

Popular Democratic Republic of Algeria
Ministry of High Education and Scientific Research
Abbes Laghrou University- Khenchela-
Natural and life sciences Faculty
Molecular and Cellular Biology Department



N° de série:

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES **DE MASTER ACADEMIQUE**

Domaine : **Sciences de la nature et de la vie**

Filière : **Sciences Biologiques**

Spécialité : **Biologie et contrôle des populations des insectes**

Présenté par :

Khouloud KEZIZ ikram AGHROU

Thème

Etude comparative de la biodiversité des Arthropodes en
zone forestière naturelle et reboisé dans la région de
khenchela

Mémoire soutenu publiquement le 18/06/2025 Devant le jury composé de :

M.Mehdi BADIS

MCB, Univ. Abbès Laghrou Khenchela Président

M.Mohamed Amine AICHE

MCB, Univ. Abbès Laghrou Khenchela Encadreur

M. MAAMAR Hichem

MCB, Univ. Abbès Laghrou Khenchela, Examinatrice

Année Universitaire

2024/2025



Remerciements

Au début de ce travail scientifique, nous ne pouvons que remercier Allah, Le Tout-Puissant, qui nous a accordé la force, la volonté et la patience pour mener à bien ce long Parcours et pour réaliser humblement ce mémoire.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadrant, Monsieur **AICHE Mohamed Amine**, pour avoir accepté de superviser ce travail, pour son accompagnement, Ses conseils précieux, sa disponibilité et son engagement. Nous lui adressons nos plus sincères remerciements et tout notre respect.

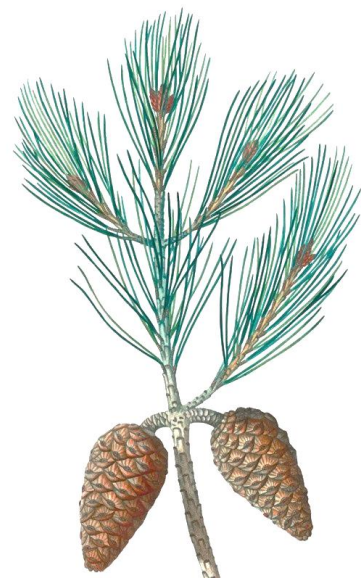
Nous tenons également à remercier chaleureusement les membres du jury :

Monsieur **BADIS Mehdi** Pour avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.

Monsieur **MAAMAR Hichem** pour avoir bien voulu examiner notre travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'ensemble des enseignants et enseignantes qui nous ont accompagnées et soutenues tout au long de notre parcours universitaire, depuis les premières années jusqu'à aujourd'hui.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire, par un mot, une prière ou un simple geste de soutien dans les moments de difficulté.





Dédicace

À celle dont les prières ont été le secret de ma réussite, dont la tendresse a apaisé Mon âme, et dont le sourire a illuminé mes journées, À celle qui a veillé sur moi des nuits entières, qui a supporté ma fatigue avec joie, et qui a toujours été le refuge de mes instants de faiblesse...

À ma chère mère,

Je dédie ce travail modeste en reconnaissance de ton amour inconditionnel et en hommage à tes innombrables sacrifices.

À celui qui a été mon modèle et mon guide, À celui qui a ancré en moi les valeurs du travail, de la sincérité et de l'autonomie,

À mon cher père,

Je te dédie ce fruit de mes efforts, qui n'aurait jamais mûri sans ton soutien constant, Tes encouragements et ton souci permanent de me voir réussir. Reçois ici L'expression de mon profond respect et de ma gratitude.

À l'âme de celui qui nous a quittés physiquement, mais qui reste vivant dans nos Cœurs et nos souvenirs,

À mon oncle Aissa,

Mon second père, qu'Allah lui accorde Sa vaste miséricorde, Je dédie ce travail à son âme pure, en reconnaissance pour tout ce qu'il m'a offert de conseils et de soutien durant sa vie. Qu'Allah fasse de cette dédicace une Lumière dans sa tombe et un poids de bonnes actions dans sa balance.

À mes frères bien-aimés,

Vous avez été mon soutien après Dieu, mes compagnons de route, Vous avez toujours été présents par vos paroles et votre présence réconfortante. Je vous dédie cet accomplissement avec tout mon amour et ma gratitude, pour avoir été à mes côtés tout au long de ce parcours.

KHOULOU





Dédicace

À moi-même...

Je t'offre cet accomplissement, fière de ce que tu as été, et pleine d'espoir pour ce que tu seras.

À mes chers parents

*Mon père **Abdallah** et ma mère **Fariha Boumaâref**.*

À mes frères

***Wahib, Ziad et Nour l'Islam**, vous êtes mon soutien et la lumière de ma vie.*

*À mon grand-père * **Hussein** et ma grand-mère* **Aïcha**, vous êtes la bénédiction de ma vie.*

Vos prières éclairent mon chemin et me donnent de la force à chaque instant.

Votre amour est la clé de mon bonheur et de ma réussite.

À mon cher oncle Rabah et sa femme Sabrine, je vous adresse toute ma gratitude*

Pour votre soutien constant et vos encouragements sincères.

À mes chères tantes : Hakima et Hafida, vous êtes toujours dans mon cœur... Votre amour est inoubliable.

*À mes cousines adorées : **Siradj, Rahaf, Hadil, Sirin, Jouri Chahd Al Janna**, vous êtes les fleurs de ma famille... Je vous envoie tout mon amour.*

*À **mes amies** et compagnes de mes études, merci pour votre précieuse compagnie.*

IKRAM



Liste des figures

Numéro	Les titers des figures	Page
Figure 01	<i>Couverture spatiale des différentes forêts dans le monde. Source (The State of the World's Forests 2020. In brief, 2020).</i>	05
Figure 02	<i>Courbe de variation des températures moyennes (El Hamma, 1990-2020).</i>	21
Figure 03	<i>Histogramme de variation des précipitations moyennes mensuelles (1990-2020).</i>	23
Figure 04	<i>Histogramme de variation des précipitations moyennes annuelles (1990-2020).</i>	24
Figure 05	<i>Diagramme Ombrothérmiq ue de Gaussen.</i>	25
Figure 06	<i>Climagramme d'Emberger.</i>	27
Figure07	<i>Localisation géographique de la commune de Tamza dans la wilaya de Khenchela (google maps, 2025).</i>	28
Figure 08	<i>Image satellite du Site 1 (forêt naturelle) (Google Earth, 2025).</i>	29
Figure 09	<i>Vue générale de la station Naturelle (Original ,2025).</i>	29
Figure 10	<i>Image satellite du Site 2 (forêt reboisée) (Google Earth, 2025).</i>	30
Figure 11	<i>Vue générale de la station reboisée (Original ,2025).</i>	30
Figure 12	<i>Les deux stations naturelle et reboisée choisis à l'intérieur de la forêt de Ouled Yaakoub.</i>	31
Figure 13	<i>Installation des pots barber dans le sol (Originale, 2025).</i>	32
Figure 14	<i>Installation des pièges jaunes dans l'arbre (original ,2025).</i>	33
Figure 15	<i>Conservation des insectes capturée dans des flacons (Original, 2025)</i>	35
Figure 16	<i>photos de matériel utilisé en laboratoire (Original, 2025).</i>	37
Figure 17	<i>Nombre de famille par ordre Entomofaunique dans la région d'étude.</i>	41
Figure 18	<i>Nombre d'espèces par ordre Entomofaunique dans la région d'étude.</i>	42
Figure 19	<i>Importance des ordres dans les sites d'étude.</i>	46
Figure 20	<i>Importance des familles dans les sites d'étude.</i>	48
Figure 21	<i>Importance des familles par ordre site 1.</i>	49
Figure 22	<i>Importance des familles par ordre site 2.</i>	50
Figure 23	<i>Performance des pièges.</i>	53
Figure 24	<i>Evolution mensuelle de la richesse spécifique au niveau de la station</i>	54

	<i>d'étude naturelle.</i>	
Figure 25	<i>Evolution mensuelle de la richesse spécifique au niveau de la station d'étude reboisée.</i>	55

Liste des tableaux

Numéro	Titres des tableaux	Page
Tableau 01	<i>Les coordonnées de la station météorologique d'El Hamma.</i>	20
Tableau 02	<i>Températures moyennes mensuelles (1990-2020).</i>	20
Tableau 03	<i>Précipitation moyenne mensuelle (1990-2020).</i>	22
Tableau 04	<i>Précipitation moyenne annuelle (1990-2020).</i>	23
Tableau 05	<i>Précipitation et la température moyenne mensuelle (1990-2020)</i>	25
Tableau 06	<i>Classification des climats selon l'indice de De Martonne</i>	26
Tableau 07	<i>Calendrie des sorties dans la période d'étude .</i>	40
Tableau 08	<i>Répartition des arthropodes inventoriés par ordre au niveau des deux stations d'étude de la région des Khenchela.</i>	42
Tableau 09	<i>Espèces d'arthropodes inventoriés dans la station naturelle</i>	44
Tableau 10	<i>. Espèces d'arthropodes inventoriés dans la station reboisée</i>	45
Tableau 11	<i>Ordre des arthropodes inventoriées dans les station naturelle et reboisée</i>	47
Tableau 12	<i>Familles des arthropodes inventoriées dans les stations naturelle et reboisée</i>	51
Tableau 13	<i>Qualité d'échantillonnage (a/N) des espèces par les différentes méthodes dans la Station d'étude naturelle</i>	51
Tableau 14	<i>Qualité d'échantillonnage (a/N) des espèces par les différentes méthodes dans la Station d'étude reboisée</i>	51

.

Familles des arthropodes inventoriées dans les stations naturelle et reboisée

Qualité d'échantillonnage (a/N) des espèces par les différentes méthodes dans la Station d'étude naturelle

Liste des abréviations

C° : unité de La température

FAO : organisation de l'agriculture et l'alimentation

Q : Coefficient pulviothermique DEMBERGE

% : Sur

T : Température

P : Précipitation

K : Kelvin

S : Richesse totales.

Sm : Richesse moyenne.

mm : Millimètres

M : Maximum du mois le plus chaud

m : Minimum du mois le plus froid

I : indice d aridité

a : Nombre d'espèces observées une seule fois

N : nombre de relevé

N : Nombre d'individus

H' : Indice de Shannon

E : Équitabilité de Pielou

D : Indice de Simpson

II : Pi

Résumé

Cette étude s'inscrit dans une démarche d'évaluation de l'impact du reboisement sur la biodiversité entomologique. Elle a été réalisée dans la région d'Aïn Mimoun (wilaya de Khenchela, Algérie), en comparant deux types de forêts : une forêt naturelle et une forêt reboisée. Les insectes ont été collectés entre fin février et fin avril à l'aide de pièges Barber, de pièges colorés et de la récolte manuelle.

L'analyse des 678 insectes identifiés, répartis en 14 ordres, a permis de mettre en évidence une plus grande richesse spécifique et une abondance supérieure dans la forêt naturelle. Celle-ci se caractérise par une meilleure structuration écologique, favorisant la diversité de groupes tels que les Coléoptères, les Hyménoptères et les Diptères. En revanche, la forêt reboisée présente une dominance relative d'ordres comme les Opiliones, Blattodea et Araneae, traduisant une adaptation progressive à un milieu en transition.

Les indices de diversité montrent que la forêt naturelle possède une stabilité écologique marquée, tandis que la forêt reboisée révèle une distribution équilibrée des individus, indiquant un début de structuration écologique favorable. Toutefois, la diversité inventoriée reste partielle. Il est recommandé d'élargir la durée et la fréquence des campagnes d'échantillonnage, d'utiliser des méthodes complémentaires et d'étendre les recherches à d'autres zones forestières similaires du nord-est algérien.

Mots-clés : Reboisement – Biodiversité – Insectes – Forêt naturelle – Forêt reboisée – Aïn Mimoun – Algérie

Abstract

This study aimed to analyze the effects of reforestation on insect biodiversity in the forest ecosystems of Aïn Mimoun (Khenchela province, Algeria), by comparing a natural forest with a reforested one. Insects were collected from late February to late April using three sampling techniques : Barber traps, colored traps, and manual collection●

The analysis of 678 identified insect , belonging to 14 orders, revealed a higher species richness and abundance in the natural forest. This ecosystem is characterized by greater ecological stability, supporting a higher diversity of groups such as Coleoptera, Hymenoptera, and Diptera. In contrast, the reforested area showed a relative dominance of orders like Opiliones, Blattodea, and Araneae, reflecting adaptation to a transforming environment

Diversity indices indicate strong ecological stability in the natural forest, while the reforested site shows a balanced distribution of individuals, suggesting the onset of favorable ecological structuring. However, the recorded diversity remains partial. It is recommended to extend the sampling period, use complementary methods, and expand the study to other forest areas in northeastern Algeria.

Keywords: Reforestation – Biodiversity – Insects – Natural forest – Reforested area – Aïn Mimoun – Algeria

ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل تأثير إعادة التشجير على التنوع البيولوجي للحشرات الغابية في منطقة عين ميمون (ولاية خنشلة، الجزائر) من خلال مقارنة بين غابة طبيعية وأخرى معاد تشجيرها. تم جمع الحشرات من نهاية شهر فيفري إلى نهاية شهر أفريل، باستخدام ثالث تقنيات: مصائد باربر، المصائد الملونة، والجمع اليدوي.

أظهرت نتائج تحليل 678 حشرة مصنفة ضمن 14 رتبة، أن الغابة الطبيعية تمتاز بغنى نوعي أكبر وكثافة أعلى وتتميز أيضا ببنية إيكولوجية أكثر استقراراً. تبرز تنوع مجموعات مثل غمديه الأجنحة (Coléoptères) غشائية، (الأجنحة Hyménoptères)، (وذبابه Diptères). في المقابل، أظهرت الغابة المعاد تشجيرها سيطرة نسبية لرتب (مثل العناكب القمعية Opiliones)، (الصراصير Blattodea)، (والعناكب Araneae) مما يعكس قدرتها على،

التأقلم مع وسط في طور التغير

تشير مؤشرات التنوع إلى استقرار إيكولوجي أوضح في الغابة الطبيعية، بينما تُظهر الغابة المعاد تشجيرها توزيعاً متوازناً للأفراد، مما يدل على بداية تشكل بنية بيئية واعدة. ومع ذلك، تبقى التنوعات المحصاة جزئية، ويُنصح بتوسيع مدة وتكرار الخرجات الميدانية، واعتماد وسائل إضافية للتجميع، وتوسيع الدراسة لتشمل مناطق غابية أخرى في شمال شرق الجزائر.

الكلمات المفتاحية: إعادة التشجير – التنوع البيولوجي – الحشرات – الغابة الطبيعية – الغابة المعاد تشجيرها – عين ميمون – الجزائر

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Résumés

Introduction générale.....1

CHAPITRE I : Données bibliographique

1. Introduction à la biodiversité et à son importance.....	2
1.1. Définition de la biodiversité.....	3
1.2. Importance de la biodiversité pour les écosystèmes.....	3
2. Importance de la forêt.....	4
3. Zones forestières : Naturelles et reboisées.....	5
3.1. Caractéristiques des zones forestières naturelles.....	5
3.1.1 Types de forêts naturelles.....	5
3.1.1.1 Forêts méditerranéennes.....	5
3.1.1.2 Forêts tropicales sèches.....	6
3.1.1.3 Forêts subtropicales sèches.....	6
3.1.1.4 Forêts tropicales humides.....	6
3.1.1.5 Forêts tempérées de feuillus caducs.....	6
3.1.1.6 Forêts de montagne.....	6
3.1.1.7 La mangrove.....	7
3.1.1.8 forêts conifères boréales	7
3.1.2 Structure de la végétation.....	7
3.1.3. Dynamique des écosystèmes naturels.....	7
3.2. Les forêts reboisées	8
3.2.1 Objectifs des reboisements	8
3.2.2 Types de forêts reboisées	8
3.2.3 Problématique liées aux reboisements.....	8

4. Impact des reboisements sur la biodiversité	9
4.1. Effets sur la biodiversité des insectes	9
4.1.1. Étude sur les insectes en zones reboisées	10
4.1.2. Effet des types de plantation.....	10
4.2. Les facteurs influençant la biodiversité des insectes.....	10

Chapitre 2 : La biodiversité des insectes

2.1. Rôle des insectes dans les écosystèmes.....	11
2.2. Classification des insectes forestiers.....	11
2.3. Les principaux groupes d'insectes en forêt : l'entomofaune et ses fonctions écologiques.....	12
2.3.1. Ordre des Coléoptères.....	13
2.3.2. Ordre des Lépidoptères.....	13
2.3.3. Ordre des Hyménoptères.....	13
2.3.4. Ordre des Diptères.....	13
2.3.5. Ordre des Hétéroptères.....	14
2.3.6. Ordre des Orthoptères.....	14
2.4. Facteur influençant la biodiversité des insectes.....	14
2.5. Différences entre insectes des forêts naturels et reboisées.....	15
2.6. Méthode d'étude de la biodiversité des insectes.....	16
2.7. Études sur la biodiversité des insectes en forêts naturelles et reboisées.....	17
2.7.1. Biodiversité des insectes dans les forêts naturelles.....	17
2.7.2. Biodiversité des insectes dans les zones reboisées.....	17
2.7.3. Comparaison entre les forêts naturelles et reboisées.....	18
2.8. Les enjeux liés à la conservation des insectes forestiers.....	18

Chapitre 3 : présentation de la région d'étude « khenchela »

3.1 Etude climatique de la région de Khenchela	20
3.2. Climatologie de la zone d'étude.....	20
3.3. Etude des variations des facteurs climatiques.....	20
3.3.1. Variation des températures	21
3.3.2. Variation des précipitations.....	22
3.3.4. Répartition annuelle des précipitations.....	23

3.4. Diagramme Ombrothèrmique de GAUSSEN.....	24
---	----

Chapitre 4 : Matériel et méthodes

4.1 Présentation du site d'étude.....	28
4.1.1Présentation de la commune de Tamza.....	28
4.1.2. Description des stations.....	29
4.1.2.1. Présentation de la station naturelle.....	29
4.1.2.2. Présentation de la station reboisée.....	30
4.2 Matériels expérimentales utilisés.....	31
4.2.1. Sur le terrain.....	31
4.2.2. Pots Barber.....	31
4.3.2.1 Avantages.....	32
4.3.2.2. Inconvénients.....	32
4.2.3. Piège jaune.....	32
4.3.3.1. Avantages.....	33
4.3.3.2. Inconvénient.....	33
4.2.4. Récolte à la main.....	33
4.3.4.1. Avantages.....	33
4.3.4.2. Inconvénient.....	34
4.2.5 Le dispositif d'échantillonnage.....	34
• Calendrier des sorties et échantillonnage.....	34
• Matériel d'échantillonnage.....	35
4.2.6. Conservation d'échantillon	35
4.3. Au laboratoire.....	36
4.4. Identification.....	37
4.5. Analyse de données	37
4.5.1. Exploitation des résultats par des indices écologiques de composition.....	37
4.5.2. Comparaison des performances des pièges.....	38
4.6.1. Indice écologique de composition.....	38
4.6.2. Indice écologique de structure.....	39
4.6.2.1. Indice de diversité de Shanon-Weaver.....	39
4.6.2.2. Indice d'équitabilité.....	39

CHAPITRE 5 : Résultats et Discussion

Résultats.....	40
Conclusion et perspectives.....	59
Références Bibliographiques.....	60

Introduction Générale

Introduction

Actuellement, la biodiversité subit un déclin accéléré. En réalité, des éléments tels que le réchauffement climatique, les feux de forêt, et les actions imprudentes d l'Homme (telles que l'usage de pesticides, la dégradation et la fragmentation des habitats naturels dues à l'agriculture et à l'expansion urbaine) sont en ce moment des facteurs qui contribuent à la dévastation de cette biodiversité (ARIES, Y. et BOUDMAGH, R (2024)).

Les insectes occupent une place essentielle dans la biodiversité en raison de leur grande diversité et de leur abondance.

Les insectes représentent l'un des groupes les plus divers et prolifiques du règne animal, jouant un rôle écologique essentiel dans presque tous les écosystèmes terrestres (Samways et al. 2020).

Les forêts figurent parmi les écosystèmes terrestres les plus riches en biodiversité, hébergeant une multitude d'espèces animales et végétales. Cependant, ces écosystèmes forestiers sont de plus en plus menacés par les activités humaines telles que la déforestation, les incendies, la fragmentation des habitats et les changements climatiques (Benbakkar. et al. 2024).

En réponse à ces dangers, plusieurs régions ont lancé des initiatives de reboisement dans le but de rétablir la couverture forestière et de réduire l'érosion des sols. Dans la région de Khenchela, les forêts naturelles coexistent avec des zones reboisées, issues de programmes de restauration écologique. Cette cohabitation soulève des questions importantes sur l'efficacité du reboisement à restaurer la biodiversité initiale, en particulier celle des insectes.

Le but de cette recherche est présenté des résultats visant à apprécier l'effet des reboisements sur la composition et la structure des peuplements de différents taxons insectes. Cette étude vise aussi à réaliser l'inventaire des insectes s par le biais de différentes techniques d'échantillonnages.

La structure de cette étude repose sur cinq chapitres principaux

Chapitre 01 : Une présentation générale de la biodiversité et du rôle des insectes dans les écosystèmes forestiers.

Chapitre 02 : Ce chapitre traite du rôle écologique et de la diversité des insectes dans le milieu forestier.

Chapitre 03 : Une présentation détaillée de la zone d'étude (Ain Mimoun, Khenchela).

Chapitre 04 : Une explication des méthodes d'échantillonnage et des outils utilisés pour la collecte des insectes

Chapitre 05 : Cette partie est consacrée aux résultats obtenus ; une discussion générale est engagée et les perspectives de notre travail sont clarifiées. Dans cette partie, nos résultats sont largement commentés et des comparaisons sont faites par rapport aux recherches antérieures.

CHAPITRE I. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Introduction à la biodiversité et à son importance

1.1. Définition de la biodiversité

La biodiversité également appelée diversité biologique, fait référence à la multitude de formes de vie présentes sur terre, englobant les écosystèmes les espèces et la diversité au niveau génétique, selon la convention sur la diversité biologique, elle comprend les environnements terrestre marins et aquatique, D'après Robert Barbault, la biodiversité et l'homme sont inséparables ; ce dernier menace et exploite la biodiversité tout en étant tributaire de celle-ci pour un développement durable (Ahmim ,2017 .2018).

On distingue trois niveaux de la biodiversité :

A. Biodiversité génétique : elle fait référence à la diversité des gènes et de leur expression, aussi bien entre les espèces qu'au sein de celles-ci. Elle contribue à la variété des formes de vie, des phénotypes et des caractéristiques biologiques (Boukabou, 2022).

B. Biodiversité spécifique : elle désigne la diversité des espèces vivantes (animaux, plantes, champignons, etc.). Elle se divise en deux sous-catégories :

- **Intras spécifique** : diversité génétique au sein d'une même espèce (Boukabou, 2022).
- **Inters spécifique** : diversité entre les différentes espèces en termes de quantité, caractéristiques et importance relative (Boukabou, 2022).

C. Biodiversité écosystémique : elle correspond à la diversité des écosystèmes terrestres (forêts, déserts, mers, etc.), chacun possédant ses propres caractéristiques, espèces et modes de fonctionnement (Boukabou, 2022).

1.2. Importance de la biodiversité pour les écosystèmes

La biodiversité est essentielle au bon fonctionnement des écosystèmes de notre planète un grand diversité biologique augmente la stabilité et l'adaptabilité de la biosphère face aux changements environnementaux, elle est également indispensable au bien-être humaine fournissant des services écosystémique tels que la pollinisation des culture , le maintien de sols fertiles pour la production alimentaire, la transformation des déchets et des polluants, la régulation des ravageur des culture par leur ennemis naturels la fourniture de matières première pour l'industrie et la production de médicaments, en particulier dans les pays en développement les population dépendent largement des ressources naturelles des forêts, des

océans et d'autres habitats pour leur subsistance, ainsi la protection et l'utilisation durable de la biodiversité sont cruciales pour éradiquer l'extrême pauvreté et assurer un développement durable (Sciences naturelles.ch,(s.d)).

2. Importance de la forêt

Les forêts du monde fournissent de nombreux services écosystémiques à l'humanité. Elles abritent environ 80% de la biodiversité terrestre mondiale, procurant un habitat à 80% des espèces d'amphibiens, 75% des espèces d'oiseaux et 68% des espèces de mammifères (*Évaluation des ressources forestières mondiales 2020, 2021*). Plus d'un milliard de personnes en dépendent directement pour leur alimentation, leur logement, leur énergie ou leurs revenus (Pacheco et al., 2021). De plus, les forêts interviennent significativement dans l'atténuation du changement climatique par le stockage de grandes quantités de carbone (662 gigatonnes en 2020 (*Évaluation des ressources forestières mondiales 2020, 2021*)). Elles jouent également un rôle important dans le cycle de l'eau et l'approvisionnement en eau douce (Mbow et al., 2017).

Les forêts comptent pour 31% de la superficie totale des terres émergées (*The State of the World's Forests 2020. In brief, 2020*) et 45% de leur superficie se situe en milieu tropical (Figure 1). Environ 50% de la forêt tropicale se trouve sur le continent américain (Amazonie), 30% en Afrique (Bassin du Congo) et 20% en Asie (Asie du Sud-Est). Les forêts tropicales, en particulier, sont essentielles pour participer à l'atténuation du changement climatique (Canadell and Raupach, 2008; Le Quéré et al., 2009; Stern and Stern, 2007). Elles abritent la biodiversité la plus riche de notre planète (Laurance et al., 2012; Lewis et al., 2015). Près de la moitié des espèces animales vivent dans ces forêts et dépendent d'elles pour survivre : tigres, orangs-outans, toucans, etc. C'est également le milieu naturel d'environ 60% de l'ensemble des plantes vasculaires.

Part et répartition de la superficie forestière mondiale par domaine climatique, 2020

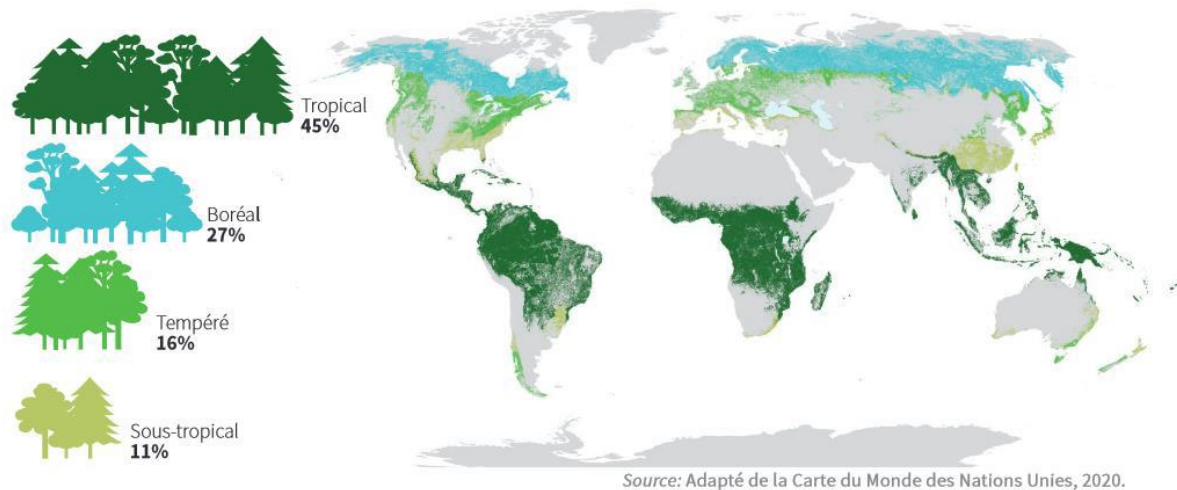


Figure 1 - Couverture spatiale des différentes forêts dans le monde. Source (The State of the World's Forests 2020. In brief, 2020)

Depuis l'an 2000, plus de 3.5 millions de kilomètres carrés de couverture forestière mondiale ont été perdus ou dégradés (Hansen et al., 2013). Les forêts tropicales sont gravement touchées et disparaissent à un rythme alarmant : en 2019, l'équivalent d'un stade de football y est détruit toutes les deux secondes (*The State of the World's Forests 2020. In brief, 2020*).

3. Zones forestières : Naturelles et reboisées

3.1. Caractéristiques des zones forestières naturelles

Les zones forestières naturelles se caractérisent par des formations végétales diversifiées, comprenant des essences forestières indigènes et endémiques. Ainsi que des espèces jouent un rôle crucial dans la préservation de la biodiversité, la régulation du climat et la protection des sols, cependant, ils sont souvent fragiles et exposés à des menaces telles que l'érosion, la désertification et la pression anthropiques, la gestion durable de ces zones est essentielle pour maintenir leur équilibre écologique et assurer leur pérennité (**Organisation des nation unies pour l'alimentation et l'agriculture, (s.d),FAO**).

3.1.1. Types de forêts naturelles

3.1.1.1. Forêts méditerranéennes : les forêts méditerranéennes ont une grande valeur patrimoniale, elles renferment des réserves essentielles de diversité génétique, spécifique et fonctionnelle qu'il est primordial de préserver de manière optimale pour assurer une gestion durable de ce patrimoine biologique et de ces ressources potentielles (**Quézel et Médail, 2003**).

3.1.1.2. Forêts tropicales sèches : on retrouve les forêt et bois tropicaux sèches dans les zones tropicales où la saison sèche est particulièrement forte, notamment en Afrique en Inde, en Amérique du sud et en Chine, ces forêt, constituées d'arbres à feuilles caduques pouvant atteindre près de 20 mètres en hauteur et recouvertes d'une strate herbacée, sont régulièrement la proie des incendies et la déforestation, ce qui favorise leur conversion en savanes

Les savanes, surtout en Afrique jouent un rôle crucial pour la faune (girafes, singes, rhinocéros blanc) et les communautés locales ces dernière exploitent ces espaces pour le bois, le miel, la chasse, les remèdes et le pâturage (Yunga, 2013).

3.1.1.3. Forêts subtropicales sèches : la végétation typique du climat méditerranéenne caractérise par des hivers doux et humides et des étés arides est la forêt subtropicale sèche elle est principalement constitué d'arbres à feuillage persistant ,qui peuvent être très élevés ,ou de buissons dans les régions de ces forêt à été substituée par des cultures ou des plantation ,en particulier d'eucalyptus en Australie l'endroit du cap en Afrique du sud présente un biodiversité particulièrement riche les ressources utilisées comprennent le bois, le liège ,le miel et les olives ,la faune comporte des espèces telles que le jaguar ,la loutre géant et le tatou géant (Yunga,2013).

3.1.1.4. Forêts tropicales humides : se trouvent principalement dans les zones située entre les tropiques , où le climat reste chaude et humide toute au long de l'année .ces zones accueillent un biodiversité remarquable, comprenant un grand nombre d'espèces rares menacées ou propres à une région, malgré la reconnaissance d'environ 1,75 million d'espèces par la science on estime qu'il pourrait y en avoir jusqu'à à 100 millions qui restent à être découvertes la végétation y est épaisse créant une canopée qui peut monter jusqu'à 50 ou 60 mètres de haut (Yunga, 2013).

3.1.1.5. Forêts tempérées de feuillus caducs : se trouvent en Amérique du nord en Europe de l'Ouest, en Asie orientale et en Patagonie, elles prospèrent dans des condition humides et abritent des espèces comme le chêne ,le hêtre et l'érable leur composition varie en fonction des condition climatique, du sol et l'altitude ,ces forêts sont exploitées pour leur bois de haute qualité et constituent un habitat pour divers animaux tels que le renard , le cerf et le sanglier , ainsi que pour les oiseaux de proie (Yunga,2013)

3.1.1.6 forêts de montagne : sont essentiel pour maintenir l'équilibre écologique, la diversité qui les caractérise est fortement influencée par l'altitude et les conditions climatique plus on monte, plus la végétation change on passe souvent des forêts denses aux prairies alpines, elles

sont aussi essentielles pour la biodiversité et la conservation des ressources naturelles (**Yunga ,2013**).

3.1.1.7. La mangrove : l'écosystème de la mangrove, crucial dans des pays comme l'Indonésie ,le Brésil et les Sundarbans se rencontre principalement dans les zones tropicales et subtropicales , elle joue un rôle primordial dans la reproduction des poissons et crustacés filtre les substances polluantes empêche l'érosion et protégé les côtes contre les tempêtes et tsunamis elle offre également des vivres des soins et du travail à près de 500000 individus ,néanmoins l'agriculture ,la saliculture et l'aquaculture ,constituent une menace pour elle ,ce qui conduit à la destruction de plus de la moitié de sa superficie au cours des dernières années (**Yunga ,2013**)

3.1.1.8 forêts conifères boréales : situent dans les régions nordiques au climat froid, qui constituent le plus vaste écosystème terrestre, elle s'étend sur des régions de l'Alaska, du Canada, de Scandinavie, de Russie, de Mongolie et du Japon. Ces forêts qui sont la principale source de bois tendre, se caractérisent par une canopée basse et un sous-bois riche en arbustes mousses et lichens. Malgré une biodiversité restreinte, ces zones hébergent des espèces singulières et comprennent de grandes étendues humides cruciales pour la faune (**Yunga, 2013**).

3.1.2 Structure de la végétation

Elle est généralement décrite en fonction de plusieurs strates :

- **La canopée :** couche supérieure formée par les arbres les plus hautes
- **La strate arbustive :** composée d'arbustes et de jeunes arbres
- **La strate herbacée :** constituée d'herbes, de fougères et de petites plantes
- **La strate muscinale :** formée de mousses, lichens et autres végétaux bas (**Archibold, 1995**).

3.1.3. Dynamique des écosystèmes naturels

La dynamique des écosystèmes naturels se rapporte aux transformations et aux interrelations qui ont lieu au sein des communautés biologiques et de leur milieu inanimé divers facteurs influencent ces dynamiques y compris les perturbations naturelles comme les crues ,les épisodes ,de sécheresse les incendies et les événements climatiques extrêmes ,ces phénomènes peuvent déclencher une restauration des successions écologiques et générer une

diversité spatiale dans les écosystèmes, contribuant ainsi à leur capacité de résilience et d'adaptation (**Barraquand, 2022**).

3.2. Les forêts reboisées

3.2.1. Objectifs des reboisements

-La préservation de la biodiversité et des écosystèmes forestières en compensant la déforestation (**Brancaion et al ,2019**).

-la lutte contre l'érosion des sols en stabilisant les terrains grâce aux racines des arbres (**Shukla et al ,2019**)

-la régénération des forêts dégradées pour restaurer les services écosystémiques, comme le stockage du carbone et la filtration de l'eau (**Ghazdon, 2017**).

3.2.2. Types de forêts reboisées

Les forêts reboisées peuvent être monospécifiques ou mixtes, chacune ayant des important écologique distincts

- les forêts monospécifiques, composées d'une seule essence d'arbre sont souvent privilégiées pour la production de bois en raison de leur croissance homogène et de leur gestion simplifiée cependant elles présentent une moindre résilience face aux maladies et aux aléas climatique (**Bahus et al ,2017**).

- les forêts mixtes, constituées de plusieurs essences favorisent la biodiversité, améliorent la stabilité des sols et augmentent la résistance aux stress environnementaux (**Pretzsch et al ,2013**).

3.2.3. Problématique liées aux reboisements

Le reboisement est une solution essentielle pour lutter contre la déforestation et le changement climatique mais il soulève plusieurs problématiques, notamment, manque de diversité dans le reboisement et la gestion des forêts reboisées.

- Manque de diversité dans le reboisement

Impact sur la biodiversité : l'uniformité des cultures forestière diminue la diversité des habitats et peut conduire à une diminution de la variété d'espèces animales et végétales (**Ghazdon, 2008**).

- Gestion des forêts reboisées

Manque d'entretien et suivi : certaines initiatives de reboisement échouent en raison d'un manque d'entretien après la plantation (**Holl et Aide, 2010**).

4. Impact des reboisements sur la biodiversité

4.1. Effets sur la biodiversité des insectes

4.1.1. Étude sur les insectes en zones reboisées

L'analyse des insectes dans la zone reboisée est cruciale pour appréhender la dynamique des écosystèmes forestiers restaurés dans ces milieux, les insectes ont une importance capitale en contribuant à la décomposition de la matière organique, réalisant la pollinisation des végétaux et en constituant un aliment pour de nombreuses espèces.

Par exemple les Coléoptères saproxyliques jouent un rôle crucial dans la décomposition du bois mort, ce qui stimule le recyclage des nutriments et favorise la biodiversité en milieu forestier (**Brustel, 2001**).

4.1.2. Effet des types de plantation

-plantation monospécifique

On qualifie une plantation de pure ou monospécifique lorsqu'elle est constituée d'une seule espèce plantée sur le site. L'atout majeur réside dans la simplicité technique requise : il suffit de maîtriser les méthodes de production en pépinière et de gestion en plantation de l'espèce visée. En outre, tant que la plantation est homogène (c'est-à-dire composée de plants d'un même âge), l'exploitation finale est simplifiée et réalisée en une seule opération. Cependant, cette uniformité spécifique est la source de la vulnérabilité importante de ces plantations : l'apparition d'une infestation phytosanitaire peut se diffuser rapidement et décimer une grande partie de la culture homogène (**Daïnou et al 2021**).

- Plantations en mélange ou Plurispécifiques

On dit qu'une plantation est « en mélange » lorsqu'elle comporte plus d'une espèce plantée. Il existe plusieurs méthodes pour la diversité des espèces : alternance d'individus de différentes espèces sur une même rangée, alternance de groupes d'arbres de divers types ou encore alternance de rangées composées de diverses espèces.

- Présence alternée d'individus de diverses espèces le long d'une même ligne.

On appelle couramment ce genre de plantation « mélange pied à pied ». Bien qu'il présente le bénéfice majeur de restreindre les risques phytosanitaires, son application n'est pas recommandée dans les cultures destinées à la production, car cela rend la gestion de la plantation extrêmement complexe : risque de confusion pendant les opérations de désherbage, éclaircies ardues à mettre en œuvre, exploitation reproduisant plus de planification, etc. En revanche, les mélanges pied à pied sont employés dans les programmes de restauration de la biodiversité (Daïnou et al 2021).

4.2. Les facteurs influençant la biodiversité des insectes

- **Changements climatiques** : Augmentent la fréquence et la durée des infestations d'insectes et favorisent leur migration vers des altitudes et latitudes plus élevées.
- **Routes comme perturbation anthropique** : Facilitent la propagation des espèces envahissantes, amplifiant ainsi les effets du changement climatique.
- **Incendies de forêt** : Entraînent un remplacement des espèces végétales, modifiant ainsi les habitats des insectes.
- **Conversion des terres** : Affecte la répartition des espèces et la diversité des paysages, avec un impact sur la biodiversité des insectes.
- **Dégel du pergélisol** : Diminue la profondeur de la nappe phréatique et provoque un stress hydrique pour les plantes des milieux humides, impactant indirectement les insectes.
- **Activités humaines (urbanisation, tourisme, exploitation des ressources)** : Modifient l'environnement et augmentent les pressions sur les écosystèmes forestiers (Auzel et al ,2012).

CHAPITRE II. LA BIODIVERSITE DES INSECTES

2.1. Rôle des insectes dans les écosystèmes

Les insectes jouent un rôle essentiel dans les écosystèmes :

a/ **Pollinisation** : les insectes pollinisateurs comme les abeilles, les papillons et certains Coléoptères assurent la reproduction de nombreuses plantes en transportant le pollen d'une fleur à l'autre ce service est crucial pour la biodiversité et l'agriculture (**Ollerton et al ,2011**).

b/ **Dégradation de la matière organique** : les insectes saprophages, tels que les Coléoptère nécrophage et les larves de mouche, participent à la décomposition des cadavres et excréments, cela favorise le recyclage des nutriments dans le sol et limite la propagation des maladies (**Ollerton et al ,2011**).

c/ **insectes comme bioindicateurs de l'environnement** : la dynamique des écosystèmes est altérée par la perturbation, ce qui impacte directement la biodiversité notamment la faune entomologique effectivement, les insectes constituent plus de la moitié de la biodiversité mondiale, de nombreuses recherche ont démontré que les invertébrés réagissent plus précisément aux modification de l'environnement que d'autres espèces animales, cela en fait un groupe pertinent pour observer la dynamique d'un écosystème face aux perturbation causées par l'homme et le changement climatique ,les Coléoptère et les Lépidoptère constituent deux grandes catégories d'insectes souvent employées comme bioindicateur pour évaluer l'effet des perturbation sur l'écosystème (**Akoudjin,2017**).

2.2. Classification des insectes forestiers

A/Phasmatoidea (Phasmes ou insectes bâtons) – Inclut la famille des *Heteronemiidae*.

B/ Isoptera (Termites) – Divisé en cinq familles, dont *Termitidae* et *Rhinotermitidae*.

C/ Hemiptera (Pucerons et punaises) – Plusieurs familles importantes :

Lygaeidae (Punaises des graines)

Coreidae (Punaises à pattes feuillues)

Adelgidae (Pucerons des conifères)

Kermesidae (Cochenilles galligènes)

D/ Coleoptera (Coléoptères ou scarabées) – Comprend plusieurs familles Majeures :

Scarabaeidae (Scarabées)

Buprestidae (Buprestes ou coléoptères bijoux)

Bostrichidae (Bostryches)

Cerambycidae (Longicornes)

Chrysomelidae (Chrysomèles ou coléoptères des feuilles)

Curculionidae (Charançons)

Scolytinae (Scolytes ou bostryches)

E/ *Hymenoptera* (Abeilles, guêpes et fourmis) – Inclut :

Diprionidae (Mouches à scie des conifères)

Tenthredinidae (Mouches à scie communes)

Siricidae (Siricidés ou guêpes du bois)

Cynipidae (Guêpes des galles)

F/ *Lepidoptera* (Papillons et mites) – Inclut des familles comme :

Tortricidae (Tordeuses ou papillons enrouleurs de feuilles)

Thaumetopoeidae (Processionnaires)

Lymantriinae (Hétérocères nuisibles aux forêts)

G/ *Diptera* (Mouches) – Quelques familles importantes :

Cecidomyiidae (Cécidomyies ou mouches des galles)

Agromyzidae (Mouches mineuses des feuilles) (**BENDJABALLA**).

2.3. Les principaux groupes d'insectes en forêt : l'entomofaune et ses fonctions écologiques

2.3.1. Ordre des *Coléoptères* (*Coleoptera* – les coléoptères)

Fonctions écologiques :

Prédateurs : Certains coléoptères, tels que les carabes (*Carabidae*), jouent un rôle dans la régulation des populations de ravageurs, aidant à maintenir l'équilibre écologique (Schowalter, 2016).

2.3.2. Ordre des Lépidoptères (*Lepidoptera* – papillons et mites)

Fonctions écologiques

Pollinisateurs : Certaines espèces de la famille des *Nymphalidae* transportent le pollen entre les fleurs, favorisant ainsi la reproduction des plantes forestières (Kevan & Phillips, 2001).

Herbivores : Les larves de certaines espèces se nourrissent de feuilles, influençant la distribution et la dynamique de la végétation forestière (Basset et al. 2012).

2.3.3. Ordre des Hyménoptères (*Hymenoptera* – abeilles, guêpes et fourmis)

Fonctions écologiques

Pollinisateurs : Les abeilles, notamment *Apis* spp. Et d'autres espèces sauvages jouent un rôle clé dans la pollinisation des plantes forestières (Kevan & Phillips, 2001).

Contrôle biologique : Certaines guêpes parasitoïdes, comme celles de la famille des *Ichneumonidae*, parasitent les larves de ravageurs, contribuant ainsi à leur régulation (Schowalter, 2016).

Amélioration des sols : Certaines espèces de fourmis participent à l'aération du sol et améliorent sa structure grâce à leur activité de creusement (Ulyshen, 2018).

2.3.4. Ordre des Diptères (*Diptera* – mouches et moustiques)

Fonctions écologiques

Décomposeurs : Certaines espèces de mouches, comme celles de la famille des *Calliphoridae*, contribuent à la décomposition des matières organiques en décomposition (Didham et al. 1998).

Pollinisateurs : Les syrphes (*Syrphidae*), en particulier, participent à la pollinisation des plantes dans les environnements forestiers humides (Basset et al. 2012).

2.3.5. Ordre des *Hétéroptères* (*Heteroptera* – punaises)

Fonctions écologiques

Herbivores : Certaines espèces, comme les punaises de la famille des *Pentatomidae*, se nourrissent de la sève des plantes, influençant ainsi leur croissance (**Schowalter, 2016**).

Prédateurs : D'autres, comme les réduves (*Reduviidae*), sont des prédateurs de ravageurs, jouant un rôle dans la régulation des populations d'insectes nuisibles (**Didham et al. 1998**).

2.3.6. Ordre des *Orthoptères* (*Orthoptera* – criquets et sauterelles)

Fonctions écologiques

Herbivores : Certaines espèces, comme les criquets (*Acrididae*), consomment les feuilles et les jeunes pousses, influençant ainsi la structure de la végétation forestière (**Ulyshen, 2018**).

Source alimentaire pour d'autres organismes : Ces insectes constituent une proie essentielle pour de nombreux oiseaux et reptiles en milieu forestier (**Basset et al. 2012**).

2.4. Facteurs influençant la biodiversité des insectes

a/ Les habitats : La diversité des insectes est plus élevée dans les forêts présentant une grande variabilité structurelle, comme la présence d'arbres anciens, d'arbres morts et de trouées dans la canopée. Ces caractéristiques offrent des habitats riches pour de nombreuses espèces, les insectes utilisant les cavités et les fissures du bois pour la nidification et la reproduction (**Paillet et al. 2018**).

b/ La couverture végétale :

Diversité des espèces végétales : Une plus grande diversité végétale entraîne une diversité accrue des insectes, car de nombreuses espèces dépendent de plantes spécifiques pour se nourrir ou se reproduire. Par exemple, certaines espèces de papillons de la famille des *Nymphalidae* pondent leurs œufs sur des plantes particulières (**Schowalter, 2016**).

Densité de la couverture végétale et impact sur les insectes : La densité de la végétation influence la répartition des insectes. Certaines espèces préfèrent les zones denses qui offrent une protection contre les prédateurs et les conditions climatiques extrêmes, tandis que d'autres nécessitent des espaces plus ouverts pour des activités comme la pollinisation ou la chasse (**Basset et al. 2012**).

C/ Les microclimats :

Rôle des microclimats dans la répartition des insectes : Les insectes sont fortement influencés par les conditions microclimatiques telles que la température, l'humidité et l'intensité lumineuse. Dans les forêts denses, la canopée réduit les variations de température, créant un environnement plus stable pour certaines espèces d'insectes (**Didham et al. 1998**).

Changements microclimatiques et effets sur les insectes : Les variations climatiques ont un impact notable sur les insectes forestiers, influençant leurs périodes d'activité, leurs schémas de migration et même leurs taux de reproduction. Par exemple, certaines espèces comme les Bourdons (*Bombus spp.*) sont particulièrement sensibles à l'élévation des températures, ce qui peut affecter leur capacité de pollinisation (**Ulyshen, 2018**).

2.5. Différences entre insectes des forêts naturelles et reboisées

a/ Diversité et composition des insectes

Dans les forêts naturelles : Les forêts naturelles se caractérisent par une structure complexe avec des arbres de différentes tailles et âges, ainsi que du bois mort en décomposition. Ce milieu offre une diversité d'habitats favorisant une grande biodiversité d'insectes (**Paillet et al. 2010**).

Dans les forêts reboisées : Ces forêts présentent souvent une structure plus uniforme, caractérisée par des arbres plantés en rangées ordonnées. Cette homogénéité réduit la diversité des habitats et, par conséquent, diminue le nombre et la variété des insectes qui peuvent y vivre (**Lachat et al. 2012**).

b/ Rôles écologiques des insectes

Dans les forêts naturelles : Les insectes jouent un rôle essentiel dans plusieurs fonctions écologiques, telles que la pollinisation, la décomposition de la matière organique et la régulation des populations de ravageurs. Ces interactions contribuent à la stabilité de l'écosystème forestier (**Schowalter, 2016**).

Dans les forêts reboisées : L'impact écologique des insectes est souvent limité en raison d'une faible diversité végétale, ce qui réduit l'accessibilité aux ressources alimentaires et aux habitats, entraînant une diminution du nombre d'insectes fonctionnels dans l'écosystème (**Brockerhoff et al. 2008**).

C/ Vulnérabilité aux ravageurs et aux maladies

Dans les forêts naturelles : Les interactions écologiques complexes entre différentes espèces contribuent à limiter la propagation des ravageurs. L'équilibre naturel entre les prédateurs et leurs proies permet de contrôler les populations d'insectes nuisibles (**Barbaro et al. 2014**).

Dans les forêts reboisées : En raison de l'uniformité des espèces d'arbres et du manque de prédateurs naturels en nombre suffisant, ces forêts sont plus vulnérables aux invasions d'insectes nuisibles, ce qui peut entraîner des infestations rapides et importantes (**Brockerhoff et al. 2008**).

Les différences entre les forêts naturelles et reboisées mettent en évidence l'importance de la diversité écologique pour assurer la stabilité des écosystèmes. Par conséquent, les initiatives de reboisement devraient privilégier la plantation de plusieurs espèces d'arbres afin de préserver la biodiversité et d'optimiser le rôle des insectes dans l'écosystème forestier (**Paillet et al. 2010**).

2.6. Méthode d'étude de la biodiversité des insectes

a/ Technique de prélèvement des insectes : Les méthodes de collecte des insectes se divisent en techniques passives, actives et spécialisées, adaptées aux objectifs de l'étude.

Pièges passifs : Comprennent le piège Malaise, qui capture les insectes volants en le dirigeant vers un récipient collecteur, et les pièges Barbère, utilisés pour piéger les insectes marchant au sol. Les pièges lumineux attirent les insectes nocturnes grâce aux UV, tandis que les pièges vitres interceptent les insectes en vol (**Nageleisen & Bouget, 2009**).

Méthodes actives : Impliquent une collecte directe, comme le filet fauchoir, utilisé pour balayer la végétation et capturer les insectes, ou l'aspirateur D Vac, qui aspire les insectes du couvert végétal. Le quadrat écologique permet d'étudier les communautés d'insectes sur une surface déterminée (**Nageleisen & Bouget, 2009**).

Techniques spécialisées : Incluent le fogging, qui consiste à pulvériser un insecticide pour récupérer les insectes tombés d'un arbre, et les pièges d'émergence, utilisés pour capturer les insectes sortant du bois en décomposition (**Nageleisen & Bouget, 2009**).

B/Technique d'identification des insectes

Utilisation des clés de détermination : Outils spécialisés permettant d'identifier les espèces selon leurs caractéristiques morphologiques.

Comparaison avec des collections de référence : Consultation d'échantillons préalablement identifiés pour valider la détermination.

Analyse ADN : Méthode génétique permettant d'identifier les espèces en cas de doute

Consultation d'experts : Recours à des spécialistes pour la validation des identifications complexes.

Ces méthodes combinées assurent une évaluation précise et rigoureuse de la biodiversité entomologique (Nageleisen & Bouget, 2009).

2.7. Études sur la biodiversité des insectes en forêts naturelles et reboisées

2.7.1. Biodiversité des insectes dans les forêts naturelles

Les forêts naturelles, caractérisées par une végétation diversifiée et une structure complexe, constituent un habitat stable et favorable à de nombreuses espèces d'insectes. La richesse de ces écosystèmes repose sur la diversité des ressources alimentaires, la présence de bois mort et l'abondance de micro habitats, qui contribuent au développement d'une faune entomologique variée (**Observatoire National de la Biodiversité, 2024**).

2.7.2. Biodiversité des insectes dans les zones reboisées

Les forêts reboisées, souvent composées de plantations mono spécifiques, présentent une biodiversité entomologique généralement plus restreinte. Le reboisement entraîne des modifications écologiques pouvant impacter la composition et l'abondance des populations d'insectes, notamment par la simplification de la structure forestière et la diminution de la diversité végétale (**Institut de Recherche en Foresterie, 2023**). Cependant, certaines stratégies de gestion, telles que la diversification des essences plantées et la préservation de zones naturelles au sein des plantations, peuvent atténuer ces effets et favoriser la recolonisation des insectes (**CNRS, 2023**).

2.7.3. Comparaison entre les forêts naturelles et reboisées

Les recherches indiquent que la biodiversité des insectes est généralement plus élevée dans les forêts naturelles que dans les zones reboisées, en raison de la plus grande disponibilité de niches écologiques et d'une stabilité environnementale accrue.

Toutefois, des pratiques de gestion durable, comme l'aménagement de corridors écologiques et la conservation du bois mort, peuvent favoriser la biodiversité au sein des forêts reboisées (**Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire, 2024**).

2.8. Les enjeux liés à la conservation des insectes forestiers

a/ Disparition et morcellement des habitats

La destruction des forêts due à la déforestation pour l'agriculture et l'urbanisation réduit considérablement les habitats essentiels à la survie et à la reproduction des insectes. De plus, la fragmentation des forêts isole les communautés d'insectes, limitant le flux génétique et augmentant ainsi leur risque d'extinction (**Didham et al. 1996**).

b/ Espèces envahissantes

Les insectes envahissants représentent une menace majeure pour les espèces indigènes, en raison de la compétition pour les ressources, de l'introduction de nouveaux prédateurs et de la transmission de maladies inconnues. Ces espèces perturbent l'équilibre écologique et peuvent entraîner un déclin significatif des populations d'insectes autochtones (**Kenis et al. 2009**).

C/ Modification du climat

Le changement climatique affecte la répartition et l'abondance des insectes forestiers en raison des variations de température et de précipitations. Ces fluctuations modifient leurs cycles de reproduction, leurs comportements alimentaires et leurs déplacements. Certaines espèces peuvent ne pas s'adapter suffisamment vite à ces transformations, ce qui augmente leur risque d'extinction (**Parmesan & Yohe, 2003**).

d/ Utilisation de pesticides

Même les insectes forestiers non considérés comme nuisibles pour l'agriculture sont affectés par les pesticides, qui réduisent drastiquement leurs populations. Certains pesticides,

comme les néonicotinoïdes, altèrent leur système nerveux, entraînant une diminution des pollinisateurs tels que les abeilles et les papillons. De plus, l'accumulation de ces substances chimiques perturbe l'ensemble des chaînes alimentaires forestières (**Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019**).

e/ Incendies de forêt et intensification des perturbations naturelles

L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des incendies de forêt, exacerbée par le changement climatique, détruit les habitats des insectes et menace leur biodiversité. Les espèces vivant dans le bois mort ou le sol sont particulièrement vulnérables à ces perturbations (**New, 2014**).

f/ Stratégies de conservation de la biodiversité inefficaces

Malgré les initiatives internationales visant à préserver la biodiversité, de nombreuses politiques ne garantissent pas une sauvegarde adéquate des insectes forestiers. Il est essentiel d'implémenter des approches plus durables comme la diminution de la déforestation, l'établissement de zones protégées et l'encouragement de l'agriculture biologique pour atténuer les effets des pesticides (**Harvey et al. 2020**).

CHAPITRE III. PRESENTATION DE LA REGION DE KHENCHLA

3.1 Zone d'étude

Cette recherche se focalise sur la wilaya de Khenchela, localisée dans le Nord-Est algérien, entre les latitudes 35,112° et 35,665° N, ainsi que les longitudes 6,529° et 7,222° E. Cette zone, qui appartient aux Hauts Plateaux orientaux, est notable pour sa grande diversité écologique. Cela est lié à sa topographie irrégulière et son climat de transition, qui oscille entre les zones méditerranéennes au nord et les steppes au sud.

La wilaya de Khenchela est bordée au nord par la wilaya d'Oum El Bouaghi, à l'est par Tébessa, au sud par El Oued et à l'ouest par Batna et Biskra. Elle couvre une superficie approximative de 9 811 km² et regroupe 21 communes. L'Algérie présente une variation d'altitude marquée à travers tout son territoire, s'étendant des approximativement 800 m dans les zones basses du sud à plus de 2 300 m dans les secteurs montagneux du massif de l'Aurès. C'est ici que se situe le mont Chelia, le sommet le plus élevé du nord algérien (2 328 m).

Le relief de la wilaya est marqué par les chaînes de l'Aurès, agrémentées de vastes plaines et de vallées luxuriantes comme la vallée d'Oued El Arab. La diversité climatique à Khenchela est fortement influencée par son contexte géographique. Le nord de la wilaya jouit d'un climat subhumide à hiver rigoureux, où les précipitations peuvent parfois atteindre 600 mm annuellement, alors que le sud présente un aspect semi-aride avec des précipitations moindres et une évapotranspiration importante. Cette variabilité climatique, associée à la diversité des altitudes, crée des habitats potentiels qui sont bénéfiques pour divers arthropodes.

3.1 Etude climatique de la région de Khenchela

La recherche sur le climat est un élément important pour comprendre le comportement des rivières, l'évolution des stocks, les mécanismes naturels d'approvisionnement et de circulation de l'eau, afin d'estimer les différentes composantes du bilan hydrique, avec des effets immédiats ou à long terme sur l'évolution de la nappe.

L'objectif principal de toute étude hydro climatique est d'établir un bilan hydrique sur une période donnée, et les principaux paramètres nécessaires à son établissement sont les précipitations et la température.

3.2. Climatologie de la zone d'étude

Pour étudier le climat de la zone d'étude, nous avons exploité des données recueillies au niveau de la station météorologique d'El Hamma gérée par l'office national de la météorologie, et dont la période d'observation va de 1990 à 2020 pour la station d'El Hamma, a servi pour l'évaluation des facteurs du bilan. Cette station est située selon les coordonnées suivantes :

Tableau 01. Les coordonnées de la station météorologique d'El Hamma

Station	Longitude	Latitude	Altitude	Période d'observation
---------	-----------	----------	----------	-----------------------

El Hamma	7°05'E	35°28'N	928.5 m	1990-2020
-----------------	--------	---------	---------	-----------

3.3. Etude des variations des facteurs climatiques

3.3.1. Variation des températures

La température est un facteur physique fondamental dans les milieux aquatiques superficiels et terrestres. Elle conditionne grandement la répartition des organismes végétaux et animaux et influence l'activité physique des êtres vivants. Elle contrôle aussi l'évolution et la transformation dans le milieu aquatique, de nombreux facteurs chimiques dont l'oxygène dissous, facteur indispensable aux organismes aquatiques. Les variations de température influent en particulier sur la dynamique des populations de crustacés (**Ounissi, 2022**).

Tableau 02. Températures moyennes mensuelles (1990-2020)

Mois	T (°C) Moy min	T (°C) Moy max	T (°C) Moy	Amplitude M-m
Septembre	18,69	23,78	21,22	5,09
Octobre	14,19	19,89	16,48	5,7
Novembre	8,28	12,24	10,31	3,96
Décembre	4,60	8,37	6,49	3,77
Janvier	3,14	7,85	5,57	4,71
Février	2,5	10,30	6,39	7,8
Mars	7,5	13,37	9,44	5,87
Avril	9,8	15,11	12,70	5,31
Mai	13,14	20,56	17,37	7,42
Juin	18,78	24,96	22,32	6,18
Juillet	22,43	28,36	26,08	5,93
Aout	23,04	28,85	25,95	5,81

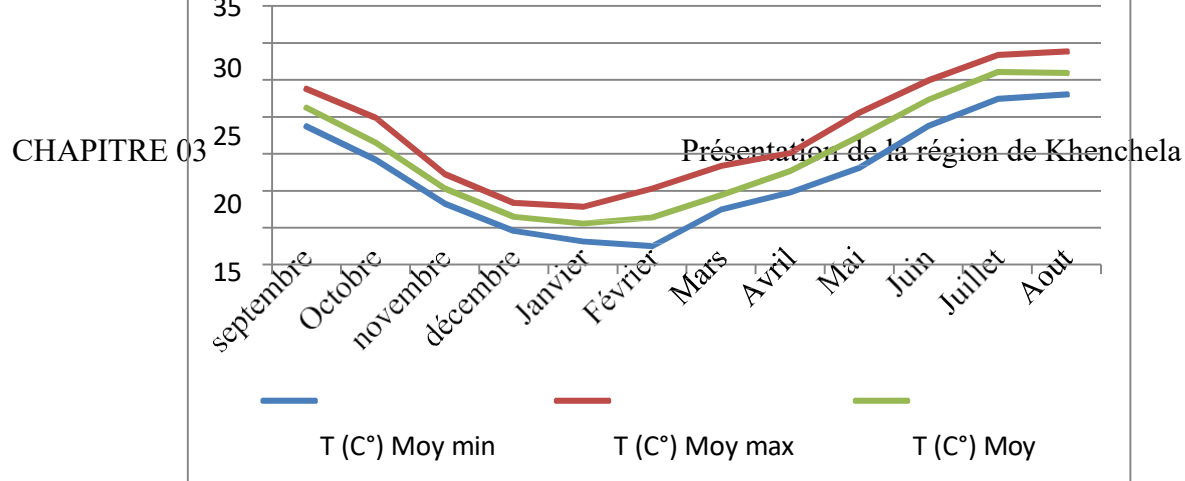


Figure 02. Courbe de variation des températures moyennes (El Hamma, 1990-2020)

La figure (02) représente les variations mensuelles des températures sur une période de 30 ans, à partir du graphique, on remarque que le mois le plus froid c'est le mois de Février avec une valeur de température basse de l'ordre de 2,5 °C, le mois le plus chaud dans la région d'étude est celui d'Aout avec une moyenne max de 28,85 °C.

3.3.2. Variation des précipitations

Les précipitations constituant le facteur principal dans l'établissement du bilan hydrique. Quel que soit leur nature (pluie, grêle, neige ou autre forme de condensation), les précipitations jouent un rôle essentiel dans l'alimentation des nappes souterraines et aussi dans le comportement hydrologique des cours d'eau de la région que nous essayerons d'étudier à l'échelle du mois, de la saison et de l'année. L'altitude et l'éloignement de la mer des stations d'observation, sont les principaux facteurs qui constituent la répartition dans l'espace et le temps de pluie (Saoudi, 2017).

3.3.3. Répartition mensuelle des précipitations

Pour mesurer la répartition mensuelle des précipitations, il est nécessaire de connaître la quantité de précipitations dans les années successives.

Tableau 03. Précipitation moyenne mensuelle (1990-2020)

Mois	Précipitations (mm)
Septembre	47,40
Octobre	39,27
Novembre	43,34
Décembre	43,85
Janvier	51,71
Février	34,88
Mars	48,95
Avril	47,47
Mai	51,70

Juin	25,16
Juillet	10,05
Aout	26,43

Les données pluviométriques (Figure.06) montrent une moyenne mensuelle des précipitations d'environ 40 mm. Le mois le moins pluvieux est Juillet avec 10,05 mm d'eau, cependant, les quantités les plus élevées sont observées au mois de Janvier avec 51,71 mm.

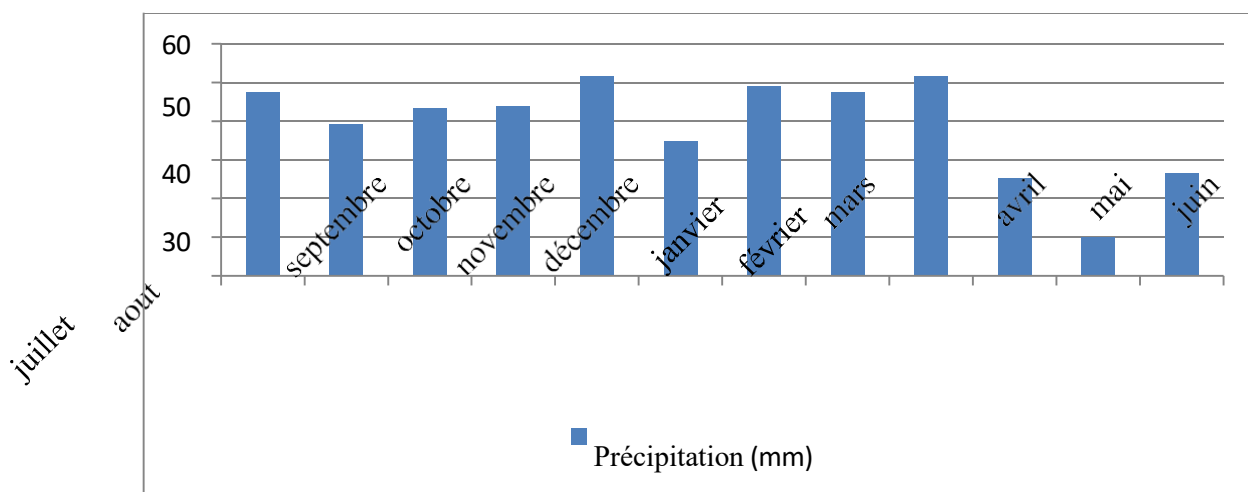


Figure 03. Histogramme de variation des précipitations moyennes mensuelles (1990-2020)

3.3.4. Répartition annuelle des précipitations

Pour la répartition des précipitations annuelles de la station pluviométrique d'El Hama durant la période d'observation de 30 ans qui s'étale du 1990 au 2020.

Tableau 04. Précipitation moyenne annuelle (1990-2020)

Années	Précipitation (mm)	Années	Précipitation (mm)
1990	599,66	2006	454,6
1991	513,78	2007	404,96
1992	592,81	2008	398,05
1993	339,8	2009	519,5
1994	336,28	2010	410,99
1995	482,74	2011	554,73
1996	571,92	2012	374,89
1997	494,59	2013	436,84
1998	455,93	2014	400,63
1999	470,4	2015	550,46
2000	380,18	2016	366,86
2001	345,45	2017	377,41
2002	371,45	2018	512,94
2003	648,38	2019	635,88
2004	707,18	2020	480,66
2005	388,51		

On remarque qu'il y'a une irrégularité de la répartition annuelle des précipitations, l'année la plus pluvieuse est celle de 2004 avec une quantité de 707,18 mm d'eau ; alors, que le minimum est enregistré en 1994, avec une valeur de précipitation de 336,28 mm.

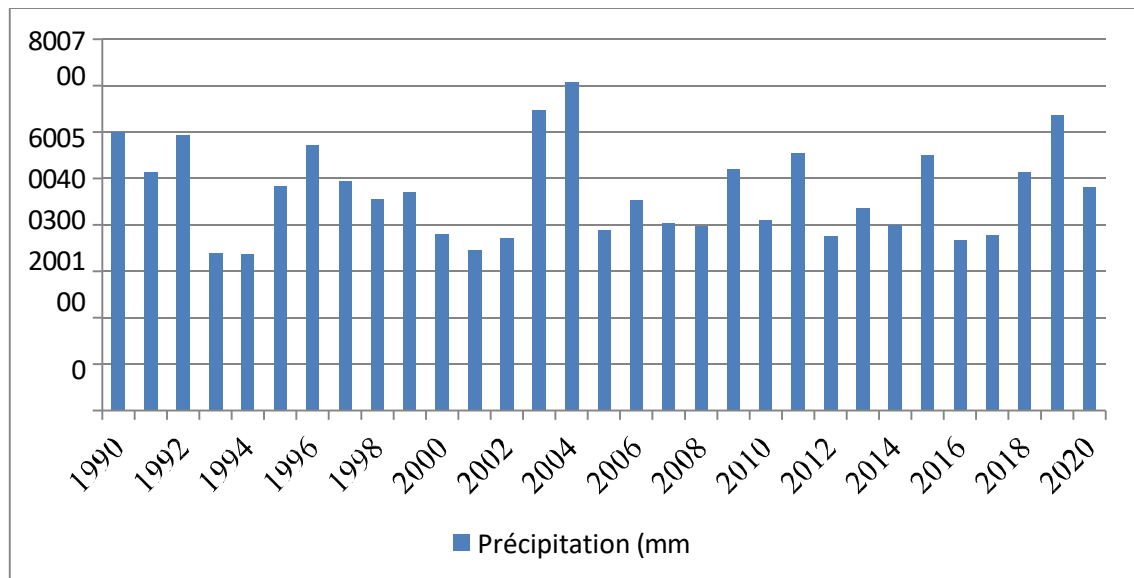


Figure 04. Histogramme de variation des précipitations moyennes annuelles (1990-2020)

3.4. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

Le diagramme Ombrothermique de Gaussen est un mode de représentation classique du climat d'une région nous permet de connaître les caractères des saisons dans une région donnée et d'évaluer l'intensité et la durée de la période de sécheresse.

Pour ce diagramme, les mois de l'année sont représentés sur l'axe des abscisses, il regroupe en même temps la courbe des précipitations (P) représentés en ordonnée à droite en (mm) selon une échelle double de celle des températures (T) représentées à gauche en (°C) (**Kerdoud, 2017**).

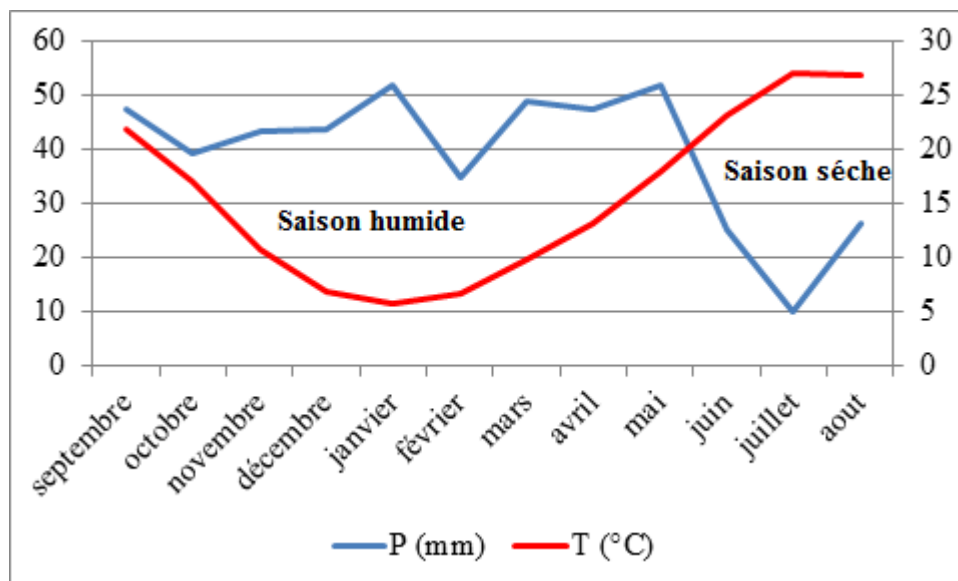
Selon Gaussen une période sèche est une période pendant laquelle les précipitations totales inférieures ou égales au double de la température : $P \leq 2T \Rightarrow$ période sèche.

Une période humide est une période pendant laquelle les précipitations totales égales au double de la température : $P = 2T \Rightarrow$ période humide.

Avec : P : précipitations moyenne mensuelle en (mm). T : température moyenne mensuelle en (°C).

Tableau 05. Précipitation et la température moyenne mensuelle (1990-2020)

Mois	P (mm)	T (°C)
Septembre	47,40	21,93
Octobre	39,27	17,03
Novembre	43,34	10,65
Décembre	43,85	6,74
Janvier	51,71	5,75
Février	34,88	6,61
Mars	48,95	9,76
Avril	47,47	13,12
Mai	51,70	17,95
Juin	25,16	23,06
Juillet	10,05	26,95
Aout	26,43	26,82

**Figure 05.** Diagramme Ombrothermique de Gausson

L'analyse de la courbe gaussienne donne le commentaire suivant : Une période de sècheresse de trois mois, allant du début Juin jusqu'à la fin d'Aout, elle coïncide avec la période la plus chaude (été).

Une période humide plus longue, de neuf mois commence du mois de Septembre et se prolonge jusqu'à la fin du mois de Mai, alors que cette période correspond essentiellement l'hiver et le printemps.

Classification du climat

Le coefficient d'aridité est déterminé à partir de la formule de De Martonne en 1950, par la formule suivante :

$$I = P / (T + 10)$$

Avec :

I : Indice d'aridité ;

P : Précipitation moyenne annuelle en mm ;

T : Température moyenne annuelle en °C.

$$I = P / (T + 10) = 18,42$$

Tableau 06. Classification des climats selon l'indice de De Martonne

INDICE D'ARIDITE	TYPE DE CLIMAT
$0 < I < 5$	Hyper aride
$5 < I < 10$	Aride
$10 < I < 20$ Semi-aride	
$20 < I < 30$	Semi-humide
$30 < I < 55$	Humide

On peut aussi connaître le type de climat en fonction du climagramme de Sauvage. L'indice pluviométrique (Q2) d'Emberger, qui fait intervenir la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M), la moyenne des minima du mois le plus froid (m) et la moyenne des précipitations annuelles (P), permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une région donnée et de la situer dans le climagramme d'Emberger.

Cet indice pluviométrique est une synthèse des précipitations et des températures. Plus le climat est sec, plus le Q2 est faible, ainsi à chaque station, on peut associer deux grandeurs Q2 et m, et les représenter par un point sur un plan à deux axes, à la répartition géographique des stations, on lui substitue une répartition climatique (**Aribi et Lahmar, 2019**).

Cette formule s'écrit: $Q2 = 2000 P / M^2 - m^2$ Avec : **Q2**: coefficient pluviométrique d'EMBERGER ; **P** : désigne la précipitation moyenne annuelle, exprimée en mm ; **M** :

désigne le maximum du mois le plus chaud en Kelvin (K) ; **m** : désigne le minimum du mois le plus froid en Kelvin (K). $T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15$

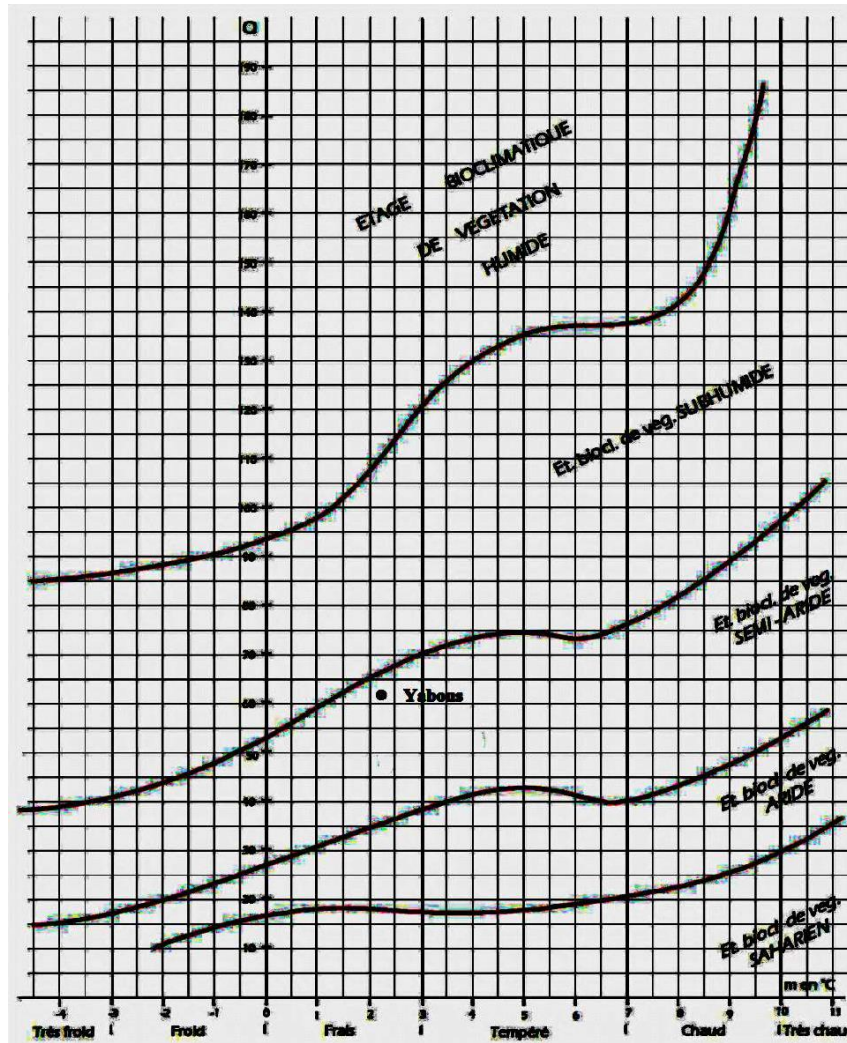


Figure 06. Climagramme d'Emberger

CHAPITRE IV.
MATERIEL ET METHODES

4.1 Présentation du site d'étude

Le travail a été réalisé dans la wilaya de Khenchela dans deux sites dans la forêt de la commune de Tamza. Le choix de ces stations repose sur les critères suivants :

- ✓ Accessibilité au terrain,
- ✓ Diversité floristique,
- ✓ Site 1 : Forêt naturelle,
- ✓ Site 2 : Forêt reboisée.

4.1.1 Présentation de la commune de Tamza

La commune de Tamza, située dans la wilaya de Khenchela, est une collectivité locale algérienne qui s'étend sur une superficie d'environ 39 000 hectares, dont près de la moitié est occupée par des forêts. Elle se trouve à environ 30 km à l'ouest du chef-lieu de la wilaya. Selon le recensement de 2008, la population de Tamza est d'environ 8 617 habitants.

Tamza est caractérisée par un relief montagneux, notamment le massif d'Aïn Mimoun, qui fait partie du Parc naturel de Chélia. Cette région est riche en biodiversité et abrite des forêts de cèdres de l'Atlas, des chênes-lièges et des pins d'Alep.



Figure 07. Localisation géographique de la commune de Tamza dans la wilaya de Khenchela (google maps, 2025).

4.1.2. Description des stations

4.1.2.1 Présentation de la station naturelle

La zone choisie représentée située dans peuplement de Pin d'Alep d'une formation naturelle la figure ci-dessous présente la station naturelle choisie. Avec les coordonnées géographiques suivantes : 35.402830, 6.943739

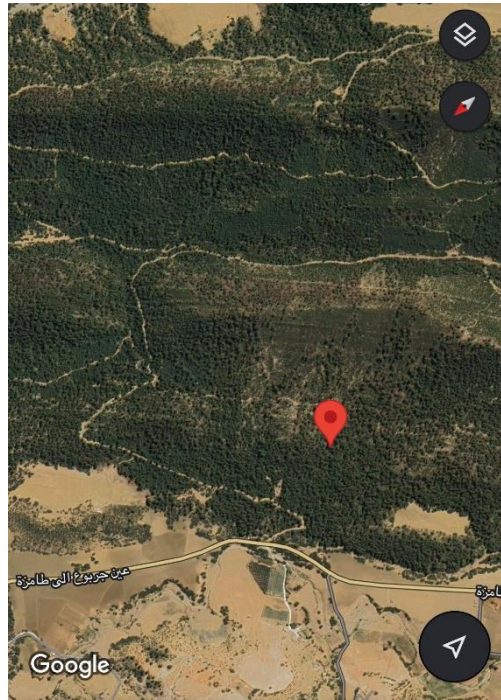


Figure 08. Image satellite du Site 1 (forêt naturelle) (Google Earth, 2025).



Figure 09. Vue générale de la station Naturelle (Original ,2025)

4.1.2.2 Présentation de la station reboisée

La zone choisie représentée située dans peuplement de Pin d'Alep d'une formation reboisée la figure ci-dessous présente la station reboisée choisie. Avec les coordonnées géographiques suivantes : 35.435065, 6.967595

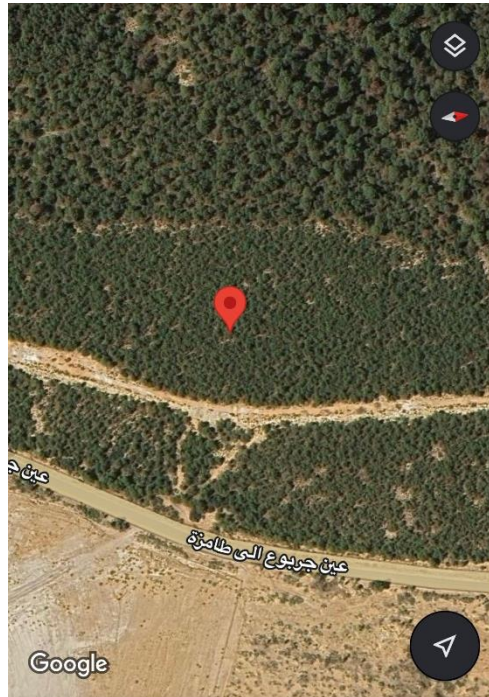


Figure 10. Image satellite du Site 2 (forêt reboisée) (Google Earth, 2025).



Figure 11. Vue générale de la station reboisée (Original ,2025)

Les deux stations sont situées à distance 15km pour la station naturelle et 20 km pour la station reboisée du chef-lieu de la commune de Tamza.

La photo satellite (fig 12) représente les deux stations naturelle et reboisée choisis à l'intérieur de la forêt de Ouled Yaakoub.

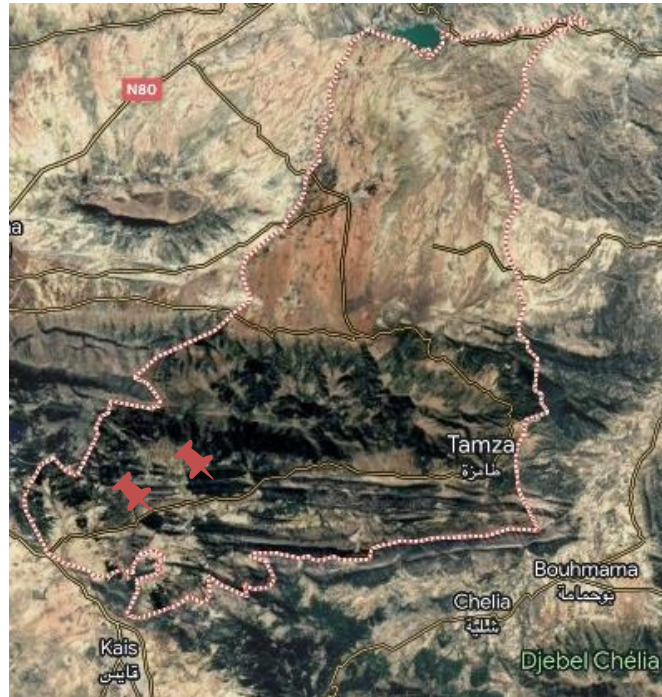


Figure 12. Les deux stations naturelle et reboisée choisis à l'intérieur de la forêt de Ouled Yaakoub.

4.2 Matériels expérimentales utilisés

Pour capturer les insectes au niveau de la station différents procédés et matériaux ont été utilisés pour réaliser un inventaire.

4.2.1 Sur le terrain

Les équipements que nous avons utilisés pour échantillonner les arthropodes sur le terrain, nous avons choisi d'utiliser les pièges suivants :

4.2.2 Pots Barber

Ces pièges sont constitués de boîtes métalliques de 10cm de profondeur et entrées verticalement de manière à ce que l'ouverture soit au niveau du sol. Ils servent à capturer des types d'arthropodes au sol. Comme les Coléoptères et autres. Rempli d'eau savonneuse à

environ 2/3 de leur capacité. De la terre est rempli autour des pots pour éviter l'effet barrière sur les petites espèces.



Figure 13. Installation des pots barber dans le sol (Originale, 2025)

4.3.2.1 Avantages

Cette méthode est facile à mettre en œuvre sur le terrain. Il ne nécessite pas de gros moyens, juste une casserole, de l'eau et du détergent. Il peut attraper toutes les espèces d'Arthropodes qui passent à côté du pot (BENKHELIL, 1991).

4.3.2.2 Inconvénients

La méthode des pots barber présente quelques inconvénients. En effet, l'excès d'eau en cas de forte pluie, peut inonder les pots dont le contenu déborde entraînant vers l'extérieur les arthropodes capturés auparavant (BAZIZ, 2002).

4.2.3 Piège jaune

Dans nos expérimentations, nous avons utilisé huit récipients de couleur jaune de 5 cm de diamètre et 10 cm de profondeur, remplis aux deux tiers de leur hauteur avec de l'eau savonneuse. Il est placé à une hauteur de 1 mètre et accroche-le aux branches de l'arbre.



Figure 14. Installation des pièges jaunes dans l'arbre (original ,2025).

4.3.3.1 Avantages

Selon BENKHELIL (1991), le grand succès du piège jaune est qu'il est très bon marché et peut être utilisé n'importe où avec un minimum de manipulation. Ils ne nécessitent aucune énergie et les pièges colorés peuvent être utilisés dans des zones reculées où d'autres technologies sont difficiles à utiliser.

4.3.3.2 Inconvénient

Ces pièges attirent plus les insectes volants que les pièges sur les herbiers.

4.2.4 Récolte à la main

C'est l'un des moyens les plus faciles et les plus simples de collecter des échantillons d'arthropodes, particulièrement les plus flexibles, car il maintient les insectes en parfait état pour les analyses en laboratoire.

Les feuilles des arbres et la terre sont surveillées à chaque sortie. Placer les insectes collectés dans des flacons remplis d'alcool dilué à 70%.

4.3.4.1 Avantages

Selon (BENKHELIL, 1991), la meilleure méthode pour fournir des données précises sur les plantes hôtes. Cette approche est l'une des techniques les plus efficaces pour détecter les associations trophiques entre les espèces.

4.3.4.2 Inconvénient

La récolte par cette méthode peut être réduite à un volume de plantes prescrit en raison du mouvement permanent de la faune. Par conséquent, la valeur quantitative de ces échantillons est donc comparative d'un jour à l'autre, en un même endroit et pour la même espèce entomologique (BENKHELIL, 1991).

4.2.5 Le dispositif d'échantillonnage

Nous avons placé les pièges dans les stations étudié de la manière suivante :

Nous avons installé 9 pièges jaunes et 9 pots barber en rangée, avec une distance de 5 m entre chaque piège.

Le placement des pièges était irrégulier en raison de la localisation du et de la plantation irrégulière des arbres.

Nous avons collecté des données totales sur les insectes lors des 09 sorties.

Méthodologie de travail :

- **Calendrier des sorties et échantillonnage**

La période d'échantillonnage s'est étendue sur deux mois consécutifs, de la fin février à la fin avril. L'échantillonnage est réalisé pendant 09 sorties, Les dates des sorties et les méthodes d'échantillonnage appliquées sur chaque station prélevé de trois manières différentes : capture visuelle à la main, piège colorée (jaune) et le pots barber sont précisées dans le tableau 9.

Tableaux 7. Calendrier des sorties dans la période d'étude.

Les pièges	Récolte à main	Pots barber	Piège jaune
Les dates des sorties	24/02/2025	24/02/2025	24/02/2025
	04/03/2025	04/03/2025	04/03/2025
	11/03/2025	11/03/2025	11/03/2025
	18/03/2025	18/03/2025	18/03/2025
	25/03/2025	25/03/2025	25/03/2025

	08/04/2025	08/04/2025	08/04/2025
	15/04/2025	15/04/2025	15/04/2025
	23/04/2024	23/04/2024	23/04/2024
	30/04/2025	30/04/2025	30/04/2025

- **Matériel d'échantillonnage :**

Pour réaliser l'inventaire des arthropodes, L'échantillonnage sur terrain a nécessité un matériel diversifié composé de :

- Les trois pièges mentionnés ci-dessus.
- L'eau et savon
- Flacons
- Passoire et pince
- Alcool

4.2.6 Conservation d'échantillon

Certains spécimens d'arthropodes sont conservés dans des flacons contenant de l'alcool dilué à 70%. Avec des étiquettes écrites dessus indiquant la date de prélèvement de l'échantillon et le piège, au crayon.



Figure 15. Conservation des insectes capturée dans des flacon (Original, 2025).

4.3 Au laboratoire

Après chaque sortie et selon les différentes méthodes de capture, les échantillons Récupérés sont analysés au laboratoire, en commençant par un premier tri qui consiste à séparer : la classe des insectes des autres Arthropodes. La deuxième étape consiste à trier les insectes qui ont un intérêt agronomique par ordre puis par famille et espèces si possible.

Les échantillons ramenés au laboratoire sont contrôlés sous la loupe binoculaire pour le triage et le comptage.

Les insectes minuscules sont conservés dans des flacons contenant de l'alcool à 70° jusqu'à leur identification.

Au laboratoire, nous avons utilisé les instruments suivants :

- Loupe binoculaire
- Loupe optique
- Boîtes de pétri
- Forceps
- Ethanol absolu
- Les tubes
- Lame et lamelle
- Flacons d'échantillon





Figure 16. Photos de matériel utilisé en laboratoire (Original, 2025).

Après chaque sortie, les échantillons sont prélevés au laboratoire, analysés et triés.

Les insectes d'importance agricole sont triés par ordre, puis par famille et espèce, si possible.

Les échantillons apportés au laboratoire sont examinés sous une loupe binoculaire pour le triage et le comptage.

Les espèces identifiées sont placées dans des tubes et conservées en laboratoire.

4.4 Identification

Les espèces triées seront ultérieurement déterminées au laboratoire sous une loupe binoculaire. Pour qu'ils sont identifiés en se basant sur les caractères morphologiques.

Selon PIHAN., (1986) des clés simplifiées de détermination permettent de parvenir à identifier jusqu'à l'ordre soit à partir de caractères précis, tels que les ailes et pièces buccales, soit à partir de caractères plus globaux. Pour chaque ordre, une clé spéciale permet de pousser la détermination jusqu'à la famille.

4.5 Analyse de données

Après avoir traité les résultats par la qualité d'échantillonnage, l'exploitation des résultats obtenus est réalisée par des indices écologiques de composition et de structure et par des techniques d'analyse statistique.

4.5.1. Exploitation des résultats par des indices écologiques de composition

Indices écologiques et de diversité :

Pour évaluer la diversité entomofaunistiques, nous avons utilisé quelques indices écologiques et les indices de diversité.

4.5.2. Comparaison des performances des pièges

Les effectifs totaux capturés par chaque type de pièges dans chaque ont été sujets à des comparaisons visant à évaluer leurs performances.

Les données descriptives ont été calculées (min – max- moyenne). Ensuite, les effectifs ont été exposés au test de Shapiro-Wilk afin de vérifier leur distribution. Les résultats de ce test ont démontré une distribution non normale des données ($W = 0.846$; $p < .001$). Donc, pour comparer les effectifs capturés par chaque type de pièges, nous avons procédé au test non-paramétrique de Kruskal-Wallis. Dans un cas de signification statistique, nous allons appliquer le test post hoc de Dunn, pour explorer les détails de cette différence. Un seuil de signification statistique $\alpha = 0,05$ a été fixé pour tous les tests statistiques. Cette analyse statistique a été réalisé sur Rstudio v 4.3.3.

4.6.1. Indice écologique de composition

4.6.1.1. La Richesse spécifique (S)

D'après Blondel (1979), la richesse spécifique est le nombre d'espèce du peuplement, c'est aussi le nombre d'espèce contacté au moins une fois au terme de N relevé.

4.6.1.2. Abondance Relative (AR)

L'abondance relative ou la fréquence centésimale compare le nombre d'individus de l'espèce et le nombre total d'individus. D'après Ramade (1984), l'abondance relative est le pourcentage des individus d'une espèce donnée par rapport au total des individus. Elle s'exprime par la formule suivante : $F (\%) = niN / X \ 100$

4.6.2. Indice écologique de structure

Ces indices comprenant la densité totale, les indices d'un peuplement est le nombre total des individus appartenant à toutes les espèces par unité de surface.

4.6.2.1. Indice de diversité de Shanon-Weaver

L'indice de diversité de Shanon-Weaver est considéré comme le meilleur moyen de traduire la diversité, d'après Ramade (1984), il est exprimé par la formule suivante : $H' = - \sum (n_i / N) \log_2 (n_i / N)$

H' : indice de diversité exprimé en bits

n_i = nombre d'individus de l'espèce de rang i

N = nombre total d'individus

H' est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible ou quelques espèces dominant ; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et réparti équitablement. Autrement dit, la diversité est minimale quand H' tend vers zéro (0), et est maximale quand H' tend vers ∞ .

4.6.2.2. Indice d'équitabilité

D'après BLONDEL (1979), l'équirépartition est le rapport de la diversité observée à la diversité maximale. Elle est donnée par la formule suivante : $E = H' / H'_{max}$

H' = indice de Shannon-Weaver

H'_{max} est Diversité maximale ($H' = \log_2 S$)

CHAPITRE V. RESULTATS ET DISCUSSION

5.1 Résultats de l'inventaire global de l'Entomofaune.

Les espèces dénombrées dans les deux stations d'étude à savoir, station 1 (forêt naturelle) et le station 2 (forêt reboisée) durant les deux mois et demi d'observations (de fin février 2025 à la fin avril 2025) sont regroupées par ordres puis famille sur une liste systématique.

L'identification des captures est réalisée au niveau du genre et de l'espèce pour la majorité des familles avec l'aide de taxonomistes spécialisés. Divers documents sont également consultés.

La liste reste loin d'être exhaustive vue que plusieurs espèces ont échappé à l'identification.

Pour avoir une idée globale sur l'importance des principaux ordres d'insectes dénombrés, nous avons dressé un tableau récapitulatif dans lequel est précisé le nombre d'espèces par ordre dans les deux stations étudiées de la région de Khenchela (**Tableau 07**).

Tableau 08. Répartition des arthropodes inventoriés par ordre au niveau des deux stations d'étude de la région des Khenchela.

Ordre	Nombre de familles	Nombre d'espèces
Coleoptera	19	121
Hymenoptera	10	323
Hemiptera	9	32
Diptera	7	47
Araneae	13	32
Orthoptera	4	7
Isopoda	1	1
Blattoda	1	51
Homoptéra	1	1
Ixodida	1	1
Colembolla	1	6
Lepidoptera	2	12
Neuroptera	1	12
Opilion	1	32
Total = 14	71	678

L'étude ainsi faite, révèle la présence de 678 espèces d'arthropodes réparties en 14 ordres (**Figure 17**).

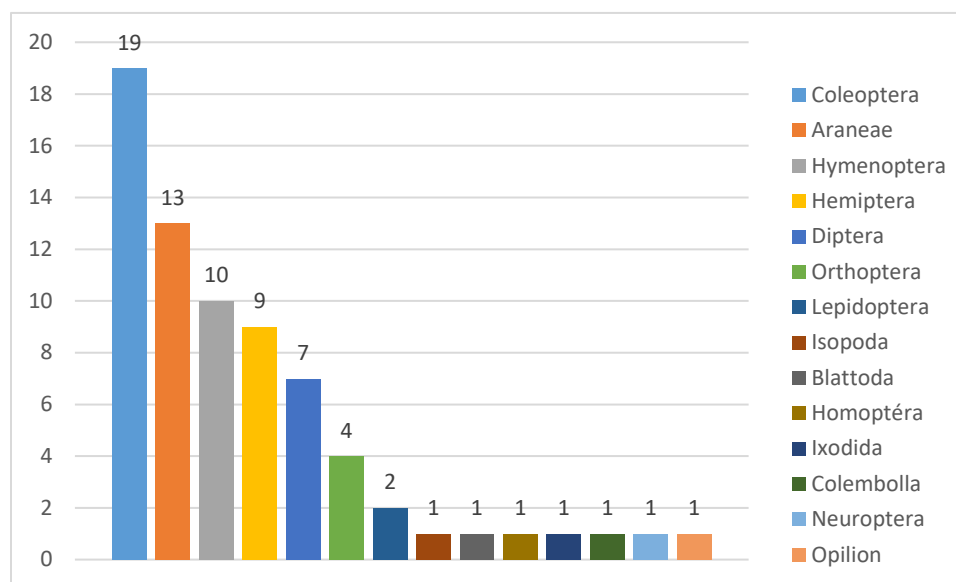


Figure 17. Nombre de famille par ordre Entomofaunique dans la région d'étude.

La figure illustre la richesse en familles des différents ordres entomofauniques observés dans la région d'étude (station naturelle et reboisée). Les Coléoptères sont les plus représentés avec 19 familles, indiquant une forte diversité et adaptation à l'environnement local. Ils sont suivis par les Aranéides (13 familles), les Hyménoptères (10) et les Hémiptères (9), qui présentent également une richesse importante. Les Diptères (7) et Orthoptères (4) montrent une présence plus modérée. En revanche, les Lépidoptères, Isopodes, Blattodes, Homoptères et Ixodides n'affichent qu'une seule famille, ce qui peut traduire une faible diversité ou un échantillonnage limité. Cette répartition met en évidence la prédominance de certains groupes écologiquement influents dans l'écosystème étudié.

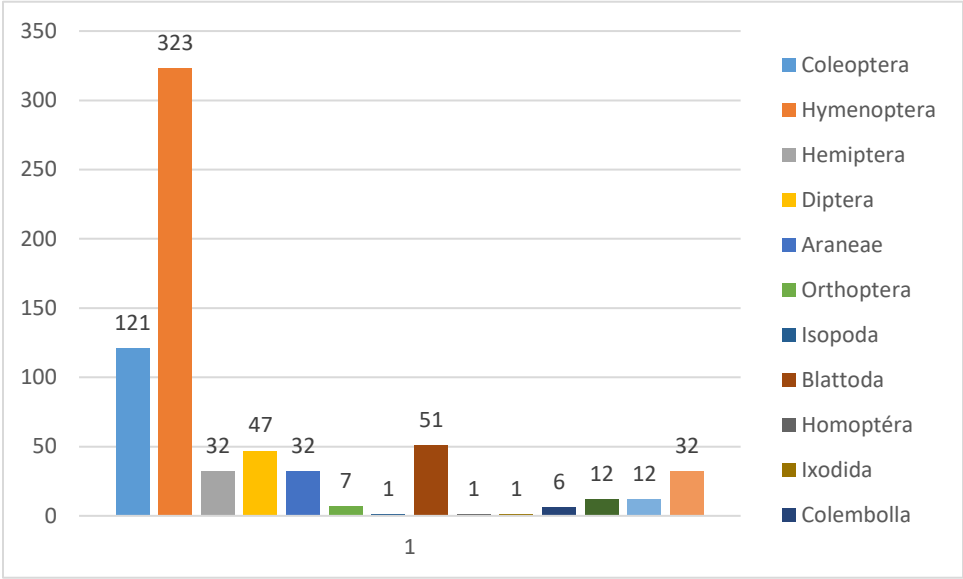


Figure 18. Nombre d’espèces par ordre Entomofaunique dans la région d’étude.

La figure montre que les Hyménoptères sont l’ordre le plus riche en espèces dans la région étudiée, avec 323 espèces, suivis des Coléoptères (121) et des Blattodes (51). Les Diptères, Hémiptères, Aranéides et Collembolés présentent aussi une diversité modérée (32 à 47 espèces). En revanche, des ordres comme les Orthoptères, Isopodes, Homoptères et Ixodides sont faiblement représentés, avec une à sept espèces seulement. Cette distribution suggère une forte dominance des Hyménoptères, probablement liée à leur diversité écologique, et une moindre représentation de certains groupes, soit par rareté réelle, soit par limitation de l’échantillonnage

La liste de toutes les espèces d’arthropodes inventoriés durant les 02 mois d’observation (de la mi-mars 2023 à la mi-mai 2023) par plusieurs types de pièges, il s’agit des pièges colorés, les pots Barber et la récolte à la main. Dans la station naturelle dans la région de Tamza, est représentée dans le **tableau 08**.

Tableau 09 : Espèces d’arthropodes inventoriés dans la station naturelle.

Ordre	Famille	Espéce	NB
Coleoptera	Tenebrionidae	Espéce indéterminée	3
	Cleridae	Espéce indéterminée	1
	Oedemeridae	Espéce indéterminée	6
	Silvanidae	Espéce indéterminée	4
	Cetonidae	Espéce indéterminée	8
	Carabidae	Espéce indéterminée	1
	Rahdalidae	Espéce indéterminée	1
	Lucanidae	Espéce indéterminée	2

	Buprestidae	<i>Espèce indéterminée</i>	30
	Anobidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Cantharidae	<i>Espèce indéterminée</i>	3
	Curculionidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Carabidae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
Hyemenoptera	Andrenidae	<i>Espèce indéterminée</i>	20
	Formicidea	<i>Espèce indéterminée</i>	29
	Halictidae	<i>Espèce indéterminée</i>	27
	Formicidea	<i>Espèce indéterminée</i>	10
	Apidae	<i>Espèce indéterminée</i>	5
	Argidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Halictidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Vasipdae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
	Vasipdae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Vasipdae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
	Halictidae	<i>Espèce indéterminée</i>	17
	Molittidae	<i>Espèce indéterminée</i>	15
	Formicidea	<i>Espèce indéterminée</i>	7
	colletidae	<i>Espèce indéterminée</i>	13
	Formicidea	<i>Espèce indéterminée</i>	25
Hemiptera	Psudococcidae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
	Aphididae	<i>Espèce indéterminée</i>	3
	Cicadellidae	<i>Espèce indéterminée</i>	11
	Cicadidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Lygaeidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Rhyparochronidae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
	Aphididae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
Homoptera	Cicadellidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
Diptera	Thephritidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Dorsophilidea	<i>Espèce indéterminée</i>	3
	Chloropidae	<i>Espèce indéterminée</i>	9
	Lonchaeidae	<i>Espèce indéterminée</i>	3
	Anthomyiidae	<i>Espèce indéterminée</i>	25
	Chironomidae	<i>Espèce indéterminée</i>	4
	Heleomygidae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
Araneae	Anypaenidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Dictyniddae	<i>Espèce indéterminée</i>	5
	Clubionidae	<i>Espèce indéterminée</i>	5
	Tegestriidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Thomsidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
Orthoptera	Gryllidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
Blattoda	Ectobiidae	<i>Espèce indéterminée</i>	5
	Ectobiidae	<i>Espèce indéterminée</i>	12

	Ectobiidae	<i>Espèce indéterminée</i>	6
Isopoda	Porcellionidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
Ixodida	Ixodidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
Collembola	Dictynidae	<i>Espèce indéterminée</i>	6
Total=11			352

La liste de toutes les espèces d'arthropodes inventoriés durant les 02 mois d'observation (de la fin février 2025 à la fin avril 2025) par plusieurs types de pièges, il s'agit des pièges colorés, les pots Barber et la récolte à la main. Dans la station reboisée dans la région de Tamza, est représentée dans le **tableau 09**.

Tableau 10 Espèces d'arthropodes inventoriés dans la station reboisée.

Ordre	Famille	Espèce	NB
Coleoptera	Ptinidae	<i>Espèce indéterminée</i>	4
	Tenebrionidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Tenebrionidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Chrysomelidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Silvanidae	<i>Espèce indéterminée</i>	6
	Cetoniidae	<i>Espèce indéterminée</i>	5
	Carabidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Stephelinidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Buprestidae	<i>Espèce indéterminée</i>	11
	Chrysomelidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Dynastidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Cantharidae	<i>Espèce indéterminée</i>	8
	Dermestidae	<i>Espèce indéterminée</i>	4
	Tenebrionidae	<i>Espèce indéterminée</i>	4
	Chrysomelidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Melolonthidae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
	Buprestidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Coccinllidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Tenebrionidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Melolonthidae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
	Coccinllidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
Hyemenoptera	Halictidae	<i>Espèce indéterminée</i>	12
	Melittidae	<i>Espèce indéterminée</i>	14
	Formicidea	<i>Espèce indéterminée</i>	4
	Formicidea	<i>Espèce indéterminée</i>	7
	Formicidea	<i>Espèce indéterminée</i>	5
	Formicidea	<i>Espèce indéterminée</i>	15
	Collatidae	<i>Espèce indéterminée</i>	22
	Eumenidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1

	Andrenidae	<i>Espèce indéterminée</i>	39
	Formicidea	<i>Formicidea sp.</i>	10
	Halictidae	<i>Espèce indéterminée</i>	13
	Chrysomelidae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
	Formicidea	<i>Espèce indéterminée</i>	3
	Andrenidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
Hemiptera	Pyrrhocoridae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Issidae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
	Cicadellidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Cicadellidae	<i>Espèce indéterminée</i>	4
	Saldidae	<i>Espèce indéterminée</i>	3
Lepidoptera	Notudae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Plutellidae	<i>Espèce indéterminée</i>	9
	Pyrallidae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
Araneae	Liocranidae	<i>Espèce indéterminée</i>	3
	Dictynidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Saldidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Lycosidae	<i>Espèce indéterminée</i>	5
	Liocranidae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
	Lycosidae	<i>Espèce indéterminée</i>	5
	Salicidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Linyphiidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
Orthoptera	Ommexechidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Gryllidae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
	Gryllidae	<i>Espèce indéterminée</i>	1
	Acrididae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
Opilion	Phalangidae	<i>Espèce indéterminée</i>	32
Blattoda	Ectobiidae	<i>Espèce indéterminée</i>	11
	Ectobiidae	<i>Espèce indéterminée</i>	15
	Ectobiidae	<i>Espèce indéterminée</i>	2
Neuroptera	Chysoperlae	<i>Espèce indéterminée</i>	12
Total =9			326

Pour avoir une idée globale sur l'importance des principaux ordres d'insectes dénombrés dans les deux sites, nous avons dressé un tableau récapitulatif dans lequel est précisé les espèces présente par ordre dans les deux stations étudiées de la région des Khenchela (**Tableau 10**).

Tableau 11. Ordre des arthropodes inventoriées dans les stations naturelle et reboisée.

Ordre	Site 1	Site 2
Coleoptera	+	+
Hymenoptera	+	+

Hemiptera	+	+
Homoptera	+	-
Blattoda	+	+
Neuroptera	-	+
Opillion	-	+
Colombolla	+	-
Lepidoptera	-	+
Diptera	+	-
Araneae	+	+
Orthoptera	+	+
Isopoda	+	-
Total	10	09

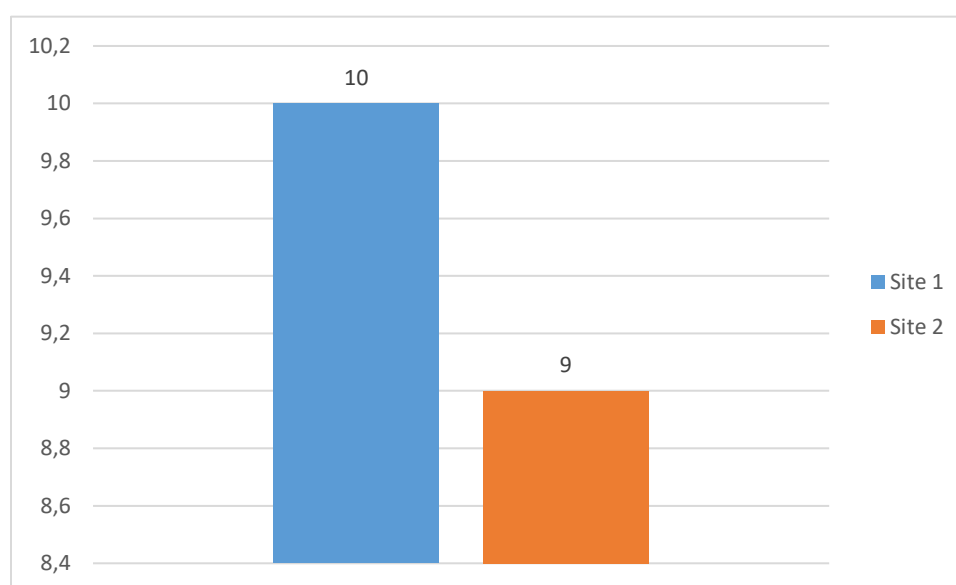


Figure 19. Importance des ordres dans les sites d'étude.

Le graphique ci-dessus montre l'importance des ordres des arthropodes inventoriées sur les deux sites. La station 1 est quantitativement équilibré en nombre avec la station 2. Le site 01 occupent respectivement le premier rang avec 10 ordres, le site 02 occupe respectivement le deuxième rang avec 09 ordres.

Pour avoir une idée globale sur l'importance des principales familles d'insectes dénombrés dans les deux sites, nous avons dressé un tableau récapitulatif dans lequel est précisé les familles présente par ordre dans les deux vergers étudiés de la région des Khenchela (**Tableau 11**).

Tableau 12. Familles des arthropodes inventoriées dans les stations naturelle et reboisée.

Familles	Site 1	Site 2
Tenebrionidae	+	+
Cleridae	+	-
Oedemeridae	+	-
Silvanidae	+	+
Cetoniidae	+	+
Carabidae	+	+
Rahdalidae	+	-
Lucanidae	+	-
Buprestidae	+	+
Anobidae	+	-
Cantharidae	+	+
Curculionidae	+	-
Andrenidae	+	+
Formicidae	+	+
Halictidae	+	+
Apidae	+	-
Argidae	+	-
Vasipdae	+	-
Molittidae	+	+
Colletidae	+	+
Psudococcidae	+	-
Aphididae	+	-
Cicadellidae	+	+
Cicadidae	+	-
Lygaeidae	+	-
Rhyarochronidae	+	-
Cicadellidae	+	-
Thephritidae	+	-
Dorsophilidea	+	-
Chloropidae	+	-
Lonchaeidae	+	-
Anthomyiidae	+	-
Chironomidae	+	-
Heleomygidae	+	-
Anyphaenidae	+	-
Dictynidae	+	+
Clubionidae	+	-
Tegestriidae	+	-
Thomidae	+	-
Gryllidae	+	+
Ectobiidae	+	+

Porcellionidae	+	-
Ixodidae	+	-
Dictynidae	+	-
Ptinidae	-	+
Chrysomelidae	-	+
Stephlinidae	-	+
Dynastidae	-	+
Dermestidae	-	+
Melolonthidae	-	+
Coccinellidae	-	+
Eumenidae	-	+
Pyrrhocoridae	-	+
Issidae	-	+
Saldidae	-	+
Liocranidae	-	+
Lycosidae	-	+
Sallicidae	-	+
Linyphiidae	-	+
Ommexechidae	-	+
Acrididae	-	+
Phalangidae	-	+
Collatidae	-	+
Chrysomelidae	-	+
Chrysoperlae	-	+
Total	44	36

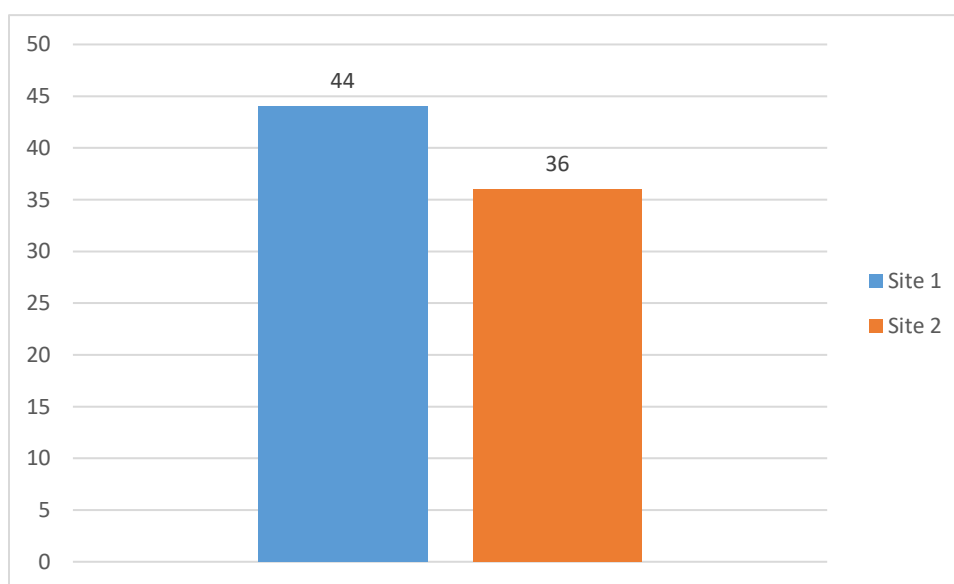


Figure 20. Importance des familles dans les sites d'étude.

Le graphique ci-dessus compare le nombre de familles recensées entre deux sites d'étude. Le Site 1 (naturelle) présente 44 familles, contre 36 familles pour le Site 2 (reboisée). Cette différence suggère que le Site 1 possède une richesse taxonomique plus élevée, ce qui peut être le reflet d'une plus grande diversité écologique, d'une hétérogénéité d'habitats ou encore de conditions environnementales plus favorables à une variété d'espèces. En revanche, le Site 2, bien que légèrement moins riche, conserve tout de même une diversité notable.

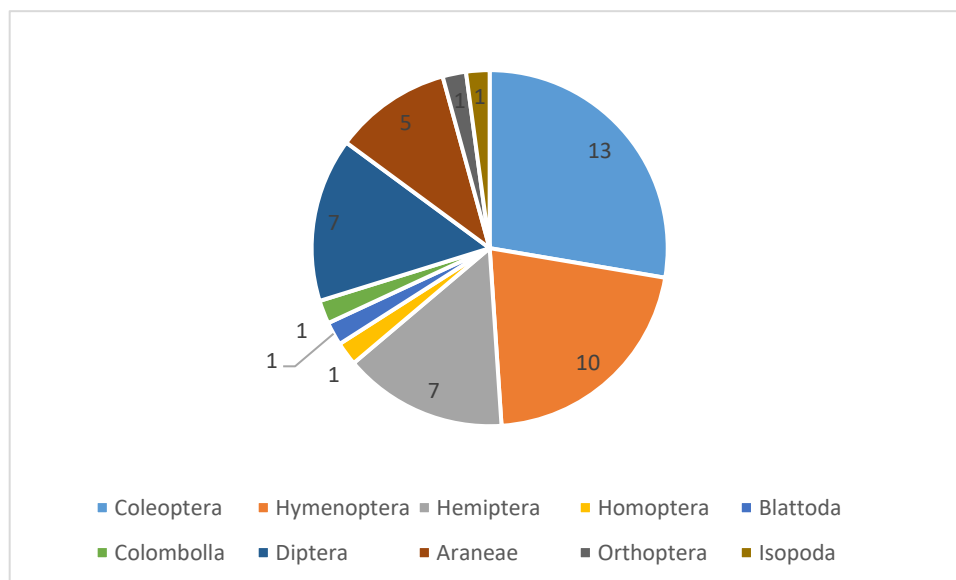


Figure 21. Importance des familles par ordre site 1

Ce diagramme illustre la répartition des familles taxonomiques identifiées, regroupées par ordre. On observe que les Coléoptères (Coleoptera) représentent la part la plus importante avec 13 familles, suivis par les Hyménoptères (10 familles) et les Hémiptères (7 familles). Ces trois ordres dominent donc nettement en termes de diversité familiale. Les Diptères et les Aranéides comptent chacun 5 et 7 familles, indiquant également une diversité modérée. En revanche, d'autres ordres comme les Homoptères, Orthoptères, Isopodes, Collembolles et Blattodes sont représentés par une seule famille chacun, traduisant une diversité beaucoup plus restreinte dans ces groupes.

Cette répartition met en évidence une prépondérance écologique des Coléoptères et Hyménoptères dans le milieu échantillonné, ces ordres jouant souvent des rôles clés dans les écosystèmes (ex. : décomposeurs, pollinisateurs, prédateurs).

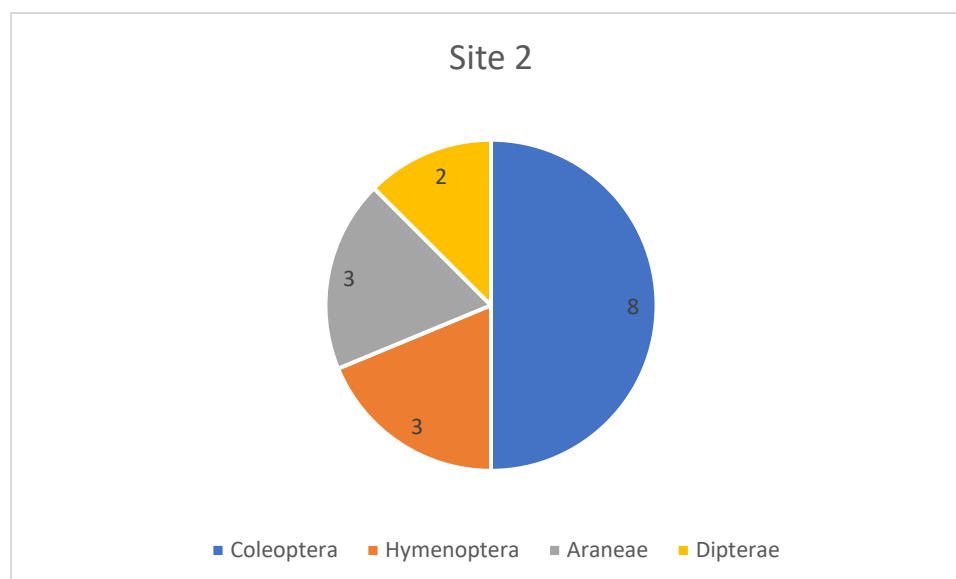


Figure 22. Importance des familles par ordre site 2

La lecture de la figure (34), montre que les espèces entomologiques recensées sont réparties en 15 familles dont celui des Coleoptera est le mieux représenté avec 08 familles différentes. L'ordre des Hymenoptera et les Aranea viennent en troisième position avec 03 familles. Par contre les Diptera et les sont représentés avec 02 familles successivement. Les autres ordres sont faiblement notés et ne dépassent pas une famille pour chacun d'eux.

5.2. Exploitation des résultats des arthropodes capturés

Dans cette partie les résultats portant sur les arthropodes piégés sont traités par : la qualité d'échantillonnage pour les différents pièges puis les indices écologiques de composition et de structure.

5.2.1. Qualité d'échantillonnage

Les valeurs de la qualité d'échantillonnage des espèces capturées à l'aide de différentes méthodes au cours de toute la période de travail, sont calculées et regroupées dans le tableau suivant :

Les valeurs de la qualité d'échantillonnage des espèces capturées à l'aide différentes méthodes d'échantillonnages au cours de 09 relevées dans la région d'étude sont regroupés dans le tableau 12 et 13.

Tableau 13. Qualité d'échantillonnage (a/N) des espèces par les différentes méthodes dans la Station d'étude naturelle.

Indice Type de piège	Nombre de relevé (N)	Nombre d'espèces observées une seule fois en un seul exemplaire (a) Station 1	a/N
Pièges colorés	09	11	1,2
Pots Barber	09	6	0,6
Capture à main	09	1	0,1

Le tableau met en évidence les performances comparées de trois méthodes de capture : pièges colorés, pots Barber, et capture à main, évaluées sur la base de 9 relevés chacune. L'indicateur principal est le rapport a/N , où a correspond au nombre d'espèces observées une seule fois, ce qui reflète la capacité du piège à détecter des espèces rares ou ponctuellement présentes.

Les pièges colorés se révèlent les plus performants, avec 11 espèces uniques et un rapport a/N de 1,2, ce qui souligne leur efficacité pour capter une grande diversité, en particulier les espèces attirées visuellement. En comparaison, les pots Barber, bien qu'efficaces pour les arthropodes terrestres (comme les coléoptères), montrent un rendement intermédiaire avec 6 espèces uniques ($a/N = 0,6$). La capture à main, avec seulement 1 espèce unique ($a/N = 0,1$), s'avère la moins performante en termes de diversité rare détectée.

Ces résultats soulignent l'intérêt des méthodes passives et visuelles (pièges colorés) dans les inventaires entomologiques, notamment pour révéler une composante plus discrète ou peu abondante de la faune. L'utilisation combinée de plusieurs méthodes reste néanmoins essentielle pour couvrir au mieux l'ensemble de la diversité présente sur le site.

Tableau 14. Qualité d'échantillonnage (a/N) des espèces par les différentes méthodes dans la Station d'étude reboisée.

Indice Type de piège	Nombre de relevé (N)	Nombre d'espèces observées une seule fois en un seul exemplaire (a) Station 2	a/N
Pièges colorés	09	14	1,5
Pots Barber	09	7	0,7

Capture à main	09	1	0,1
----------------	----	---	-----

Le tableau compare l'efficacité de trois méthodes de collecte — pièges colorés, pots Barber et capture à main — en fonction du nombre de relevés (9 chacun), du nombre d'espèces uniques observées une seule fois (notées a) et du rapport a/N , indicateur de rareté spécifique.

Les pièges colorés se distinguent par une richesse spécifique relativement élevée avec 14 espèces uniques, soit un rapport a/N de 1,5, ce qui reflète leur grande efficacité à capturer une large diversité d'espèces rares ou peu fréquentes, notamment les insectes attirés visuellement par les couleurs. Les pots Barber, bien qu'utiles pour les espèces de surface (comme les coléoptères terrestres), présentent une efficacité modérée avec 7 espèces uniques et un a/N de 0,7. La capture à main, avec seulement 1 espèce unique observée, affiche le a/N le plus bas (0,1), ce qui suggère qu'elle est moins efficace pour révéler la richesse spécifique, probablement en raison de sa portée limitée ou d'un biais de sélection.

5.2.2. Performance des pièges

L'analyse statistique visant à comparer les performances des différents types de pièges a été réalisée par le test de Kruskal Wallis après la vérification de la normalité. Les résultats ont montré une différence significative entre les trois types (Kruskal Wallis $H = 13,19$; $ddl = 2$; $p = 0,0014$). En vue d'explorer les détails de cette différence, nous avons réalisé le test post hoc de Dunn, les résultats illustrés dans le tableau... indique que les performances des pièges PJ et PB sont identiques et montrent la même efficacité en termes d'abondance totale. Tandis que ces deux types sont nettement plus efficaces que la capture à la main.

Comparaison	Z	p
PB - PJ	-1,32	0.18
PB - CM	2,26	0,02
PJ - CM	3,59	0,0003

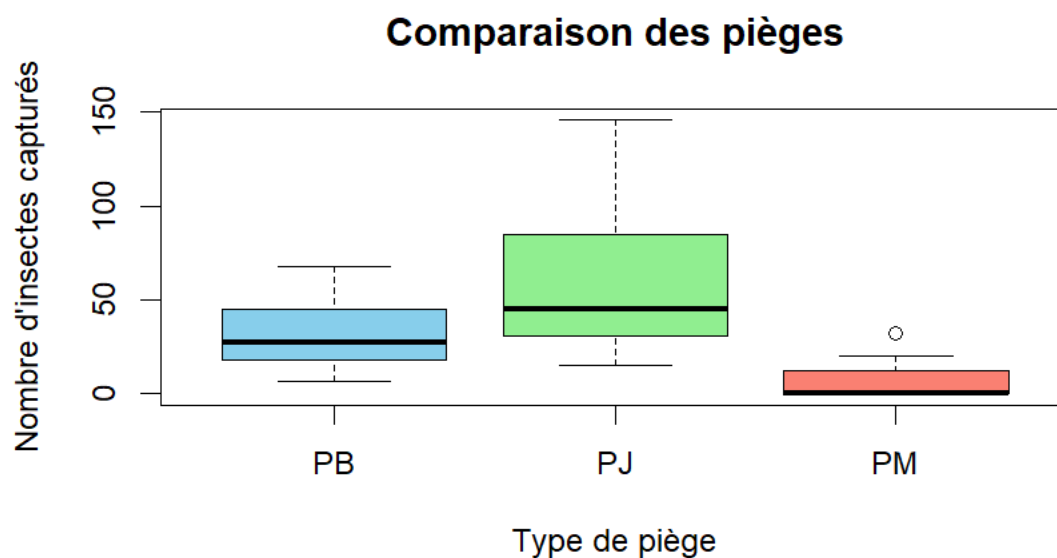


Figure 23. Performance des pièges

5.3 Indices écologiques et de biodiversité

5.3.1 Indices écologique de composition

5.3.1.1 Richesse spécifique

Selon le graphe ci-dessous (Figure 22) nous avons constaté que la richesse spécifique (S) de la station étudiée est faible au mois de Mars puis elle s'élève au mois d'Avril où elle enregistre les valeurs les plus élevées à ce mois, puis elle diminue de nouveau au mois de Mai.

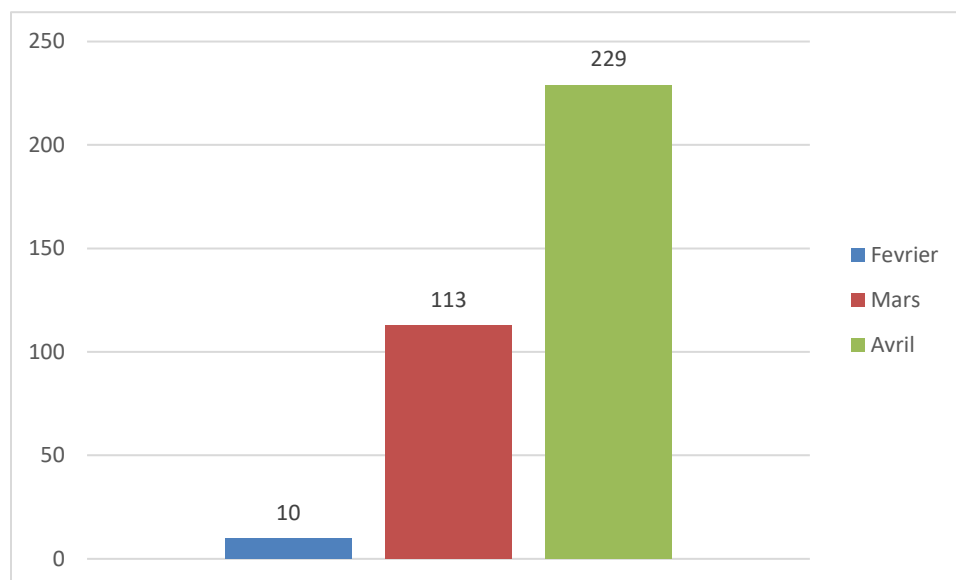


Figure 24. Evolution mensuelle de la richesse spécifique au niveau de la station d'étude naturelle.

Ce diagramme en barres présente l'évolution de la **richesse spécifique** (nombre d'espèces différentes recensées) au cours de **février, mars et avril**. On observe une **croissance marquée et régulière** de la richesse au fil des mois. En **février**, seulement **10 espèces** ont été observées, ce qui correspond à une période d'activité biologique encore limitée, probablement à cause des conditions climatiques défavorables. En **mars**, ce nombre grimpe à **113 espèces**, traduisant un redémarrage de l'activité faunistique avec l'arrivée du printemps. En **avril**, la richesse atteint son **maximum avec 229 espèces**, ce qui reflète une période d'abondance et de diversité optimale liée à l'augmentation des températures, à la floraison, et à une plus grande disponibilité en ressources.

Ce schéma confirme que les conditions écologiques au printemps sont particulièrement favorables à l'expression de la biodiversité entomologique dans cette station. Il montre également l'importance de réaliser des suivis multi-périodes pour capter l'évolution saisonnière de la richesse spécifique.

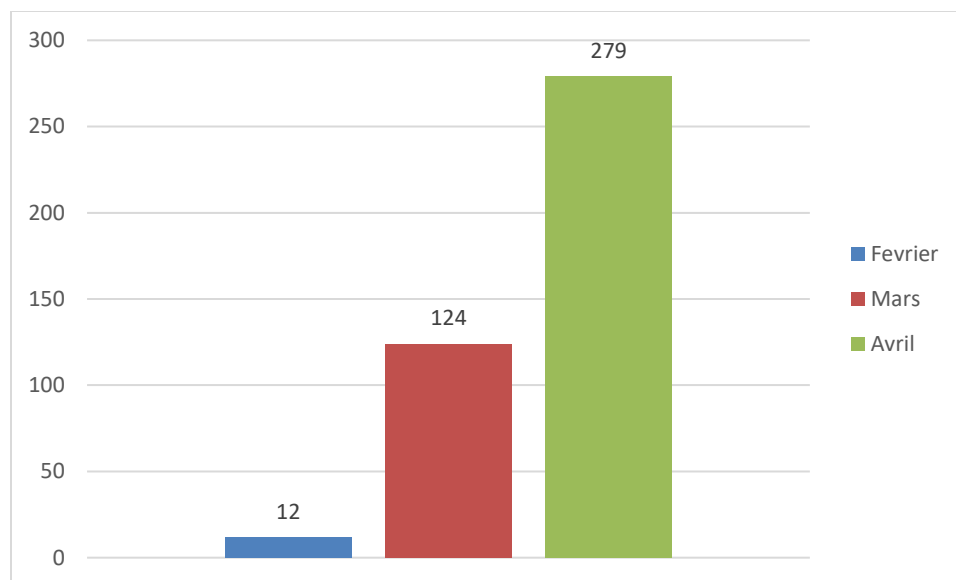


Figure 25. Evolution mensuelle de la richesse spécifique au niveau de la station d'étude reboisée.

Les résultats montrent une augmentation nette et progressive de la richesse spécifique au fil du temps. En février, seul 12 espèces ont été recensées, ce qui reflète probablement des conditions climatiques encore défavorables à l'activité ou à l'émergence des insectes. En mars, la richesse grimpe à 124 espèces, marquant un redémarrage de l'activité biologique avec l'arrivée du printemps. Le pic est atteint en avril, avec 279 espèces, traduisant une période d'optimum écologique, où la majorité des espèces sont actives, en lien avec l'augmentation des températures, de la floraison, et de la disponibilité des ressources.

Cette évolution témoigne du rôle du facteur saisonnier dans la structuration des communautés entomologiques et souligne l'importance d'un suivi pluri-mensuel pour obtenir un inventaire représentatif de la biodiversité locale.

Indice Ecologique	Site 1 (Naturel)	Site 2 (Reboisé)	Total (Forêt OY)
Abondance	352	415	767
Richesse Spécifique	55	67	102
Indice de Présence	0,53	0,65	1
Indice de Shannon	3,412975534	3,589892543	3,744104881
Indice de Simpson	0,956763144	0,949572202	0,958013487

Équitabilité de Pielou	0,851682497	0,853782397	0,809540949
------------------------	-------------	-------------	-------------

1. Abondance

Interprétation : Le site reboisé montre une abondance légèrement supérieure, ce qui peut s'expliquer par une meilleure capacité d'accueil suite aux efforts de reboisement. Cela pourrait également indiquer une prolifération de certaines espèces pionnières ou opportunistes.

2. Richesse spécifique

Interprétation : Le site reboisé a une plus grande diversité d'espèces. Cela peut être attribué à des plantations variées ou à un stade de succession écologique favorable à l'apparition de nouvelles espèces.

3. Indice de présence

Interprétation : Cet indice indique une meilleure représentation des espèces dans le site reboisé, ce qui va de pair avec la richesse spécifique plus élevée.

4. Indice de Shannon

Interprétation : L'indice de Shannon mesure à la fois la richesse et l'équitabilité. Le site reboisé montre une diversité légèrement plus élevée, suggérant une communauté plus complexe et équilibrée.

5. Indice de Simpson

Interprétation : Cet indice mesure la probabilité que deux individus choisis au hasard appartiennent à des espèces différentes. Les deux sites présentent des valeurs très élevées, traduisant une diversité très forte. Le site naturel a cependant une légère supériorité, indiquant une meilleure distribution des espèces.

6. Équitabilité de Pielou

Interprétation : L'équitabilité mesure la répartition uniforme des individus parmi les espèces. Les deux sites ont une distribution équitable très similaire, avec une légère avance pour le site reboisé.

Discussion

1. Richesse spécifique et diversité taxonomique

L'inventaire réalisé dans les deux stations d'étude – une station naturelle et une station reboisée – révèle une richesse spécifique globale élevée, avec 678 espèces réparties en 14 ordres. Cette diversité témoigne de la richesse écologique de la région de Khenchela. Les ordres les plus représentés sont les Hyménoptères (323 espèces) et les Coléoptères (121 espèces), suivis des Blattodes, Diptères, et Aranéides. Ces résultats confirment le rôle central de ces ordres dans les écosystèmes terrestres : les hyménoptères en tant que pollinisateurs, parasitoïdes ou fourmis actrices de l'ingénierie écologique (Wilson, 1987 ;

Gullan & Cranston, 2014), et les coléoptères en tant que décomposeurs, prédateurs ou phytophages spécialisés.

La station naturelle présente 10 ordres contre 9 pour la station reboisée, mais c'est cette dernière qui affiche une richesse spécifique légèrement supérieure (67 espèces contre 55), ce qui pourrait s'expliquer par une diversité végétale accrue liée au reboisement, créant une multiplication des niches écologiques (Basset et al., 2012). Cependant, la présence d'ordres comme les Collemboles, Ixodides ou Homoptères uniquement en station naturelle témoigne d'une certaine spécificité écologique non reproduite en milieu reboisé.

2. Évolution saisonnière de la richesse spécifique

Les deux stations présentent une augmentation progressive de la richesse spécifique de février à avril, avec un pic d'espèces observées en avril (229 espèces en station naturelle, 279 en station reboisée). Cela reflète un rythme phénologique classique des insectes en climat méditerranéen, où l'activité culmine au printemps en lien avec l'augmentation des températures, de l'humidité et de la disponibilité florale (Leather et al., 1993 ; Stefanescu et al., 2004).

Cette dynamique saisonnière souligne l'importance de mener des échantillonnages répartis sur plusieurs mois, afin de capturer l'ensemble des pics d'activité et d'éviter des biais temporels dans l'évaluation de la biodiversité.

3. Comparaison des méthodes d'échantillonnage

Trois méthodes ont été utilisées : pièges colorés, pots Barber et capture à main. L'analyse des rapports a/N (nombre d'espèces uniques par nombre de relevés) montre que les pièges colorés sont les plus efficaces dans les deux stations (1,2 en station naturelle ; 1,5 en station reboisée). Ces pièges sont bien adaptés pour capter les insectes volants et pollinisateurs sensibles aux stimuli visuels (Vrdoljak & Samways, 2012). Les pots Barber (0,6–0,7) sont efficaces pour les arthropodes terrestres, tandis que la capture à main est la moins performante (0,1), en raison de son caractère aléatoire et subjectif.

Le test de Kruskal-Wallis a confirmé ces différences significatives entre les méthodes ($H = 13,19$; $p = 0,0014$), avec des performances significativement meilleures pour les pièges passifs par rapport à la capture à main ($p < 0,05$). L'intégration de méthodes complémentaires est donc essentielle pour assurer

une couverture complète de la diversité (Coddington et al., 1996).

4. Indices écologiques et structure communautaire

Les indices de Shannon indiquent une diversité légèrement plus élevée dans la station reboisée (3,59 contre 3,41), tandis que les indices de Simpson, très élevés ($> 0,94$), montrent une structure communautaire équilibrée dans les deux sites. L'équitabilité de Pielou, presque identique (0,85), traduit une distribution homogène des individus entre les espèces. Cela suggère que malgré une richesse légèrement plus faible, la station naturelle héberge des communautés mieux structurées et potentiellement plus stables, tandis que la station reboisée est en phase de colonisation active, attirant de nombreuses espèces opportunistes (Larrieu et al., 2018).

Conclusion

L'étude met en évidence l'intérêt écologique majeur des deux types d'habitats : la station naturelle comme réservoir de biodiversité stable, et la station reboisée comme espace dynamique favorisant le recrutement de nouvelles espèces. La complémentarité entre méthodes d'échantillonnage, couplée à un suivi saisonnier, permet de révéler la richesse et la complexité de la faune entomologique locale. Ces résultats soulignent l'importance de la conservation des milieux naturels, mais aussi la valeur des programmes de reboisement bien conçus pour la restauration de la biodiversité.

Conclusion et perspectives

L' étude a été menée dans la région d' Ain Mimoun (wilaya de Khenchela, Algérie) et visait à analyser les effets du reboisement sur la biodiversité des insectes, à travers la comparaison de deux écosystèmes forestiers contrastés : une forêt naturelle et une forêt reboisée. Les opérations de collecte se sont déroulées entre la fin février et la fin Avril, à l' aide de trois méthodes de capture : les pièges Barber, les pièges colorés et la récolte manuelle.

Au total, 678 espèces d' insectes, répartis en 14 ordres, ont été identifiées. La forêt naturelle a présenté une abondance plus élevée, ce qui peut être attribué à sa stabilité écologique ainsi qu' à la complexité et à la structuration plus développée de son habitat, certains ordres, tels que les Coléoptères, se sont révélés plus diversifiés dans la forêt naturelle, ce qui reflète une bonne qualité écologique. De plus, les Hyménoptères (Notamment les fourmis) et les Diptères y étaient également plus abondants, soulignant leur affinité avec les conditions offertes par cet écosystème stable. En revanche, les ordres Opiliones, Blattodea et Araneae étaient davantage représentés Dans la forêt reboisée, traduisant leur capacité d' adaptation à un environnement plus ouvert et en cours de transformation.

Les indices écologiques analysés indiquent que la forêt naturelle présente une richesse Spécifique et une abondance supérieure. Elle se distingue également par une meilleure répartition des individus entre les ordres selon l' indice de Simpson. Toutefois, la forêt reboisée montre une bonne représentation des ordres et une distribution plus équilibrée selon les indices de Shannon et d' équitabilité de Pielou, suggérant un début de structuration écologique favorable.

Conclusion et perspectives

Il convient néanmoins de noter que le nombre d'ordres inventoriés reste inférieur à la diversité réelle présente sur le terrain. Il serait donc pertinent de prolonger la période d'échantillonnage, d'adopter d'autres techniques de capture et d'étendre l'étude à d'autres zones forestières du nord-est algérien.

Référence bibliographique

Ahmim, M. (2017_2018) *biodiversité et développement durable* : cours et notions.

Akoudjin, M. (2017). *Utilisation des bioindicateurs comme outil de suivi des écosystèmes. Au Burkina Faso* (Thèse de doctorat unique, université Nazi boni)

Archibold. O. W. (1995). *Ecology of world végétation*. Springer. 510P

Aribi, K. et Lahmar, I. (2019) : *Inventaire de la flore de la région nord de Bordj Bou Arreridj (Djebel Oum El Raissan)*, mémoire de master, université Bordj Bou Arreridj, 34p.

Aribi, K. et Lahmar, I. (2019) : *Inventaire de la flore de la région nord de Bordj Bou Arreridj (Djebel Oum El Raissan)*, mémoire de master, université Bordj Bou Arreridj, 34p.

ARIES, Y. & BOUDMAGH, R. (2024). *Étude préliminaire des Arthropodes au niveau de la région de Constantine (Djbel El Ouahch)* [Mémoire de Master, Université Constantine 1 Frères Mentouri]. Université Constantine 1 Frères Mentouri, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biologie Animale.

Auzel, P et al. (2012). Impacts des changements climatiques sur la biodiversité du Québec :

Babana, C. et Sebaa, H. (2018) : *Evaluation de la qualité des eaux (salinité éléments nutritifs et métaux lourds). Cas de la plaine de Mellagou. (Bouhmama-Khenchela- NE, mémoire de master, université Khenchela, 84p.*

Bahus. J. Vander meer. P. J. & ; kanninen, M. (2017). *Écosystem Goods and services from plantation forets. Earthscan*

Barraquand. F. (2022.19.Avril). *Des écosystèmes aux dynamiques à la fois riches et*

Basset, Y., Cizek, L., Cuénoud, P., Didham, R. K., Guilhaumon, F., Missa, O., ... & Ødegaard, F. (2012). *Arthropod diversity in a tropical forest. Science*, 338(6113), 1481-1484.

Basset, Y., et al. (2012). Arthropod diversity in a tropical forest. Science, 338(6113), 1481–1484.

Benbakkar, H. A., Souidi, Z., Kattar, S., & Gonçalves, A. J. B. (2024). *Spatio- Temporal analysis and risk management of forest fires (West Algerian region)*. Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry, 66(4), 285–300.

BENDJABALLAH. *Cours Entomologie forestière, L3 Entomologie*. Université frère mentouri Constantine 1 P11

Boukabou. Y. (2022). *La valorisation de la biodiversité dans la conception des équipements touristique en zones protégées ELKala (wilaya d'ElTaref)* mémoire de master, université 08 mai 1945 de Guelma.

Bounab, S. (2017) : *Ressources en eau et développement durable cas de la région Annaba-El Tarf (Nord-Est Algérien)*, thèse de doctorat en sciences, université Annaba, 205p.

Bourbia, H. (2018) : Les périmètres de protection des captages d'eau souterraine dans un milieu vulnérable : la nappe des graviers de la région de Boumaiza (Skikda, Nord- Est Algérie), thèse de doctorat en sciences, université Annaba, 193p.

Branchalion, P. H. S, et al. (2019)"*Global restoration opportunities in tropical rainforest*

Brustel, H. (2001). *Coléoptères saproxyliques valeur biologique des forêts françaises:*

CNRS. (2023). *Biodiversité en forêt. Centre National de la Recherche Scientifique.*

Coddington, J. A., et al. (1996). Combining sampling methods to estimate biodiversity. In Measuring and monitoring biodiversity.

Conservation, 21(14), 3183-3195.

D'Afrique. Gembloux Agronomie. URL : www.pressesagro.be

Daïnou, K., et al. (2021). *Guide pratique des plantations d'arbres des forêts denses humides degraded lands"* science, 320(5882), 1458_1460

Département de sciences biologique de l'environnement. Université de Bejaïa.

Des zones forestières naturelles. FAO

Didham, R. K., Ghazoul, J., Stork, N. E., & ; Davis, A. J. (1996). *Insects in fragmented*

Didham, R. K., Ghazoul, J., Stork, N. E., & ; Davis, A. J. (1998). *Insect defaunation : a key process in forest fragmentation. Trends in Ecology & Evolution, 13(10), 389-394.*

Ecology and management, 261(10), 1558_1563

FAO. (2023). *Prise en compte de la biodiversité dans les concessions forestières D'Afrique centrale. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.*

Fondamentales pour licence en écologie faculté des sciences de la nature et de la vie

Forests : a functional approach. Trends in Ecology & Evolution, 11(6), 255-260.

Ghazdon, R. L (2017) *landscape restoration natural regrowth and the Forest of the future.*

Ghazdon, R. L. (2008). *"Beyond deforestation: restoring Forests and ecosystem services on*

Gullan, P. J., & Cranston, P. S. (2014). The Insects: An Outline of Entomology. Wiley-Blackwell.

Harvey, J. A., Heinen, R., Armbrrecht, I., Basset, Y., Munyao, M. N., Gols, R., ... & ; Lister, B.C. (2020). *onal scientistInternatis formulate a roadmap for insect conservation and Recovery. Nature Ecology & Evolution, 174-176*

Hasnaoui, R. et Ben Amara, C. (2019) : Enquêtes hydro chimiques sur la qualité des eaux souterraines à boire et à des fins d'irrigation (région de Khenchela), mémoire de master, université Khenchela, 86p.

Holl, k, D, & ide T, M. (2010)"*When and where to actively restore ecosystem? Forest*

<https://qcbs.ca/wp-content/uploads/2012/03/Revue-de-litt%C3%A9rature->

Institut de Recherche en Foresterie. (2023). *Revue de littérature : Promouvoir la Biodiversité avec la foresterie de plantations – une stratégie viable pour le Canada ?*

Kenis, M., Auger-Rozenberg, M. A., Roques, A., Timms, L., Péré, C., Cock, M. J., Lopez-Vaamonde, C. (2009). *Ecological effects of invasive alien insects. Biological Invasions*, 11, 21-45.

Kerdoud, A. (2017) : *Vulnérabilité à la pollution des eaux de la plaine alluviale d'oued Nil Wilaya de Jijel (N.E.Algérien)*, mémoire de master Académique en Géologie, université Jijel, 95p.

Kerdoud, A. (2017) : *Vulnérabilité à la pollution des eaux de la plaine alluviale d'oued Nil Wilaya de Jijel (N.E.Algérien)*, mémoire de master Académique en Géologie, université Jijel, 95p.

Kevan, P. G., & Phillips, T. P. (2001). *The economic impacts of pollinator declines : an approach to assessing the conséquences.* *Conservation Ecology*, 5(1), 8.

Khelifa, K. (2021) : *Etat de la qualité des eaux dans la région de Berrahal. Apports des nouvelles analyses physico-chimiques et métaux lourds (N-E Algérie)*, thèse doctorat LMD en Hydrogéologie, université Annaba, 166p.

L'agriculture (FAO). La vague vert. UNESCO, Association Mondial des guides et éclaireuses(AMGE)

Lachat, T., Bouget, C., Büttler, R., & Müller, J. (2012). *Deadwood : quantitative and landscapes.* *Sciences Advances*

Larrieu, L., et al. (2018). *Tree-related microhabitats in temperate and Mediterranean forests: a review of habitat function, indicator value and management. Ecological Indicators*, 84, 194–207.

Latifi, S. (2018) : *Etude de la vulnérabilité des nappes aquifères de la région de Guelma et évaluation du rôle des STEP dans la protection des eaux*, thèse de doctorat en sciences, université Annaba, 118p.

Leather, S. R., et al. (1993). *The impact of climate change on insect herbivores. In Insects and climate change.*

Lemouchi, O. et Kolli, F. (2020) : *Contribution à l'Etude climatique et bioclimatique de barrage chaffia dans la wilaya El Tarf*, mémoire de master, université Annaba, 45p.

Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire. (2024). *Mieux intégrer la Biodiversité dans la gestion forestière : Guide pratique. Gouvernement français.*

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), Ouranos.

Nageleisen, L.M. & ; Bouget, C., 2009. « L'étude des insectes en forêt : méthodes et

Nature France.

New, T. R. (2014). *Insect conservation and island environments.* Springer Science & Business Media.

Observatoire National de la Biodiversité. (2024). *La biodiversité des forêts françaises.*

Ollerton, J. Winfree, R. & , Tarrant, S. (2011) *How many flowering plants are pollinated by animals?* 120(3). 321_326

Organisation des nations unies pour alimentation et l'agriculture. (S. d) caractéristique

Ounissi, R. et Ounissi, k. (2022) : *Aptitude des eaux du barrage de Babar (W.Khenchela) à l'irrigation, mémoire de master, université Khenchela, 71p.*

Ounissi, R. et Ounissi, k. (2022) : *Aptitude des eaux du barrage de Babar (W.Khenchela) à l'irrigation, mémoire de master, université Khenchela, 71p.*

Paillet, Y. (2018). *Facteurs d'influence, lien avec la biodiversité et potentiel indicateur.*

Paillet, Y., Bergès, L., Hjältén, J., Odor, P., Avon, C., Bernhardt-Römermann, M., ... & Lohmus, A. (2010). *Biodiversity differences between managed and unmanaged forests : meta-analysis of species richness in Europe.* Conservation Biology, 24(1), 101-112.

Parmesan, C., & Yohe, G. (2003). *A globally coherent fingerprint of climate change Impacts across natural systems.* Nature, 421(6918), 37-42.

Perspectives pour la conservation du patrimoine naturel. (Thèse de doctorat, institut nationale Polytechnique de Toulouse

Persson, Y., Vasaitis, R., Långström, B., Öhrn, P., Ihrmark, K., & ; Stenlid, J. (2011). *Fungi vectored by the bark beetle Ips typographus in an endemic area of Sweden.* Fungal Ecology, 4(3), 147-154.

Perturbées par les fluctuations de ; environnement, science photo Library.

Pp: 251_257

Pretzsch, h, schütze, G, & ;Uhle. (2013). *Résistance of european tree species to drought stress in mixed versus pure forests: Evidence of stress release by inter specific facilitation.* Plant biology. 15(3), 483_495

Qualitative requirements for the conservation of saproxylic biodiversity. Biodiversity and

Quezel P & Médial F. (2003). *Ecologie et biogéographie de forêts du bassin méditerranée.* Elsevier éd, 513 p +annexes R%C3%A9sum%C3%A9- Web.pdf

Résumé de la revue de littérature. Centre de la science de la biodiversité du Québec (CSBQ), Reviews, 93(3), 1398-1413.

Samways, M. J., Barton, P. S., Birkhofer, K., Chichorro, F., Deacon, C., Fartmann, T., ... & Settele, J. (2020). *Solutions for humanity on how to conserve insects.* Biological Conservation, 242, 108427.

Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). *Worldwide decline of the entomofauna : A review of its drivers. Biological Conservation*, 232, 8-27.

Saoudi, A. (2017) : *Spécificités géologiques et hydrogéologiques de la région des lacs et de la plaine de Remila et son impact sur le tracé routier Oum el Bouaghi – Khenchela, mémoire de master*, université Oum El Bouaghi, 87p

Saoudi, A. (2017) : *Spécificités géologiques et hydrogéologiques de la région des lacs et de la plaine de Remila et son impact sur le tracé routier Oum el Bouaghi – Khenchela, mémoire de master*, université Oum El Bouaghi, 87p

Schowalter, T. D. (2016). *Insect ecology : an ecosystem approach*. Academic Press.

Science naturelles. Ch. (s. D). *Importance de la biodiversité consultée le 15 février 2025*

Sedrati, N. (2011) : *Origine et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra Sud-Est Algérien, thèse de doctorat en sciences, université Annaba*, 155p.

Shukla, M. K, et al. (2019). *Soil erosion and conservation*. Springer

Staifi, L. (2017) : *Modélisation hydrogéologique de la plaine de Rémila-Khenchela, mémoire de magister en géologie, université Oran*, 125p.

Stefanescu, C., et al. (2004). *Effects of climatic change on butterfly phenology in the NE Mediterranean Basin. Global Change Biology*, 10(3), 396–402.

Techniques ». Les Dossiers Forestiers n°19, Office National des Forêts, 144 p

Ulyshen, M. D. (2014). *Wood decomposition as influenced by invertebrates. Biological*

Ulyshen, M. D. (2018). *Wood decomposition as influenced by invertebrates. Biological Reviews*, 93(3), 1398-1413.

Vrdoljak, S. M., & Samways, M. J. (2012). *Optimising coloured pan traps to survey flower visiting insects. Journal of Insect Conservation*, 16(3), 345–354.

Wilson, E. O. (1987). *The little things that run the world (the importance and conservation of invertebrates). Conservation Biology*, 1(4), 344–346.

Yunga. (2013) Forêts _insigne des organisations des nations unies pour ; alimentation et