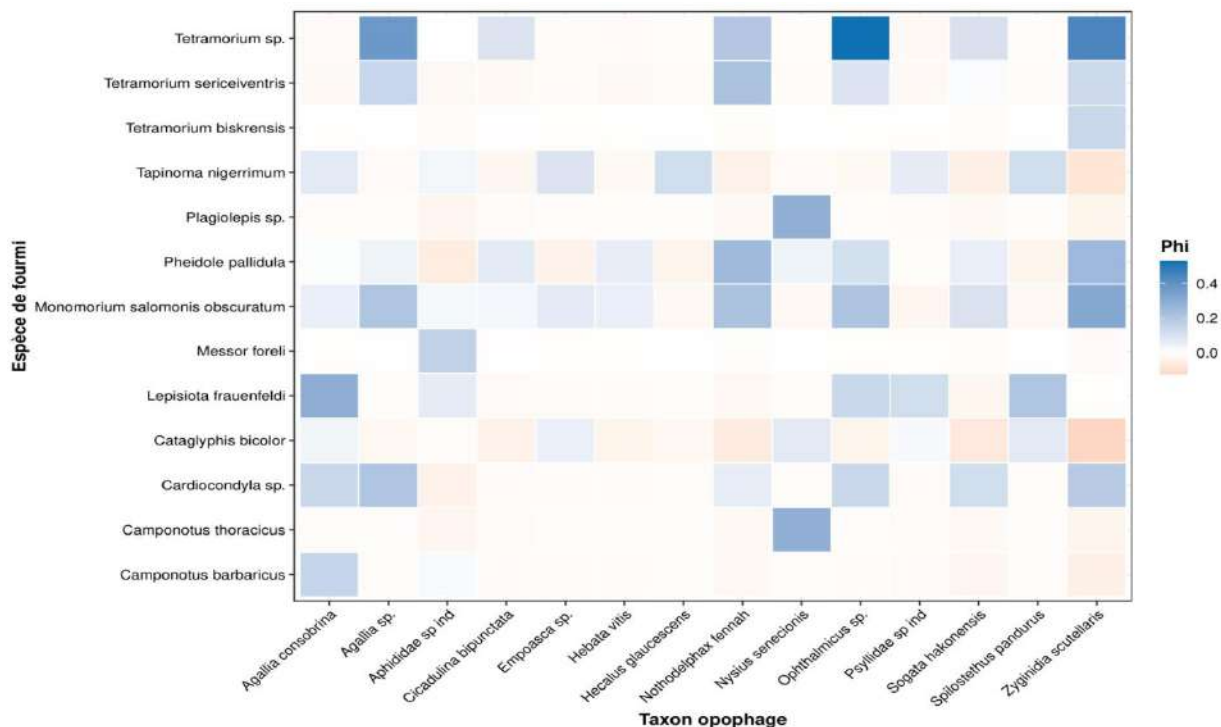


Figure 39 -Corrélations de Spearman entre espèces de fourmis et espèces opophages

2.4.8. -Réseau des associations des relations fourmis-opophages

La méthode du réseau consiste à transformer les relations de cooccurrence en un graphe biparti (Fig. 40). Le réseau obtenu présente un noyau d'interactions dominé par *Tetramorium* sp., *Monomorium salomonis obscuratum*, *Pheidole pallidula* et, dans une moindre mesure, *Tetramorium sericeiventris*, *Lepisiota frauenfeldi* et *Tapinoma nigerrimum*. Du côté opophage, *Zyginidia scutellaris*, *Nothodelphax fennah*, *Sogata hakonensis*, *Ophthalmicus* sp., et *Agallia consobrina* constituent les principaux nœuds associés. Ce résultat est écologiquement cohérent avec l'idée que les interactions autour du miellat ou des microhabitats de sève ne concernent pas l'ensemble des fourmis, mais une fraction de la myrmécofaune capable d'exploiter des ressources sucrées ou de fréquenter les mêmes strates végétales que les hémiptères (WAY, 1963 ; OFFENBERG, 2015).

Le lien le plus intense du réseau concerne *Tetramorium* sp. Et *Ophthalmicus* sp. ($\Phi = 0,529$), mais il repose sur quatre cooccurrences seulement. Son intensité élevée indique une synchronie très forte lorsque ces taxons sont présents, mais sa portée écologique doit être interprétée avec prudence en raison de la faible fréquence d'*Ophthalmicus* sp. Le second lien majeur, *Tetramorium* sp. – *Zyginidia scutellaris* ($\Phi = 0,443$; 12 cooccurrences), est plus robuste car il combine un Φ élevé et un nombre de cooccurrences plus important. Ce lien suggère que *Tetramorium* sp. pourrait être un taxon sentinelle des zones riches en cicadellides dans les palmeraies (BUCKLEY, 1987 ; STYRSKY et EUBANKS, 2007).

Pheidole pallidula est fortement abondante dans les données de Formicidae et elle est connectée à *Zyginidia scutellaris* ($\Phi = 0,252$; 26 cooccurrences) et *Nothodelphax fennah* ($\Phi = 0,243$; 11 cooccurrences). Chez *Pheidole*, la forte capacité de recrutement et l'exploitation rapide des ressources peuvent favoriser une présence régulière dans les zones où les opophages et le miellat sont disponibles. Cette espèce pourrait donc agir comme amplificateur potentiel des foyers d'hémiptères si elle réduit la pression des ennemis naturels, hypothèse déjà décrite dans plusieurs systèmes fourmis-hémiptères (STADLER et DIXON, 2005 ; STYRSKY et EUBANKS, 2007).

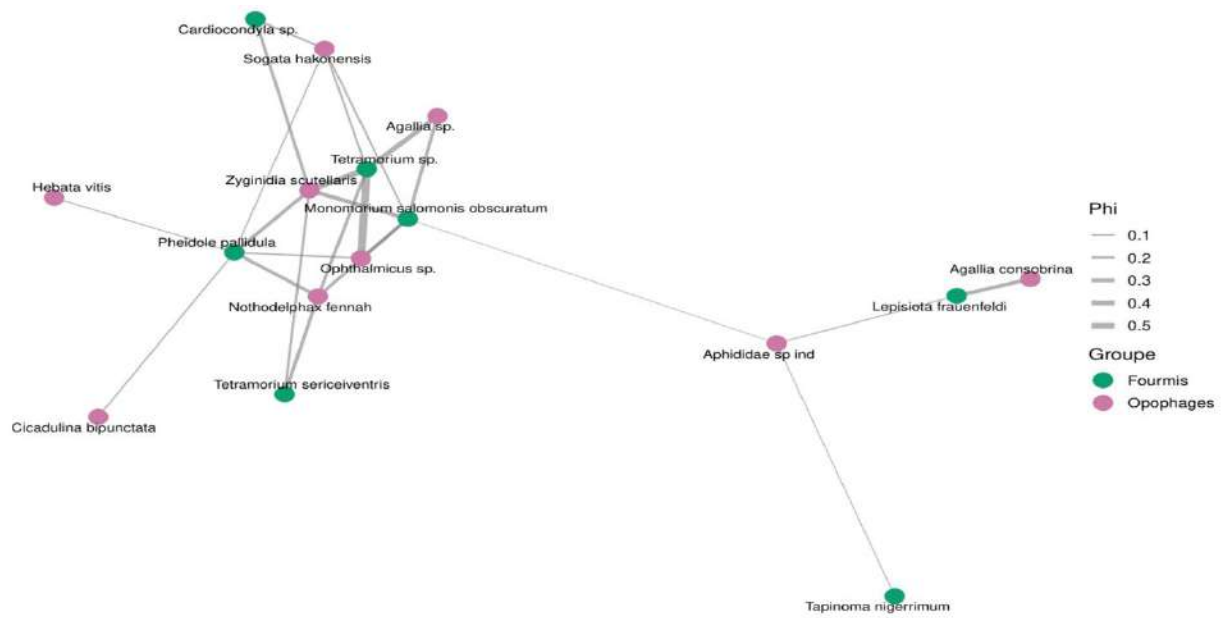


Figure 40 -Réseau des associations positives retenues pour le couple fourmis-opophages

Conclusion

Conclusion

Conclusion

L'étude de l'importance des Formicidae et des opophages au sein de l'arthropodofaune recensée dans des agro-système saharien, et la caractérisation des relations fourmis / opophages, au niveau de deux régions, Ouargla (El ksar, Bamendil) et Touggourt (Ghamra1, Ghamra2), qui s'est étalée d'octobre 2025 jusqu'à mars 2026, grâce à l'utilisation des pots Barber et piège jaune, nous a permis de faire les constatations suivantes:

L'exploitation des indices écologiques montre que les palmeraies d'Ouargla et de Touggourt présentent des assemblages d'arthropodes contrastés. Ouargla se caractérise par une abondance élevée et une forte dominance des Formicidae et Cicadellidae, ce qui réduit l'équitabilité globale. Touggourt présente une richesse totale et une diversité plus élevées, indiquant un peuplement plus équilibré malgré une abondance relativement faible. Les méthodes de piégeage sont complémentaires : les pots Barber révèlent la dominance de la faune épigée, surtout les fourmis, tandis que les pièges jaunes décrivent mieux le compartiment aérien et les phytophages volants comme les Cicadellidae.

Les communautés de Formicidae des palmeraies d'Ouargla sont caractérisées par une forte dominance de *Pheidole pallidula*, ce qui réduit la diversité et l'équitabilité, alors que celles de Touggourt présente une abondance plus faible, mais une richesse spécifique plus élevée, une meilleure équitabilité et une dominance partagée entre plusieurs espèces. Ces résultats soulignent l'intérêt des Formicidae comme bio-indicateurs de la structure écologique des palmeraies, mais aussi comme acteurs potentiels des interactions avec les insectes opophages.

L'analyse des opophages dans les palmeraies d'Ouargla et Touggourt met en évidence deux profils écologiques. Ouargla présente une abondance très élevée, largement dominée par *Zyginidia scutellaris* et par les groupes xylémo-phloémophages, indiquant un foyer d'activité intense mais peu équitable. Alors que Touggourt présente un peuplement plus faible numériquement, plus équilibré, avec une importance relative plus marquée des Aphididae phloémophages. Ces résultats montrent que la pression des opophages dans les palmeraies

Conclusion

dépend de plusieurs acteurs, notamment, le taxon dominant, le groupe fonctionnel, la méthode de capture, de la station et de la période d'échantillonnage.

L'étude des relations entre les fourmis et les opophages montre que les fourmis ne sont pas seulement abondantes dans les palmeraies, mais certaines espèces sont statistiquement associées à des groupes opophages, notamment les cicadellides et delphacides. La relation est cependant partielle, spécifique et fortement modulée par la région, la station, la méthode de capture et la période.

La richesse en espèces de fourmis est le facteur le plus fortement lié à la présence et à l'abondance des opophages dans les modèles des niches écologiques, ce qui suggère que la diversité fonctionnelle de la myrmécofaune est plus informative que l'abondance totale. Le réseau d'association identifie plusieurs couples prioritaires pour la surveillance et l'observation comportementale, en particulier *Tetramorium* sp. – *Zyginidia scutellaris*, *Monomorium salomonis obscuratum* – *Zyginidia scutellaris* et *Pheidole pallidula* – *Zyginidia scutellaris* / *Nothodelphax fennah*.

Dans une perspective de protection intégrée des palmeraies, ces résultats justifient un suivi conjoint des fourmis, des opophages, des plantes-hôtes et des ennemis naturels. Ils fournissent une base solide pour tester l'hypothèse selon laquelle certaines fourmis structurent localement les interactions trophiques autour du miellat et peuvent, selon le contexte, contribuer à la persistance et à la propagation des foyers d'insectes piqueurs-suceurs.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. A.B.H.S., 2005 – *Colloque international sur les ressources en eau dans le Sahara*. Ed. Agen. Bass Hydr. Saha., (A.B.H.S.), 194p.
2. A.N.R.H. 2009 - Agence national des ressources hydriques de la wilaya de Touggourt.
3. A.N.R.H. 2017-Agence national des ressources hydriques de la wilaya de Touggourt.
4. ABBA N., 2014 – Étude de la répartition spatio-temporelle des fourmis dans une région saharienne (Cas d'Ouargla). Mém. Ing. Agro., Univ. Kasdi Merbah. Ouargla, 131 p. 3.
5. ACHBI A. et CHAFOU K., 2015 – Contribution à la connaissance de la faune Myrmécochorique d'un agro-système céréalier dans la région d'Ouargla: cas du périmètre E.R.I.A.D. Mém. Ing. Agro., Univ. Kasdi Merbah. Ouargla, 104 p.
6. ADDI B. et NOUHA M., 2014 – Myrmécochorie de quelques milieux cultivés Hassi Ben Abdellah(Ouargla). Mém. Ing. Agro., Univ. Kasdi Merbah., Ouargla, 54 p.
7. AGOSTI, D., MAJER, J. D., ALONSO, L. E., & SCHULTZ, T. R. (2000) - *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press.
8. AGRESTI, A. (2013)- *Categorical Data Analysis*. 3rd ed. Wiley.
9. AIT SAID K., 2005 - Fourmis et Aphide sur cultures sous serres à l'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles (I.T.C.M.I.) de Staouéli : Capturé à l'aide de deux techniques de piégeage. Mém. Ing., Inst. Nati. Agro.El Harrach, 85p
10. ALTIERI, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems&Environment*, 74, 19-31.
11. AMARA Y., 2010 - Bioécologie des Formicidae dans la région de Laghouat. Mém. Ing., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 140p.
12. ANDERSEN, A. N. (1995).- A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. *Journal of Biogeography*, 22, 229-241.
13. ANDERSEN, A. N. (1997) -. Functional groups and patterns of organization in North American ant communities: a comparison with Australia. *Journal of Biogeography*, 24, 433-460.
14. ARITA, H. T. (2016). - Speciesco-occurrenceanalysis: pairwise versus matrix-level approaches. *Global Ecology and Biogeography*, 25(11), 1397-1400.

15. BACKUS, E. A., SERRANO, M. S., & RANGER, C. M. (2005). Mechanisms of hopperburn: an overview of insect taxonomy, behavior, and physiology. *Annual Review of Entomology*, 50, 125-151.
16. BARECH G. et DOUMANDJI S., 2002 – Clef pédagogique de détermination des fourmis (Hymenoptera, Formicidae). *Inst. Nat. Agro., El Harrach., Vol .3*, 22p.
17. BASCOMPTE, J., & JORDANO, P. (2007).- Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 38, 567-593.
18. BEATTIE, A. J., & HUGHES, L. (2002) -. Ant-plant interactions. In C. M. Herrera & O. Pellmyr (Eds.), *Plant-Animal Interactions: An Evolutionary Approach* pp. 211–235.
19. BEGON, M., TOWNSEND, C. R., & HARPER, J. L. (2006). - *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. Blackwell Publishing.
20. BELKADI M A., (1990) - Biologie de la fourmi des jardins *Tapinoma simrothi* Krausse (Hymenoptera, Formicidae) dans la région de Tizi ousou. Thèse Magister, Univ. Tzi ousou, 127p.
21. BEN ABDELLAH ; (2014)- Inventaire et quelques aspects bioécologiques des fourmis associées aux cultures dans la région d’Ouargla (Cas de Bamendil) 128p
22. BENJAMINI, Y., & HOCHBERG, Y. (1995).- Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, 57, 289-300.
23. BENKHELIL M. L., (1991) – Les techniques de récoltes et de piégeages utilisées en entomologie terrestre. Ed. Off. Pub. Univ., Alger, 68 p.
24. BENKHELIL M.L.,(1992) – Les techniques de récolte et de piégeage utilisées en entomologie terrestre. Ed. Office. Pub. Univ., Alger, 60 p
25. BERGER, W. H., & PARKER, F. L. (1970).- Diversity of planktonic Foraminifera in deep-sea sediments. *Science*, 168, 1345-1347.
26. BERNARD F., (1972) - Premiers résultats de dénombrement de la faune par Carres en Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, T.63., Fasc. (1,2): 3-13.
27. BERNARD F.,(1954) – Fourmis moissonneuses nouvelles ou peu connus des montagnes d’Algérie et révision des Messor du groupe structor (Latr.). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* :p 354 – 365. 18.

28. BERNARD F.,(1968) – Les fourmis (Hymenoptera, Formicidae) d'Europe occidentale et septentrionale. Ed. Masson et Cie, Paris, 3, Coll « faune d'Europe et du bassin méditerranéen », 441p.
29. BESTELMEYER, B. T., AGOSTI, D., ALONSO, L. E., BRANDAO, C. R. F., BROWN, W. L., DELABIE, J. H. C., & SILVESTRE, R. (2000) -. Field techniques for the study of ground-dwelling ants. In D. Agosti et al. (Eds.), *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press.
30. BLACKMAN, R. L., &EASTOP, V. F. (2000) -. *Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide*. John Wiley & Sons.
31. BLONDELJ., (1979) - *Biogéographie et écologie*. Ed. Masson, Paris, 173p.
32. BLUMBERG, D. (2008).- *Date palm arthropod pests and their management in Israel*. *Phytoparasitica*, 36, 411-448.
33. BLÜTHGEN, N., VERHAAGH, M., GOITÍA, W., JAFFÉ, K., MORAWETZ, W., & BARTHOLOTT, W. (2000)-. How plants shape the ant community in the Amazonian rainforest canopy: the key role of extrafloral nectaries and homopteran honeydew. *Oecologia*, 125, 229-240.
34. BOLTON, B. (1994).- *Identification guide to the ant genera of the world*. Harvard University Press.
35. BOLTON, B., (1994) - *Identification guide to the ant genera of the world*. Harvard University Press. Cambridge. MA. 222 pp.
36. BOUAMMAR, B. et BEKHTI, B. (2008).- *Le développement de l'économie agricole oasienne : entre la réhabilitation des anciennes oasis et l'aménagement des nouvelles palmeraies*. *Revue El-Bahith*, n° 6, pp. 19-24. Université Kasdi Merbah Ouargla.
37. BOUHAFS S., (2013) - *Utilisation de quelques méthodes d'échantillonnages pour l'étude bioécologique des fourmis dans une région saharienne (Cas de Djamâa)*. Mémoire Ing. Agr., Univ. Ouargla, 104p
38. BOUZEKRI M. A., (2008) – *Bioécologie des quelques fourmis et leur relation avec les plantes dans trois stations de la région de Djelfa*. Mémoire Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 74p.

39. BOUZEKRI M. A., (2011) – Bioécologie des Formicidae dans la région de Djelfa
Nidification et relation avec les plantes. Thèse Magister, Ecol. nati. Supr. Agro., Alger, 100p.
28.
40. BUCKLEY, R. C. (1987).- Interactions involving plants, Homoptera, and ants. Annual
Review of Ecology and Systematics, 18, 111-135.
41. CAGNIANT H., (1968) – liste préliminaire de fourmis forestières d'Algérie, résultats
obtenus de 1968 à 1966. Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse, 104 (1-2) :p 138-146
42. CAGNIANT H., (1969) - Note sur deux *Aphaenogaster* rares d'Algérie (Hyménoptères,
Formicidae, Myrmicinae). Insectes Sociaux, 16: 103-114.
43. CAGNIANT H., (1973) - *Les peuplements de fourmis des forêts algériennes. Ecologie
biocénotique, essai biologique*. Thèse Doctorat. Es- Sci., Univ. Paul Sabatieu, Toulouse,
464p.
44. CAGNIANT H., (1996) – Les *Aphaenogaster* du Maroc (Hymenoptera : Formicidae), Clef
et Catalogue des espèces. Ann. Soc. Entomol. France, 32 (1) : 67 – 85.
45. CARPENTER, J. B., & ELMER, H. S. (1978). - Pests and Diseases of the Date Palm. USDA
Agriculture Handbook No. 527.
46. CERDÁ, X., ARNAN, X., & RETANA, J. (2013).- Is competition a significant hallmark of
ant ecology? Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 44, 559-580.
47. CERDÁ, X., ARNAN, X., & RETANA, J. (2013).- Is competition a significant hallmark of
ant ecology? Myrmecological News, 18, 131-147.
48. CHEMALA A., (2009) – Bioécologie des Formicidae dans trois stations de la région de
Djamaa (El-Oued). Mémoire Ing. Agro., Ecol. Nati. Sup. agro. El Harrach, 74p.
49. CHEMALA A., (2013)- Bioécologie des Formicidae dans trois zones d'étude au Sahara
septentrional Est algérien (Ouargla, El-oued et Djamaa). Mém. Master. Agro., Univ. KASDI
- MERBAH. Ouargla, 115p.
50. D.S.A., (2014) – Direction des services agricole.
51. DAJOZ R., (1982)- Précis d'écologie. Ed. Bordas, Paris, 503p.
52. DAJOZ R.,(1971) – *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
53. DAJOZ, R. (2006).- Précis d'écologie. Dunod.
54. DAVIDSON, D. W. (1997).- The role of resource imbalances in the evolutionary ecology of
tropical arboreal ants. Biological Journal of the Linnean Society, 61, 153-181.

55. DEHINA N., (2004) – Bioécologie des fourmis dans trois types de cultures dans la région de Houraoua. Mémoire ingénieur. Inst. Nat. Agro., El Harrach, 137p.
56. DEHINA N.,(2009) – Systématiques et essaimage de quelques espèces de Fourmis (Hymenoptera, Formicidae) dans deux régions de l'Algérois. Mémo. Magister Sci. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrech, 72p.
57. DEL TORO, I., RIBBONS, R. R., & PELINI, S. L. (2012).- The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices. *Myrmecological News*, 17, 133-146.
58. DELABIE, J. H. C. (2001).- Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera. *Neotropical Entomology*, 30, 501-516.
59. DIETRICH, C. H. (2005).- Keys to the families of Cicadomorpha and subfamilies and tribes of Cicadellidae. *Florida Entomologist*, 88, 502-517.
60. DIXON, A. F. G. (1998).- *Aphid Ecology*. Chapman & Hall.
61. DJIOUA O., (2011) - Inventaire des Fourmicidae dans quelques milieux forestiers et agricoles de la Wilaya de Tizi-ouzou. Thèse magister Ecol. Uni. Tizi-ouzou, 113p
62. DORMANN, C. F., FRÜND, J., BLÜTHGEN, N., & GRUBER, B. (2009).- Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. *Open Ecology Journal*, 2, 7-24.
63. DREUX P., (1980)– *Précis d'écologie*. Ed. Presses universitaires de France, Paris, 231 p.
64. DUBOST D., (1991) – *Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes*. Thèse Doctorat, Univ. Tours, 545p.
65. DUBOST D., (2002) - *ecologie aménagement et développement agricole des oasis algériennes*. These Doctorat, Univ. Géograp. Monde arabe, France, 423p.
66. DUTIL P.,(1971) - *Contribution à l'étude des sols et des paléosols de Sahara*. Thèse doc. D'état.
67. EL-SHAFIE, H. A. F. (2012).- Review: list of arthropod pests and their natural enemies identified worldwide on date palm, *Phoenix dactylifera* L. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 3, 516-524.
68. EL-SHAFIE, H. A. F. (2014).- List of arthropod pests and their natural enemies identified worldwide on date palm, *Phoenix dactylifera* L. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 5, 54-59.
69. ENCARTA, 2008 – Carte géographique de l'Algerie. Ed. Encarta, 1 p.

70. FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX J., HEMPTINNE J-L., (2012) - Ecologie. 6e Ed. TEC-DOC, Paris. 488p
71. GOTELLI, N. J., & ELLISON, A. M. (2013).- A Primer of Ecological Statistics. 2nd ed. Sinauer Associates.
72. GREENSLADE P.J.M., (1973) - Sampling ants with pitfall traps: digging-in effects. *Insectes Sociaux*, 20: 343-353.
73. GRIFFITH, D. M., VEECH, J. A., & MARSH, C. J. (2016).- Probabilistic species co-occurrence analysis in R. *Journal of Statistical Software*, 69, 1-17.
74. GULLAN, P. J., & CRANSTON, P. S. (2014).- The Insects: An Outline of Entomology. Wiley-Blackwell.
75. GULLAN, P. J., & MARTIN, J. H. (2009).- Sternorrhyncha: aphids, whiteflies, scale insects, and psyllids. In Resh, V. H., & Cardé, R. T. (eds.), *Encyclopedia of Insects*. Academic Press.
76. GURR, G. M., WRATTEN, S. D., LANDIS, D. A., & YOU, M. (2017).- Habitat management to suppress pest populations: progress and prospects. *Annual Review of Entomology*, 62, 91-109.
77. HALILAT M.T., (1993) - *Etude de la fertilisation azotée et potassique sur le blé dur (variété al dura) en zone saharienne (région d'Ouargla)*. Thèse magistère INFS d'agronomie, Batna, 132p
78. HAMDY AÏSSA B., (2001) – *Le fonctionnement actuel et passé des sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique, miniologique et organisation spatiale*. Thèse Doctorat, Inst. nati. agro., Grignon, 310 p.
79. HENRY, T. J. (2009).- Biodiversity of Heteroptera. In R. G. Foottit & P. H. Adler (Eds.), *Insect Biodiversity: Science and Society*. Wiley-Blackwell.
80. HILBE, J. M. (2011).- Negative Binomial Regression. 2nd ed. Cambridge University Press.
81. HILL, M. O. (1973).- Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54, 427-432.
82. HOGENHOUT, S. A., OSHIMA, K., AMMAR, E. D., KAKIZAWA, S., KINGDOM, H. N., & NAMBA, S. (2008).- Phytoplasmas: bacteria that manipulate plants and insects. *Molecular Plant Pathology*, 9, 403-423.
83. HOLLOBLER, B., WILSON, E. O., (1990).- *The ants*. Harvard University Press. Cambridge. MA. 732 pp.

84. HOWARD, F. W., MOORE, D., GIBLIN-DAVIS, R. M., & ABAD, R. G. (2001) -. Insects on Palms. CABI Publishing.
85. IDDER M. T., (2004)- *Contribution à l'étude des principaux facteurs de dégradation de l'oasis de Ksar de Ouargla*. Mém. Ing., Université Kasdi Merbah, Ouargla, 79 p.
86. IDDER, T., IDDER, A., TANKARI DAN-BADJO, A., BENZIDA, A., MERABET, S., NEGAIS, H. et SERRAYE, A. (2014).- *Les oasis du Sahara algérien, entre excédents hydriques et salinité : l'exemple de l'oasis de Ouargla*. Revue des Sciences de l'Eau / Journal of Water Science, 27(2), pp. 155-164.
87. JOLIVET P., (1986) – Les fourmis et les plantes. Un exemple de coévolution. Ed. Boubée, Paris, 254p.
88. KALLIO, ALEKSI, PUOLAMÄKI, KAI, FORTELIUS, MIKAEL, and MANNILA, HEIKKI, (2011).- Correlations and co-occurrences of taxa: the role of temporal, geographic, and taxonomic restrictions. *Palaeontologia Electronica* Vol. 14, Issue 1; 4A:14p;
89. KHADRAOUIA.,(2005) - Sols et hydraulique agricole dans les Oasis Algériennes. Ed. Dépôt légal, 310p.
90. KREBS, C. J. (1999).- Ecological Methodology. Benjamin Cummings.
91. LACH, L., PARR, C. L., & ABBOTT, K. L. (2010).- Ant Ecology. Oxford University Press.
92. LAKHDARI, F. 1980. Influence de l'Irrigation goutte à goutte et par rigole sur l'évolution de la salinité dans le sol, le rendement et la qualité des dattes « Deglet-Nour ». Mémoire d'ing. agr., Inst. nat. agro. , El-Harrach, 63 p.
93. LANDIS, D. A., WRATTEN, S. D., & GURR, G. M. (2000).- Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45, 175-201.
94. LEATHER, S. R. (2005).- Insect Sampling in Forest Ecosystems. Blackwell Publishing.
95. LEGENDRE, P., & LEGENDRE, L. (2012).- Numerical Ecology. 3rd English ed. Elsevier.
96. MAGGURAN A. E., (2004) - Measuring ecological diversity. Ed. Blackwell science ltd. UK, 256 p.
97. MAGURRAN, A. E. (2004).- Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing.
98. MAIRE R., (1987) – Flore de l'Afrique du Nord. Ed. Le chevalier, Paris, Vol, XVI. 302 p
99. MAJER, J. D. (1983).- Ants: bio-indicators of mine site rehabilitation, land-use, and land conservation. *Environmental Management*, 7, 375-383.

100. MCCULLAGH, P., & NELDER, J. A. (1989).- Generalized Linear Models. 2nd ed. Chapman & Hall.
101. NAULT, L. R. (1997).- Arthropod transmission of plant viruses: a new synthesis. *Annals of the Entomological Society of America*, 90, 521-541.
102. NAULT, L. R., & AMMAR, E. D. (1989).- Leafhopper and planthopper transmission of plant viruses. *Annual Review of Entomology*, 34, 503-529.
103. NELSON, A. S., & MOONEY, K. A. (2022).- The Evolution and Ecology of Interactions Between Ants and Honeydew-Producing Hemipteran Insects. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 53, 379–402.
104. NEWMAN, M. E. J. (2010).- Networks: An Introduction. Oxford University Press.
105. ODUM, E. P. (1971).- Fundamentals of Ecology. W. B. Saunders.
106. OFFENBERG, J. (2015).- Ants as tools in sustainable agriculture. *Journal of Applied Ecology*, 52, 1197-1205.
107. OZENDA P., (1983) - Flore du Sahara Ed. centre nat. rech. sci. (C.N.R.S.) Paris, 622 P
108. PABLO S., (2004) – Inventaire myrmyécologiques de la réserve naturel trésor. *Rapport de mission*. 17p.
109. PASSAGER ., (1957) - *Ouargla (Sahara Constantinois). Etude historique, géographique et médicale*. Arch. Inst. Pasteur d’Alger, 35 (2): 99-200.
110. PHILPOTT, S. M., & ARMBRECHT, I. (2006).- Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology*, 31, 369-377.
111. PIELOU, E. C. (1966).- The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131-144.
112. QUEZEL P. et SANTA S., (1963) –Nouvelle flore de l’Afrique et des régions désertiques méridionales. Ed. Masson, Paris, 296 p
113. RAMADE F., (1984) – Eléments d’écologie - Ecologie fondamentale. Ed. McGraw Hill, Paris, 397 p.
114. RAMADE F., (2003) - Eléments d’écologie- écologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 689 p.

115. RETANA, J., & CERDÁ, X. (2000).- Patterns of diversity and composition of Mediterranean ground ant communities tracking spatial and temporal variability in the thermal environment. *Oecologia*, 123, 436-444.
116. Revue de pathologie végétale et d'entomologie agricole. de France, 42 : 177- 197.
117. ROTH, M. and LE BERRE, R., (1963).- Comparaison des méthodes de capture en écologie entomologique.
118. ROUVILLOIS-BRIGOL, (1975) – *Le pays de Ouargla (Sahara algérienne) variation et organisation*. Ed. Pub. Univ. Sorbonne, Paris, 361p.
119. SCHAEFER, C. W., & PANIZZI, A. R. (eds.). (2000).- Heteroptera of Economic Importance. CRC Press.
120. SCHUH, R. T., & SLATER, J. A. (1995).- True Bugs of the World (Hemiptera: Heteroptera): Classification and Natural History. Cornell University Press.
121. SCHUH, R. T., & WEIRAUCH, C. (2020).- True Bugs of the World (Hemiptera: Heteroptera): Classification and Natural History. 2nd ed. Siri Scientific Press.
122. SEL; 2010- Inventaire entomologique du territoire de "La Rabouillère" Augères, 23 (2010).société entomologique du limousi n(SEL)
123. SHANNON, C. E. (1948).- A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, 27, 379-423 and 623-656.
124. SHANNON, C. E., & WEAVER, W. (1949).- The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press.
125. SIEFERT, A., & LAUGHLIN, D. C. (2024).- You shall know a species by the company it keeps: Leveraging co-occurrence data to improve ecological prediction. *Journal of Vegetation Science*, e13314.
126. SIMPSON, E. H. (1949).- Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688.
127. SOUTHWOOD, T. R. E., & HENDERSON, P. A. (2000).- Ecological Methods. 3rd ed. Blackwell Science.
128. STADLER, B., & DIXON, A. F. G. (2005).- Ecology and evolution of aphid-ant interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36, 345-372.
129. STYRSKY, J. D., & EUBANKS, M. D. (2007).- Ecological consequences of interactions between ants and honeydew-producing insects. *Proceedings of the Royal Society B*, 274, 151-164.

130. TAYLOR, L. R. (1961).- Aggregation, variance and the mean. *Nature*, 189, 732-735.
131. UNDERWOOD, E. C., & FISHER, B. L. (2006).- The role of ants in conservation monitoring: if, when, and how. *Biological Conservation*, 132, 166-182.
132. VAN EMDEN, H. F., & HARRINGTON, R. (2007).- *Aphids as Crop Pests*. CABI.
133. VEECH, J. A. (2013).- A probabilistic model for analyzing species co-occurrence. *Global Ecology and Biogeography*, 22(2), 252-260.
134. VILIERA A., (1977)- *L'entomologiste amateur*. Ed. Lechevalier, S.A.R.L., Paris, 248p.
135. WAY, M. J. (1963).- Mutualism between ants and honeydew-producing Homoptera. *Annual Review of Entomology*, 8, 307-344.
136. WEINTRAUB, P. G., & BEANLAND, L. (2006).- Insect vectors of phytoplasmas. *Annual Review of Entomology*, 51, 91-111.
137. WILSON, E. O. (2003).- *Pheidole in the New World: a dominant, hyperdiverse ant genus*. Harvard University Press.
138. WILSON, E. O., & HÖLLDOBLER, B. (2005).- The rise of the ants: a phylogenetic and ecological explanation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102, 7411-7414.
139. WILSON, M. R., & WEINTRAUB, P. G. (2007).- An introduction to Auchenorrhyncha phytoplasma vectors. *Bulletin of Insectology*, 60, 177-178.
140. YVES GILLON (1967) - office de la recherche scientifique et technique outre-mer Centre d'auïopodoumé (côte d'ivoire) Laboratoire d'entomologie Principes et methodes d'echantillonnage des populations Naturelles terrestres ~n ecologie entomologique.

Annexes

Annexe 1

Le tableau ci-dessous présente la liste floristique des deux stations dans la région de Touggourt.

Tableau 3 - Inventaire floristique des espèces végétales spontanées recensées dans la région de
Touggourt

Familles	Espèces	Ghamra 1	Ghamra 2
Poaceae	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	+	—
	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin.	+	+
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	+	+
	<i>Pholurus incurvus</i> (L.) Schinz & Thell.	—	+
	<i>Polypogon monspeliensis</i> (L.) Desf.	—	+
Asteraceae	<i>Symphyotrichum squamatum</i> (Spreng.)	—	+
	<i>Sonchus maritimus</i> L.	+	+
Apiaceae	<i>Daucus carota</i> L.	+	+
	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	+	+
Fabaceae	<i>Melilotus infestus</i> Guss.	+	+
	<i>Medicago sativa</i> L.	+	+
Amaranthaceae	<i>Suaeda fruticosa</i> (L.) Forssk.	+	+
	<i>Beta vulgaris</i> L.	+	+
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	+	—
	<i>Cressa cretica</i> L.	+	+
Apocynaceae	<i>Cynanchum acutum</i> L.	+	+
Malvaceae	<i>Gossypium arboreum</i> L.	+	—

Familles	Espèces	Ghamra 1	Ghamra 2
Plumbaginaceae	<i>Limonium delicatulum</i> (Girard) Kuntze	–	+
Primulaceae	<i>Samolus valerandi</i> L.	–	+
Caryophyllaceae	<i>Spergularia marina</i> (L.) Besser	+	–
Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i> L.	+	–

+ = présence observée ; – = absence dans le relevé.

العلاقة بين النمل والحشرات الماصة للعصارة النباتية في بعض الأوساط الزراعية الصحراوية

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى إبراز العلاقة بين النمل والحشرات الماصة للعصارة النباتية المنتجة للندوة العسلية في بساتين النخيل بمنطقتي ورقلة وتقرت. أجريت عمليات الجمع خلال ستة أشهر، من أكتوبر 2025 إلى مارس 2026، باستعمال مصائد باربر والمصائد الصفراء في أربع محطات دراسة. أسفرت النتائج عن تسجيل 1713 فردًا من النمل موزعة على 13 نوعًا، مع وفرة أكبر في ورقلة وتنوع نوعي أعلى في تقرت. كما أظهرت الدراسة وجود ارتباطات إيجابية بين عدة أنواع من النمل والحشرات الماصة للعصارة النباتية، مما يشير إلى أهمية هذه التفاعلات في ديناميكية المجتمعات الحشرية داخل الواحات الصحراوية.

الكلمات المفتاحية: ورقلة، تقرت، النمل، الحشرات الماصة للعصارة النباتية، الندوة العسلية، مصائد باربر، المصائد الصفراء

La relation fourmis -opophages dans quelques milieux agricoles sahariens

Résumé

Cette étude vise à mettre en évidence les relations entre les fourmis (Formicidae) et les insectes opophages producteurs de miellat dans les palmeraies d'Ouargla et de Touggourt. Les échantillonnages ont été réalisés durant six mois, d'octobre 2025 à mars 2026, à l'aide des pots Barber et des pièges jaunes dans quatre stations d'étude. Les résultats ont permis de recenser 1713 individus de Formicidae répartis en 13 espèces. La région d'Ouargla présente les effectifs les plus élevés, tandis que Touggourt se caractérise par une richesse spécifique plus importante. Les analyses ont également mis en évidence plusieurs associations positives entre les fourmis et les insectes opophages, soulignant le rôle potentiel de ces interactions dans la dynamique des populations au sein des agroécosystèmes Sahariens.

Mots-clés : Ouargla, Touggourt, Formicidae, insectes opophages, miellat, pots Barber, pièges jaunes.

The relationship between ants and sap-feeding insects in selected saharan agricultural environments

Abstract

This study aims to investigate the relationships between ants (Formicidae) and honeydew-producing sap-feeding insects in the palm groves of Ouargla and Touggourt. Sampling was conducted over a six-month period, from October 2025 to March 2026, using Barber pitfall traps and yellow traps at four study sites. A total of 1,713 ant individuals belonging to 13 species were recorded. Ouargla showed the highest ant abundance, whereas Touggourt exhibited greater species richness. The analyses also revealed several positive associations between ants and sap-feeding insects, highlighting the ecological importance of these interactions in shaping population dynamics within Saharan agro ecosystems.

Keywords : Ouargla, Touggourt, Formicidae, sap-feeding insects, honeydew, Barber pitfall traps, yellow traps.

