

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur  
et de la recherche scientifique  
Université Chadli Bendjedid  
El Tarf



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة الشاذلي بن جديد  
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie

جامعة الشاذلي بن جديد  
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم العلوم البيولوجية



## Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche

« Biodiversité et Environnement »

### THÈME

Répartition et biodiversité des mycorhizes associées au chêne liège (*Quercus  
suber* (L.)) dans la région d'El Kala nord-est algérien.

Soutenu le : 23/06/2024

Présenté Par : MERDACI Yousra & CHLOUFI Malek

Devant le jury composé de :

Mme LAZLI Amel	Prof.	Présidente	UCBET
Mme BENMETIR Sara	MCB	Examinatrice	UCBET
Mme TOUIL Wided	MCA	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2023 - 2024

## Résumé

Les champignons mutualistes ou symbiotiques établissent des associations à bénéfice réciproque avec d'autres organismes qui peuvent être soit des insectes (termites-champignons), des algues ou des cyanobactéries (lichens) et des végétaux supérieurs (mycorhizes). Les champignons mycorhizogènes arbusculaires sont très importants dans la vie de la plupart des plantes herbacées, des arbres fruitiers et quelques arbres forestiers ils représentent la symbiose la plus répandue à l'échelle planétaire.

Le but de ce travail, est d'étudier la population biologique des champignons forestiers, leurs associations mycorhiziennes avec le chêne liège en condition naturelles puis de mettre en évidence le rôle des mycorhizes sur la croissance des chênes lièges dans la station d'El Kala.

Dans une première phase de notre travail, nous avons recherché les symbioses mycorhiziennes dans leur forme colonisatrice (au niveau des racines de chêne liège) et dans une deuxième phase nous avons recherché les symbiotes mycorhiziennes dans leur forme spores (au niveau du sol).

Les résultats obtenus montrent que le chêne liège est dépendant de son association mycorhizienne qui est plus importante notamment au printemps.

Sur un plan qualitatif, l'utilisation de la méthode de tamisage humide a permis de mettre en évidence une population biologique relative en champignons endomycorhizogènes dans le sol de notre station. Nous avons pu distinguer la présence de deux genres, à savoir le genre Gigaspora et le genre Glomus avec prédominance de ce dernier.

**Mots clé :** Population, champignons, symbiose, mycorhizes, chêne liège.

## المخلص

الفطريات المتعايشة أو التكافلية تقيم علاقات متبادلة المنفعة مع كائنات أخرى قد تكون إما حشرات (النمل الأبيض-الفطريات)، أو طحالب أو بكتيريا زرقاء (الأشنيات)، أو نباتات عليا (الفطريات الجذرية). الفطريات الجذرية الشجرية مهمة جداً في حياة معظم النباتات العشبية، وأشجار الفاكهة وبعض الأشجار الحرجية حيث تمثل التكافل الأكثر انتشاراً على المستوى العالمي.

هدف هذا العمل هو دراسة التعداد البيولوجي للفطريات الحرجية، وعلاقتها الجذرية مع البلوط الفليني في الظروف الطبيعية، ثم إبراز دور الفطريات الجذرية على نمو أشجار البلوط الفليني في محطة القالة.

في المرحلة الأولى من عملنا، بحثنا عن التكافلات الجذرية في شكلها الغازي (على مستوى جذور البلوط الفليني) وفي المرحلة الثانية بحثنا عن التكافلات الجذرية في شكل الأبواغ (على مستوى التربة).

النتائج التي تم الحصول عليها تظهر أن البلوط الفليني يعتمد على تكافله الجذري الذي يكون أكثر أهمية خاصة في الربيع.

على الصعيد النوعي، استخدام طريقة النخل الرطب أظهر وجود تعداد بيولوجي نسبي من الفطريات الجذرية الداخلية في تربة محطاتنا. تمكنا من تمييز وجود جنسين، هما جنس *Gigaspora* و جنس *Glomus* مع تفوق الأخير.

**الكلمات المفتاحية:** تعداد، فطريات، تكافل، الفطريات الجذرية، البلوط الفليني.

## **Abstract**

Mutualistic or symbiotic fungi establish reciprocal benefit associations with other organisms that can be either insects (termites-fungi), algae or cyanobacteria (lichens), and higher plants (mycorrhizae). Arbuscular mycorrhizal fungi are very important in the life of most herbaceous plants, fruit trees, and some forest trees, representing the most widespread symbiosis globally.

The aim of this work is to study the biological population of forest fungi, their mycorrhizal associations with cork oak under natural conditions, and then to highlight the role of mycorrhizae on the growth of cork oaks in the El Kala station.

In the first phase of our work, we investigated mycorrhizal symbioses in their colonizing form (at the level of cork oak roots) and in the second phase, we looked for mycorrhizal symbionts in their spore form (at the soil level).

The results obtained show that cork oak is dependent on its mycorrhizal association, which is more significant especially in spring.

Qualitatively, the use of the wet sieving method revealed a relative biological population of endomycorrhizal fungi in the soil of our station. We were able to distinguish the presence of two genera, namely the genus *Gigaspora* and the genus *Glomus*, with a predominance of the latter.

**Keywords:** Population, fungi, symbiosis, mycorrhizae, cork oak.

## Remerciements

*Après avoir remercié ALLAH Le tout puissant.*

*Nous tenons à remercier très vivement Mme TOUIL Wided pour sa rigueur, sa générosité, son savoir, son aide précieuse, ses critiques constructives et aussi pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de nous encadrer et de mener ce travail à terme.*

*Mes vifs remerciements vont également aux membres de jury : Mme LAZLI Amel et Mme BENMTIR Sara pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette recherche et pour nous avoir honorées en nous consacrant un peu de leur temps précieux et en acceptant d'examiner ce travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

**Yousra et Malek**

## Dédicace

**Je dédie ce modeste travail avec grand amour, sincérité et fierté :**

*A Les deux personnes les plus chères de ma vie, mes parents :  
Abdeslam et Farída, Mes sœurs : Amani et Lina, à mon petit  
frère Moubine*

*Mon fiancé Wassim pour ses encouragements*

*A mes amies : Chaïma, Malak, Lamis, Nourhene, Manel pour  
l'aide complète qu'ils m'ont apportée*

*Je remercie toute ma famille pour leur amour et leur soutien  
constant*

*A tous ceux qui m'aiment.*

**Yousra**

## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail:*

*A mes parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer ce que je leurs dois, pour leur bienveillance, leur affection et leur soutien Trésors de bonté, de générosité et de tendresse ' Que Dieu vous garde '*

*A la plus belle femme au monde, la prunelle de mes yeux, qui m'a donné la vie, ma chère mère « Samira ».*

*Au père le plus gentil du monde qui m'a fourni ce que je veux et qui me soutien dans tout ce que j'entreprends, mon chère papa « Faouzi ».*

*A mon soutien dans la vie après mes parents, mon adorable frère « Ilyes ».*

*A mes chers petits frères Abd El Barry et Amer*

*A bien-aimée grand-mère paternelle « Mama Bariza » pour sa tendresse, son amour et son savoir-faire avec moi.*

*A mes meilleur amies « houyam selma et khaoula »*

*A mon beau binôme et partenaire pour la réalisation de ce mémoire « youssra »*

**Malak**

## Sommaire

Résumé.....	1
Remerciements.....	4
Dédicace.....	5
Dédicace.....	6
Sommaire.....	7
Liste des tableaux .....	10
Liste des figures .....	11
<b>Introduction générale .....</b>	<b>13</b>
Introduction .....	1
<b>CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>3</b>
I- Le chêne liège .....	3
I.1. Historique : .....	3
I.2.Généralités sur le chêne liège .....	3
I.3. Systématique et origine du chêne liège.....	4
I.3.1.Systématique du chêne liège .....	4
I.3.2. Les origines de chêne liège.....	5
I.4.La description botanique et dendrologie du chêne liège :.....	5
I.4.1.Aspect général : .....	5
I.4.2 Les feuilles : .....	6
I-4.3 Les Fleurs : .....	7
I-4.4 Les Fruits :.....	7
I-4.5 Les rameaux : .....	8
I-4.6 L'écorce : .....	9
I-4.7 Le bois : .....	9
I-4.8 Les racines : .....	10
I-5. La répartition de chêne liège: .....	11
I-4.1. Aire de répartition mondiale : .....	11
I-5.2.Aire de répartition en Algérie .....	12
I-6.Exigences écologiques : .....	13
I-6.1. Altitudes et exposition : .....	13
I-6.2. Lumière et Température .....	14

I-6.3. Pluviométrie et humidité .....	14
I-7.Exigences édaphiques :.....	14
I-8. Les modes de régénérations du chêne liège .....	15
I-8.1. Régénération naturelle (semis naturel) : .....	15
I-8.2. Régénération par rejets de souches : .....	15
I-8.3. Régénération artificielle et assistée : .....	16
I-8.4. Le semis direct :.....	16
I-9. L'importance de chêne liège :.....	16
I-9.2.Valeurs sociales : .....	17
I-9.3.Valeurs économique : .....	17
I-10. Les domaines d'utilisations de chêne liège:.....	17
I-10.1.L'industrie :.....	17
I-10.3.Cosmétique : .....	17
I-10.4.La nutrition : .....	18
I-10.5. Médical :.....	18
I-10.6. Autres utilisations de la feuille de chêne liège : .....	19
II-La symbiose mycorhizienne .....	19
II-1. Définition des mycorhizes : .....	19
II-2.Les différents types de mycorhizes :.....	19
II-2.1 Les ectomycorhizes :.....	20
II-2.2 Les endomycorhizes : .....	21
II-2.2.1Les endomycorhizes à vésicules et arbuscules : .....	22
Les arbuscules : .....	22
II-2.2.2 Les endomycorhizes à pelotons d'hyphes cloisonnés :.....	22
II-2.3. Ectendomycorhize :.....	23
II-3 Les rôles des mycorhizes:.....	23
II-3.1.Nutrition minérale : .....	24
II-3.2.Amélioration de la nutrition phosphatée : .....	24
II-3.3.Amélioration de la nutrition azotée :.....	24
II-3.4 Amélioration de la nutrition en Oglio - éléments :.....	25
II-3.5.Résistance à la sécheresse : .....	25
II-3.6. Amélioration de l'agrégation du sol : .....	25
II-3.7.Production d'hormones : .....	26
II-3.8.Protection phytosanitaire : .....	26
<b>CHAPITRE II Matériel et Méthodes .....</b>	<b>27</b>

1-PRESENTATION DE LA REGION ET DE LA STATION D'ETUDE ....	27
II-1.1. Localisation de la région et de la station d'étude .....	27
II-1.2. Climat : .....	27
II. PRESENTATION DU MATERIEL VEGETAL .....	30
II.1. Caractères botaniques et écologiques .....	30
II.2. Intérêts écologiques et économiques .....	31
I-3. METHODES DE PRÉLÈVEMENT ET D'OBSERVATION DES RACINES.....	32
II-3.1. Collecte des racines .....	32
II-3-2-ANALYSE DES PARAMETRES PHYSICO –CHIMIQUES DU SOL	33
II-3-2.1 pH eau .....	33
II-3-2.2 La texture.....	34
II-3-3 Mise en évidence de la colonisation des racines du chêne liège par les CMA .....	36
II-3-4 EVALUATION DE LA BIODIVERSITE ET DE L'ABONDANCE DES SPORES DE CMA PRESENTES DANS LE SOL D'ETUDE .....	39
II-5.1 Méthode d'extraction des spores fongiques : .....	39
II-5.2 Préparation des lames : .....	40
II-5.3 Description des spores : .....	40
II-5.3.1 Morphologie générale : .....	40
<b>CHAPITRE III Résultats et Discussions</b> .....	44
III -1. Résultats et discussions .....	44
III-1.1 Analyse du sol .....	44
III.1.2. La mycorhization naturelle du chêne liège dans la station d'étude .....	44
III.1.3. La mycorhization artificielle du chêne liège dans la station d'étude.....	44
III.1.4. Diversité sporale .....	49
III.2. Discussion .....	54
Conclusion .....	56
Références bibliographiques.....	59
<b>Annexes</b> .....	64

## Liste des tableaux

<b>tableaux</b>	Page
<b>Tableau n 1</b> : Echelle de la texture	35
<b>Tableau n 2</b> : Correspondance entre la lecture à l'objectif (nombre de graduations) et la dimension réelle de l'objet mesuré	41
<b>Tableau n 3</b> : Caractéristiques physico-chimique des sols de la station d'étude	44

## Liste des figures

<b>Figure 01</b>	Schéma descriptif du chêne liège	Page 05
<b>Figure 02</b>	Feuilles du chêne liège	06
<b>Figure 03</b>	Fleurs du chêne liège	07
<b>Figure 04</b>	Fruits du chêne liège	07
<b>Figure 05</b>	Rameaux du chêne liège	08
<b>Figure 06</b>	L'écorce du chêne liège	09
<b>Figure 07</b>	Le bois du chêne liège	09
<b>Figure 08</b>	Les racines du chêne liège	10
<b>Figure 09</b>	Répartition du chêne liège à l'échelle mondiale	10
<b>Figure 10</b>	Répartition du chêne liège à l'échelle nationale	12
<b>Figure 11</b>	Les types des mycorhizes	19
<b>Figure 12</b>	Principaux formes de la symbiose mycorhizienne	20
<b>Figure 13</b>	Localisation de la station d'étude	28
<b>Figure 14</b>	Données climatiques de la région d'étude pour l'année 2023	29
<b>Figure 15</b>	Données climatiques de la région d'étude pour l'année 2024	30
<b>Figure 16</b>	Détermination du PH eau des sols d'étude	33
<b>Figure 17</b>	Détermination de la texture du sol	36
<b>Figure 18</b>	Mise en évidence de la colonisation des racines du chêne liège par les CMA	38
<b>Figure 19</b>	Méthode d'extraction des spores fongiques	43

<b>Figure 20</b>	Différentes formes de colonisation naturelle MA chez le chêne liège	46
<b>Figure 21</b>	Différentes formes de colonisation MA chez les plants inoculés du chêne liège	47
<b>Figure 22</b>	Présentation du morphotype 1	49
<b>Figure 23</b>	Présentation du morphotype 2	50
<b>Figure 24</b>	Présentation du morphotype 3	51
<b>Figure 25</b>	Présentation du morphotype 4	53

# **Introduction générale**

# Introduction générale

---

## Introduction

Le chêne liège occupe une place particulière au sein de forêt méditerranéenne. Il est considéré comme une essence noble si ce n'est pas la plus précieuse du genre *Quercus* (**Birem, 2020**). Elle revêt un intérêt socio-économique particulier par son aptitude à produire le liège et les glands dont la récolte ne nécessite pas l'élimination des arbres, mais leur protection, donc, son système de gestion est durable. De plus, la forêt de chêne liège assure également la fixation de la population riveraine dans les massifs par la création d'emploi et l'élevage et contribue à une meilleure qualité de l'environnement, à la conservation des sols et à la prévention de la désertification. Elle permet aussi le maintien d'une biodiversité très importante (**Adouane, 2018**).

Elle est confinée dans sept pays seulement : Portugal, Espagne, Italie, France, Algérie, Maroc et Tunisie. L'Algérie se classe au 3<sup>ème</sup> rang avec 18% de la superficie totale (**Roula, 2010**).

En Algérie, les subéraies sont principalement localisées dans le Tell Oriental et couvrent une superficie totale de 440 000 ha ce qui représente 11% de la superficie forestière algérienne et 18% de la subéraie mondiale (**Cilp, 2000**).

Afin d'améliorer leur nutrition minérale (eau et éléments minéraux), plus de 80% des plantes terrestres forment des symbioses avec des champignons mycorhiziens. Une symbiose est une association de deux ou plusieurs organismes vivants profitables à chacun d'entre eux. La symbiose mycorhizienne est une association symbiotique à bénéfices réciproques entre une plante et un champignon. La plante apporte au champignon les produits issus de la photosynthèse (sucres) et reçoit en retour de l'eau et des éléments minéraux comme le phosphore, l'azote, le soufre ou le silicium. Cette association arbusculaire se trouve dans 80% des familles de plantes vasculaires (**Wang et Qiu, 2006**) et presque dans tous les écosystèmes terrestres, du tropical au tempéré, les forêts, les dunes de sable, les déserts et les prairies ainsi que dans les agroécosystèmes (**Brundrett, 1991**). De par leur ubiquité et leurs caractéristiques physiologiques, les CMA ont un rôle très important dans la lutte contre les conditions climatiques défavorables, entre autres la sécheresse. Cependant, si le potentiel de ces champignons symbiotiques est reconnu, leur prise en compte dans les systèmes de culture reste à faire.

Ainsi, l'objectif majeur de ce travail est de faire une étude qui se veut être à la fois écologique et physiologique pour mettre en valeur la répartition et l'abondance de la population biologique des mycorhizes associées au chêne liège (*Quercus suber* (L.)) dans la région d'El Kala (nord-est algérien).

# Introduction générale

---

Ce mémoire présente les résultats du travail entrepris qui est réparti en trois volets différents suivis d'une conclusion et des perspectives.

Dans le premier volet, il nous a semblé opportun d'évoquer l'état des connaissances bibliographiques se rapportant au thème étudié.

Le second volet est consacré à la présentation de la station d'étude, du matériel végétal, de la méthodologie afférente à l'analyse du sol d'étude et l'isolement des spores fongiques au niveau du sol et des racines du chêne liège.

Enfin, dans le 3ème volet, les résultats obtenus sont exposés et discutés.

**CHAPITRE I**  
**REVUES BIBLIOGRAPHIQUES**

# CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

### I- Le chêne liège

#### I.1. Historique :

D'après Reille, 1977, Le chêne liège est présent en méditerranée occidentale depuis plus de 60 million d'années. En Espagne, le chêne liège aurait existé entre 8000 et 13000 ans BP. Le chêne liège était abondant à basses altitudes au début du postglaciaire. Le développement du chêne liège marque le début de la période chaude et humide de l'Holocène vers 8200 ans BP.

Les enregistrements polliniques établis par **Semah et al(2004)** ont retracés que le Chêne liège dominait le paysage de la méditerranée durant les 2 à 3 derniers millénaires.

En Algérie, l'une des études les plus détaillées du quaternaire récent est celle de **Salamani (1993)**, le diagramme pollinique établi couvre les derniers 12000 ans.

Les enregistrements polliniques de **l'Akfadou** enregistrent la présence du chêne liège estimé à environ 12000 ans jusqu'à 9000 ans environ. Cet auteur rattache l'expansion du chêne liège à l'action anthropique.

D'après les études des végétaux rencontrés dans l'Akfadou et maison carrée la chênaie caducifoliée aurait existé il y a 25000 ans de cela et ce suite à la période d'aridité prononcée de la période ibéromaurusienne. Au fur et à mesure que les recherches avançaient, les scientifiques prenaient conscience de l'importance de cette espèce sur le plan économique, écologique et social. Dès lors, plusieurs études avancées et diversifiées lui ont été réservées.

D'année en année plusieurs auteurs {Pausas(1997), Bertrand (2007), Moreira(2009),Oliveiras, 2009} ont remarqué que le chêne liège est en déclin dans plusieurs régions méditerranéennes, causé par plusieurs facteurs et principalement les incendies. De ce fait leurs études se dirigèrent vers le comportement de cette espèce vis-à-vis de ce phénomène (**Ighil et Igheroussen, 2021**).

#### I.2.Généralités sur le chêne liège

Le chêne-liège (*Quercus suber* (L.)) est une essence forestière importante, est assez rare puisque son aire de répartition se limite au pourtour méditerranéen. Elle présente une grande valeur économique, grâce à sa particularité physiologique qui le distingue des autres ligneux, à reproduire une nouvelle écorce subéreuse qui est le liège ayant des qualités spécifiques de légèreté, de souplesse et d'élasticité (**Zeraia, 1981 ; Piazzetta, 2005 in khelfaoui et Saab ,2016.**)

En effet, les subéraie permettent le développement d'un sous-bois riche et diversifié, offrent un habitat riche pour la faune, notamment l'avifaune (**Puyo, 2013**).

# CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

## I.3. Systématique et origine du chêne liège

### I.3.1. Systématique du chêne liège

Selon **Quezel et Santa (1976)** et **Bouchafra et Fraval (1991)** le chêne liège est systématiquement classé comme suit :

- Règne : Végétal
- Embranchement : Spermaphytes
- Sous embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Sous classe : Apétales
- Ordre : Fagales
- Famille : Fagacées
- Sous famille : Quercineae ou Quercoideae
- Genre : Quercus
- Espèce : Quercus suber L.

Le genre Quercus est le genre le plus important de la famille des Fagacées, un genre qui comprend de 200 à 500 espèces dont 6 existent en Afrique du Nord (**Quezel et Santa, 1979; Elantray, 2016**).

Le chêne liège se voit par de différentes nominations selon les pays dans le monde, il est nommé en :

⊕ Fermane en Arabe.

⊕ Alcornoque en Espagnol.

⊕ Sobeiro en Portugais.

⊕ Sughero en Italien.

⊕ Chêne-liège en Français.

D'après **Benseghir (2002)**, le chêne liège est connu en Algérie, selon les noms vernaculaires suivants :

- El Feline: Cette dénomination est probablement d'origine grec que phello-drus: phellos/liège).

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

- Akhnache (liège): dans la région de petite Kabylie
- Aqchour: dans la région de grande Kabylie.
- Fernane: à l'est et l'ouest du pays.

### I.3.2. Les origines de chêne liège

Le chêne liège décrit pour la première fois par Linné en 1753 dont l'origine remonte au tertiaire (**Nativadade, 1956**). Sa pénétration en Afrique du nord aurait eu lieu soit à travers la chaîne de montagnes submergée à la fin du pliocène, qui reliait la Sicile à la Tunisie, soit par le trait d'union Ibéro-Mauritanien qui se brisa définitivement au début de l'ère quaternaire.

C'est de la flore pliocène supérieure (**Boudy, 1950 ; Palmarev ; 1989 ; Quezel et Santa, 2000**). C'est une espèce extrêmement polymorphe comme la plupart des chênes ; elle est caractérisée par la formation subéreuse de son écorce donnant liège (**Yessad, 2000 ; Amandier, 2002**).

### I.4. La description botanique et dendrologie du chêne liège :

#### I.4.1. Aspect général :

Le chêne-liège (fig.1) est un arbre de grandeur moyenne, atteignant une hauteur de 10 à 15 mètres (parfois 20 mètres et plus) et une circonférence de 5 mètres. En peuplement mélangé, Il se trouve essentiellement associé au chêne vert, au chêne pédonculé et au pin maritime dans le cadre d'une futaie irrégulière ou d'un taillis sous futaie. Dans le cadre de la production de liège, on le trouve en futaie régulière et en peuplement pur (**Younsi, 2006**).



**Figure n°1 : Schéma descriptif du chêne liège (Site web 1).**

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

### I.4.2 Les feuilles :

Les feuilles (fig.2) présentent un polymorphisme très marqué, d'un arbre à l'autre comme sur un même individu. Elles sont alternes, généralement coriaces, ovales, ovale-lancéolées, sub-ovales ou lancéolées assez souvent renflées, vertes foncées et glabre sur leurs parties supérieures, gris, blanchâtre et duveteuse sur leurs parties inférieures. Le limbe à sommet aigu, est bordé de petites dents peu ou pas épineuses. Leurs tailles varient de 3 à 6 cm en longueur et de 2 à 4 cm en largeur. Le pétiole peut atteindre 2 cm. Les feuilles sont pseudo sempervirentes et persistent plus d'une année. Voire 3 ans puis elles meurent et tombent quelques mois après le développement des jeunes feuilles.

Selon Yessad (2000). L'arbre peut perdre la totalité de ces feuilles après une forte glandée, à la suite de conditions atmosphériques défavorables ou après une récolte exagérée de liège. Selon Natividade (1956). Ces feuilles peuvent constituer un fumier de bonne valeur fertilisante des plantes médicinales et aromatiques.

Les bourgeons sont ovoïdes ou arrondis, plus ou moins protégés par les bractées. D'après Plazetta (2005), elles sont persistantes dont la durée de vie est de 2 à 3ans, et elles ont entre 5 et 7 paires de nervures (**Haffaf, 2011**).



**Figure n°2** :Feuilles du chêne liège (**Site web 2**)

### I-4.3 Les Fleurs :

Les Fleurs (fig.3) de chêne liège est monoïque et allogame, les fleurs males pendent en chatons (de 4 à 8 cm de long à l'extrémité des rameaux de l'année précédente elles sont longues de 4 à 8 cm (**Fraval, 1991 in Belkacemi et Mansouri, 2017**)).

Les fleurs femelles sont de petites boutons écailleux poussent isolés ou en groupe de trois ou maximum sur les rameaux de l'année en cours leur cupule protectrice se retrouvera les futures glands. Le climat et l'exposition conditionnent la floraison qui commence dès l'âge de 5 ans et déroule entre la fin Avril et la fin Mai (**Piazzetta, 2005 In Yahiaoui ,2015**).



**Figure n° 3 : Fleurs du chêne liège (Site web 3).**

### I-4.4 Les Fruits :

Les Fruits (fig.4 ) sont des glands qui se forment dans l'année et tombent d'octobre à Janvier. Ils sont de couleur brune à maturité (automne), avec un pédoncule jusqu'à 4 cm de long. Leur taille varie de 2 à 5 cm en longueur et de 1 à 2 cm en largeur. La cupule est composée d'écailles légèrement arquées ou emmêlées sur la partie supérieure. Les bonnes glandées épuisent les réserves de l'arbre, ce qui explique leur répartition à deux ou trois ans d'intervalle (glandées cycliques ou phénomène d'alternance) (**Younsi, 2006**).



**Figure n° 4** : Les Fruits ou les glands de chêne liège (**Site web 4**)

### **I-4.5 Les rameaux :**

Les rameaux (fig.5) sont sinueux pubescents les premières années, puis bruns clairs et enfin entièrement subéreux. Le houppier est constitué d'un couvert léger en raison de son feuillage grêle et de sa ramification peu serrée. L'arbre développe un port large et étalé en situation isolée, une forme arrondie, étroite et haute (**Piazzetta, 2005**).



**Figure n° 05** : Rameaux du chêne liège (**Site web 5**)

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

### I-4.6 L'écorce :

Le liège(Fig.6) est un tissu parenchymateux formé par l'assise subéro-phellodermique, il couvre le tronc et les branches. Il est épaisse, peu combustible et isolante, ne brûle que très superficiellement et protège les tissus conducteurs de la sève en même temps que l'assise génératrice de liège (**Oubrahim, 2015**).



**Figure n° 6 : L'écorce du chêne liège (Site web 6)**

### I-4.7 Le bois :

Le bois du Chêne Liège (fig.7) est dur, lourd, clair et légèrement rosé. Il sèche difficilement et se fend facilement. Une fois déliage, il fournit un excellent bois de Chauffage (**Chaabna, 2012**).

-Bois dense (densité égale à 1)

-Bois irrégulier

-Présence de cicatrices dues aux récoltes successives (**Chabbi et Tiab, 2019**).



**Figure n°7 : Le bois du chêne liège (Site web 7)**

### I-4.8 Les racines :

Le système racinaire (fig.8) est pivotant avec des ramifications latérales puissantes, renfermant des mycorhizes par des champignons de genre *Boletus*, *Russula* et *Lactarius*. Le Chêne Liège présente une grande vigueur qui se traduit par un bon rejet de souche, facilitant la reprise après coupe ou incendie (Cantat et Piazzetta, 2005).



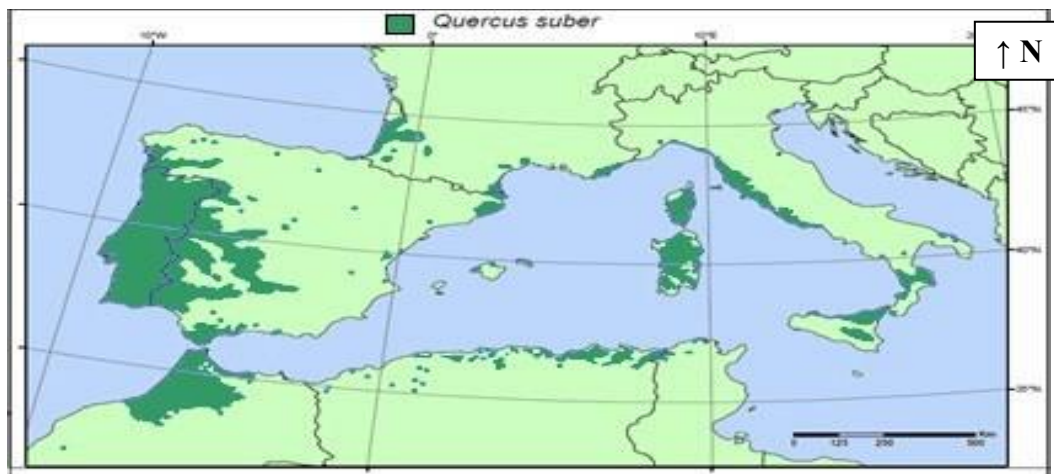
**Figure n°8 : Les racines du chêne liège (Site web 8)**

# CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

## I-5. La répartition de chêne liège:

### I-4.1. Aire de répartition mondiale :

Le chêne liège occupe dans le monde une aire relativement restreinte, qui se situe entre le 31ème et le 45ème parallèle de latitude Nord. On le trouve au bord de la méditerranée, et sur la façade Atlantique, profitant des influences climatiques tempérées océaniques (**Birem, 2020**).



**Figure n°9** : Répartition du chêne-liège à l'échelle mondiale (**Quezel et Médail, 2003**).

Les statistiques disponibles concernant la superficie de la subéraie dans le monde sont loin d'être rigoureuses. En effet, il existe des différences parfois assez importantes entre les diverses sources indiquant les superficies recensées par pays. Les peuplements de Chêne liège présentent des densités et des surfaces d'occupation à l'hectare très différentes, L'évolution des peuplements dans le temps allant le plus souvent dans le sens d'une diminution liée aux effets répétés de dégradation (incendies, pâturage...etc.) et de substitution d'essence, le Chêne liège peut se trouver en mélange avec d'autres essences et l'absence d'inventaires nationaux, cas de l'Algérie (**Roula, 2010**). La subéraie occupe dans le monde entier une surface totale de 2 277 700 ha répartie sur sept pays (**CIB, 2010**).

L'intérêt porté au liège a très tôt suscité des tentatives d'acclimatation du chêne liège en dehors de son aire d'origine. Parmi les pays où cette espèce a été introduite à grand échelle, on a : Les Etats Unies d'Amérique (en Californie dès 1858), la Russie (dès 1819 sur le littoral de la Mer Noire), le Japon (1933). Parmi ceux où l'expérimentation est restée plus modeste, on retrouve: la Turquie, l'Argentine, l'Uruguay et l'Australie (**Roula, 2010**).

### I-5.2. Aire de répartition en Algérie

Les principales subéraies sont situées essentiellement en zones humides et subhumides du Nord-est de l'Algérie jusqu'à la frontière tunisienne, où elles s'étendent de la mer jusqu'à 1200 voire 1500 m d'altitude (**Zeraia, 1982 in Fatmi, 2014**). Dans le Centre et l'Ouest, les subéraies se présentent sous forme de petites forêts très disséminées (**Saccardy, 1937 in Boukhris, 2017**)(Fig.9). Les subéraies occupent une superficie potentielle de 440 000 ha entre forêt proprement dites et maquis, la superficie productive est de l'ordre de 220 000 ha (**D.G.F, 2004**). Là aussi, les superficies avancées par de nombreux travaux sont dissemblable. En Algérie, une véritable dégradation et évolution régressive de la subéraie est confirmée. Depuis le début du siècle, les subéraies ont perdu beaucoup d'espace, au moment où de vastes subéraies sont détruite annuellement par le feu, une partie non négligeable de son aire a été enrésinée (**Messaoudeneet al. ,2019**).



**Figure n°10 : Répartition du chêne-liège à l'échelle Nationale (D. G. F.2003 in Bouregbi I., 2014)**

Dans certaines régions, notamment en Kabylie qui est une région à vocation forestière, le chêne liège forme des peuplements réguliers, haut et danses, marqués par l'absence de strates permettant de créer la discontinuité horizontale et verticale (Ait Aider et Alileche, 1993 in BadaouietBirem, 2010), cette physionomie, associée à un sous-bois dense et à une absence d'opérations sylvicoles, présente plus d'inconvénients que d'avantages ;car constituant un milieu favorable au déclanchement et à la propagation des incendies (Dorcey, 1990 in Badaouiet Birem,2010).

### **I-6.Exigences écologiques :**

Le chêne liège est une essence méditerranéo-atlantique. La répartition géographique de l'espèce est définie par ses exigences écologiques qui sont de quatre ordres : exigence en lumière, chaleur, humidité et refus des sols calcaires qui varient selon les particularités des stations qu'il colonise : exposition (nord/sud), topographie (sommet, fond de vallon), proximité dela mer,...) (Oubrahim, 2015).

Le chêne-liège est un arbre relativement thermophile, lié aux variantes non froides des bioclimats humides et subhumides voire semi-aride en cas de compensation hydrique (nappe phréatique ou forte humidité de l'air) (El Antrytaziet al, 2008).

#### **I-6.1. Altitudes et exposition :**

L'espèce peut être rencontrée au littoral et elle se développe convenablement en plaine et en montagne. En Algérie, son extension en altitude est généralement limitée à 1200 m, rarement 1300 à 1400 m, exceptionnellement à 1600 m à TenietEl-Had, mais ne prospère bien que vers 900 à 1000 m. Le chêne-liège descend jusqu'à 200 m au voisinage des côtes atlantiques au Portugal, et atteint

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

2000 m sur les pentes humides exposées au nord dans le grand Atlas marocain. Selon Tlili (2003), les limites altitudinales varient considérablement avec l'exposition (**Kholkhal, 2022**).

### I-6.2. Lumière et Température

Le chêne-liège est une essence héliophile, exigeant une forte insolation. Il est thermophile, pousse donc sous des climats tempérés à hiver doux dont les températures moyennes annuelles sont comprises entre 13 et 18°C. Il peut supporter des chaleurs occasionnelles 35 à 40°C, et La tolérance au froid semble se situer à la limite de - 4°C. Cependant, il craint les fortes gelées persistantes et a besoin d'une période de sécheresse en été pour prospérer (**Kholkhal, 2022**).

### I-6.3. Pluviométrie et humidité

Le chêne-liège est remarquablement plastique vis-à-vis des précipitations. Il peut survivre dans des zones à très faibles précipitations (400-500 mm) mais une bonne croissance exige des pluies plus abondantes (600-700 mm). Une humidité atmosphérique de l'ordre de 60% au moins durant les quatre mois de saison sèche, condition qu'il rencontre seulement au voisinage de la mer en zone méditerranéenne, mais jusqu'à 200 à 300 kilomètres des côtes atlantiques. Lorsque la pluviosité descend au-dessous de 400 mm/an, l'essence peut régresser et semble sortir de son aire culturelle, la raison pour laquelle le chêne-liège ne s'étend pas sous le climat sec des hauts plateaux particulièrement en Algérie. Selon Zeraïa (1981), la fréquence des pluies pendant la période estivale constitue l'élément le plus important pour la régénération de cette espèce. Le même auteur souligne qu'en ambiance bioclimatique per humide, humide et subhumide à variantes tempérée, chaude, fraîche et localement froide, le chêne-liège développe des peuplements selvatiques. Par ailleurs et grâce aux compensations écologiques, il est présent également en étage bioclimatique semi-aride chaud et tempéré (**Kholkhal, 2022**).

### I-7. Exigences édaphiques :

Le chêne liège est une espèce calcifuge stricte se plaisant sur tous les substrats siliceux et acides (schistes et grès) et craignant l'hydromorphie. Il s'accommode des sols peu fertiles, superficiels ou lourds, mais recherche plutôt des textures légères (sables), bien aérées et riches en matière organique (**Veullon, 1998**). Il réclame les terrains meubles, profond, pas trop chargés en cailloux, au pH acide ou proche de la **neutralité** (**Seigue, 1987 in Zanagui ,2014**).

# CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

## **I-8. Les modes de régénérations du chêne liège**

Dans les conditions écologiques optimales, le chêne-liège témoigne d'un tempérament robuste, résistant aux dégradations auxquelles il est soumis, continuant à se perpétuer par régénération naturelle, semis et surtout par rejets à la suite de l'intervention de l'homme ou du feu. Par contre, dans les conditions moins favorables il est menacé d'éviction par d'autres essences à tempérament plus vigoureux notamment: chêne zeen, chêne vert, pin maritime (**Younsi, 2006**).

### **I-8.1. Régénération naturelle (semis naturel) :**

La simple protection des chênes-lièges spontanés suffit à assurer le boisement rapide d'énormes étendues. La production des glands est normalement suffisante pour la régénération. Cependant des inconvénients parviennent dans cette régénération, surtout en maquis qui ne favorise pas le développement des jeunes plants et par les rongeurs qui détruisent les glands. DJENIT (1977), en étudiant les facteurs influençant la régénération naturelle du chêne liège dans la forêt de Guerrouch (Jijel), a observé que 40% des glands étaient dévorés par les rongeurs.

La régénération naturelle n'est pas adaptée à toutes les stations et elle peut, dans certains cas, être compromise par divers facteurs (stations difficiles, absence de semenciers des essences recherchées, travaux de préparation mal fait...) (**Younsi, 2006**).

### **I-8.2. Régénération par rejets de souches :**

Les zones de l'appareil végétatif susceptibles d'émettre des rejets varient avec les espèces. Certaines ne réitèrent que du houppier et de la partie supérieure du tronc (beaucoup de résineux) d'autres sont également capables d'émettre des rejets des souches (la plus part des feuillus et quelques résineux), d'autres enfin sont susceptibles de produire des drageons ou rejets de racines (**Younsi, 2006**).

Chez le chêne-liège, après la coupe à blanc étoc, les souches émettent des rejets vigoureux qui permettent la régénération des peuplements en un cours laps de temps. Autrefois, le feu a joué le même rôle que le recépage, en provoquant la formation des rejets ; après l'incendie le tronc de l'arbre est calciné mais, la partie souterraine continue à vivre et on peut espérer une régénération par rejets. En Algérie la plupart des forêts de Kabylie proviennent des grands incendies qui se sont succédés de 1870 à 1882(**Younsi, 2006**).

Les souches peuvent rejeter et donner des rejets vigoureux jusqu'à un âge assez avancé (75 à 80ans) selon les conditions écologiques. Cependant pour les forêts d'Algérie- Tunisie dont les conditions climatiques et édaphiques sont particulièrement favorables, la régénération par rejets

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

semble assurée jusqu'à 100ans. Cette aptitude à rejeter a certainement empêché la disparition complète de l'espèce au cours des siècles, malgré les incendies et l'action anthropique (Younsi, 2006).

### **I-8.3. Régénération artificielle et assistée :**

La régénération artificielle du chêne liège ne pose pas de problème majeur si le sol n'est pas trop argileux. Si l'on applique une méthode régulière et bien adaptée la réponse de chêne – liège est en général très favorable aux interventions sylvicoles (Younsi, 2006).

### **I-8.4. Le semis direct :**

Le semis direct est réalisé à partir de glands de Chêne liège de bonne qualité avec une densité moyenne de 5 000 glands/hectare. Une fois tombés sur le sol humide les glands commencent à germer, et la racine principale se développe rapidement au cours des premiers mois et atteint une grande profondeur. Il existe trois formes selon lesquelles le semis peut être effectué.

- Semis à la volée
- Semis en sillon (bande)
- Semis en potêts (poquet)

Les glands doivent être semés le plus tôt possible après leur chute de l'arbre et sans qu'ils aient subi une stratification préalable. C'est au moment de la dissémination des glands qu'on obtient le meilleur taux final de germination, supérieur à 92%. Le semis précoce permet aussi aux jeunes plants de mieux se défendre contre la chaleur estivale (Younsi, 2006).

Le semis (in situ) présente non seulement un intérêt au plan économique et social par sa simplicité et son faible coût mais aussi physiologique. Il permet le développement en place de son système racinaire pivotant, lequel pourra explorer rapidement les couches profondes du sol (alimentation en eau de la plante). De plus, une telle pratique évite les traumatismes dus à la transplantation des plants élevés en pépinière, et la réduction du développement des racines par le volume toujours insuffisant des conteneurs (Younsi, 2006).

### **I-9. L'importance de chêne liège :**

#### **I-9.1. Valeurs écologique :**

Conservation des sols et amélioration du cycle de l'eau. Barrière contre la désertification. C'est aussi un anti polluant de l'environnement par la séquestration du dioxyde de carbone et la

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

lutte contre l'effet de serre atténuant ainsi les effets du changement. Le chêne liège contribue aussi à la recharge des réserves en eau et le contrôle des ruissellements (**Berrahmouni et Regato, 2008**). D'autre part, la forêt de chêne liège, abrite une biodiversité considérable.

### **I-9.2.Valeurs sociales :**

Travail forestier : la récolte du liège a besoin d'une quantité énorme d'ouvriers très spécialisés : en plus, il y a beaucoup d'autres travaux sylvicoles (élagage, éclaircies, prévention d'incendies,...) qui demande la subéraie.

Main d'œuvre industrielle : la transformation du liège exige des métiers très spécialisés et appréciés (**Elena et Santiago, 2006**).

### **I-9.3.Valeurs économique :**

Le liège offre un potentiel économique non négligeable par sa valeur industrielle et ses diverses utilisations. Les caractéristiques physico-chimiques uniques du liège sont à la base d'un secteur méditerranéen occidental. Il engendre une Synergie de valeur économique et sociale d'un profil rare dans cette région (**Varela., 2000**). Le bois de chêne-liège sert à la fabrication des traverses de chemin de fer, et de tonneaux et autres usages en menuiserie.

C'est un bois rouge clair compact. De nos jours, ce bois est très peu utilisé, voire inutilisable en construction comme en menuiserie (**Bonnier., 1990 in Bouchaour Djabeur, 2001**). L'importance économique du liège réside essentiellement dans son écorce, le liège, qu'il produit régulièrement tout au long de sa vie. Ce matériau particulièrement léger, souple, élastique, imperméable et non conducteur pour la chaleur est utilisé depuis l'antiquité (**Boud., 1950 ; Beltran, 2002**).

## **I-10. Les domaines d'utilisations de chêne liège:**

### **I-10.1.L'industrie :**

Le chêne liège est populaire dans les meubles en bois, en particulier dans les pièces qui doivent résister à un usage intensif. Grâce à la durabilité et à la fonctionnalité qu'il offre, le chêne liège est également utilisé dans les armoires et les revêtements de sol, et est couramment utilisé dans les bateaux car il offre une certaine résistance à la pourriture et à la pourriture (**Site web 9**).

### **I-10.3.Cosmétique :**

Le chêne liège contient des antioxydants qui peuvent aider à ralentir le processus de vieillissement qui affecte la peau avec l'âge. L'eau résultant de l'ébullition des glands peut

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

également être utilisée et appliquée sur la peau pour soulager les coups de soleil et les éruptions cutanées, et elle accélère également le processus de guérison des plaies (**Site web 10**).

### **I-10.4. La nutrition :**

Les fruits de gland sont riches en nutriments essentiels, mais les nutriments contenus dans les fruits de gland peuvent différer selon leur type. Les fruits de gland sont faibles en calories. Il est riche en fibres et en amidons. Les glands sont une source de nombreuses vitamines et constituent également une bonne source de minéraux (**Site web 11**).

### **I-10.5. Médical :**

- Boire du thé à l'écorce de chêne liège peut aider à traiter divers problèmes digestifs et respiratoires.

- Appliquez localement des pommades ou des patches à l'écorce de chêne sur la peau.

- Utilisez de la poudre d'écorce de chêne liège dans le bain pour aider à soulager l'enflure et la douleur.

- l'huile de chêne liège : Aide à traiter les plaies et les brûlures. Aide à traiter les infections à staphylocoques. Il aide à soulager les douleurs musculaires, les spasmes et les inflammations. Aide à réduire l'hémolyse liée à l'exercice.

- Miel de chêne liège : Pour renforcer l'immunité, il contient des antioxydants. Miel espagnol naturel de haute qualité : Le miel de chêne est un produit naturel et biologique extrait du chêne. Il se distingue par sa couleur foncée, son goût riche et sa texture collante. Il contient des propriétés antibactériennes et antioxydants et renforce l'immunité du corps. Il est utilisé dans de nombreuses recettes médicales et cosmétiques (**Site web 12**).

- Les fruits du chêne liège traitent certaines affections liées à la diarrhée chronique. Ses fruits soignent les douleurs hémorroïdes. Manger ses fruits aide à traiter l'acidité de l'estomac, et les glands sont également importants dans le traitement des maladies et des ulcères de l'estomac et du côlon.

- Étant donné que le palmier nain peut augmenter les niveaux de testostérone dans le corps, sa consommation régulière peut aider à réduire la taille de la prostate et à éliminer les symptômes gênants qui l'accompagnent (**Site web 13**).

- La feuille de chêne liège : Nous ne pouvons manquer de souligner que c'est un bon aliment pour les patients souffrant de cholestérol, d'hypertension artérielle, de diabète, de maladies cardiovasculaires, d'allergies, d'asthme, d'obésité et d'anémie. Il est également recommandé pour sa

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

consommation par les personnes âgées, les femmes enceintes et les personnes enceintes, Enfants (Site web 14).

### I-10.6. Autres utilisations de la feuille de chêne liège :

- Les feuilles de chêne sont utilisées depuis les premiers jours comme insignes par diverses divisions et grades de la marine américaine. Ce dispositif décoratif a peut-être été adopté à l'origine comme symbole des navires en chêne haut de gamme aux États-Unis (Site web 15).

## II-La symbiose mycorhizienne

### II-1. Définition des mycorhizes :

Les mycorhizes (du grec : mukēs = champignon, rhiza = racine) sont des organes formés par une association symbiotique entre les racines végétales et certains champignons du sol. En réalité, ces associations impliquées dans l'absorption des éléments minéraux du sol sont très fréquentes et se retrouvent non seulement dans les racines de près de 90 % des plantes à fleurs, mais également dans les organes souterrains de nombreuses Bryophytes et Ptéridophytes. Ces associations symbiotiques sont généralement mutualistes, c'est-à-dire qu'elles impliquent le transfert de nutriments (P, K, etc.) en échange de carbone organique (Duhoux et Nicole, 2004).

### II-2. Les différents types de mycorhizes :

Selon Durrieu (1993), les mycorhizes se subdivisent entre trois grands types morphologiques principaux (fig.11): les ectomycorhizes (associations entre des arbres et des champignons Basidiomycètes) ; les endomycorhizes vésiculaires à arbuscules, présents chez à peu près 70% des espèces de plantes, dont la plupart des cultures ; et les ectendomycorhizes.

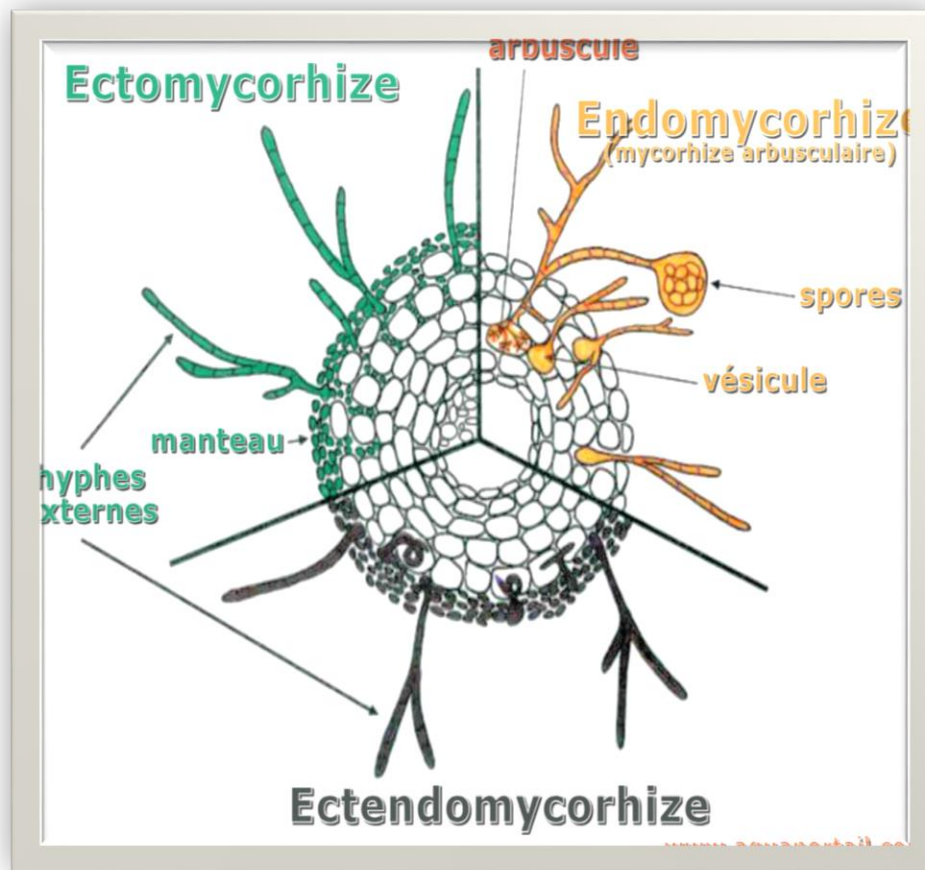


Figure n° 11: Les types des mycorhizes (Le tacon, 1998).

### II-2.1 Les ectomycorhizes :

En grec « ecto » signifie « dessus ». Les ectomycorhizes sont reconnaissables à l'œil nu. Elles résultent de la transformation d'une racine courte qui perd ses poils absorbants à la suite du développement d'un mycélium revêtant sa surface pour constituer le manteau fongique. De ce manteau, partent deux types de réseaux : un réseau mycélien externe plus ou moins développé qui va prospecter le sol et un réseau mycélien interne qui s'achemine dans la racine entre les cellules du cortex sans jamais pénétrer dans les cellules de l'hôte et former le réseau de Hartig (le Tacon, 1982). Le parenchyme cortical profond est souvent exempt d'infection, le cylindre central n'est jamais colonisé. Dans cette symbiose, les champignons ectomycorhiziens (Ascomycètes et Basidiomycètes) dont les cycles sexués sont généralement bien connus, sont associés surtout à de nombreux arbres ou arbustes: on l'observe chez les gymnospermes (les Pinacées) et chez les Angiospermes (principalement des Dicotylédones comme les Fagacées, les Myrtacées et des familles des plantes tropicales) (Duhoux et Nicole, 2004).

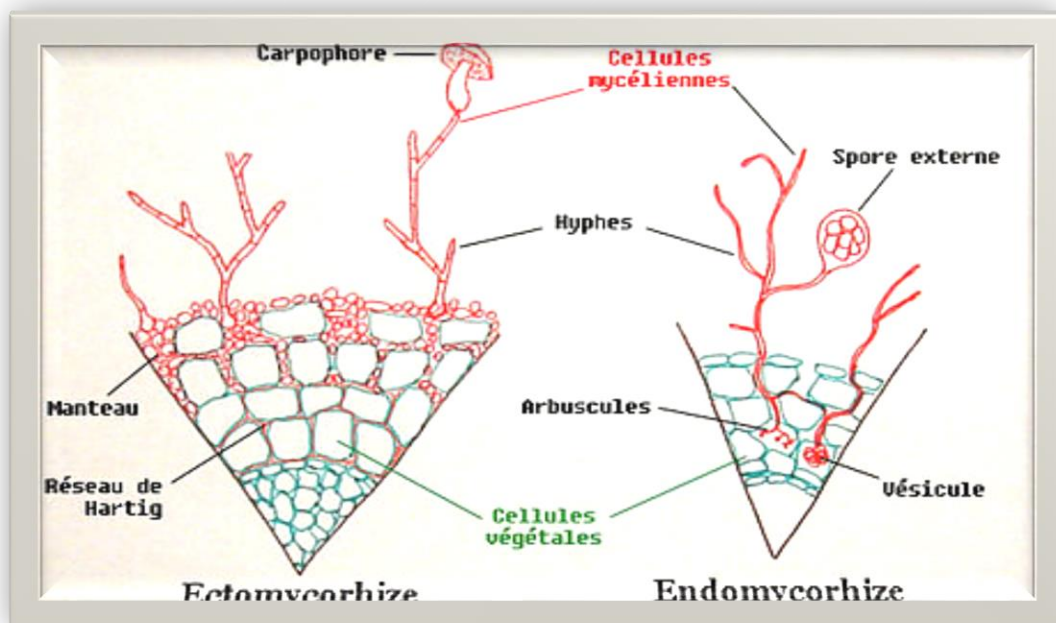
# CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

## II-2.2 Les endomycorhizes :

Les endomycorhizes sont caractérisées par une infection intracellulaire et l'absence de toute organisation fongique à la surface de la racine dont la morphologie externe n'est pas altérée (**Le Tacon, 1982**).

Du point de vue anatomique, une coupe schématique d'une endomycorhize nous permet de distinguer :

- L'absence du manteau fongique et du réseau de Hartig
- Le parenchyme cortical est complètement envahi par les hyphes déployés par le champignon dans les espaces intra et intercellulaires mais qui ne franchissent jamais l'endoderme. Cette invasion se manifeste par la formation de structures caractéristiques. Dans cette symbiose, le champignon développe les hyphes dans le sol et aussi dans et entre les cellules corticales sans pénétrer dans l'épiderme. Les hyphes peuvent être cloisonnés ou non cloisonnés. Ils peuvent également s'organiser à l'intérieur des cellules infectées de différentes manières. Selon les formes que prennent ces hyphes, on distingue :
  - Les endomycorhizes à vésicules et arbuscules chez les bryophytes, les ptéridophytes, les gymnospermes et les angiospermes
  - Les endomycorhizes à pelotons d'hyphes cloisonnés (**Touil, 2008**).



**Figure n° 12 :** Principaux formes de la symbiose mycorhizienne (**Site web 16**).

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

### II-2.2.1 Les endomycorhizes à vésicules et arbuscules :

Les endomycorhizes à vésicules et arbuscules se forment chez la plupart des végétaux supérieurs dont les angiospermes, les bryophytes évoluées et les ptéridophytes. Elles impliquent des champignons appartenant à la classe des zygomycètes (**Touil, 2008**). Une fois qu'il a pénétré dans la racine, le champignon différencie des filaments qui produisent des vésicules intra ou intercellulaires dans les couches périphériques (épiderme et exoderme) et des arbuscules dans les cellules corticales plus profondes. Dans tous les cas, les hyphes traversent la paroi végétale, s'installent dans l'espace péri plasmique et repoussent la membrane de la cellule hôte.

#### Les arbuscules :

Correspondent à des formations intercellulaires mimant la ramure d'un arbre et résultant des divisions répétées d'un hyphe - maître. Les ultimes ramifications sont très courtes et très ténues. Elles sont d'un diamètre de 0.5 à 2  $\mu\text{m}$ . Les arbuscules constituent une très grande surface de contact où les deux partenaires sont très proches. On attribue à cette interface un rôle dans le transfert du phosphore et du carbone entre les deux partenaires (**Duhoux et Nicole, 2004**).

#### Les vésicules :

Les vésicules sont des organes très répandus chez les endomycorhizes. Ce sont des renflements sphériques ou ovoïdes de tailles différentes allant de 30 à 50  $\mu\text{m}$  ou de 80 à 100  $\mu\text{m}$  qui occupent l'extrémité des hyphes.

Les vésicules peuvent être inter ou intracellulaires et se trouvent dans les couches intérieures et extérieures du parenchyme cortical. Chez les espèces du genre *Glomus*, les vésicules sont généralement ellipsoïdes tandis que ceux d'*Acaulospora* et d'*Entrophospora* changent fortement de forme et ont fréquemment des boutons et des concavités sur leur surface (**Morton, 2000**).

Les espèces de *Glomus* et de *Paraglomus* ne forment pas toujours des vésicules (**Morton et Redecker, 2001**).

Les vésicules joueraient probablement un rôle dans le stockage des réserves et dans la propagation du champignon (**Duhoux et Nicole, 2004**).

### II-2.2.2 Les endomycorhizes à pelotons d'hyphes cloisonnés :

Ce type comprend des systèmes racinaires diversement organisés et, selon la famille végétale chez laquelle il se forme, on distingue :

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

### -Les endomycorhizes éricoldes :

Elles forment des pelotons d'hyphes dans les cellules épidermiques du chevelu racinaire fin (**Bonfante -Fasolo et Gianinazzi -Pearson, 1979**) de plusieurs familles de l'ordre des Ericales; Epacridacées, Empétracées et la majorité des Ericacées » et d'un certain nombre de Bryophytes. Les champignons responsables sont essentiellement des Basidiomycètes et Ascomycètes (**Hareley et Smith, 1983**).

### -Les endomycorhizes orchidoïdes :

Elles présentent des pelotons D'hyphes qui pénètrent dans les cellules des jeunes racines des espèces de la famille des Orchidacées. Les partenaires fongiques impliqués, généralement des Basidiomycètes, participent aux premiers stades de la croissance des plantules, notamment la germination et assurent la croissance des espèces végétales non chlorophylliennes.

### II-2.3. Ectendomycorhize :

Les ectendomycorhizes sont des types D'associations intermédiaires entre les deux groupes précédents. Ce type de mycorhizes est très peu répandu et comme son nom l'indique, les champignons impliqués développent aussi bien un manchon fongique à l'extérieur des racines que des formations endocellulaires en pelotons (**Ganinazzi, 1982**). Elles peuvent être de type arbutoïdes de la famille des arbutées (du nom de l'arbusier *arbutusunedo*) : ce sont des ectendomycorhizes dont les hyphes, sous forme de pelotons intracellulaires, sont très développés ou de type monotropoïde (l'hôte est une plante parasite). Des hyphes pénètrent dans les cellules corticales qui deviennent alors profondément modifiées (**Strullu et al, 1991**).

### II-3 Les rôles des mycorhizes:

Les champignons mycorhiziens arbusculaires représentent un élément incontournable dans la progression vers une agriculture alternative moins polluante et dont les produits sont exempts de résidus chimiques. Ils jouent un rôle très important dans :

- L'amélioration de la nutrition minérale des plantes
- La résistance à la sécheresse
- L'agrégation du sol
- La production d'hormones et la floraison précoce des plantes hôtes

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

- La protection phytosanitaire

– L'amélioration de la fixation de l'azote atmosphérique par le biais de l'augmentation du nombre et du poids de nodules. (Nemmouchi et Benhamada, 2018)

### II-3.1. Nutrition minérale :

La meilleure absorption d'éléments minéraux par les racines mycorhizées se fait essentiellement grâce à la capacité des champignons mycorhizogènes à les absorber du sol par leur filament et à les transférer ensuite vers les racines de la plante hôte. Cette surface supplémentaire d'absorption apportée par la mycorhization est d'autant plus efficace que son développement entraîne une économie dans la production racinaire. Ils améliorent ainsi la nutrition (phosphatée, azotée et en oligoéléments) de la plante hôte (Nemmouchi et Benhamada, 2018)

### II-3.2. Amélioration de la nutrition phosphatée :

Le phosphore est indispensable à la vie de la plante, entre dans la composition du matériel génétique (ADN et ARN), intervient dans tous les échanges énergétiques sous forme d'ATP et participe dans la régulation du métabolisme cellulaire sous forme d'AMP cyclique. Les mycorhizes prélèvent le phosphore (qui est sous forme d'orthophosphate), du pool de phosphore soluble, grâce à leur arsenal enzymatique comme les phytases et les phosphatases, ensuite, il est stocké dans les structures fongiques sous forme de polyphosphates et transféré ainsi à la plante au niveau de l'interface arbusculaire. Par ailleurs, il convient de ne pas négliger le rôle indirect des endomycorhizes dans la fixation de l'azote atmosphérique chez les légumineuses. En effet, la fixation d'azote ne peut pas être pleinement efficace que si la nutrition phosphatée de la plante. De nombreux travaux ont mis en évidence l'interaction entre la symbiose endomycorhizienne et la fixation symbiotique de l'azote chez les légumineuses, que ces dernières soient herbacées ou ligneuses (Nemmouchi et Benhamada, 2018).

### II-3.3. Amélioration de la nutrition azotée :

Les premiers travaux sur la contribution des mycorhizes à la nutrition azotée de la plante hôte ont été menés sur les endomycorhizes éricoïdes, puis sur les ectomycorhizes (Plassard *et al.*, 1991). L'intervention des endomycorhizes à arbuscules dans la nutrition azotée de la plante hôte a été jusqu'ici peu étudiée. Des études isotopiques ont pourtant démontrés qu'au moins pour certaines espèces, le champignon endomycorhizien est bien le site premier de l'assimilation de l'azote pour la plante (Handley *et al.*, 1993).

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

### II-3.4 Amélioration de la nutrition en Oglio - éléments :

L'amélioration de la nutrition minérale par la symbiose mycorhizienne a été surtout étudiée pour le phosphore, on sait qu'une nutrition équilibrée dépend aussi d'autres éléments tels le soufre ou les Oglio - éléments comme le cuivre, le zinc, le manganèse et le fer. Ces éléments sont peu mobiles dans le sol et on estime que le mécanisme d'absorption est le même que pour le phosphore, c'est - à - dire que l'augmentation de leur prélèvement est essentiellement due à une meilleure exploration du sol par les hyphes extra - racinaires (**Whipps, 2004**).

### II-3.5.Résistance à la sécheresse :

L'infection mycorhizienne peut augmenter l'adaptation des plantes aux conditions de sécheresse. L'effet bénéfique de la mycorhization dans l'alimentation hydrique de la plante hôte est en partie lié au vaste réseau d'hyphes qui prospectent le sol augmentant ainsi la surface de contact entre le sol et le système racinaire, mais il existe également des mécanismes indirects comme le contrôle de la régulation stomatique et l'ajustement osmotique de la plante par le champignon. Les plantes mycorhizes, soumises à des périodes de sécheresse ont un meilleur développement que celles non mycorhizées et résistent mieux au stress hydrique (**Neumann et George, 2004**).

### II-3.6. Amélioration de l'agrégation du sol :

Une des bases de la fertilité des sols meubles se trouve dans la formation d'agrégats. Le réseau mycélien développé dans le sol , ne constitue pas seulement un organe efficace d'absorption des éléments minéraux et de l'eau , mais c'est aussi une structure dynamique qui se développe dans le sol(mycorhizosphère) à raison de quelques millimètres par jours , il peut atteindre des dimensions considérables , supérieures à 10 km ha (**Miller et Cramer , 2005** ) ou plusieurs dizaines de mètres paragramme de sol ( **Leake et al . , 2004** ) . Ce réseau en perpétuel croissance se renouvelle constamment, la durée de vie moyenne étant d'environ une semaine Le champignon à la propriété d'abandonner l'exploration d'un site dont la teneur en éléments minéraux est devenue trop faible. Les mycéliums ont aussi la capacité d'excréter une glycoprotéine, la glomaline, cette protéine contribue directement au pool de la matière organique stable dans le sol. En effet, la glomaline se décompose difficilement donc s'accumule. Cette glycoprotéine agit comme une colle qui assemble les particules les plus fines du sol pour en faire des agrégats dont on connaît le rôle dans la fertilité , en retenant l'eau et les éléments minéraux et en favorisant ainsi les échanges gazeux et l'aération du sol (**Rillig , 2002** ).

## CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

---

### II-3.7. Production d'hormones :

L'association mycorhizienne joue un rôle important dans la synthèse de composés complexes, comme les vitamines et les phytohormones (auxines, acide abscissique) (**Barker et Tagu, 2000** qui sont des composés essentiels pour la formation des fleurs (**Ushaet al . , 2005**) . Les champignons mycorhiziens seraient aussi capables de sécréter des hormones pouvant induire des modifications chez la plante hôte au niveau de la morphologie, comme la différenciation intense des racines courtes en présence de champignon ectomycorhizogène.

De plus, les phytohormones produites par le champignon sont exportées vers la plante hôte et affectent la croissance du système racinaire, du tronc, des tiges et des feuilles.

### II-3.8. Protection phytosanitaire :

La colonisation mycorhizienne prédispose les plantes à réagir rapidement aux attaques de parasites. Cette protection indirecte se traduit au niveau cellulaire par des réactions anatomiques , métaboliques et physiologiques , ainsi que par l'induction ou la suppression de divers mécanismes de défense liés aux phytoalexines , phénols , peroxydases , chitinases , B glucanases , lignification , déposition de callose et diverses autres protéines liées à la pathogénèse (**Dugassaet al . , 1998 ; Singh et al . , 2000**) . Les plantes colonisées produisent davantage d'éthylène, méthylent plus efficacement l'ADN et synthétisent davantage d'arginine dans leurs racines (**Baltruschat et Schönbeck, 1972 ; Harrier et Watson, 2004**), signes d'une hausse activités métaboliques. Par ailleurs, le manteau fongique peut jouer le rôle d'obstacle mécanique difficile à franchir pour certain micro - organismes. Enfin, de très nombreux champignons ectomycorhiziens sont capables de produire des substances antibiotiques (ChloromycorrhizinA, MycorrhizinA) qui peuvent protéger la plante hôte (**Rasayanagam et Jeffries, 1992**).

# **CHAPITRE II**

## **Matériel et Méthodes**

## 1-PRESENTATION DE LA REGION ET DE LA STATION D'ETUDE

### II-1.1. Localisation de la région et de la station d'étude

La zone d'étude (fig.13) se situe dans la région d'El-Kala. Elle fait partie du complexe humide de la Numidie Orientale (**Samraoui et De Belair, 1998**). Elle est située à l'extrême Nord-est algérien et incluse dans la wilaya d'El-Tarf qui est limitée au nord par la mer méditerranée, au sud par les wilayas de Guelma et Souk Ahras, à l'ouest par la wilaya d'Annaba et à l'est, elle fait frontière avec la Tunisie.

Administrativement, la ville d'El- Kala et ses environs sont inclus dans le Parc National d'El-Kala qui couvre près de 80.000 hectares. C'est une zone à vocation forestière qui possède également divers sites humides et zones lacustres classées RAMSAR (**DGF, 2002**).

### II-1.2. Climat :

Le parc national d'El Kala est sous l'influence d'un climat (fig.14) subhumide, variant à hiver tempéré à chaud. Il se caractérise par une pluviométrie forte généreuse dont le total annuel varie entre 687 et 850 mm. Ce climat est à caractère méditerranéen avec une période pluvieuse d'octobre à avril et une période sèche de mai à septembre. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 18°C. Les mois les plus chauds sont juillet et août où la température moyenne oscille autour de 25°C. Les mois les plus froids sont décembre et janvier avec des températures moyennes de l'ordre de 12°C. Durant la saison estivale, ce sont les vents chauds et secs qui dominent. Ils assèchent l'atmosphère et favorisent le déficit hydrique de la végétation et contribuent fortement à la propagation de violents incendies de forêts. Par ailleurs, la pluviométrie généreuse de la zone d'étude permet non seulement l'entretien du couvert forestier, mais surtout le maintien du réseau hydrographique important existant au sein du Parc (**Khallef, 2019**).



Figure n°13 : Localisation de la station d'étude (Site web 17).

Légendes :  : Site d'étude.

Echelle: 1/500000.

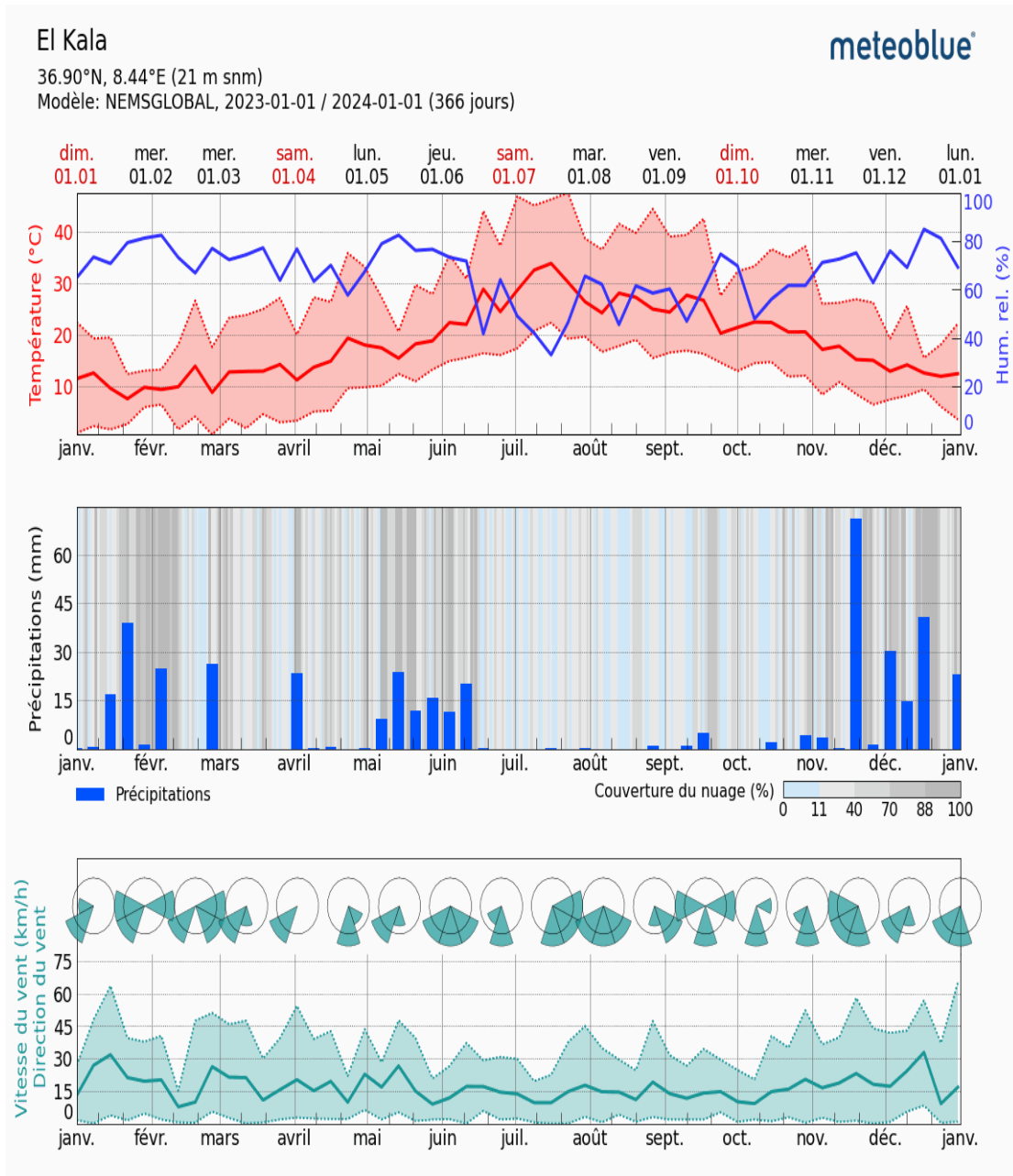


Figure n°14 : Données climatiques de la région d'étude pour l'année 2023(Site web 18).

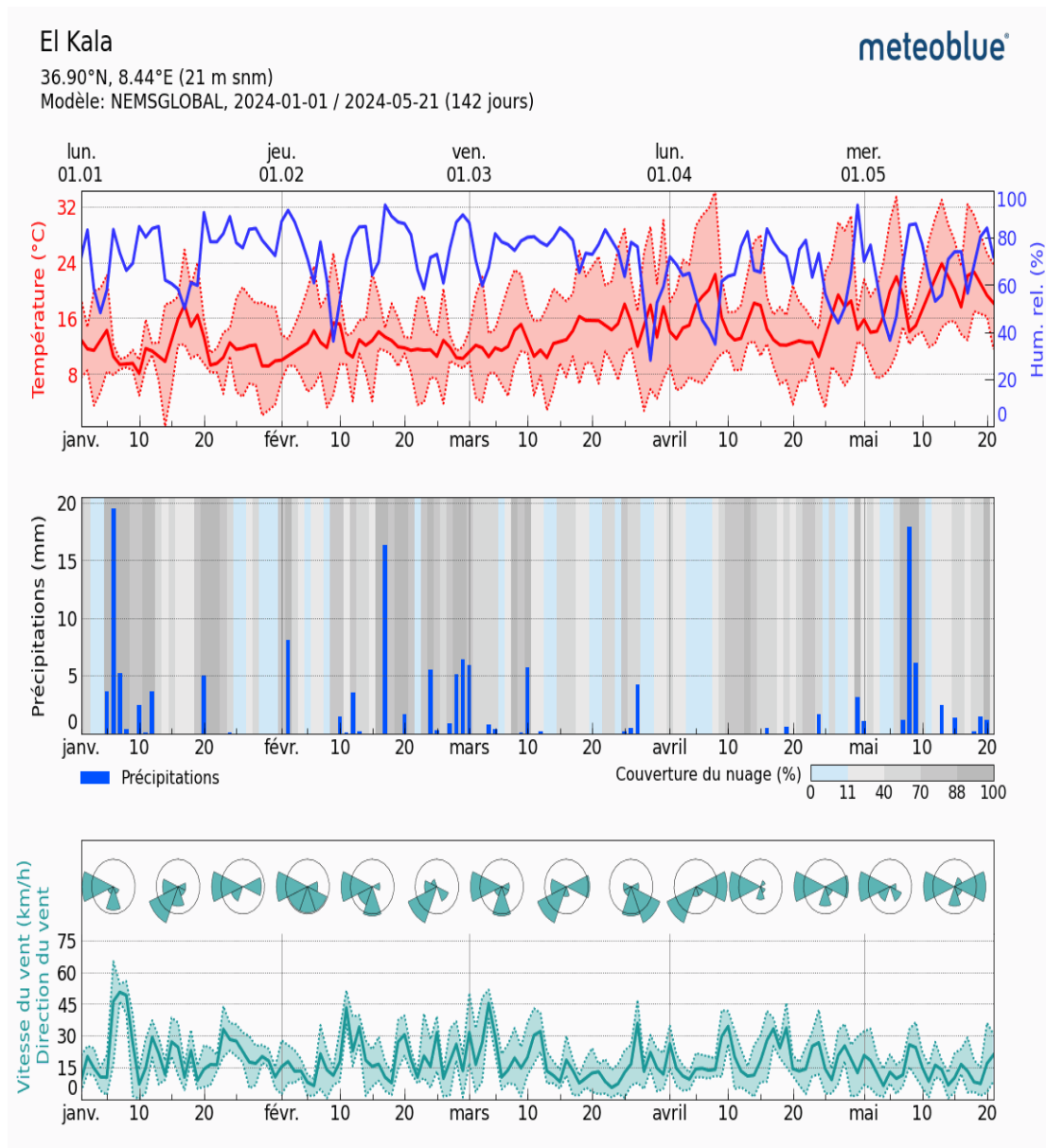


Figure n° 15: Données climatiques de la région d'étude pour l'année 2024(Site web 18).

## II. PRESENTATION DU MATERIEL VEGETAL

### II.1. Caractères botaniques et écologiques

Le genre *Quercus* est l'un des genres les plus représentés dans la famille des Fagacées (Natividade, 1956). Il comprend entre 200 et 500 espèces dont 6 existent en Afrique du Nord (El Antry Tazi et al., 2008). Le C. liège est une espèce très polymorphe dont on a différencié de nombreuses formes botaniques. Sa longévité varie de 150 ans en moyenne (Anonyme, 1978) à 200 ans (Camus, 1938), soit en moyenne plus de 12 récoltes par arbre. Il peut atteindre jusqu'à 300 ans sans récolte de liège. Selon Gellini et Grossoni (1997), cet arbre peut atteindre jusqu'à 25 m de haut en peuplement dense. La circonférence à 130 cm du sol est de 70 cm entre 27 et 35 ans

(**Natividade, 1956**). La fructification commence à l'âge de 15 ans (**Saccardy, 1937**), mais un bon rendement ne peut être espéré avant 40 ans (**Zeller, 1959**), les bonnes glandées se répètent tous les 2 ou 3 ans (**Saccardy, 1937**). Les glands sont de couleur rouge brique, dans une cupule à écailles inégales, allongés et de tailles très variables, de 2 à 4,5 cm de long sur 1,5 à 1,8 cm de diamètre (**Camus, 1938**). Ils tombent en octobre et novembre, parfois jusqu'à janvier (**Piazzetta, 2005**). Ces glands sont ordinairement amers et ne sont pas comestibles pour l'homme, sauf quelques exceptions individuelles (**Zeller, 1959**). Les feuilles du C. liège sont persistantes dont la durée de vie est de 2 à 3 ans (**Piazzetta, 2005**). Elles ont 3 à 5 cm de longueur et 1,5 à 4 cm de largeur, coriaces, plus ou moins elliptiques, alternes, sans poils sur le dessus, velues cotonneuses et d'un blanc grisâtre en dessous. Le limbe est pétiolé, ovale, allongé, bordé de dents épineuses, il présente 5 à 7 nervures secondaires de chaque côté de la nervure principale (**Rameau et al., 2008**). La floraison du C. liège commence dès l'âge de 12-15 ans (**Piazzetta, 2005**), et se déroule entre la fin d'avril et la fin mai, elle est conditionnée par le climat et l'exposition. Les fleurs femelles sont de petits boutons écailleux isolées ou en groupe de trois sur les rameaux de l'année en cours (**Piazzetta, 2005**), et les fleurs mâles pendent en chatons à l'extrémité des rameaux de l'année précédente, elles sont longues de 4 à 8 cm (**Fraival, 1991**). Dès le jeune âge, le système racinaire du C. liège est constitué d'un pivot unique et un système racinaire traçant (**Sauvage, 1961**). Dès trois mois, les racines peuvent atteindre 55 à 60 cm, tandis que la partie aérienne atteint 9 cm (**Natividade, 1956**). Le liège est un tissu parenchymateux formé par l'assise subero-phellodermique (la mère), il couvre le tronc et les branches (**Veillon, 1998**). C'est un tissu mort, spongieux, élastique et compressible qui résiste parfaitement aux incendies et préserve ainsi les couches corticales inférieures. Le liège mâle (liège vierge ou naturel) de couleur grisâtre est dur, d'une élasticité médiocre, profondément crevassé (**Bouhraoua, 2003**). Selon Boudy (1952), ce liège naturel (jamais récolté) présente une épaisseur moyenne de 3 cm, pouvant atteindre 5 à 10 cm à 100 ans et même 20 à 22 cm sur les arbres très âgés. Sa récolte qui s'appelle le démasclage, commence à l'âge de 25 à 40 ans (**Zeller, 1959**). Selon Bouhraoua (2003), le liège femelle ou liège de reproduction, qui se développe après le démasclage, est moins crevassé, plus homogène et plus élastique, ce liège est exploitable au bout de 8 – 15 ans (**Bouhraoua, 2003**).

## II.2. Intérêts écologiques et économiques

Les forêts de chêne liège offrent une multitude de produits dont certains constituent de véritables richesses économiques qui sont essentiellement le bois et le liège. En effet, Boudy (1952) atteste qu'en raison de la qualité, de la valeur de son écorce et de son bois, le C. liège est de point de vue économique, l'essence forestière la plus importante d'Afrique du nord. Cependant, Silva (2007) indique que son bois est lourd, d'une couleur rouge clair, très dur, compact et difficile à travailler

avec peu de valeur commerciale, le plus souvent il est utilisé pour la fabrication des traverses de chemin de fer. Il constitue par contre un excellent combustible et offre un charbon de qualité. L'importance économique du C. liège réside essentiellement dans son écorce, le liège. Ce matériau particulièrement léger, souple, élastique, imperméable et non conducteur pour la chaleur est utilisé depuis l'antiquité pour des fins diverse (bouchonnerie, parquet, isolation thermique) (Boudy, 1950). Le secteur du liège crée chaque année en Algérie plus de 3500 emplois saisonniers durant la campagne d'exploitation du liège et emploie près de 1400 travailleurs saisonniers et permanents au niveau des unités de transformation du liège (**Berriah, 2014**). La subéraie présente certaines particularités liées au cortège floristique accompagnant le C. liège. En effet selon (Ouelmouhoub, 2005), elle recèle des potentialités en divers produits tels que le charbon de bois, la souche de bruyère, la transformation du bois de certaines espèces arbustives comme la filaire, l'arbousier, l'oléastre, les glands de chênes, les plantes médicinales et aromatiques (myrte, lavande, lentisque, ciste etc.), la gemme et la résine. En plus de la flore microscopique qui joue un rôle très important, ex : la mousse des chênes (*Iverniaprunastria*) utilisée en parfumeries (**Benyacoub et al. 1998**). En Algérie, ces forêts tiennent une place primordiale dans la vie socio-économique de la majorité de la population riveraine car elles constituent, grâce à leur abondant sous-bois, un riche terrain de parcours pour un cheptel varié (**Bouhraoua, 2003**). Elles fournissent également des quantités considérables de glands permettant l'alimentation du cheptel pendant les périodes de disette (**Peyrimhoff, 1941**). Lecocq (2011) signale que les forêts de C. liège sont d'excellents puits à carbone. Leur exploitation a un impact positif au niveau de la fixation du carbone.

### **I-3. METHODES DE PRÉLÈVEMENT ET D'OBSERVATION DES RACINES**

#### **II-3.1. Collecte des racines**

Comme les racines peuvent être récoltées à tout moment de l'année pour l'estimation de la colonisation endomycorhizienne (**Schenck, 1982**). Nous avons effectué des prélèvements racinaires en prenant soin de choisir les racines les plus fines. Les racines provenant du même arbre sont convenablement mélangés pour en faire un seul échantillon. Nous avons récupéré la totalité du système racinaire de chaque plant. Parallèlement à cet échantillonnage racinaire, nous avons effectué un prélèvement du sol à proximité des racines dans les horizons supérieurs (0 à 30cm) pour plusieurs utilisations à savoir :

- L'analyse physico-chimique du sol même,
- L'estimation de la diversité sporale dans ce sol,

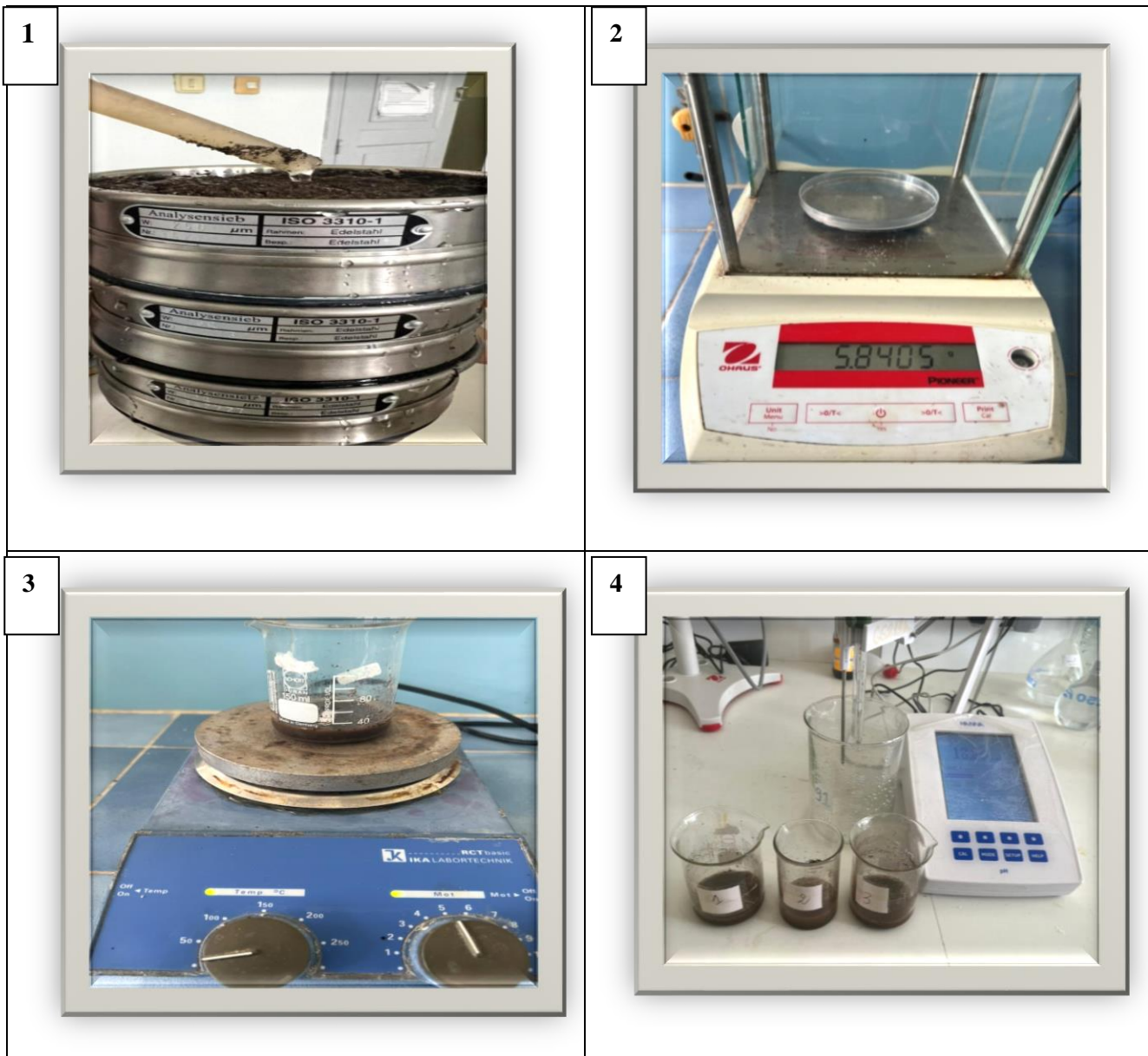
**II-3-2-ANALYSE DES PARAMETRES PHYSICO –CHIMIQUES DU SOL**

Les paramètres physicochimiques suivants ont été évalués : Le pH eau et la texture.

**II-3-2.1 pH eau**

Pour déterminer le pH eau du sol (fig.16) (Baize et Jabiol, 1995):

- Tamiser le sol d'analyse avec un tamis de 2 mm.
- Peser 5 g de sol dans un flacon ou pilulier à agitation et ajouter 25 ml d'eau distillée.
- Agiter avec agitateur culbuteur pendant 2 heures à température proche de 20 °C.
- Laisser reposer la solution 24 h, ensuite mesurer le pH eau moyen d'un pH mètre.



**Figure n° 16 : Détermination du pH eau du sol d'étude (Merdaci et cheloufi,2024).**

1 : Tamisage du sol d'analyse.

2 : Peser 5 g de sol dans un flacon ou pilulier

3 : Agiter avec agitateur culbuteur pendant 2 heures à température proche de 20 °C.

4 : Mesure du pH eau moyen d'un pH mètre

### II-3-2.2 La texture

Pour déterminer la texture du sol, nous avons utilisé la méthode par saturation qui consiste à mesurer le pourcentage d'humidité du sol ( $y$ ) et à le comparer à une échelle qui détermine la texture qui lui correspond.

Nous avons, tout d'abord, pris une petite quantité de sol (= 50 g) et nous l'avons imbibée d'eau au goutte à goutte tout en mélangeant jusqu'au point où la pâte devient luisante et glisse doucement lorsqu'on incline le récipient.

Ensuite, nous avons suivi les étapes suivantes :

- Peser une capsule vide (P1)
- Prendre une petite quantité de pâte (sol mouillé).
- La mettre dans la capsule puis repeser (P 2).
- Mettre à l'étuve à 105 °C pendant 24 h
- Peser une troisième fois la capsule à la sortie de l'étuve (P3). Le poids correspond donc au poids de la capsule vide + le poids du sol sec.
- Puis calculer

$$X 1 = P 2 - P 3 \text{ (Poids de l'humidité).}$$

$$X 2 = P 3 - P 1 \text{ (Poids du sol sec).}$$

Ensuite appliquer la règle de trois pour calculer le pourcentage d'humidité.

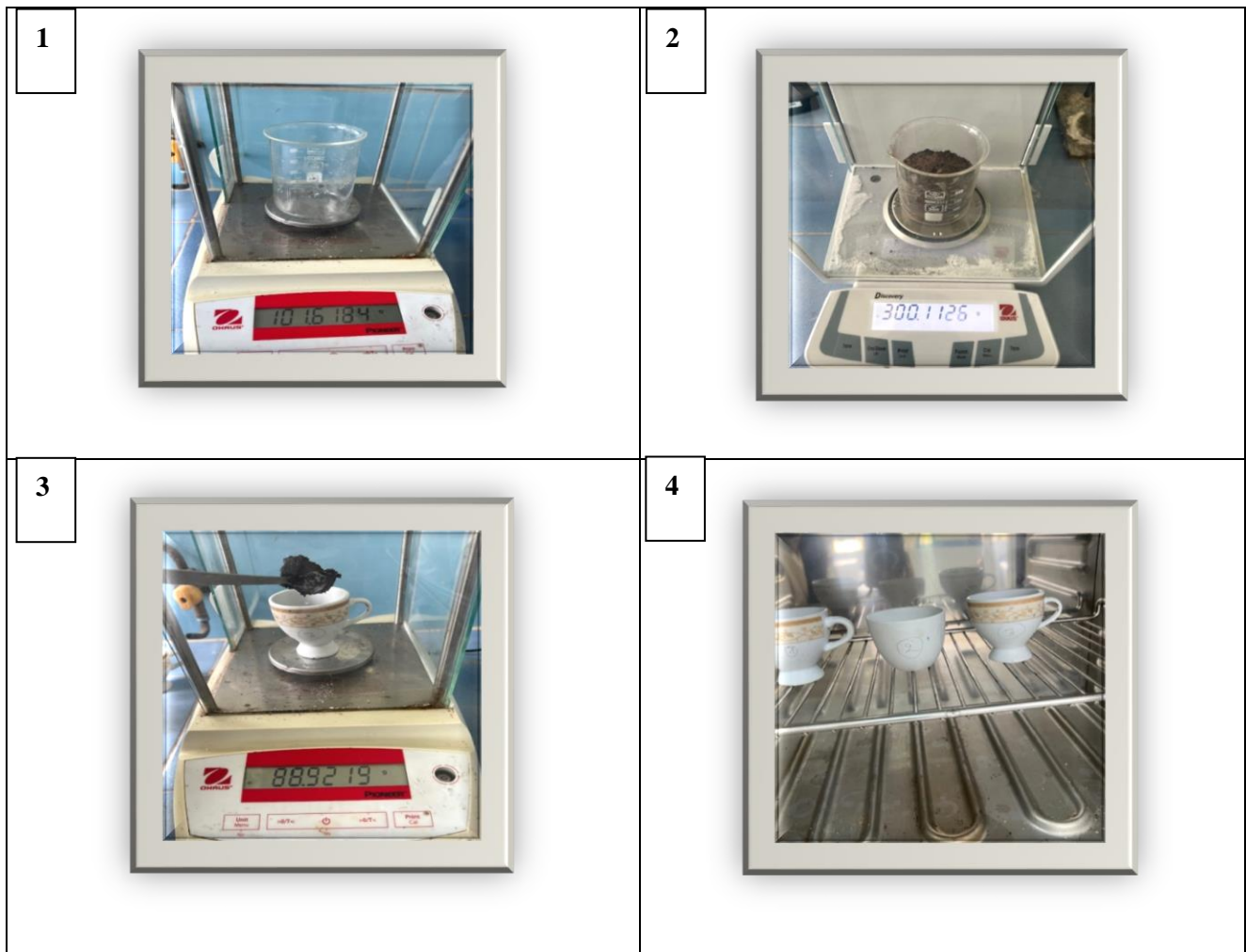
$$X 1 \rightarrow X 2 \text{ g du sol sec}$$

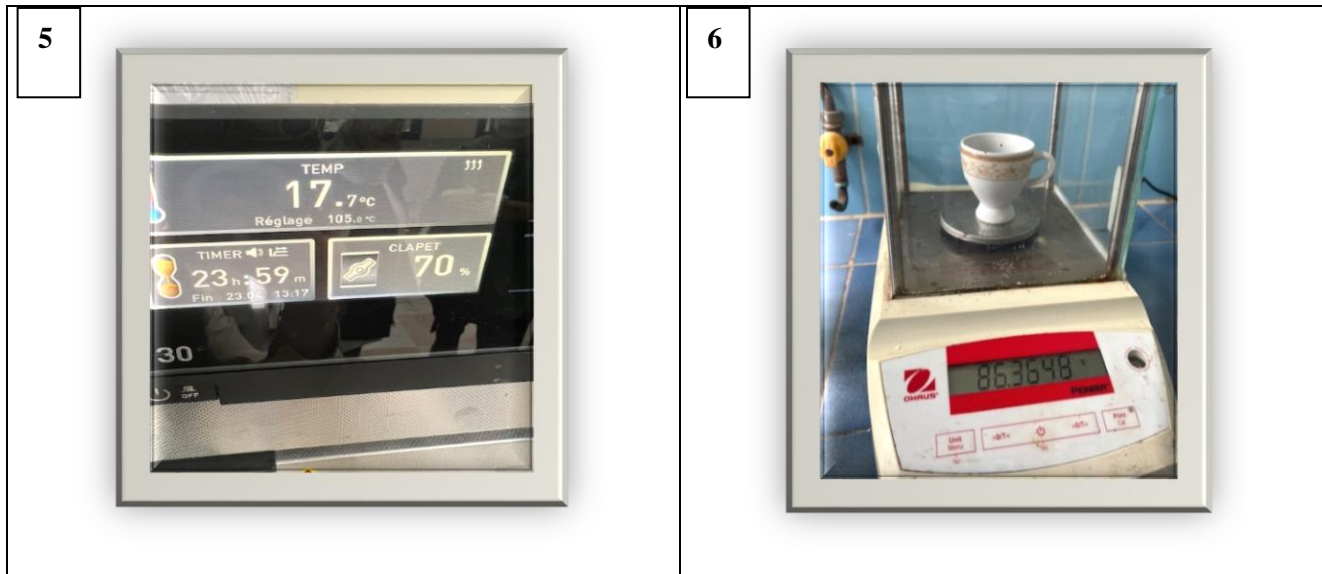
$$Y \rightarrow 100 \text{ g de sol sec}$$

Enfin, le comparer au tableau n°1 pour déterminer la texture.

Tableau n°1: Echelle de la texture.

Pourcentage d'humidité (%)	Texture
< 12	Sableuse
12 - 24	Sablo - limoneuse
24 - 37.5	Limoneuse - sableuse
37.5 - 45	Limoneuse - argileuse
> 75	Argileuse





**Figure n° 17 : Détermination de la texture du sol (Merdaci et Cheloufi, 2024).**

1 -Peser une capsule vide (P1) 2 –Peser le sol

3-Prendre une petite quantité de pâte (sol mouillé). 4- Mettre les échantillons à l'étuve.

5- Régler l'étuve à 105 °C.

6-Peser une troisième fois la capsule A la sortie de l'étuve.

### II-3-3 Mise en évidence de la colonisation des racines du chêne liège par les CMA

Les champignons MA n'étant pas décelables à l'œil nu, pour pouvoir les observer et les détecter au niveau des racines, il est nécessaire de faire subir à ces dernières un traitement qui permet de les mettre en évidence (Fig. 18).

Les échantillons racinaires sont lavés et séparés délicatement afin de les débarrasser de toute particule de terre puis découpés en fragments d'environ 1 cm de longueur.

Les racines lavées sont recueillies dans des tubes en plastique munis à leur base d'une grille en acier inoxydable. Les tubes sont rassemblés et rangés dans un cristalliseur et traités comme suit:

- Immerger les racines dans une solution d'hydroxyde de potassium (KOH à 10%)
- Mettre le cristalliseur muni des tubes dans un bain marie à 100°C.
- Laisser chauffer pendant 30 minutes, l'utilisation de la potasse a pour effet de vider les cellules de leur contenu cytoplasmique.
- Rincer les tubes à l'eau du robinet afin d'éliminer toute trace de potasse (KOH).

- Plonger les fragments racinaires contenus dans le cristallisoir successivement dans du peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à 10 vol) pendant 30 minutes pour éclaircir les racines.

- Plonger les racines ensuite dans HCl pendant 10 minutes

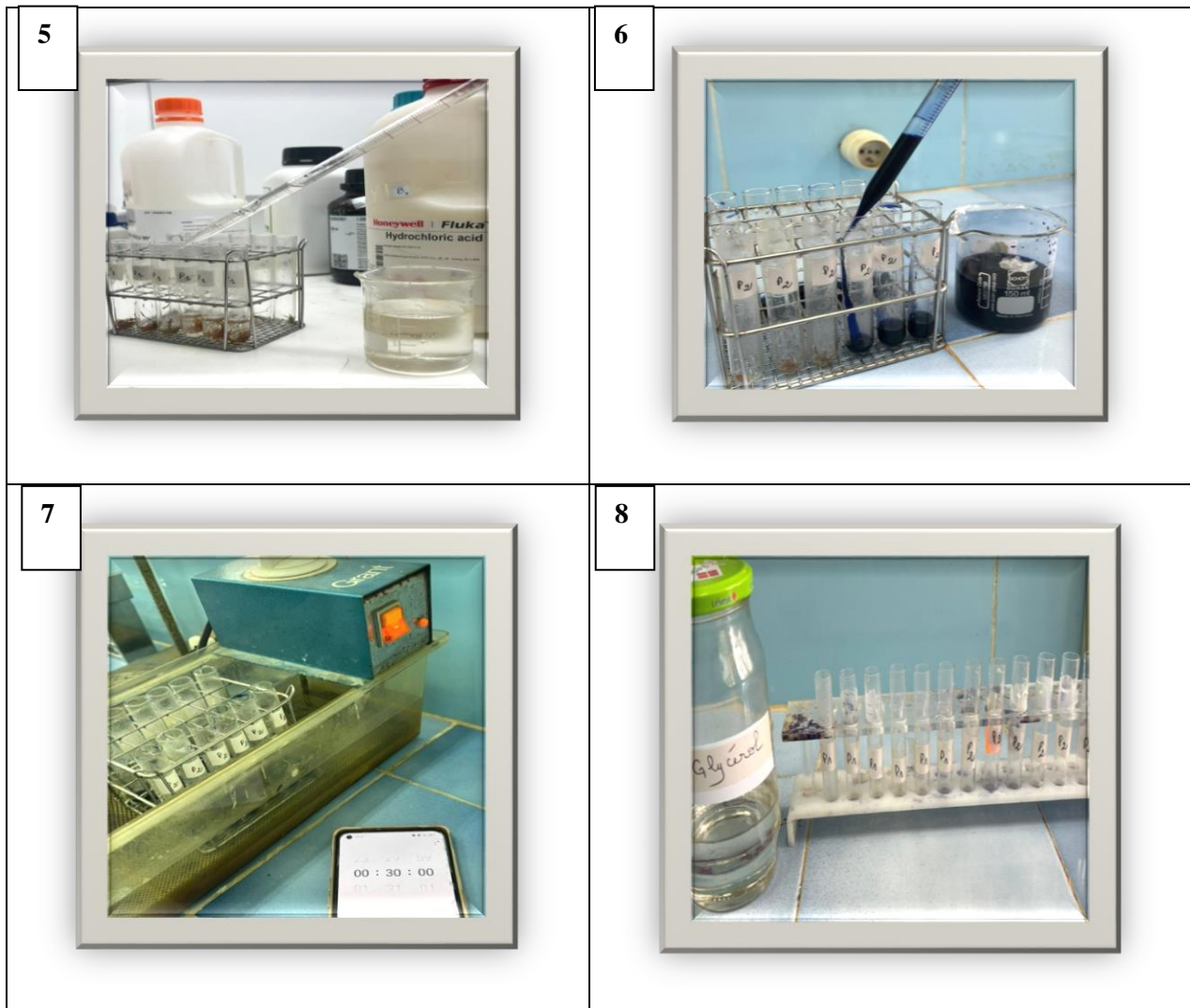
- Rincer de nouveau les racines éclaircies.

- Immerger les racines éclaircies dans le Bleu trypan voir composition en annexe 1,

Chauffé à 90 °C au bain marie pendant 30 minutes.

- Conserver les racines ainsi colorées dans des piluliers étiquetés en les immergeant dans du glycérol ou de l'acide lactique.





**Figure n° 18 :** Mise en évidence de la colonisation des racines du chêne liège par les CMA  
(Merdaci et cheloufi, 2024).

1-Les plants du chêne liège .

2-Les racines lavées sont recueillies dans des tubes en plastique munis à leur base d'une grille en acier inoxydable.

3-Immerger les racines dans une solution d'hydroxyde de potassium (KOH à 10%)

4-Plonger les fragments racinaires contenus dans le cristalliseur successivement dans du peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à 10 vol) pendant 30 minutes.

5-Plonger les racines ensuite dans HCl pendant 10 minutes

6-- Immerger les racines éclaircies dans le Bleu trypan

7-Chauffé à 90 °C au bain marie pendant 30 minutes

8- Conserver les racines ainsi colorées dans des piluliers étiquetés en les immergeant dans du glycérol

### **II-3-4 EVALUATION DE LA BIODIVERSITE ET DE L'ABONDANCE DES SPORES DE CMA PRESENTES DANS LE SOL D'ETUDE**

#### **II-5.1 Méthode d'extraction des spores fongiques :**

La connaissance de la biologie et l'écologie des champignons MA est limitée par des difficultés de techniques à la fois pour identifier et qualifier les espèces présentes dans les sols (**Brundrett et Abbott, 2002**).

Le nombre et la nature des spores varient en fonction du type de sol, de son traitement ainsi que du type de culture. Les spores des CMA sont les plus souvent libres dans le sol. Généralement, elles ont un diamètre de 50 à 500 micromètres et peuvent donc être séparées des fines particules de sol par tamisage humide (**Gerdemann et nicolson, 1963**).

La technique de tamisage consiste à:

Superposer une série de tamis (3 tamis) de mailles micrométriques de différentes ouvertures :355µm, 250µm ,150 µm .

L'échantillon de sol (200 g) est déposé sur la série de tamis et soumis à un jet d'eau du robinet jusqu'à ce que l'eau qui en sorte devienne claire et limpide. Les tamisats du sol de chaque tamis sont recueillies dans des flacons étiquetés.

Une fraction de chaque flacon est versé dans une boîte de Pétri, diluée avec de l'eau distillée et observée à la loupe binoculaire. Les spores sont récoltées à l'aide d'une micropipette afin d'être montées entre lame et lamelle et observées au microscope.

Des méthodes d'ADN ont été récemment utilisées pour identifier les champignons MA dans les sols (**Clapp et al, 1995; Helgason et al, 1999**). Toutefois, les données obtenues par ce moyen ont été limitées en raison de la difficulté des techniques (**Sanders et al, 1996; Douds et Millner, 1999; Lanfrano et al, 1999**). L'extraction des lipides et l'analyse des profils d'acides gras est une autre méthode prometteuse pour quantifier les champignons MA dans les sols (**Graham et al, 1995;Olsson, 1999**).

Pour identifier les différentes spores, nous avons utilisé le manuel de **Schenck et Perez (1990)** et le site de **Blaszkowski(2006)**.

**II-5.2 Préparation des lames :**

Le procédé employé est le suivant:

1. Deux petites gouttes de Melzer (Annexe 2) sont placées sur la surface d'une lame propre de microscope, en prenant soin de réserver un espace sur une extrémité pour une étiquette de marquage. Le réactif de Melzer montre les réactions des composants de la paroi des spores et des couches intérieures de germination des champignons à arbuscules.
2. Environ 10-20 spores sont ajoutées à chaque goutte, selon la taille des spores. On les laisse pendant 3-5 minutes afin que le montage (melzer + spore) devienne plus visqueux avant de placer une lamelle.
3. Les spores sont écrasées en appliquant une pression modérée sur la lamelle avec l'extrémité d'un crayon sous le microscope photonique.
4. Les lames sont placées dans un incubateur à 60°C pour 12-24 h pour essuyer l'excédent du milieu et des bulles d'air. De plus, le chauffage diminue l'espace entre la lame et la lamelle et facilite, de ce fait, la prise des photos des structures sous-cellulaires des spores montées.

**II-5.3 Description des spores :****II-5.3.1 Morphologie générale :****Forme de la spore :**

La forme de la spore peut être sphérique, subsphérique, ronde, ovale, obovale, etc.

**Détermination de la couleur :**

La couleur des spores les plus claires et des spores les plus foncées est donnée sous la forme d'une formule exprimée en pourcentage de Cyan, Magenta, Jaune et Noir suivant le code de couleur défini par INVAM.

<b>Formule = % Cyan / Magenta / yellow /Black</b>
---

**Taille de la spore :**

Le diamètre des spores est estimé au microscope optique à l'aide d'un micromètre oculaire.

Afin d'obtenir une bonne estimation de la taille de la spore, il est préférable de choisir, suivant la taille de la spore, le plus fort grossissement permettant de mesurer, en une fois son diamètre.

Le calibrage du micromètre est donné dans le tableau 2.

Ces mesures permettent d'observer les valeurs minimum et maximum et de calculer une valeur moyenne de la taille des spores d'une espèce. Le nombre de mesures effectuées ainsi que le nombre de spores par classe de diamètre sont généralement mentionnés.

Exemple: à l'objectif 10, nous avons constaté que le diamètre de la spore comprends 9 graduations de 10  $\mu\text{m}$  chacune ce qui correspond à  $9 \times 10 = 90 \mu\text{m}$ .

**Tableau n°2:** Correspondance entre la lecture à l'objectif (nombre de graduations) et la dimension réelle de l'objet mesuré.

<b>Objectif</b>	04	10	20	40	100
<b>Graduation = x <math>\mu\text{m}</math></b>	22	10	06	04	1

### Particularités remarquables :

Des particularités morphologiques permettent, dans bien des cas, de déterminer les genres *Glomus*, *Simiglomus*, *Claroideoglomus*, *diversispora*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Sclerocystis*, *Scutellospora*, *Fusutata*, *Racocetra*, *Paraglomus*, *Archaeospora*, *Ambispora*, *Paraglomus*. Ces particularités sont :

-Présence d'un hyphe suspenseur pour le genre *Glomus*.

-Présence de cellule sporogène bulbiforme avec ou sans prolongement hyphal pour les genres *Gigaspora* et *Scutellospora*.

Ces caractères sont très importants dans la taxonomie des glomales et permettent de séparer les différents genres qui composent ce principal ordre des champignons mycorhiziens arbusculaires.



Figure n° 19: Méthode d'extraction des spores fongiques (Merdaci et Cheloufi, 2024).

**1-**Superposer 3 tamis de mailles différents.**2-**Mettre le sol sur les tamis

**3-** Le sol est soumis à un jet d'eau du robinet.**4-**Les tamisats du sol de tamis 355 $\mu$ m

**5-**Les tamisats du sol de tamis 250 $\mu$ m.**6-**Les tamisats du sol de chaque tamis

# **CHAPITRE III**

## **Résultats et Discussions**

**III -1.Résultats et discussions****III-1.1 Analyse du sol**

L'analyse du sol de la station d'El Kala( avec 3 répétitions) a permis d'obtenir les résultats consignés dans le tableau n°3 et annexe 3 et 4. Le sol d'étude est légèrement basique (le pH $\approx$  8) et la texture est limoneuse – Argileuse (la moyenne de la valeur de texture égale à 22,5).

**Tableau n° 3:**Caractéristiques physico-chimiques des sols de la station d'étude.

pH du sol d'étude			Texture du sol d'étude		
Répétition 1	Répétition 2	Répétition 1	Répétition 1	Répétition 2	Répétition 3
7,65	7,76	7 ,68	23,4	22,9	22,2

**III.1.2. La mycorhization naturelle du chêne liège dans la station d'étude**

L'examen microscopique des racines naturelles du chêne liège prélevées du site d'El Kala au cours de l'année 2024, pendant le printemps et colorées au bleu Trypan, révèle une colonisation par les champignons MA. La colonisation se manifeste par différentes structures, à savoir l'existence d'un réseau important d'hyphes intra et intercellulaires (Fig20. 1). L'épaisseur du mycélium varie entre 10 à 20 um, de nombreux points d'entrée des champignons dans la racine ou appressoria (Fig20.2) (ces structures sont considérées comme l'événement le plus décisif dans le déroulement de la colonisation endomycorhizienne).


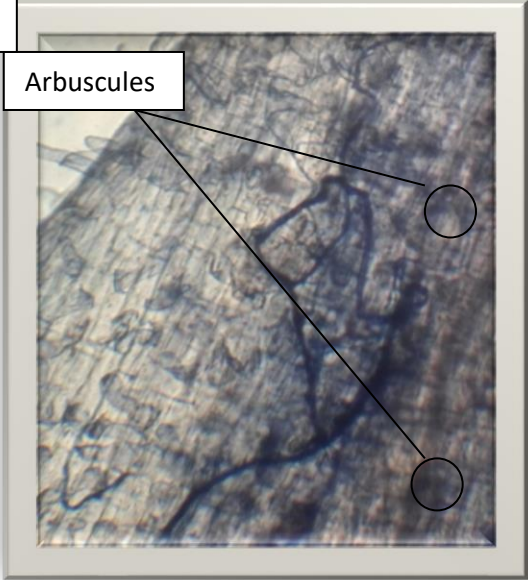
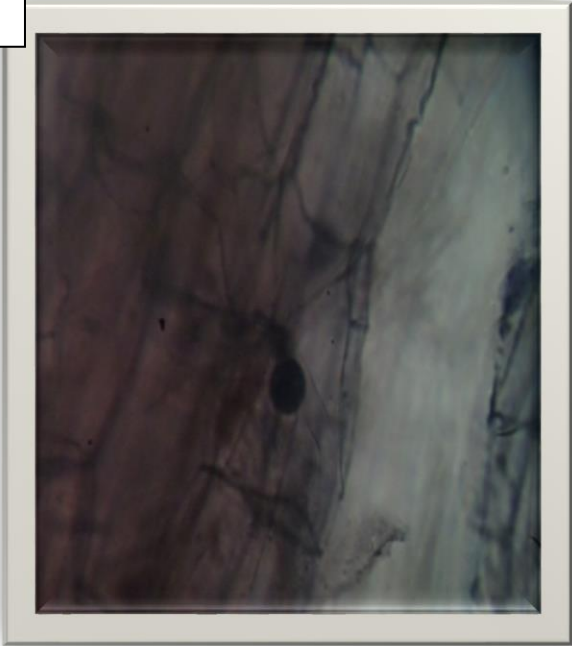
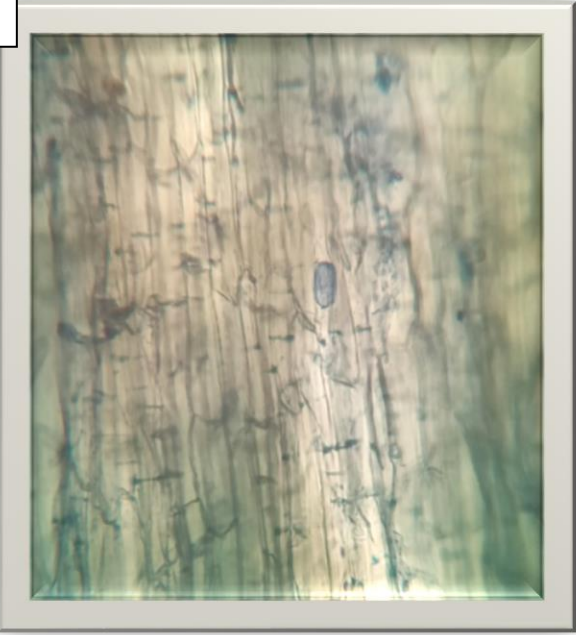
La colonisation des racines par les CMA s'est surtout manifestée par la présence de spores sphériques et ovoïdes extracellulaires (Fig 20. 3,4 et 5) ainsi que des spores ovoïdes intracellulaires (Fig. 20.6).

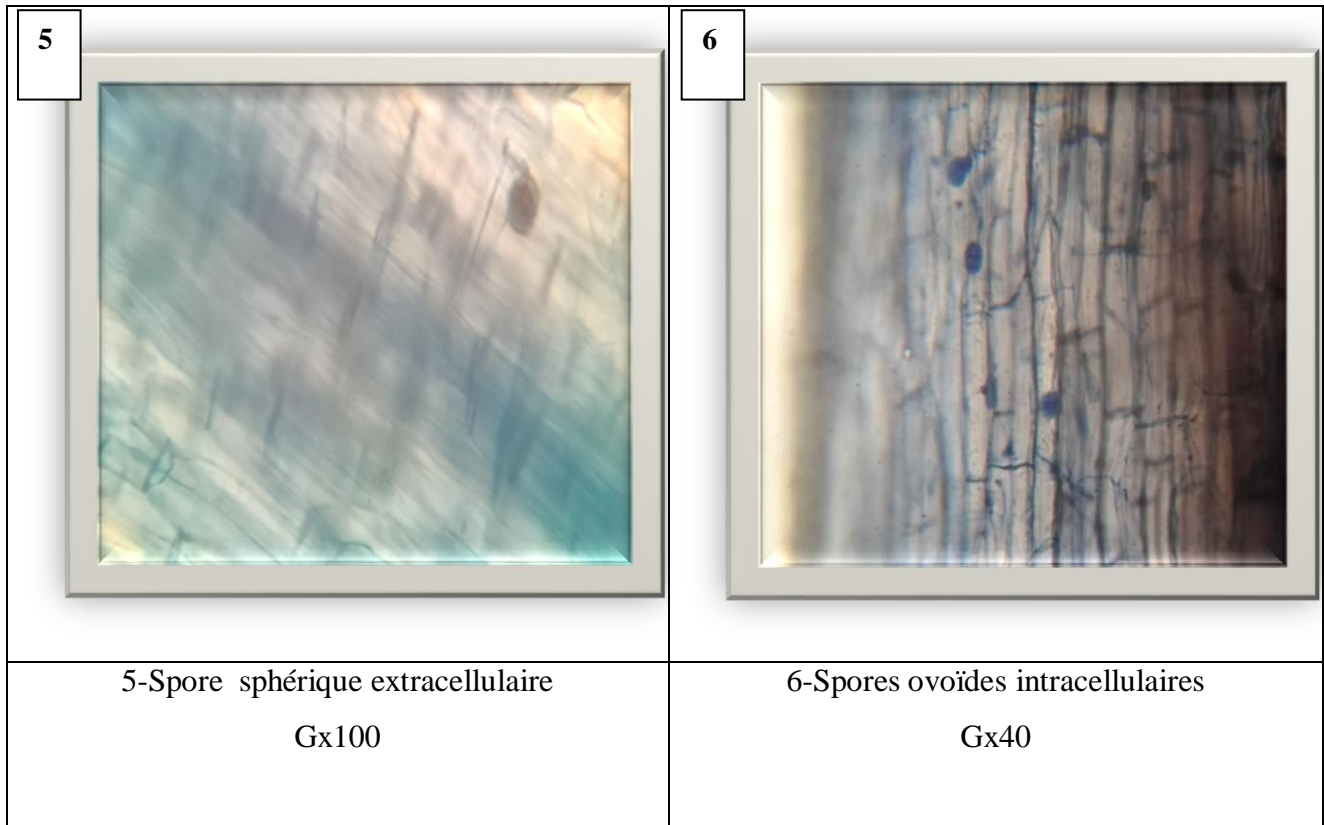
**III.1.3. La mycorhization artificielle du chêne liège dans la station d'étude**

L'examen microscopique des racines inoculés du chêne liège prélevées du site d'El kala au cours de l'année 2024, pendant la saison de printemps et colorées au bleu Trypan, révèle une forte colonisation par les champignons MA par rapport aux plants naturelle. La colonisation se manifeste par différentes structures, à savoir la présence de spores sphériques et ovoïdes extracellulaires (Fig. 21. 1, 2, 3 et 4) ainsi que des spores sphériques et ovoïdes intra-cellulaires(Fig.21.5 et 6).

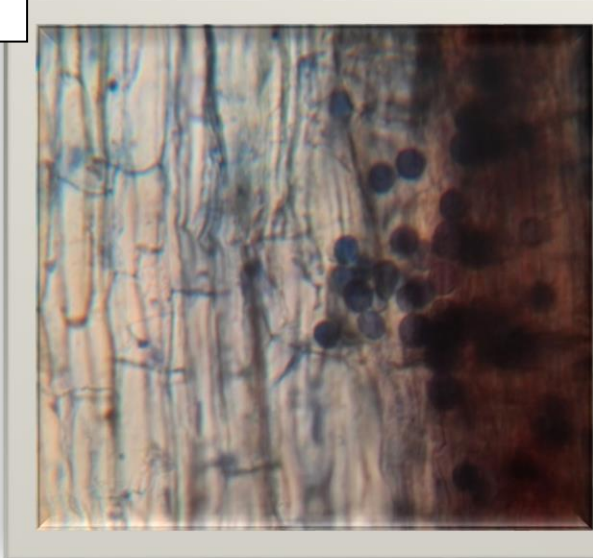

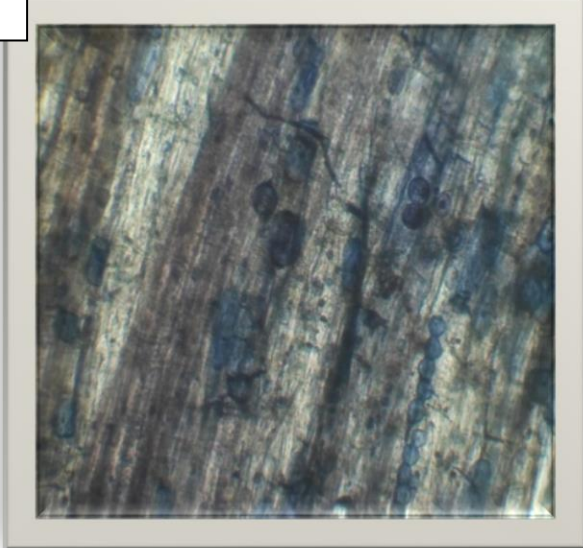

Le cortex racinaire est envahi par de nombreuses vésicules de taille et de forme variables (Fig.21. 7 et 8). Qui fonctionnent comme des organes de stockage et /ou de propagules qui peuvent être structurellement et fonctionnellement similaires aux spores des champignons MA dans le sol. En effet, l'extension de la colonisation devient plus importante durant la saison de croissance et ceci

témoigne de l'importance du rôle que jouent les endomycorhizes et surtout les arbuscules qui sont le site d'échanges fonctionnels entre le CMA et la racine de la plante hôte.

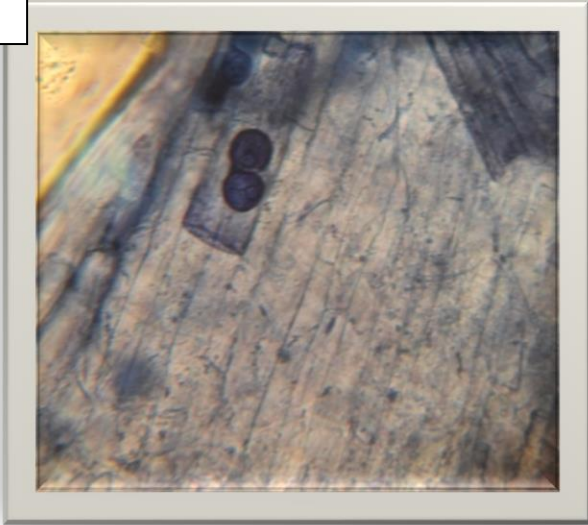
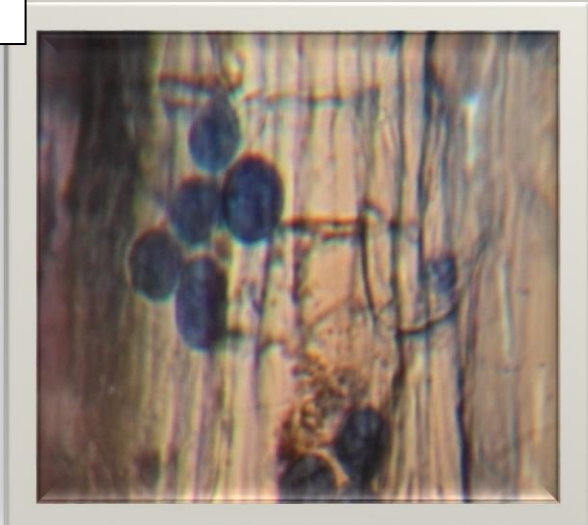
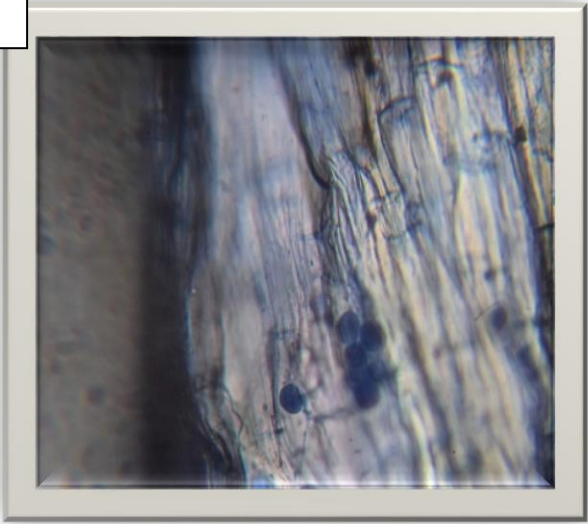
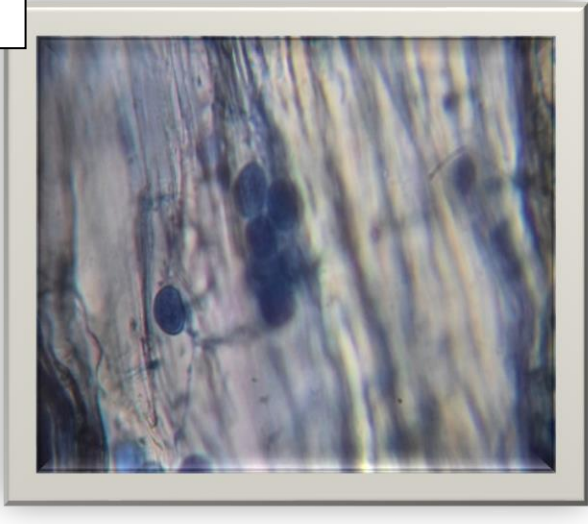
<p>1</p> 	<p>2</p>  <p>Arbuscules</p>
<p>1-Un réseau d'hyphes intra et intercellulaires Gx100</p>	<p>2-Mycélium extracellulaire et appressoria Gx100</p>
<p>3</p> 	<p>4</p> 
<p>3-Spore sphérique extracellulaire Gx100</p>	<p>4-Spores ovoïdes extracellulaires Gx100</p>



**Figure n°20** : Différentes formes de colonisation naturelle MA chez le chêne liège (**Merdaci et Cheloufi, 2024**).

<p>1</p> 	<p>2</p> 
<p>1-Spores sphériques intracellulaires GX10</p>	<p>2-Spores sphériques intracellulaires GX40</p>
<p>3</p> 	<p>4</p> 
<p>3-Spores ovoïdes intracellulaires GX10</p>	<p>4-Spores ovoïdes intracellulaires GX40</p>

**Figure n°21** : Différentes formes de colonisation MA chez les plants inoculés du chêne liège (Merdaci et Cheloufi, 2024).

<p>5</p> 	<p>6</p> 
<p>5-Spores sphériques intracellulaires GX40</p>	<p>6-Spores sphériques extracellulaires GX100</p>
<p>7</p> 	<p>8</p> 
<p>7- Vésicules intracellulaires Gx100</p>	<p>8- Vésicules intracellulaires Gx400</p>

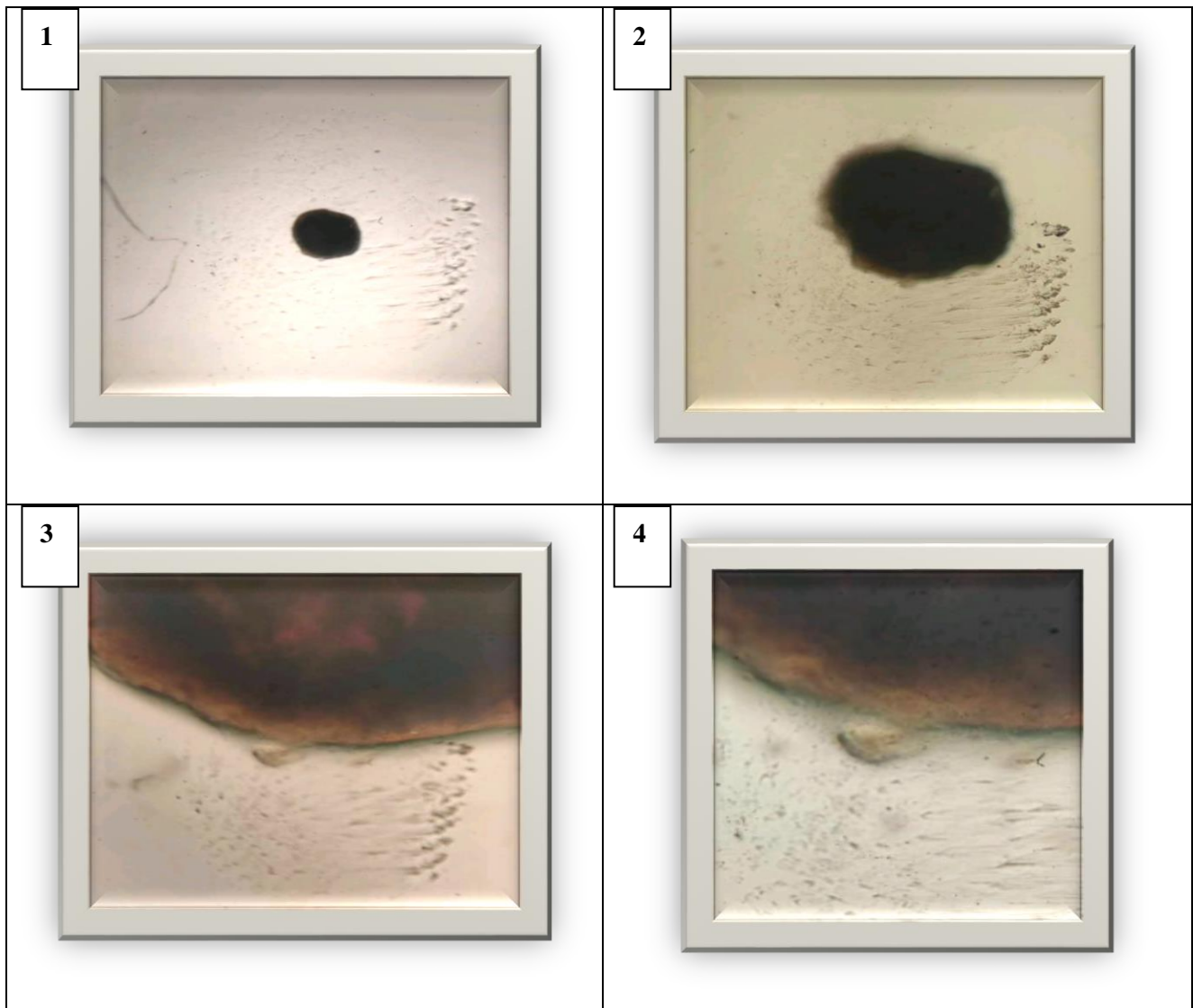
**Figure n°21 :** Différentes formes de colonisation MA chez les plants inoculés du chêne liège (Suite).

**III.1.4. Diversité sporale :**

Pour aboutir notre objectif, il nous était nécessaire et indispensable d'extraire et d'essayer d'identifier des spores rencontrées dans le sol de la station d'étude. Comme l'affirment Brundrett et Abbott (2002), la plupart de nos connaissances sur les populations de champignons proviennent des observations des spores, celle-ci étant relativement faciles à séparer du sol, elles sont utilisées pour identifier les espèces fongiques (Brundrett et Abbott, 2002).

Les différentes spores de CMA ont été extraites grâce à la méthode de tamisage humide. Après cela, nous avons employé le manuel de Schenck et Perez (1990) et le site web (Blaszkowski, 2006) pour tenter de les identifier. L'identification morphologique des spores reste toujours délicate et crée de grands problèmes taxonomiques. Elle nécessite aussi des moyens d'observation microscopique de plus en plus perfectionnées. C'est pourquoi nous avons été contraints de nous arrêter au rang du genre.

L'observation des différents tamisats du sol a permis de déceler une abondance et une diversité sporale notable pour un sol inondé comme celui d'El Kala (voir figures correspondantes de 22 à 25).



**Figure n°22 : Présentation du morphotype 1.**

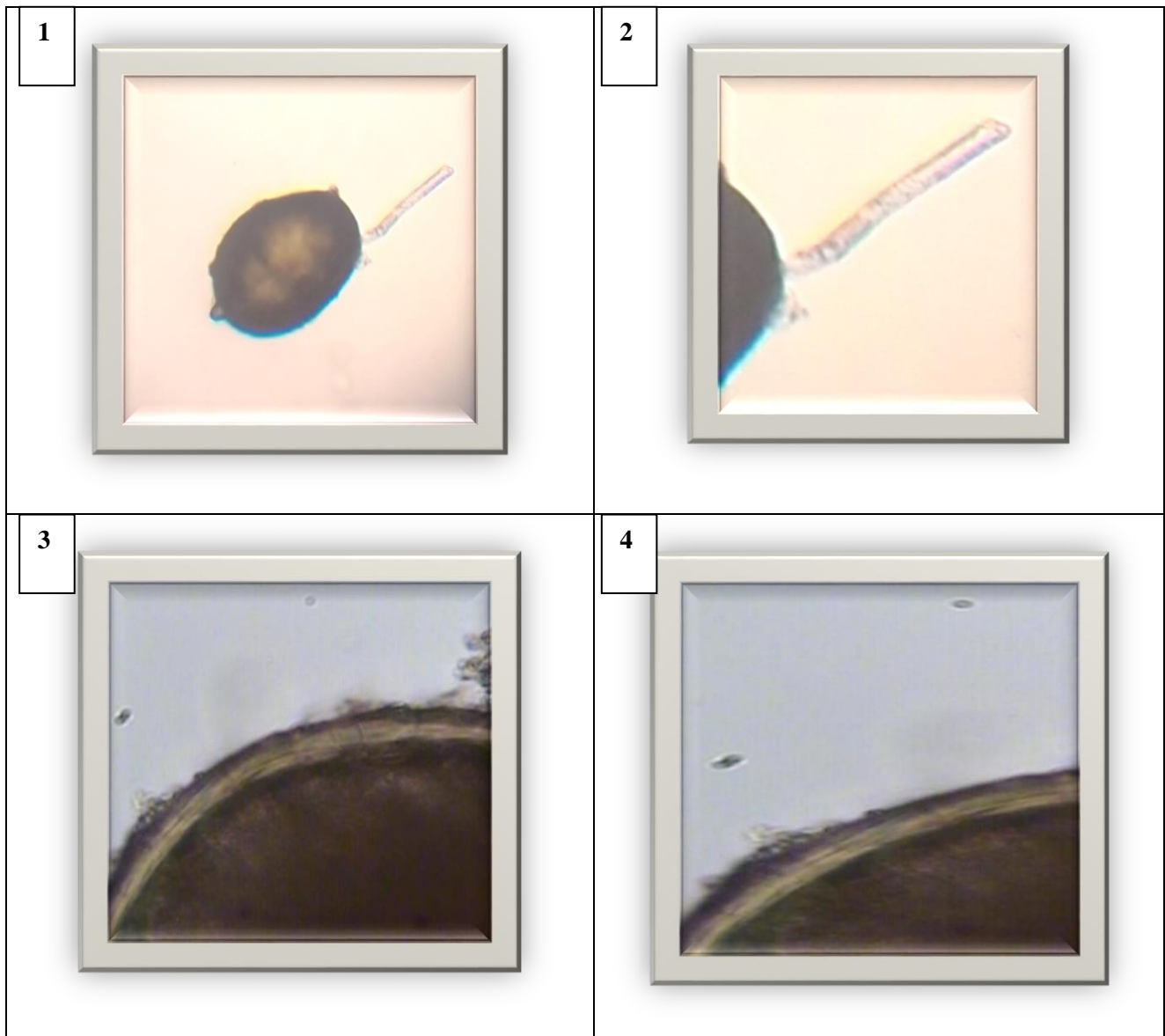
- 1: Spore entière Gx100.  
 2: Spore entière Gx400.  
 3: Hyphe d'attache Gx400.  
 4: Paroi de la spore Gx400

Spore de forme sphérique, de 110 $\mu$ m de diamètre, de couleur 15% Bleu /15 % Mauve /10% Jaune / 60% Noir dont la paroi présentant trois couches réagissant au Melzer.

L'hyphe suspenseur en forme mamelon, de couleur jaune incrusté de noir et mauve.

Sa paroi formée d'une couche discontinue.

Vu la difficulté rencontrés dans l'identification de cette espèce appartenant au genre *Glomus*. Nous la nommons *Glomus sp1*.



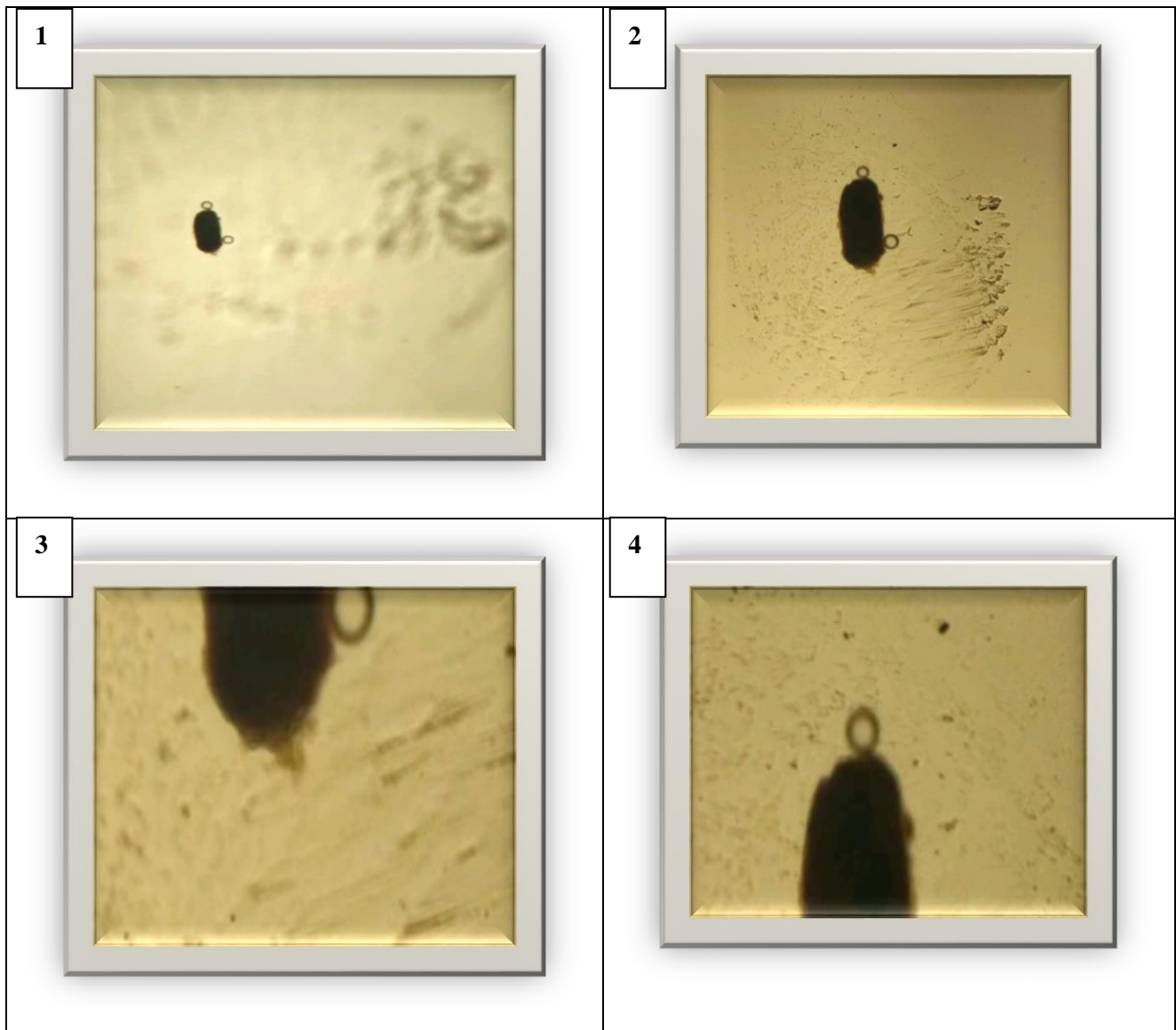
**Figure n°23:**Présentation du morphotype 2.

- 1: Spore entière Gx100.
- 2: Spore entière Gx400.
- 3: Paroi de la spore Gx100.
- 4: Paroi de la spore Gx100

Spore de forme ovoïde, de 220µm de diamètre, de couleur 10% Bleu / 40% Mauve / 00 % jaune / 50 % Noir dont la paroi présentant trois couches réagissant au Melzer.

L'hyphe suspenseur en forme de batonnet, de couleur mauve et bleu. Sa paroi formée de deux couches continues.

D'après la description de Schenck et Perez (1986) et celle de Blaszkowski (2006), nous estimons qu'il s'agirait de *Glomus sp2*.



**Figure n°24** : Présentation du morphotype 3.

- 1: Spore entière Gx100.
- 2: Spore entière Gx400.
- 3: Hyphe d'attache Gx100.
- 4: Paroi de la spore Gx100

Spore de forme ovoïde, de 120µm de diamètre, de couleur 5% Bleu / 45% Mauve / 00 % jaune / 50 % Noir dont la paroi présentant trois couches réagissant au Melzer.

L'hyphe suspenseur en forme irrégulière, de couleur jaune, mauve et bleu. Sa paroi formée de deux couches continues.

D'après la description de Schenck et Perez (1986) et celle de Blaszkowski (2006), nous estimons qu'il s'agirait de *Glomus aggregatum*.

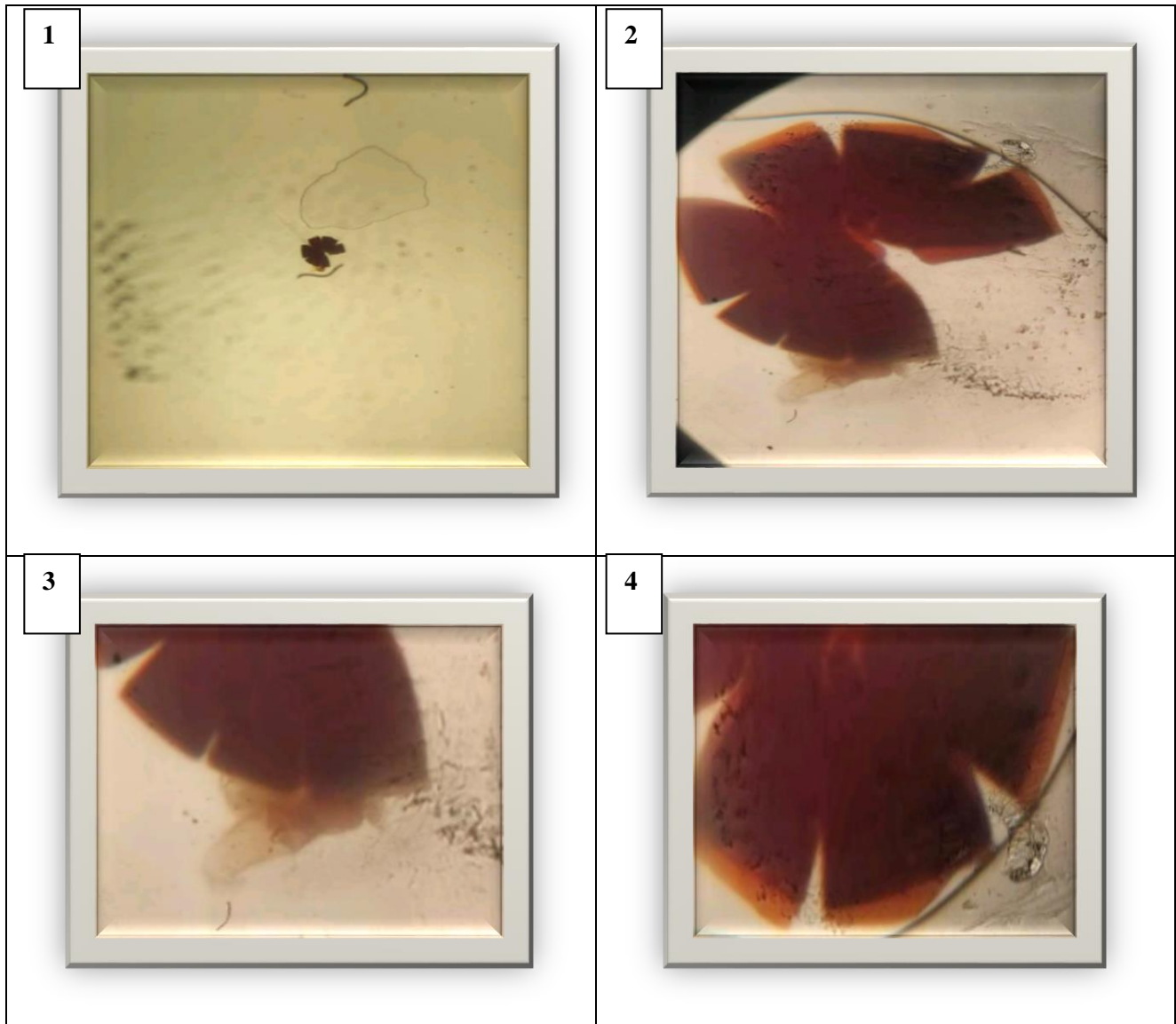


Figure n°25 : Présentation du morphotype 4 (*Glomus mosseae*).

- 1-Spore entière Gx100
- 2- Spore entière Gx400
- 3- Hyphe d'attache Gx400
- 4-Paroi de la spore Gx400

Spore de forme sphérique à subsphérique, de 100 à 110  $\mu\text{m}$  de diamètre, de couleur 10% Bleu/ 80% Mauve/ 7% jaune / 3% noir dont la paroi présentant trois couches qui ne réagissent pas avec le réactif de Melzer.

L'hyphe suspenseur en forme allongé avec une queue en forme de faucille et cloisonné, de couleur mauve incrusté de bleu et de jaune. Sa paroi formée d'une à trois couches est continue. D'après la description de Schenck et Perez (1986) et celle de Blaszkowski (2006), nous estimons qu'il s'agit de *Glomus mosseae*.

### III.2. Discussion

Les résultats obtenus montrent que la colonisation MA est plus importante en printemps (période de développement végétatif par excellence), ceci témoigne de l'importance du rôle que jouent les endomycorhizes et surtout les arbuscules qui sont le site d'échanges fonctionnels entre le champignon et la racine de la plante hôte pendant cette période du cycle de l'arbre.

Les changements saisonniers sont des conditions environnementales qui influencent le plus fortement la physiologie des plantes hôtes, ce qui touche le plus directement la symbiose mycorhizienne (**Giovannetti, 1985**). En effet, l'intensification de la photosynthèse durant la saison de croissance (printemps), fournit plus de carbone aux racines ce qui permet un développement plus important des MA (*Birhane et al, 2012*).

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par Brundrett et Abott (1995) et par Merryeather et Fitter (1998b) qui signalent l'existence de variation saisonnière de l'activité fongique dans les sols, mesurée par la colonisation des racines.

La colonisation MA est importante sous le climat d'El Kala (climat humide). Selon la littérature, la sécheresse, ou l'aridité de façon générale, a un effet négatif sur le développement des mycorhizes. En effet, même si la sécheresse n'empêche pas complètement la croissance des mycorhizes, toutefois, elle provoque un taux plus élevé de la dormance des racines et un taux d'allongement réduit des racines-mères (**Feil et al, 1988**). Il est noté qu'une même plante développe plus de racines sous un climat humide que sous un climat aride (**Feil et al, 1988; Madhava Rao, 2006**). Les racines plus développées auront donc plus de chance de rencontrer les spores fongiques des MA présentes dans le sol d'où une colonisation plus importante (**Zangaro et al, 2013**).

Les caractéristiques édaphiques, comme la texture du sol, le contenu en matière organique, le pH, les macronutriments et micronutriments peuvent influencer la dynamique et la structure de la communauté fongique MA (**Mohammad et al, 2003**).

En effet, la texture du sol, ou la distribution de la taille des particules, affecte de nombreuses propriétés du sol telles que la porosité, la capacité de rétention d'eau, et la capacité d'échange de cations, ce qui influe sur la présence de CMA (**Chaudhary et al, 2008**).

Le pH eau, correspondant à l'acidité active (ou réelle) du sol, définit la concentration d'ions H<sup>+</sup> dans la phase liquide du sol. La valeur du pH détermine la stabilité de la structure du sol.

Dans le cas de notre sol d'étude qui est légèrement basique, la tendance est forte.

La plupart des organismes du sol subsistent dans une gamme de pH appropriée, mais certaines espèces fongiques MA se sont révélées tolérantes aux pH les plus extrêmes du sol (**Abbott et Robson, 1991**).

Néanmoins, il est à noter que le pH peut affecter le développement des endomycorhizes (**Wang *et al*, 1993**). En effet un pH acide peut limiter le développement de la colonisation endomycorhizienne dans les racines et peut même l'inhiber complètement s'il devient trop acide (<5) (**Abbott et Robson, 1985**).

En outre, le pH du sol affecte la disponibilité des nutriments et le fonctionnement de la plante, ce qui pourrait avoir des effets indirects sur la structure de la communauté fongique MA (**Chaudhary *et al*, 2008**).

Selon Dommergues et Mangenot (1970), la mycorhization serait meilleure dans les sols légèrement basiques ce qui est le cas de nos sols qui conviennent mieux aux champignons.

En réalité, plusieurs facteurs peuvent influencer sur l'estimation du nombre de propagules de CMA à savoir ; les conditions de l'expérience, la température et le temps de récolte qui peuvent changer le résultat en raison de leurs effets sur la croissance des racines et des propagules, et donc sur leur interception (Wilson et Trinick, 19983).

Les plantes ont normalement plus d'un champignon MA simultanément présents dans leurs racines (Abbott et Robson, 1978 ; Abbott et Robson, 1981; Merryweather et Fitter, 1998a). Des preuves indirectes montrent que différents champignons ont des rôles différents dans les sols (Merryweather et Fitter, 1998b).

# **Conclusion**

## Conclusion

---

Notre travail nous a permis de mettre en évidence les aspects biologiques et écologiques qui entourent la symbiose endomycorhizienne (à vésicules et arbuscules) chez *Quercus suber* (L.) dans la station d'étude.

Le but de notre travail, est d'étudier la population biologique des champignons forestiers, leurs associations mycorhiziennes avec le chêne liège en conditions naturelles et artificielles (plants inoculés) puis de mettre en évidence le rôle des mycorhizes sur la croissance des chênes lièges dans la station d'El Kala.

Au terme de cette étude, il nous est permis d'évoquer les principaux résultats obtenus :

Dans une première phase de notre travail, nous avons analysé le sol d'étude et nous avons trouvé que le sol de notre station est de texture limoneuse – Argileuse avec un pH légèrement basique (le  $\text{pH} \approx 8$ ).

Dans une deuxième phase nous avons recherché les symbiotes mycorhiziens dans leur forme colonisatrice (au niveau des racines de chêne liège) et nous avons démontré que les racines prélevées de la station étaient colonisées par les endomycorhizes à vésicules et arbuscules dans les deux conditions (naturelles et artificielles).

Dans une troisième phase nous avons recherché les symbiotes mycorhiziens dans leur forme spores (au niveau du sol) et sur un plan qualitatif, l'utilisation de la méthode de tamisage humide a permis de mettre en évidence une population biologique relative en champignons endomycorhizogènes dans le sol de notre station. Nous avons pu distinguer la présence d'un seul genre, à savoir le genre *Glomus* avec plusieurs espèces.

Donc la symbiose mycorhizienne joue un rôle important dans l'amélioration de l'alimentation en eau, l'amélioration de la nutrition minérale [P/N/ oligoéléments], la résistance au stress hydrique, l'accroissement du volume de sol exploitable et la protection phytosanitaire.

Pour assurer tous ces avantages notre travail mériterait d'être poursuivi notamment pour :

L'identification moléculaire de souches indigènes utilisées et la recherche et la sélection d'autres souches de champignons pouvant infecter un large éventail de cultures. Il est nécessaire aussi de les conserver dans une mycothèque locale et pourquoi pas les répertorier au niveau de la banque mondiale des glomales. Ce qui permettra ultérieurement la production d'inoculum prêts à l'emploi.

## Conclusion

---

L'inoculation contrôlée par les mycorhizes en pépinière du *Quercus suber* constitue une alternative prometteuse qui pourrait améliorer nettement la culture de cet arbre et de là, sa production en glands et en bois tout en préservant la qualité du sol.

Il est aussi important de s'intéresser au problème de compétitivités et de recherche des souches compétitives et performantes.

Enfin, la recherche de spores fongiques a montré une biodiversité relative en morphotypes lesquelles il faudra les identifier par l'outil moléculaire et sélectionner les meilleurs pour d'éventuel programme d'inoculation contrôlée.

## **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

### Références bibliographiques :

Site web 1 : <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Ch>

Site web 2 : <https://animalia-life.club>

Site web 3 : <https://floreAlpes.com>

Site web 4 : <https://passeportsante.net/fr>

Site web 5 : [inforets.free.fr/article](https://inforets.free.fr/article)

Site web 6 : <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/chene>

Site web 7 : <https://www.couleursbois.com>

Site web 8 : [alamiyimages.fr/photos](https://alamiyimages.fr/photos)

Site web 9 : <https://www.dutchcrafters.com>

Site web 10 : <https://www.webteb.com>

Site web 11 : <https://www.webteb.com/article>

Site web 12 : <https://tabayu.com>

Site web 13 : <https://webteb.com>

Site web 14 : <https://www.alayam.cm>

Site web 15 : <https://alorwood.com>

Site web 16 : <https://www.wikipedia.com>

Site web 17 : [Algerie-Monde.com](https://Algerie-Monde.com)

Site web 18 : [meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/weatherarchive/el-kala\\_algerie](https://meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/weatherarchive/el-kala_algerie)

### A :

**-ADOUANE Meriem 2018.** Les mycorhizes du chêne liège (*Quercus suber* L.) dans l'extrême Nord-est algérien et recherche d'un substrat de culture pour une production optimale en pépinière.

### B :

**-Berriah 2014 :** Les reboisements de chêne liège dans l'OUEST Algérien : bilan et perspectives d'amélioration, mémoire pour l'obtenir du diplôme de magister en foresterie option Option : Gestion et Conservation des Ecosystèmes, Université Abou Bakr Belkaïd – Tlemcen ALgerie.

**-Bouhraoua R.T., 2003.** Situation sanitaire de quelques forêts de chêne liège de l'ouest algérien : étude particulière des problèmes posés par les insectes.

**-Birem Fatma 2020.** Synthèse bibliographique sur le comportement du chêne liège (*Quercus suber* L.) après incendie et ses problèmes de régénération.

## Références bibliographiques

---

**-Brundrett MC (1991).** Mycorrhizas in naturel ecosystems. *Adv Ecol Res* 21: 171-213.

### C :

**-CHABBI LYLIA et TIAB MALIKA 2019.** Contribution d'étude de la variabilité de la qualité du liège de reproduction des subéraie d'El Taref Cas des stations : Oued Bougous, Sidi Bouzid et Zitouna.

### D :

**Duhoux E., et Nicole M., 2004.** Atlas de Biologie végétale. Associations et interactions chez les plantes.

### E :

**-El Aantry Tazi S., Abourouh M., Et Aafia., 2008.** Etat des connaissances scientifiques sur les subéraies : bilan et perspectives. *Ann. Rech. For. Maroc*, Tome spécial 39: 9-18p.

### F :

**-Fraval A., 1991.** Contribution à la connaissance des rythmes de floraison du chêne-Liège en forêt de la Mamora, *Ann. Rech. For. Maroc*

### H :

**-HAFFAF SIHAM 2011.** Contribution à l'étude de l'entomofaune du chêne liège (*Quercus suber* L.) dans la forêt de Zariffet (wilaya de Tlemcen).

**-Harley J.L., et Smith S.E., 1983.** Mycorrhizal symbiosis. London, UK: Academic Press.

### K :

**-KHALLEF Boubaker 2019.** Contribution à l'étude des facteurs de vulnérabilité par des images satellitaires : Cas du Parc national d'El Kala Wilaya d'El Taref-Algérie.

**-KHOLKHAL Djamel 2022.** Caractérisation, germination et conservation du chêne-liège (*Quercus suber* L.) en Algérie

### M :

## Références bibliographiques

---

-**Messaoudene M., Roula B., Guettas A. Chenoune K. Ounnas A., 2019**, le chêne liège (Quercus suber L.) en Algérie : Guide technique, Ministère de l'Agriculture du Développement Rural et de la Pêche, Institut National De Recherche Forestière

**N :**

-**Nsibi R., Souayah N., Khouja L.M., Khaldi A., et Bouzid S., 2006**. Impacts des facteurs biotiques et abiotiques sur la dégradation de subéraie tunisienne.

-**Nemmouchi et Benhamada, (2018)**. Contribution à l'étude de la diversité des champignons mycorhiziens chez la féve (Vicia faba (L.)) dans la station de Bougous au niveau de la wilaya d'El

Tarf (Nord-Est algérien).

**P :**

-**Piazzetta R. et Arnaudès J., 2005**, la levée du liège, ce qu'il faut savoir sur l'exploitation du chêne liège, guide technique et de vulgarisation (IML).

**Q :**

-**Quézel P., et Medail F., 2003**. Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Institut méditerranéen d'écologie et de paléontologie (mcp. Umr CNRS 6116).

**R :**

-**Roula B., 2010**, étude de la qualité du liège de reproduction des subéraies de la région de Jijel.

-**Rameau J.C., Mansion D., Dumé G., Gauberville C., Barbat J., Bruno E., et Keller R., 2008**. Flore Forestière Française : Guide écologique illustré. Tome 3. Région méditerranéenne. Ed. Institut pour le développement forestier.

**S :**

-**Sauvage C., 1961**. Recherches phytogéographiques sur les subéraies marocaines.

-**Samraoui B., et Belair de G., 1998**. Les zones humides de la Numidie orientale. Bilan des connaissances et perspectives de gestion.

-**Saccardy L., 1937**. Note sur le chêne-liège et le liège en Algérie. Bull. Stat. DeRech. du Nord de l'Afrique.

**T :**

-**Touil, (2008)**. Essai d'une double inoculation d'Arachishypogaea (L.) par Glomus sp et Bradyrhizobiumsp isolés du site d'El Frin (W. D4El Tarf, Nord-est algérien).

**U :**

-**Usha et al ., 2005** . Outcome of pregnancy in a womanwith an increased body mass index

## Références bibliographiques

---

**V :**

**-Veillon S., 1998.** Guide technique de subericulture dans les Pyrénées-orientales. Typologie de peuplement et étude préliminaire

**W :**

**-Wang B., Qiu YL., 2006.** Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. Mycorrhiza.

**Y :**

**-Yahiaoui E.B., 2015,** L'adaptation de jeunes plants de chêne liège (*Quercus Suber*) soumis à des températures extrêmes de l'environnement, étude comparative entre provenance.

**-Yessad S.A., 2000.** Le chêne-liège et le chêne dans les pays du méditerrané occidental. Edition ASBL foret.

**-Younsi Salaheddine 2006.** Diagnostic des essais de reboisement et de régénération du chêne liège (*Quercus suber* L.) dans la région de jijel.

**Autres références :**

**CIB, 2010 :** Cork Information Bureau, Liège matière première

**DGF :** direction générale des forêts.

# Annexes

# Annexes

---

## Annexe 1

### Le Bleu Trypan

<u>Ingrédient</u>	<u>Quantité</u>
Bleu Trypan	0,1g
Acide lactique	100 ml
Glycérol	100 ml
Eau distillée	100 ml

## Annexe2

### La composition de Melzer

<u>Ingrédient</u>	<u>Quantité</u>
Hydrate de chloral	100g
Eau distillée	100ml
Iode	1,5g
Iode de potassium	5,0g

# Annexes

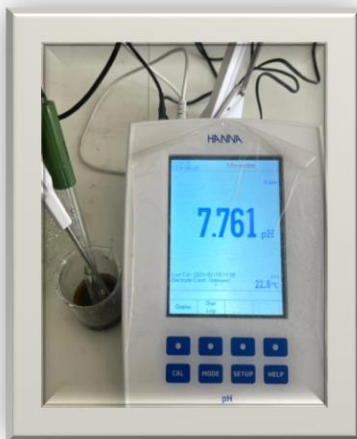
## Annexe 3

### pH du sol d'étude

pH (Répétition 1)



pH(Répétition 2)



pH(Répétition 3)



## Annexe 4

### La texture du sol d'étude

Répétition 1 Répétition 2 Répétition 3

P1= 86 g
P2= 103.6g
P3=98.7g
<b>X1= Poids de l'humidité</b>
X1=P2-P3
X1=103.6-98.7
X1=4.9g
<b>X2= Poids du sol sec</b>
X2=P3-p1
X2=98.7-86
X2=12.7g
X1 → X2
Y → 100
4.9 → 12.7
Y → 100
Y= 38.5

P1=58.5g
P2=71.7g
P3=68g
<b>X1= Poids de l'humidité</b>
X1=P2-P3
X1=71.7-68
X1=3.7g
<b>X2= Poids du sol sec</b>
X2=P3-P1
X2= 68-58.5
X2= 9.5
X1 → X2
Y → 100
3.7 → 9.5
Y → 100
Y= 38.9

P1= 88.9g
P2=105g
P3= 100g
<b>X1= Poids de l'humidité</b>
X1= P2-P3
X1=105-100
X1=5g
<b>X2= Poids du sol sec</b>
X2=P3-P1
X2=100-88.9
X2=11.1
X1 → X2
Y → 100
5 → 11.1
Y → 100
Y= 45

## Annexes

---

$$(38.5 + 38.9 + 45) / 3 = 40.8 \rightarrow 37.5 \leq 40.8 \leq 45$$