

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Badji Mokhtar Annaba University  
Université Badji Mokhtar – Annaba

Faculté des Sciences

Département de Biologie



جامعة باجي مختار –  
عنابنة  
كلية العلوم  
قسم البيولوجيا

LABORATOIRE D'ECOBIOLOGIE DES MILIEUX MARINS ET LITTORAUX



Filière : ECOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

Spécialité : ECO-ETHOLOGIE

## Thèse

Présentée en vue de l'obtention le diplôme de doctorat

Thème :

**Biodiversité des cynipidés gallicoles (Hyménoptères,  
Cynipidae) des chênaies de l'Est algérien**

Par :

**KECHRID Rachid**

Directeur de thèse : Professeur OUKID Mohamed Laid.

Université Badji Mokhtar -Annaba

Co-directrice : Maitre de conférences A ADJAMI Yasmine.

Université Badji Mokhtar -Annaba

Devant le jury composé de :

Président : Professeur ZIANE Nadia

Université Badji Mokhtar -Annaba

Examineur : Professeur HOUHAMDI Moussa

Université 08 mai 1945 Guelma

Examineur : Maitre de conférences A RAMDANI Kamel

Université 08 mai 1945 Guelma

Examineur : Maitre de conférences A SAKRAOUI Rym

Université Badji Mokhtar -Annaba

**Année Universitaire : 2024/2025**

## **Remerciements:**

Avant tout, je remercie Dieu le Tout-Puissant, le Miséricordieux, de m'avoir donné le courage, la force, la santé et la persistance.

Il convient, dans un premier temps, d'exprimer ma gratitude envers mon directeur de thèse, M. Mohamed Laid Ouakid, professeur à l'université Badji Mokhtar d'Annaba, pour le temps qu'il a bien voulu consacrer à ce travail, pour sa patience et, surtout, pour ses conseils judicieux qui ont substantiellement enrichi ma réflexion.

Je tiens également à exprimer ma gratitude envers mon co-encadreur, Madame ADJAMI Yasmine, professeure à l'université Badji Mokhtar d'Annaba, pour son accompagnement, son assistance et les conseils pertinents qu'elle m'a apportés avec une disponibilité constante tout au long de mon cursus au sein du département de biologie.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude aux membres du jury pour leur lecture attentive de la thèse et pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.

Je tiens à exprimer mes sincères gratitudees à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à cette étude. Un grand merci au personnel du Laboratoire d'écologie des milieux marins et littoraux( EMMAL) de l'université Badji Mokhtar,

Enfin, une pensée reconnaissante s'adresse à l'ensemble des professeurs qui, tout au long de mon parcours scolaire, de l'école primaire au doctorat, ont suscité mon intérêt pour les sciences.

•  
;

## **Dédicace**

Je saisis cette opportunité pour dédier ce mémoire à mes parents, à mon père, et aussi à ma mère, rabi yarmeha nchallah dont la contribution à ma réussite a été significative, et auxquels je m'efforcerai de toujours faire honneur. À mon cher petit prince Adem. Il est souhaitable que ce travail constitue un jour une source d'inspiration et de persévérance dans la poursuite du désir.

À l'ensemble des membres de la famille Kechrid.

## « Biodiversité des cynipidés gallicoles (Hyménoptères, Cynipidae) des chênaies de l'Est algérien »

### Résumé :

Les cynipidés du chêne sont des insectes qui provoquent la formation de galles, ce qui a attiré l'attention des écologistes et des biologistes en raison de la spécificité et de la complexité de leur biologie. Dans ce cadre, nous avons entrepris une étude de la biodiversité des cynipidés gallicoles dans la région nord-est de l'Algérie. Cette étude vise à actualiser les listes des cynipidés et de leurs parasitoïdes dans la région, ainsi qu'à analyser l'impact de l'altitude et des parasitoïdes sur leurs modèles de diversité.

Pour atteindre ces objectifs, lors de la période 2021-2023, nous avons collecté les galles sur divers organes des arbres de chêne-liège (*Quercus suber*) et de chêne-zeen (*Quercus faginea*) dans les régions de Seraïdi (Annaba), de Méchrouha (Souk Ahras) et Bougous (Tarf), en tenant compte des saisons. Ensuite, au cours des années 2023 et 2024, nous avons mis en place un site d'étude à diverses élévations dans ces régions, en choisissant trois sites de récoltes : Bouzizi, Ghoura et Glia. Dans chacune de ces sites, deux types d'habitats ont été repérés : l'un à une altitude supérieure et l'autre à une altitude inférieure, dans le but de collecter les galles de chênes zeen. Toutes les galles collectées sont acheminées au laboratoire afin d'y être élevées et d'y identifier les insectes qui en émergent.

Cela nous a permis d'identifier sept espèces de cynipidés inducteurs de galles, six espèces de cynipidés inquilins et quatorze espèces de chalcidoïdes parasitoïdes.

Les résultats de notre étude mettent en évidence l'impact significatif de l'altitude sur la diversité et la structure des cynipidés inducteurs de galles, tandis qu'aucun effet n'a été observé sur l'abondance et la diversité des cynipidés inquilins.

Nos résultats ont également mis en évidence l'impact négatif des chalcidoïdes parasitoïdes sur la population des cynipidés inducteurs de galles.

Ces résultats révèlent une grande diversité de cynipidé dans cette région. Cela peut être interprété comme une contribution aux enquêtes sur cette catégorie d'insectes. Cette étude a mis en évidence que les modèles de diversité des cynipidés gallicoles sont principalement influencés par des facteurs environnementaux variant le long des gradients d'altitude, ainsi que par leurs parasitoïdes associés. Cette investigation peut être considérée comme une contribution à la compréhension des effets des différentes composantes biotiques et abiotiques sur la population des cynipidés gallicoles.

**Mots clés :** Chêne, galles, cynipidés, parasitoïdes, Algérie

## « Biodiversity of gallicole cynipids (Hymenoptera, Cynipidae) in oak groves in eastern Algeria »

### **Abstract:**

Oak gall wasps are insects that cause gall formation, which has attracted the attention of ecologists and biologists due to the specificity and complexity of their biology. In this context, we undertook a study of the biodiversity of gall-forming wasps in the northeastern region of Algeria. This study aimed to update the lists of wasps and their parasitoids in the region and analyze the impact of altitude and parasitoids on their diversity patterns.

To achieve these objectives, during the period 2021-2023, we collected galls from various organs of cork oak (*Quercus suber*) and zeen oak (*Quercus faginea*) trees in the regions of Seraïdi (Annaba), Méchrouha (Souk Ahras), and Bougous (Tarf), taking into account the seasons. Then, during 2023 and 2024, we established a study site at various elevations in these regions, choosing three collection sites: Bouzizi, Ghoura, and Glia. At each of these sites, two habitat types were identified: one at a higher altitude and the other at a lower altitude, with the aim of collecting zeen oak galls. All collected galls were sent to the laboratory for rearing and identifying the insects that emerged from them.

This enabled us to identify seven species of gall-inducing cynipids, six species of inquiline cynipids, and fourteen species of parasitoid chalcids.

The results of our study highlight the significant impact of altitude on the diversity and structure of gall-inducing cynipids, while no effect was observed on the abundance and diversity of inquiline cynipids. Our results also highlighted the negative impact of parasitoid chalcids on the gall-inducing cynipid population.

These results reveal a high diversity of cynipids in this region. This can be interpreted as a contribution to surveys of this insect category. This study highlighted that diversity patterns of gall-inducing cynipids are primarily influenced by environmental factors that vary along altitude gradients and their associated parasitoids. This investigation can contribute to understanding the effects of different biotic and abiotic components on the gall-inducing cynipid population.

**Keywords:** Oak, galls, cynipids, parasitoids, Algeria

## " التنوع البيولوجي لدبابير البلوط (Hymenoptera, Cynipidae) في غابات البلوط في شرق الجزائر "

### ملخص

دبابير البلوطية هي حشرات تتسبب في تكوين العفص، وقد جذبت انتباه علماء البيئة والأحياء بسبب خصوصية وتعقيد بيولوجيتها. وفي هذا السياق، أجرينا دراسة للتنوع البيولوجي للدبابير المكونة للعفص في المنطقة الشمالية الشرقية من الجزائر. وقد هدفت هذه الدراسة إلى تحديث قوائم الدبابير وطفيلياتها في المنطقة وتحليل تأثير الارتفاع والطفيليات على أنماط تنوعها

ولتحقيق هذه الأهداف، جمعنا خلال الفترة 2021-2023 العفص من أعضاء مختلفة من أشجار البلوط الفليني (*Quercus suber*) والبلوط الزين (*Quercus faginea*) في مناطق سرايدي (عنابة) ومشروحة (سوق أهراس) وبوغوس (الطرف)، مع مراعاة الفصول. ثم، خلال عامي 2023 و 2024، أنشأنا موقعًا للدراسة على ارتفاعات مختلفة في هذه المناطق، واخترنا ثلاثة مواقع لجمع العفص: بوزيزي، وغورة، وغليا. في كلٍ من هذه المواقع، حُدّد نوعان من الموائل: أحدهما على ارتفاع أعلى والآخر على ارتفاع أقل، بهدف جمع عُفصات بلوط الزين. أُرسِلت جميع العُفصات المُجمّعة إلى المختبر لتربيتها وتحديد الحشرات التي خرجت منها. وقد مكنا ذلك من تحديد سبعة أنواع من حشرات السنينيات المحفزة للعفص، وستة أنواع من حشرات السنينيات المتطفلة. وأربعة عشر نوعاً من حشرات الكالسيويد المتطفلة

سلطت نتائج دراستنا الضوء على التأثير الكبير للموقف على تنوع وبنية السنينيات المحفزة للغالية، في حين لم يلاحظ أي تأثير على وفرة وتنوع السنينيات الإينكولينية. كما سلطت نتائجنا الضوء على التأثير السلبي للكالسيويد المتطفلة على مجموعة السنينيات المحفزة للعفص.

تكشف هذه النتائج عن تنوع كبير في السنينيات في هذه المنطقة. ويمكن تفسير ذلك على أنه مساهمة في الدراسات الاستقصائية لهذه الفئة من الحشرات. سلطت هذه الدراسة الضوء على أن أنماط تنوع السنينيات المحفزة للعفص تتأثر في المقام الأول بالعوامل البيئية التي تختلف على طول تدرجات الارتفاعات والطفيليات المرتبطة بها. يمكن أن يسهم هذا البحث في فهم تأثيرات المكونات الحيوية واللاحيائية المختلفة على أعداد السنينيات المحفزة للعفص.

**الكلمات المفتاحية:** البلوط، العفص، السنينيات، الطفيليات، الجزائر

### Liste des tableaux

N°	Titre	page
1	Moyennes de température dans les trois region de Séraïdi (annaba), Mechrouha (soukahrasse), Bougouss (taref)	7
2	Moyennes de Précipitation dans les trois region de Séraïdi (annaba), Mechrouha (soukahrasse), Bougouss (taref)	8
3	Moyennes Humidité relative dans les trois region de Séraïdi (annaba), Mechrouha (soukahrasse), Bougouss (taref)	9
4	Sites de collecte de galle de chêne et leurs coordonnées géographiques.	11
5	classement des 13 tribus de Cynipidae reconnues actuellement	17
6	Les intervalles d altitudes entre des habitats qui ont été choisis pour la récolte de galles sur chêne zéen	34
7	Caractéristiques morphologiques différentielles entre les groupes d'insectes émergeant résumé de travaux de	37
8	Caractéristiques morphologiques de chaque genre des cynipidés inducteurs de galles	40
9	Caractéristiques morphologiques de chaque genre des cynipidés inquilins	41
10	Caractéristiques morphologiques de chaque familles des parasitoïdes	42
11	Inventaire des galles identifiées sur chêne zène et chêne liège	46
12	Liste des cynipidés inducteurs des galles de chêne identifiés	55
13	Liste des cynipidés inquilins des galles de chêne identifiés	56
14	liste des parasitoïdes chalcides identifiés	58
15	Nombre total de cynipidés inducteur des galles de chêne zéen par habitat	60
16	Nombre total de cynipidés inquilins associés aux galles de chêne zeen par habitat	62
17	Le test de Wilcoxon avec correction de Holm compare la diversité de l'indice de Shannon-Wiener (H') des cynipides galligènes associés au chêne de Zean entre les localités de haute et de basse altitude	66
18	Nombre total de parasitoïdes associés aux galles de chêne zeen par habitat	71
19	Le test de Wilcoxon avec correction de Holm compare la diversité de l'indice de Shannon-Wiener (H') des parasitoïdes associés aux galles du chêne de Zean entre les localités de haute et de basse altitude	75

### Liste des figures

N°	Titre	page
1	Carte d'échantillonnage des galles de cynipidés de chênes dans les trois region de Séraïdi (annaba), Mechrouha (soukahrasse), Bougouss (tarf)	6
2	Le Diagramme Ombrothermique de Gaussen dans les trois region de A: Séraïdi (annaba), B: Mechrouha (souk ahrasse), C : Bougouss (tarf)	10
3	Carte d'échantillonnage des galles de cynipidés de chênes en fonction d'altitude	12
4	Structure bien détaillée des galles des cynipidés	15
5	cycle de vie de <i>Neuroterus quercusbaccarum</i>	19
6	Cycle de vie de cynipidés inducteur de galle	20
7	Cycle de vie de cynipidés inquilins	23
8	Cycle de vie ded parasitoïdes	25
9	taxonomie de chene liege	26
10	Répartition mondiale du chêne-liège	27
11	Distribution du chêne liège en Algérie	27
12	taxonomie de chene zeen	30
13	Répartition mondiale de chêne zeen	30
14	la taille d'échantillon suite aux courbes de raréfaction et d'extrapolation de la diversité établies sur la taille de l'échantillon (données d'incidence)	36
15	Recensement des divers types de galles de cynipidés sur les chênes en fonction des saisons.	49
16	les box plots montrant l'abondance, richesse et diversités des galles de cynipidés entre la saison	50
17	Localisation des galles des cynipidés en fonction de l'organe hôte	51
18	Abondance relative des morphotypes de galles associés à <i>Quercus faginea</i>	52
19	Abondance relative des morphotypes de galles associés à <i>Quercus suber</i>	53
20	les courbes d'émergence des cynipidés gallicoles et de leurs parasitoïdes	54
21	Frequence occurrence d'émergence des cynipidés gallicoles et de leurs parasitoïdes	54
22	Frequence occurrence d'émergence des cynipidés inducteurs des galles	56
23	Frequence occurrence d'émergence des cynipidés inquilins	57
24	Frequence occurrence d'émergence des parasitoïdes	59
25	Courbes de raréfaction et d'extrapolation de la diversité basées sur la taille de l'échantillon (données d'incidence) pour les cynipidés inducteurs de galle de chêne Zeen	61

26	Courbes de raréfaction et d'extrapolation de la diversité basées sur la taille de l'échantillon (données d'incidence) pour les cynipidés inquilins des galles de chêne Zeen enregistrés à deux altitudes	63
27	Graphique à barres illustrant la moyenne et l'écart type de l'abondance et de la diversité des cynipidés inducteurs des galles associés au chêne de Zeen en fonction des habitats à différentes altitudes	64
28	Boîtes à moustaches représentant la répartition de la diversité de l'indice de Shannon-Wiener (H') des cynipidés inducteurs des galles associés au chêne de Zeen en fonction des habitats à différentes altitudes	65
29	Graphique à barres illustrant la moyenne et l'écart type de l'abondance et de la diversité des cynipidés inquilins associés au chêne de Zeen en fonction des habitats à différentes altitudes	67
30	Boîtes à moustaches représentant la distribution de la diversité de l'indice de Shannon-Wiener (H') des cynipidés inquilins associés au chêne de Zeen en fonction des habitats à différentes altitudes	68
31	Différences de composition des communautés de cynipidés inducteurs des galles entre les habitats à différentes altitudes selon l'échelle multidimensionnelle non métrique (NMDS).	69
32	Différences de composition des communautés de cynipidés inquilins entre les habitats à différentes altitudes selon l'échelle multidimensionnelle non métrique	70
33	Courbes de raréfaction et d'extrapolation de la diversité basées sur la taille de l'échantillon (données d'incidence) pour les parasitoïdes de chêne Zeen enregistrés à deux altitudes	72
34	Graphique à barres illustrant la moyenne et l'écart type de l'abondance et de la diversité des parasitoïdes chalcidiens associés aux galles du chêne de Zeen en fonction des habitats à différentes altitudes	74
35	Boîtes à moustaches représentant la répartition de la diversité de l'indice de Shannon-Wiener (H') des parasitoïdes associés aux galles du chêne de Zeen en fonction des habitats à différentes altitudes.	75
36	Différences de composition des communautés de parasitoïdes entre les habitats à différentes altitudes selon l'échelle multidimensionnelle non métrique (NMDS).	76
37	Boîtes à moustaches représentant la distribution de taux de parasitisme en fonction des habitats à différentes altitudes	77
38	Les régressions simples entre le taux de parasitisme et l'abondance des cynipidés inducteurs des galles	78

### Liste des photos

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
1	les sites des récoltes des galles A: Bouzizi , B :Gourra, C: Glia mechrouha	11
2	Structure des galles de cynipidés	13
3	les feuilles (A) et les glands (B) de chêne liège	29
4	les feuilles (A) et les glands (B) de chêne zeen	32
5	récolte les galles de cynipidés	34
6	Élevages des galles	37
7	Nervatiobn de l' ail A: cynipidés B:parasitoides	38
8	Type antenne A: cynipidés B:parasitoides	38
9	Dimentaion et visibilité des tergites A: cynipidés inducteurs B: cynipidés inquilins	39
10	Conservation des insectes émergents	39
11	Les identifications des insectes émergents sous microscope	40
12	Les galles identifiées sur chêne zène et chêne liège	48

## **LISTE DES ABREVIATIONS :**

A: Asexuelle

BHA: Bouzizi haute altitude

BLA: Bouzizi basse altitude

°C: degré Celsius

GHA: Gourra haute altitude

GLA:Gourra basse altitude

H' : Indice de diversité de Shannon-Weaver

m. : mètre

MHA: Machrouha haute altitude

Mm: millimètre

MLA:Mechrouha basse altitude

P : Précipitation

Q 0 :la richesse spécifique,

Q 1 : les espèces typiques

Q 2 : les espèces dominantes

Q3 : Quotient pluviométrique d'Emberger

S : Indice de diversité de Simpson

Se :sexuelle

## Sommaire :

Remerciements.....	I
Résumés.....	II
Liste des tableaux.....	V
Liste des figures .....	VI
Liste des photos .....	VIII
Liste des abreviations.....	IX

## I. INTRODUCTION ..... 1

## II.MATERIELET METHODE ..... 5

### II.1. Présentation de la zone'étude .....5

#### II.1.1 Localisation géographique: ..... 5

##### II.1.1.1 Séraidi ..... 5

##### II.1.1.2 Mechrouha .....5

##### II.1.1.3 Bougous .....5

#### II.1.2 Description générale..... 6

##### II.1.2.1 Séraidi.....6

##### II.1.2.2 Mechrouha..... 6

##### II.1.2.3 Bougous.....7

#### II.1.3 Situation climatique des trois régions d'étude.....7

##### II.1.3.1 La température.....7

##### II.1.3.2 La précipitation.....8

##### II.1.3.3 Humidité relative.....8

#### II.1.4 Synthèse bioclimatique.....9

##### II.1.4.1 indice d'aridité.....9

##### II.1.4.2 Le Diagramme Ombrothermique de Gaussen.....9

##### II.1.4.3 Le quotient pluviométrique d'Emberger (Q2) .....10

#### II.1.5 selection des sites d'échantillonnage..... 11

##### II.1.5.1: les sites d'échantillonnage selon les saisons..... 11

##### II.1.5.2: les sites d'échantillonnage selon l'altitude ..... 11

### II.2.Présentation et description du modèle biologique..... 12

#### II.2.1 Les galles des cynipidés .....12

##### II.2.1.1 Notion de galle.....12

##### II.2.1.2 Structure des galles .....13

##### II.2.1.3 Mécanisme des inductions des galles.....15

##### II.2.1.4 Les stades de développement des galles de cynipidés.....16

##### II.2.1.5 L'adaptation des galles de cynipidés.....16

#### II.2.2 Les cynipides inducteurs des galles.....17

##### II.2.2.1Taxonomie : .....17

##### II.2.2.2 Les cycles biologiques .....18

##### II.2.2.3 La longévité des cycles de vie.....19

##### II.2.2.4 L'hétéroécie entre arbres hôtes..... 20

##### II.2.2.5 Spécificité de cibler l'organe d'arbre hôte..... 20

##### II.2.2.6 Schémas de répartition..... 21

#### II.2.3 Les cynipidés inquilins ..... 21

##### II.2.3.1 Notion des inquilins..... 21

##### II.2.3.2 Taxonomie ..... 22

##### II.2.3.3 La biologie ..... 22

##### II.2.3.4 Distribution les cynipidés inquilins..... 23

II.2.4 Les parasitoïdes.....	23
II.2.4.1 Notion des parasitoïdes.....	23
II.2.4.2 Taxonomie et cycle de vie .....	24
II.2.4.3 Degré de spécificité des parasitoïdes.....	25
<b>II.3. Présentation de matériels végétales.....</b>	<b>26</b>
II.3.1 Quercus suber.....	26
II.3.1.1 Taxonomie.....	26
II.3.1.2 Distribution mondiale .....	26
II.3.1.3 Distribution en Algérie.....	27
II.3.1.4 Exigences écologique.....	28
II.3.1.5 Biologie et caractères botaniques.....	28
II.3.1.6 Importance .....	29
II.3.1.7 Menaces et maladies.....	29
II.3.2 Quercus fagenia.....	29
II.3.2.1 Taxonomie de Quercus fagenia : .....	29
II.3.2.2 Distribution mondiale .....	30
II.3.2.3 Distribution en Algérie.....	31
II.3.2.4 Exigences écologique.....	31
II.3.2.5 Biologie et caractères botaniques.....	31
II.3.2.6 Importance .....	32
II.3.2.7 Menaces et maladies.....	33
<b>II.4 Méthodologie de travail : .....</b>	<b>33</b>
II.4.1 Recoltes les galles .....	33
II.4.1.1 Récoltes les galles de chêne en fonction de la saison .....	33
II.4.1.2 Récoltes des galles chêne zeen en fonction d'altitude .....	34
II.4.2 Élevage des galles .....	36
II.4.3 Identification les insectes émergents .....	37
II.4.3.1 Identification les morphotypes des galles .....	37
II.4.3.2 Indentification au niveau groupe taxo-morphologique.....	37
II.4.3.3 Identification au niveau genre et famille .....	39
II.4.3.4 Identification au niveau espèces .....	43
II.4.4 Les analyses statistiques.....	43
<b>III.RESULTATS</b>	
<b>III.1 Études systématiques et phénologiques des galles des cynipidés.....</b>	<b>46</b>
III.1.1 Inventaire des galles de cynipidés de chêne.....	46
III.1.2 Influence de la saison sur l'abondance et diversité des galles .....	48
III.1.3 Localisation des galles des cynipidés en fonction de l'organe hôte.....	50
III.1.4 Frequence occurrence totale des espèces de galles de chêne.....	51
<b>III.2 Études systématiques et phénologiques des cynipidés et leurs parasitoïde.....</b>	<b>53</b>
III.2.1 Phénologie des émergences des cynipidés et de leurs parasitoïdes.....	53
III.2.2 Inventaires et Frequence occurrence des émergences des cynipidés inducteurs .....	55
III.2.3 Inventaires et Frequence occurrence des émergences des cynipidés inquilins....	56
III.2.4 Inventaires et Frequence occurrence des émergences des parasitoïdes.....	57
<b>III.3 Influence de l'altitude sur les diversités des cynipidés gallicoles.....</b>	<b>60</b>
III.3.1 Raréfaction et extrapolation des diversités des cynipidés gallicoles.....	60
III.3.2 La diversité des cynipidés entre l'habitat à différentes altitudes.....	64
III.3.3 Les compositions des cynipidés entre l'habitat à différentes altitudes.....	68
<b>III.4 Influence des parasitoïdes sur la population des cynipidés inducteurs .....</b>	<b>71</b>
III.4.1 Raréfaction et extrapolation des diversités des chalcides .....	71
III.4.2 La diversité des parasitoïdes entre l'habitat à différentes altitudes.....	73
III.4.3 Les compositions des parasitoïdes entre l'habitat à différentes altitudes.....	76
III.4.4 Le taux de parasitisme entre l'habitat à différentes altitudes.....	77
III.4.5 Relation entre le taux de parasitisme et l'abondances des cynipidés .....	78

<b>IV DISCUSSION</b> .....	79
IV.1 La diversité des galles des cynipidés de chêne.....	79
IV.2 La diversité des cynipidés inducteurs gallicoles et leurs parasitoïdes.....	81
IV.3 Influence d'altitude sur la diversité des cynipidés .....	84
IV.4 Influence des parasitoïdes sur la diversité des cynipidés gallicoles.....	86
<b>V.CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> .....	89
<b>VI. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES:</b> .....	91
<b>Annexes</b> .....	104

### I. INTRODUCTION

Les insectes sont omniprésents dans les écosystèmes forestiers grâce à leurs remarquables adaptations, qui leur permettent de survivre et de se propager (Haavik & Stephen, 2023). Toutefois, en raison de leur nature ectotherme, ces organismes sont sensibles et vulnérables aux variations climatiques qui influent sur leur répartition géographique, leur viabilité, leur croissance, leur développement et leurs processus physiologiques (Hodkinson, 2005; Miller *et al.*, 2009; Dillon *et al.*, 2010; Gunderson & Stillman, 2015; González-Tokman *et al.*, 2020), afin de s'adapter aux variations climatiques externes, les insectes ont mis en place diverses stratégies telles que le creusement de galeries dans le sol ou les arbres, la construction de nids ou encore la manipulation des plantes pour provoquer la formation de galles, offrant ainsi un abri à leur descendance (Danks, 2000, 2002).

L'adaptabilité des insectes gallicoles à leur environnement est un sujet d'étude fascinant pour analyser l'impact des facteurs biotiques et abiotiques sur les modèles de diversité des espèces de galles (Fernandes & Price, 1988; Stone & Schönrogge, 2003). Cependant, la convergence remarquable des modèles de diversité des espèces de galles a suscité l'intérêt des chercheurs pour spéculer sur les hypothèses et les mécanismes de cette convergence (Carneiro *et al.*, 2005), ces hypothèses sont principalement établies sur deux facteurs : les facteurs environnementaux et les ennemis naturels. Le premier facteur, les facteurs environnementaux, comprend les conditions de stress hygrothermique (Fernandes & Price, 1988). Le deuxième facteur, les ennemis naturels, implique les pressions sélectives variables exercées par ces ennemis dans les habitats mésiques et xériques (Fernandes & Price, 1992). Par conséquent, étudier les effets des ennemis naturels et ceux des facteurs environnementaux sur les populations des espèces des galles est nécessaire pour mieux comprendre leurs modèles de biodiversité. Néanmoins, parvenir à un consensus sur l'effet des conditions environnementales sur les communautés de galles s'avère complexe en raison de la diversité de paramètres tels que l'histoire évolutive et la composition régionale des habitats (Cornell, 1999), par conséquent, les gradients d'altitude offrent un cadre idéal pour mener de telles recherches, car ils constituent des laboratoires naturels où de nombreux éléments environnementaux similaires peuvent être concentrés dans une zone limitée, et les variations altitudinales des montagnes répondent aux critères d'études (Körner, 2000, 2007).

Dans ce contexte, nous avons sélectionné les montagnes de Bougous, Machrouha et Seraïdi pour étudier la biodiversité des cynipidés gallicoles du chêne. Ces régions montagneuses constituent un vaste ensemble orographique qui s'étend jusqu'aux limites de la

frontière tunisienne; ces régions se distinguent par des pentes abruptes, une variabilité altitudinale significative, ainsi qu'un réseau hydrographique dense, nourri par des retenues saisonnières considérables, qui favorise l'émergence de niches écologiques stratifiées et diversifiées, en fonction des versants, des expositions et de la composition des sols (Hamor & Lancelot, 1998; Slimani *et al.*, 2013; Zobir & Oberhänsli, 2013; Menaa *et al.*, 2020; BOUCIF, 2023). Ces montagnes abritent une diversité remarquable d'habitats forestiers, notamment les forêts de chêne zéen et de chêne-liège (Slimani *et al.*, 2013; Boucif *et al.*, 2022; Chaker *et al.*, 2023). Les arbres de chêne occupent une position essentielle au sein des écosystèmes forestiers, non seulement en tant qu'espèces prédominantes, mais également en tant qu'habitats de choix pour une faune spécialisée, notamment les cynipidés gallicoles (Pujade-Villar *et al.*, 2010; Ghalem *et al.*, 2016)

Les cynipidés de chêne constituent des insectes responsables de l'induction des galles, ayant suscité un intérêt particulier de la part des écologues et des biologistes en raison de la grande spécificité et de la complexité de leur biologie, en possédant de multiples attributs (Askew, 1984; Csóka *et al.*, 2005; Mani, 2013; Pujade-Villar *et al.*, 2025).

Tout d'abord, les cynipidés du chêne présentent une nette spécificité envers leur hôte, que ce soit en se limitant à une seule section de chêne pour induire leurs galles ou en alternant entre différentes sections de chênes, ou encore en fonction de l'organe de l'arbre hôte (Weld, 1959; J. Pujade Villar, 1991; Stone *et al.*, 2002; Mani, 2013), deuxièmement, la majorité des cynipidés gallicoles du chêne connaît des cycles de vie parthénogénétiques cycliques complexes, caractérisés par une alternance obligatoire entre une génération sexuée et une génération asexuée (Pujade Villar, 1991; Rohfritsch & Shorthouse, 1992; Pujade-Villar *et al.*, 2025). De plus, chaque génération est susceptible de donner lieu à des galles présentant des différences morphologiques et phénologiques (Pujade-Villar *et al.* 2001 ; Stone *et al.* 2002 ; Csóka *et al.* 2005). En définitive, les galles induites par les cynipidés de chêne se distinguent par leur complexité et leur diversité morphologique et structurelle, surpassant ainsi celles induites par d'autres tribus de cynipidés ou par d'autres agents inducteurs de galles ( Stone *et al.*, 2002; Stone & Schönrogge, 2003; Hayward, 2005). Les Cynipidés gallicoles sont divisés en deux groupes taxonomiques différents : les cynipidés inducteurs des galles, appartenant à la tribu Cynipini, et les cynipidés inquilins, appartenant aux tribus Ceroptresini et Synergini (Ronquist *et al.*, 2015; Lobato-Vila *et al.*, 2019, 2022), tout au long de leur évolution, les cynipidés inquilins ont perdu la capacité d'induire la formation de galles (Ronquist *et al.*, 2015). Cependant, ils ont conservé la capacité de stimuler la croissance des tissus nourriciers

environnants en créant leurs chambres larvaires dans des galles induites par d'autres espèces de cynipidés (Pénzes *et al.*, 2009a; Ide *et al.*, 2018; Ronquist *et al.*, 2015; Gobbo, 2022).

Les galles de chêne se génèrent en tant qu'excroissances anormales dans les tissus végétaux suite à la ponte d'un cynipidé inducteur (Folliot, 1977; Giron *et al.*, 2016; Pujade-Villar *et al.*, 2025), ces structures des galles peuvent servir de microhabitats pour les cynipidés gallicoles, ce qui permet d'utiliser ces galles comme un moyen indirect d'évaluer la richesse et la diversité des espèces inductrices et leur interaction avec les conditions environnementales (Clark-Tapia *et al.*, 2022). La structure des galles des cynipidés pourrait avoir été sélectionnée au cours de l'évolution pour protéger leurs résidents des ennemis naturels, bien que les cynipidés gallicoles soient fréquemment attaqués par des parasitoïdes, des prédateurs, et des champignons, ce qui entraîne une mortalité élevée (Stone & Schönrogge, 2003), les parasitoïdes sont les principaux ennemis des larves inductrices de cynipidés, ils font partie de la faune gallicole primaire, et les parasitoïdes peuvent provoquer une mortalité importante chez les cynipidés, atteignant des taux allant jusqu'à 100 % (Taper *et al.*, 1986; Plantard & Hochberg, 1998; Stone *et al.*, 2002; Joseph *et al.*, 2011), parmi ces parasitoïdes, on trouve les chalcides qui appartiennent à la superfamille Chalcidoidea, reconnue comme l'une des superfamilles d'hyménoptères les plus diversifiées structurellement, morphologiquement et écologiquement (Heraty *et al.*, 2013). Ils sont également connus pour leur attrait pour les espèces de cynipidés gallicoles et pour favoriser des taux de mortalité élevés chez leurs proies (Stone *et al.*, 2002; Hayward & Stone, 2005; Pujade-Villar *et al.*, 2025).

Peu d'études se sont penchées sur l'impact significatif des parasitoïdes sur les populations de cynipidés et leur contribution à la régulation dynamique de ces populations, bien que les cynipidés puissent causer des dommages à travers leurs galles induites (G. Stone *et al.*, 2002; Pujade-Villar *et al.*, 2025). Une infestation excessive peut entraîner une diminution de la vitalité des arbres, les rendant ainsi plus vulnérables aux maladies (Askew, 1975, 1984; Csóka *et al.*, 2005). Des espèces telles que *Plagiotrochus amenti*, présentes sur les rameaux et les branches des chênes-lièges, peuvent causer des dégâts significatifs à ces arbres (Pujade-Villar, Jamâa, *et al.*, 2010; Pujade-Villar *et al.*, 2012).

Les gallicoles cynipidés en Afrique du Nord, en particulier en Algérie, font l'objet de peu d'études et restent peu limités dans certaines zones (Kieffer, 1897; Marchal, 1897, 1900; Boukreris, 2009; Pujade-Villar, Boukreris, *et al.*, 2010; Ghalem *et al.*, 2016; Haddar *et al.*, 2016; Yasmine *et al.*, 2017; Gouri *et al.*, 2024), l'expansion de zone d'étude, telle que dans la région Nord-Est, pourrait établir la mise en place de nouvelles mises à jour concernant les

## INTRODUCTION

cynipidés gallicoles et leurs parasitoïdes en Algérie, l'étude de la distribution des galles en fonction des saisons et de leur emplacement spécifique sur l'arbre aidera indirectement à enrichir notre compréhension de la phénologie et de la biologie de leurs inducteurs.

En exploitant la diversité altitudinale des habitats présents sur les montagnes de la région nord-est, nous étudions les effets de l'altitude sur la population des cynipidés. Cette approche nous aidera à approfondir notre compréhension de la manière dont les facteurs environnementaux, tels que les éléments abiotiques, influent sur les schémas de diversité des cynipidés. En dernier lieu, l'analyse des effets des parasitoïdes sur la population des cynipidés, qui sont des ennemis naturels des cynipidés gallicoles et qui partagent la même galle et le même arbre hôte, peut nous aider à mieux appréhender l'impact des parasitoïdes sur la régulation dynamique des populations de cynipidés.

### II.MATERIEL ET METHODES.

#### II.1. Présentation de la zone d'étude

##### II.1.1 Localisation géographique:

###### II.1.1.1 Séraïdi

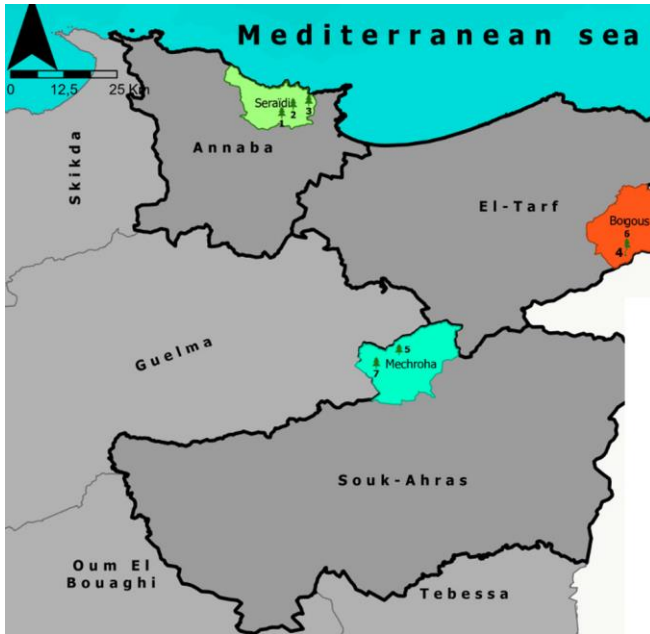
La localité de Séraïdi, faisant partie intégrante du massif montagneux El-Edough, couvre une superficie de 138 km<sup>2</sup> (Zobir & Oberhänsli, 2013; Chaker *et al.*, 2023). Cette forêt est sous l'administration de la commune de Séraïdi (anciennement Bugeaud), localisée à 13 km du centre de la province d'Annaba, dans le nord du pays (Hammor & Lancelot, 1998). Le massif de l'Edough est une composante essentielle de l'Atlas tellien, étant délimité au nord par la mer Méditerranéenne, au sud par le lac Fetzara (Berrahal), et à l'est et à l'ouest respectivement par les reliefs de Kherraza et Oued el Kebir (Oularbi & Zeghiche, 2009). Les coordonnées géographiques de cette région sont de 36° 54' de latitude nord et 7° 40' de longitude (**Figure 1**).

###### II.1.1.2 Mechrouha

La région de Mechrouha, située en périphérie de la province de Souk Ahras, se trouve dans une zone de moyenne altitude au sein de l'Atlas tellien oriental, elle couvre une étendue d'environ 6990 hectares (Saighi, 2013; Boucif *et al.*, 2022; Boucif, 2023). Ses coordonnées GPS se localisent à une latitude de 36°22' et une longitude de 7° 43' (**Figure 1**)

###### II.1.1.3 Le Bougous

La région de Bougous, localisée au nord de la wilaya de Taref, constitue une partie du parc National d'El Kala (Ghodbane, 2007). Elle s'étend sur une superficie de 22 000 hectares et se trouve à la frontière entre l'Algérie et la Tunisie (Slimani *et al.*, 2013). Ses coordonnées géographiques sont les suivantes : 36° 39' de latitude et 8° 22' de longitude (**Figure 1**)



**Figure 1** : Carte d'échantillonnage des galles de cynipidés de chênes dans les trois region de Séraili (Annaba), Mechrouha (Souk ahras), Bougouss (Tarf)

1Bouzizi 2 dar samir 3 edough 4 Ghourra 5 Gliia 6 Mechta ain charra 7 Mgassel

## II.1.2 Description générale

### II.1.2.1 Séraili

Les forêts de Séraili sont classées parmi les forêts de protection permanente, formant ainsi un réseau de forêts interconnectées parmi les plus étendues du pays (Hammor & Lancelot, 1998; Zobir & Oberhänsli, 2013). Les caractéristiques édaphiques humides et acides du massif offrent un habitat propice au développement d'espèces d'arbustes sclérophylles et de plantes herbacées, avec une prédominance des arbres de chêne zéen et de chêne-liège (Chaker et al., 2023; Hamza & Wafa, 2024). Cette richesse écologique remarquable a pour cette région la valeur d'être classée parmi les hotspots de biodiversité et les aires protégées, comme le soulignent plusieurs études (Chaker et al., 2023; Hamza & Wafa, 2024). Néanmoins, la fragmentation spatiale du massif s'accumule au fil du temps, principalement en raison de phénomènes naturels tels que les incendies de forêt et les changements climatiques, ainsi que d'une activité humaine intense et non planifiée (Hammor & Lancelot, 1998; Benotmane *et al.*, 2024)

### II.1.2.2 Mechrouha

La forêt de Mechrouha est classée comme une forêt de protection permanente , ce qui lui confère un rôle écologique essentiel en tant que refuge de biodiversité ,de plus, elle représente un cadre privilégié pour la recherche en écologie et en conservation (BOUCIF, 2023; Leïla et

al., 2021). Cette région se caractérise par un environnement méditerranéen avec une saison hivernale froide et humide, et une saison estivale chaude et sèche, ainsi qu'un niveau bioclimatique subhumide, favorisant la croissance d'espèces telles que le chêne-liège (BOUCIF, 2023; Boucif et al., 2022; SAIGHI, 2013). Ce dernier prédomine dans la subéraie locale, souvent associé au chêne zéen, au pin d'Alep et à divers arbustes. Les sols en question se caractérisent par leur acidité, leur teneur élevée en argile, leur structure grumeleuse et leur faible capacité de rétention d'eau. Le relief prononcé et accidenté entraîne une faible épaisseur des sols et une importante variation d'altitude (Leïla et al., 2021; Menaâ et al., 2020; SAIGHI, 2013).

### II.1.2.3 Bougous

La région de Bougous se distingue par son relief montagneux abrupt, composé de sols de grès et d'argile numidienne propices à la variété biologique comprenant la faune et la flore (Slimani *et al.*, 2013). La région de Bougous se caractérise par la présence de vastes montagnes, notamment le Jbal Gourra, qui joue un rôle essentiel dans la sauvegarde des animaux, de la végétation et de la diversité biologique, le plaçant ainsi parmi les hotspots méditerranéens (ghodbane, 2007; slimani *et al.*, 2013; lazli *et al.*, 2019). La forêt de Bougous est intégrée à l'écosystème de la Kroumirie algérienne, caractérisée par sa biodiversité et dominée par des espèces telles que le chêne-liège et le chêne zeen, jouant un rôle crucial en tant que réservoirs naturels et équilibrateurs environnementaux (Ghodbane, 2007; Slimani *et al.*, 2013).

### II.1.3 Situation climatique des trois régions d'étude (selon les centres météorologiques de ces régions)

#### II.1.3.1 La température

Les trois régions Seraïdi, Mechrouha et Bougous affichaient des températures moyennes presque similaires (**tableau 1**).

**Tableau 1** : Moyennes de température dans les trois régions de Séraïdi (Annaba), Mechrouha (Souk Ahras), Bougouss (Taref) pour la période 2013 à 2023

Mois	Seraïdi (°C)	Mechrouha (°C)	Bougouss (°C)
<b>Janvier</b>	11.2°C	8.3°C	11.3
<b>Février</b>	11.5°C	8°C	11.2
<b>Mars</b>	13.1°C	11.2°C	13.3
<b>Avril</b>	15.1°C	14.5°C	15.5
<b>Mai</b>	18.3°C	18.6°C	18.6
<b>Juin</b>	22°C	24.2°C	22.6

<b>Juillet</b>	24.9°C	27.8°C	25.6
<b>Août</b>	25.5°C	27.5°C	26.3
<b>Septembre</b>	23.2°C	22.5°C	23.6
<b>Octobre</b>	19.9°C	19°C	20.7
<b>Novembre</b>	15.3°C	12.8°C	15.8
<b>Décembre</b>	12.2°C	9.2°C	12.6

### II.1.3.2 La Précipitation

Les régions de Seraïdi, de Mechroha et de Bougous présentaient des niveaux de précipitations cumulées presque comparables (**tableau 2**).

**Tableau 2** : Moyennes de précipitation dans les trois régions de Séraïdi (Annaba), de Mechrouha (Souk Ahras) et de Bougous (Tarf) pour la période 2013 à 2023

<b>Mois</b>	<b>Seraïdi (mm)</b>	<b>Mechrouha (mm)</b>	<b>Bougouss (mm)</b>
<b>Janvier</b>	91.2 mm	87.7 mm	17 mm
<b>Février</b>	75.5 mm	90 mm	101 mm
<b>Mars</b>	65 mm	69.5 mm	89 mm
<b>Avril</b>	51.6 mm	97.8 mm	79 mm
<b>Mai</b>	48 mm	42.1 mm	54 mm
<b>Juin</b>	16.6 mm	23.8 mm	17 mm
<b>Juillet</b>	7.1 mm	8.7 mm	3 mm
<b>Août</b>	11 mm	16.3 mm	15 mm
<b>Septembre</b>	42.4 mm	38.9 mm	53 mm
<b>Octobre</b>	56.1 mm	40 mm	78 mm
<b>Novembre</b>	86.6 mm	75.1 mm	114 mm
<b>Décembre</b>	101.9 mm	91.3 mm	114 mm
<b>Précipitation totale</b>	<b>652.40 mm</b>	<b>681.20 mm</b>	<b>778 mm</b>

### II.1.3.3 Humidité relative

Un taux d'humidité élevé a été enregistré dans les régions de Seraïdi et de Bougous, en raison notamment de leur proximité avec la mer, suivi par la région de Mechrouha (**tableau 3**).

**Tableau 3** : Moyennes d'humidité relative dans les trois régions de Séraïdi (Annaba), de Mechrouha (Souk Ahras) et de Bougous (Taref) pour la période 2013 à 2023

Mois	Seraïdi (%)	Mechrouha (%)	Bougouss (%)
<b>Janvier</b>	76	74	76
<b>Février</b>	75	74	75
<b>Mars</b>	74	68	75
<b>Avril</b>	73	67	73
<b>Mai</b>	73	61	71
<b>Juin</b>	71	49	71
<b>Juillet</b>	68	44	70
<b>Août</b>	70	45	68
<b>Septembre</b>	72	58	73
<b>Octobre</b>	72	59	72
<b>Novembre</b>	74	69	75
<b>Décembre</b>	76	76	75
<b>Humidité moyenne</b>	<b>72.83%</b>	<b>62.00%</b>	<b>72.80%</b>

## II.1.4 Synthèse bioclimatique

### II.1.4.1 indice d'aridité

D'après la formule établie par Martonne, (1926), l'indice d'aridité de Seraïdi est estimé à environ 23,56, celui de Mechrouha à environ 25,25, et celui à Bougous environ 26,13. Ces indices se situent dans la tranche d'altitude comprise entre 20 et 30, correspondant au climat subhumide.

### II.1.4.2 Le Diagramme Ombrothermique de Gaussen

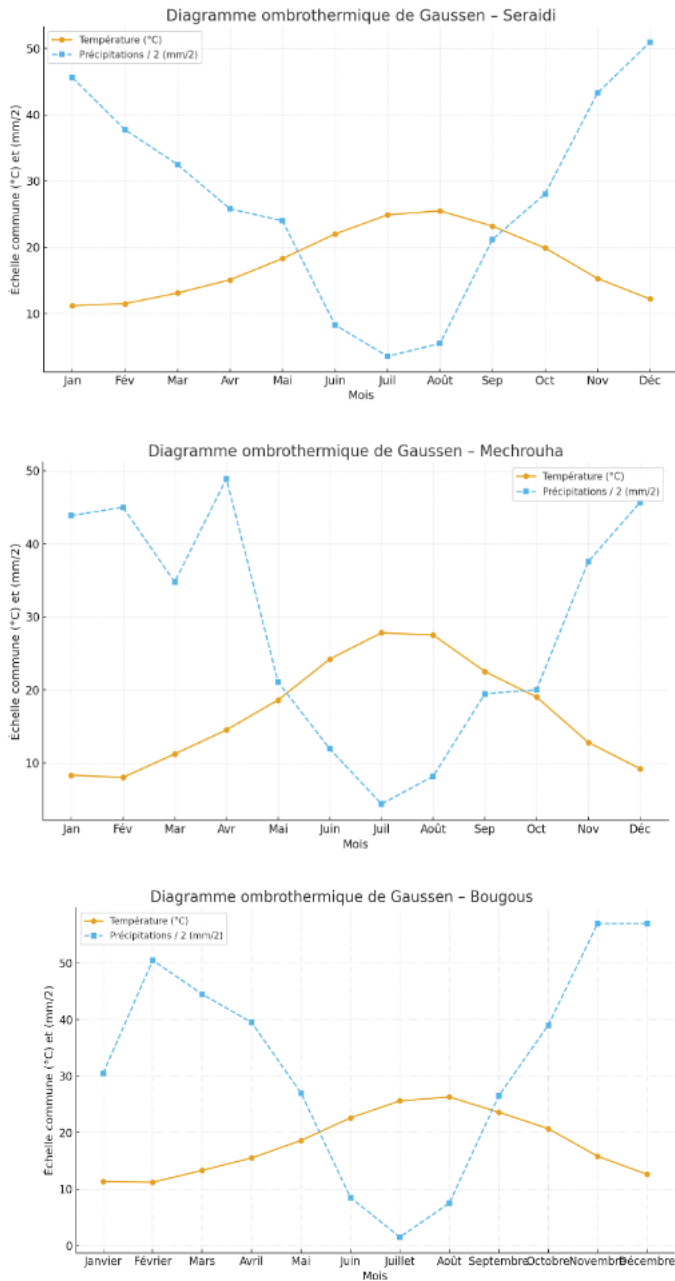
La région de Seraïdi présente des mois secs ( $P \leq 2T$ ) : juin, juillet, août, septembre.

Le climat de Séraïdi présente un profil méditerranéen humide, avec un été chaud et sec et un hiver doux et pluvieux.

La région de Mechrouha présente des mois secs ( $P \leq 2T$ ) : juin, juillet, août, septembre.

Mechrouha présente un climat subhumide à été sec. Les hivers sont humides et pluvieux, tandis que les étés sont chauds et secs.

La région du Bougous présente des mois secs ( $P \leq 2T$ ) : juin, juillet, août.



**Figure: 2:** Le Diagramme Ombrothermique de Gaussen dans les trois region : A/ Séraïdi (annaba), B/ Mechrouha (souk ahras ), C/ Bougouss (tarf) pour la période 2013 à 2023

Bougous présente un climat méditerranéen humide. Malgré un total pluviométrique annuel élevé, les mois d'été sont nettement secs.

Ces trois stations étudiées relèvent d'un climat méditerranéen caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides

### II.1.4.3 Le quotient pluviométrique d'Emberger (Q2)

## MATERIEL ET METHODES

Le coefficient pluviométrique d'Emberger (Q2) tel que défini par Stewart, (1969) est largement utilisé dans les études, en particulier en bioclimatologie méditerranéenne. Les valeurs enregistrées sont de 92.08 pour Seraidi, 79.20 pour Mechrouha et 114.97 pour Bougous. Ces valeurs permettent de classer ces localités dans les étages bioclimatiques subhumides (à hiver chaud à Bougous par contre hiver doux à Seraidi et Mechrouha)

### II.1.5 selection des sites d'échantillonnage

#### II.1.5.1: les sites d'échantillonnage selon les saisons

La sélection des sites de collecte de galles repose sur la facilité d'accès et la présence de chênes zéens ou de chênes-lièges (**photo 1**). Toutes les coordonnées géographiques des sites sont répertoriées dans **tableau 3**.



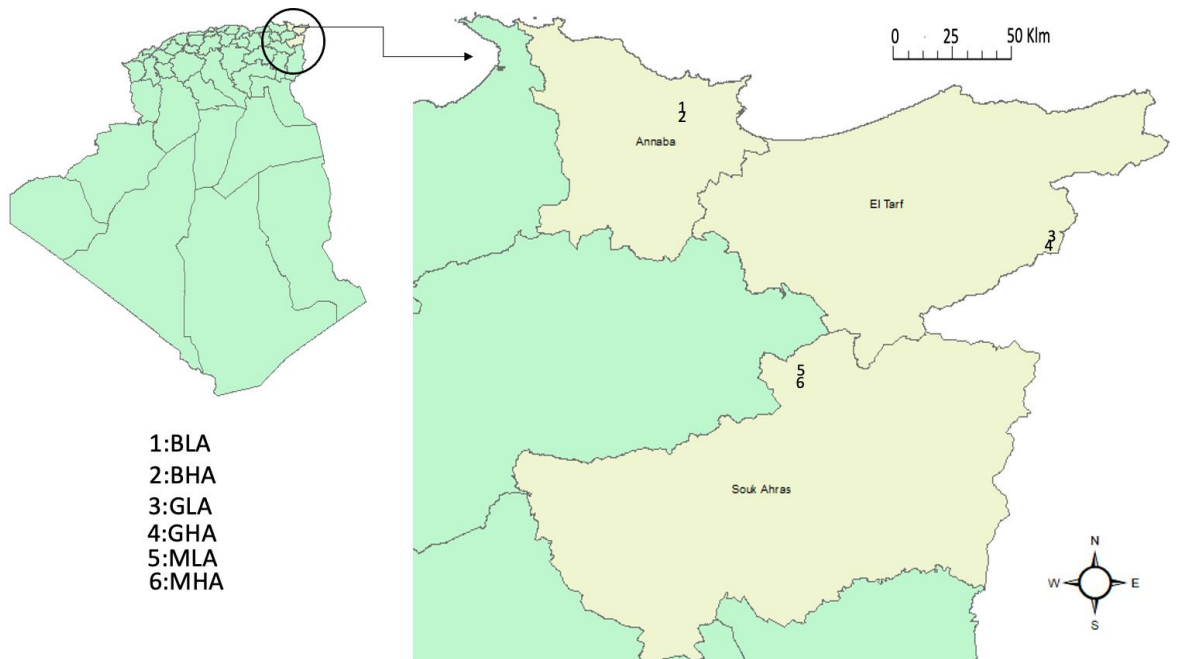
**Photo 1** : les sites des récoltes des galles A: Bouzizi , B :Gourra, C: Gliia (mechrouha) (Originale)

**Tableau 4** : Sites de collecte de galle de chêne et leurs coordonnées géographiques.

N°	Sampling site	Latitude	Longitude	Oak species
1	Bouzizi	36°53'55''N	7°38'51''E	Chene zeen Chene liege
2	Darsmaïr	36°55'02'' N	7°40'17''E	Chene zeen Chene liege
3	Ghourra	36°36'12'' N	8°22'44'' E	Chene zeen Chene liege
4	Edough	36°55'29'' N	7°42'16'' E	Chene liege
5	Gliiaa mechrouha	36°23'52'' N	7°53'42'' E	Chene zeen Chene liege
6	Mechta Chaara	Ain 36°37'17'' N	8°23'12'' E	Chene liege
7	Mghassel	36°22'08'' N	7°50'49'' E	Chene liege

#### II.1.5.2: les sites d'échantillonnage selon l'altitude

Le choix des emplacements pour la collecte des galles est établi sur le critère de l'altitude, les sites retenus pour la collecte des galles de chêne zéen sont les suivants : Bouzizi, Ghorra et Gliaa mechrouha (**figure 3**). Nous avons choisi deux catégories d'habitats dans chaque zone, l'un étant localisé à une altitude réduite et l'autre à une altitude élevée. La division de ces habitats a été effectuée en fonction de critères liés à l'altitude. Une présence significative de chêne liège a été observée dans les habitats de basse altitude, soit dans des forêts mixtes à chêne zeen , soit sous forme de groupes isolés sur des pentes arides.



**Figure 3** : Carte d'échantillonnage des galles de cynipidés de chênes en fonction d'altitude (voir la signification des abréviations)

## II.2.Présentation et description du modèle biologique

### II.2.1 Les galles des cynipidés

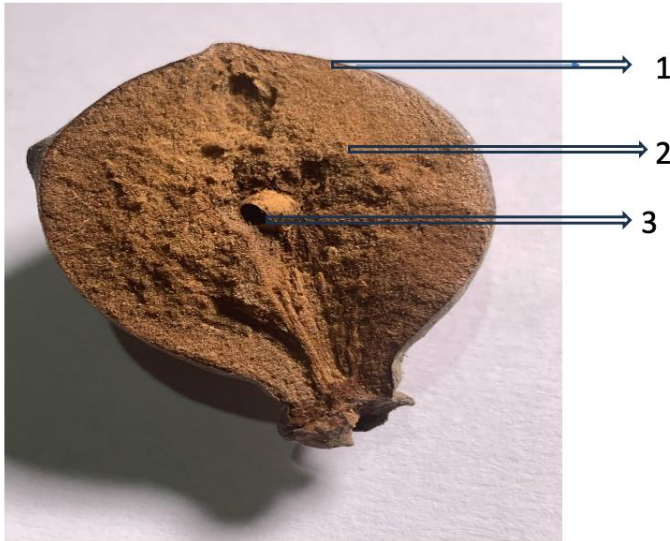
#### II.2.1.1 Notion de galle

Les galles sont des modifications des tissus végétaux résultant de la nutrition ou d'autres stimuli induits par des organismes tels que les insectes, les parasites et les virus, entre autres. (Dreger-Jauffret, 1992; Csóka *et al.*, 2005). Néanmoins, la forme et la complexité des galles induites par les insectes fascinent considérablement les naturalistes et les biologistes (Mani, 2013; Csóka *et al.*, 2017; Labandeira, 2021), 90 % des galles induites par les insectes présentent une symétrie morphologique, contrairement aux croissances atypiques causées par les champignons et les bactéries (Raman, 2007). Les cynipides du chêne induisent des galles qui

sont fortement fixées à une seule section d'arbre hôte ou alternent entre différentes sections de chêne (Mani, 2013).

### II.2.1.2 Structure des galles

Les galles de chêne matures se caractérisent par la présence de trois couches principales : l'épiderme, le parenchyme et la chambre larvaire (Pujade-Villar *et al.*, 2025) (**photo 2**).



1:l'épiderme 2:le parenchyme 3: la chambre larvaire

#### **Photo 2 :** Structure des galles de cynipidés (Originale)

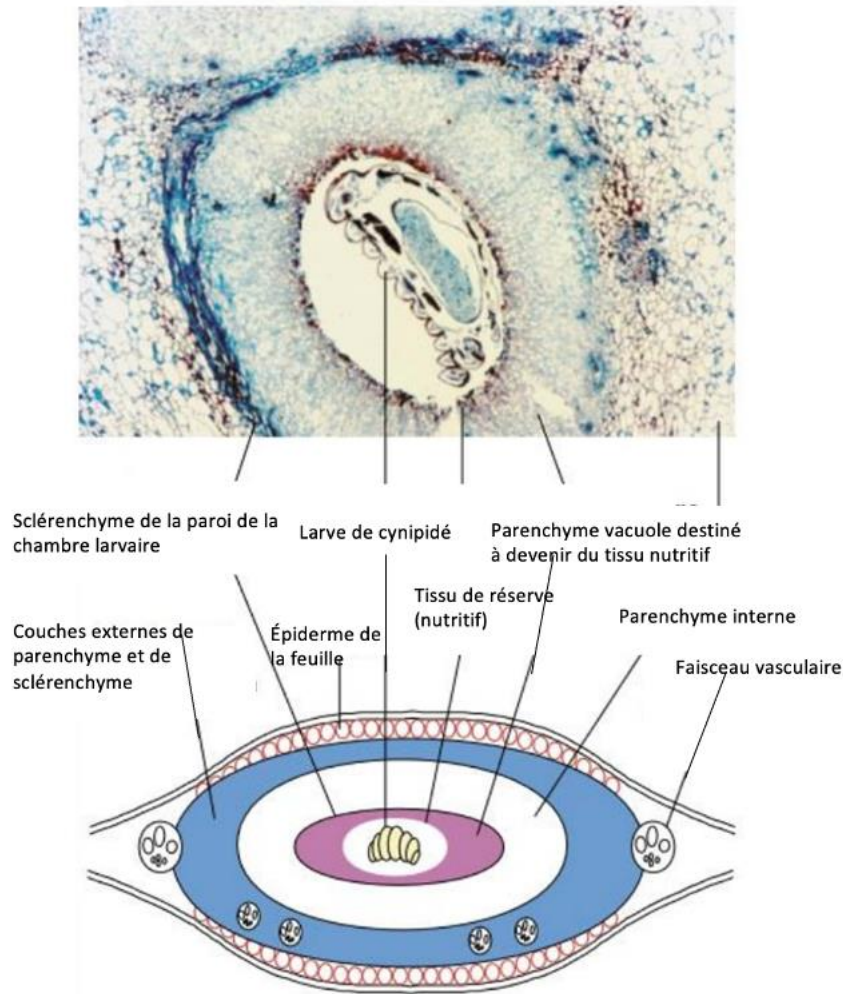
Tout d'abord, l'épiderme qui constitue la couche externe de la La galle joue une fonction cruciale dans la protection des tissus internes face aux prédateurs et les dommages mécaniques (Stone *et al.*, 2002), cette couche est fréquemment consolidée par une autre couche additionnelle de cellules épidermiques, lesquelles participent à l'isolement de la galle(Csóka et al., 2005), selon l'espèce de cynipidé et la réponse de l'arbre, la surface de l'épiderme peut montrer diverses textures, variant de lisse à glabre, voire épineuse(Rohfritsch & Shorthouse, 1992; Pujade-Villar *et al.*, 2025)

, par ailleurs, l'évolution de la galle peut se manifester par des modifications visuelles, par exemple des changements de coloration et des variations de pubescence, en réaction aux conditions environnementales (Stone *et al.*, 2002; Stone & Schönrogge, 2003), ces caractéristiques sont indispensables afin de garantir la sécurité de la larve de cynipidés à différentes étapes de son cycle de vie (Csóka *et al.*, 2005; Pujade-Villar *et al.*, 2025).

## MATERIEL ET METHODES

Ensuite, le parenchyme qui enveloppe les chambres larvaires. Qui a une fonction essentielle dans la structure et le fonctionnement de la galle (Pujade-Villar *et al.*, 2025), cette couche peut présenter des variations significatives entre les diverses galles, en particulier pour la taille, l'épaisseur et la dureté ( Stone *et al.*, 2002 ; Stone & Schönrogge, 2003). Le tissu de la galle est directement affecté par la quantité de parenchyme disponible, ce qui détermine la dimension de la galle (Pujade-Villar *et al.*, 2025); Les grandes galles, bien qu'elles soient plus visibles et par conséquent plus susceptibles d'attirer des prédateurs, offrent un environnement plus propice à l'isolement de la larve, par contre, les menues galles, bien que plus difficiles à repérer par les prédateurs, se révèlent souvent plus susceptibles aux attaques des parasitoïdes, (Stone *et al.*, 2002; Raman, 2007; Pujade-Villar *et al.*, 2025), l'accumulation d'eau au sein des cellules du parenchyme, notamment lors des premières phases de croissance des galles, peut conférer à celles-ci une succulence particulièrement marquée (Pujade-Villar *et al.*, 2025). Néanmoins, au fur et à mesure que la galle atteint sa maturité, les cellules du parenchyme se dessèchent et se solidifient, conférant ainsi à la galle une résistance accrue (Ferreira *et al.*, 2019; Pujade-Villar *et al.*, 2025).

Et enfin la chambre larvaire qui est localisée au cœur de la galle, constituant l'espace dans lequel la larve se développe (Schönrogge *et al.*, 1998; Ferreira *et al.*, 2019), elle est enveloppée dans un tissu spécialisé qui garantit la nutrition de la larve et lui offre un environnement sécurisé durant son développement (Pujade-Villar *et al.*, 2025), la chambre larvaire est fréquemment protégée par le parenchyme, lequel constitue une barrière contre l'accès des prédateurs et des parasitoïdes (Rohfritsch & Shorthouse, 1992) Les modifications morphologiques de cette chambre au fil du temps sont essentielles pour la survie de la larve, car elles permettent l'isolement des larves de cynipidés tout en régulant leur approvisionnement en nutriments. (Stone *et al.*, 2002) ( **figure 4**).



**Figure 4** : Structure bien détaillée des galles des cynipidés (G. Stone et al., 2002)

### II.2.1.3 Mécanisme des inductions des galles

L'induction de galles constitue un processus particulièrement complexe dans l'utilisation des plantes par les insectes (Dreger-Jauffret, 1992; Schönrogge *et al.*, 1998). Divers facteurs peuvent exercer une influence sur l'induction des galles des Cynipidae, notamment l'action mécanique exercée sur la plante par le biais de piqûres lors du processus de ponte (Folliot, 1977; Giron et al., 2016; Pujade-Villar et al., 2025). Cette action est justifiée, car la génération de blessures mineures au sein des arbres entraîne des déformations de nature tumorale, lesquelles engendrent l'hypertrophie (croissance cellulaire anormale) ainsi que l'hyperplasie (multiplication cellulaire anormale) (Folliot, 1977; Csóka *et al.*, 2005). Cependant, l'action mécanique, à elle seule, ne saurait pas expliquer l'induction des galles, c'est pourquoi le facteur chimique a été jugé comme étant fondamental (Cornell, 1983). L'introduction d'un œuf par l'insecte gallicole serait associée à l'introduction de substances dont l'action provoquerait la

formation d'une galle, telles que les sécrétions des glandes de l'appareil de ponte, et des particules comme des bactéries et des virus (Folliot, 1977, Cornell, 1983).

### **II.2.1.4 Les stades de développement des galles de cynipidés**

Le développement des galles se divise en trois phases : l'initiation, la croissance et la maturation (Brooks & Shorthouse, 1998; Pujade-Villar *et al.*, 2025).

Dans l'initiation des galles. Les tissus de l'hôte entourant la chambre larvaire se divisent rapidement et se transforment en cellules nutritives, fournissant la nourriture exclusive aux larves des cynipidés durant leur développement (Raman, 2007, Csóka *et al.*, 2017).

Cependant, Markel *et al.*, (2024) ont démontré que les chambres larvaires sont remplies de liquide aux premiers stades du développement des galles et contiennent probablement des nutriments que les larves du premier stade peuvent absorber, étant donné que leurs mandibules sont sous-développées et incapables de mastiquer les tissus nutritifs. présence de mince membrane de sclerenchyme délimite la chambre larvaire des tissus galleux externes non nutritifs (Schönrogge *et al.*, 1998, Csóka *et al.*, 2017; Pujade-Villar *et al.*, 2025).

Ensuite, lors de la formation des galles, les tissus galliques externes commencent à se développer et à se différencier (Bagatto *et al.*, 1996). Les cellules nutritives se prolifèrent et augmentent en taille, pouvant devenir multinucléées, et elles accumulent d'importantes concentrations de lipides, de glucides et de composés azotés (Csóka *et al.*, 2017). Par la suite, les strates de parenchyme externe enveloppent la loge larvaire, puis la larve ingère après le tissu gallique interne durant sa croissance, diminuant ainsi le nombre de couches cellulaires galliques à mesure qu'elle se développe (Bagatto *et al.*, 1996; Harper *et al.*, 2004)

Enfin, la maturation des galles se croise alors que les larves croissent rapidement jusqu'à l'épuisement des tissus nutritifs ; l'alimentation est ininterrompue jusqu'à l'atteinte du sclerenchyme (Harper *et al.*, 2004; Pujade-Villar *et al.*, 2025). Lorsque le tissu nutritif est intégralement épuisé, les larves entament leur nymphose et la galle atteint sa maturité complète; lorsque les tissus galleux externes se lignifient, les adultes perforent les tissus les isolant du monde extérieur, qui peuvent parfois être très durs, et émergent de la galle (Bagatto *et al.*, 1996;; Harper *et al.*, 2004, Carneiro *et al.*, 2014).

### **II.2.1.5 L'adaptation des galles de cynipidés**

Il existe trois théories qui peuvent expliquer les adaptations morphologiques et structurelles. D'abord, la théorie nutritionnelle postule que les galles constituent une source nutritionnelle plus avantageuse que les autres sources alimentaires en raison de leurs tissus nutritifs (Askew, 1975; Abe, 1986; Stone *et al.*, 2002; Hayward & Stone, 2005). et les inducteurs de galles

manipulent la qualité nutritionnelle des tissus végétaux qu'ils consomment à leur avantage, cette alimentation améliorée confère un avantage sélectif dans l'induction des galles (Askew, 1975; Stone *et al.*, 2002), puis la théorie du microenvironnement postule que la galle protège l'inducteur de galle des variations de l'environnement extérieur, et cela grâce à ses structures en partie fermées ( Stone & Schönrogge, 2003; Hayward & Stone, 2005). Et en fin La théorie de l'ennemi postule que les structures des galles ont évolué pour atténuer la mortalité infligée à l'inducteur de galles par des adversaires et prédateurs naturels, et cela grâce à un tissu gallique solide (Stone *et al.*, 2002).

**II.2.2 Les cynipides inducteurs des galles**

**II.2.2.1 Taxonomie :**

Les Cynipoidea représentent un sous-ordre significatif au sein de l'ordre des Hyménoptères, incluant les guêpes à galles (Ronquist & Nordlander, 1989; Ronquist *et al.*, 2015). La famille des Cynipidae a été révisée plusieurs fois dans sa classification au cours des dernières années, en raison des développements considérables dans le domaine de la phylogénie systématique. En conséquence, le nombre de tribus au sein de cette famille a augmenté, passant de huit à treize, parmi lesquelles trois, à savoir Cynipini, Synergini et Ceroptresini, sont associées au genre Quercus (Liljebblad, 2002; Ronquist *et al.*, 2015; Lobato-Vila *et al.*, 2019, 2022) (**tableau 5**).

Les cynipidés se séparent en deux groupes différents: les inducteurs de galles, qui génèrent leurs propres galles au sein des tissus végétaux, et les inquilins, qui se développent sous forme d'inquilines à l'intérieur des galles produites par d'autres espèces de cynipidés ( Ronquist *et al.*, 2015; Lobato-Vila *et al.*, 2022).

**Tableau 5:** classement des 13 tribus de Cynipidae reconnues actuellement (Ronquist *et al.*, 2015; Lobato-Vila *et al.*, 2022)

Tribu	Classement	Arbre hôte
<b>Aulacideini</b>	Inducteurs de galles	Les herbes
<b>Aylacini</b>	Inducteurs de galle et inquilines	Les coquelicots
<b>Ceroptresini</b>	Inquilines	Les chenes
<b>Cynipini</b>	Inducteurs de galles	Les chênes
<b>Diastrophini</b>	Inducteurs et des inquilins	Les rosacées

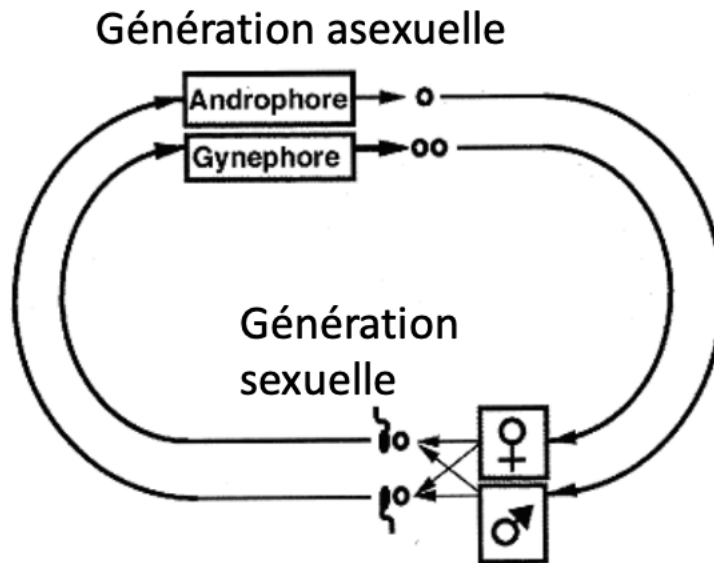
<b>Diplolepidini</b>	Inducteurs de galle et inquilines	Les rosacées
<b>Eschatocerini</b>	Inducteurs de galles	Les Acacias
<b>Paraulacini</b>	Parasitoides	Les chalcidés sur les Nothofags
<b>Pediaspidini</b>	Inducteurs de galles	Les érables
<b>Phanacidini</b>	Inducteurs de galles	Les herbes
<b>Qwaqwaiini</b>	Inducteurs de galles	Les scolopies
<b>Rhoophilini</b>	Inquilines	Les searsias
<b>Synergini</b>	Inquilines	Les chênes

### II.2.2.2 Les cycles biologiques

Les cynipides du chêne ont des cycles biologiques uniques en raison de leur parthénogenèse cyclique, les distinguant ainsi des autres arthropodes. Cette diversité implique des générations se reproduisant de manière gamétique et agamique (Askew, 1975; Folliot, 1977). Contrairement aux insectes qui pratiquent la parthénogenèse cyclique, comme les pucerons, qui se reproduisent de manière agamique avec une seule génération gamique induite par des changements climatiques ( Moran, 1992; Melika, 2018). Les cynipidés du chêne ont une alternance régulière des générations, avec une génération de chaque type par an au maximum. Ces cynipidés du chêne sont des organismes bivoltins, se reproduisant en une seule année ( Askew, 1975).

Les cohortes de cynipidés varient en taille ; les individus de la génération sexuée sont plus petits et ont une capacité ovipare moindre que ceux de la génération asexuée (Folliot, 1977), En raison des variations de leurs galles induites (Schönrogge & Crawley, 2000; Stone *et al.*, 2002).

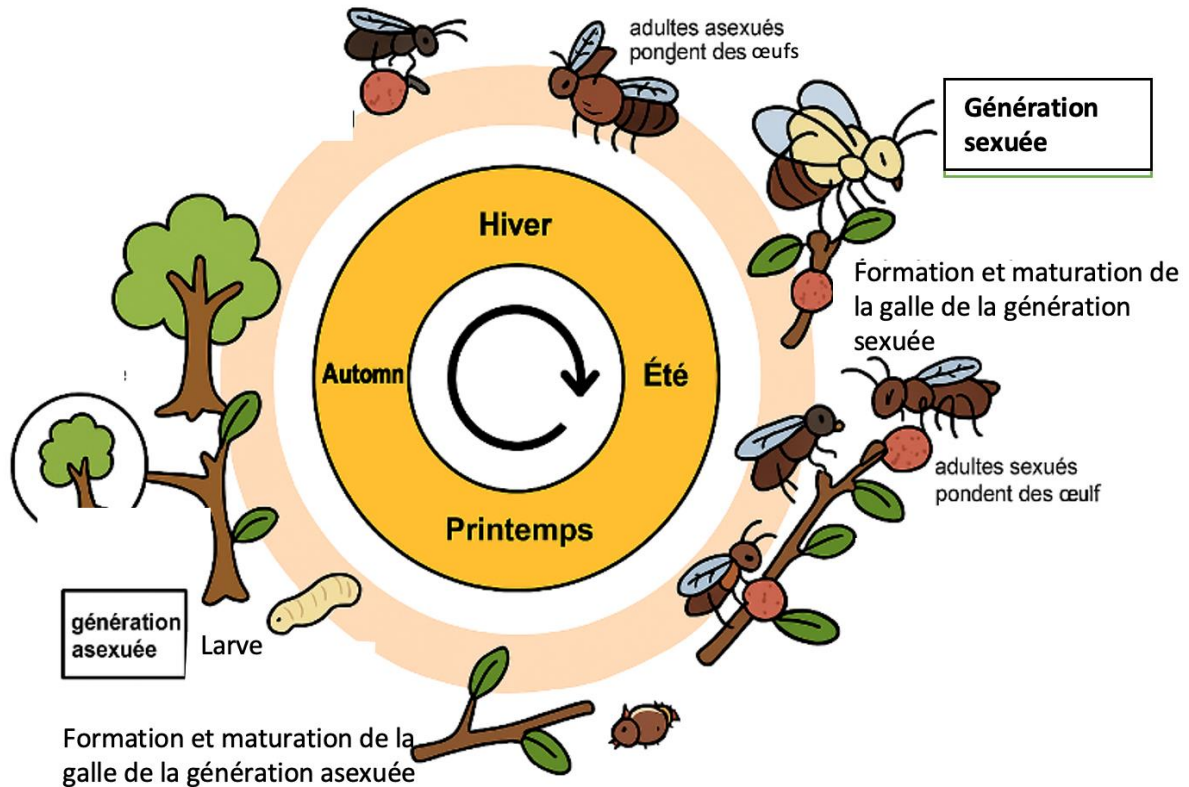
Le cycle biologique des cynipidés comprend deux types de femelles se reproduisant de manière asexuée : les androphores et les gynéphores, Les androphores produisent des ovules haploïdes par méiose, formant exclusivement des mâles, tandis que les gynéphores génèrent des ovules diploïdes se développant en femelles (Folliot, 1977). Cependant, les femelles de la génération sexuée ne peuvent pas produire de mâles à partir d'œufs non fécondés. Il faut qu'elles s'accouplent pour assurer la reproduction des futures femelles agamiques. Les femelles gamétiques se divisent en deux catégories : l'une produit des androphores, l'autre des gynéphores (Folliot, 1977) (**figure 5**).



**Figure 5:** cycle de vie de *Neuroterus quercusbaccarum* (Folliot, 1977)

### II.2.2.3 La longévité des cycles de vie

Au sein des Cynipidés de chêne appartenant à la tribu des Cynipini, on constate que le développement de la galle hébergeant la génération gamique se produit au printemps, tandis que la galle de la génération agamique ase se forme à l'automne de l'année en cours (Askew, 1984). Ce schéma se révèle non uniforme et manifeste des variations en raison de la plasticité significative de ces insectes face aux fluctuations climatiques (Schönrogge & Crawley, 2000). Un grand nombre de cynipidés gallicoles exhibent des cycles biologiques au cours desquels le développement de la génération agamique s'étend sur une période supérieure à une année, comme l'illustre le genre *Bioriza* (Askew, 1984; Melika, 2018). En revanche, pour certaines autres espèces, les générations sexuée et asexuée présentent chacune une durée d'un an. Conformément aux travaux de (Folliot, 1977) ainsi qu'à ceux de (Stone & Schönrogge, 2003)(**figure 6**).



**Figure 6** : Cycle de vie de cynipidés inducteur de galle. Dessiné par Tatsuya Ide (Gobbo, 2022)

#### II.2.2.4 L'hétéroécie entre arbres hôtes

Le phénomène de l'hétéroécité, qui se caractérise par l'alternance arbres hôtes, est signalé uniquement chez les Cynipidés gallicoles appartenant à la tribu des Cynipini. et est limité uniquement aux espèces du Paléarctique occidental ( Folliot, 1964; Askew,1984).

Ces espèces qui présentent un processus biologique hétéroïque ont une distribution qui dépend de la présence des deux variétés hôtes, *Cerris* et *Quercus*, et cela influence donc les modèles locaux de diversité des cynipidés gallicoles ( Moran, 1992; Mani, 2013).

Cette alternance se manifeste au sein des groupes d'arbres *Cerris* et *Quercus*. Par exemple, dans toutes les espèces du genre *Andricus* présentant une hétéroécie, autrement dit une alternance d'arbres hôtes, les femelles de la génération agamique déposent leurs œufs sur l'hôte *Quercus*, tandis que celles de la génération gamique choisissent l'arbre *Cerris*. En revanche, chez le genre *Callirhytis*, les femelles de la génération agamique pondent sur l'arbre hôte *Quercus* et celles de la génération gamique sur l'arbre hôte *Cerris* (Moran, 1992).

#### II.2.2.5 Spécificité de cibler l'organe d'arbre hôte

Les cynipidés du chêne démontrent une forte attraction et une spécificité marquée envers certains organes des arbres hôtes (Folliot, 1964; Askew, 1984; Csóka *et al.*, 2005). Chaque espèce cible spécifiquement un organe particulier de l'arbre, afin d'induire la formation de galles (Askew, 1984; Csóka *et al.*, 2005). Certaines espèces de cynipidés du chêne ont la capacité de cibler divers organes afin de provoquer la formation de galles. Par exemple, *Andricus testaceipes* a la capacité de créer des galles sur les feuilles et sur les jeunes plantes (Stone *et al.*, 2002). D'autre part, *A. lucidus* a la propension à provoquer la formation de galles principalement au niveau des bourgeons, et parfois des glands et aussi on peut observer la présence de *N. quercusbaccarum* à la fois sur les chatons et sur les feuilles (Stone *et al.*, 2002). Les études de généagénétique menées sur les cynipidés du chêne indiquent que les variations entre les organes des arbres au sein d'une même espèce hôte sont plus fréquentes que les variations entre différentes espèces hôtes (Cook *et al.*, 2002).

### II.2.2.6 Schémas de répartition

Approximativement, 1000 espèces de cynipidés du chêne réparties dans 41 genres sont répertoriées à l'échelle globale, en particulier dans l'hémisphère Nord (Ronquist & Nordlander, 1989; Ronquist *et al.*, 2015). La diversité spatiale des cynipidés est souvent corrélée avec la variété en espèces de chênes (Weld, 1959). La région du Néarctique abrite la plus grande diversité de cynipidés du chêne, avec environ 700 espèces réparties dans 29 genres différents, (Ronquist *et al.*, 2015). En revanche, la diversité des insectes de la région paléarctique est moins élevée en termes d'espèces, avec 140 espèces réparties dans 11 genres ; (Weld, 1959; Melika *et al.*, 2000; Nieves-Aldrey, José *et al.*, 2001).

Les évaluations régionales et mondiales de la diversité des espèces de cynipidés associées aux chênes ne peuvent être considérées que comme des estimations prévisionnelles pour deux motifs (Stone *et al.*, 2002; Pujade-Villar *et al.*, 2025). Tout d'abord, les générations sexuées et asexuées de plusieurs cycles de vie de cynipidés n'ont pas encore été décrites et associées, ce qui signifie que de nombreuses espèces sont probablement considérées comme distinctes. Ensuite (Cook *et al.*, 2002; Melika, 2018), il manque des connaissances sur les faunes de cynipidés dans les larges régions à forte richesse en espèces potentielles comme celles de la région néarctique (Pujade-Villar *et al.*, 2025).

### II.2.3 Les cynipidés inquilins

#### II.2.3.1 Notion des inquilins

Le terme "inquiline", issu du latin inquilinus signifiant locataire, désigne un organisme qui adopte un mode de vie commensal en habitant dans le milieu de vie d'une autre espèce

(Askew, 1984; Ronquist, 1994). Les habitants des galles de chêne provoquées par les cynipidés incluent une variété d'insectes tels que des papillons et des coléoptères, Toutefois, parmi ces derniers, on trouve les cynipides inquilins.(Gobbo, 2022).

L'inquilinisme est fréquemment caractérisé comme une forme particulière de kleptoparasitisme au sein d'espèces étroitement associées, désignée sous le terme d'agastoparasitisme (Ronquist, 1994). Ce genre d'interaction est bénéfique uniquement pour le locataire et généralement préjudiciable pour l'inducteur de galles , qui court le risque de décéder ( Ide *et al.*, 2018; Gobbo, 2022).

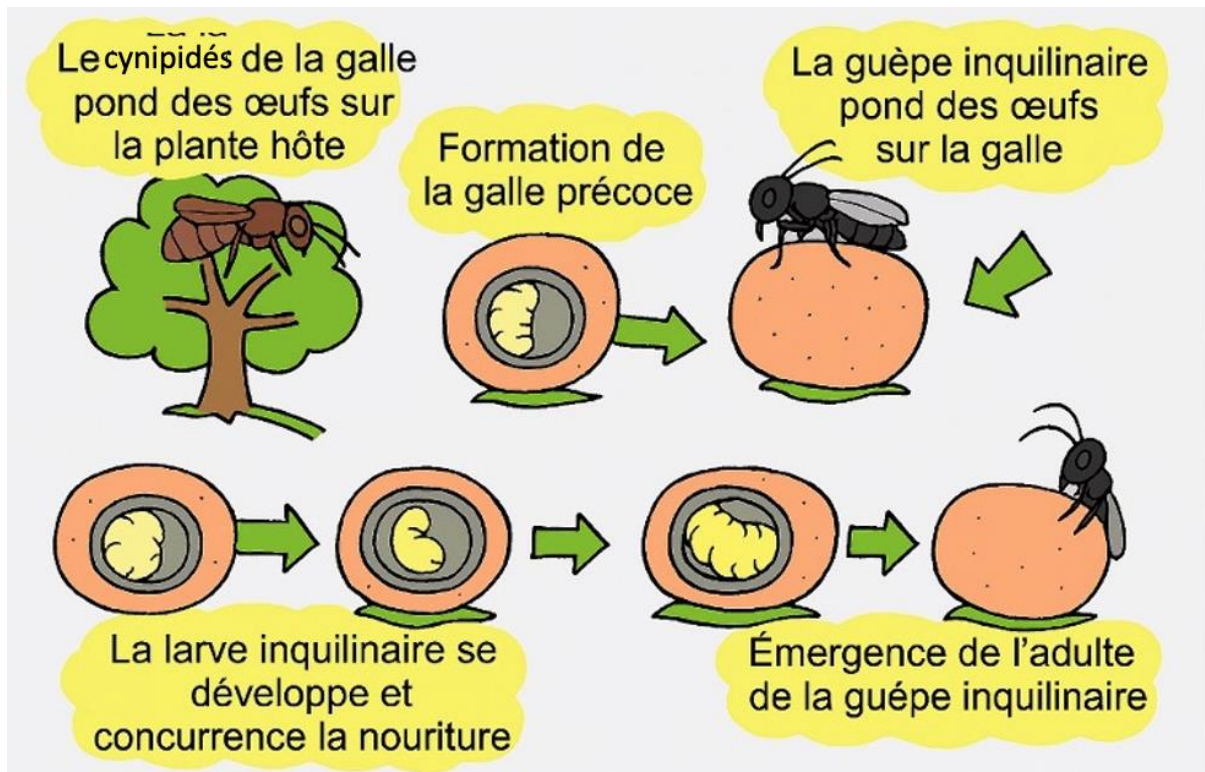
### II.2.3.2 Taxonomie

Dans le passé, les cynipidés inquilins étaient regroupés au sein de la tribu singuliere Synergini. Toutefois, En motif des avancées effectuées dans le secteur de la phylogénétique, les Inquilins les ont classées en trois tribus séparées : Synergini , Ceroptresini et Diastrophini (Lotfalizadeh *et al.*, 2007; Ronquist *et al.*, 2015; Lobato-Vila *et al.*, 2019, 2022). Selon Ronquist *et al.* (2015), un total de 128 espèces ont été identifiées à partir des galles de cynipides du chêne.

### II.2.3.3 La biologie

Les cynipidés inquilins ne sont pas capables de déclencher la formation d'une galle, En revanche, les inquilins ont la capacité de construire leurs propres chambres larvaires à l'intérieur des galles qu'ils occupent, lesquelles ont été induites par d'autres cynipidés inducteurs de galles ( Ide *et al.*, 2018; Gobbo, 2022; Pujade-Villar *et al.*, 2025) . Ils déposent leurs œufs dans une galle déjà existante à un stade précoce de son développement, ce qui conduit à une modification de sa forme (**figure 7**) . Ainsi, ces cynipidés ont la capacité de modifier de manière significative les dimensions, la configuration et la morphologie des galles (Liljeblad, 2002; Péntzes *et al.*, 2009b; Hayward & Stone, 2005; Lobato-Vila *et al.*, 2019, 2022; Pujade-Villar *et al.*, 2025).

Certaines théories suggèrent que les cynipidés inquilins pourraient avoir évolué à partir d'inducteurs de galles, mais, ils ont ensuite manqué de l'habileté de provoquer la formation d'une galle. (Askew, 1984). Ces théories ont été étayées par les analyses phylogénétiques effectuées par (Ronquist, 1994). Ces théories ont démontré que certaines des lignées responsables de la formation de galles pourraient avoir évolué à partir d'inquilines ( Ide *et al.*, 2018; Gobbo, 2022), et les analyses phylogénétiques les plus récentes suggèrent que la transition entre ces deux états s'est produite à plusieurs reprises et peut-être au cours de leur histoire évolutive (Ronquist *et al.*, 2015).



**Figure 7** : Cycle de vie de cynipidés inquilins. Dessiné par Tatsuya Ide (Gobbo, 2022)

#### II.2.3.4 Distribution les cynipidés inquilins

Les cynipidés inquilins ( Synergini , Ceroptresini) principalement présents dans les régions néarctiques et paléarctiques, bien que leur distribution soit moins importante dans les régions néotropicales (Lobato-Vila *et al.*, 2019). La seule exception se rapporte à genre *Rhoophilus*, une espèce endémique d'Afrique du Sud, localisée dans la région afrotropicale de l'hémisphère sud (Lobato-Vila *et al.*, 2022). Il est cependant important de souligner que tous les genres des cynipidés inquilins ( Synergini , Ceroptresini) ne sont pas répartis à l'échelle mondiale ( Nieves-Aldrey & Medianero, 2010; Lobato-Vila *et al.*, 2022).

#### II.2.4 Les parasitoïdes

##### II.2.4.1 Notion des parasitoïdes

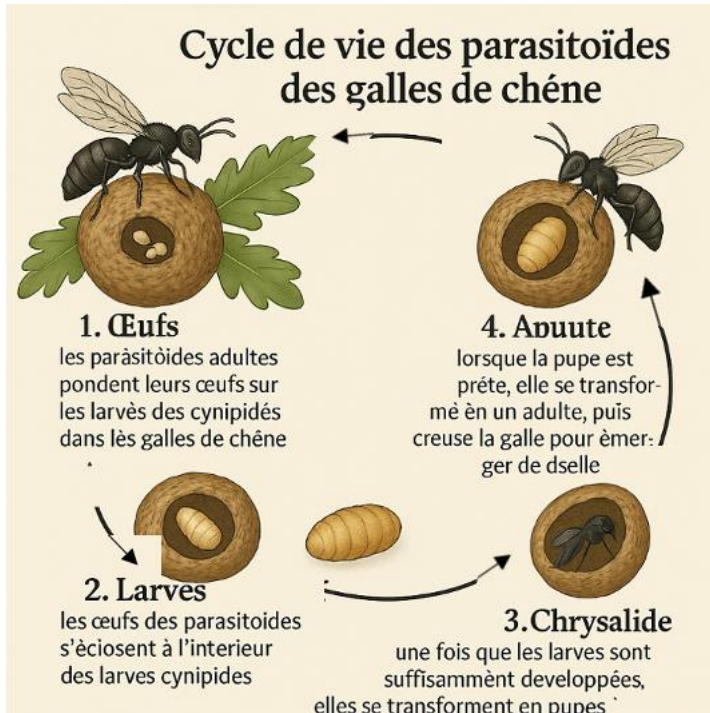
Le terme "parasitoïde" désigne les organismes qui vivent en association avec un autre organisme (l'hôte) et qui aboutissent ultimement à sa mort (Godfray *et al.*, 1994). Ces parasitoïdes ont la capacité de résider soit à l'extérieur, soit à l'intérieur de leur hôte (Gullan & Cranston, 2014). Par exemple, les parasitoïdes des cynipidés des galles sont classés en deux catégories : les ectoparasitoïdes, qui pondent leurs œufs sur les cynipidés ou à proximité , et les endoparasitoïdes, qui déposent leurs œufs à l'intérieur des tissus vivants des cynipidés afin

de permettre à la larve éclos de se nourrir de l'intérieur (Schönrogge *et al.*, 1996; G. Stone *et al.*, 2002; Hayward, 2005; Joseph *et al.*, 2011)

### II.2.4.2 Taxonomie et cycle de vie

Les galles peuvent servir de protection aux habitants locaux contre les attaques des prédateurs naturels. Cependant, les cynipidés sont souvent visés par des attaques de parasitoïdes hyménoptères spécialisés tels que les Ichneumonidae, les Braconidae et les Chalcidoidea ( Stone *et al.*, 2002). Sept familles de chalcidés ciblent les colonies de cynipides présentes sur les chênes des régions paléarctiques : les Pteromalidae, les Eurytomidae, les Eupelmidae, les Eulophidae, les Ormyridae, les Megastigmidae et les Torymidae (Hayward, 2005; Hayward & Stone, 2005; Stone *et al.*, 2002).

Le développement des parasitoïdes des galles de chêne est caractérisé par différentes étapes essentielles : l'oviposition, le stade larvaire, la pupaison et l'éclosion de l'individu adulte (Askew, 1975, 1984) ( **figure 8** ). Chaque phase du processus est caractérisée par des interactions spécifiques avec les cynipidés, qui sont les principaux hôtes des parasitoïdes (Askew, 1975). Ces derniers se nourrissent soit des cynipidés en pleine croissance (appelés parasitoïdes koinobiontes), soit des cynipidés dont le développement a été stoppé par une piqûre avant la ponte (appelés parasitoïdes idiobiontes) (Askew, 1975; Hayward & Stone, 2005). La majorité d'entre eux sont des ectoparasitoïdes idiobiontes solitaires, dont les larves se nourrissent par succion(Stone *et al.*, 2002). Cependant, on constate une faible occurrence d'endoparasitoïdes dans les galles de chêne, parmi lesquels *Sycophila biguttata* peut être cité (Hayward & Stone, 2005; Stone *et al.*, 2002). De plus, les chalcidiens grégaires se distinguent par la présence de multiples parasitoïdes se développant sur un unique hôte cynipidé, et ils sont relativement rares, à l'instar du genre *Baryscapus* (Schönrogge *et al.*, 1996).



**Figure 8** : Cycle de vie des parasitoïdes (originale dessinée par application DALL·E )

#### II.2.4.3 Degré de spécificité des parasitoïdes

La majorité des parasitoïdes de cynipidés du chêne sont des espèces polyphages. Toutefois, les parasitoïdes ayant une gamme d'hôtes plus spécifique sont rares (Askew, 1975; Stone *et al.*, 2002).

La généralisation de certaines espèces, par rapport à leurs galls, est liée à leur comportement alimentaire, par exemple. *Eurytoma brunneiventris* démontre une phytophagie facultative et peut s'alimenter de tissus gallicoles en complément des larves de cynipidés (Askew, 1975). Effectivement, *E. brunneiventris* peut se croître de manière exclusive en s'alimentant de tissus gallicoles (Askew, 1975). Certains ectoparasitoïdes tels que *T. auratus* et *E. brunneiventris* peuvent agir en tant qu'hyperparasitoïdes en ciblant toute larve de cynipidés qu'ils croisent (Hayward & Stone, 2005).

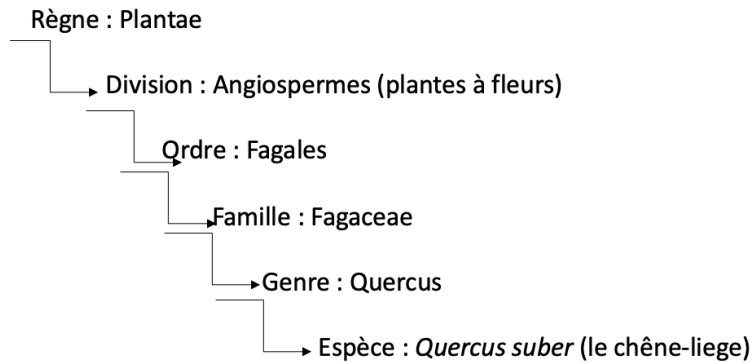
### II.3. Présentation de matériels végétale

#### II.3.1 *Quercus suber*

##### II.3.1.1 Taxonomie :

La **figure 9** représente la taxonomie du chêne-liège selon Chase & Reveal, (2009)

La classification APG III de *Quercus suber*

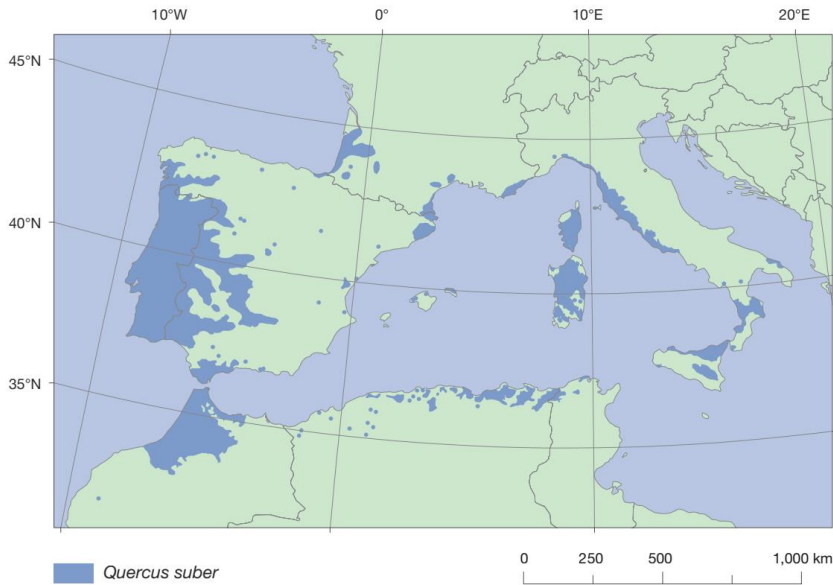


**Figure 9:** taxonomie de chene liege (Chase & Reveal, 2009)

##### II.3.1.2 Distribution mondiale

Au niveau mondial, les formations forestières de chênes-lièges couvrent une superficie de plus de 2 millions d'hectares, principalement localisées dans les pays méditerranéens, englobant de vastes territoires aussi bien au sud (Maroc, Algérie, Tunisie) qu'au nord (Italie, France, Espagne et le Portugal)(Mechergui *et al.*, 2023).

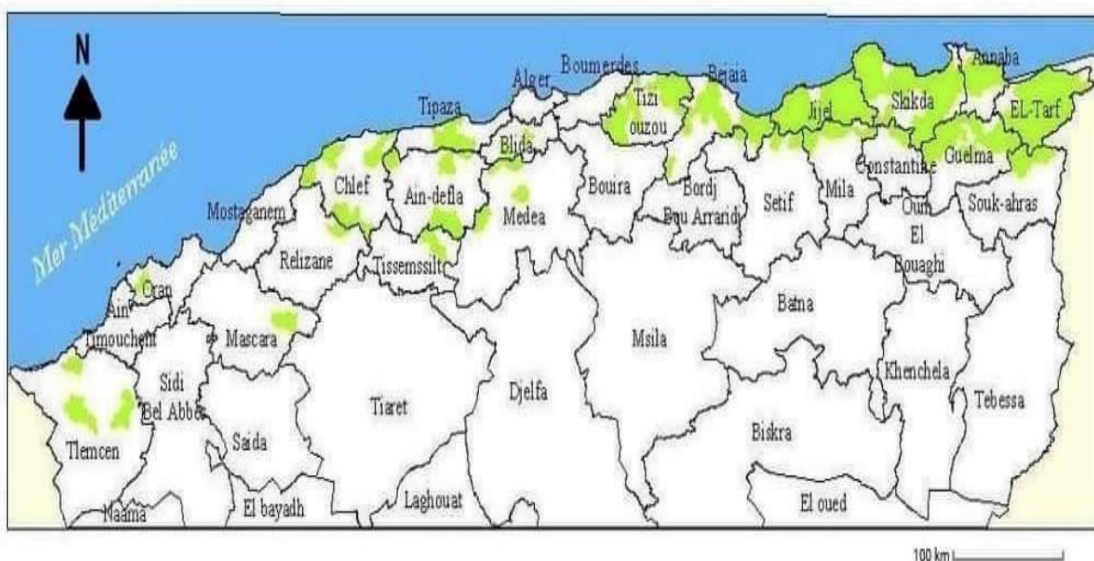
La répartition de sa superficie totale se fait entre l'Europe et l'Afrique (Eriksson *et al.*, 2017) (**figure 10**) , Cependant, la localisation exclusive de cet arbre dans la partie occidentale du bassin méditerranéen a dernièrement été réclamée en cause par Schirone *et al.*, (2015).



**Figure 10** : Répartition mondiale du chêne-liège (Eriksson et al., 2017)

### II.3.1.3 Distribution en Algérie

Le chêne-liège est présent sur l'étendue d'une étroite bande côtière d'environ 100 km de large, tandis que les forêts se présentent sous forme d'îlots dans d'autres régions de l'Algérie (Eriksson *et al.*, 2017). Les forêts des régions côtières sont soumises à la fragmentation, se divisant en trois zones principales. La plus étendue de ces zones se trouve dans le nord-est de l'Algérie, En couvrant 80 % de la zone de distribution de l'arbre dans le pays (Eriksson *et al.*, 2017; Schirone *et al.*, 2015). Dans cette zone géographique, on observe la croissance du chêne-liège en peuplements mixtes en compagnie du chêne Zeen et du pin (Bouandas *et al.*, 2024).



**Chêne liège en Algérie**

**Figure 11** : Distribution du chêne liège en Algérie (Mounia, 2017)

### II.3.1.4 Exigences écologiques

L'arbre de chêne-liège est parfaitement approprié à l'environnement méditerranéen, lequel se caractérise par une température moyenne annuelle variant de 12 à 18 °C (Aronson *et al.*, 2012; Durrant *et al.*, 2016; Eriksson *et al.*, 2017), cette température favorable favorise leur développement et elles sont sensibles aux températures extrêmement basses, ce qui restreint leur répartition aux altitudes moyennes (la plupart des arbres se situent en dessous de 800 m d'élévation) (Pausas, 1997; Costa *et al.*, 2014; Durrant *et al.*, 2016; Mechergui *et al.*, 2023), le chêne-liège est capable de supporter des températures estivales élevées, cependant, il a des besoins hydriques importants, nécessitant des précipitations supérieures à 600 mm, ce qui lui permet de se développer dans des régions à forte pluviométrie (Pausas, 1997; Aronson *et al.*, 2012; Schirone *et al.*, 2015; Durrant *et al.*, 2016), le chêne-liège est capable de prospérer dans des conditions climatiques subarides et chaudes en raison de son système racinaire profond, ce qui lui confère une bonne résistance à la sécheresse (Aronson *et al.*, 2012), il peut aussi manifester diverses adaptations pour prospérer dans des environnements et des types de sols variés, même s'il montre une préférence pour les sols sableux acides ou non calcaires (Durrant *et al.*, 2016; Eriksson *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2002).

### II.3.1.5 Biologie et caractères botaniques

Le chêne-liège est caractérisé par sa longévité exceptionnelle pouvant atteindre jusqu'à 250 ans, avec une hauteur moyenne de 20 mètres, pouvant aller jusqu'à 25 mètres dans des conditions optimales. La dimension du tronc peut atteindre plus de 300 cm (Aronson *et al.*, 2012; Eriksson *et al.*, 2017). Le tégument de l'arbre, également appelé liège, peut avoir une épaisseur allant jusqu'à 20 à 25 cm (Pausas, 1997; Aronson *et al.*, 2012; Durrant *et al.*, 2016; Eriksson *et al.*, 2017).

Le chêne-liège est pollinisé de manière anémophile, En raison de la coexistence de fleurs mâles et femelles distinctes au sein d'un même arbre, les feuilles sont caractérisées par la présence de 5 à 7 paires de dents aiguës (**photo 3**), les fleurs mâles se caractérisent par leur longueur et leur origine à partir de bourgeons axillaires. Cependant, les fleurs femelles se développent à l'aisselle des feuilles. (Schirone *et al.*, 2015; Aronson *et al.*, 2012; Eriksson *et al.*, 2017; Bouandas *et al.*, 2024) .Le processus de croissance de l'arbre commence au début du printemps, en fonction des facteurs climatiques.(Aronson *et al.*, 2012).



**Photo 3** :les feuilles (A) et les glands (B) de chêne liège (Originale)

### II.3.1.6 Importance

Le chêne-liège (*Quercus suber L.*) affiche une biodiversité importante ainsi qu'une valeur économique élevée (Durrant *et al.*, 2016). L'écorce du chêne-liège, pouvant être exploitée à la fin du printemps ou au début de l'été, est une ressource naturelle précieuse largement exploitée par l'homme est utilisée dans la production de matériaux de sol, d'isolants et de divers produits industriels (Aronson *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2014; Durrant *et al.*, 2016). D'autre part, les glands de cet arbre revêtent une importance significative dans l'alimentation animale en raison de leur haute valeur énergétique (Bugalho *et al.*, 2011). La configuration non fermée des paysages des forêts de chênes-lièges offre une diversité étendue de biens et de services avec des activités touristiques, du bois de chauffage, des pâturages, des herbes et de l'apiculture (Durrant *et al.*, 2016).

### II.3.1.7 Menaces et maladies

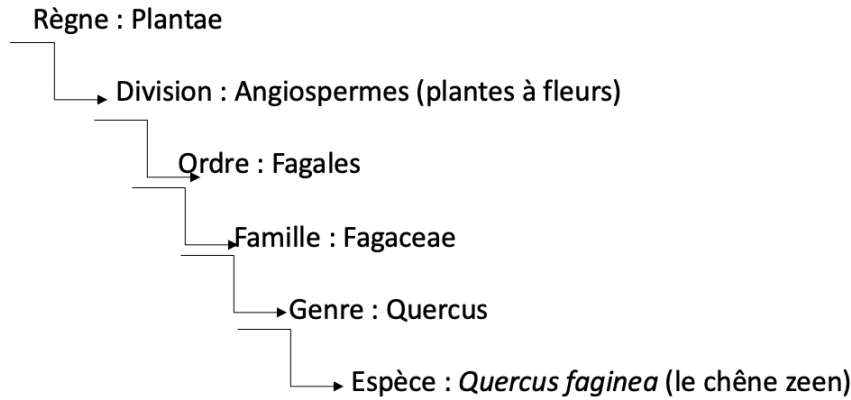
Depuis plusieurs années, la surface occupée par les chênes-lièges en Afrique du Nord est en déclin constant en raison de divers facteurs abiotiques tels que la sécheresse et le changement climatique, ainsi que de facteurs biotiques tels que les pressions anthropiques (comme le pâturage et l'exploitation forestière intensive et les attaques de ravageurs et de maladies (comme *P. cinnamomi*, *P. ramorum* et *Lymantria dispar* )(Younsi *et al.*, 2021; Zerrouki *et al.*, 2024). Ces menaces représentent une contrainte significative qui requiert des actions immédiates pour restaurer la jeune population forestière (Zerrouki *et al.*, 2024).

### II.3.2 *Quercus fagenia*

#### II.3.2.1 Taxonomie de *Quercus fagenia* :

La **figure 12**: représente la taxonomie du chêne zeen Selon Chase & Reveal,( 2009)

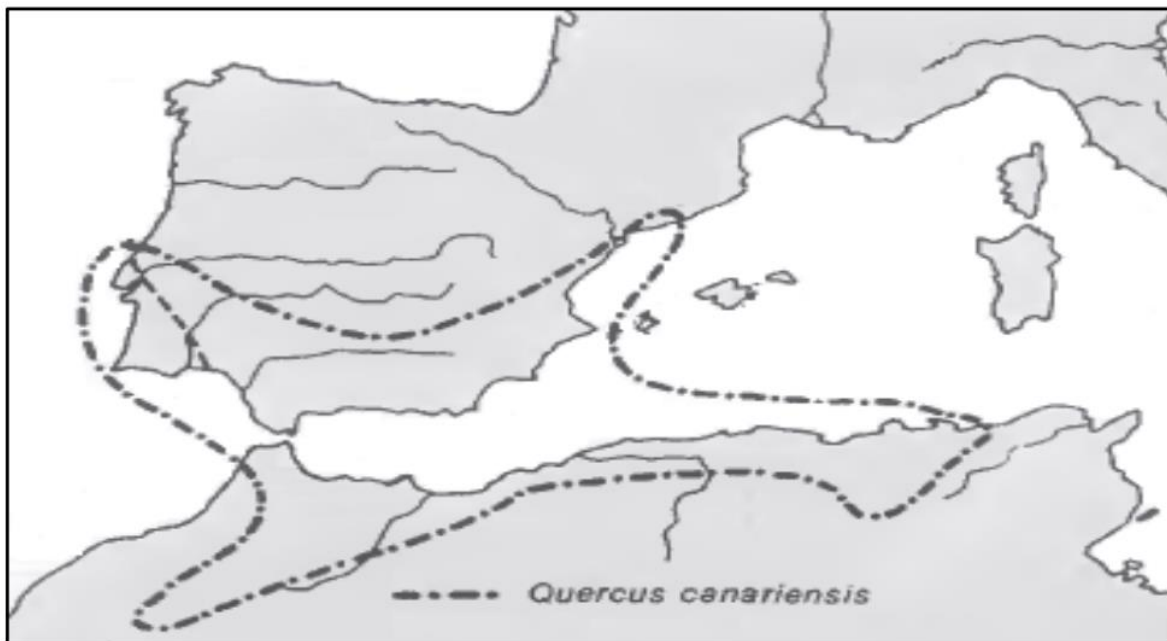
La classification APG III de *Quercus faginea*



**Figure 12:** taxonomie de chene zeen (Chase & Reveal, 2009)

### II.3.2.2 Distribution mondiale

Le chêne zéen, appartenant à un ensemble d'arbres à feuilles caduques, se trouve de l'Europe de l'Est jusqu'à la Péninsule Ibérique et l'Afrique du Nord, principalement concentré autour de la région méditerranéenne (Boudy, 1950; Quézel & Bonin, 1980; Mechergui *et al.*, 2022) (**figure 13**). Au sein de la zone de l'Afrique du Nord, sa superficie s'étend sur 102 000 hectares (Quézel et Bonin, 1980).



**Figure 13** : répartition mondiale de chêne zéen (Quézel & Bonin, 1980)

### II.3.2.3 Distribution en Algérie

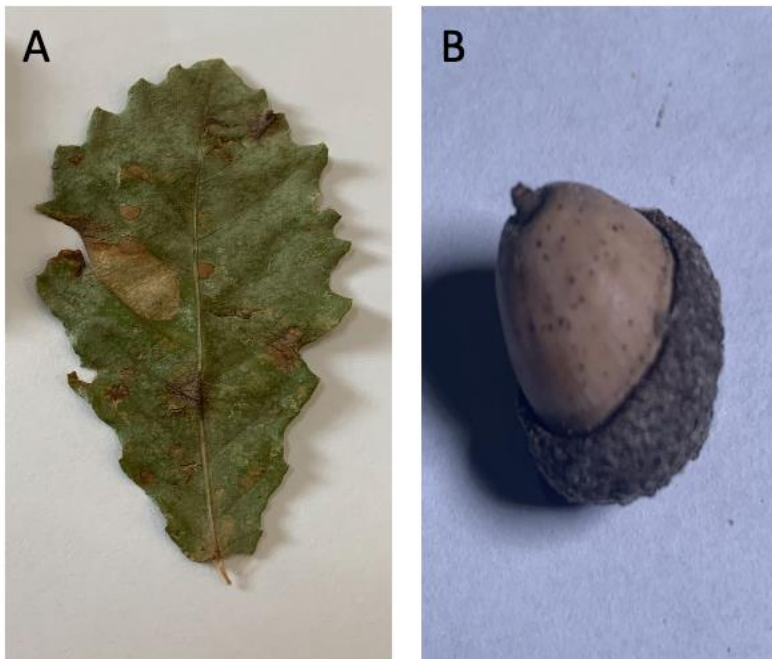
En Algérie, l'arbre de chêne Zéen est largement répandu dans les régions sub-humides à humides, s'étendant de l'est d'Algérie jusqu'à la frontière tunisienne (Bouandas *et al.*, 2024) À l'extrême ouest, il est observé chez la population locale Q. tlemciensis dans les massifs forestiers s'étendant de Tlemcen (Hafir zarieffet) à Tizi Ouzou ,Taref (Jebel Goura), Souk Ahras (Machrouha) et Annaba (Edough) (Bouandas *et al.*, 2024; P. L. J. Boudy, 1950; Derbal *et al.*, 2021). La superficie en Algérie s'étend sur 65 000 hectares (Mechergui *et al.*, 2022).

### II.3.2.4 Exigences écologiques

Le chêne Zéen prospère principalement dans les régions humides, mais il peut également croître dans des zones subhumides fraîches, voire chaudes et humides selon (Quézel & Bonin, 1980). Le chêne zeen présente une forte exigence en termes de prélèvement, ce qui a considérablement restreint sa répartition géographique ( Mechergui *et al.*, 2022). On le retrouve principalement dans les régions de haute altitude et à pluviométrie abondante, nécessitant un minimum de 700 mm de prélèvement ( Quézel & Bonin, 1980; Derbal *et al.*, 2021; Mechergui *et al.*, 2022). À des altitudes élevées, la présence de nébulosité et de brouillard favorise la croissance de celui-ci. Lorsque l'intervalle de température idéale est compris entre 15 °C et 16°C ( Quézel & Bonin, 1980; Mechergui *et al.*, 2022;), ces arbres peuvent tolérer des températures aussi basses que -8°C ( Boudy, 1952). Le développement optimal ne se permet que dans les zones obtenant des précipitations égales ou plus à 1000 mm ( Mechergui *et al.*, 2022). Le chêne zéen peut être caractérisé par son indifférence à la composition physique et chimique de son sol (Boudy, 1952; Quézel & Bonin, 1980). Toutefois, il se développe favorablement sur des sols calcaires et siliceux, mais il ne s'épanouit pleinement que sur des sols profonds et ayant une grande perméabilité (P. Boudy, 1952). Le chêne Zéen présente une performance optimale sur les sols humifères. Cependant, sa capacité de production de bois est restreinte dans les sols peu profonds( Messaoudène *et al.*, 2008; Mechergui *et al.*, 2022) .

### II.3.2.5 Biologie et caractères botaniques

Le chêne zéen est un arbre de taille imposante qui peut mesurer plus de 30 mètres de hauteur et avoir un diamètre de 2 mètres ( Mechergui *et al.*, 2022). Sa surface externe présente des fissures profondes de teinte brun foncé ( Messaoudène *et al.*, 2008, Durrant *et al.*, 2016). *Quercus Faginea* est un chene à feuilles caduques, c'est-à-dire que ses feuilles peuvent persister jusqu'au printemps suivant, ces feuilles présentent une forme obovale ou lancéolée, le limbe présente généralement de 10 à 12 paires de lobes, avec une nervure principale proéminente sur la face inférieure ces limbes présentent des dimensions variant entre 10 et 22 cm en longueur, et entre 5 et 12 cm en largeur (Messaoudène *et al.*, 2008; Mechergui *et al.*, 2022 )(Photo 4). La période de floraison survient au début du printemps, le processus de développement de l'arbre commence par la germination des glands, ces glands du chêne zéen parviennent à maturité habituellement durant la période allant de l'automne à l'hiver, puis elles se détachent de l'arbre pour tomber au sol , la germination des glands a lieu au printemps, sous des conditions climatiques optimales (Bossard & Cuisance, 1986; Boudy, 1952; Quézel & Santa, 1962; Mechergui *et al.*, 2022)



**Photo 4** :les feuilles (A) et les glands (B) de chêne zeen (Originale)

### II.3.2.6 Importance

Les chênes zéen suscitent un vif intérêt à la fois sur le plan écologique, biologique et socio-économique, Le bois provenant de cet arbre se caractérise par sa grande résistance et

l'excellente adhérence de ses fibres, ce qui le rend approprié pour des applications telles que le chauffage, l'ameublement et la tonnellerie (Rabhi, 2011). En plus de leur importance économique, les forêts de chênes jouent un rôle crucial dans la préservation des sols contre divers types d'érosion et servent également de zone de divertissements (Mechergui *et al.*, 2022)

### **II.3.2.7 Menaces et maladies**

Le chêne zeen est vulnérable à divers assauts, notamment aux maladies et aux agents pathogènes qui peuvent compromettre sa santé (Laribi *et al.*, 2008; Touafchia *et al.*, 2022). Parmi ceux-ci, on peut citer les insectes nuisibles tels que les bostryches, les longicornes et le *Cérambyx héros*, capables de creuser des galeries dans le bois. De même, *Lymantria dispar* peut causer des dommages significatifs à l'arbre en cas d'invasion massive, entraînant des conséquences telles que le ralentissement de la croissance dû à la défoliation (Boudy, 1952; Messaoudène *et al.*, 2008; Mechergui *et al.*, 2022; Touafchia *et al.*, 2022).

## **II.4 Méthodologie de travail :**

### **II.4.1 Recolte les galles**

À partir de septembre 2021, nous avons réalisé des prospections étendues dans les forêts de Bougous, Machrouha et Seraïdi avant de sélectionner de manière définitive les zones d'études. Le travail implique donc l'observation de toutes les parties des chênes qui constituent le peuplement. Après avoir identifié les habitats et les arbres de chêne, nous les avons déterminés en fonction de l'objectif visé, puis nous avons sélectionné les méthodes appropriées pour la collecte des galles de chêne.

#### **II.4.1.1 Récolte les galles de chêne en fonction de la saison**

Dans le but de procéder à l'établissement d'un inventaire des cynipidés gallicoles et de leurs parasitoïdes associés aux chênes zéen et chêne liège, des sorties périodiques ont été réalisées dans les localités de Seraïdi, Bougous et Machrouha au cours d'une durée de trois ans, s'étendant de décembre 2021 à juin 2024. Les galles, reconnaissables aisément sur les arbres grâce à leurs formes attractives et distinctives, se forment sur divers organes tels que les racines, les feuilles, les glands et les bourgeons. Ainsi, une récolte intensive des galles a été entreprise de manière aléatoire sur différents arbres, puis ces galles ont été placées dans des sachets en plastique indiquant la date, les coordonnées géographiques, l'arbre hôte et l'organe hôte (**photo 5**)



**Photo 5** : récolte les galles de cynpidés (Originale)

### **II.4.1.2 Récolte des galles chêne zéen en fonction d'altitude :**

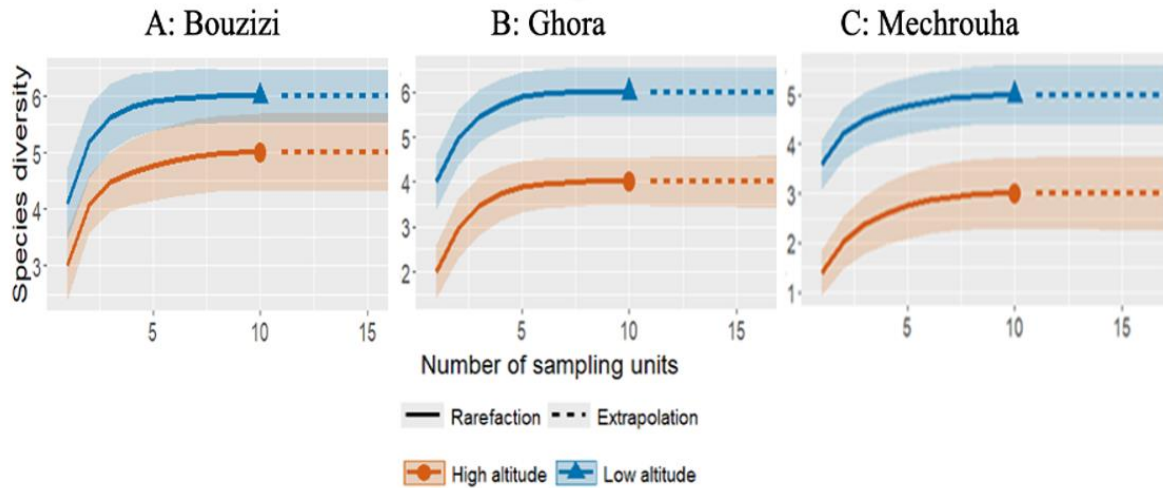
Les sites sélectionnés pour la collecte des galles de chêne zéen sont les suivants : Seraidi (Bouzizi) à Annaba, Ghorra à Taref et Mchrouha à Souk-Ahras (**Figure 3**). Nous avons sélectionné deux types d'habitats dans chaque localité, l'un situé à une altitude basse et l'autre à une altitude élevée. La séparation de ces habitats a été effectuée en s'appuyant sur des paramètres d'altitude, en maintenant un écart de transect d'environ 300 mètres entre les habitats de basse et de haute altitude (grâce à l'appareil Garmin ETrex 32xx GPS) (**tableau 6**)

**Tableau 6:** Les intervalles d'altitudes entre des habitats qui ont été choisis pour la récolte de galles sur chêne zéen

Localité	Habitats	Abréviations	Altitude intervale(m)
<b>Bouzizi</b>	Bouzizi basse altitude	BLA	602-614
	Bouzizi haute altitude	BHA	901-909
<b>Ghora</b>	Gourra basse altitude	GLA	721-761
	Gourra haute altitude	GHA	1040-1056
<b>Glia(mechrouha)</b>	Mechrouha basse altitude	MLA	801-821
	Machrouha haute altitude	MHA	1140-1163

La récolte des galles a été réalisée de fin décembre à juin, période correspondant à la croissance et à la maturation des galles, se situant ainsi au commencement de l'hiver et à la fin du printemps. Nous avons réalisé un total de 60 sorties d'échantillonnage des galles, avec 10 sorties effectuées dans chaque habitat, couvrant ainsi l'ensemble des trois localités. La durée de l'échantillonnage est de 100 minutes pour chaque sortie, le nombre optimal de sorties d'échantillonnage des galles a été déterminé en analysant les courbes de raréfaction des galles (Chao et al., 2014), lesquelles ont montré une stabilisation après 6 à 10 sorties dans chaque habitat, cette stabilisation indique l'efficacité de notre méthode d'échantillonnage, puisque toutes les espèces de galles étaient détectées après ce nombre de sorties. Ainsi, des tentatives d'échantillonnage supplémentaires des galles (extrapolation) pourraient être considérées comme superflues en vue de découvrir de nouvelles espèces de galles. Une réduction de l'effort d'échantillonnage (raréfaction) serait insuffisante pour couvrir l'ensemble des espèces de galles (**figure 14**).

Chaque arbre a été identifié de manière individuelle dans le but d'améliorer la traçabilité de notre processus d'échantillonnage. La sélection des arbres s'est réalisée de manière aléatoire, sans considération de la présence de galles. La collecte s'est concentrée uniquement sur les bourgeons et les glands du chêne zéen. Toutefois, les feuilles ont été omises de notre recherche en raison du grand nombre de galles présentes sur celles-ci, ce qui a compliqué la réalisation d'analyses comparatives des galles de feuilles entre les différents habitats.



**Figure 14** : la taille d'échantillon suite aux courbes de rarefaction et d'extrapolation de la diversité établies sur la taille de l'échantillon (données d'incidence) pour les galles de cynipidés, à deux altitudes avec des nombres de Hill d'ordre  $q = 0, 1, 2$  (unité d'échantillonnage = 100 minutes).

#### II.4.2 Élevage des galles

D'abord, les galles récoltées dans diverses localités ont été triées en fonction de leur croissance : les galles jeunes (croissance), les galles matures, les galles trouées (présence des trous d'insectes). Puis elles ont été classifiées en fonction de leur lieu de récolte, de leur forme, de leur taille et des arbres hôtes associés. Ensuite, elles ont été placées dans des récipients en plastique. Ces boîtes de dimension (14 × 14 × 8) cm sont pourvues de deux ouvertures sur leurs deux côtés et obstruées par une maille fine en tissu afin de favoriser la transpiration des gales tout en prévenant l'attaque des champignons (**photo 6**).

Par la suite, les boîtes sont disposées soigneusement sur des étagères afin de prévenir tout empilement excessif. Enfin, ces boîtes sont stockées à la température et à l'humidité ambiante. Ensuite, nous avons procédé à des vérifications quotidiennes de tous les insectes émergents des galles.



**Photo 6 :** Élevages de galles (Originale)

### II.4.3 Identification des insectes émergents

#### II.4.3.1 Identification des morphotypes des galles

Les galles ont été identifiées en se basant sur leur morphologie. Le morphotype de la galle se définissait par des attributs physiques visibles, tels que la dimension, la teinte et les trichomes, ces formations de galles sont propres et illustratives de chaque espèce inductrice (Pujade-Villar et al., 2025).

#### II.4.3.2 Identification au niveau groupe taxo-morphologique

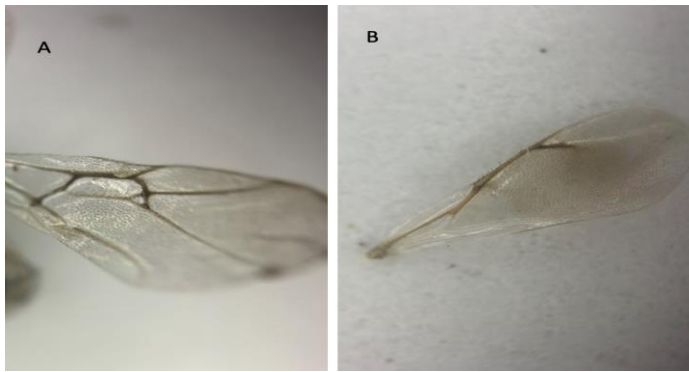
Les insectes émergents sont séparés en fonction de leur groupe taxo-morphologie (tels que les cynipidés inducteurs de galles, les cynipidés inquilins, les chalcides parasitoïdes et d'autres insectes), cette séparation taxo-morphologie est facile suite aux caractéristiques morphologiques différentielles entre les groupes d'insectes émergents observés sous la loupe macro (**tableau 7**)

**Tableau 7:** Caractéristiques morphologiques différentielles entre les groupes d'insectes émergents résumé de travaux de (J. Pujade Villar, 1991) et (Williams, 2007)

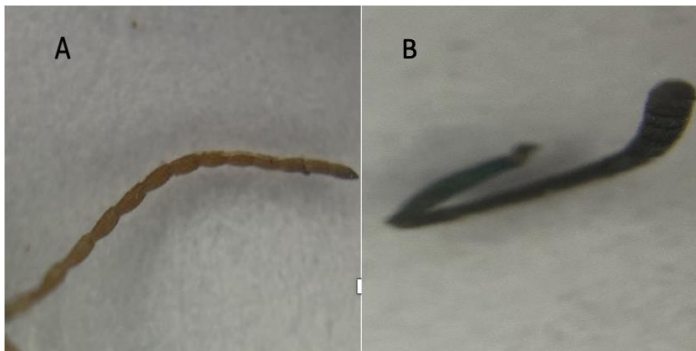
Caractéristiques morphologiques	Cynipidés inducteurs	Cynipidés inquilins	Parasitoïdes
---------------------------------	----------------------	---------------------	--------------

## MATERIEL ET METHODES

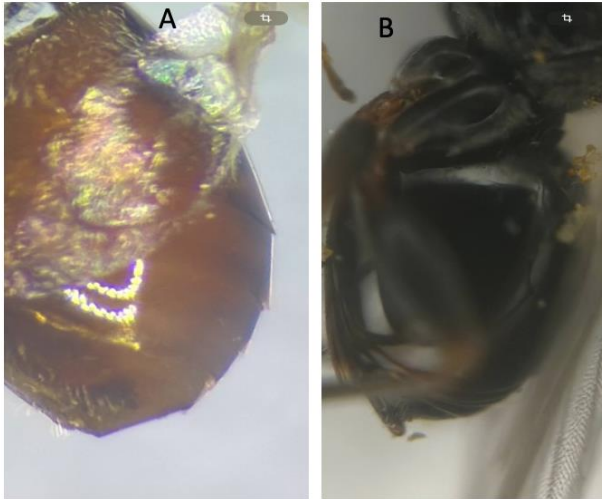
<b>La couleur de corps</b>	Jamais metalique	Jamais metalique	Generalment metalique
<b>Type antenne</b>	Droite <b>Photo 8A</b>	Droite	Courbé <b>Photo 8B</b>
<b>Longeur de scape</b>	Long	Long	Petit
<b>Nervatiobn de l' ail</b>	Développée <b>Photo 7A</b>	développée	Reduite <b>Photo 7B</b>
<b>Cellule radiale(basale)</b>	ouverte	ouverte	Absente
<b>Dimentaion et visibilité des tergites</b>	distincte et uniforme. <b>Photo 9A</b>	semblent n'avoir / qu'un seul tergite <b>Photo 9B</b>	



**Photo 7** :Nervatiobn de l' ail A: Cynipidés B:parasitoides (Originale)

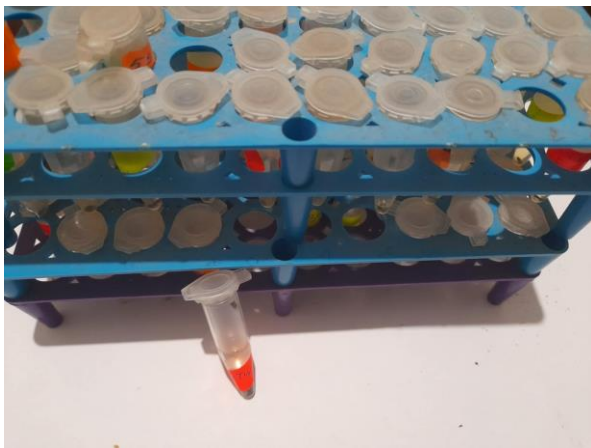


**Photo 8**: Type antenne A: Cynipidés B:parasitoides (Originale)



**Photo 9** Dimension et visibilité des tergites A : cynipidés inducteurs B : cynipidés inquilins (Originale)

Après une collecte minutieuse de tous les insectes émergeant des gales, ces derniers sont soigneusement conservés dans des flacons coniques contenant 70 % d'alcool éthylique. Enfin, ces bouteilles sont adéquatement étiquetées en incluant des informations telles que le lieu de collecte, la date d'émergence des insectes et la plante hôte (**photo 10**).



**Photo 10** : Conservation des insectes émergents (Originale)

### II.4.3.3 Identification au niveau genre et de la famille

Les insectes ont été classés au niveau du genre et famille grâce à des identifications réalisées au microscope stéréo CETI Stedd (**photo 11**), basées sur la morphologie distincte de chaque genre dans chaque groupe de guildes (cynipidés inducteurs, cynipidés inquilins,

parasitoïdes). Grâce aux clés générales suivantes:(Jara-Chiquito et al., 2022; J. Pujade Villar, 1991; Williams, 2007) voir **les tableaux 7, 8 et 9 ainsi qu'aux annexes 1, 2, 3 et 4.**



**Photo 11** : Les identifications des insectes émergents sous microscope (Originale)

**Tableau 8** : Caractéristiques morphologiques de chaque genre des cynipidés inducteurs de galles, résumé de travaux de (Williams, 2007)

genre	Caractéristiques morphologiques
<b>Andricus</b>	le corps présentant un pronotum court Les ailes présentent une cellule radiale ouverte, une face avec au plus quelques stries rayonnantes, et un propodéum avec deux carènes longitudinales. Chez les femelles, l'épINETTE gastral ventrale est fine, avec des poils sous-basaux n'atteignant pas l'extrémité. Pour les mâles, on observe une griffe tarseuse avec un lobe basal, et l'absence de carènes sous-oculaires.
<b>Biorhiza</b>	Le pronotum est de petite taille, la cellule radiale est ouverte, les griffes tarsales sont dépourvues de lobe basal. Chez les femelles, l'épINETTE ventrale est courte, avec des poils sub-apicaux dépassant l'extrémité. Les individus de la sous-espèce sexuelles sont ailés, tandis que ceux de la sous-espèce agamiques sont sans ailes. Les mâles sont caractérisés par la présence d'ailes.

<b>Callirhytis</b>	Le corps présente un pronotum court, tandis que les ailes possèdent une cellule radiale ouverte. Le visage, orné de stries, s'épanouit à partir du clypéus.
<b>Cynips</b>	Le corps est caractérisé par un pronotum court. Les ailes présentant une cellule radiale ouverte le visage avec quelques stries rayonnantes, ainsi qu'un propodéum comportant deux carènes longitudinales.
<b>Neuroterus</b>	Le corps présente un pronotum court, des ailes avec une cellule radiale ouverte, une face ouverte avec quelques stries, des notaulices incomplets , et un mésonotum profondément retiré.

**Tableau 9:** Caractéristiques morphologiques de chaque genre des cynipidés inquilins résumé de travaux de (Williams, 2007)

genre	Caractéristiques morphologiques
<b>Ceroptre</b>	Le corps est de dimensions réduites et de teinte noire. L'antenne des femelles est composée de 12 à 13 articles, alors que celle des mâles en comporte 13 à 14. Le pronotum est de forme allongée. Les tergites 2 et 3 ne sont pas fusionnés ; le tergite 2 est de dimensions réduites et présente une densité de poils substantielle, alors que le tergite 3 est plus étendu et couvre une large partie de gastre.
<b>synergus</b>	Le corps est de petite taille et peut présenter une coloration noire ou jaune. L'antenne des femelles est composée de 13 à 14 articles, alors que celle des mâles en compte de 14 à 15. Des stries faciales sont visibles le long du contour des yeux. Les ailes antérieures peuvent présenter une cellule radiale ouverte ou fermée le long de leur bord. Le pronotum se caractérise par sa largeur significative au niveau central, avec des dépressions qui forment un sillon peu profond. Il est fréquent d'observer une fusion des tergites 2 et 3 de la gaster chez certaines espèces.
<b>synophrus</b>	Le pronotum présente une forme arrondie lorsqu'observé en vue dorsale, tandis que l'antenne du mâle est composée de 13 articles. La longueur du corps varie de 2 à 7 mm, le corps est principalement de couleur noire, avec une face

délicatement coriace. Le mésosome est de forme quadrangulaire ou plus allongée, et l'aile antérieure est plus longue que la longueur du corps, présentant des soies sur le bord. De plus, la cellule basale est ouverte.

**Tableau 10:** Caractéristiques morphologiques de chaque familles des parasitoides résumé de travaux de (Williams, 2007)

famille	Caractéristiques morphologiques
<b>Eulophidae</b>	<p>En général, les corps sont souvent de couleur sombre et non métalliques.</p> <p>Il y a la présence de quatre segments tarsaux et les antennes sont composées de deux segments.</p> <p>Le pronotum varie en taille et les notaulices sont généralement bien marqués. L'ovipositeur est court.</p>
<b>Eupelmidae</b>	<p>La couleur est vert métallique avec la présence de cinq segments tarse.</p> <p>Les antennes se caractérisent par la présence d'un unique anneau et de sept segments funiculaires. Le pronotum est de taille réduite et présente une forme pointue vers l'avant. Les notaulices sont bien développés.. la présence d'un ovipositeur court.</p>
<b>Eurytomidae</b>	<p>Le corps, de couleur non métallique noire, est généralement orné de bandes jaunes.</p> <p>La présence de cinq segments tarsaux.</p> <p>Les antennes sont caractérisées par un scape unique et cinq segments flagellaires, un pronotum de grande taille et des notaulices complets.</p> <p>Les ailes présentent des veines stigmatiques et post-marginales courtes, ainsi que des gaines ovipositrices très courtes.</p>
<b>Megastigmidae</b>	<p>La couleur du corps est fréquemment vert e jaune métallique. Il y a cinq segments tarse</p> <p>Les antennes présentant un unique anneau et sept segments funiculaires, ainsi que la présence de grands notaulices du pronotum complets et profonds, des ailes avec des stigmates très courts et des gaines ovipositrices longues .</p>
<b>Ormyridae</b>	<p>Le corps est coloré. Teinte métallique bleu-vert foncé.</p> <p>La présence de cinq segments tarsiens.</p>

	L'antenne se compose de deux segments annulaires et de six segments funiculaires. Le pronotum est caractérisé par sa longueur, ses notaulices complets et longs. Les ailes présentent un stigma court, une veine post-marginale bien visible, tandis que le gastre est fortement ponctué. La longueur de la gaine de l'ovipositeur est très réduite.
<b>Pteromalidae</b>	La coloration du corps est de couleur verte métallique, avec la présence de cinq segments tarsiens. Les antennes comportent trois anneaux et cinq ou six segments funiculaires. Le pronotum est de taille moyenne, sans notaulices. Les ailes présentent des veines stigmatiques et post-marginales bien développées, tandis que les gaines ovipositrices sont très courtes.
<b>Torymidae</b>	La couleur du corps est fréquemment vert métallique. Il y a cinq segments tarse  Les antennes présentant un unique anneau et sept segments funiculaires, ainsi que la présence de grands notaulices du pronotum complets et profonds, des ailes avec des stigmates très courts et post-marginaux, accompagnés de nervures pédonculées, et des gaines ovipositrices longues et très visibles.

#### II.4.3.4 Identification au niveau espèces

L'identification des insectes des galles a été réalisée à l'aide de clés taxonomiques, de terminologies morphologiques, de structures morphologiques adultes, de la terminologie relative à la nervation des ailes antérieures et de références aux descriptions originales du Paléarctique occidental.

Pour les cynipidés inducteurs, nous avons suivi les clés suivantes : (nieves-aldrey, José *et al.*, 2001; melika, 2018) Pour les cynipides inquilins, nous avons suivi les méthodes suivantes : (Lobato-Vila *et al.*, 2019, 2022) et pour les parasitoïdes, nous avons utilisé : (williams, 2007; al khatib *et al.*, 2014; goméz *et al.*, 2017; janšta *et al.*, 2018; jara-chiquito *et al.*, 2022)

#### II.4.4 Les analyses statistiques

Les courbes de raréfaction ont été construites en utilisant le logiciel "iNext" afin d'illustrer les variations de diversité des espèces de galles de cynipidés, incluant les cynipidés émergents

## MATERIEL ET METHODES

(les inducteurs de galles et les inquilins) ainsi que les chalcides parasitoïdes. Ces variations sont représentées par les indices de diversité de Hill d'ordre  $q = 0, 1, 2$ . Chao *et al.*, (2014) ont utilisé les indices de diversité  $q = 0$  pour la richesse spécifique,  $q = 1$  pour les espèces "typiques" selon Shannon, et  $q = 2$  pour l'espèce dominante selon Simpson. D'outre, la fiabilité de l'échantillon et la représentativité des espèces entre les habitats de haute altitude et les habitats de basse altitude sont évaluées en utilisant la couverture de l'échantillon (Cn) et le déficit de couverture afin de mesurer l'efficacité de l'inventaire (Chao & Jost, 2012). ces courbes ont été générées en utilisant le package "iNEXT" version 3.0.1 (Hsieh & Chao, 2024)

Le test de Mann-Whitney non paramétrique (Okoye & Hosseini, 2024) a été réalisé pour examiner les effets de la saison sur l'abondance et la diversité des galles des cynipidés de chêne zeen et de chêne liège.

Les analyses de variance (ANOVA) ont été utilisées pour tester les effets des habitats à différentes altitudes sur l'abondance et la diversité des cynipidés gallicoles (les inducteurs de galles et les inquilins) ainsi que de leurs chalcides parasitoïdes associés aux chênes zéen. En cas de non-satisfaction des règles de normalité pour les tests statistiques Anova, il a été fait recours à des transformations logarithmiques telles que  $\log(x+1)$  et  $\log(x+0,5)$  (FENG *et al.*, 2014). Ces tests ANOVA ont été suivis par un test de Tukey afin d'évaluer les effets des habitats appartenant à la même localité sur l'abondance et la diversité des cynipidés et de leurs parasitoïdes.

Le test de Kruskal-Wallis a été employé afin d'analyser l'influence des habitats à diverses altitudes sur l'indice de Shannon-Wiener (H') des cynipidés gallicoles (à savoir les inducteurs de galles et les inquilins) et de leurs chalcides parasitoïdes associés aux chênes zeen (McKight & Najab, 2010).

Le test de Kruskal-Wallis a été suivi par les tests multicoparaisons Wilcoxon avec correction de Bonferroni afin d'évaluer les effets des habitats appartenant à la même localité sur la diversité des cynipidés et de leurs parasitoïdes. Ces tests ont été générés sous package « multcomp » pour les comparaisons multiples (Hothorn *et al.*, 2025)

Les différences de composition en cynipidés gallicoles et en leurs chalcides entre les habitats à différentes altitudes ont été testées à l'aide d'une échelle multidimensionnelle non métrique (NMDS). Cette échelle a permis de générer une matrice de dissimilarité entre les

## MATERIEL ET METHODES

habitats grâce au coefficient de dissimilarité de Bray-Curtis (Faith *et al.*, 1987). Ce test statistique a été généré sous le package « vegan » (Oksanen *et al.*, 2025)

Des régressions simples ont été employées afin d'étudier la corrélation entre le taux de parasitisme en tant que variable indépendante et l'abondance des cynipidés inducteurs en tant que variable dépendante. La régression simple a été tracée sous le package « ggplot2 » (Wickham *et al.*, 2024)

Le calcul de l'indice de diversité de Shannon-Weaver, et l'indice de diversité Simpson ont été calculé sous le package « vegan » (Oksanen *et al.*, 2025)

Le test de Kruskal-Wallis a été employé afin d'analyser les impacts des habitats à diverses altitudes sur le taux de parasitisme.

Le taux de parasitisme a été déterminé en effectuant le rapport entre le nombre d'individus de Chalcidés émergeant des galles et le nombre d'individus de Cynipidés, qui sont des inducteurs de galle (Chust *et al.*, 2007).

Les analyses statistiques ont été réalisées dans le logiciel R version 4.3.1 (R The R Project for Statistical Computing, 2024.)

III.RESULTATS

III.1 Études systématiques et phénologiques des galles des cynipidés

III.1.1 Inventaire des galles de cynipidés de chêne

Au cours de notre étude menée d'octobre 2021 à juillet 2024, nous avons identifié 15 morphotypes de galles induits par des cynipidés inducteurs, parmi lesquels 7 étaient associés au chêne-liège et 8 espèces étaient liées au chêne-zéen (**tableau 11**) et (**Photo12**)

**Tableau 11** : Inventaire des galles identifiées sur chêne zène et chêne liège

galls morphotypes	Cynipidé inducteurs	Type de galle	Arbre hôte
<i>Andricus coriarius</i>	<i>Andricus coriarius</i> (Hartig, 1843) (asexual)	multiloculaire	chêne zéen
<i>Andricus grossulariae</i>	<i>Andricus grossulariae</i> (Giraud, 1859) (asexual)	multiloculaire	chêne zéen
<i>Andricus grossulariae</i>	<i>Andricus grossulariae</i> (Giraud, 1859) (sexual)	uniloculaire	chêne liège
<i>Andricus hispanicus</i>	<i>Andricus hispanicus</i> (Hartig, 1856) (asexual)	uniloculaire	chêne zéen
<i>Andricus pictus</i>	<i>Andricus pictus</i> (Hartig, 1856) (asexual)	uniloculaire	chêne zéen
<i>Andricus quercustozae</i>	<i>Andricus quercustozae</i> (Bosc, 1792) (asexual)	multiloculaire	chêne zéen

## RESULTATS

<b><i>Biorhiza pallida</i></b>	<i>Biorhiza pallida</i> (Olivier, 1791) (sexual)	multiloculaire	chêne zèen
<b><i>Callirhytis glandium</i></b>	<i>Callirhytis glandium</i> (Giraud, 1859)	uniloculaire	chêne liège
<b><i>Cynips quercus</i></b>	<i>Cynips quercus</i> (Fourcroy, 1785) (asexual)	uniloculaire	chêne zèen
<b><i>Cerroneuroterus minutulus</i></b>	<i>Cerroneuroterus minutulus</i> (Giraud, 1859) (asexual)	uniloculaire	chêne liège
<b><i>Neuroterus quercusbaccarum.</i></b>	<i>Neuroterus quercusbaccarum</i> (Linnaeus, 1758) (asexual)	uniloculaire	chêne zèen
<b><i>Plagiotrochus amenti</i></b>	<i>Plagiotrochus amenti</i> (Kieffer, 1901) (asexual)	uniloculaire	chêne liège
<b><i>Pseudoneuroterus saliens</i></b>	<i>Pseudoneuroterus saliens</i> (Kollar, 1857) (Asexual)	uniloculaire	chêne liège
<b><i>Synophrus hispanicus</i></b>	<i>Andricus burgundus</i> (Giraud, 1859)	uniloculaire	chêne liège
<b><i>Synophrus olivieri</i></b>	<i>Andricus burgundus</i> (Giraud, 1859)	multiloculaire	chêne liège



*Andricus coriarius*



*Andricus grossulariae* A



*Andricus grossulariae* S



*Andricus hispanicus*



*Andricus pictus*



*Andricus quercustozae*



*Neuroterus quercusbaccarum*.



*Pseudoneuroterus saliens*



*Synophrus olivieri*

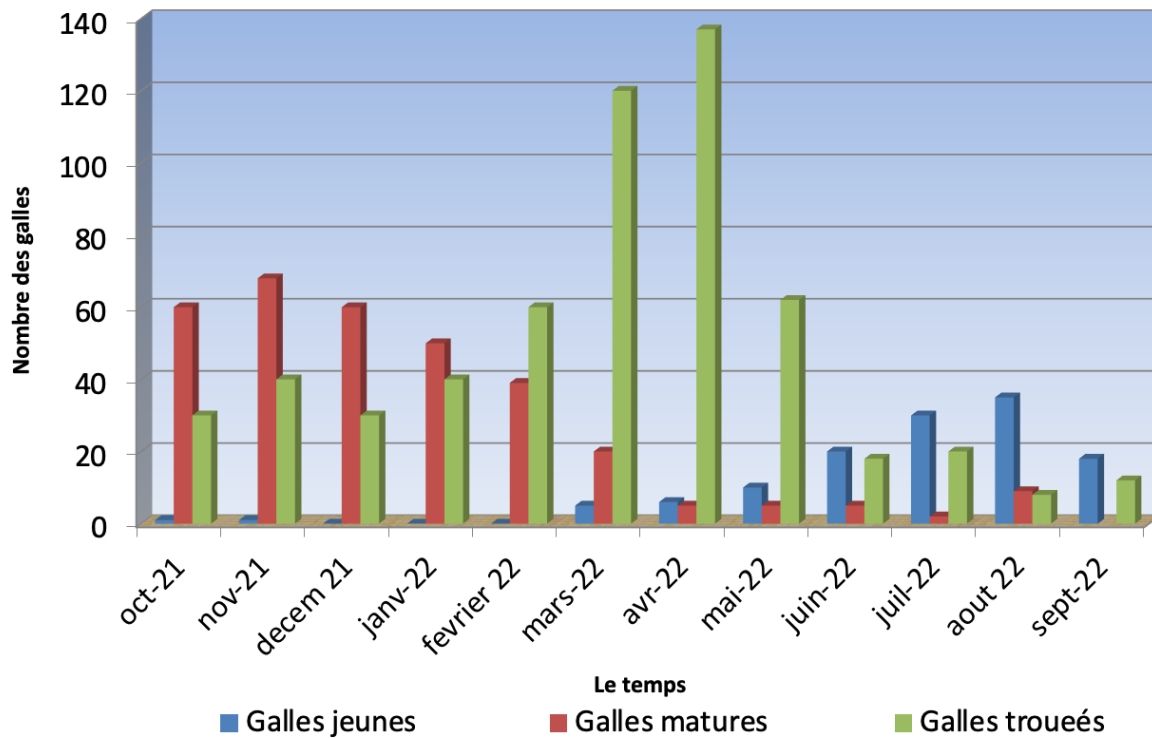
**Photo12** : galls identifiées sur chêne zèen et chêne liège : A:asexuelle, S:sexuelle  
(Originale)

### III.1.2 Influence de la saison sur l'abondance et la diversité des galls

Les résultats de l'inventaire des divers types de galls de cynipidés sur les chênes, en fonction des saisons, montrent plusieurs tendances (**Figure 15**)

Les galls vertes connaissent un nombre élevé pendant la période d'été ; les galls matures, un nombre élevé a été récolté dans la saison d'automne et d'hiver.

Les galls trouées en nombre élevé ont été signalées dans la saison printemps.



**Figure 15** : Recensement des divers types de galles de cynipidés sur les chênes en fonction des saisons.

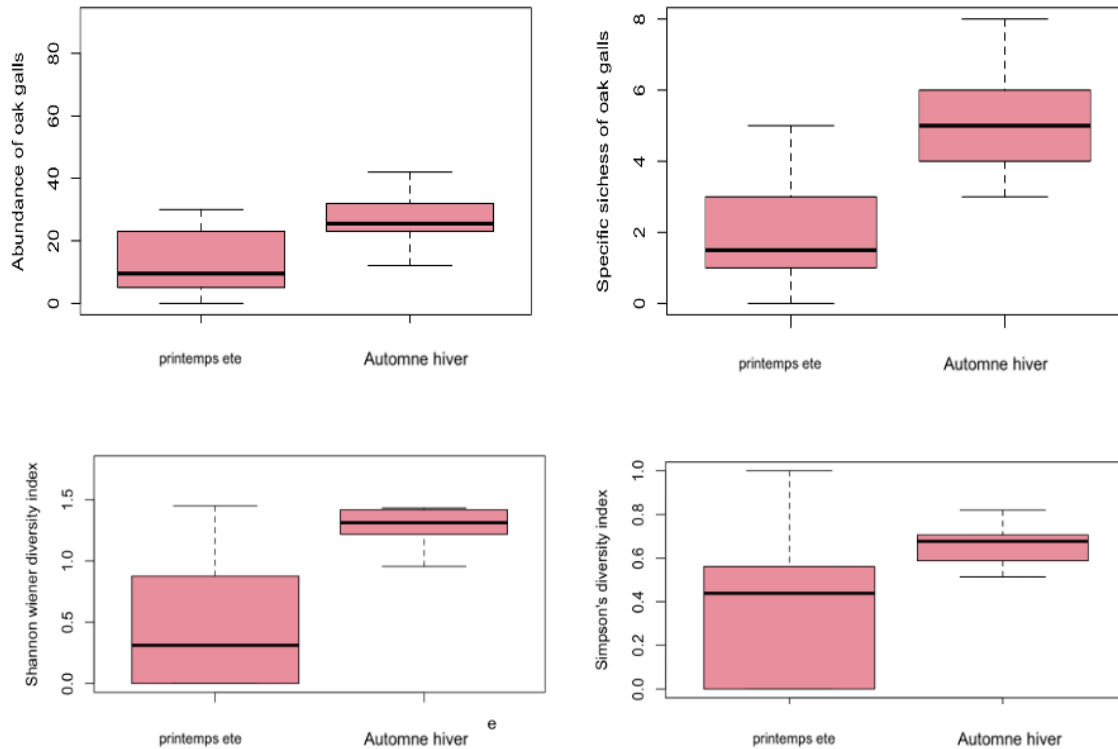
Les résultats de notre étude indiquaient que la saison avait une influence significative sur l'abondance des galles de chêne zéen (test U de Mann-Whitney = 5,87, df = 1, p-value = 0,01). Les niveaux les plus élevés de fréquence des galles ont été observés durant les saisons d'automne et d'hiver ( $32,4 \pm 6,97$ ), tandis que les plus faibles ont été relevées pendant les saisons de printemps et d'été ( $13,5 \pm 3,46$ ) (**figure 16**).

L'indice de Shannon (H) des galles de chêne a été significativement affecté par la saison, comme indiqué par le test U de Mann-Whitney (8,82, df = 1, p-value = 0,002), les chiffres les plus élevés de l'indice de diversité Shannon (H) ont été enregistrés pendant les saisons automne et hiver ( $1,30 \pm 0,07$ ), tandis que les valeurs les plus basses ont été enregistrées pendant les saisons printemps et été ( $0,46 \pm 0,17$ ). La saison exerce également une influence significative sur la richesse spécifique des galles de chêne zeen (test U de Mann-Whitney = 9,61, df = 1, valeur de p = 0,001). Les valeurs de richesse spécifiques les plus élevées des galles ont été enregistrées pendant les saisons automne et hiver ( $5,3 \pm 0,47$ ), tandis que les valeurs les plus basses ont été enregistrées pendant les saisons printemps et été ( $2,1 \pm 0,54$ ).

En dernier lieu, il est essentiel de souligner que l'indice de diversité Simpson (S) des galles de chêne a également été impacté par la saison (Test U de Mann - Whitney 4.84, df = 1,

## RESULTATS

p - value = 0.02). Les valeurs les plus élevées de l'indice de Shannon (H) ont été enregistrées pendant les saisons d'automne et d'hiver ( $0,66 \pm 0,02$ ). En revanche, les données les plus faibles ont été observées durant les saisons printanière et estivale ( $0,36 \pm 0,11$ ).



**Figure 16** : les box plots montrant l'abondance, richesse et diversités des galles matures de cynipidés de chene zeen entre la saison

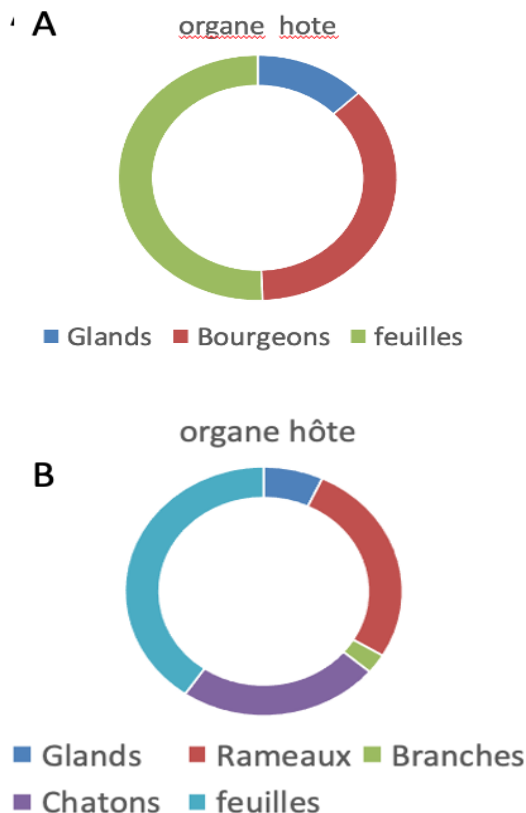
En revanche, nos résultats ont révélé l'absence d'effet saisonnier sur l'abondance des galles de chêne-liège (test U de Mann-Whitney = 1,28, df = 1, p-value = 0,25) et sur la richesse spécifique des galles de chêne-liège (test U de Mann-Whitney = 0,16, df = 1, p-value = 0,68). On a enregistré une abondance et une richesse spécifique des galles de  $25,5 \pm 3,76$  et  $3,4 \pm 0,33$  respectivement au printemps et en été. Les niveaux du nombre et de richesse spécifique des galles de chêne-liège ont été détectés à  $29,2 \pm 2,53$  et  $3,7 \pm 0,33$  respectivement au cours des saisons automnale et hivernale.

### III.1.3 Localisation des galles des cynipidés en fonction de l'organe hôte

Quant à la localisation des galles, nous avons constaté des présences des galles dans différents organes de l'arbre de chêne zéen ou de l'arbre de chêne Liège. Cependant, ces espèces des galles présentent des degrés variables en termes de fréquence occurrence

## RESULTATS

On a observé la plus grande de fréquence occurrence des morphotypes de galles chez les arbres de chêne zéen dans les feuilles (50,54 %) touchées principalement par les galles *Neuroterus quercusbaccarum*, suivie par les bourgeons (36,30 %) touchés principalement par les galles par *Andricus quercustozae* et *A grossulariae* et enfin par les glands (12,85 %) exclusivement affectés par *A. pictus* (**figure 17 A**).



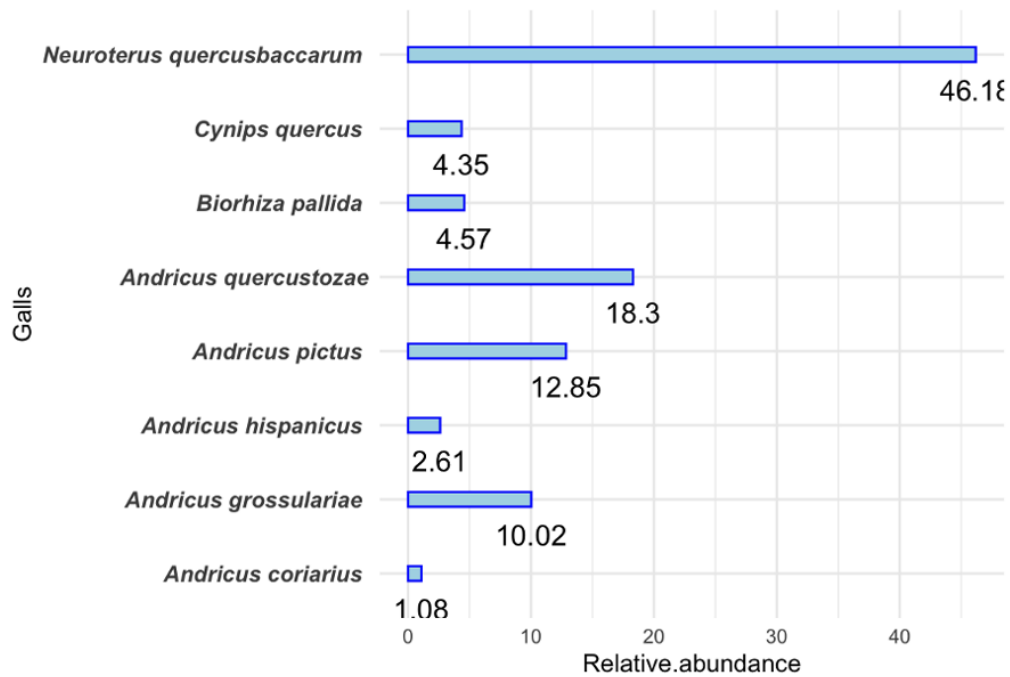
**Figure 17:** Localisation des galles des cynipidés en fonction de l'organe hôte A: chêne zeen  
B: chêne liège

En ce qui concerne le chêne-liège, on a observé la plus grande fréquence occurrence des différents morphotypes de galles dans les feuilles (40,40%) affectées par des galles *Cerroneuroterus minutulus saliens* et *Pseudoneuroterus saliens*, suivie par les rameaux (26,69%) touchés principalement par les galles de *Synophrus olivieri*, les chatons (23,40%) affectés exclusivement par les galles *Andricus grossulariae*, les glands (6,94%) affectés exclusivement par *Callirhytis glandium* et enfin les branches touchées par *Plagiotrochus amenti* (2,55%) (**figure 17 B**).

### III.1.4 Abondance relative totale des espèces de galles de chêne

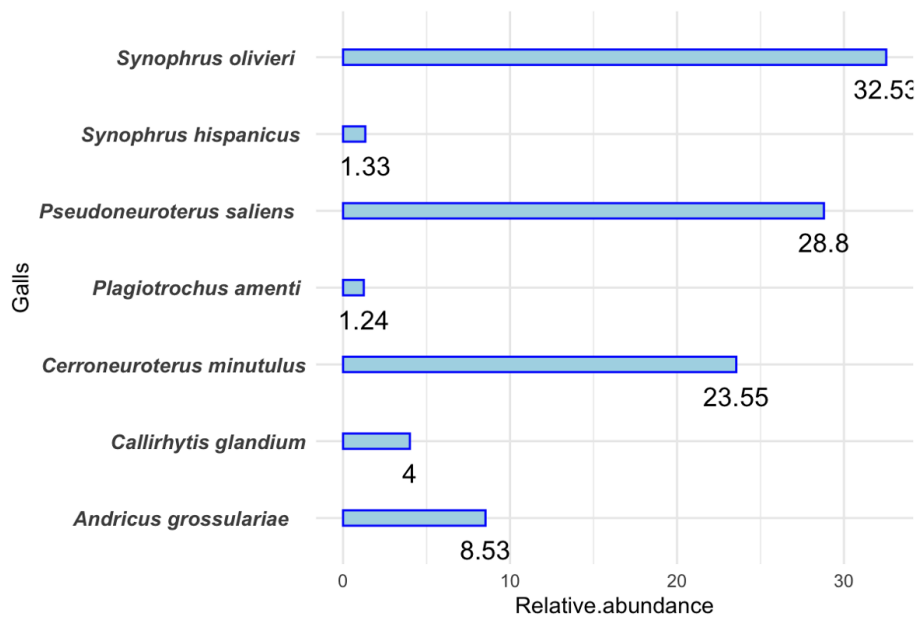
## RESULTATS

Les galles *Neuroterus quercusbaccarum*, *Andricus grossulariae* et *A quercustozae* présentaient l'abondance relative la plus élevée associée à *Quercus faginea*, suivies d *A pictus* et d'*A coriarius*, tandis que *Cynips quercus* et *A hispanicus* étaient les moins abondants (**figure 18**).



**Figure 18** : Fréquence occurrence des morphotypes de galles associés à *Quercus faginea*

Les galles associées à *Quercus suber* présentaient la plus grande abondance pour *Synophrus olivieri*, *Andricus grossulariae* et *Pseudoneuroterus saliens*, tandis que celles de *Plagiotrochus amenti* étaient comparativement moins fréquentes (**figure 19**).



**Figure 19** : Fréquence occurrence des morphotypes de galles associés à *Quercus suber*

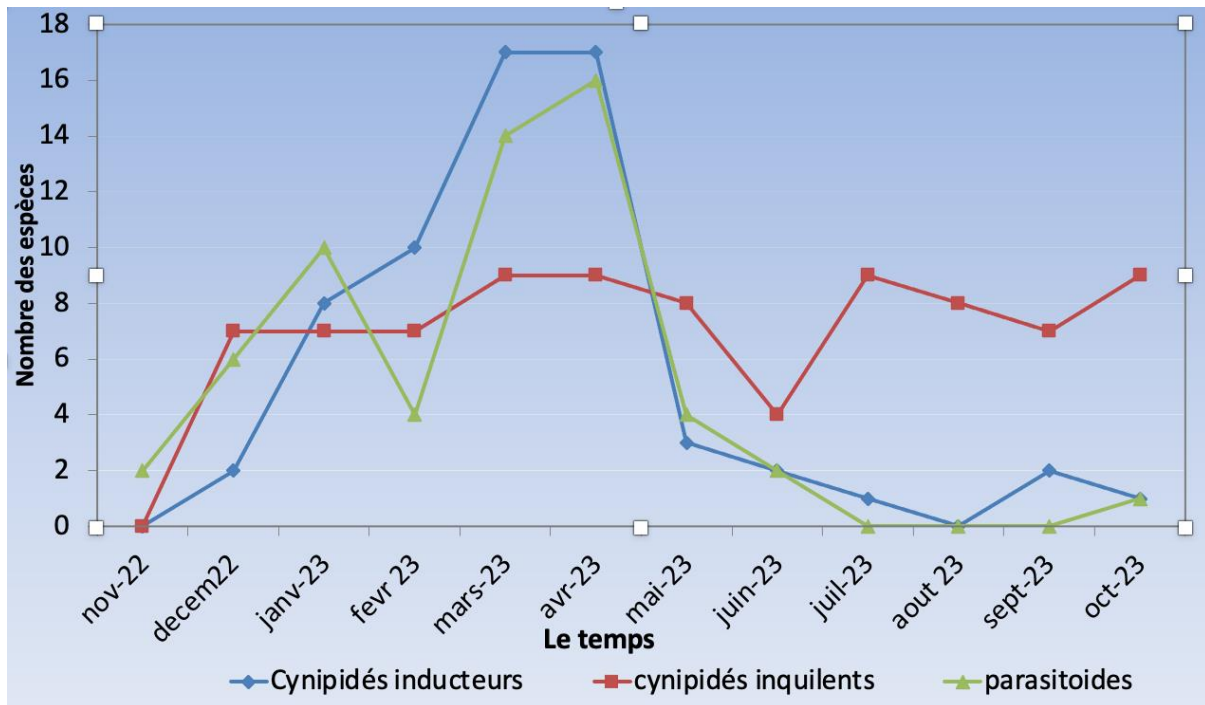
### III.2 Études systématiques et phénologiques des cynipidés gallicoles et leurs parasitoïde

#### III.2.1 Phénologie des émergences des cynipidés gallicoles et de leurs parasitoïdes

Il a été observé que toutes les émergences n'ont pas débuté simultanément. Les cynipidés inducteurs ont montré des délais variables dans le démarrage de leurs émergences, avec les premiers individus apparaissant en décembre en nombre limité. Ensuite, leur population a suivi une croissance exponentielle jusqu'aux mois de mars et avril, atteignant un pic, avant de diminuer de manière significative en mai.

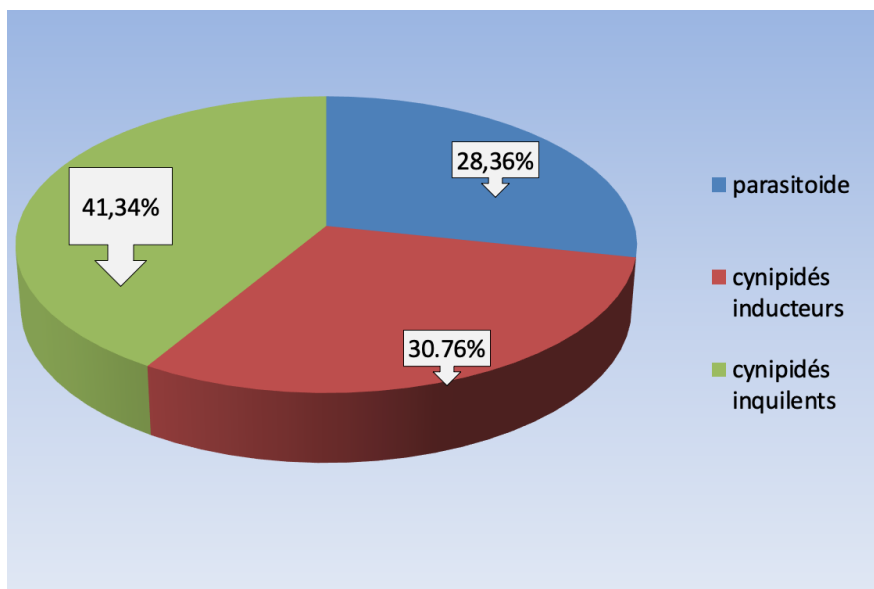
Les cynipidés inquilins suivent le même schéma d'émergence que les cynipidés inducteurs, mais avec des effectifs réduits. Ils atteignent un pic au mois d'avril, puis leur nombre diminue le mois suivant.

Les cortèges parasitoïdes ont commencé à émerger de la galle à partir du neuvième jour ; ils sont les premiers à apparaître. Ensuite, une augmentation du nombre de parasitoïdes émergés a été observée jusqu'au mois de février, suivie d'une diminution significative de leur émergence (**figure 20**).



**Figure 20** : les courbes d'émergence des cynipidés gallicoles et de leurs parasitoïdes

Les cynipidés inquilins ont été plus abondants en termes de proportion (41,34 %), suivis par les cynipidés inducteurs de galles (30,76 %) et les chalcides parasitoïdes (28,36 %) (**Figure 21**).



**Figure 21** : Fréquence occurrence d'émergence des cynipidés gallicoles et de leurs parasitoïdes

**III.2.2 Inventaires des émergences des cynipidés inducteurs des galles**

Les espèces de cynipidés inducteurs des galles sur les chênaies sont classées dans le **tableau (12)**. Ces espèces appartiennent à la famille des Cynipidae et à la tribu des Cynipini. Toutefois, aucune espèce de cynipidés adulte a été émergée des galles suivantes (présence uniquement des larves mortes à l'intérieur de leurs galles hôtes). *Callirhytis glandium*, *Cerroneuroterus minutulus*, *Cynips quercus Neuroterus quercusbaccarum*, *Plagiotrochus amenti* et *Pseudoneuroterus saliens*.

**Tableau 12** : liste des cynipidés inducteurs des galles de chêne identifiés

Tribu	Genre	Especie
<b>Cynipini</b>	<i>Andricus</i>	<i>Andricus coriarius</i> (Hartig, 1843) (asexuelle)
		<i>Andricus grossulariae</i> (Giroud, 1859) (asexuelle)
		<i>Andricus grossulariae</i> (Giroud, 1859) (sexuelle)
		<i>Andricus hispanicus</i> (Hartig, 1856) (asexuelle)
		<i>Andricus pictus</i> (Hartig, 1856) (asexuelle)
		<i>Andricus quercustozae</i> (Bosc, 1792) (asexuelle)
		<i>Biorhiza</i>

Pour la fréquence occurrence d'émergence des cynipidés inducteurs de galle, les espèces *Andricus grossulariae* (asexuée) et *A quercustozae* (asexuée) ont été les plus émergentes, tandis qu'*Andricus hispanicus* (asexuée) et *Biorhiza pallida* (sexuée) ont été les moins émergents (**figure 22**).

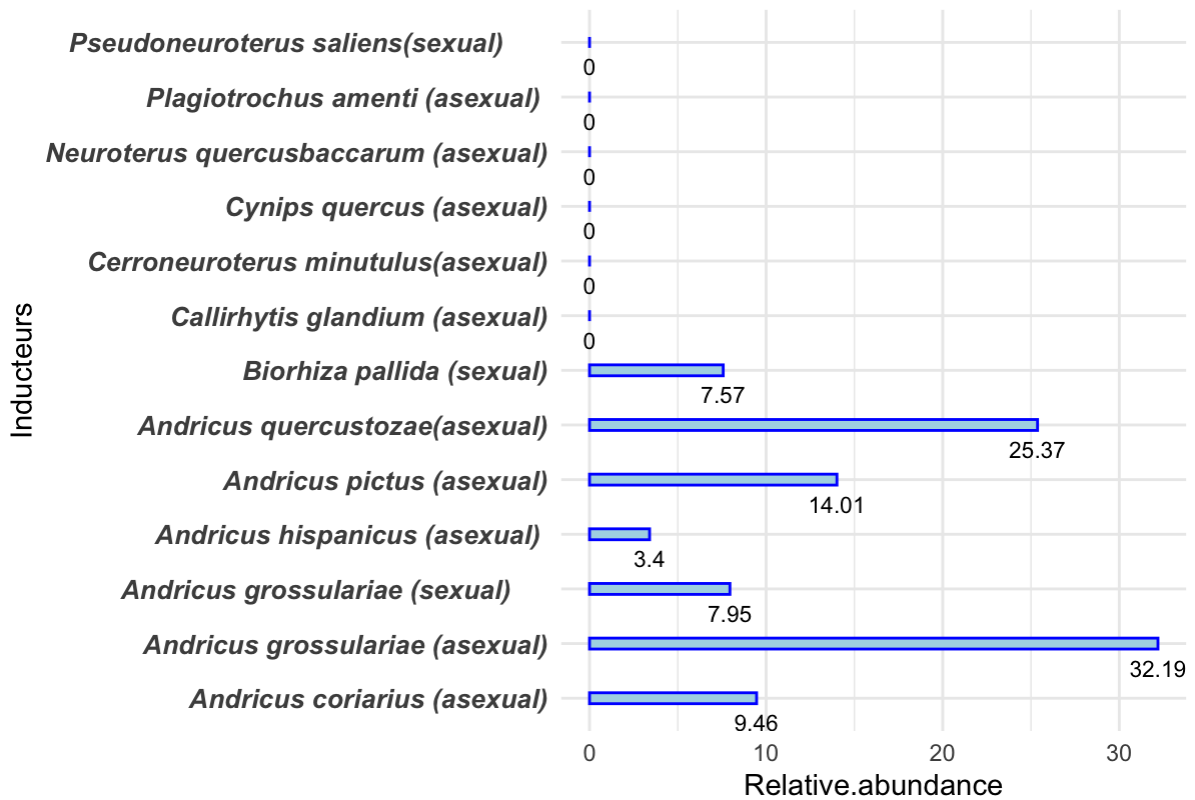


Figure 22: Fréquence occurrence d'émergence des cynipidés inducteurs des galls

### III.2.3 Inventaires et abondance relative des émergences des cynipidés inquilins

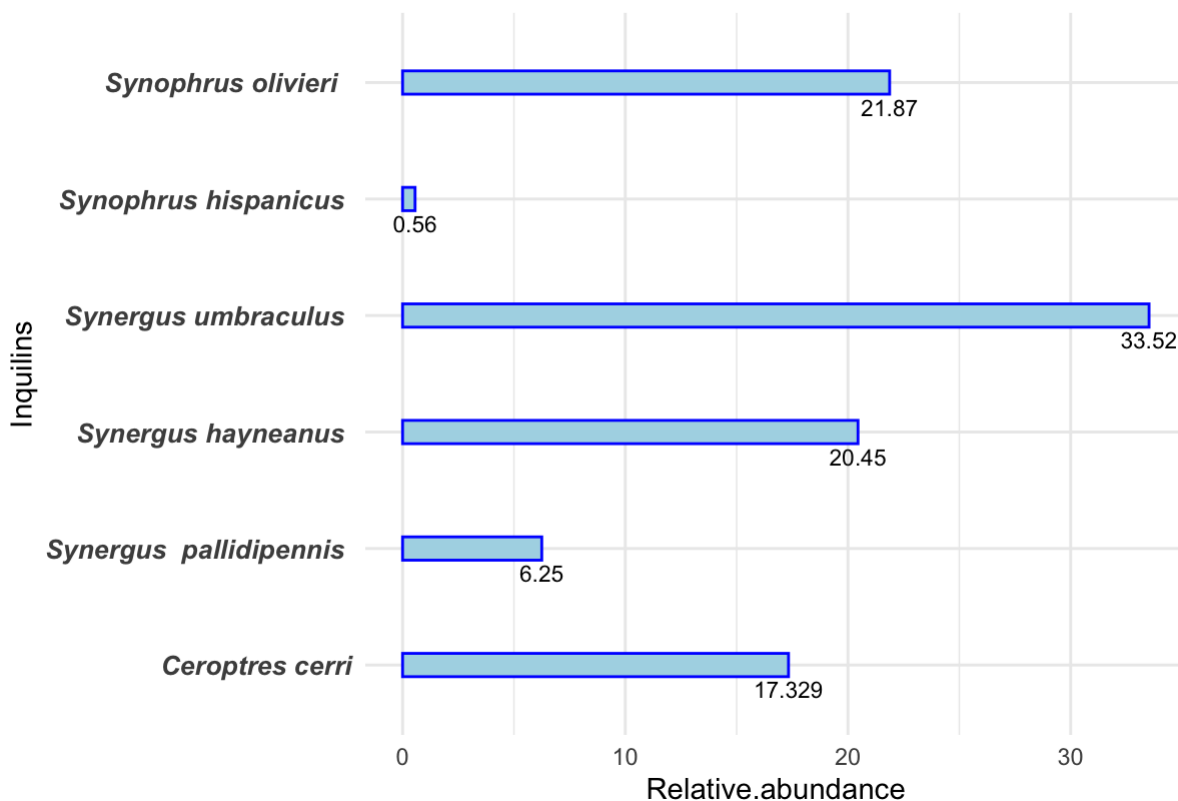
Les espèces de cynipidés inquilins trouvées sur les arbres de chênes sont classées dans le **tableau (13)**. Ces espèces appartiennent à la famille des Cynipidae et à la tribu Ceroptresini et Synergini

Tableau13 : liste des cynipidés inquilins des galls de chêne identifiés

Tribu	Genre	Espec
<b>Ceroptresini</b>	<i>Ceroptre</i>	<i>Ceroptre cerri</i> Mayr, 1872
		<i>Synergus hayneanus</i> (Ratzeburg, 1833)
<b>Synergini ss</b>	<i>synergus</i>	<i>Synergus pallidipennis</i> Mayr, 1872
		<i>Synergus umbraculus</i> (Olivier, 1791)

<i>synophrus</i>	<i>Synophrus hispanicus</i> Pujade-Villar, 2009
	<i>Synophrus Olivieri</i> Kieffer 1898

Quant à fréquence occurrence de ces cynipidés inquilins, nos résultats ont révélé que *Synergus umbraculus* et *Synergus hayneanus* émergeaient en abondance, et ont été présents presque dans la majorité des galles de chêne zeen. Par contre *Synergus pallidipennis* a été enregistré en faible abondance et présence limitée chez quelques espèces des galles de chêne zeen. D'autre part, nos recherches ont montré que *Ceroptre cerri* émergeait en abondance, et a été présent presque dans la majorité des galles de chêne liege , *Synophrus olivieri*.a aussi montré une grande abondance relative. Cependant, cette espèce émerge uniquement sur seules galles. *Synophrus hispanicus* a été enregistré en très faible abondance et sa présence est limitée uniquement à la galle de *Synophrus hispanicus*( **figure23**).



**Figure23** : Fréquence occurrence d'émergence des cynipidés inquilins

### III.1.1 Inventaires et abondance relative des émergences des parasitoïdes

## RESULTATS

Les espèces de chalcides parasitoïdes sur les galles de chêne zeen et le chêne-liège sont classées dans le **tableau (14)**. Ces espèces appartiennent à la superfamille des Chalcidoidea et à les six familles suivantes : Eupelmidae, Eurytomidae, Megastigmida , Ormyridae, Pteromalidae et Torymidae

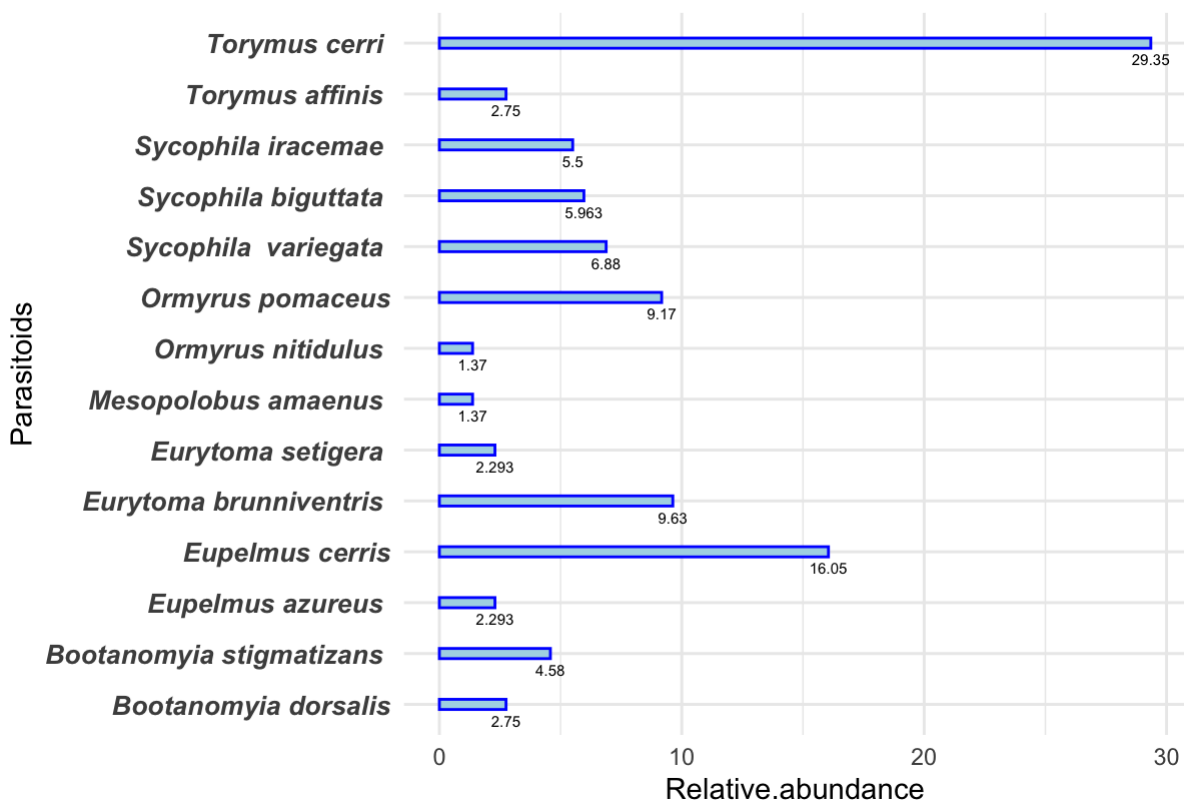
**Tableau14** : liste des parasitoïdes chalcides identifiés

Famille	Genre	Espec
<b>Eupelmidae</b>	<i>Eupelemus</i>	<i>Eupelmus azureus</i> Ratzeborg, 1844
		<i>Eupelmus cerris</i> Försteer, 1860
<b>Eurytomidae</b>	<i>Eurytoma</i>	<i>Eurytoma brunniventris</i> Ratzeborg, 1852
		<i>Eurytoma setigera</i> Mayer, 1878
	<i>Sycophila</i>	<i>Sycophila biguttata</i> (Sweederus, 1795)
		<i>Sycophila iracemae</i> Nieves- Aldrey, 1984
	<i>Sycophila variegata</i> (Curtus, 1831)	
<b>Megastigmida</b>	<i>Bootanomyia</i>	<i>Bootanomyia dorsalis</i> (Fabricus, 1798)
		<i>Bootanomyia stigmatizans</i> (Fabricus, 1798)
<b>Ormyrriidae</b>	<i>Ormyrrus</i>	<i>Ormyrus nitidulus</i> (Fabricus, 1804)
		<i>Ormyrus pomaceus</i> (Geoffroy, 1785)
<b>Pteromalidae</b>	<i>Mesopolobus</i>	<i>Mesopolobus amaeus</i> (Walker, 1834)

## RESULTATS

<b>Torymidae</b>	<i>Torymus</i>	<i>Torymus affinis</i> (Fonscolombe, 1832)
		<i>Torymus cerri</i> (Mayer, 1874)

À propos de fréquence occurrence des chalcides parasitoïdes, les résultats ont montré que *Torymus cerri* et *Eupelmus cerris* émergeaient avec grande abondance, cependant leur présence était limitée uniquement chez quelques espèces de galles, suivis par *Eurytoma brunniventris*, *Ormyrus pomaceus* et *Sycophila variegata* qui émergeaient avec grande abondance et avec grande présence dans différentes galles de chênes, d'un autre côté, *Mesopolobus amaenus* et *Torymus affinis* émergeaient avec très peu d'abondance et présence limitée sur une seule galle (**figure24**).



**Figure24** : Fréquence occurrence d'émergence des parasitoïdes

**III.3 Influence de l'altitude sur les diversités des cynipidés gallicoles**

**III.3.1 Raréfaction et extrapolation des diversités des cynipidés gallicoles**

Les espèces d'insectes inducteurs de galles de chêne zeen entre les habitats à différentes altitudes dans les trois forêts de Gourra, Glia (Machrouha), et Bouzizi sont reparties dans le **tableau15**

**Tableau15** : Nombre total de cynipidés inducteur des galles de chêne zéen par habitat

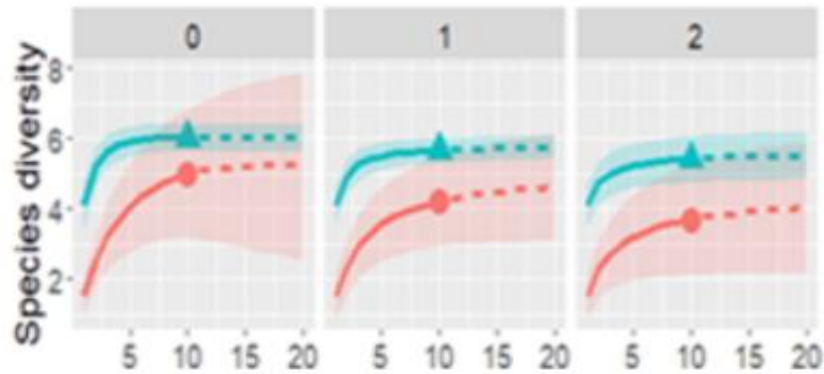
Localité	BLA	BHA	GLA	GHA	MLA	MHA
<i>Andricus coriarius</i> (asexual)	7	2	5	0	11	0
<i>Andricus grossulariae</i> (asexual)	18	11	18	8	16	14
<i>Andricus hispanicus</i> (asexual)	3	1	4	1	0	0
<i>Andricis pictus</i> (asexual)	8	1	20	3	2	3
<i>Andricus quercustozae</i> (asexual)	15	10	22	7	9	4
<i>Biorhiza pallida</i> (sexual)	10	0	3	0	7	0

Les résultats des courbes de raréfaction et d'extrapolation ont montré en général une stabilisation des courbes ( $q=1$ ,  $q=2$ ,  $q=3$ ) à asymptote en haute et basse altitudes, et cela dans les trois forêts Machrouha, Gourra et Bouzizi (**figure 25**). Cela indique l'efficacité d'échantillonnage, puisque toutes les espèces de galles étaient détectées après ce nombre de sorties, et donc une réduction de l'effort d'échantillonnage serait insuffisante pour couvrir l'ensemble des espèces des cynipidés inducteurs des galles dans les trois forêts, et un effort d'échantillonnage supplémentaire des cynipidés inducteurs des galles considérés n'est pas nécessaire

Les courbes  $q=1$  ont montré que la richesse spécifique se stabilise à six espèces en haute altitude et cinq espèces à basse altitude dans les forêts Bouziz et celles de Gourra. Toutefois, dans les forêts de Machrouha, les courbes  $q=1$  ont montré que la richesse spécifique se stabilise à cinq espèces en haute altitude et à quatre espèces à basse altitude.

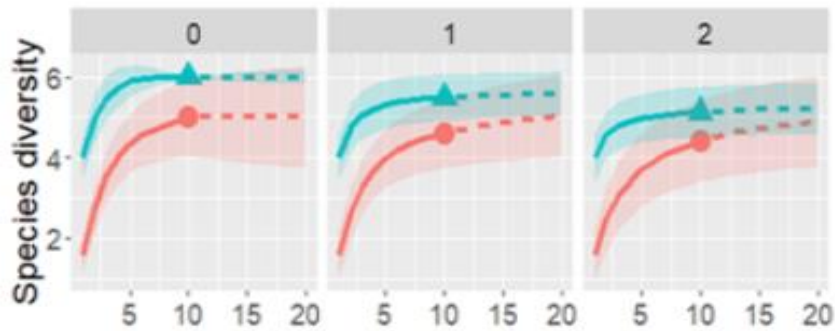
**Locality : Bouzizi**

**A) Gall-inducing cynipids**



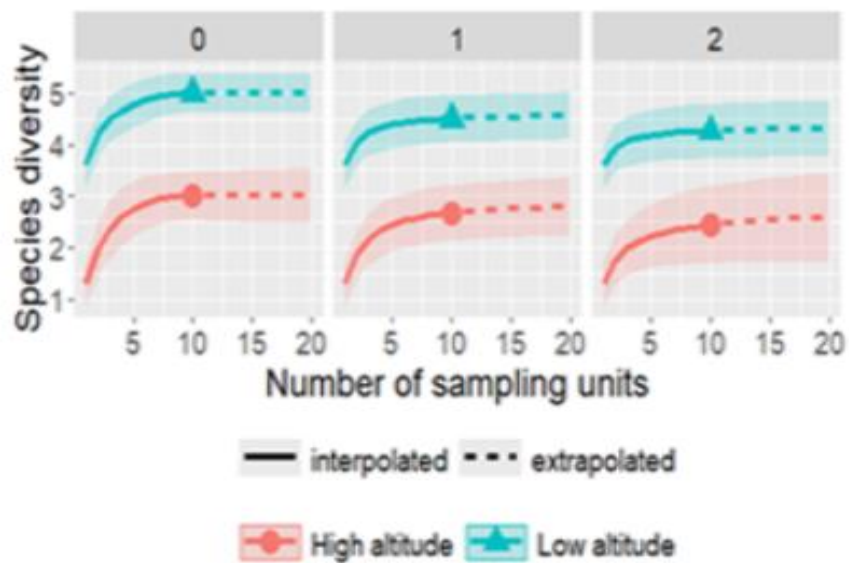
**Locality : Ghora**

**A) Gall-inducing cynipids**



**Locality : Mechrouha**

**A) Gall-inducing cynipids**



**Figure 25** : Courbes de raréfaction et d'extrapolation de la diversité basées sur la taille de l'échantillon (données d'incidence) pour les cynipidés inducteurs de galle de chêne Zeen

## RESULTATS

enregistrés à deux altitudes avec des nombres de Hill d'ordre  $q = 0, 1, 2$ , (unité d'échantillonnage = 100 minutes)

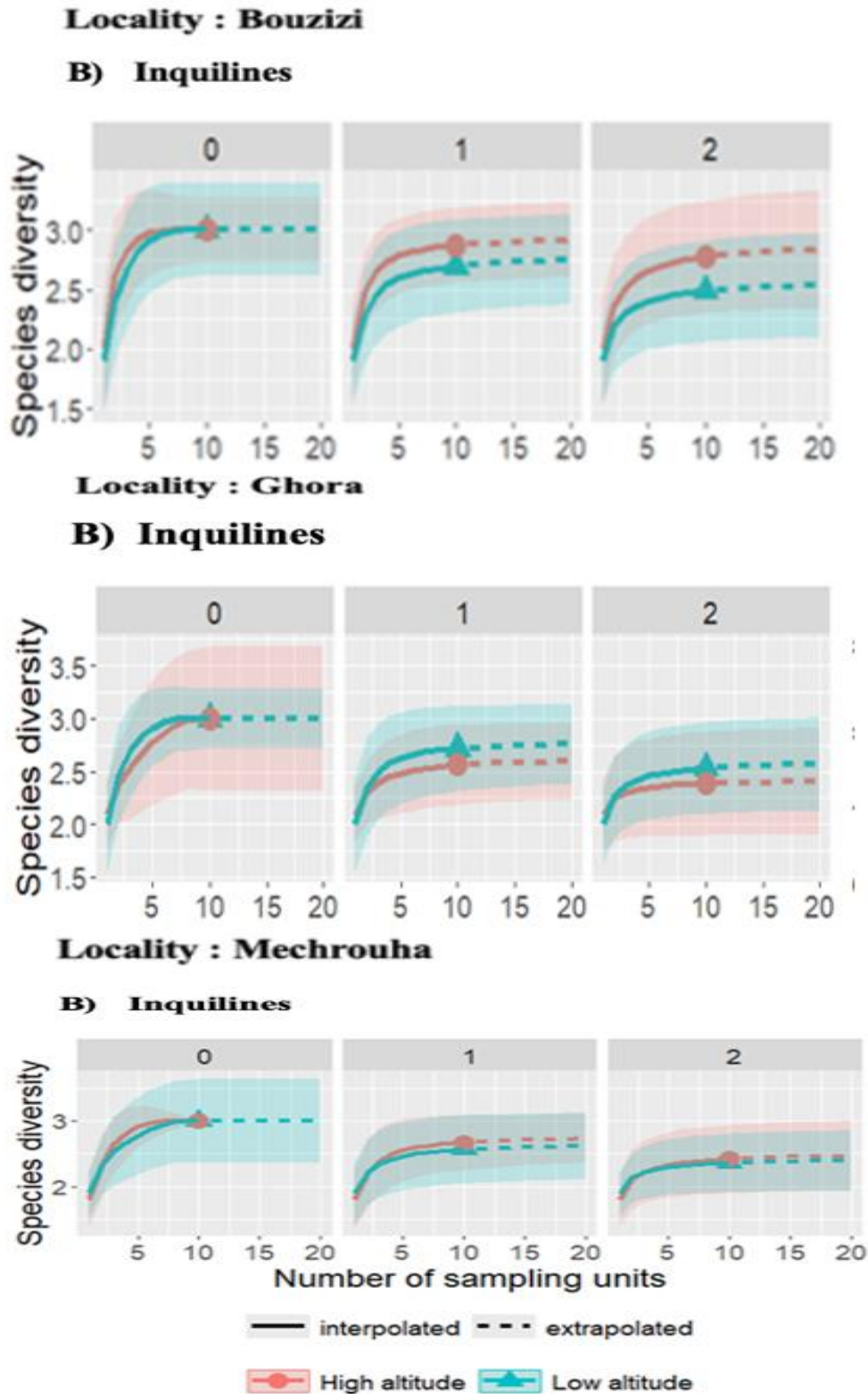
Les espèces d'insectes de cynipidé inquilins entre les habitats à différentes altitudes dans les trois forêts de Gourra, Machrouha, et Bouzizi sont réparties dans le tableau 16

**Tableau 16 :** Nombre total de cynipidés inquilins associés aux galles de chêne zéen par habitat

Localité	BLA	BHA	GLA	GHA	MLA	MHA
<i>Synergus hayneanus</i>	9	13	13	10	17	10
<i>Synergus pallidipennis</i>	3	5	5	3	2	4
<i>Synergus umbraculus</i>	19	17	22	21	18	21

Les résultats des analyses des courbes de rarefaction et d'extrapolation des espèces de cynipidés inquilins ont révélé une tendance générale à la stabilisation des courbes ( $q=1, q=2, q=3$ ) vers des asymptotes aux altitudes élevées et basses, observée de manière cohérente dans les trois forêts de Machrouha, Gourra et Bouzizi (**figure 26**). Ces résultats montrent que la méthode d'échantillonnage est efficace, étant donné que toutes les espèces des cynipidés inquilins ont été identifiées après ce nombre spécifique de sorties pour collecter les galles. Par conséquent, une réduction de l'effort d'échantillonnage ne suffirait pas à couvrir l'ensemble des espèces de cynipidés inquilins présentes dans les trois forêts. De plus, un effort supplémentaire d'échantillonnage pour les cynipidés inducteurs de galles étudiés n'est pas requis.

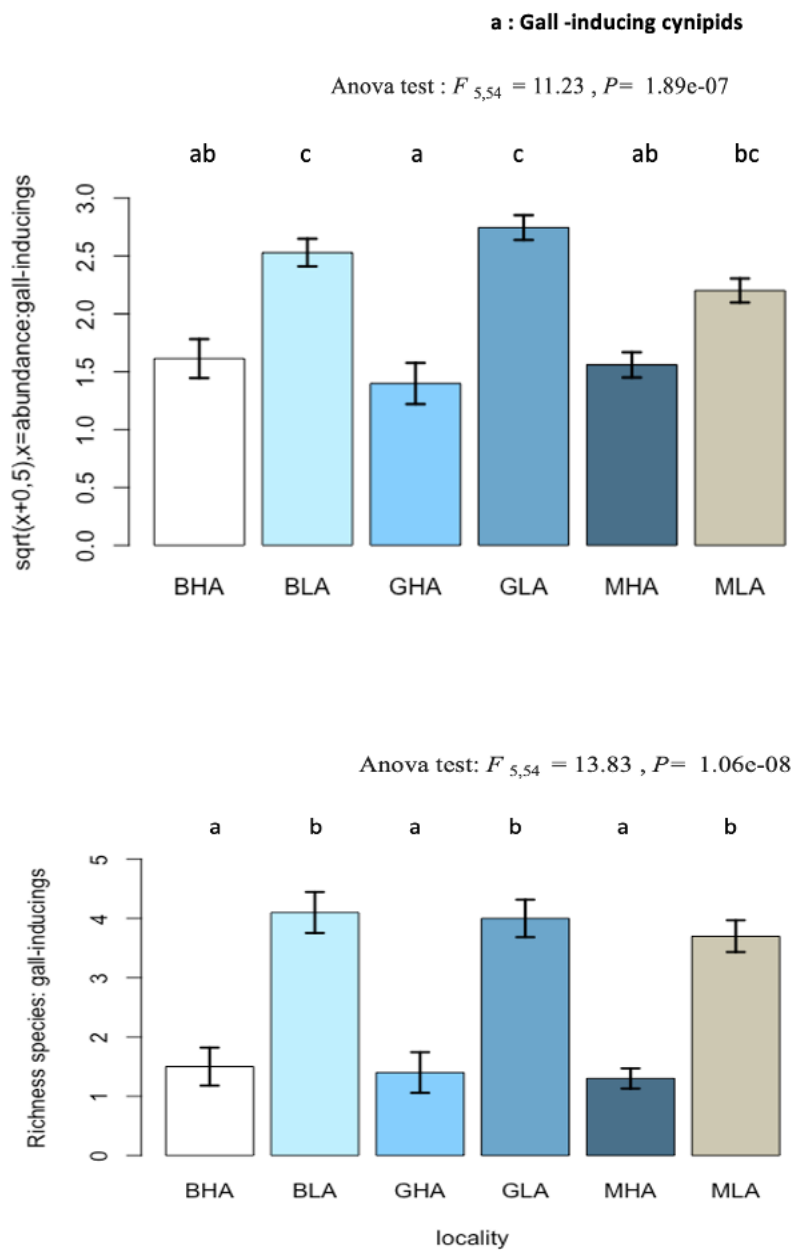
Les courbes  $q1$  ont révélé que la richesse spécifique des cynipidés inquilins se stabilise pour trois espèces tant en haute altitude qu'en basse altitude dans les trois forêts de Machrouha, Gourra et Bouzizi.



**Figure 26** : Courbes de raréfaction et d'extrapolation de la diversité basées sur la taille de l'échantillon (données d'incidence) pour les cynipidés inquilins des galles de chêne Zeen enregistrés à deux altitudes avec des nombres de Hill d'ordre  $q = 0, 1, 2$ , (unité d'échantillonnage = 100 minutes)

III.3.2 La diversité des cynipidés gallicoles entre l'habitat à différentes altitudes

L'analyse de variance (ANOVA) a démontré que l'habitat à différentes altitudes influençait significativement l'abondance et la richesse spécifique des cynipidés inducteurs des galles associées aux chênes zéen. Le nombre et la richesse spécifique des cynipidés inducteurs des galles étaient plus élevés dans les basses altitudes, tandis que les hautes altitudes présentaient les valeurs les plus faibles (**figure 27**).



## RESULTATS

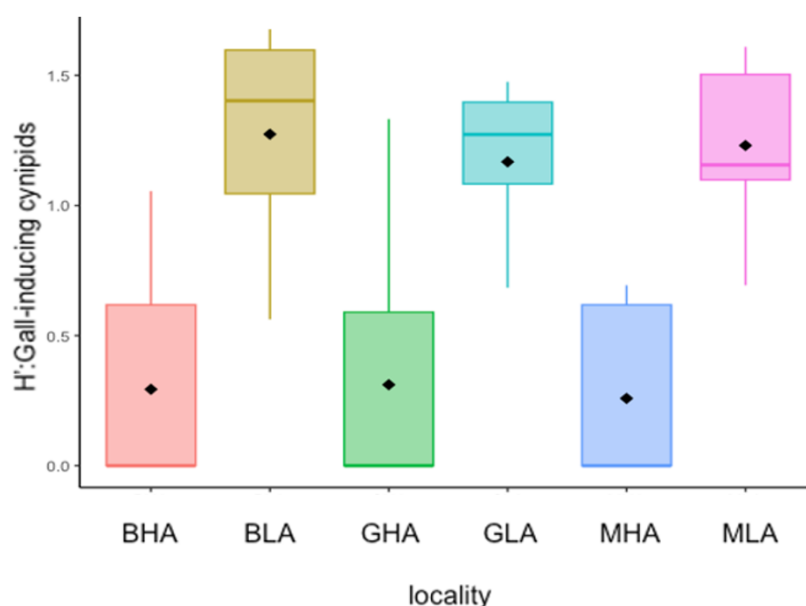
**Figure 27** : Graphique à barres illustrant la moyenne et l'écart type de l'abondance et de la richesse spécifique des cynipidés inducteurs des galles associés au chêne de Zéen en fonction des habitats à différentes altitudes, les barres portant les mêmes lettres n'étant pas significativement différentes. À  $p < 0,05$  (test de Tukey)

Pour l'abondance des cynipidés inducteurs de galles, GLA présentait la valeur la plus élevée ( $7,2 \pm 0,72$ ), tandis que BLA présentait la richesse spécifique des cynipidés inducteurs des galles la plus élevée ( $4,1 \pm 0,43$ ). À l'inverse, GHA présentait la plus faible abondance ( $1,9 \pm 0,69$ ) et MHA la plus faible richesse spécifique ( $4,5 \pm 0,58$ ).

Les tests post-hoc de Tukey ont identifié des disparités substantielles dans l'abondance et la richesse spécifique des cynipidés inducteurs des galles entre la plupart des habitats de haute et de basse altitude (**figure 27**).

Le test de Kruskal-Wallis a révélé que les habitats à différentes altitudes affectaient significativement l'indice moyen de diversité ( $H'$ ) des cynipidés inducteurs de galles. L'étude a révélé que les habitats à basse altitude présentaient une valeur élevée de cet indice, tandis que les habitats à haute altitude affichaient une valeur diminuée (**figure 28**). La localité BLA présentait l'indice de diversité le plus étendu ( $H'$ ) de  $1,27 \pm 0,13$ , tandis que MHA présentait la valeur la plus faible de cet indice ( $0,25 \pm 0,10$ ).

**Kruskal-Wallis chi-squared = 35.95, df = 5, p-value = 9.719e-07**



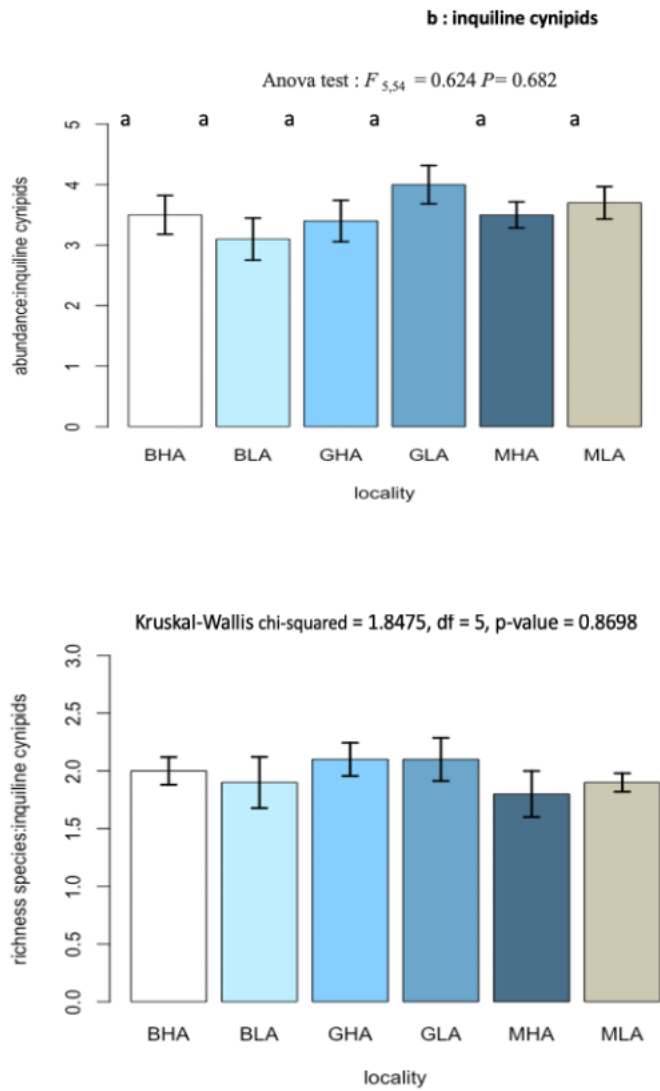
**Figure 28** : Boîtes à moustaches représentant la répartition de la diversité de l'indice de Shannon-Wiener (H') des cynipidés inducteurs des galles associés au chêne de zéen en fonction des habitats à différentes altitudes

Grâce à un test de Wilcoxon avec correction de Benferroni, des différences significatives dans l'indice de diversité (H') des cynipidés inducteurs de galles entre les habitats de haute et de basse altitude ont été identifiées dans la plupart des habitats (**tableau 17**).

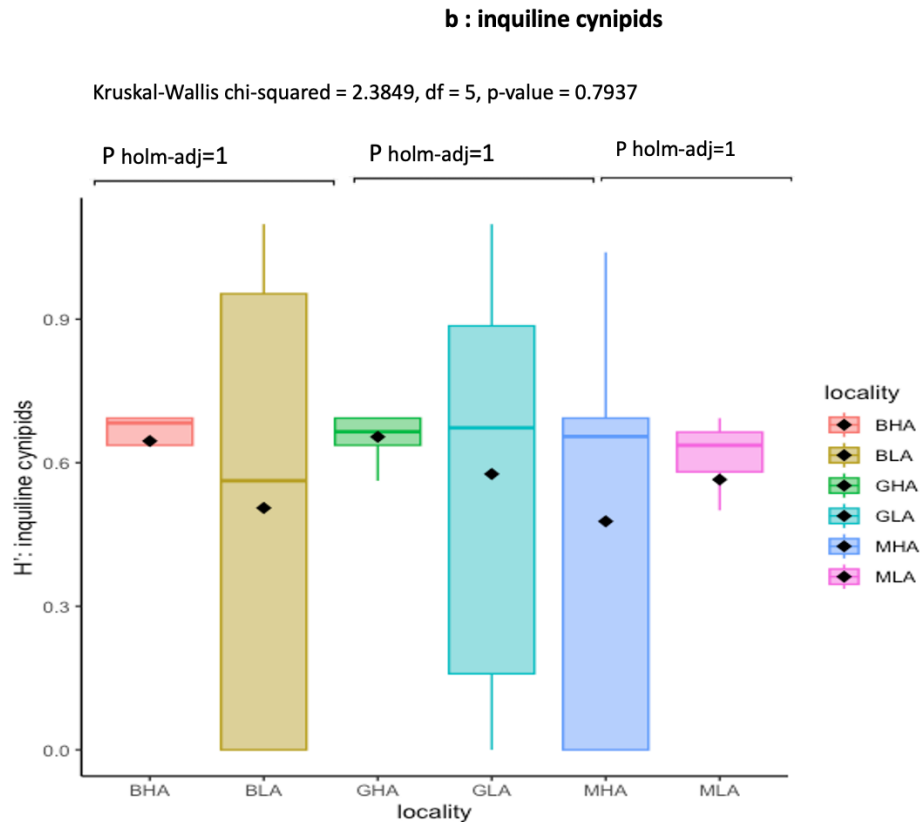
**Tableau 17**: Le test de Wilcoxon avec correction de Bonferroni compare la diversité de l'indice de Shannon-Wiener (H') des cynipides galligènes associés au chêne de Zean entre les localités de haute et de basse altitude. Les différences significatives ( $p < 0,05$ ) sont indiquées en gras.

Locality	BHA	BLA	GHA	GLA	MHA
BLA	<b>0.0111</b>				
GHA		<b>0.0111</b>			
GLA	<b>0.0110</b>		<b>0.0152</b>		
MHA		<b>0.0110</b>		<b>0.0110</b>	
MLA	<b>0.0038</b>		<b>0.0111</b>		<b>0.0029</b>

Quant aux cynipidés inquilins, les analyses ANOVA et Kruskal-Walis ont révélé que les variations d'altitude des habitats n'avaient pas d'influence statistiquement significative sur l'abondance, la richesse spécifique des cynipidés inquilins (**figure 29**). De plus, aucune distinction significative n'a été observée entre les habitats de haute et de basse altitude pour l'abondance, la richesse et l'indice (H') des cynipidés inquilins (**figure 30**).



**Figure 29** : Graphique à barres illustrant la moyenne et l'écart type de l'abondance et de la richesse spécifique des cynipidés inquilins associés au chêne de Zeen en fonction des habitats à différentes altitudes

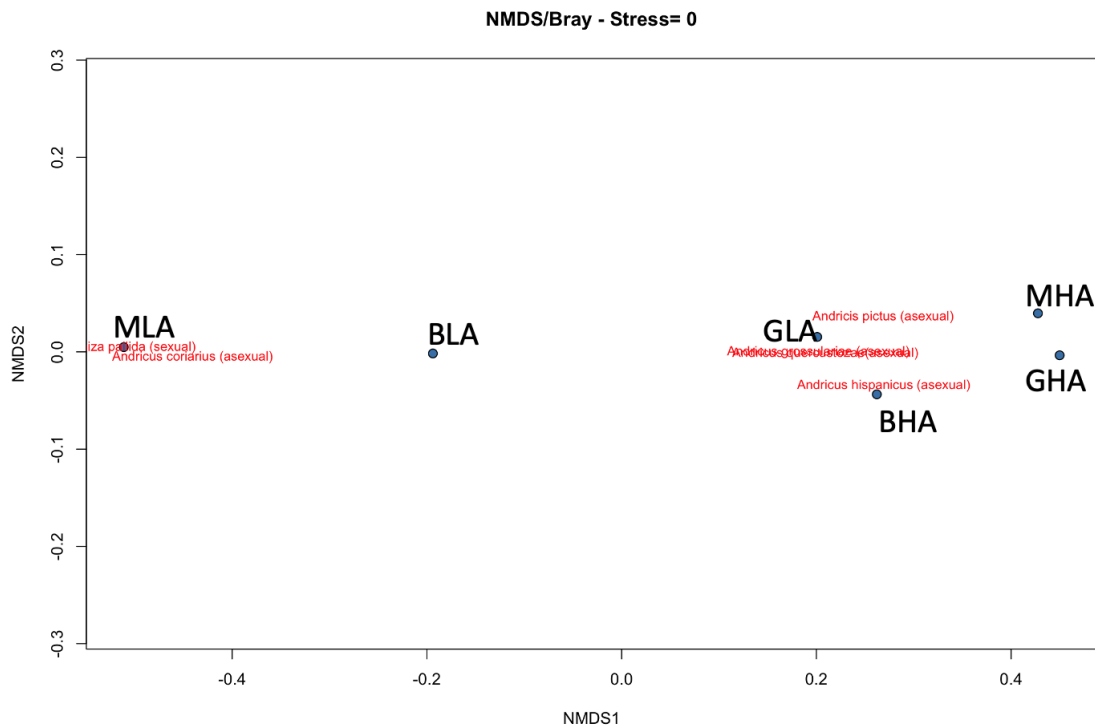


**Figure 30** : Boîtes à moustaches représentant la répartition de la diversité de l'indice de Shannon-Wiener (H') des cynipidés inquilins associés au chêne de zéen en fonction des habitats à différentes altitudes

### III.3.3 Les compositions des cynipidés gallicoles entre l'habitat à différentes altitudes

Les analyses de positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS) ont révélé que les habitats en altitude élevée et basse altitude, appartenant à une même forêt, sont séparés dans un espace bidimensionnel représentant la composition des espèces de cynipidés inducteurs de galles. La plus grande distance a été observée entre MHA et MLA, puis entre BHA et BLA, et enfin entre GHA et GLA (**figure 31**).

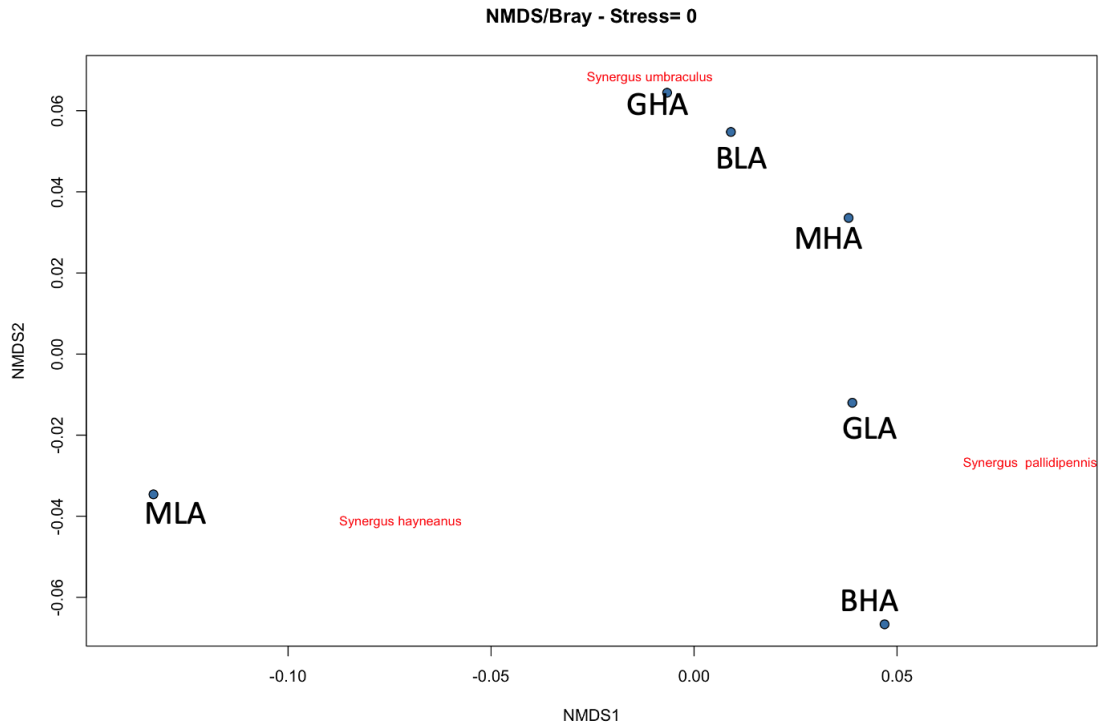
Ces écarts révélaient des disparités et des distinctions entre les habitats en altitude basse et élevée pour la composition des cynipidés inducteurs de galles.



**Figure 31** : Différences de composition des communautés de cynipidés inducteurs des galles entre les habitats à différentes altitudes selon l'échelle multidimensionnelle non métrique (NMDS).

Les analyses de positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS) impliquent la représentation en deux dimensions (axes 1 et 2) de la composition des espèces d'insectes cynipidés inquilins. Ces résultats ont mis en évidence la distance séparant les habitats de haute altitude et de basse altitude au sein des mêmes forêts. La distance la plus importante a été constatée entre MHA et MLA, suivie de celle entre BHA et BLA, puis enfin entre GHA et GLA (**figure 32**).

Ces différences reflétaient les disparités et les distinctions entre les habitats de basse et haute altitude pour la composition des cynipidés inquilins.



**Figure 32** : Différences de composition des communautés de cynipidés inquilins entre les habitats à différentes altitudes selon l'échelle multidimensionnelle non métrique (NMDS).

**III.4 Influence des parasitoïdes sur la population des cynipidés inducteurs des galles**

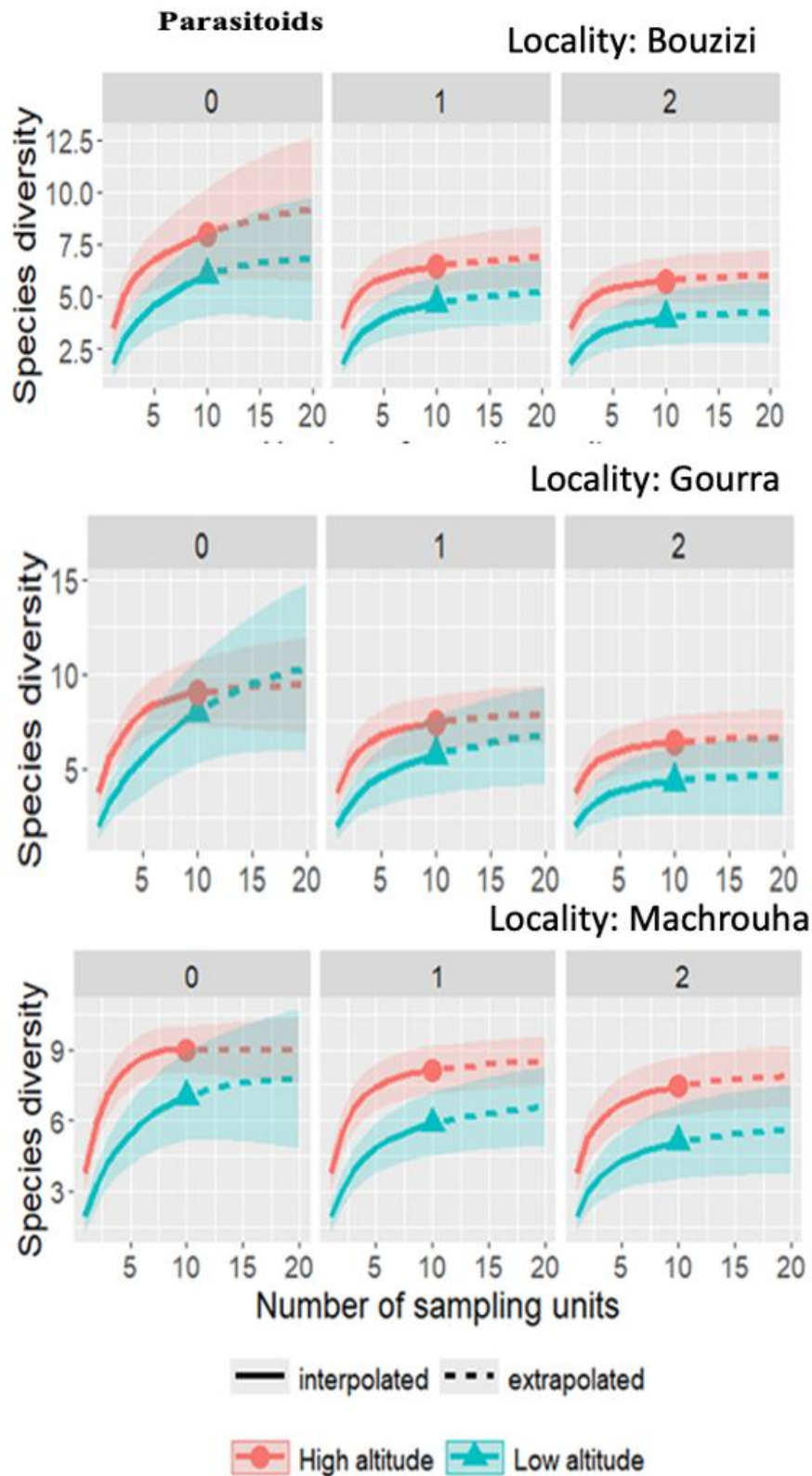
**III.4.1 Raréfaction et extrapolation des diversités des chalcides**

Les espèces d'insectes de chalcides (parasitoïdes) associés aux galles de chêne zéen entre les habitats à différentes altitudes dans les trois forêts de Gourra, Machrouha, et Bouzizi sont réparties dans **le tableau 18**

**Tableau 18** : Nombre total de parasitoïdes associés aux galles de chêne zeen par habitat

Localité	BLA	BHA	GLA	GHA	MLA	MHA
<i>Bootanomyia stigmatisans</i>	2	13	6	6	4	12
<i>Eurytoma brunniventris</i>	10	16	15	17	13	17
<i>Eurytoma setigera</i>	0	1	0	5	3	3
<i>Eupelmus azureus</i>	0	0	1	5	0	4
<i>Ormyrus nitidulus</i>	4	7	2	3	2	6
<i>Ormyrus pomaceus</i>	3	10	4	2	7	9
<i>Sycophila iracemae</i>	13	6	3	14	4	3
<i>Sycophila variegata</i>	0	2	2	5	0	4
<i>Torymus affinis</i>	1	2	1	3	1	3

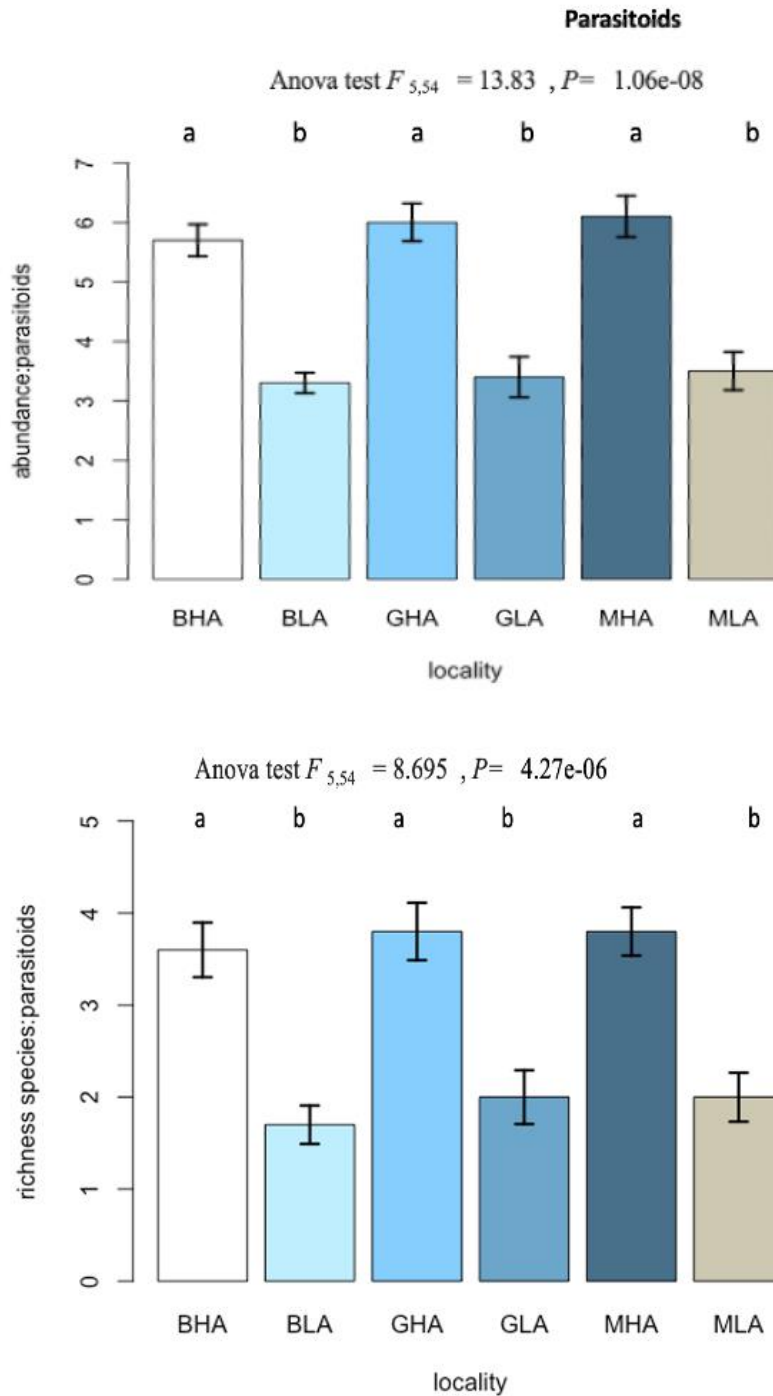
Malgré que les résultats des analyses des courbes de raréfaction et d'extrapolation des espèces des parasitoïdes n'ont pas révélé une stabilisation des courbes ( $q=1$ ) vers des asymptotes dans les habitats BHA et GLA. Cependant, les courbes ( $q=2$ ) et ( $q=3$ ) se stabilisaient à l'asymptote (**figure 33**) ; cela indiquait que le nombre d'espèces parasitoïdes abondantes et dominantes était suffisant dans l'ensemble des altitudes basses et hautes. Ces résultats ont montré que la méthode d'échantillonnage est efficace. Ainsi, toutes les espèces de parasitoïdes abondantes et dominantes ont été identifiées après ce nombre spécifique de sorties pour collecter les galles. Par conséquent, une réduction de l'effort d'échantillonnage ne suffirait pas à couvrir l'ensemble des espèces de parasitoïdes abondantes et dominantes présentes dans les trois forêts. De plus, un effort supplémentaire d'échantillonnage pour ces espèces étudiées n'est pas requis.



**Figure 33** : Courbes de raréfaction et d'extrapolation de la diversité basées sur la taille de l'échantillon (données d'incidence) pour les parasitoïdes de chêne Zeen enregistrés à deux altitudes avec des nombres de Hill d'ordre  $q = 0, 1, 2$ , (unité d'échantillonnage = 100 minutes)

### III.4.2 La diversité des parasitoïdes entre l'habitat à différentes altitudes

L'analyse d'ANOVA a révélé que les habitats à différentes altitudes avaient un effet statistiquement significatif sur la population des parasitoïdes. Plus précisément, les hautes altitudes présentaient des niveaux plus élevés d'abondance et de richesse en parasitoïdes, tandis que les basses altitudes affichaient les valeurs les plus faibles (**figure 34**), les valeurs d'abondance et de richesse en parasitoïdes de l'habitat MHA se sont avérées plus élevées ( $6,1 \pm 0,43$  et  $3,8 \pm 0,32$ , respectivement), contrairement à l'habitat BLA, qui présentait des valeurs d'abondance plus faibles ( $3,3 \pm 0,21$ ) et de richesse en parasitoïdes ( $1,7 \pm 0,26$ ). Les tests post-hoc de Tukey ont révélé une distinction statistiquement significative entre tous les habitats de basse et de haute altitude (**figure 34**).



**Figure 34 :** Graphique à barres illustrant la moyenne et l'écart type de l'abondance et de la richesse spécifique des parasitoïdes chalcidiens associés aux galls du chêne de zeen en fonction des habitats à différentes altitudes, où les barres portant les mêmes lettres ne présentaient pas de différence significative.  $p < 0,05$  (test de Tukey)

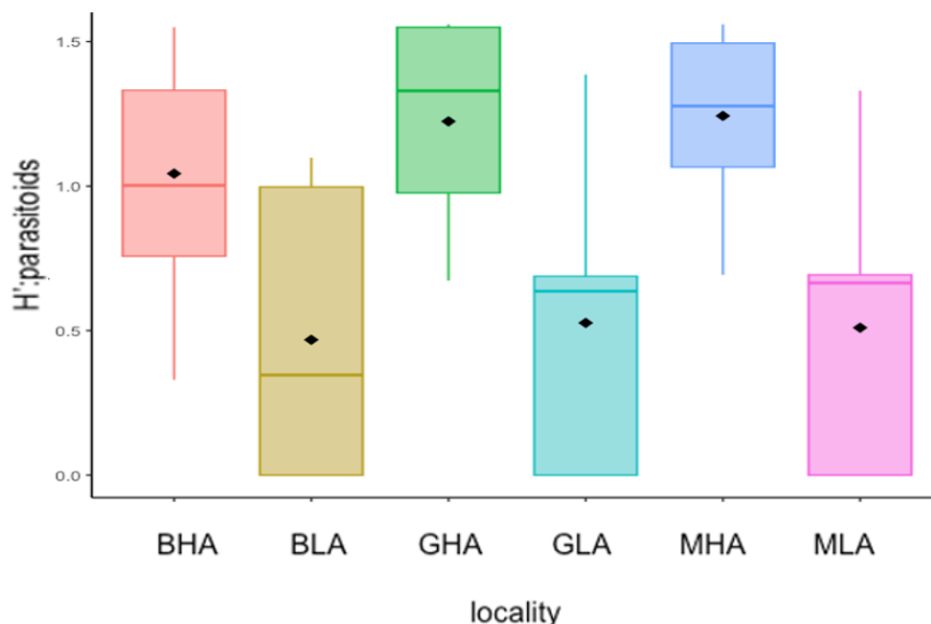
## RESULTATS

Selon le test de Kruskal-Wallis, l'habitat a un effet significatif sur l'indice de diversité moyen ( $H'$ ) des parasitoïdes. Il a été constaté que les habitats situés à basse altitude présentaient une valeur plus faible de cet indice, tandis que les habitats situés à haute altitude présentaient une valeur plus élevée (**figure 35**).

L'indice de Shannon-Wiener était le plus significatif dans la localité MHA ( $1,24 \pm 0,15$ ).

L'habitat BLA présentait la valeur la plus faible enregistrée de cet indice ( $0,46 \pm 0,16$ ).

**Kruskal-Wallis chi-squared = 23.263, df = 5, p-value = 0.0003**



**Figure 35** : Boîtes à moustaches représentant la répartition de la diversité de l'indice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) des parasitoïdes associés aux galles du chêne de Zeen en fonction des habitats à différentes altitudes.

La seule différence substantielle dans l'indice de diversité ( $H'$ ) entre les habitats de haute et de basse altitude a été observée uniquement dans la forêt de Machrouha, selon un test de Wilcoxon avec correction (**tableau 19**).

**Tableau 19** : Le test de Wilcoxon avec correction de Bonferroni compare la diversité de l'indice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) des parasitoïdes associés aux galles du chêne de Zeen entre les localités de haute et de basse altitude. Les différences significatives ( $p < 0,05$ ) sont indiquées en gras.

Locality	BHA	BLA	GHA	GLA	MHA
----------	-----	-----	-----	-----	-----

<b>BLA</b>	0.247			
<b>GHA</b>		0.084		
<b>GLA</b>	0.176		0.056	
<b>MHA</b>		0.057		0.055
<b>MLA</b>	0.176		0.057	<b>0.039</b>

### III.4.3 Les compositions des parasitoïdes entre l'habitat à différentes altitudes

Les analyses de positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS) consistent à représenter chaque point dans un espace bidimensionnel (axes 1 et 2) en fonction de la composition des parasitoïdes. Ces résultats ont mis en évidence l'éloignement entre les habitats situés en haute altitude et en basse altitude au sein des mêmes forêts. La distance la plus importante a été observée entre MHA et MLA, puis entre BHA et BLA (voir figure 36). Ces distances révélaient des disparités et des distinctions entre les habitats de basse et haute altitude en ce qui concerne la composition des parasitoïdes.



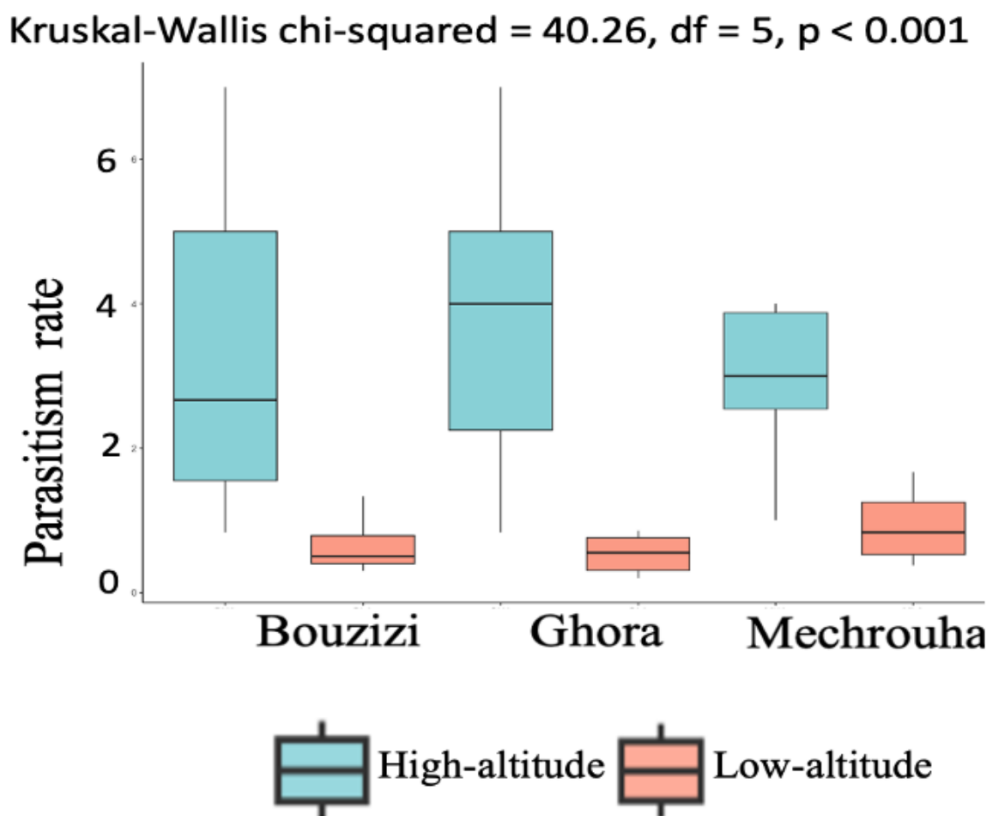
**Figure 36** : Différences de composition des communautés de parasitoïdes entre les habitats à différentes altitudes selon l'échelle multidimensionnelle non métrique (NMDS).

III.4.4 Le taux de parasitisme entre l'habitat à différentes altitudes

Les résultats de Kruskal-Wallis ont montré que les habitats à différentes altitudes ont un effet significatif sur le taux de parasitisme (**figure 37**).

Ce taux a été calculé en divisant le rapport entre les chalcides émergents des galles et le nombre des cynipidés inducteurs des galles.

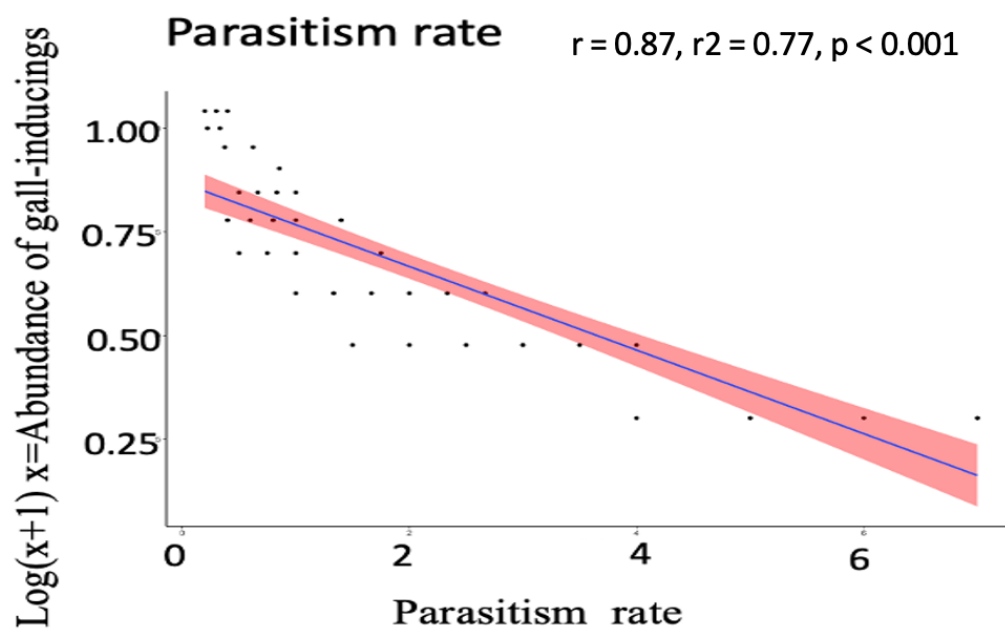
GHA a présenté les taux les plus élevés de parasitisme parmi les six habitats et GLA a signalé le taux le plus faible,  $0,52 \pm 0,05$ .



**Figure 37** : Boîtes à moustaches représentant la distribution de taux de parasitisme en fonction des habitats à différentes altitudes

**III.4.5 Relation entre le taux de parasitisme et l'abondances des cynipidés inducteurs de galles**

Les résultats des analyses de régression simple ont révélé une corrélation négative entre le taux de parasitisme et l'abondance des cynipidés inducteurs de galles, démontrant ainsi l'impact du taux de parasitisme sur la population des cynipidés inducteurs de galles (**figure 38**).



**Figure 38** : les régressions simples entre le taux de parasitisme et l'abondance des cynipidés inducteurs des galles

## IV DISCUSSION

### IV.1 La diversité des galles des cynipidés de chêne

Dans notre étude, nous avons recensé 15 morphotypes de galles induits par des cynipidés inducteurs, parmi lesquels 7 étaient associés au chêne-liège et 8 espèces étaient liées au chêne zéen dans les trois régions suivantes : Seraïdi (Annaba), Bougous et Machrouha (Souk ahras). Ces résultats représentent 42 % des espèces identifiées dans la région de HafirZarieffet (Tlemcen) par Pujade-Villar, Boukreris, *et al.*, (2010), ainsi que 63 % des espèces identifiées dans la région de l'Akfadou (Béjaïa) et de Beni-Ghobri (Tizi-Ouzou) par Haddar *et al.*, (2016), et représentent 107 % de la dernière mise à jour des espèces identifiées par Gouri *et al.*, (2024) sur Seraïdi. Ces variations peuvent s'expliquer par les disparités écologiques propres à chaque région, ainsi que par la diversité de la répartition des espèces de chênes. Par exemple, les régions d'Akfadou (Béjaïa) et de Beni-Ghobri (Tizi-Ouzou) se distinguent par la présence de diverses espèces de chênes avec leurs locaux hybrides kabyles (Haddar *et al.*, 2016; Messaoudène *et al.*, 2008). Cette diversité des chênes peut influencer la diversité des galles, car la diversité de ces dernières est étroitement liée à la distribution et à la variété de leurs arbres hôtes (Melika *et al.*, 2000; csóka *et al.*, 2005; pujade-villar *et al.*, 2025). Les résultats ont montré une collection importante de galles juvéniles à la fin du printemps et pendant l'été, tandis qu'une quantité considérable de galles mures a été réalisée en automne et en hiver. En revanche, un grand nombre de galles perforées ont été réalisées lors de la saison printanière. Ces variations saisonnières des divers types de galles peuvent être expliquées par le cycle de développement de leurs cynipidés inducteurs. Par exemple, les galles juvéniles représentent la phase d'induction et de croissance des galles, durant laquelle les cynipidés femelles provoquent la formation des galles, suivie de l'éclosion des larves et de leur développement initial, tandis que les galles mures représentent les phases ultimes du développement des cynipidés, marquant le moment où ces derniers se préparent à émerger. Ensuite, on retrouve les galles trouées, abandonnées par la faune primaire et qui pourraient servir de refuge à la faune secondaire (Askew, 1984 ; Stone *et al.*, 2002; Gobbo, 2022; Pujade-Villar *et al.*, 2025).

Ces résultats ont été complétés par l'étude des abondances, des richesses spécifiques et de la diversité des galles uniquement mures en fonction des saisons, qui a mis en évidence que la saison exerce une influence sur l'abondance et la diversité de ces galles, les niveaux les plus élevés étant enregistrés pendant l'automne et l'hiver. Cependant, on a observé une abondance et une diversité moindre au printemps et en été. Cela peut s'expliquer par le fait

que les galles atteignent leur maturité pendant l'automne et l'hiver, qui correspondent à la nymphose (Askew, 1975; J. P. Pujade Villar et al., 2001; Pujade-Villar et al., 2025). Cette période est caractérisée par une richesse des galles suite à une profusion de ressources (Maldonado-López *et al.*, 2016). Cependant, nos conclusions diffèrent de celles des recherches menées par Gouri *et al.*, (2024), qui ont démontré que le printemps présentait une diversité et une richesse spécifique élevée des galles par rapport aux autres saisons. Cette convergence des résultats pourrait s'expliquer par la particularité de notre méthode de travail, qui vise à ne récolter que les galles mûres et à séparer celles de chêne zéen de celles de chêne liège.

D'autres explications peuvent déterminer le nombre de galles selon la saison : les femelles des insectes inducteurs des galles ajustent la saison de reproduction selon la phénologie de l'arbre hôte, lorsque les bourgeons et les rameaux d'arbre sont en phase de croissance et que leurs tissus ne sont pas encore lignifiés (Raman, 1984; Yukawa, 2000). Après la ponte, les larves des cynipidés gallicoles commencent directement des stimuli, des changements morphologiques et physiologiques dans les tissus de l'arbre hôte, en profitant des ressources de l'arbre hôte pour leur propre croissance (Höglund *et al.*, 2015; Ramos et al., 2019). Yukawa, (2000) a montré qu'une synchronisation entre l'émergence des insectes inducteurs de galles et la phénologie de la plante hôte est essentielle pour déterminer le schéma de répartition spatiale de ces insectes et leurs lieux de ponte, et que de simples décalages temporels de la synchronisation peuvent affecter les ressources alimentaires disponibles. De plus, cette synchronisation, définie comme le moment de développement des bourgeons et des jeunes feuilles avec le calendrier de la ponte de certaines espèces, peut donc permettre leur survie (Ramos *et al.*, 2019; Stone *et al.*, 2002). En revanche, nos résultats ont montré l'absence d'influence saisonnière sur l'abondance et la diversité des galles de chêne-liège. Cette observation peut s'expliquer par la prédominance des galles sexuelles d'*Andricus grossulariae*, induites par des espèces sexuelles et galles tell *Synophrus olivieri* et *S. hispanicus* envahis par des espèces inquilines *Synophrus olivieri* et *S. hispanicus* sexuelles, contrairement aux galles de chêne zéen qui sont majoritairement asexuelles, ces galles sexuelles se développent généralement à l'été (Pujade Villar *et al.*, 2001 ; Csóka *et al.*, 2005)

Quant à la localisation des galles sur l'organe de plante hôte, nos résultats indiquent que les feuilles présentent un pourcentage de galles plus élevé que les autres organes du chêne, ce qui corrobore les recherches antérieures sur les chênes (Dajoz, 1999; Cuevas-Reyes & Nieves-Aldrey, 2017; Mani, 2013). Cela pourrait expliquer pourquoi les feuilles sont généralement les organes végétaux les plus accessibles, ce qui les rend plus sensibles à l'induction de galles, tout

en étant plus abondantes et facilement observables que les autres organes végétaux (Formiga *et al.*, 2013; Puspasari *et al.*, 2021). Par conséquent, les taxons *Neuroterus* et *Cynips*, inducteurs de galle foliaire, sont reconnus comme les genres de cynipidés les plus variés et les plus répandus au monde (Ronquist & Liljeblad, 2001 ; Jiang *et al.*, 2018). Ces galles peuvent également se former le long de la nervure principale ou sur les bords des feuilles, pouvant parfois couvrir toute la surface foliaire (Pujade Villar *et al.*, 2001; 2025). La localisation où ces galles s'induisent peut être expliquée par la grande précision et spécialisation des inducteurs par rapport à leur plante hôte et à l'organe ciblé pour la ponte (Leckey & Smith, 2015; Cuevas-Reyes & Nieves-Aldrey, 2017; Ward *et al.*, 2022). En réalité, chaque espèce de cynipidé est spécialisée pour infester un type spécifique de tissu végétal, souvent à un stade précis du développement de l'organe hôte (Stone & Schönrogge, 2003; Pujade-Villar *et al.*, 2025). La relation étroite entre l'insecte et son hôte influence simultanément la localisation spécifique de l'arbre attaqué et la morphologie de la galle qui se forme (Stone & Schönrogge, 2003). Par conséquent, la variété des formes et des emplacements des galles sur les chênes reflète l'évolution adaptative précise des cynipidés, démontrant de manière exemplaire les interactions complexes entre les cynipidés et leurs plantes hôtes (Stone & Schönrogge, 2003)

L'inventaire des grosses galles sur les bourgeons de chêne zeen a révélé une abondance relative significative de galles d'*Andricus quercustozae*, localement répandues. À l'inverse, les galles d'*Andricus hispanicus* sont moins courantes et n'ont été collectées que sur un nombre limité d'arbres. Cette galle a été connue sous le nom d'*Andricus kollari*, puis leurs espèces inductrices étant appariées (Pujade-Villar *et al.*, 2003)

Les branches du chêne-liège sont affectées par la présence de galles de *Synophrus olivieri*, qui se présentent sous la forme de cloques de dimensions variables. Cependant, le processus de formation de ces galles reste inconnu (Pénzes *et al.*, 2009b). Pujade-Villar, Askew, et al., (2010) suggèrent que l'inducteur pourrait également être le complexe *Andricus burgundus*, comme le montrent les observations impliquant *Synophrus hispanicus*. La multilocularité de ces galles pourrait résulter des nombreuses pontes des femelles de *Synophrus*, qui pondent plusieurs œufs dans la même galle hôte (Atkinson *et al.*, 2002). À l'inverse, nous avons observé une abondance relative nettement réduite des galles de *Plagiotrochus amenti* sur les branches et les bronches des chênes-lièges ; leur positionnement dans les bronches peut entraîner des dommages importants aux chênes-lièges (Pujade-Villar, Jamâa, *et al.*, 2010; Pujade-Villar *et al.*, 2012)

### IV.2 La diversité des cynipidés inducteurs gallicoles et leurs parasitoïdes

## DISCUSSION

Nos résultats ont montré que l'émergence des guêpes gallicoles ne se produisait pas simultanément. Chaque guilda présentant des profils distincts. Cependant, certaines similitudes ont été détectées entre les courbes d'émergence des guêpes gallicoles inductrices et parasitoïdes. Les disparités dans l'émergence de ces insectes peuvent être expliquées par les distinctions biologiques au sein de chaque guilda. L'émergence des guêpes gallicoles inductrices dépend d'un cycle complexe étroitement lié aux conditions environnementales et à la progression phénologique de la plante hôte (Askew, 1984; Pujade Villar *et al.*, 2001; 2025). Les galles sont induites au printemps ou au début de l'été, ce qui coïncide avec une activité méristématique vigoureuse chez les chênes (Stone *et al.*, 2002; Csóka *et al.*, 2005), une fois leur développement larvaire dans les galles terminé, les adultes émergent habituellement à la fin de l'été ou au commencement de l'automne (Pujade Villar *et al.*, 2001; , 2025). L'émergence de ces cynipidés est principalement influencée par les circonstances climatiques, notamment la température, l'humidité et la photopériode, qui régulent la vie larvaire dans les galles (Stone & Schönrogge, 2003). Les parasitoïdes qui vivent en dépendance aux cynipidés émergent en synchronisation avec leurs hôtes, ou légèrement avant, afin d'infiltrer leurs larves dans les galles immatures ( Askew, 1975; Schönrogge *et al.*, 1996). Ceci peut élucider en partie la ressemblance entre les courbes d'émergence des cynipidés inducteurs et des parasitoïdes, ces derniers arrivant plus tôt. Par contre, le décalage entre les courbes des cynipidés inquilins et celles des cynipidés inducteurs s'explique par le fait que certaines espèces d'inquilins émergent plus tôt ou plus tard que leurs hôtes inducteurs pour éviter la compétition (Askew, 1984; Schönrogge & Crawley, 2000).

D'après l'élevage de 15 espèces morphotypes des galles, nous avons pu identifier 07 espèces adultes des cynipidés inducteurs des galles.

Pour les galles induites sur les feuilles tell *Cerroneuroterus minutulus*, *Cynips quercus* *Neuroterus quercusbaccarum* et *Pseudoneuroterus saliens*, nous avons uniquement pu avoir leurs larves mortes, et cela pour les raisons suivantes : Tout d'abord, le séchage rapide des feuilles ; et ensuite, l'émergence des cynipidés est possible entravée par les attaques des parasitoïdes. Ces petites galles, qui sont pourvues de parois minces, les rendent vulnérables aux attaques des parasitoïdes (Stone *et al.*, 2002).

Pour les galles de chêne-liège induites sur les rameaux (*Synophrus olivieri* et *S. hispanicus*), nous n'avons pas obtenu adultes ni larves des cynipidés inducteurs . C'est dû au fait que ces galles sont attaquées précocement par des inquilins qui sont responsables de leurs déformations (Gobbo, 2022; Ide *et al.*, 2018; Lobato-Vila *et al.*, 2022).

## DISCUSSION

Les résultats de l'élevage des galles ont révélé des différences entre la fréquence d'occurrence des espèces de cynipidés inducteurs de galles émergents, laquelle varie en fonction du genre, notamment pour les espèces appartenant au genre *Andricus*. Ces observations s'expliquent par le fait que le genre *Andricus* présente un caractère polyphage et une large répartition géographique (Serrano-Muñoz *et al.*, 2022). D'après Pujade-Villar *et al.*, (2020), le genre *Andricus* détient le plus vaste nombre d'espèces au sein de la tribu Cynipini dans la région paléarctique. Des disparités dans les taux d'émergence des cynipidés ont été notées au sein d'espèces appartenant au même genre, telles que celles constatées entre *Andricus quercustozae* (asexué), qui a présenté une émergence significative, et *A. hispanicus* (asexué), qui a montré une émergence réduite. Ces différences d'abondance relative entre espèces peuvent être expliquées par différents facteurs, principalement par leurs aires de répartition géographique. Certaines espèces telles qu'*A. grossulariae* (asexuée) ont montré une prévalence marquée dans différentes localités. Toutefois, l'espèce telle *Biorhiza pallida* (sexuel) a sa présence limitée par certaines localités, puis la spécificité de l'hôte joue un rôle crucial : les espèces oligophages qui exploitent plusieurs espèces de chênes tendent à avoir une abondance relative plus élevée que celles strictement monophages (Askew, 1984). Par exemple, *A. grossulariae* a une présence marquée sur les chênes zéens et sur les chênes-lièges.

Nos résultats ont montré aussi des différences dans la fréquence d'occurrence entre les espèces des cynipidés inquilins. Ces différences peuvent être expliquées par la variation de la spécificité de ces espèces envers l'hôte. Certaines espèces telles que *Synergus umbraculus* et *Synergus hayneanus* présentent une large gamme d'hôtes et peuvent coloniser divers types de galles, leur conférant une abondance relativement élevée (Askew, 1984; Csóka *et al.*, 2005; Melika, 2018). Toutefois, d'autres espèces hautement spécialisées ne se présentent que dans des galles spécifiques à certaines espèces de chêne, comme *Synophrus hispanicus* et *S. olivieri*, limitant ainsi leur abondance relative (Askew, 1984; Csóka *et al.*, 2005)

Des différences aussi observées dans la fréquence d'occurrence entre les espèces des parasitoïdes : certaines espèces ont révélé la dominance de certaines espèces sur d'autres. Par exemple, sur *Quercus suber*, on a observé une prévalence significative de *Torymus cerri*, attribuable à la large distribution et à l'abondance de ses galles hôtes (*Synophrus olivieri*). De plus, *Torymus cerri* appartient au genre *Torymus*, reconnu comme un parasitoïde primaire et un régulateur clé des populations d'insectes galligènes (Askew, 1975). Il se distingue par ses ovipositeurs allongés qui lui permettent d'exploiter des galles de différentes tailles (Schönrogge *et al.*, 1996; Stone *et al.*, 2002; Stone & Schönrogge, 2003). À l'autre côté, sur *Quercus faginea*, nous avons observé une forte abondance d'*Ormyrus pomaceus*, *Cecidostiba fungosa*

et *Eurytoma brunniventris*, des espèces généralistes ciblant diverses espèces de galles (Askew et al., 2013). Les différences entre les espèces concernant leur gamme d'hôtes peuvent être attribuées à leurs réponses variables aux combinaisons d'hôtes caractérisées par les caractéristiques morphologiques et non morphologiques des galles (Kechrid et al., 2025b). Les recherches de Zhang et al., (2022) ont démontré que certains parasitoïdes, tels que *Sycophila*, sont plus susceptibles d'attaquer des hôtes présentant des combinaisons de caractéristiques spécifiques que ceux présentant des caractéristiques contrastées ; néanmoins, d'autres espèces peuvent exploiter les galles indépendamment de ces combinaisons d'hôtes. Par conséquent, la capacité de ces parasitoïdes à surmonter l'immunité de l'hôte dépend de leur biologie (Stone et al., 2002). Cornell & Hawkins, (1993) ont caractérisé les parasitoïdes koinobiontes comme des spécialistes et les idiobiontes comme des généralistes. La plupart des parasitoïdes associés aux galles du chêne sont des idiobiontes possédant une vaste gamme d'hôtes, tandis que les spécialistes monophages sont rares (Askew, 1975; Stone et al., 2002).

### IV.3 Influence d'altitude sur la diversité des cynipidés gallicoles

Les résultats de notre étude ont montré un impact notable de l'habitat à diverses altitudes sur l'abondance, la diversité et la composition des cynipidés inducteurs des galles associées au chêne zéen, cette observation est attribuable aux variations des conditions environnementales à l'étendue du gradient d'altitude. Des fluctuations de température telles que celles mentionnées par Anslow & Shawn, (2002), des variations de pression partielle des gaz présents dans l'atmosphère comme évoqué par Peacock, (1998), des changements dans les précipitations selon les études de Körner, (2007) et Weltzin et al., (2003), ainsi que des modifications du rayonnement solaire telles qu'elles ont été décrites par Schmucki & Philipona, (2002), peuvent influencer les caractéristiques biologiques et abiotiques des habitats, comme l'a souligné Hodkinson, (2005) , ces variations peuvent conduire à des disparités locales entre les habitats le long des gradients d'altitude, par exemple, diverses recherches ont démontré que les variations des paramètres environnementaux à des altitudes variées peuvent impacter la fertilité des sols en modifiant le ruissellement, les processus d'érosion et la dégradation de la substance organique (Badía et al., 2016; Kumar et al., 2019). Ces variables, qui varient le long du gradient altitudinal, peuvent aussi influencer les performances, la phénologie et les caractéristiques morphologiques des arbres hôtes, et ainsi impacter l'interaction entre les végétaux et les insectes (Bonfils et al., 2013; Delerue et al., 2013; Sardin et al., 2022). Il est donc suggéré que les variations d'altitude sont en définitive responsables de la délimitation des différentes catégories d'environnements présentes actuellement. Ainsi, ces divers habitats peuvent agir

comme des filtres qui affectent les schémas de répartition des cynipidés inducteurs des galles associés aux chênes zéens.

Les résultats de l'étude ont révélé des variations significatives en ce qui concerne l'abondance et la richesse spécifique des cynipides inducteurs de galles entre les habitats de haute et de basse altitude. Les habitats de basse altitude ont montré des valeurs d'abondance et de richesse spécifique plus élevées, tandis que les habitats de haute altitude ont présenté des valeurs plus faibles. Ces résultats sont en conformité avec la théorie de l'altitude (Fernandes & Price, 1988), selon laquelle la diversité des espèces d'insectes galligènes diminue à mesure que l'altitude augmente. Cependant, il est possible que la corrélation négative observée entre l'altitude et la diversité des espèces galligènes soit principalement influencée par la présence d'habitats xériques plutôt que par des habitats mésiques ou une disponibilité nutritionnelle restreinte (Carneiro *et al.*, 2005). Le plan d'échantillonnage de cette étude n'a pas été spécifiquement élaboré pour différencier les habitats xériques des habitats mésiques. Toutefois, il reposait principalement sur les disparités d'altitude entre les habitats en haute et basse altitude. Ces fluctuations comprennent également les différences de stress hygrothermique selon les gradients d'altitude, les altitudes plus basses étant associées à des températures élevées et à la sécheresse, ce qui conduit à des habitats soumis à un stress hygrothermique (Carneiro *et al.*, 2005, 2009). Cela explique la présence abondante et la diversité élevée des espèces inductrices des galles du chêne dans ces habitats, en accord avec l'hypothèse du stress hygrothermique (Fernandes & Price, 1988). En outre, la répartition différenciée de chêne zeen entre les habitats en haute et basse altitude peut servir d'indicateur de contraintes environnementales dans les zones situées à faible altitude. Par exemple, on peut observer que la forêt de Ghoura se distingue par la présence dominante de chêne zeen à des altitudes élevées, formant principalement des peuplements denses de chênes. En revanche, les chênes de zeen à une altitude plus basse sont habituellement présents de manière dispersée, que ce soit en touffes isolées ou au sein de forêts de chênes-lièges, localisées sur des pentes et des crêtes généralement arides. Les références bibliographiques concernant l'impact du climat et de l'altitude sur les performances de chêne Zeen en Algérie indiquent que l'espèce prospère davantage en altitude élevée (Meddour, 1993; Naima *et al.*, 2019). Ainsi, il est possible de conclure que les habitats situés à basse altitude représentent des environnements contraignants pour les plantes hôtes.

Les arbres exposés à des conditions de stress ont la capacité d'accumuler des quantités excessives de composés chimiques (Miller *et al.*, 2009; Nyman & Julkunen-Tiitto, 2000), lesquels peuvent être utilisés par les galles pour se défendre contre leurs adversaires (Nyman

& Julkunen-Tiitto, 2000).

Divers autres mécanismes pourraient être à l'origine de l'impact de l'altitude sur la diversité des cynipidés inducteurs de galles. À des altitudes supérieures, il est courant d'observer des températures plus basses qui peuvent entraver la croissance des larves de cynipidés et raccourcir leur saison de reproduction, ce qui a pour effet de réduire leur diversité spécifique dans ces habitats ( Askew, 1984; Csóka *et al.*, 2005). Cette capacité d'adaptation à des conditions climatiques plus extrêmes, comme des cycles de vie plus courts ou une meilleure tolérance au froid, pourrait restreindre leur aptitude à envahir d'autres habitats, ce qui aurait pour conséquence une diminution de leur diversité dans les zones montagneuses (Askew, 1984; Stone & Schönrogge, 2003; Carneiro *et al.*, 2009).

En revanche, aucune influence de l'altitude a été observée sur la richesse et la diversité des cynipidés inquilines. Cette observation peut s'expliquer par les particularités de leur cycle phénologique étendu, qui les amène à émerger plus tôt ou plus tard que leurs hôtes inducteurs afin d'éviter la compétition (Askew, 1984; Schönrogge & Crawley, 2000) . Par conséquent, il est possible que cela puisse atténuer les impacts des phénomènes climatiques extrêmes en altitude élevée.

#### **IV.4 Influence des parasitoïdes sur la diversité des cynipidés gallicoles**

Les résultats ont montré que les parasitoïdes présentaient des abondances et diversités très élevées dans les habitats haute altitude et des abondances et diversités très faibles dans les habitats bas altitude, ce schéma observé peut être attribué aux niveaux d'humidité élevés dans les habitats de haute altitude, propices au parasitisme. Ce résultat est cohérent avec l'étude de Serrano-Muñoz *et al.*, (2022), qui a révélé une corrélation significative et positive entre l'altitude et l'abondance et la diversité des espèces de parasitoïdes liés aux galles de *Quercus rugosa*. Les stratégies de cycle de vie de l'hôte et du parasitoïde influencent la relation entre l'altitude et le parasitisme des insectes (Péré *et al.*, 2013), les changements climatiques le long des gradients d'altitude peuvent avoir un impact direct sur le comportement d'accouplement, de recherche de nourriture et de ponte des parasitoïdes adultes (Hance *et al.*, 2007). Cependant, les chalcidoïdes dans leur phase de développement et de croissance à l'intérieur des galles sont moins affectés par les variations extrêmes de température et d'humidité à différentes altitudes ; ceci s'explique par l'hypothèse du microenvironnement, qui suggère que les tissus biliaries protègent les galles des conditions abiotiques défavorables (Stone & Schönrogge, 2003). De plus, tant que ces chalcidoïdes sont des parasitoïdes d'insectes endophages, ils peuvent présenter moins de sensibilité aux conditions climatiques difficiles ou extrêmes que les

## DISCUSSION

parasitoïdes d'insectes ectophages, selon les travaux de Péré *et al.*, (2013). Les caractéristiques morphologiques et architecturales des galles, y compris leur taille, l'épaisseur de leur paroi, leur dureté et leur maturité, peuvent contribuer à la défense contre les attaques de parasitoïdes (Price & Clancy, 1986; Stone & Schönrogge, 2003). Néanmoins, les traits mentionnés peuvent être modifiés et adaptés en raison des circonstances climatiques spécifiques de l'habitat où se trouvent les galles (Campos *et al.*, 2023 ; Woods *et al.*, 2021). Ces variables, à leur tour, peuvent avoir un impact sur la capacité des parasitoïdes à attaquer efficacement les insectes galligènes (Washburn & Cornell, 1981; Schönrogge & Crawley, 2000). Zargaran *et al.*, (2011) ont étudié les galles de *Cynips quercusfolii*. Ils ont trouvé des galles plus grandes avec des parois plus épaisses sur le côté sud des chênes dans un climat caractérisé par une humidité élevée et des températures basses. Ces galles présentaient un pourcentage de parasitisme plus faible. À partir des informations susmentionnées, il est probable que les galles du chêne sur *Quercus faginea* trouvées à basse altitude présentent des caractéristiques morphologiques qui les rendent plus résistantes aux attaques de parasitoïdes que celles trouvées à haute altitude. Cependant, des recherches supplémentaires doivent examiner la relation entre les caractéristiques morphologiques des galles du chêne et les changements d'altitude.

D'autres propositions pourraient être avancées pour expliquer la grande diversité des parasitoïdes dans les hautes altitudes. Il est suggéré que les températures estivales élevées puissent contraindre les parasitoïdes adultes à se déplacer vers les basses altitudes, favorisant ainsi leur migration vers des habitats plus élevés pendant la saison estivale et leur retour au printemps. En outre, la plupart des parasitoïdes associés aux galles du chêne zéen sont des espèces généralistes polyphages capables de changer d'hôte (Askew *et al.*, 2013). Ainsi, il est envisageable qu'une abondante présence de chêne-liège dans les écosystèmes de basse altitude fournisse des hôtes supplémentaires ou des préférences pour les parasitoïdes, ce qui pourrait conduire à une diminution de l'abondance de ces parasitoïdes chez les chênes zeens situés en basse altitude.

Les résultats de notre étude ont indiqué un effet négatif substantiel de taux de parasitisme sur l'abondance des cynipidés inducteurs des galles de chêne zeen. Tout d'abord, ces résultats soutiennent l'idée que les parasitoïdes influencent la population de cynipidés inducteurs de galles ( Stone *et al.*, 2002). Ensuite, ils peuvent nous fournir une explication du modèle de distribution observé de ces cynipidés. Le taux de parasitisme très élevé en haute altitude a une influence essentielle sur l'émergence des cynipidés. Cela entraîne une diminution du nombre des cynipidés inducteurs de galles. Cependant, le taux de parasitisme très faible à basse altitude

## DISCUSSION

a un impact minimal sur l'émergence des cynipidés. Il en résulte une libération écologique de la population d'hôtes (cynipidés), ce qui explique l'incroyable abondance des cynipidés dans ces habitats ; cela correspond aux mécanismes qui expliquent l'incroyable richesse des insectes galligènes dans les environnements difficiles en impliquant l'action des ennemis naturels et des champignons, où la régulations des populations des insectes des galles dans les habitats arides pourrait être compromise, ce qui entraînerait la radiation de ces insectes dans ces environnements (Fernandes & Price, 1988 ,Kechrid *et al.*, 2025a).

### V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Lors de cette étude, les mises à jour concernant les Cynipidés gallicoles et leurs parasitoïdes ont été documentées dans la région nord-est de l'Algérie, mettant en évidence une grande diversité de ces insectes dans cette zone. Ceci peut être interprété comme une contribution aux recensements de cette catégorie d'insectes. Cependant, il est indéniable que cet inventaire n'est pas exhaustif, d'autres cynipidés gallicoles et leurs parasitoïdes pourraient être identifiés dans la région. Il serait préférable, à l'avenir, de mettre en place un catalogue des Cynipidés gallicoles du chêne particulier, à l'ensemble de l'Algérie, voire à l'ensemble du Nord de l'Afrique.

L'étude de distribution des galles de cynipidés en fonction de la saison nous a permis indirectement de connaître la phénologie du cycle de vie de leurs inducteurs. Une grande abondance et diversité de galles matures ont été enregistrées en automne et en hiver, ce phénomène s'explique par la phase finale du développement de leurs inducteurs, indiquant le moment où ces derniers se préparent à émerger. Cette étude a révélé que les modèles de diversité des cynipidés gallicoles sont influencés par deux facteurs clés : Le premier facteur est constitué par les facteurs environnementaux, en particulier la température et l'humidité. Nous avons démontré que l'altitude exerce un impact significatif sur la diversité et la structure des cynipidés des galles de chêne Zeen. Cette observation s'explique par les variations des facteurs environnementaux le long du gradient altitudinal, lesquelles peuvent avoir un effet direct sur les cynipidés galliques adultes ou un effet indirect, médié par leurs arbres hôtes ou leurs ennemis naturels. Le deuxième facteur concerne les parasitoïdes chalcides, pour lesquels il a été démontré qu'ils se différencient par leur parasitisme à des altitudes variées. L'impact significatif du taux élevé de parasitisme en haute altitude sur la dynamique d'émergence des cynipidés est indéniable. Ceci conduit à une réduction de la densité de la population des cynipidés inducteurs de galles. Néanmoins, l'impact limité du parasitisme à basse altitude sur l'émergence des cynipidés entraîne une libération écologique de leurs hôtes. L'examen combiné de ces facteurs confère une particularité à notre étude et revêt une importance cruciale pour approfondir notre compréhension des éléments biotiques et abiotiques qui influencent la distribution spatiale des insectes galliques.

En dépit de la grande richesse et diversité des cynipidés galliques dans la région nord-est de l'Algérie, les dommages qu'ils causent ne sont pas considérables, même ceux qui se focalisent principalement sur les bourgeons de chêne zeen tels que *Andricus quercustozae* *Andricus hispanicus*, *Andricus grossulariae* ainsi que sur les glands de chêne liège comme

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

*Callirhytis glandium* et sur les glands de chêne zeen comme *Andricus pictus*. Leur présence est éloignée d'une infestation massive susceptible de causer des dommages considérables. La détection des espèces de *Plagiotrochus amenti* dans la région est perçue comme un signal d'alerte, étant donné que ces espèces sont reconnues comme étant particulièrement préjudiciables pour les chênes-lièges et susceptibles d'occasionner des dommages économiques significatifs. Heureusement, leur présence est très limitée et contrôlée par leur faune de parasitoïdes associés. Par conséquent, nous devons procéder à des contrôles sanitaires réguliers de nos arbres, en particulier en raison de la menace majeure que représentent les réchauffements climatiques, pouvant perturber la régulation des cynipidés par leur parasitoïde.

Il serait donc recommandable à l'avenir de renforcer nos connaissances sur les populations de parasitoïdes, d'améliorer notre compréhension de leur comportement et de leur biologie. Il serait également souhaitable d'approfondir l'étude des mécanismes de régulation des cynipidés par les parasitoïdes, un domaine encore largement peu connu.

De plus, il serait préférable d'analyser les impacts des facteurs environnementaux sur les tailles et les formes des galls, pouvant ainsi influencer indirectement leur faune associée.

D'autres recherches peuvent être menées, telles que l'analyse de l'incidence indirecte de la fertilité des sols sur les schémas de diversité des cynipidés.

Enfin, il est essentiel d'établir un dispositif de suivi de la santé des forêts de chênes, afin d'assurer leur gestion en conformité avec les principes du développement écologique.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

- Abe, Y. (1986). Taxonomic status of the *Andricus mukaigawae* complex and its speciation with geographic parthenogenesis (Hymenoptera: Cynipidae). *Applied entomology and Zoology*, 21(3), 436-447.
- Al Khatib, F., Cruaud, A., Fusu, L., Borowiec, N., Gibson, G., Rasplus, J.-Y., Ris, N., & Delvare, G. (2014). An integrative approach to species discrimination in the *Eupelmus urozonus* complex (Hymenoptera, Eupelmidae), with the description of 11 new species from the Western Palearctic. *Systematic Entomology*, 39(4), 806–862. <https://doi.org/10.1111/syen.12089>
- Anslow, F. S., & Shawn, M. J. (2002). An investigation of local alpine terrestrial lapse rates in the Canadian Rockies. *Proceedings of the 32nd Annual Arctic Workshop, INSTAAR, University of Colorado, Boulder*, 1. pp. 45–53.
- Aronson, J., Pereira, J. S., & Pausas, J. G. (2012). *Cork oak woodlands on the edge: Ecology, adaptive management, and restoration*. Island Press. 464 pp.
- Askew, R., Melika, G., Pujade-Villar, J., Schonrogge, K., Stone, G., & Nieves-Aldrey, J.-L. (2013). Catalogue of parasitoids and inquilines in cynipid oak galls in the West Palearctic. *Zootaxa*, 3643, 1-133. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3643.1.1>
- Askew, R. R. (1975). The Organisation of Chalcid-Dominated Parasitoid Communities Centred upon Endophytic Hosts. In P. W. Price (Éd.), *Evolutionary Strategies of Parasitic Insects and Mites* (p. 130-153). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-8732-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-8732-3_7)
- Askew, R. R. (1984). The biology of gall wasps. *Oxford & IBH Publishing Co*, 1, 223-271.
- Atkinson, R. J., McVean, G. A. T., & Stone, G. N. (2002). Use of population genetic data to infer oviposition behaviour : Species-specific patterns in four oak gallwasps (Hymenoptera: Cynipidae). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 269 (1489), 383-390. <https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1820>
- Badía, D., Ruiz, A., Girona, A., Martí, C., Casanova, J., Ibarra, P., & Zufiaurre, R. (2016). The influence of elevation on soil properties and forest litter in the Siliceous Moncayo Massif, SW Europe. *Journal of Mountain Science*, 13(12), 2155-2169. <https://doi.org/10.1007/s11629-015-3773-6>
- Bagatto, G., Paquette, L. C., & Shorthouse, J. D. (1996). Influence of galls of *Phanacis taraxaci* on carbon partitioning within common dandelion, *Taraxacum officinale*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 79(1), 111-117. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1996.tb00815.x>
- Benotmane, K. H., Boukheroufa, M., Sakraoui, R., Sakraoui, F., Centeri, C., Fehér, Á., & Katona, K. (2024). Comparative Effects of Wild Boar (*Sus scrofa*) Rooting on the Chemical Properties of Soils in Natural and Post-Fire Environments of the Edough Forest Massif (Northeastern Algeria). *Land*, 13(3), 382. <https://doi.org/10.3390/land13030382>
- Bonfils, P., Arend, M., Kuster, T., Junod, P., & Günthardt-Goerg, M. (2013). Le chêne face aux changements climatiques. 1ère partie : La croissance. Le chêne, une essence très flexible. *La Forêt*, 7/8, 15-19.
- Bossard, R., Cuisance, P., (1986). *Arbres et arbustes d'ornement des régions tempérées et méditerranéennes : Additif 1986* (Pascal) 32pp.
- Bouandas, A., Belhoucine-Guezouli, L., Oliva, F., Gaouar Semir, B. S., Bendjebbar, K., Vázquez Pardo, F. M., & Pujade-Villar, J. (2024). Morphological and Taxonomic

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Analysis of the *Quercus faginea* and *Quercus canariensis* (Fagaceae) Complexes in Algeria. *International Journal of Plant Biology*, 15(4), 927-943.
- Boucif, a. (2023).** *Diagnostique écologique et structure des peuplements aviens au niveau des forêts de Souk-Ahras (nord-est de l'Algérie)* [PhD Thesis, Université 8 Mai 1945 Guelma].  
<https://dspace.univ-guelma.dz/xmlui/handle/123456789/14582>
- Boucif, A., Bara, M., & Houhamdi, M. (2022).** Ecological Diagnosis and Diversity Structure of the Forest Birds Community in Machroha Forest (Souk Ahras–Northeastern Algeria). *Journal of Bioresource Management*, 9(4), 11–21.
- Boudy, P. (1952).** *Guide du forestier en Afrique du Nord*. La maison rustique. 340pp
- Boudy, P. L. J. (1950).** *Économie forestière nord-africaine : Monographies et traitements des essences forestières*. Éditions Larose. 400pp
- Boukreris, F. (2009).** *Contribution à l'étude des insectes gallicoles des chaînes (hymenoptera : Cynipidae) dans le massif forestier zariéffet-hafir (wilaya de Tlemcen)* [PhD Thesis]. Tlemcen, Université Abou Bekr Belkaïd. Faculté des Science.
- Brooks, S. E., & Shorthouse, J. D. (1998).** Developmental morphology of stem galls of *Diplolepis nodulosa* (Hymenoptera : Cynipidae) and those modified by the inquiline *Periclistus pirata* (Hymenoptera: Cynipidae) on *Rosa blanda* (Rosaceae). *Canadian Journal of Botany*, 76(3), 365-381.  
<https://doi.org/10.1139/b98-001>
- Bugalho, M. N., Caldeira, M. C., Pereira, J. S., Aronson, J., & Pausas, J. G. (2011).** Mediterranean cork oak savannas require human use to sustain biodiversity and ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(5), 278-286.  
<https://doi.org/10.1890/100084>
- Carneiro, M. A. A., Borges, R. A. X., Araújo, A. P. A., & Fernandes, G. W. (2009).** Insetos indutores de galhas da porção sul da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53, 570-592.  
<https://doi.org/10.1590/S0085-56262009000400007>
- Carneiro, M. A. A., Coelho, M. S., & Fernandes, G. W. (2014).** Galls in Brazilian Mountains : New Reports and Perspectives. In G. W. Fernandes & J. C. Santos (Éds.), *Neotropical Insect Galls* (p. 273-293). Springer Netherlands.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-017-8783-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8783-3_16)
- Carneiro, M. A. A., Fernandes, G. W., & De Souza, O. F. F. (2005).** Convergence in the variation of local and regional galling species richness. *Neotropical Entomology*, 34, 547-553.  
<https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000400003>
- Chaker, A., Fekroune, K., Hassaine, A., Slimani, A., Zerari, L., & Moulai, R. (2023).** New data on lichen flora of the Edough Peninsula in north-eastern Algeria. *Botanica Lithuanica*, 29(1), 21–34.  
<https://doi.org/10.35513/Botlit.2023.1.2>
- Chao, A., Gotelli, N., Hsieh, T. C., Sander, E., Ma, K., Colwell, R., & Ellison, A. (2014).** Rarefaction and extrapolation with Hill numbers : A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84, 45-67.  
<https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- Chao, A., & Jost, L. (2012).** Coverage-based rarefaction and extrapolation : Standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533-2547.  
<https://doi.org/10.1890/11-1952.1>
- Chase, M. W., & Reveal, J. L. (2009).** A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(2), 122-127.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Chust, G., Garbin, L., & Pujade-Villar, J. (2007).** Gall wasps and their parasitoids in cork oak fragmented forests. *Ecological Entomology*, 32(1), 82-91.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2006.00850.x>
- Clark-Tapia, R., Rodríguez-Rivera, V., Pujade-Villar, J., Alfonso-Corrado, C., Aguirre-Hidalgo, V., & Tafoya, F. (2022).** Cecidology as an Indirect Method to Estimate Richness and Diversity of Wasp Species at Sierra Fria, Aguascalientes, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 47(1), 147-160.
- Cook, J. M., Rokas, A., Pagel, M., & Stone, G. N. (2002).** Evolutionary shifts between host oak sections and host-plant organs in *Andricus* gall wasps. *Evolution*, 56(9), 1821-1830.
- Cornell, H. (1983).** The Secondary Chemistry and Complex Morphology of Galls Formed by the Cynipinae (Hymenoptera) : Why and How? *American Midland Naturalist*, 110(2), 225-234.  
<https://doi.org/10.2307/2425263>
- Cornell, H. (1999).** Unsaturation and regional influences on species richness in ecological communities : A review of the evidence. *Ecoscience*, 6, 1-13.  
<https://doi.org/10.1080/11956860.1999.11682532>
- Cornell, H. V., & Hawkins, B. A. (1993).** Accumulation of Native Parasitoid Species on Introduced Herbivores : A Comparison of Hosts as Natives and Hosts as Invaders. *The American Naturalist*, 141(6), 847-865.  
<https://doi.org/10.1086/285512>
- Costa, A., Madeira, M., & Plieninger, T. (2014).** Cork oak woodlands patchiness: A signature of imminent deforestation? *Applied Geography*, 54, 18-26.
- Costa, A., Pereira, H., & Oliveira, Á. (2002).** Influence of climate on the seasonality of radial growth of cork oak during a cork production cycle. *Annals of Forest Science*, 59(4), 429-437.
- Csóka, G., N Stone, G., & Melika, G. (2017).** Non-native gall-inducing insects on forest trees : A global review. *Biological Invasions*, 19(11), 3161-3181.  
<https://doi.org/10.1007/s10530-017-1466-5>
- Csóka, G., Stone, G., & Melika, G. (2005).** *Biology, Ecology and Evolution of Gall-inducing Cynipidae* (Science Publishers Inc., p. 573-642).
- Cuevas-Reyes, P., & Nieves-Aldrey, J.-L. (2017).** Diversity of galls induced by wasps (Hymenoptera, Cynipidae, Cynipini) associated with oaks (Fagaceae: Quercus) in Mexico. *Botanical Sciences*, 95(3), 461-477.  
<https://doi.org/10.17129/botsci.1215>
- Dajoz, R. (1999).** *Insects and the forest : Role and diversity of insects in the forest environment*. (Tec&Doc). 410pp.
- Danks, H. V. (2000).** Dehydration in dormant insects. *Journal of Insect Physiology*, 46(6), 837-852.  
[https://doi.org/10.1016/s0022-1910\(99\)00204-8](https://doi.org/10.1016/s0022-1910(99)00204-8)
- Danks, H. V. (2002).** Modification of adverse conditions by insects. *Oikos*, 99(1), 10-24.  
<https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.990102.x>
- Delerue, F., Gonzalez, M., Atlan, A., Pellerin, S., & Augusto, L. (2013).** Plasticity of reproductive allocation of a woody species (*Ulex europaeus*) in response to variation in resource availability. *Annals of Forest Science*, 70(3), 219-228.  
<https://doi.org/10.1007/s13595-012-0260-x>
- Derbal, N. E. H., Abi-Ayad, L., & Bendi-Djelloul, B. G. (2021).** The biodiversity of the oak groves of the Tlemcen Mountains, Algeria. Phytoecological aspects. *European Journal of Biological Research*, 11(4), 434-445.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dillon, M. E., Wang, G., & Huey, R. B. (2010). Global metabolic impacts of recent climate warming. *Nature*, 467(7316), 704-706.  
<https://doi.org/10.1038/nature09407>
- Dreger-Jauffret, F. (1992). Diversity of gallinducing insects and their galls. *Biology of insect-induced galls*, 1, 8-33.
- Durrant, T. H., De Rigo, D., & Caudullo, G. (2016). Quercus suber in Europe: Distribution, habitat, usage and threats. *Eur. Atlas For. Tree Species*, 1, 164-165.
- Eriksson, G., Varela, M. C., Lumaret, R., & Gil, L. (2017). Genetic conservation and management of Quercus suber. *Technical Bulletin. European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), Bioversity International, Rome, Italy, 1*, 1-24.
- Faith, D. P., Minchin, P. R., & Belbin, L. (1987). Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance. *Vegetatio*, 69(1-3), 57-68.  
<https://doi.org/10.1007/BF00038687>
- Feng, C., Wang, H., Lu, N., Chen, T., HE, H., Lu, Y., & Tu, X. M. (2014). Log-transformation and its implications for data analysis. *Shanghai Archives of Psychiatry*, 26(2), 105-109.  
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-0829.2014.02.009>
- Fernandes, G. W., & Price, P. W. (1988). Biogeographical gradients in galling species richness. *Oecologia*, 76(2), 161-167.  
<https://doi.org/10.1007/BF00379948>
- Fernandes, G. W., & Price, P. W. (1992). The adaptive significance of insect gall distribution : Survivorship of species in xeric and mesic habitats. *Oecologia*, 90(1), 14-20.  
<https://doi.org/10.1007/BF00317803>
- Ferreira, B. G., Álvarez, R., Bragança, G. P., Alvarenga, D. R., Pérez-Hidalgo, N., & Isaias, R. M. S. (2019). Feeding and Other Gall Facets: Patterns and Determinants in Gall Structure. *The Botanical Review*, 85(1), 78-106.  
<https://doi.org/10.1007/s12229-019-09207-w>
- Folliot, R. (1964). Contribution à l'étude de la biologie des Cynipides gallicoles (Hyménoptères, Cynipoidea). *nature.Zoology*, 6, 407-564.
- Folliot, R. (1977). Les insectes cecidogenes et la cecidogenese. *Trait Zool Anat systématique, Biol*, 8, 389-429.
- Formiga, A. T., de Oliveira, D. C., Ferreira, B. G., Magalhães, T. A., de Castro, A. C., Fernandes, G. W., & Isaias, R. M. dos S. (2013). The role of pectic composition of cell walls in the determination of the new shape-functional design in galls of Baccharis reticularia (Asteraceae). *Protoplasma*, 250(4), 899-908.  
<https://doi.org/10.1007/s00709-012-0473-8>
- Ghalem, R., Adjami, Y., Daas, H., Ouakid, Mohammed. L., & Pujade-Villar, J. (2016). Doğu Cezayir'de meşe (Quercus suber, Quercus faginea) ormanlarında gal envanteri. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormançılık Dergisi*, 17, 7– 15  
<https://doi.org/10.18182/tjf.05811>
- Ghodbane, L. (2007). *Impact des activités de la population riveraine sur les subéraies du PNEK (cas des subéraies de Bougous)* [Mémoire d'Ingéniorat]. teref.
- Giron, D., Huguet, E., Stone, G. N., & Body, M. (2016). Insect-induced effects on plants and possible effectors used by galling and leaf-mining insects to manipulate their host-plant. *Journal of Insect Physiology*, 84, 70-89.
- Gobbo, E. (2022). *Gall induction in gall wasps (Cynipidae s. lat.): Insights from comparative genomics* [PhD Thesis, Department of Zoology, Stockholm University].

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Godfray, H. C., Hassell, M. P., & Holt, R. D. (1994).** The population dynamic consequences of phenological asynchrony between parasitoids and their hosts. *Journal of Animal Ecology*, 1, 1-10.
- Goméz, J. F., Nieves, M. H., Gayubo, S. F., & Nieves-Aldrey, J. L. (2017).** Terminal-instar larval systematics and biology of west European species of Ormyridae associated with insect galls (Hymenoptera, Chalcidoidea). *ZooKeys*, 644, 51-88.  
<https://doi.org/10.3897/zookeys.644.10035>
- González-Tokman, D., Córdoba-Aguilar, A., Dáttilo, W., Lira-Noriega, A., Sánchez-Guillén, R. A., & Villalobos, F. (2020).** Insect responses to heat: Physiological mechanisms, evolution and ecological implications in a warming world. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 95(3), 802-821.  
<https://doi.org/10.1111/brv.12588>
- Gouri, M., Adjami, Y., Boumaza, M., Kihel, I., Kermiche, K., Houhamdi, M., & Ouakid, M. (2024).** Ecological study of cynipidae galls on cork oak (*Quercus suber*) and zeen oak (*Quercus faginea*) in the Edough forest massif, Eastern Algeria. *Acta Musei Silesiae, Scientiae Naturales*, 73, 209-223.  
<https://doi.org/10.2478/cszma-2024-0012>
- Gullan, P. J., & Cranston, P. S. (2014).** *The insects: An outline of entomology*. John Wiley & Sons.
- Gunderson, A. R., & Stillman, J. H. (2015).** Plasticity in thermal tolerance has limited potential to buffer ectotherms from global warming. *Proceedings. Biological Sciences*, 282(1808), 20150401.  
<https://doi.org/10.1098/rspb.2015.0401>
- Haavik, L. J., & Stephen, F. M. (2023).** Insect Ecology. In J. D. Allison, T. D. Paine, B. Slippers, & M. J. Wingfield (Éds.), *Forest Entomology and Pathology: Volume 1: Entomology* (p. 91-113). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-031-11553-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-11553-0_4)
- Haddar, L., Doumandji, S., & Pujade Villar, J. (2016).** Les Cynipini et les Synergini dans les massifs de l'Akfadou et Beni-Ghobri (Algérie), présences de quelques espèces sur des hôtes atypiques (Hym., Cynipidae). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, 40(3-4), 479-493.
- Hammor, D., & Lancelot, J. (1998).** Miocene metamorphism of pan-African granites in the Edough Massif (NE Algeria). *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences. Serie 2, Sciences de la Terre et des Planetes*, 1, 391-396.
- Hamza, S., & Wafa, H. (2024).** HEALTH STATUS OF A CORK OAK (*QUERCUS SUBER* L.) STANDS IN THE SERAÏDI (EDOUGH) STATE FOREST IN NORTHEASTERN ALGERIA. *Sustainable Development*, 14(1), 45-58.  
<https://doi.org/10.31924/nrsd.v14i1.151>
- Hance, T., van Baaren, J., Vernon, P., & Boivin, G. (2007).** Impact of Extreme Temperature on Parasitoids in a Climate Change Perspective. *Annual Review of Entomology*, 52, 107-126.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091333>
- Harper, L. J., Schönrogge, K., Lim, K. Y., Francis, P., & Lichtenstein, C. P. (2004).** Cynipid galls : Insect-induced modifications of plant development create novel plant organs. *Plant, Cell & Environment*, 27(3), 327-335.  
<https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2004.01145.x>
- Hayward, A. (2005).** *Evolution and ecology of oak gall wasp communities*. Thesis submitted for the degree of Doctorat, The University of Edinburgh ZsIs11
- Hayward, A., & Stone, G. N. (2005).** Oak gall wasp communities: Evolution and ecology. *Basic and Applied Ecology*, 6(5), 435-443.  
<https://doi.org/10.1016/j.baae.2005.07.003>

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Heraty, J. M., Burks, R. A., Cruaud, A., Gibson, G. A. P., Liljeblad, J., Munro, J., Rasplus, J.-Y., Delvare, G., Janšta, P., Gumovsky, A., Huber, J., Woolley, J. B., Krogmann, L., Heydon, S., Polaszek, A., Schmidt, S., Darling, D. C., Gates, M. W., Mottern, J., ... Yoder, M. (2013). A phylogenetic analysis of the megadiverse Chalcidoidea (Hymenoptera). *Cladistics: The International Journal of the Willi Hennig Society*, 29(5), 466-542.  
<https://doi.org/10.1111/cla.12006>
- Hodkinson, I. D. (2005). Terrestrial insects along elevation gradients: Species and community responses to altitude. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 80(3), 489-513.  
<https://doi.org/10.1017/s1464793105006767>
- Höglund, S., Rönnerberg-Wästljung, A. C., Berlin, S., & Larsson, S. (2015). Willow resistance to a galling insect is driven by a lack of induced susceptibility not an induced defense. *Arthropod-Plant Interactions*, 9(5), 447-455.  
<https://doi.org/10.1007/s11829-015-9389-5>
- Hothorn, T., Bretz, F., Westfall, P., Heiberger, R. M., Schuetzenmeister, A., & Scheibe, S. (2025). *multcomp : Simultaneous Inference in General Parametric Models* (Version 1.4-28) [Logiciel]. <https://cran.r-project.org/web/packages/multcomp/index.html>
- Hsieh, T. C., & Chao, K. H. M. and A. (2024). *iNEXT : Interpolation and Extrapolation for Species Diversity* (Version 3.0.1) [Logiciel].  
<https://cran.r-project.org/web/packages/iNEXT/index.html>
- Ide, T., Kusumi, J., Miura, K., & Abe, Y. (2018). Gall inducers arose from inquilines: Phylogenetic position of a gall-inducing species and its relatives in the inquiline tribe Synergini (Hymenoptera: Cynipidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 111(1), 6-12.
- Janšta, P., Cruaud, A., Delvare, G., Genson, G., Heraty, J., Křížková, B., & Rasplus, J.-Y. (2018). Torymidae (Hymenoptera, Chalcidoidea) revised: Molecular phylogeny, circumscription and reclassification of the family with discussion of its biogeography and evolution of life-history traits. *Cladistics: The International Journal of the Willi Hennig Society*, 34(6), 627-651.  
<https://doi.org/10.1111/cla.12228>
- Jara-Chiquito, J. L., Pujade-Villar, J., & Pujade-Villar, J. (2022). *Clé de détermination des espèces de parasitoïdes (Hym. : Chalcidoidea) du bechnut blight en Catalogne et commentaires sur son évolution dans la lutte contre Dryocosmus kuriphilus (Hym. : Cynipini)*. 33.
- Jiang, Y., Veromann-Jürgenson, L.-L., Ye, J., & Niinemets, Ü. (2018). Oak gall wasp infections of Quercus robur leaves lead to profound modifications in foliage photosynthetic and volatile emission characteristics. *Plant, Cell & Environment*, 41(1), 160-175.  
<https://doi.org/10.1111/pce.13050>
- Joseph, M., Gentles, M., & Pearse, I. (2011). The parasitoid community of Andricus quercuscalifornicus and its association with gall size, phenology, and location. *Biodiversity and Conservation*, 20, 203-216.  
<https://doi.org/10.1007/s10531-010-9956-0>
- Kechrid, R., Adjami, Y., Kermiche, K., and Ouakid, M. L. (2025a). How natural enemies shape gall wasp diversity in oak cynipid communities. *Afr. J. Ecol.* 63:e70037.
- Kechrid, R., Adjami, Y., Kermiche, K. & Ouakid, M.L. (2025b). Parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea) associated with oak gall wasps (Hymenoptera:

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Cynipidae) in northeastern Algeria. *Zootaxa*, 5647 (6), 541–557.  
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.5647.6.3>
- Kieffer, J.-J. (1897).** *Monographie des Cynipedes d'Europe et d'Algérie, Species des Hyménoptères d'Europe et d'Algérie (Vol. 7)*. Froment-Dubosclard, Paris. , 816 pp.
- Körner, C. (2000).** Why are there global gradients in species richness? Mountains might hold the answer [1]. *Trends in Ecology and Evolution*, 15, 513-514.  
[https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)02004-8](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)02004-8)
- Körner, C. (2007).** The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(11), 569-574.  
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.09.006>
- Kumar, S., Suyal, D. C., Yadav, A., Shouche, Y., & Goel, R. (2019).** Microbial diversity and soil physiochemical characteristic of higher altitude. *PLoS One*, 14(3), e0213844.
- Labandeira, C. C. (2021).** Ecology and evolution of gall-inducing arthropods: The pattern from the terrestrial fossil record. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 632449.
- Laribi, M., Derridj, A., & Acherar, M. (2008).** Phytosociologie de la forêt caducifoliée à chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd.) dans le massif d'Ath Ghobri-Akfadou (Grande Kabylie, Algérie). *Fitosociologia*, 45(2), 77-92.
- Lazli, A., Beldi, M., Ghouri, L., & Houda Nouri, N. E. (2019).** Étude ethnobotanique et inventaire des plantes médicinales dans la région de Bougous (Parc National d'El Kala, - Nord-est algérien). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*. 88, 85–104.  
<https://doi.org/10.25518/0037-9565.8429>
- Leckey, E. H., & Smith, D. M. (2015).** Host fidelity over geologic time: Restricted use of oaks by oak gallwasps. *Journal of Paleontology*, 89(2), 236-244.
- Leïla, T., Tarek, H., Amel, M.-H., & Gérard, de B. (2021).** Analysis of rare and endemic flora in northeastern Algeria: The case of the wilaya of Souk Ahras. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 90, 45–62.  
<https://doi.org/10.25518/0037-9565.10514>
- Liljeblad, J. (2002).** *Phylogeny and evolution of gall wasps:(Hymenoptera: Cynipidae)* [PhD Thesis, Department of Zoology, Stockholm University].
- Lobato-Vila, I., Bae, J., Roca-Cusachs, M., Kang, M., Jung, S., Melika, G., Péntzes, Z., & Pujade-Villar, J. (2022).** Global phylogeny of the inquiline gall wasp tribe Synergini (Hymenoptera: Cynipoidea: Cynipidae): first insights and establishment of a new cynipid tribe. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 195(4), 1338-1354.  
<https://doi.org/10.1093/zoolinnea/zlab085>
- Lobato-Vila, I., Cibrian, D., Ruiz, U. M., Equihua-Martínez, A., Estrada-Venegas, E., Buffington, M., & Pujade-Villar, J. (2019).** Review of the *Synergus* Hartig species (Hymenoptera : Cynipidae: Synergini) associated with tuberous and other tumor-like galls on oaks from the New World with the description of three new species from Mexico. *Proceedings- Entomological Society of Washington*, 121, 193-255.  
<https://doi.org/10.4289/0013-8797.121.2.193>
- Lotfallzadeh, H., Delvarr, G., & Rasplus, J.-Y. (2007).** Phylogenetic analysis of Eurytominae (Chalcidoidea: Eurytomidae) based on morphological characters. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 151(3), 441-510.  
<https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2007.00308.x>
- Maldonado-López, Y., Cuevas-Reyes, P., & Oyama, K. (2016).** Diversity of gall wasps (Hymenoptera : Cynipidae) associated with oak trees (Fagaceae: *Quercus*) in a fragmented landscape in Mexico. *Arthropod-Plant Interactions*, 10(1), 29-39.  
<https://doi.org/10.1007/s11829-015-9404-x>
- Mani, M. S. (2013).** *Ecology of plant galls*. Springer. New Delhi, 250 pp.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Marchal, P. (1897).** NOTES D'ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE SUR UNE EXCURSION EN ALGÉRIE ET EN TUNISIE. *Memories de la Société zoologique*, 10, 13-25.
- Marchal, P. (1900).** *Notes biologiques sur les chalcidiens et proctotrypides obtenus par voie d'élevage pendant les années 1896* (Vol. 69, p. 1-750). La Société.
- Markel, K., Novak, V., Bowen, B. P., Tian, Y., Chen, Y.-C., Sirirungruang, S., Zhou, A., Louie, K. B., Northen, T. R., & Eudes, A. (2024).** Cynipid wasps systematically reprogram host metabolism and restructure cell walls in developing galls. *Plant physiology*, 195(1), 698-712.
- Martonne, E. de. (1926).** L'indice d'aridité. *Bulletin de l'Association de géographes français*, 3(9), 3-5.
- McKight, P., & Najab, J. (2010).** *Kruskal-Wallis Test*. In: *The Corsini Encyclopedia of Psychology* (Vol. 1, pp. 1–2). Wiley, Hoboken, NJ  
<https://doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0491>
- Mechergui, K., Jaouadi, W., & Amari, Y. (2022).** Le chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd.) en Tunisie : Écologie, production, état de dégradation et les pratiques d'aménagement. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 10(1), 15–28.
- Mechergui, T., Pardos, M., Boussaidi, N., Jacobs, D. F., & Catry, F. X. (2023).** Problems and solutions to cork oak (*Quercus suber* L), *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 16 (1), 10-22  
<https://doi.org/10.3832/ifor3945-015>
- Meddour, R. (1993).** Analyse phytosociologique de la chênaie caducifoliée mixte de Tala Kitane (Akkfadou, Algérie). *Ecologia Mediterranea*, 19, 43-51.  
<https://doi.org/10.3406/ecmed.1993.1720>
- Melika, G., Csóka, G., & Pujade-Villar, J. (2000).** Check-list of oak gall wasps of Hungary, with some taxonomic notes (Hymenoptera: Cynipidae, Cynipinae, Cynipini). *Annales historico-naturales musei nationalis hungarici*, 92, 265-296.
- Melika, Ж. (2018).** Oak gallwasps of Ukraine (Hymenoptera: Cynipidae, Cynipini). *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*, 44, 39-54.
- Menaâ, M., REBBAH, A. C., & MAAZI, M. C. (2020).** ÉVALUATION DE LA BIODIVERSITÉ DES PEUPELEMENTS DE COLÉOPTÈRES DANS TROIS TYPES D'HABITATS FORESTIERS (*QUERCUS SUBER*, *QUERCUS CANARIENSIS*, FORÊT MIXTE) DE LA FORÊT DE OULED BECHIH, NORD-EST DE L'ALGÉRIE. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 145(1)
- Messaoudène, M., Tafer, M., Loukkas, A., & Marchal, R. (2008).** Propriétés physiques du bois de chêne zéen de la forêt des Aït Ghobri (Algérie). *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 298, 37-48.
- Miller, T., Louda, S., Rose, K., & Eckberg, J. (2009).** Impacts of insect herbivory on cactus population dynamics: Experimental demography across an environmental gradient. *Ecological Monographs*, 79, 155-172.  
<https://doi.org/10.1890/07-1550.1>
- Moran, N. A. (1992).** The evolution of aphid life cycles. *Annual Review of Entomology*, 37, 321–348.
- Mounia, B. (2017).** *Inventaire et identification des Basidiomycètes de la forêt de M'Sila (Oran)*. [PhD Thesis , université Oran].  
<https://dspace.univ-oran1.dz/handle/123456789/2154>
- Naima, B., Kouider, C., & Brahim, B. (2019).** *Quercus faginea* subsp. *Tlemcenensis* Stands in the Moutas Reserve (Tlemcen, Northwest Algeria). *American Journal of Plant Sciences*, 11(1), 1–9.  
<https://doi.org/10.4236/ajps.2020.111007>

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Nieves-Aldrey, J. L., & Medianero, E. (2010). *Agastoroxenia panamensis*, a new genus and species of inquiline oak gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae: Synergini) of the Neotropics. *Annals of the Entomological Society of America*, 103(4), 492-499.
- Nieves-Aldrey, José, Museo Nacional de Ciencias Naturales (Spain), & Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Spain). (2001). *Fauna Iberica. Vol. 16 : Hymenoptera, Cynipidae*. Museo Nacional de Ciencias Naturales y Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 500 pp.
- Nyman, T., & Julkunen-Tiitto, R. (2000). Manipulation of the phenolic chemistry of willows by gall-inducing sawflies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(24), 13184-13187.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.230294097>
- Okoye, K., & Hosseini, S. (2024). *Mann–Whitney U Test and Kruskal–Wallis H Test Statistics in R* (p. 225-246).  
[https://doi.org/10.1007/978-981-97-3385-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-97-3385-9_11)
- Oksanen, J., Simpson, G. L., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O’Hara, R. B., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., Caceres, M. D., Durand, S., ... Borman, T. (2025). *vegan : Community Ecology Package* (Version 2.6-10) [Logiciel]. Oularbi, A., & Zeghiche, A. (2009). Sensibilité à l’érosion du massif cristallophyllien de l’Edough (Nord-Est Algérie). *Synthèse : Revue des Sciences et de la Technologie*, 20, 58-72.
- Pausas, J. G. (1997). Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire. *Journal of Vegetation Science*, 8(5), 703-706.  
<https://doi.org/10.2307/3237375>
- Peacock, A. J. (1998). Oxygen at high altitude. *Bmj*, 317(7165), 1063-1066.
- Pénzes, Z., Melika, G., Bozsóki, Z., Bihari, P., Mikó, I., Tavakoli, M., Pujade-Villar, J., FEHÉR, B., Fülöp, D., Szabó, K., Bozsó, M., SIPOS, B., Somogyi, K., & Stone, G. (2009). Systematic re-appraisal of the gall-usurping wasp genus *Synophrus* Hartig, 1843 (Hymenoptera : Cynipidae: Synergini). *Systematic Entomology*, 34, 688-711.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2009.00482.x>
- Péré, C., Jactel, H., & Kenis, M. (2013). Response of insect parasitism to elevation depends on host and parasitoid life-history strategies. *Biology Letters*, 9(4), 20130028.  
<https://doi.org/10.1098/rsbl.2013.0028>
- Plantard, O., & Hochberg, M. (1998). Factors Affecting Parasitism in the Oak-Galler *Neuroterus quercusbaccarum* (Hymenoptera : Cynipidae). *Oikos*, 81, 289.  
<https://doi.org/10.2307/3547049>
- Price, P. W., & Clancy, K. M. (1986). Interactions Among Three Trophic Levels: Gall size and Parasitoid Attack. *Ecology*, 67(6), 1593-1600.  
<https://doi.org/10.2307/1939090>
- Pujade Villar, J. (1991). *Contribució al coneixement dels cinípids cecidògens dels arbres i arbusts de Catalunya, dels cinípids associats a aquests i dels seus paràsits* [PhD Thesis, Universitat de Barcelona].
- Pujade Villar, J. P., Bellido, D., López, G. S., & Melika, G. (2001). Current state of knowledge of heterogony in Cynipidae (Hymenoptera, Cynipoidea). *Sessió Conjunta d’Entomologia*, 87-107.
- Pujade-Villar, J., Askew, R. R., Grami, M., & Jamâa, M. (2010). Sur *Synophrus olivieri* (Hymenoptera, Cynipidae) et ses parasitoïdes (Hymenoptera, Chalcidoidea) trouvés dans la chaîne montagneuse de Khmir (Tunisie). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 47, 383–387.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Pujade-Villar, J., Bellido, D., & Folliot, R. (2003).** The life cycle of « *Andricus hispanicus* » (Hartig, 1856) n. stat., a sibling species of « *A. kollari* » (Hartig, 1843) (Hymenoptera: Cynipidae). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural* ; Núm : 71, 71–80.
- Pujade-Villar, J., Boukreris, F., & Saimi, F. (2010).** Cynipidés gallicoles (Hymenoptera, Cynipidae) trouvées sur *Quercus suber* et *Q. faginea* dans le massif forestier de Hafir-Zarieffet (Tlemcen, Algérie) et mise à jour de la connaissance des Cynipini algériens. *esp. Ent*, 34(1-2), 83-198.
- Pujade-Villar, J., Jamâa, M.-L. B., & de, U. (2010).** *The Gall Wasp Plagiotrochus amenti Potentially Dangerous for the Cork Oak Found for the First Time in Tunisia*. 5(2), 6-12
- Pujade-Villar, J., Mata-Casanova, N., Ben-Jamâa, M. L., Ouakid, M., Adjami, Y., Ghanem, R., Bouhraoua, R., Boukreris, F., Benia, F., Messaoudene, M., & Haddar, L. (2012).** Les cynipidés gallicoles des chênes d'Afrique du Nord : Espèces curieuses et espèces potentiellement dangereuses (Hymenoptera : Cynipidae). *wprs Bulletin*, 76, 225-232.
- Pujade-Villar, J., Melika, G., & Cuesta-Porta, V. (2025).** Structure and Function of Oak Gall Wasps. In D. C. D. Oliveira & R. M. D. S. Isaias (Éds.), *Plant Galls* (p. 313-347). Springer Nature Switzerland.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-031-80064-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-031-80064-1_15)
- Pujade-Villar, J., Wang, Y., Guo, R., Cuesta-Porta, V., Arnedo, M. A., & Melika, G. (2020).** Current status of *Andricus maire*(Kieffer), with synonymization of two species from China (Hymenoptera : Cynipidae). *Zootaxa*, 4808(3), 401–430.  
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4808.3.6>
- Puspasari, L., Buchori, D., Ubaidillah, R., Triwidodo, H., & Hidayat, P. (2021).** Diversity of insect galls associated with *Eucalyptus alba* & *E. urophylla* in altitudinal zones in Timor Island, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(3), 1234–1245.  
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d220715>
- Quézel, P., & Bonin, G. (1980).** Les forêts feuillues du pourtour méditerranéen : Constitution, écologie, situation actuelle, perspectives. *Revue forestière française*, 32(3), 253-268.
- Quezel, P., & Santa, S. (1962).** *New flora of Algeria and southern desert regions*. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris 1170pp.
- R The R Project for Statistical Computing. (2024).** Consulté 12 février 2025, à l'adresse <https://www.r-project.org/>
- Rabhi, K. (2011).** *Ajustement de modèles hauteur–circonférence–âge pour le chêne zéen (Quercus canariensis Willd.) dans la forêt d'Akfadou (Tizi ousou) ; effet de la densité et de la station* [PhD Thesis, Université de Tlemcen-Abou Bekr Belkaid].
- Raman, A. (1984).** Gall insect-host plant relationships—An ecological perspective. *Proceedings: Animal Sciences*, 93(4), 293-300.  
<https://doi.org/10.1007/BF03186248>
- Raman, A. (2007).** Insect-induced plant galls of India: Unresolved questions. *Current Science*, 1, 748-757.
- Ramos, L. F., Solar, R. R. C., Santos, H. T., & Fagundes, M. (2019).** Variation in community structure of gall-inducing insects associated with a tropical plant supports the hypothesis of competition in stressful habitats. *Ecology and Evolution*, 9(24), 13919-13930.  
<https://doi.org/10.1002/ece3.5827>

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Rohfritsch, O., & Shorthouse, J. D. (1992).** *Biology of insect-induced galls*. Oxford University Press.
- Ronquist, F. (1994).** Evolution of parasitism among closely related species: Phylogenetic relationships and the origin of inquilinism in gall wasps (Hymenoptera, Cynipidae). *Evolution*, 48(2), 241-266.
- Ronquist, F., & Liljeblad, J. (2001).** Evolution of the gall wasp-host plant association. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 55(12), 2503-2522.  
<https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2001.tb00765.x>
- Ronquist, F., Nieves-Aldrey, J.-L., Buffington, M. L., Liu, Z., Liljeblad, J., & Nylander, J. A. A. (2015).** Phylogeny, Evolution and Classification of Gall Wasps: The Plot Thickens. *PLoS ONE*, 10(5), e0123301.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123301>
- Ronquist, F., & Nordlander, G. (1989).** Skeletal morphology of an archaic cynipoid, *Ibalia rufipes* (Hymenoptera : Ibalidae). *Entomologica Scandinavica. Supplementum*, 33, 1–78.
- Saighi, L. (2013).** *Etude de l'état sanitaire de la subéraie de Ouled Bechih. Effet des facteurs biotiques*. [PhD Thesis, UNIVERSITE souk ahras].  
<https://www.univ-soukahras.dz/en/publication/article/732>
- Sardin, T., Micheneau, C., Nicolas, L., Claude, S., & François, D. (2022).** Chêne sessile et chêne pédonculé face au changement climatique : Quels choix sylvicoles ? *Rendez-vous Techniques de l'ONF*, 76, 18-25.
- Schirone, B., Spada, F., Simeone, M. C., & Vessella, F. (2015).** *Quercus suber* Distribution Revisited. In E. O. Box & K. Fujiwara (Éds.), *Warm-Temperate Deciduous Forests around the Northern Hemisphere* (p. 181-212). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-01261-2\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-01261-2_11)
- Schmucki, D. A., & Philipona, R. (2002).** Ultraviolet radiation in the Alps : The altitude effect. *Optical Engineering*, 41(12), 3090-3095.
- Schönrogge, K., & Crawley, M. J. (2000).** Quantitative webs as a means of assessing the impact of alien insects. *The Journal of Animal Ecology*, 69(5), 841-868.  
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2000.00443.x>
- Schönrogge, K., Harper, L. J., Brooks, S. E., Shorthouse, J. D., & Lichtenstein, C. P. (1998).** Reprogramming plant development : Two approaches to study the molecular mechanism of gall formation. *UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE FOREST SERVICE GENERAL TECHNICAL REPORT NC,1*, 153-160.
- Schönrogge, K., Stone, G. N., & Crawley, M. J. (1996).** Abundance Patterns and Species Richness of the Parasitoids and Inquilines of the Alien Gall-Former *Andricus quercuscalicis* (Hymenoptera : Cynipidae). *Oikos*, 77(3), 507-518.  
<https://doi.org/10.2307/3545940>
- Serrano-Muñoz, M., Pujade-Villar, J., Lobato-Vila, I., Valencia-Cuevas, L., Mussali-Galante, P., Castillo-Mendoza, E., Callejas-Chavero, A., & Tovar-Sánchez, E. (2022).** Influence of elevation gradient on Cynipid galls and their associated insect communities : The case of *Quercus rugosa* (Fagaceae). *Arthropod-Plant Interactions*, 16(5), 401-421.  
<https://doi.org/10.1007/s11829-022-09911-2>
- Slimani, A., Serradj, A. A. M., Hamel, T., & Coste, C. (2013).** Contribution a l'étude de la flore lichénique dans la zénaie de Bougous (foret de Ramel Tonal) au niveau du Parc National d'El Kala Nord Est Algérien. *Synthèse : revue des sciences et de la technologie*, 27, 22-29.
- Stewart, P. H. (1969).** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bull. soc. hist. nat. agro*, 1, 24-25.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Stone, G. N., & Schönrogge, K. (2003). The adaptive significance of insect gall morphology. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(10), 512-522.  
[https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00247-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00247-7)
- Stone, G., Schonrogge, K., Atkinson, R., Bellido, D., & Pujade-Villar, J. (2002). The Population Biology of Oak Gall Wasps (Hymenoptera: Cynipidae). *Annual review of entomology*, 47, 633-668.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145247>
- Taper, M. L., Zimmerman, E. M., & Case, T. J. (1986). Sources of mortality for a cynipid gall-wasp (*Dryocosmus dubiosus* (Hymenoptera: Cynipidae)): The importance of the Tannin/Fungus interaction. *Oecologia*, 68(3), 437-445.  
<https://doi.org/10.1007/BF01036752>
- Touafchia, B., Rached-Kanouni, M., KADI, Z., REDJAIMIA, L., ZERROUKI, A., & ABABSA, L. (2022). Structure et régénération de chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd., 1809) de la forêt d'Ouled Bechih (Souk Ahras-Algérie). *Revue des BioRessources*, 12(1), 73-86.
- Ward, A. K. G., Bagley, R. K., Egan, S. P., Hood, G. R., Ott, J. R., Prior, K. M., Sheikh, S. I., Weinersmith, K. L., Zhang, L., Zhang, Y. M., & Forbes, A. A. (2022). Speciation in Nearctic oak gall wasps is frequently correlated with changes in host plant, host organ, or both. *Evolution*, 76(8), 1849-1867.  
<https://doi.org/10.1111/evo.14562>
- Washburn, J., & Cornell, H. (1981). Parasitoids, Patches, and Phenology: Their Possible Role in the Local Extinction of a Cynipid Gall Wasp Population. *Ecology*, 62, 1597.  
<https://doi.org/10.2307/1941515>
- Weld, L. H. (1959). *Cynipid galls of the eastern United States*. Privately printed.
- Weltzin, J. F., Loik, M. E., Schwinning, S., Williams, D. G., Fay, P. A., Haddad, B. M., Harte, J., Huxman, T. E., Knapp, A. K., Lin, G., Pockman, W. T., Shaw, R. M., Small, E. E., Smith, M. D., Smith, S. D., Tissue, D. T., & Zak, J. C. (2003). Assessing the Response of Terrestrial Ecosystems to Potential Changes in Precipitation. *BioScience*, 53(10), 941-952.  
[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0941:ATROTE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0941:ATROTE]2.0.CO;2)
- Wickham, H., Chang, W., Henry, L., Pedersen, T. L., Takahashi, K., Wilke, C., Woo, K., Yutani, H., Dunnington, D., Brand, T. van den, Posit, & PBC. (2024). *ggplot2 : Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics* (Version 3.5.1) [Logiciel].  
<https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/index.html>
- Williams, R. (2007). *Oak-galls in Britain 2. 2*. (Kyntons Mead, Vol. 2). Vanellus Publ.
- Yasmine, A., Khadija, S., Marwa, G., Laid, O. M., & Juli, P.-V. (2017). The Gall Species of *Quercus Suber* Leaves in Cork Oak of Northeastern Algeria. *World Journal of Environmental Biosciences*, 6(3), 17-20.
- Younsi, S. E., Adjami, Y., Ghanem, R., Bouchaib, B., & Ouakid, M. L. (2021). Impact of different factors degrading cork oak stands in the Mediterranean region: A case study from Algeria. *Journal of Forest Science*, 67, 570-581.  
<https://doi.org/10.17221/77/2021-JFS>
- Yukawa, J. (2000). Synchronization of galls with host plant phenology. *Population Ecology*, 42(2), 105-113.  
<https://doi.org/10.1007/PL00011989>
- Zargaran, M. R., Safaralizadeh, M. H., Pourmirza, A. A., & Valizadegan, O. (2011). Effect of cardinal directions on gall morphology and parasitization of the gall wasp,

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

*Cynips quercusfolii*. *Journal of Insect Science*, 11(1), 169.

<https://doi.org/10.1673/031.011.16901>

**Zerrouki, A., Kara, K., Rached-Kanouni, M., Redjaimia, L., & Touafchia, B. (2024).**

Contribution to the Study of the Health State of Holm Oak in the Chettaba Forest (Algeria). *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 25, (1), 12–22.

**Zhang, Y. M., Sheikh, S. I., Ward, A. K. G., Forbes, A. A., Prior, K. M., Stone, G. N., Gates, M. W., Egan, S. P., Zhang, L., Davis, C., Weinersmith, K. L., Melika, G., & Lucky, A. (2022).**

Delimiting the cryptic diversity and host preferences of *Sycophila* parasitoid wasps associated with oak galls using phylogenomic data.

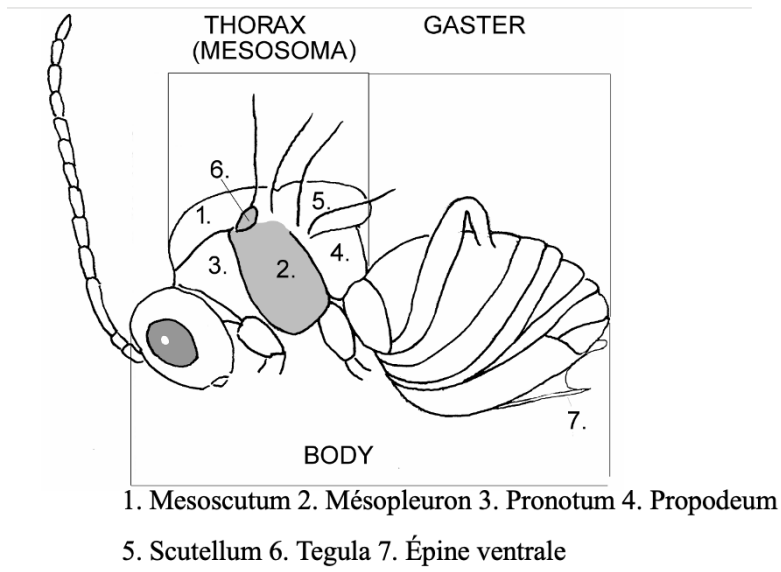
*Molecular Ecology*, 31(16), 4417-4433.

<https://doi.org/10.1111/mec.16582>

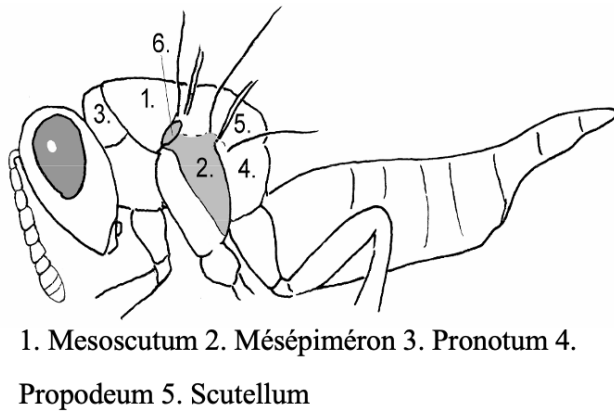
**Zobir, S. H., & Oberhänsli, R. (2013).** The Sidi Mohamed peridotites (Edough Massif, NE

Algeria): Evidence for an upper mantle origin. *Journal of Earth System Science*, 122(6), 1455-1465.

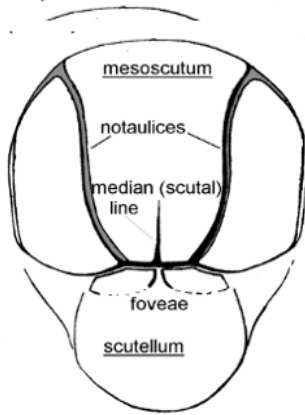
<https://doi.org/10.1007/s12040-013-0358-z>



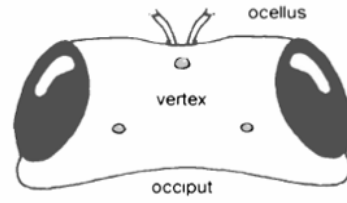
**Annexe 1:** Morphologie des Cynipidés gallicoles (Williams, 2007)



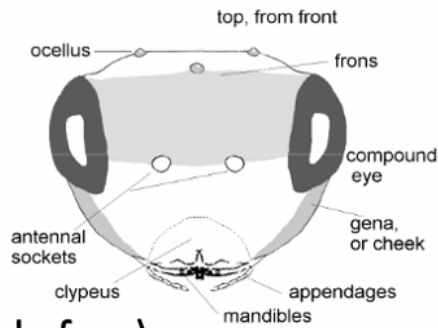
**Annexe 2:** Morphologie des parasitoides (Williams, 2007)



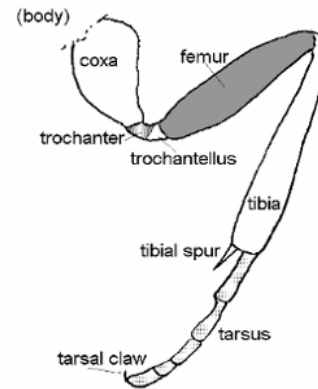
thorax (vu du dessus)



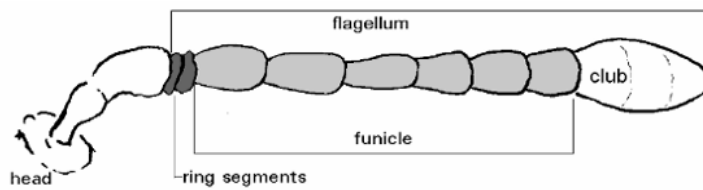
tête (vue d'en haut)



tête (de face)



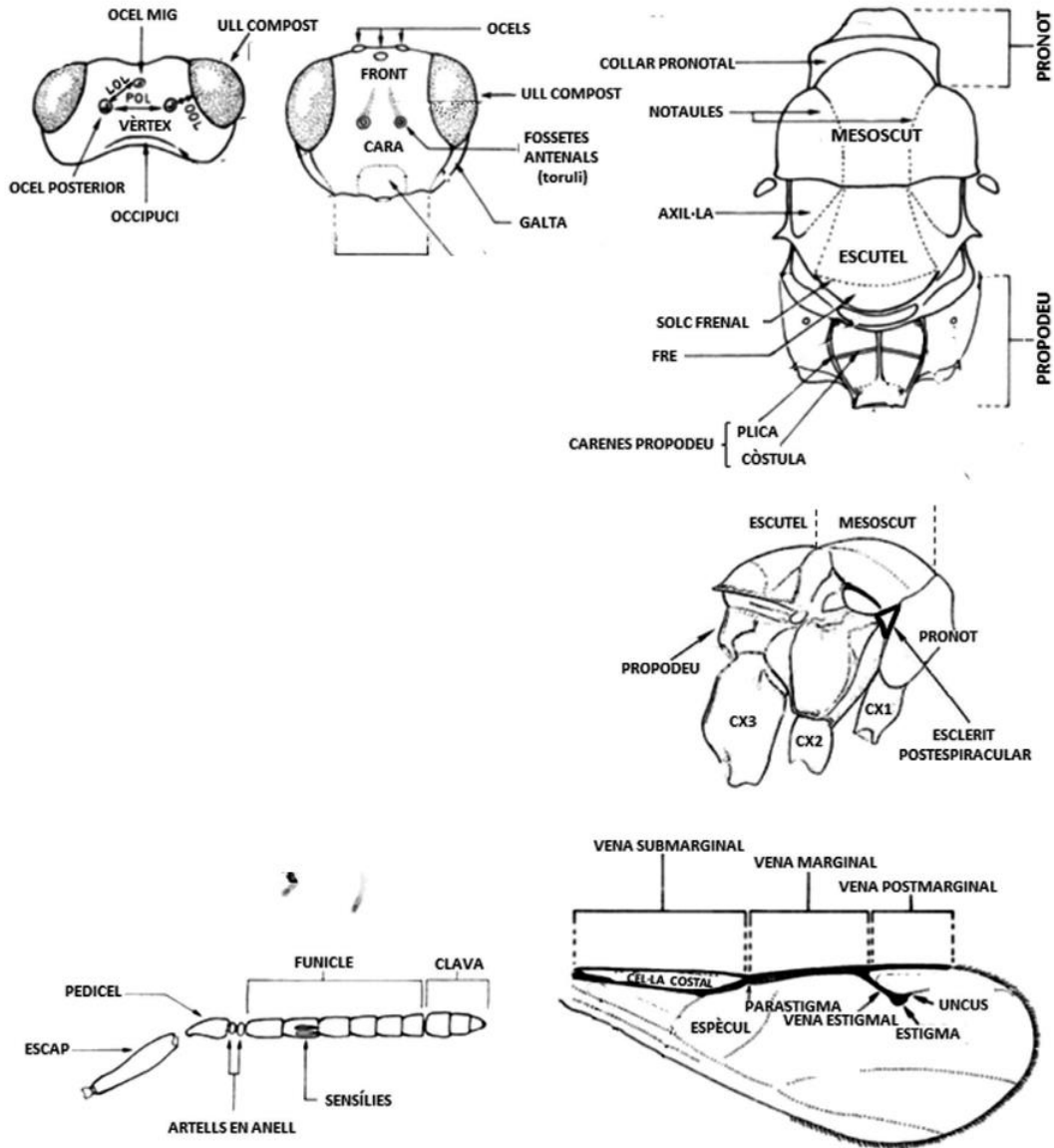
jambes



l'antenne

Annex 3: les différentes parties anatomiques des cynipides(Williams, 2007)

## Annexes



**Annex 4:** les différentes parties anatomiques des parasitoïdes chalcides (Jara-Chiquito et al., 2022)