

DEMOCRATIC AND POPULAR ALGERIAN REPUBLIC

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC
RESEARCH

جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف

CHADLI BENDJEDID ELTARF UNIVERSITY

كلية علوم الطبيعة والحياة

FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES

قسم



Mémoire de Fin d'Études
Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master en
« Système de production agro-écologique »

Thème

Titre
**contribution à l'étude de l'entomofaune des vergers
d'agrumes au niveau de la wilaya d'el tarf.**

Présenté Par : **Bouguerra Manal**

Soutenue publiquement le :

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Boutabia Lamia	Pr	Chadli Bendjedid-El-Tarf	Président
Telailia Salah	Pr	Chadli Bendjedid-El-Tarf	Directeur de mémoire
Toumi Abir	MCA	Chadli Bendjedid-El-Tarf	Examineur

Année universitaire : 2025/2026

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie Dieu le Tout-Puissant de m'avoir donné la force, la patience et le courage de mener à bien ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadrant, Professeur Telailia Salah pour sa patience, sa disponibilité constante et la qualité de son encadrement. Ses conseils précieux et sa rigueur scientifique ont été essentiels à la réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent également aux membres du jury Professeur Boutabia lamia Président et madame Toumi Abir Examineur qui ont accepté d'évaluer ce travail et d'enrichir cette recherche par leurs remarques avisées.

J'adresse mes vifs remerciements à Docteur Amira Bouderbail et monsieur Khaladi Omar pour son aide précieuse, ses orientations judicieuses et le temps qu'ils ont généreusement consacré pour m'accompagner et m'aider dans la réalisation de ce mémoire.

Enfin, je remercie chaleureusement mes parents, ma famille et mes amis pour leur soutien logistique et moral tout au long de ce parcours universitaire. Merci d'avoir toujours cru en moi.

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices infinis et leur soutien indéfectible tout au long de mes études. Aucune dédicace ne saurait exprimer mon immense gratitude. Que ce travail soit le fruit de vos prières.

À ma famille, pour avoir toujours été mon pilier et ma source d'encouragement.

À mes précieux amis, qui ont partagé mes doutes, mes joies et mes longues nuits de révision.
Merci pour votre présence et votre soutien moral précieux.

تكتسي بساتين الحمضيات مكانة هامة في الفلاحة الجزائرية. وتحظى هذه الزراعة في منطقة الطارف بمؤهلات واعدة، إلا أنها تظل عرضة لهجمات العديد من الآفات. ومن ثم، فإن دراسة الحشرات (الأنطوموفونا) تسمح بفهم أفضل للتوازن البيولوجي داخل البستان. تتمثل الغاية من هذا العمل في حصر الحشرات المرتبطة ببستان الحمضيات وتحديد المجموعات (الرئيسية للآفات والعناصر المساعدة (المفترسات والطفيليات).

أجريت هذه الدراسة في بستان لأشجار البرتقال يقع بمنطقة سيدي بلقاسم بولاية الطارف. وقد تمت عملية أخذ العينات، والمصائد الصفراء، وكذا جمع الأوراق. بعد ذلك، فُرزت الحشرات المجمععة (Pots Barber) "باستخدام مصائد" باربر، وفُحصت وحُددت هويتها في المخبر، لتخضع لاحقاً للتحليل باستخدام المؤشرات الإيكولوجية.

أظهرت النتائج وفرة نوعية بلغت 42 نوعاً، تتوزع على 32 فصيلة و9 رتب. وسجل مؤشر "شانون" قيمة 3.36 بت، ومؤشر "سيمبسون" 0.95، بينما بلغت قيمة التوازن لـ "بيلو" 0.90، مما يدل على تنوع حيوي مرتفع وتوزيع متوازن وعلى المستوى Aleyrodidae، Formicidae، وAphididae: نسبياً للأنواع. وكانت العائلات الأكثر وفرة هي *Tapinoma* النوع الأكثر وفرة، يليه نمل الحدائق الأسود (*Aphis spiraecola*) النوعي، كان من الحمضيات الأخضر، وذبابة (*Aleurothrixus floccosus*)، والذبابة البيضاء الصوفية (*Aphis gossypii*)، ثم من القطن (*nigerrimum*)، وCoccinellidae كما يعكس وجود العناصر المساعدة مثل (*Dialeurodes citri*) الحمضيات البيضاء، وجود مؤهلات هامة للتنظيم البيولوجي الطبيعي داخل البستان. Braconidae وAphelinidae واللافقاريات من فصيلتي وختاماً، يسلط هذا العمل الضوء على حشرات غنية ومتنوعة في بستان الحمضيات المدروس، مما يؤكد على أهمية الحفاظ على الأعداء الحيوية الطبيعية لتعزيز حماية متكاملة ومستدامة للمحاصيل.

- **حمضيات، حشرات، الطارف، تنوع حيوي، مؤشرات إيكولوجية، مكافحة بيولوجي: الكلمات المفتاحية**

Abstract: Citrus orchards hold a significant position in Algerian agriculture. Although this crop shows promising potential in the El Tarf region, it remains vulnerable to attacks by numerous pests. Therefore, studying the entomofauna allows for a better understanding of the biological balance within the orchard. The objective of this work is to inventory the insects associated with a citrus orchard and to identify the main groups of pests and beneficials (predators and parasitoids).

This study was conducted in an orange orchard located in the Sidi Belkacem area (El Tarf Wilaya). Sampling was c

arried out using "Barber traps" (pitfall traps), yellow sticky traps, and leaf collection. Subsequently, the collected insects were sorted, examined, and identified in the laboratory, and then analyzed using ecological indices.

The results revealed a species richness of 42 species, distributed across 32 families and 9 orders. The Shannon index recorded a value of 3.36 bits, the Simpson index was 0.95, while the Pielou evenness reached 0.90, indicating high biodiversity and a relatively balanced distribution of species. The most abundant families were Aphididae, Formicidae, and Aleyrodidae. At the species level, the spirea aphid (*Aphis spiraecola*) was the most abundant species, followed by *Tapinoma nigerrimum*, the cotton aphid (*Aphis gossypii*), the woolly whitefly (*Aleurothrixus floccosus*), and the citrus whitefly (*Dialeurodes citri*). Furthermore, the presence of beneficial insects such as Coccinellidae, Syrphidae, and parasitoids from the Aphelinidae and Braconidae families reflects a significant potential for natural biological regulation within the orchard. In conclusion, this work highlights a rich and diverse entomofauna in the studied citrus orchard, emphasizing the importance of preserving natural enemies to promote integrated and sustainable crop protection.

- **Keywords:** Citrus, Entomofauna, El Tarf, Biodiversity, Ecological indices, Biological regulation.

.

Résumé:

Les vergers d'agrumes occupent une place importante dans l'agriculture algérienne. Bien que cette culture présente des perspectives prometteuses dans la région d'El Tarf, elle reste vulnérable aux attaques de nombreux ravageurs. Ainsi, l'étude de l'entomofaune permet une meilleure compréhension de l'équilibre biologique au sein du verger. L'objectif de ce travail est de recenser les insectes associés à un verger d'agrumes et d'identifier les principaux groupes de ravageurs et d'auxiliaires (prédateurs et parasitoïdes).

Cette étude a été menée dans un verger d'orangers situé dans la zone de Sidi Belkacem (Wilaya d'El Tarf). L'échantillonnage a été réalisé à l'aide de pièges "Pots Barber", de pièges jaunes, ainsi que par la collecte de feuilles. Par la suite, les insectes collectés ont été triés, examinés et identifiés au laboratoire, puis soumis à une analyse à l'aide d'indices écologiques.

Les résultats ont révélé une richesse spécifique de 42 espèces, réparties en 32 familles et 9 ordres. L'indice de Shannon a enregistré une valeur de 3,36 bits, l'indice de Simpson 0,95, tandis que l'équitabilité de Pielou a atteint 0,90, ce qui indique une biodiversité élevée et une distribution relativement équilibrée des espèces. Les familles les plus abondantes étaient les

Aphididae, Formicidae et Aleyrodidae. Au niveau spécifique, le puceron vert des agrumes (*Aphis spiraecola*) était l'espèce la plus abondante, suivi de *Tapinoma nigerrimum*, du puceron du coton (*Aphis gossypii*), de l'aleurode floconneux (*Aleurothrixus floccosus*), et de l'aleurode des agrumes (*Dialeurodes citri*). De plus, la présence d'auxiliaires tels que les Coccinellidae, les Syrphidae, ainsi que des hyménoptères des familles Aphelinidae et Braconidae, reflète un potentiel important de régulation biologique naturelle au sein du verger. En conclusion, ce travail met en évidence une entomofaune riche et diversifiée dans le verger d'agrumes étudié, soulignant l'importance de préserver les ennemis naturels pour promouvoir une protection intégrée et durable des cultures.

- **Mots-clés:** Agrumes, Entomofaune, El Tarf, Biodiversité, Indices écologiques, Régulation biologique.

Table des matières

Introduction générale.....	1
Partie bibliographique	1
Chapitre 1 : Généralités sur les Agrumes	3
1.1. Origine et importance économique.....	3
1.1.1. Origine et distribution géographique	3
1.1.2. L'expansion vers l'Ouest	3
1.1.3. L'introduction de l'orange douce	3
1.1.4. La portée économique mondiale du secteur	4
1.1.5. Systématique et botanique	4
1.1.6. Classification des espèces de culture.....	5
1.1.7. Cycle de vie (croissance et développement) des agrumes.....	5
1.2. Cycle de développement sur une base annuelle	6
1.2.1. La croissance végétative	7
1.3. L'agrumiculture en Algérie	7
1.3.1. Histoire et importance stratégique :.....	7
1.3.2. Zones de culture et distribution géographique	7
1.3.3. Variété et porte-greffes	8
1.4. Exigences écoclimatiques.....	8
1.4.1. Critères climatiques	8
1.4.2. Besoin en eau et précipitations	8
1.5. Conditions de sol (Type de sol).....	9
Chapitre 2 : Classification fonctionnelle de l'entomofaune.....	10
2.1. Classification fonctionnelle de l'entomofaune.....	10
2.1.1. Groupe des Phytophages (Ravageurs).....	10
2.1.2. Auxiliaires (ennemis naturels).....	10
2.1.3. Pollinisateurs et Insectes Neutres	11
2.1.4. Insectes saprophages.....	11
2.2. Bio-écologie des principales espèces	11
2.2.1. Phyllocnistis citrella	12
2.2.2. Les Pucerons (Aphididae)	13
2.2.3. Les Cochenilles (Coccoidea).....	14
2.2.4. Les acariens phytophages (Tetranychus spp. et Eutetranychus spp.).....	14

2.3. Facteurs influençant la dynamique des populations	15
2.3.1. Impact des facteurs abiotiques et climatiques	15
2.3.2. Facteurs biotiques et régulation naturelle	16
2.3.3. Facteurs anthropiques et pratiques culturelles	16
2.4. Stratégies de lutte et gestion intégrée	17
2.4.1. Lutte chimique :	17
2.4.2. Lutte biologique :	17
2.4.3. Lutte par conservation :	17
2.4.4. Action des parasitoïdes :	17
2.4.5. Protection intégrée	18
Chapitre 3 : Matériel et Méthodes	18
3.1. Présentation de la zone d'étude :	18
3.2. Températures moyennes	19
3.3. Pluie	19
3.4. Présentation de la région d'étude	20
3.5. Matériel utilisé	21
3.5.1. Sur le terrain :	21
3.5.2. Au laboratoire :	21
3.6. Méthodes d'échantillonnage	21
3.6.1. Méthodes d'échantillonnage des arthropodes	21
3.6.2. Méthode de travail au laboratoire	25
3.6.3. Détermination	26
3.7. Traitement des données numériques	26
3.7.1. L'abondance relative (AR%)	26
3.7.2. Richesse spécifique (S)	27
3.7.3. Indice de diversité selon Shannon-Weaver (H')	27
3.7.4. Indice d'équitabilité :	27
Chapitre 4 : Résultats	29
4.1. Analyse de la Diversité Alpha et Stabilité de l'Écosystème	29
4.2. Composition Taxonomique et Dominance des Familles	30
4.3. Analyse de l'Abondance Spécifique et Interactions Trophiques	31
4.4. Structuration de la Communauté par Heatmap	32
Chapitre 5 : Discussion	33
Conclusion	37

Références Bibliographiques.....	38
----------------------------------	----

Liste de figures

Figure 1. Papillon adulte de la mineuse des agrumes (2 mm de longueur)(Garcia-Marí, 2009)	12
Figure 2. Pucerons <i>Aphis spiraecola</i> sur fleur de citronnier	13
Figure 3. Panonychus citri (McGregor) l'acarien rouge des agrumes(Garcia-Marí, 2009)	15
Figure 4. Situation géographique de la région d'El Tarf	18
Figure 5. Température moyenne maximale et minimale à El Tarf.	19
Figure 6. Pluviométrie mensuelle moyenne à El Tarf	20
Figure 7. Verger de Sidi Belgassem (photo personnelle ,2026)	20
Figure 8. Pots Barber (photo personnelle, 2026)	23
Figure 9. Pièges jaunes utilisés dans notre étude (photo personnelle, 2026)	24
Figure 10. Collecte des feuilles (photo personnelle, 2026)	25
Figure 11. Méthode de travail au laboratoire (photo personnelle 2026)	26
Figure 12. Indices de biodiversité globale des insectes dans le verger d'orangers à El Tarf....	29
Figure 13. Abondance des insectes en fonction des ordres et des familles.	30
Figure 14. Détail de l'abondance par genres et espèces.....	31
Figure 15. Heatmap de l'abondance (Famille × Ordre).	32

Liste de tableaux

Tableau 1. Exemples de textures de bons sols agrumicoles (Rebour, 1966 in Loussert, 1989a)	9
Tableau 2. Liste des principaux complexes d'auxiliaires associés aux ravageurs des agrumes (Smaili et al., 2020)	11
Tableau 3. Synthèse des facteurs influençant la croissance des populations d'insectes (Skendžić et al., 2021)	16

Introduction générale

Les agrumes sont également d'une importance économique et sociale dans les pays producteurs où ils constituent tout à la fois une source de produits exportables et un gisement d'emplois liés à leur transformation en de nombreux dérivés dont juices, confitures, essences (LOUSSERT, 1989a). Les agrumes constituent dans le monde la troisième culture fruitière pérenne, dont la production en volume a crû linéairement dans les dernières décennies du XX^e (F.A.O, 2005).

Cet aspect des fruits agrumes constitue le groupe de fruits le plus omniprésent dans le monde, qui représente la première production de fruits dans le monde (80 millions de tonnes en 1995-96) (Aubert et Vullin 1997) en pleine mondialisation, facilitée par une libéralisation commerciale sans précédent, entamée depuis les années 1990, à laquelle s'ajoutent des progrès en matière de transports et de stockage. Le texte dont l'originalité est, il est vrai, questionnable, note que cette famille de fruits, ses différentes productions, est non négligeable dans l'ordre des échanges commerciaux mondiaux (Imbert, 2007).

La production était supérieure, en moyenne, à 105 millions de tonnes/an entre 2000 et 2004 pour atteindre, en 2008, 115 millions de tonnes, loin devant la banane (106 millions de tonnes), les raisins (69 millions) ou les pommes (64 millions) (Loeillet 2008). L'Algérie fait partie des pays du Bassin Méditerranéen producteurs d'agrumes, pour une surface de culture de 56640 ha, mais inégalement répartie sur le territoire national (ANONYME, 2008). Pourtant, pour Boudi (2005), exportateur d'agrumes, l'Algérie ne peut faire face à une demande de nouveaux consommateurs pour le fruit frais en nette hausse dans le pays. Cet auteur relève cependant qu'au motif de sa situation géographique, de ses conditions climatiques, de la qualité de sa production, elle pourrait prétendre à un meilleur positionnement sur le marché. De l'Union Européenne sur l'ensemble de sa production d'agrumes.

Le secteur des agrumes dans la wilaya d'El Tarf revêt une importance stratégique, avec des estimations de production s'élevant à près de 394 000 quintaux pour la saison 2016/2017, sur une superficie globale proche de 2 200 hectares (DSA El Tarf, 2017).

Les zones de Besbes et d'Asfour se démarquent comme les centres majeurs de production dans la wilaya. Pour stimuler cette branche, les responsables locaux ont mis en place une stratégie de renouveau et d'expansion des vergers, ce qui a permis la replantation de plus de 1 000 hectares en six ans.

L'objectif de cette mise à jour est non seulement d'optimiser les rendements via des méthodes agricoles innovantes, mais également de se positionner sur le marché de l'exportation, comme l'atteste le premier envoi de 50 tonnes de clémentines sans pépins expédiées à Dubaï (DSA El Tarf, 2017).

Il existe une multitude d'ennemis potentiels pouvant causer des préjudices significatifs aux agrumes, tant sur l'arbre que sur la production, comprenant une vaste gamme d'agents pathogènes et nuisibles, plus de 120 espèces arthropodes identifiées (Anonyme, 1980 ; Aubert, 1992).

En vue de remédier aux dégâts causés par les insectes dévastateurs des cultures d'agrumes, la recherche d'ennemis naturels prédateurs, parasitoïdes, etc....., apparaît comme une solution à la fois utile et nécessaire.

Cette étude porte sur la recherche de ces auxiliaires dans une région à bon potentiel agrumicole, la wilaya d'El Tarf, mais qui nécessite une exploration plus aboutie de son entomofaune encore mal connue. Ce travail est constitué de cinq parties, dont les deux premiers chapitres sont consacrés aux généralités bibliographiques sur la culture d'agrumes et l'identification de ses principaux ravageurs. Le chapitre trois présente la région d'étude et la méthodologie adoptée (techniques d'échantillonnage, identification au laboratoire des différents insectes récoltés et outils statistiques) qui mène au chapitre quatre à l'inventaire des ravageurs et auxiliaires inventoriés sur le terrain de l'étude et à une analyse de leur abondance spatio-temporelle. La discussion des résultats obtenus se concluant par la conclusion et les perspectives de recherches finale complète ce manuscrit.

Partie bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur les Agrumes

1.1. Origine et importance économique

1.1.1. Origine et distribution géographique

Selon Loussert (1987), les agrumes trouvent leur origine principalement dans les zones tropicales et subtropicales de l'Asie du Sud-Est, notamment le sud-est de la Chine, les pentes méridionales de l'Himalaya (nord-est de l'Inde), la Birmanie et l'archipel malais. C'est dans ces milieux, marqués par une pluie abondante et un climat thermique stable, que les espèces ancestrales du genre *Citrus* ont connu leur évolution avant leur dispersion (Loussert, 1987).

1.1.2. L'expansion vers l'Ouest

Le cédratier (*Citrus medica*) fut le premier agrume identifié en Occident, sans doute à la suite des voyages d'Alexandre le Grand en Inde au IV^e siècle avant J.-C. (Webber, 1967).

Il aurait été apporté en Mésopotamie, puis en Europe par les troupes grecques (Webber, 1967). »

L'expansion arabo-musulmane entre le Xe et le XII^e siècle a joué un rôle crucial dans le développement de l'agrumiculture. Selon Chapot (1962), les Arabes ont introduit et adapté en Afrique du Nord et en Espagne le bigaradier, le citronnier et le limettier. Ce développement a été favorisé par l'élaboration de systèmes d'irrigation avancés, essentiels à la culture en milieu semi-aride (Chapot, 1962).

1.1.3. L'introduction de l'orange douce

Les marins portugais ont introduit l'oranger doux (*Citrus sinensis*) de Chine vers la fin du XV^e siècle. » « Cette introduction a constitué le point de départ de l'agriculture commerciale des agrumes dans la région méditerranéenne (Loussert, 1987).

La ceinture globale des agrumes. « Actuellement, les agrumes sont cultivés dans les régions qui se trouvent entre les latitudes 40° Nord et 40° Sud, une zone fréquemment appelée « la ceinture mondiale des agrumes » (Webber, 1967). Cette région présente un climat optimal, avec des hivers doux qui minimisent les dangers de gel et des étés chauds qui stimulent la production de sucres et d'acides organiques dans le fruit (Loussert, 1989).

1.1.4. La portée économique mondiale du secteur

1.1.4.1. Importance des agrumes dans la production fruitière mondiale

Les agrumes sont l'un des groupes de fruits les plus déterminants au plan mondial. Les agrumes arrivent en tête devant les bananes, les raisins et les pommes en termes de production au niveau mondial (Bové, 1995). Au plan économique, il résulte de l'enjeu commercial majeur à faire face par les pays producteurs dans le but de réussir tant pour la consommation de leurs agrumes frais ainsi que pour leur transformation en produits industriels pour en faire un produit industriel (Bové, 1995).

1.1.4.2. Opportunités et valorisation industrielle

Selon Bové (1995), le marché mondial des agrumes est basé sur une structure bipartite : le marché de vente en frais et l'industrie de transformation. » Une portion significative de la production est allouée à la transformation en vue de produire des jus, des concentrés et des nectars (Bové, 1995). « De plus, l'industrie des agrumes fournit aussi les domaines de la cosmétique et de la pharmacologie par le biais de l'extraction des huiles essentielles présentes dans les glandes de l'épicarpe (Loussert, 1989).

1.1.4.3. Fonction sociale et force de travail

La filière des agrumes, qui requiert une main-d'œuvre considérable pour les tâches d'entretien et notamment pour la récolte, essentiellement manuelle afin de garantir l'intégrité des fruits, crée un grand nombre d'emplois (Loussert, 1987). Elle est un élément essentiel du développement rural dans une multitude de pays situés dans le bassin méditerranéen et les régions subtropicales (Loussert, 1987).

1.1.5. Systématique et botanique

1.1.5.1. Position systématique

Les agrumes sont membres de la famille Rutaceae, plus précisément de la sous-famille Aurantioideae, de la tribu Citreae et de la sous-tribu Citrinae (Swingle et Webber, 1967). Cette famille se distingue par l'existence de poches ou glandes à essences schizolysigènes, visibles comme des points translucides sur les feuilles, les jeunes pousses, les fleurs et les fruits (Roth, 1980).

1.1.5.2. Morphologie et caractéristiques botaniques

L'arbre des agrumes est un végétal ligneux à feuillage persistant, dont les feuilles sont généralement munies d'un pétiole ailé (Loussert, 1987).

La fleur, appelée fleur d'oranger, est hermaphrodite, solitaire ou groupée en inflorescences axillaires. Elle est composée de 4 à 8 pétales blancs et odorants (Loussert, 1987).

Le fruit des agrumes est une baie charnue particulière appelée hespéride (Schneider, 1968). Sa structure se compose de trois parties : l'épicarpe ou flavédo (écorce colorée riche en huiles essentielles), le mésocarpe ou albédo (partie blanche et spongieuse) et l'endocarpe divisé en segments contenant les poils vésiculaires remplis de jus (Schneider, 1968).

1.1.6. Classification des espèces de culture

Selon Loussert (1987), le genre *Citrus* englobe les espèces agricoles les plus importantes :

Oranger doux (*Citrus sinensis* L.) :

Il s'agit de l'espèce la plus répandue à travers le monde, regroupant divers ensembles variétaux tels que les Navels et les Sanguines (Loussert, 1989).

Clémentine :

Très prisée pour ses caractéristiques organoleptiques, est associée à l'espèce *Citrus reticulata* Blanco, communément appelée Mandarinier (Loussert, 1989).

Citronnier (*Citrus limon* L.) :

Sa croissance est robuste et il présente une floraison qui remonte (Loussert, 1987). *

Bigaradier(*Citrus aurantium* L.) :

Son utilisation principale, en raison de sa résistance à divers maux et de sa capacité d'adaptation aux terrains calcaires, est comme porte-greffe (Loussert, 1987).

1.1.7. Cycle de vie (croissance et développement) des agrumes

1.1.7.1. Phases de développement

1.1.7.1.1. Phase de croissance en pépinière

Cette phase, qui dure entre 12 et 36 mois, a lieu en pépinière. Elle débute avec le semis des graines en vue de la culture du porte-greffe, se continue avec l'implantation de la variété sur ce dernier, et s'achève par l'élevage des jeunes plants (Loussert, 1989a).

Période non productive

Le jeune plant issu de la pépinière est installé sur le site de plantation. La jeune plante en place développe simultanément son réseau de racines et son feuillage. Toutefois, les arbres

requièrent des soins minutieux (fertilisation, arrosage, taille formative, interventions phytosanitaires, etc.). En général, cette durée s'étend de 2 à 3 ans. Elle constitue un investissement significatif pour le producteur d'agrumes, tant sur le plan technique qu'économique (Loussert, 1989a).

Période d'entrée en production.

Les premières fructifications commencent à apparaître avec les premières floraisons.

Selon Loussert (1989a), l'arbre connaît une floraison croissante sur une durée de 5 à 7 ans.

1.1.7.1.2. Phase de production complète

C'est la période la plus captivante pour le cultivateur d'agrumes. L'arbre stabilise son développement végétatif ; il consacre alors son énergie à la floraison, à la fructification et au renouvellement de ses branches, de ses feuilles et de ses racines. Avec des soins adéquats, l'agriculteur d'agrumes s'efforce d'étendre cette période au maximum, garantissant ainsi la rentabilité de son verger. Cette période ne s'étend généralement pas au-delà de vingt ans (Loussert, 1989a).

1.1.7.1.3. Phase de vieillissement

La production des arbres, qui ont été plantés sur le site il y a 30 à 40 ans, va progressivement diminuer. La fréquence de régénération des pousses fruitières décroît, tandis que le feuillage s'amenuise. La réalisation de certaines mesures, donne un nouvel élan à la végétation (Loussert, 1989a).

1.1.7.1.4. Phase de diminution

C'est le moment idéal pour envisager l'abattage des arbres, car les frais d'entretien ne sont plus couverts par les bénéfices des récoltes. Les arbres affaiblis sont exposés à différentes attaques de parasites, une condition fréquemment aggravée par des carences en nutriments. Les récoltes sont maigres et les fruits cultivés ont une qualité inférieure (Loussert, 1989a).

1.2. Cycle de développement sur une base annuelle

Même si le cycle annuel chez les Citrus n'est pas aussi prononcé que chez les espèces fruitières à feuilles caduques, on peut distinguer les phases suivantes :

1.2.1. La croissance végétative

La première Poussée de sève printanière. (De fin février à début mai) Les branches s'étendent et produisent de nouvelles feuilles d'un vert clair, très distinctes des autres feuilles plus mûres qui sont d'une couleur verte plus sombre. Selon Loussert (1989a), on observe que les pousses fructifères (boutons floraux, puis fleurs) apparaissent sur ces nouvelles ramifications en avril-mai. On observe son apparition sur les nouvelles pousses (rameaux) dites de sève lors des trois phases suivantes la première Poussée de sève printanière. (De fin février à début mai) Les branches s'étendent et produisent de nouvelles feuilles d'un vert clair, très distinctes des autres feuilles plus mûres qui sont d'une couleur verte plus sombre. Selon Loussert (1989a), on observe que les pousses fructifères (boutons floraux, puis fleurs) apparaissent sur ces nouvelles ramifications en avril-mai. La troisième montée de sève automnale. (De octobre jusqu'à fin novembre). Elle contribue en partie au renouvellement du feuillage (Loussert, 1989a).

1.2.1.1. Evolution de la floraison

Les phases clés du développement des fleurs sont. La période de floraison. La pollinisation. L'acte de fécondation.

1.2.1.2. Evolution du fruit

Les phases clés du développement du fruit sont. La formation des fruits. L'augmentation de la taille. Le processus de maturation.

1.3. L'agrumiculture en Algérie

1.3.1. Histoire et importance stratégique :

La production d'agrumes représente un secteur à la fois historique et stratégique pour l'économie du pays. Sa croissance s'est principalement déroulée dans les zones côtières et sublittorales qui proposent des conditions climatiques optimales (Chapot, 1962). Elle représente un fondement du progrès rural en générant des emplois et en valorisant les terrains (Loussert, 1987).

1.3.2. Zones de culture et distribution géographique

Les agrumes se trouvent dans les régions côtières et sublittorales, où le climat est tempéré (Chapot, 1962). » Bien que la Mitidja soit la zone de production principale, on observe une expansion vers d'autres régions telles que l'Oranie et le Constantinois (Loussert, 1989).

L'étendue significative du verger d'agrumes en Algérie, où les conditions pédoclimatiques soutiennent la culture des agrumes (Rebour, 1950), est remarquable.

1.3.3. Variété et porte-greffes

La production en Algérie est dominée par les oranges, en particulier la variété Thomson Navel, et par une présence significative de la clémentine (Loussert, 1989). Le bigaradier (*Citrus aurantium*) reste le principal porte-greffe utilisé en Algérie, grâce à sa tolérance au calcaire et sa vigueur remarquable (Loussert, 1987). Difficultés et obligations dans le secteur agricole. L'agriculture des agrumes en Algérie se heurte à de nombreuses difficultés, notamment à l'épuisement des ressources hydriques qui font que l'irrigation devient le système incontournable pour assurer la production (Rebour, 1966). De plus, les organismes nuisibles d'origine biologique, tels que les pucerons, les cochenilles ou la mouche méditerranéenne des fruits, sont sous l'influence permanente d'un contrôle phytosanitaire étroit (Loussert, 1987).

1.4. Exigences écoclimatiques

1.4.1. Critères climatiques

Dans son étude sur les agrumes, Loussert (1987) évoque en premier lieu la température, qui est selon lui, le facteur le plus déterminant de la physiologie, du développement des agrumes. Le seuil végétatif, la température minimale d'essor des agrumes, est important à la culture des agrumes. Le meilleur intervalle de température de croissance est pour Reuther et al. (1967) entre 23°C et 32°C. Leur sensibilité au gel est extrême. Les fruits sont abîmés à -2°C, le bois potentiel est mort à -9°C (Loussert, 1987).

1.4.2. Besoin en eau et précipitations

Du fait de leur feuillage persistant, ils évaporent plus de 700 mm d'eau par an (Brun, 1995). Selon Loussert (1987), une pluie annuelle optimale pour les cultures se situe entre 800 et 1200 mm. Dans les zones climatiques méditerranéennes, le besoin d'irrigation rend nécessaire le traitement de la nouaison et l'arrosage des fruits en période de déficit hydrique afin de limiter le temps parasite physiologique des chutes, notamment pendant les sécheresses estivales, Rebour (1966).

1.5. Conditions de sol (Type de sol)

Les agrumes sont capables de s'adapter à différents types de sol mais ils exigent cependant une structure propice à un bon drainage afin de ne pas être exposés à l'asphyxie racinaire à laquelle ils sont très sensibles (Schneider, 1968). Le système racinaire sera nécessairement profond, perméable et aéré (Loussert, 1987). De la même façon, le pH du sol doit être compris entre 6 et 7,5 pour être optimal (Brun, 1995). Dans les sols trop calcaires, il souffre de chlorose ferrique, se manifestant par le jaunissement des folioles, conséquence du blocage dans l'absorption du fer (Loussert, 1987).

Tableau 1. Exemples de textures de bons sols agrumicoles (Rebour, 1966 in Loussert, 1989a)

Eléments de la texture	D'après H.Rebour	D'après Herrero D'Egana
Argile.	5 à 10 %	15 à 20%
Limon	20%	15 à 20%
Sable fin.	20%	20 à 30%
Sable grossier.	50%	30 à 50%

Chapitre 2 : Classification fonctionnelle de l'entomofaune

2.1. Classification fonctionnelle de l'entomofaune

Dans le regroupement des insectes associés aux agrumes, on a recherché les groupes fonctionnels sur la base des interactions trophiques et des rôles écologiques des espèces dans l'écosystème (régulation des ennemis naturels (Alvis et al., 2020).

2.1.1. Groupe des Phytophages (Ravageurs)

Les espèces phytophages sont celles qui se nourrissent de matière verte vivante de la plante. On les classe selon différents types en fonction de l'organe attaqué soit le feuillage ou selon le mode de nutrition, suceurs ou broyeurs (Zappalà et al., 2020).

Les Hémiptères - aphidés, cochenilles et aleurodes - sont dotés d'un appareil piqueur suceur leur permettant de se nourrir de sève. Ceci engendre des altérations de la vigueur de l'arbre et une production de miellat qui favorise la fumagine (Alvis et al. 2020).

Les mineuses telles que *Phyllocnistiscitrella* se développent dans le limbe foliaire, dans des galeries de type serpent sous la cuticule (Tena et al. 2017). »

2.1.2. Auxiliaires (ennemis naturels)

Les auxiliaires sont toutes entités qui, par leur action, limitent la population de nuisibles, prédateurs consommant plusieurs proies ou parasitoïdes se développant au dépend d'un hôte (Smaili et al. 2020).

Tableau 2. Liste des principaux complexes d'auxiliaires associés aux ravageurs des agrumes (Smaili et al., 2020)

Groupe fonctionnel	Principales Familles	Genres	Cibles biologiques
Prédateurs	Coccinellidae	<i>Rodolia, Scymnus</i>	Cochenilles et Pucerons
	Chrysopidae	<i>Chrysoperla</i>	Pucerons, Aleurodes, Acariens
	Syrphidae	<i>Episyrphus</i>	Pucerons
	Phytoseiidae	<i>Euseius</i>	Acariens phytophages
Parasitoïdes	Aphelinidae	<i>Aphytis, Cales</i>	Cochenilles et Aleurodes
	Braconidae	<i>Aphidius, Lysiphlebus</i>	Pucerons
	Encyrtidae	<i>Ageniaspis</i>	Mineuse des agrumes

2.1.3. Pollinisateurs et Insectes Neutres

Ce groupe comprend les insectes qui n'occasionnent pas de dommages directs aux cultures. Les pollinisateurs (Apoidea) garantissent la fertilisation, même si leur fonction peut différer en fonction des variétés d'agrumes (Tena et al., 2017).

2.1.4. Insectes saprophages

Jouent un rôle crucial dans le recyclage de la matière organique, rendant les nutriments plus accessibles pour le système racinaire (Vidal et al., 2018).

2.2. Bio-écologie des principales espèces

Pour comprendre la dynamique de population des espèces dominantes dans le verger et améliorer les stratégies de gestion intégrée (IPM) dans les systèmes agroécologiques des agrumes méditerranéens, il est primordial d'avoir une bonne connaissance de la biologie et de l'écologie de ces espèces dominantes (Alvis et al., 2020).

2.2.1. *Phyllocnistiscitrella*

Egalement connue sous le nom de Mineuse des agrumes *Phyllocnistiscitrella* Stainton (Lepidoptera : Gracillariidae) réalise l'intégralité de son développement larvaire à l'intérieur du limbe foliaire, se frayant un chemin à travers la cuticule en formant des galeries en forme de serpent. Le cycle biologique dépend entièrement de la présence de jeunes pousses en développement (Tena et al., 2017).



Figure 1. Papillon adulte de la mineuse des agrumes (2 mm de longueur)(Garcia-Marí, 2009)

Phases de développement :

Le cycle de vie comprend une étape d'œuf, trois étapes larvaires actives, une phase pré-nymphe et une nymphe. La troisième stade de larve arrête son alimentation pour tisser un cocon en soie, habituellement positionné sur le bord du limbe foliaire, entraînant une déformation typique du contour de la feuille (Zappalà et al., 2020).

Influence thermique :

La durée globale du cycle est fortement liée à la température extérieure. Le réchauffement climatique provoque une accélération du métabolisme, ce qui réduit considérablement le temps de génération et permet à l'espèce d'augmenter ses cycles durant les phases de croissance végétative (Skendžić et al., 2021). »

2.2.2. Les Pucerons (Aphididae)

Les pucerons (Hemiptera : Aphididae) ont un cycle vital complexe qui se caractérise par une série de générations télytoques parthénogénétiques. Leur dynamique est en étroite synchronisation avec la phénologie de la plante hôte (Vidal et al., 2018).



Figure 2. Pucerons *Aphis spiraecola* sur fleur de citronnier

Interaction nutritionnelle :

L'application intensive d'engrais azotés augmente la teneur en acides aminés dans la sève élaborée. L'optimisation de la valeur nutritive du substrat favorise une reproduction rapide et diminue le délai entre deux générations consécutives (Vidal et al., 2018).

Capacité de dissémination :

La manifestation de formes munies d'ailes est induite par des éléments liés à la densité (effet collectif) ou par un déclin de la performance physiologique de la plant.

2.2.3. Les Cochenilles (Coccoidea)

Les cochenilles se distinguent par un dimorphisme sexuel prononcé et une spécialisation morphologique extrême. L'adulte femelle est apte et immobile, défendue par un bouclier cireux ou une carapace qui lui assure une protection renforcée contre les éléments environnementaux et les agents de contrôle chimique (Alvis et al., 2020).

La phase mobile (Crawler) :

La première phase larvaire, dénommée « crawler » ou larve itinérante, constitue la seule étape où l'espèce se disperse activement sur la végétation. Cette phase est cruciale car elle présente la plus grande sensibilité aux conditions météorologiques adverses et aux prédateurs auxiliaires (Skendžić et al., 2021). e, garantissant ainsi l'envahissement de nouvelles vergers (Alvis et al., 2020).

Fécondité et survie :

Le bouclier offre une protection qui permet aux femelles de déposer une quantité importante d'œufs à l'abri des fluctuations d'humidité. Les stades immobiles fixés sur les branches ou sous l'écorce garantissent leur survie pendant l'hiver (Tena et al., 2017).

2.2.4. Les acariens phytophages (Tetranychusspp. et Eutetranychusspp.)

Les acariens, malgré leur statut non-insecte, jouent un rôle écologique crucial. Ces organismes s'alimentent en perçant les cellules de l'épiderme des feuilles et des fruits, ce qui entraîne des décolorations chlorotiques et une perte prématurée de feuillage lors d'une infestation massive (Zappalà et al., 2020).



Figure 3. *Panonychus citri* (McGregor) l'acarien rouge des agrumes (Garcia-Marí, 2009)

Dynamique estivale

Pendant l'été méditerranéen les populations de Tétranyques peuvent exploser, leur cycle de vie pouvant être complété en moins d'une semaine. Cela est favorisé par des températures élevées et une faible humidité relative (Skendžić et al., 2021).

2.3. Facteurs influençant la dynamique des populations

L'évolution des populations d'insectes est un mécanisme complexe gouverné par l'interaction entre le potentiel biotique de l'espèce et la capacité de résistance de son environnement. Cette dynamique est actuellement fortement perturbée par les transformations globales (Alvis et al., 2020).

2.3.1. Impact des facteurs abiotiques et climatiques

En tant qu'organismes à température variable, les insectes dépendent fortement de la température environnementale. L'augmentation des températures moyennes a un impact sur les phénologies saisonnières, entraînant une manifestation plus anticipée des nuisibles au printemps (Skendžić et al., 2021).

Le Stress Thermique : Même si la chaleur stimule la croissance, des hausses de température au-delà des niveaux idéaux jouent un rôle restrictif, majorant le taux de mortalité des œufs et des premiers stades larvaires (Zappalà et al., 2020).

L'Hygrométrie : L'humidité relative réduite due aux périodes de sécheresse prolongées influence la survie des auxiliaires sensibles à la dessiccation, ouvrant la voie à d'éventuelles pullulations incontrôlées (Tena et al., 2017).

2.3.2. Facteurs biotiques et régulation naturelle

L'interaction entre la plante hôte et l'insecte est le facteur principal de la dynamique. La fécondité des femelles phytophages est influencée par la qualité nutritionnelle des tissus végétaux (Vidal et al., 2018).

2.3.2.1. La Qualité de l'Hôte :

L'utilisation intensive d'engrais azotés accroît la teneur en acides aminés de la sève élaborée, ce qui stimule une prolifération exponentielle des populations de pucerons (Vidal et al., 2018).

2.3.2.2. La Pression des Auxiliaires :

Une diversité florale accrue favorise la longévité des parasitoïdes, intensifiant par conséquent le contrôle biologique sur les populations de nuisibles (Smaili et al., 2020).

2.3.3. Facteurs anthropiques et pratiques culturelles

Les méthodes de gestion du verger demeurent les éléments perturbateurs primordiaux. L'emploi d'insecticides à large spectre peut provoquer des résurgences en supprimant les prédateurs naturels (Biondi et al., 2018).

Tableau 3. Synthèse des facteurs influençant la croissance des populations d'insectes (Skendžić et al., 2021)

Catégorie	Paramètre clé	Conséquence sur la population
Abiotique	Température élevée	Accélération du cycle et polyvoltinisme
Biotique	Fertilisation azotée	Augmentation du taux de reproduction
Biotique	Biodiversité fonctionnelle	Stabilisation par les ennemis naturels
Anthropique	Traitements chimiques	Déséquilibre et sélection de résistances

2.4. Stratégies de lutte et gestion intégrée

2.4.1. Lutte chimique :

Historique et limites L'utilisation d'insecticides de synthèse dont la fréquence d'utilisation a été élevée, a constitué longtemps le socle de la protection des agrumes mais cette dépendance a eu des retombées écologiques majeures en plaçant les ennemis naturels dans une situation d'exclusion et en favorisant l'émergence de ravageurs secondaires (Urbaneja et al., 2020).

Développement des résistances La pression de sélection exercée par la répétition des traitements chimiques a favorisé chez plusieurs espèces de pucerons et de cochenilles l'émergence de mécanismes de résistance devenant ainsi non sensibles aux doses homologuées (Mawisire et al., 2022).

Impact sur la faune non-cible Les résidus de néonicotinoïdes contenus dans le miellat des insectes sont une menace pour les pollinisateurs et les auxiliaires à l'origine de la régulation dans le verger, ces services de régulation naturelle étant perturbés (Calvo-Agudo, 2019).

2.4.2. Lutte biologique :

La lutte biologique est l'utilisation d'organismes vivants pour réduire la densité des populations de ravageurs. Elle se décline en trois axes complémentaires : introduction, augmentation et conservation des auxiliaires (Guerrieri et al., 2019).

2.4.3. Lutte par conservation :

La gestion de l'habitat, notamment grâce à la mise en place de couverts végétaux, apporte les ressources en nectar et pollen nécessaires à la survie de prédateurs tels que les syrphidés et les chrysopes (Rodriguez-Gasol et al., 2020).

2.4.4. Action des parasitoïdes :

Le fonctionnement des parasitoïdes dans le bassin méditerranéen constitue une clé de voûte de la stabilité des agroécosystèmes agrumicoles et permet le plus souvent de maintenir les populations de mineuses sous le seuil de nuisibilité (Guerrieri et al., 2019).

2.4.5. Protection intégrée

2.4.5.1. La Protection Intégrée des Cultures (IPM)

C'est de combiner des méthodes traditionnelles et naturelles pour la lutte phytosanitaire, les interventions chimiques n'étant mises en œuvre qu'en dernier recours après une évaluation rigoureuse des populations (Wang et al., 2022)

2.4.5.2. Monitoring et Seuils :

L'usage de pièges phéromonaux pour le suivi des vols de ravageurs facilite la prise de décision sans avoir recours à un calendrier de traitement inadapté, en fonction des seuils de nuisibilité économique (Vacas et al., 2021)

2.4.5.3. Biodiversité et résilience :

La diversification de la flore spontanée ou semée dans le verger favorise le pouvoir de résilience du système en cas d'invasions biologiques et permet de réduire les intrants extérieurs (Urbaneja et al., 2020)

Matériel et Méthodes

Chapitre 3 : Matériel et Méthodes

3.1. Présentation de la zone d'étude :

La zone d'El Tarf se trouve à l'extrême Nord-Est algérien, entre les latitudes 36°75'00" et les longitudes 08°16'66", sur la route reliant El Kala à Annaba, à une distance de 60 km à l'ouest d'Annaba.

Elle est bordée au nord par la mer Méditerranée, au sud et sud-ouest par les wilayas de Souk-Ahras et Guelma, à l'ouest par la wilaya d'Annaba et à l'est par la frontière algéro-tunisienne, couvrant une superficie d'environ 2891 km². L'agriculture est la principale activité de la région, qui se distingue par un développement industriel assez modeste (une dizaine d'unités industrielles).



Figure 4. Situation géographique de la région d'El Tarf

Il s'agit de l'une des zones les plus pluvieuses d'Algérie. Elle est exposée à un climat méditerranéen, qui se distingue par des étés secs et ensoleillés. Les moyennes annuelles de

précipitations fluctuent considérablement du Sud au Nord, allant de 450 à 1000 mm (plus de 1000 mm au Cap Rosa) (Bousnoubra et al., 2004).

3.2. Températures moyennes

a saison très chaude dure 3,0 mois, du 18 juin au 18 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 29 °C. Le mois le plus chaud de l'année à El Tarf est août, avec une température moyenne maximale de 32 °C et minimale de 21 °C.

La saison fraîche dure 4,0 mois, du 26 novembre au 25 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 19 °C. Le mois le plus froid de l'année à El Tarf est janvier, avec une température moyenne minimale de 8 °C et maximale de 15 °C.

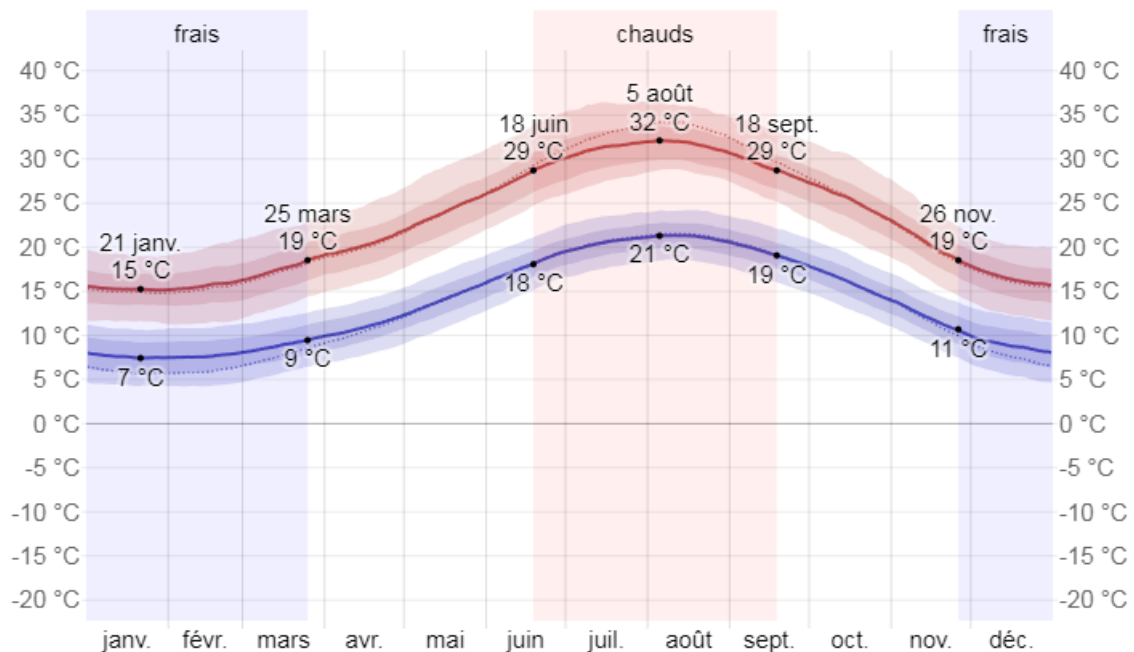


Figure 5. Température moyenne maximale et minimale à El Tarf

3.3. Pluie

La période pluvieuse de l'année dure 9,9 mois, du 20 août au 16 juin, avec une chute de pluie d'au moins 13 millimètres sur une période glissante de 31 jours. Le mois le plus pluvieux à El Tarf est janvier, avec une chute de pluie moyenne de 72 millimètres.

La période sèche de l'année dure 2,1 mois, du 16 juin au 20 août. Le mois le moins pluvieux à El Tarf est juillet, avec une chute de pluie moyenne de 4 millimètres.

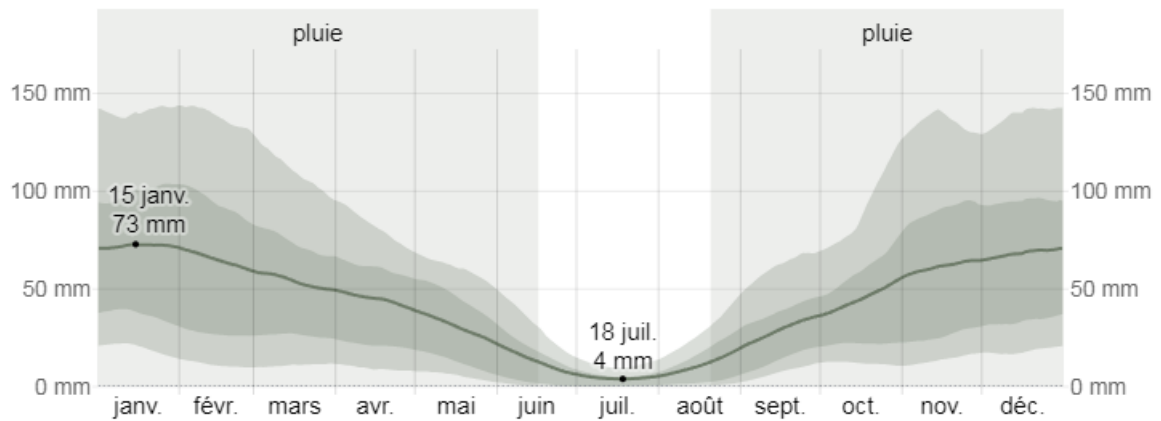


Figure 6. Pluviométrie mensuelle moyenne à El Tarf

3.4. Présentation de la région d'étude

Le site d'étude est situé dans un verger d'agrumes établi dans un bioclimat méditerranéen humide comme on le rencontre dans la région d'El Tarf particulièrement propice à l'arboriculture. Cet agroécosystème de trois hectares de superficie est principalement dominé par deux variétés de *Citrus sinensis* : la Thomson Navel (Tomatira) pour sa précocité et l'Old Carandré (Olokrandri) pour sa richesse variétale. C'est la complémentarité de ces variétés, en phase de floraison actuellement, que nous allons exploiter pour recenser l'entomofaune et analyser la biodiversité des insectes des vergers d'agrumes de notre région, ce qui justifie le choix du verger comme station expérimentale.



Figure 7. Verger de Sidi Belgassem (photo personnelle ,2026)

3.5. Matériel utilisé

3.5.1. Sur le terrain :

Pots Barber

Pioche

Tulle

Solution savonneuse

réipients en plastique

Alcool (éthanol à 70°)

Pièges jaunes

3.5.2. Au laboratoire :

Au laboratoire nous avons utilisé le matériel suivant :

Une loupe binoculaire pour le triage, le comptage et la détermination des espèces

Des épingles entomologiques

Des boites de collection

Des flacons et étiquettes

Alcool (éthanol à 70°)

Des guides entomologiques

3.6. Méthodes d'échantillonnage

3.6.1. Méthodes d'échantillonnage des arthropodes

D'après DAJOZ (1970) et BENKHELIL (1992), plusieurs techniques de piégeage peuvent être mises en œuvre pour attraper les insectes, en fonction des habitats où ils résident. Que ce soit dans l'air, sur le feuillage, sur les troncs d'arbres, sur les plantes basses, dans les fruits, sur le sol, à proximité des racines, parmi les débris ou encore dans les nids ou refuges d'oiseaux. C'est pourquoi, afin de réaliser un grand nombre d'observations sur le terrain, il est nécessaire

de disposer d'instruments ou d'outils de collecte spécifiques. Dans cette étude, au sein des serres, nous avons employé les pièges enfouis ou pots Barber.

3.6.1.1. Utilisation des pots – pièges (pots – Barber)

Cette section décrit la méthode des pots Barber. Ses points forts et ses points faibles sont précisés.

Description de la méthode.

L'usage le plus fréquent se fait avec une piège-trappe ou un pot Barber. Son utilisation est facile et il est destiné à l'échantillonnage des biocénoses d'invertébrés qui se déplacent en surface du sol (BENKHELIL, 1992). Il s'agit tout simplement d'un récipient de différentes sortes, qu'il s'agisse d'une tasse ou de boîtes de conserve métalliques ayant une capacité de 1dm³ ou un litre. Les boîtes sont enfouies de manière verticale, de sorte que leurs ouvertures se situent au niveau du sol. Le sol est compacté tout autour de l'orifice afin d'empêcher le phénomène de barrière pour les espèces de petite taille.

D'après BENKHELIL (1992), tous les écrivains s'accordent à recommander de remplir les pots d'un tiers de leur contenu avec un liquide préservateur pour empêcher la décomposition des invertébrés capturés dans le piège. De plus, chaque pot Barber est rempli d'un tiers de sa hauteur avec de l'eau savonneuse qui sert de mouillant et favorise la capture des arthropodes. Ces pièges sont couverts d'une pierre plate élevée grâce à quelques petits gravillons pour prévenir la dilution du liquide de conservation lors des précipitations.



Figure 8. Pots Barber (photo personnelle, 2026)

Avantages de la méthode de l'utilisation des pots Barber

C'est une technique facile à mettre en œuvre. Elle n'exige pas d'importants moyens techniques. Effectivement, pour appliquer la méthode des pots-pièges, il suffit d'avoir environ 12 boîtes de conserve en métal vides, avec une capacité de 1 dm³ chacune. En termes de volume, d'un conteneur d'eau et de quelques grammes ou quelques centimètres cubes de nettoyant. L'utilisation des pots Barber permet de piéger des espèces diurnes et nocturnes qui se trouvent au niveau du sol. Cette approche est destinée à la collecte des petites espèces d'arthropodes vivant dans le sol. Le détergent agit en tant que mouillant. Cela dissout la couche lipidique de l'épicuticule entraînant la noyade et la mort des arthropodes.

Inconvénients de l'approche d'emploi des pots-pièges

Le souci rencontré est la perte d'eau par évaporation dans les pots Barber, due à des températures excessives au printemps et surtout durant l'été. L'incapacité de contrôler les pots pendant de longs intervalles entraîne le processus d'osmose et les changements visibles de la taille des espèces prélevées. En outre, il est important de noter que parfois, des pots sont déterrés et pris par des curieux ou détruits par superstition.

3.6.1.2. Pièges jaunes

On a prélevé des échantillons d'insectes en utilisant des pièges faits maison qui attirent les insectes volants avec de la couleur jaune. Ces pièges étaient placés à environ un mètre et demi de hauteur dans les arbres. Les insectes, surtout les mouches et les guêpes, sont attirés par le jaune et tombent dans une solution liquide faite d'eau et d'un agent mouillant. On a collecté les échantillons chaque semaine pendant toute la période d'étude. Cela nous a permis de renouveler régulièrement les pièges et d'observer les populations d'insectes de manière dynamique. Après chaque collecte, on a soigneusement étiqueté les échantillons et les a envoyés au laboratoire pour compter et identifier les espèces.



Figure 9. Pièges jaunes utilisés dans notre étude (photo personnelle, 2026)

3.6.1.3. Collection des feuilles et des rameaux

La formation s'est effectuée de manière aléatoire sur des ramures et des rameaux. Les échantillons collectés sont ensuite disposés différemment dans des sacs en papier où sont indiqués les dates et le lieu de collecte.



Figure 10. Collecte des feuilles (photo personnelle, 2026)

3.6.2. Méthode de travail au laboratoire

L'identification et le comptage des insectes collectés s'effectuent dans les locaux du laboratoire.

La détermination exacte des espèces se base, selon les situations : sur des critères morphologiques observables à l'œil nu (dimension, aspect global, couleur) sur des critères morphologiques visibles uniquement avec un agrandissement plus ou moins important (quantité et emplacement des soies, pilosité, ponctuation, stries, etc.). Les spécimens de grande taille sont identifiés et stockés dans des boîtes de collection, tandis que les spécimens plus petits sont conservés dans des tubes contenant de l'alcool. Nous collons une étiquette sur chaque tube où sont mentionnés le lieu, la date de collecte et l'appellation de l'espèce.

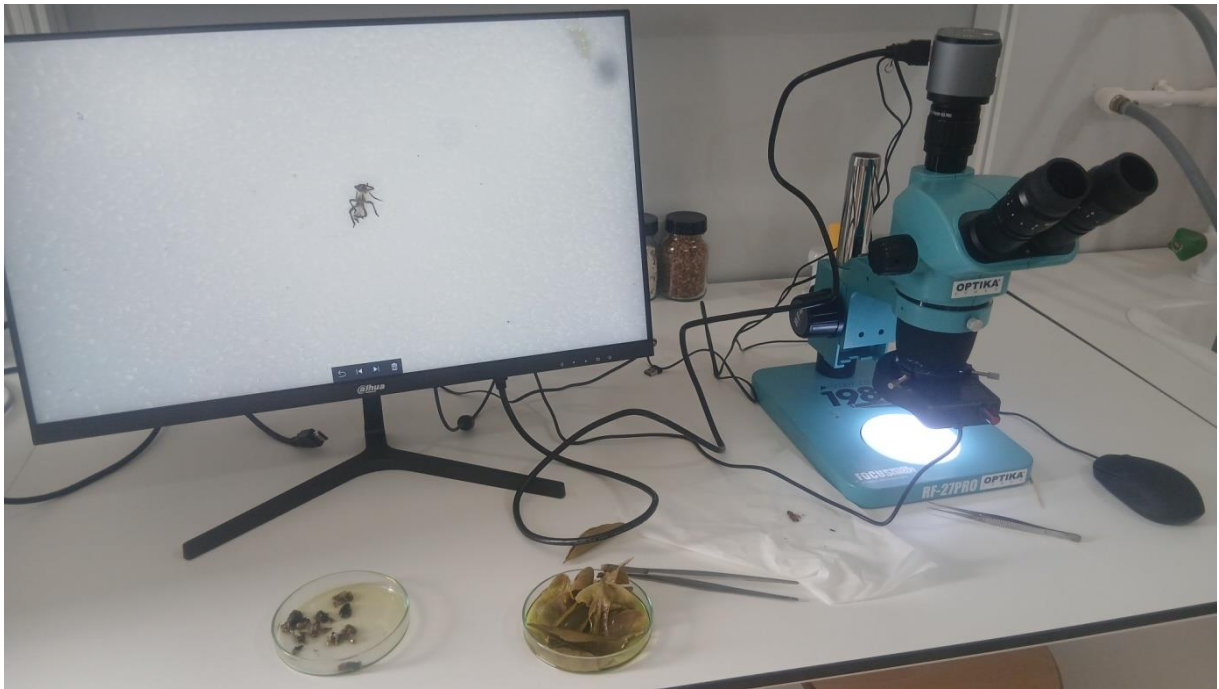


Figure 11. Méthode de travail au laboratoire (photo personnelle 2026)

3.6.3. Détermination

Pour l'identification de notre faune, nous nous référons à la documentation ci-après : PERRIER (1971), WOLFGANG et WERNER (1992), MCGAVIN (2000), JOACHIM et HAUPT (2000), TOLMAN et LEWINGTON (2009), ainsi que WEGNEZ et AL. (2012). L'identification des espèces se fait à l'aide d'une loupe binoculaire, en consultant la documentation ci-dessous : BEDDEL (1895) et ROBERTS (2009).

3.7. Traitement des données numériques

3.7.1. L'abondance relative (AR%)

L'abondance est le nombre d'individu d'une population donnée présent par unité de surface ou de volume (RAMADE, 2003).

L'abondance relative (Ar %)est donne le pourcentage d'individus récoltés dans le peuplement (RAMADE, 1984).

L'abondance relative est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Ar \%} = \frac{n_i}{N} \times 100$$

Où n_i : est le nombre d'individus d'une espèce

N : est le nombre total d'individus de toute l'espèce

3.7.2. Richesse spécifique (S)

Est le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné. La richesse totale d'une biocénose correspond à la totalité des espèces qui la composent (RAMADE, 2003).

L'exploitation des résultats de cette recherche s'appuie sur l'indice de diversité de Shannon Weaver et l'indice d'équitabilité.

3.7.3. Indice de diversité selon Shannon-Weaver (H')

$H' = - \sum q_i \log_2 q_i$ où $q_i = n_i / N$;

H' : Mesure de diversité de Shannon-Weaver exprimée en bits ; q_i : Proportion d'individus d'une espèce par rapport à l'ensemble des individus de toutes les espèces réunies.

3.7.4. Indice d'équitabilité :

L'équitabilité est le rapport de la diversité observée (H') à la diversité maximale ($H'_{\max}$) (BARBAULT, 1981 ; WEESIE et BELEMSOBGO, 1997). Il est calculé par la formule suivante :

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

E : Indice d'équitabilité ;

H' : Indice de diversité de Shannon-Weaver ; $H_{\max}$: Indice de diversité maximale.

Où : $H'_{\max} = \log_2 S$

$\log_2$: Logarithmes à base de 2.

Les valeurs de E varient entre 0 et 1. E tend vers 0 lorsque la majeure partie des effectifs appartient à une ou deux espèces. Alors que si E tend vers 1, ceci implique que la plupart des espèces sont représentées par presque le même nombre d'individus (RAMADE, 2003).

Résultats et Discussion

Chapitre 4 : Résultats

4.1. Analyse de la Diversité Alpha et Stabilité de l'Écosystème

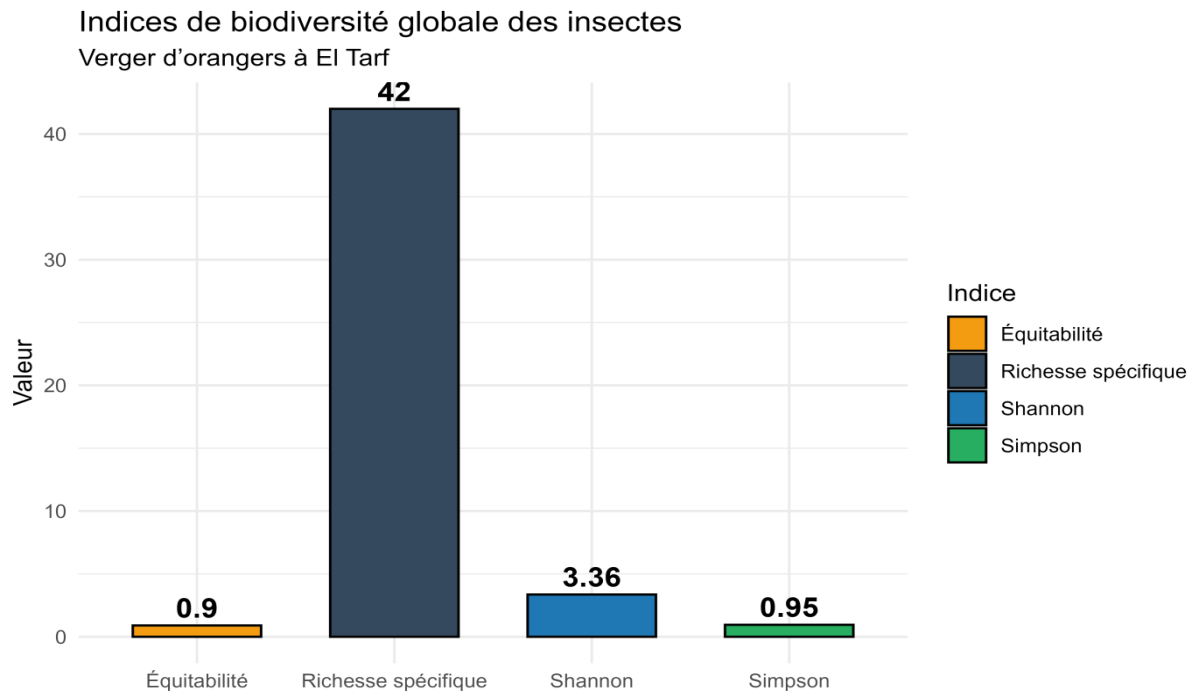


Figure 12. Indices de biodiversité globale des insectes dans le verger d'orangers à El Tarf

L'inventaire réalisé au sein du verger d'orangers révèle une richesse spécifique (S) de 42 espèces. Cette valeur témoigne d'un milieu biologiquement diversifié, offrant une multitude de niches écologiques. L'indice de Shannon (H'), calculé à 3,36 bits, indique que la structure de la communauté est complexe et que l'information écologique est riche. Cette complexité est confirmée par l'indice de Simpson (0,95), qui montre une probabilité quasi totale que deux individus prélevés au hasard appartiennent à des taxons différents, soulignant ainsi une faible dominance d'une espèce unique au détriment des autres. Enfin, l'équitabilité de Pielou (E = 0,9), proche de la valeur maximale (1), est un indicateur majeur d'un équilibre écologique stable.

4.2. Composition Taxonomique et Dominance des Familles

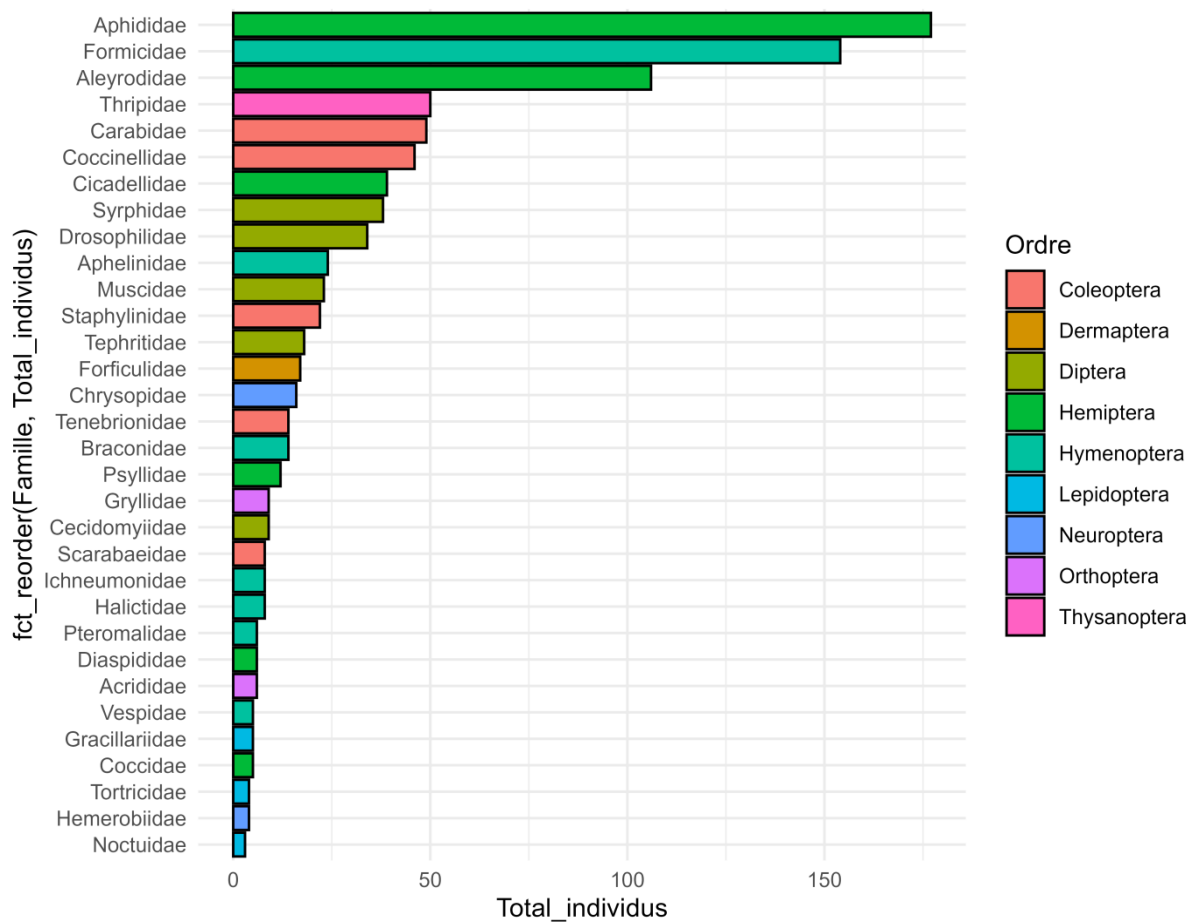


Figure 13. Abondance des insectes en fonction des ordres et des familles.

La répartition numérique des captures met en évidence la prédominance de l'ordre des Hemiptera, principalement représenté par les Aphididae (pucerons) et les Aleyrodidae (aleurodes). Cette dominance s'explique par le statut de ces insectes en tant que bio-agresseurs inféodés aux agrumes. Toutefois, cette présence est contrebalancée par une forte représentation des Hymenoptera, dominés par les Formicidae..

4.3. Analyse de l'Abondance Spécifique et Interactions Trophiques

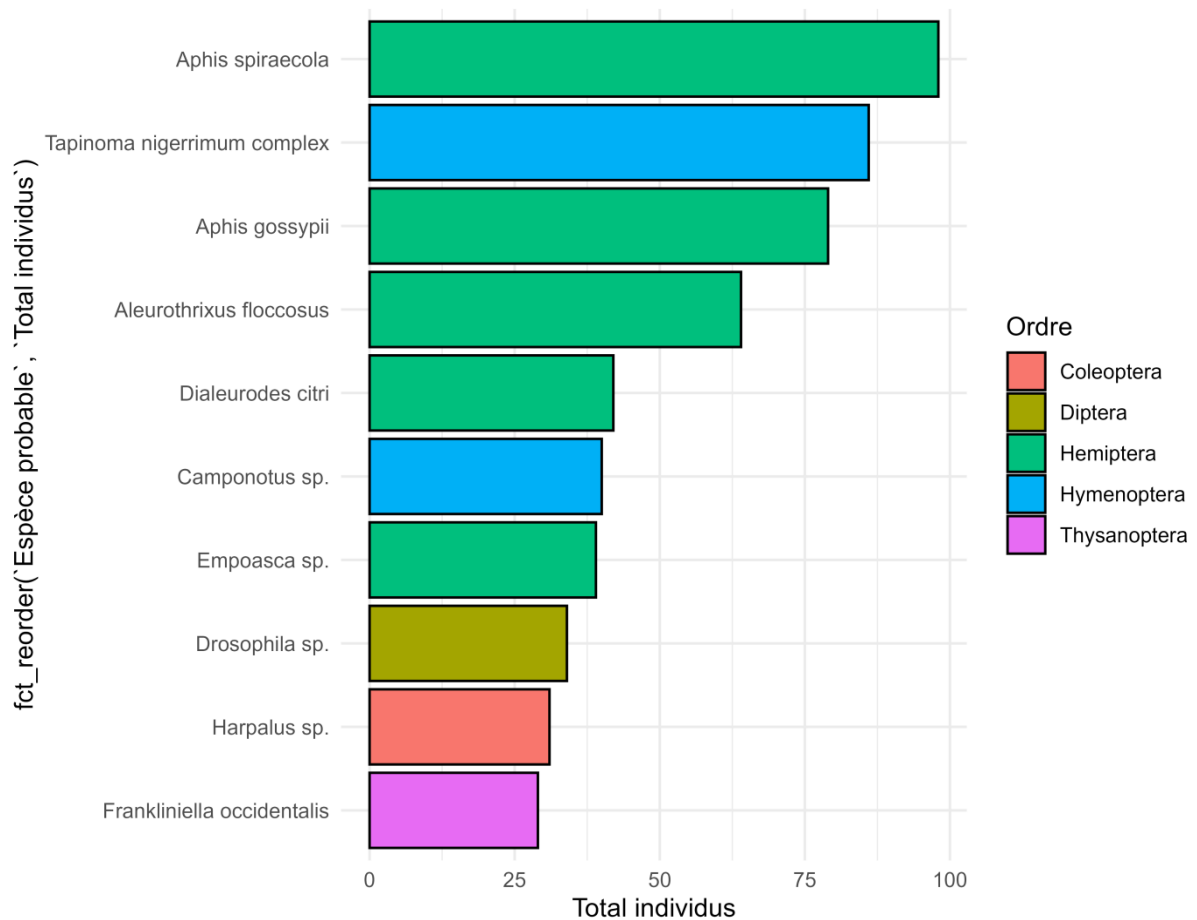


Figure 14. Détail de l'abondance par genres et espèces

L'analyse fine montre que l'espèce *Aphis spiraecola* est le taxon le plus abondant, suivie par le complexe de fourmis *Tapinoma nigerrimum* et *Aphis gossypii*. La coexistence de ces espèces suggère une dynamique de colonisation rapide des jeunes pousses d'orangers. On note également la présence de ravageurs secondaires mais constants tels que *Aleurothrixus floccosus* et *Dialeurodes citri*. À un niveau trophique supérieur, la détection des genres *Harpalus* sp., *Coccinella* sp. et *Episyrphus* sp. indique une activité de prédation et de parasitisme active.

4.4. Structuration de la Communauté par Heatmap

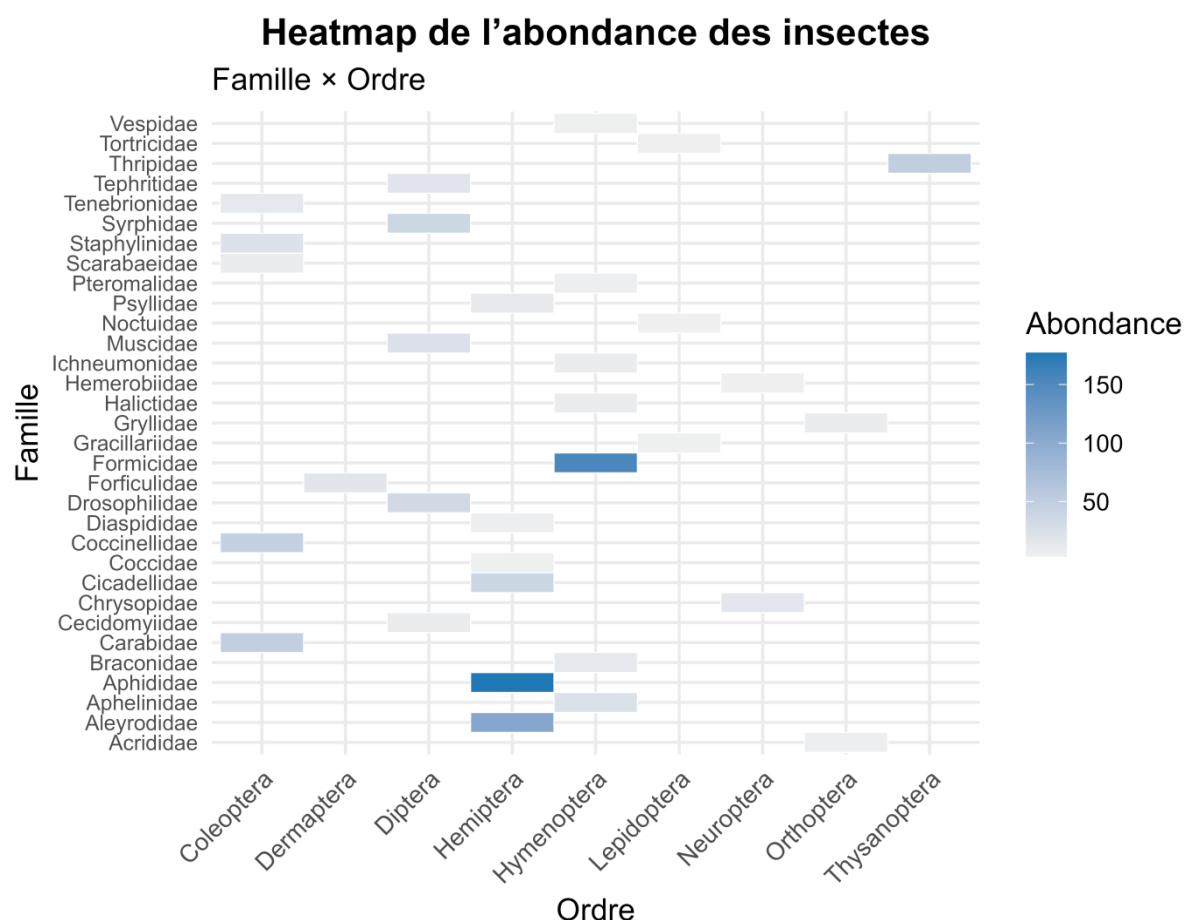


Figure 15. Heatmap de l'abondance (Famille × Ordre).

La heatmap représentant l'abondance des insectes en fonction des ordres et des familles met en évidence une structuration marquée de la communauté entomologique au sein du verger d'orangers.

L'ordre des Hemiptera apparaît comme l'un des groupes dominants, notamment en raison de l'abondance élevée des Aphididae et des Aleyrodidae, De même, l'ordre des Hymenoptera se distingue par une forte représentation des Formicidae,

Les Coleoptera, en particulier les Carabidae et les Coccinellidae, présentent également des abondances significatives. L'ordre des Diptera montre une diversité notable avec des familles telles que les Syrphidae et les Drosophilidae,.

À l'inverse, certains ordres tels que les Orthoptera, Neuroptera et Lepidoptera présentent des abondances plus faibles et une distribution plus dispersée

Chapitre 5 : Discussion

L'inventaire réalisé dans le verger d'orangers à El Tarf a mis en évidence une richesse de 42 espèces. L'indice de Shannon (3,36 bits) et l'équitabilité de Piélou (0,9) suggèrent une répartition équilibrée des insectes au sein de cet agroécosystème. Ces valeurs semblent indiquer que le milieu offre des ressources variées permettant le maintien de nombreux taxons. Ce résultat pourrait rejoindre les observations de Magurran (2004), qui souligne que des indices de diversité élevés marquent souvent une bonne résilience. L'analyse de la composition taxonomique de notre verger d'orangers à El Tarf montre une dominance numérique très nette de l'ordre des Hemiptera. Au sein de ce groupe, c'est la famille des Aphididae, et plus particulièrement l'espèce *Aphispiraeicola*, qui apparaît comme l'un des insectes les plus fréquemment capturés. Cette forte présence constatée dans nos relevés rejoint les conclusions de plusieurs travaux menés en Algérie. En effet, Khaladi (2020) dans les vergers de la Mitidja, ainsi qu'Amokrane (2023) dans la région de Chlef, décrivent également ce puceron vert comme un bio-agresseur majeur et constant des structures agrumicoles.

Pour expliquer biologiquement cette abondance à El Tarf, plusieurs facteurs environnementaux et physiologiques peuvent être avancés. D'une part, le développement des colonies de pucerons est souvent synchronisé avec les poussées de sève de l'oranger, qui génèrent de jeunes pousses tendres et particulièrement riches en éléments nutritifs. D'autre part, les caractéristiques climatiques de la wilaya d'El Tarf, marquée par une humidité atmosphérique élevée et des températures douces favorisées par la proximité du littoral, offrent des conditions idéales pour la reproduction de ce phytophage, comme le suggèrent les descriptions climatiques régionales de Bousnoubra et al. (2004).

Sur le plan agronomique et de la santé du verger, cette dominance numérique d'*Aphispiraeicola* représente un risque de dégâts importants. Au-delà de l'affaiblissement direct des jeunes rameaux par piqûre, l'excrétion continue de miellat par ces insectes forme un dépôt collant sur le feuillage. Ce miellat favorise le développement d'un champignon noir, la fumagine, souvent signalée dans ce type d'infestation par Zappalà et al. (2020). Ce complexe réduit la surface photosynthétique de l'arbre et peut altérer la qualité future des fruits, ce qui montre l'importance de surveiller attentivement ce taxon dans le cadre d'un programme de lutte intégrée.

Après les pucerons, les populations d'aleurodes et de cochenilles représentent un autre groupe de ravageurs fréquemment observé dans nos relevés à El Tarf. Leur détection est habituelle dans les vergers d'orangers du bassin méditerranéen, comme le décrivent Zappalà et al. (2020) dans leurs travaux sur les insectes phytophages des Citrus.

Sur le plan biologique, le maintien de ces insectes piqueurs-suceurs dans le verger pourrait s'expliquer par la densité importante du feuillage des arbres (Smaili et al. 2020). Cette architecture végétale crée des micro-habitats ombragés et abrités, ce qui offre des conditions favorables au développement de leurs colonies fixes (Khaladi, 2020).

Un autre facteur biologique important concerne l'observation fréquente de la fourmi *Tapinomanigerrimum* sur les mêmes rameaux. Cette présence simultanée suggère une possible relation mutualiste. En effet, comme le soulignent Smaili et al. (2020), les fourmis protègent souvent les cochenilles et les aleurodes contre leurs prédateurs naturels afin de récolter le miellat qu'ils sécrètent. Pour la gestion de notre verger, cette interaction peut indiquer un risque d'augmentation des foyers de ravageurs, car la protection par les fourmis pourrait limiter l'action des agents de régulation naturelle.

En parallèle avec l'observation des insectes piqueurs-suceurs, les populations de fourmis, en particulier l'espèce *Tapinomanigerrimum*, occupent une place importante dans nos captures à El Tarf. Cette forte présence des Formicidae est fréquemment signalée dans les agrumes de la région méditerranéenne, comme le rapportent Smaili et al. (2020) dans leurs inventaires sur l'entomofaune des vergers.

Sur le plan biologique, cette abondance pourrait s'expliquer par la grande quantité de miellat disponible dans le verger, produit par les colonies de pucerons et de cochenilles. Les fourmis consomment ce miellat qui constitue une source d'énergie majeure pour leur colonie. Les conditions du sol et le climat doux d'El Tarf pourraient également offrir un environnement favorable à l'installation de leurs nids.

Cette présence soutenue peut indiquer un impact indirect sur la santé du verger. En effet, de nombreux travaux, comme ceux de Khaladi (2020), suggèrent que les fourmis agressent activement les prédateurs et les parasitoïdes pour protéger leur source de nourriture. Ce comportement de protection pourrait réduire l'efficacité de la régulation biologique et favoriser le maintien des foyers de ravageurs sur les jeunes rameaux. Dans le cadre d'un

programme de lutte intégrée, ce résultat montre qu'il pourrait être utile de surveiller l'activité des fourmis afin de permettre aux ennemis naturels de circuler librement dans les arbres.

En plus des prédateurs, l'inventaire mené dans le verger d'El Tarf a révélé la présence de micro-hyménoptères parasitoïdes, en particulier les genres *Aphidius* et *Encarsia*. Ces insectes sont fréquemment mentionnés dans les études agrumicoles du bassin méditerranéen. En effet, des travaux similaires comme ceux de Guerrieri et al. (2019) et de Smaili et al. (2020) les décrivent comme des éléments essentiels pour la limitation naturelle des populations de ravageurs en milieu agrumicole. De plus, la présence de ces genres particuliers est comparable aux observations de Khaladi (2020) et d'Amokrane (2023), qui ont également recensé ces micro-auxiliaires dans d'autres vergers d'agrumes en Algérie, confirmant leur large distribution dans le pays.

Sur le plan biologique, la détection de ces genres suggère qu'un processus de régulation par le parasitisme existe au sein du verger. Le genre *Aphidius* est connu pour se développer aux dépens des pucerons, tandis que le genre *Encarsia* cible principalement les larves d'aleurodes, un comportement biologique bien détaillé par Zappalà et al. (2020). Leur maintien dans le milieu pourrait s'expliquer par la disponibilité constante de leurs hôtes respectifs, mais aussi par une faible perturbation du milieu. Comme le soulignent Wang et al. (2022), ces petits hyménoptères sont très sensibles aux traitements chimiques intensifs ; leur présence à El Tarf pourrait donc indiquer des pratiques culturales relativement préservatrices.

La présence de ces parasitoïdes apporte une information utile sur la structure biologique du milieu, mais elle doit être interprétée avec prudence. Comme notre étude repose sur un inventaire entomologique et non sur un suivi expérimental, ce résultat ne permet pas de mesurer les taux de parasitisme réels, une nuance méthodologique également rappelée par Magurran (2004) pour ce type d'échantillonnage. Néanmoins, ce constat suggère que le verger possède une base biologique utile. Selon Vacas et al. (2021), la préservation de ces micro-auxiliaires est une étape clé pour réussir la transition vers une stratégie de protection intégrée (IPM) et limiter l'usage des insecticides à large spectre.

Implications pratiques pour la mise en œuvre de la Lutte Intégrée (IPM) :

Au-delà des chiffres et de l'inventaire brut, nos observations sur le terrain prennent tout leur sens lorsqu'on les traduit en actions concrètes pour l'agrumiculteur. La présence simultanée de ravageurs et d'une faune utile diversifiée à El Tarf montre que ce verger possède une vie

biologique active. Comme le soulignent Wang et al. (2022), l'esprit de la protection intégrée n'est jamais de chercher à éradiquer totalement les insectes phytophages. L'objectif humain et agronomique est plutôt d'apprendre à tolérer leur présence à des niveaux acceptables, tout en laissant les régulations naturelles agir pour maintenir ces bio-agresseurs sous le seuil de nuisibilité économique.

Pour appliquer concrètement cette approche à El Tarf, la première action humaine consiste à remplacer les traitements chimiques systématiques par un suivi visuel et régulier du verger. L'agriculteur doit observer la dynamique des jeunes pousses, car c'est à ce moment précis que la sève attire les premières colonies d'*Aphispiraeola*, un phénomène de synchronisation bien décrit par Amokrane (2023). En combinant ces inspections visuelles avec l'installation de pièges phéromonaux spécifiques, l'exploitant peut suivre précisément les courbes de vol des ravageurs et n'intervenir que si le risque est réel, une méthode de monitoring validée par Vacas et al. (2021).

Le deuxième levier, particulièrement adapté à la richesse écologique que nous avons recensée, repose sur la valorisation des ennemis naturels déjà sur place. Puisque nous avons détecté des prédateurs actifs (Coccinellidae, Syrphidae) et des parasitoïdes précieux (*Aphidius*, *Encarsia*), il devient essentiel de modifier nos pratiques pour les protéger. Les travaux de Guerrieri et al. (2019) et de Smaili et al. (2020) rappellent que l'usage d'insecticides à large spectre brise cruellement ces équilibres en éliminant les auxiliaires bien avant les ravageurs. Une gestion humaine et durable implique donc de bannir ces produits chimiques agressifs au profit de produits sélectifs ou de solutions biologiques, préservant ainsi ces précieux alliés de l'agriculteur.

Enfin, l'aménagement de l'environnement direct du verger constitue une étape clé pour stabiliser ce contrôle biologique sur le long terme. Permettre le développement d'une flore spontanée ou de bandes enherbées entre les rangs d'orangers, comme le suggèrent Rodriguez-Gasol et al. (2020), change complètement la dynamique du milieu. Ces plantes compagnes offrent des refuges indispensables, du pollen et du nectar pour nourrir les syrphes et les micro-hyménoptères lorsque les ravageurs se font rares. De plus, une attention particulière doit être portée à la gestion des fourmis (*Tapinomanigerrimum*). En limitant leur accès aux arbres, par exemple avec des bandes de glu sur les troncs, on empêche ces dernières de harceler les auxiliaires, ce qui redonne aux coccinelles et aux parasitoïdes toute leur efficacité pour protéger naturellement le feuillage (Khaladi, 2020; Smaili et al., 2020).

Conclusion

Cet inventaire entomologique réalisé dans un verger d'orangers à El Tarf a permis de mieux comprendre la composition de l'entomofaune associée aux agrumes dans une région à fort potentiel agrumicole. L'étude a mis en évidence une richesse spécifique importante, estimée à 42 espèces, ainsi qu'une diversité globale relativement élevée, exprimée par un indice de Shannon de 3,36 et une équitabilité de 0,9. Ces résultats montrent que le verger étudié abrite une communauté d'insectes variée et assez équilibrée, où plusieurs groupes fonctionnels coexistent au sein du même agroécosystème.

Les résultats obtenus montrent cependant que cette diversité n'exclut pas la présence des ravageurs. Les Hémiptères, principalement représentés par les Aphididae, les Aleyrodidae et les cochenilles, occupent une place notable dans les captures. Parmi eux, *Aphispiraeicola* apparaît comme l'un des taxons les plus fréquents. En parallèle, l'inventaire a révélé la présence d'une faune auxiliaire intéressante, composée de prédateurs tels que les Coccinellidae, les Syrphidae et les Carabidae, ainsi que de micro-hyménoptères parasitoïdes appartenant aux genres *Aphidius* et *Encarsia*.

L'étude a également mis en évidence le rôle particulier des fourmis, notamment *Tapinomanigerrimum*, dont la présence fréquente peut modifier l'équilibre entre ravageurs et ennemis naturels. En protégeant certains insectes producteurs de miellat, comme les pucerons, les aleurodes ou les cochenilles, les fourmis peuvent réduire l'efficacité des prédateurs et des parasitoïdes.

En perspective, il serait donc utile de poursuivre ce travail sur plusieurs saisons et dans plusieurs vergers afin de comparer la dynamique des ravageurs et des auxiliaires cela permettrait de mieux comprendre les relations trophiques qui structurent l'agroécosystème.

Références Bibliographiques

Alvis, J., Tena, A., & Urbaneja, A. (2020). Rôle des groupes fonctionnels et régulation des ennemis naturels en agrumiculture . Revue d'Écologie Appliquée.

Amokrane, D. (2023). Les potentialités d'une protection biologique des agrumes vis-à-vis des pucerons dans la région de Chlef. Thèse de Doctorat, Université Hassiba Benbouali de Chlef, 202 p.

Anonyme (1980). Inventaire des arthropodes nuisibles aux agrumes. Document technique de référence.

Aubert, B. (1992). L'agrumiculture mondiale et les enjeux de la protection phytosanitaire. Revue de l'agrumiculture.

Aubert, B., & Vullin, G. (1997). Pépinières et plantations d'agrumes. Éditions du CIRAD, Montpellier, France.

Barbault, R. (1981). Écologie des populations et des peuplements. Éditions Masson, Paris, 200 p.

Bousnoubra, H., Kherici, N., & Kherici-Bousnoubra, H. (2004). Paramètres climatiques et ressources en eau dans l'extrême Nord-Est Algérien. Revue des Sciences de l'Eau.

Brun, P. (1995). Besoins en eau et pilotage de l'irrigation des agrumes en climat méditerranéen. Revue de l'agrumiculture.

Chapot, H. (1962). L'agrumiculture marocaine. Éditions de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Rabat.

D.S.A. El Tarf (2017). Rapport annuel sur la production et l'exportation des agrumes dans la wilaya d'El Tarf. Direction des Services Agricoles.

F.A.O. (2005). Données statistiques sur la production mondiale des fruits. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome.

Guerrieri, E., Cascone, P., & Sasso, R. (2019). Introduction, augmentation et conservation des auxiliaires : axes de la lutte biologique. In: Agroecosystems and Pest Management.

Imbert, E. (2007). Le marché mondial des agrumes : Évolutions et perspectives. FruiTrop, CIRAD.

Khaladi, O. (2020). Biodiversité entomologique et dynamique des groupes fonctionnels dans quelques vergers d'agrumes en Algérie. Thèse de Doctorat, Université Saad Dahlab Blida 1, 155 p.

Loeillet, D. (2008). Les agrumes dans le monde : Une production en pleine mutation. Rapport de conjoncture, CIRAD.

Loussert, R. (1987). Les Agrumes. Volume 1 : Morphologie, physiologie, variétés, porte-greffe*. Techniques agricoles et productions méditerranéennes, Éditions Lavoisier, Paris.

Loussert, R. (1989a). Les Agrumes. Tome 2 : Production. Éditions J.B. Baillière, Paris.

Magurran, A. E. (2004). Measuring Biological Diversity. Blackwell Science Ltd, Oxford, 256 p.

Ramade, F. (2003). Éléments d'écologie : Écologie fondamentale. 3ème édition, Éditions Dunod, Paris, 690 p.

Rebour, H. (1966). Les agrumes : Manuel de culture pratique. Éditions J.B. Baillière et fils, Paris.

Rodriguez-Gasol, N., Alins, G., & Aparicio, Y. (2020). Gestion de l'habitat et couverts végétaux : ressources pour les syrphidés et les chrysopes. Journal of Pest Science.

Schneider, H. (1968). The anatomy of Citrus. In: The Citrus Industry, Vol. 2, University of California Press.

Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.

Smaili, M. C., Blenzar, A., & Gabarra, R. (2020). Complexes d'auxiliaires associés aux ravageurs des agrumes dans le bassin méditerranéen. Agriculture et Systèmes Trophiques.

- Tena, A., & Garcia-Marí, F. (2017). Biologie et contrôle de *Phyllocnistiscitrella* dans les vergers de Citrus. *Entomology Today*.
- Urbaneja, A., González-Cabrera, J., Arnó, J., & Gabarra, R. (S.D.). Diversification de la flore spontanée et résilience des vergers face aux invasions biologiques. Rapport technique sur la biodiversité fonctionnelle.
- Vacas, S., Alfaro, C., Primo, J., & Navarro-Llopis, V. (2021). Monitoring et seuils de nuisibilité économique : usage des pièges phéromonaux en agrumiculture. *Pest Management Science*.
- Wang, Y., Lu, Y., & Gao, J. (2022). Concepts et gestion de la Protection Intégrée des Cultures (IPM). *Journal of Agricultural Science*.
- Webber, H. J. (1967). History and development of the Citrus industry. In: *The Citrus Industry*, Vol. 1, University of California Press.
- Weesie, P. D. M., & Belemsobgo, U. (1997). Les indices de diversité et d'équitabilité : outils pour la gestion de la biodiversité*. *Journal d'Écologie Tropicale*.
- Zappalà, L., Biondi, A., Alma, A., & Desneux, N. (2020). Classification des phytophages selon les organes attaqués et les modes de nutrition. In: *Citrus Pest Management*.