



En vue de l'obtention du diplôme :
Master II en Sciences Agronomique
Spécialité : Sciences Forestières

Mémoire de fin d'études

Présenté Par :

NEKKAR LIZA

IGUENI KENZA

Thème :

Contribution à l'étude des accroissements
Du liège de la wilaya d'El-Tarf
Cas des suberaies Tatidoum -Ain megfel-
El Ghorrah

Devant le jury :

Présidente : Mme SI MOHAMMED HAMIDOUCHE

Promoteur : Mr METNA B.

Examineur : : Mr CHENOUNE K.

Maître Assistante A à l'U.M.M.T. O

Maître Assistant A à l'U.M.M.T. O

Maître Assistant A à l'U.M.M.T. O

Année universitaire : 2023 /2024

Liste des Abréviation

Alt : Altitude.
C.M : Carré moyen.
C° : Degré Celsius.
CV % : Coefficient de variation.
D.D.L : Degré de liberté.
DGF : Direction générale des forêts.
Dr : Erreur relative.
Dstl : Densité du liège.
Ep : Épaisseur du liège.
F.F.L : Fédération française du liège.
F.obs : Fonction observée.
F.Théo : Fonction théorique lue sur la table des distributions F de SNDECORE.
G : groupe.
GGR : groupe de génie rural.
GIMP : General Image Manipulation Program.
h : Humidité du milieu.
Ha : Hectare.
HS : hautement significatif.
IML : institut méditerranéen du liège.
K : Degré de liberté (ddl = n-2).
km2 : Kilomètre carré.
M° : Température maximale du mois le plus chaud
m° : Moyenne de la température minimale du mois le plus froid.
m : Mètre.
mm : Millimètre.
NS : Non significatif.
P : Précipitations.
Prob : Probabilité.
Q2 : quotient pluviothermique d'Emberger.
Qx : Quintaux.
r : Coefficient de corrélation.
S : Significatif.
S.C.E : Somme des carrés des écarts.
THS : très hautement significatif.
Tm : Moyenne des températures minimales du mois le plu froid.
TM : Moyenne des températures maximales du mois le plu chaud.
Vh : volume du liège à la même humidité h.
 α : Seuil de signification.
 σ : écart-type .

Table Des Figures

Figure 1 : Distribution du chêne liège dans le bassin méditerranéen (IML ,2022)	1
Figure 2: Superficies de chêne liège inventoriées durant deux périodes et par pays (Ghefar., 2014)	1
Figure 3: Répartition du Chêne liège sur le littoral algérien. (BENAZZA ,2017).....	1
Figure 4 : Port et longévité du chêne liège	1
Figure 5: le système racinaire	1
Figure 6 : feuilles	1
Figure 7 : Tronc et écorce	1
Figure 9: les fleurs	1
Figure 10:les glands	1
Figure 11 : Anatomie du gland	1
Figure 12: Bombyx disparate	1
Figure 13: Buprest du chêne	1
Figure 14 : Fourmi du liège	1
Figure 15 : Charbon de la mère	1
Figure 16 : Arbutus unedo	1
Figure 17: Pistacia lentiscus	1
Figure 18:Rosmarinus officinalis	1
Figure 19: Lavandula, stoechas	1
Figure 20: Représentation schématique de la disposition cellulaire de liège	1
Figure 21: Micrographie du liège naturel.....	1
Figure 22: Les cernes de croissance du liège	1
Figure 23:Composition chimique du liège (Panete Liège , 2021)	1
Figure 24: Les types du liège (Metna , 2023)	1
Figure 25: Récolte du liège à Jijel (originel)	1
Figure 26: Récolte du liège au Portugal	1
Figure 27:Qualité de bouchon en liège (originel)	1
Figure 28:Plaque isolantes liège (originel).....	1
Figure 29: La carte de situation géographique de la Wilaya d'El Tarf.....	1
Figure 30 : Carte climatique de la wilaya d'El Tarf.....	1
Figure 31 : diagramme ombrothermique de Bagnols et Gaussens de la région d'El Kala (1970-2015)	1
Figure 32: L'étage bioclimatique de la région d'El Kala (Période 1977-2015).....	1
Figure 33: liège empilé au niveau du dépôt de liège de la station tatidoum	1
Figure 34: bouillage du liège Source original	1
Figure 35: ponçage électrique Source original	1
Figure 36: ponçage manuel Source original	1
Figure 37: Analyse des images scannées des éprouvettes sur logiciel GIMP PROSource originale	1
Figure 38: mesure des épaisseurs des cernes Source original	1
Figure 39: mesure des épaisseurs de bas en haut (Source original)	1
Figure 40: Capture d'écran illustrant la méthode de mesure des épaisseurs des cernes Source original.....	1
Figure 41: Distribution des épaisseurs du liège des trois stations.	1
Figure 42: Distribution des planches de liège par classe commerciales d'épaisseur	1
Figure 43 : Accroissements annuels enregistrés pour chaque arbre dans la station de Tatidoum	1
Figure 44: Accroissements annuels enregistrés pour chaque arbre dans la station de ain megfel.....	1
Figure 45: Accroissements annuels enregistrés pour chaque arbre dans la station de El ghorrah	1
Figure 46: Évolution des accroissements des séries de synthèse	1
Figure 47: Les accroissements courants moyens cumulés des trois stations	1
Figure 48: Moyennes des épaisseurs du liège pour le facteur station	1
Figure 49: Moyennes des épaisseurs du liège des arbres des trois stations	1
Figure 50: Moyennes des accroissements par rapport au facteur station	1
Figure 51: Moyennes des accroissements par rapport au facteur station et temps.....	1
Figure 52: Moyennes des épaisseurs des cernes du liège des arbres des trois stations	1
Figure 53: Moyennes des épaisseurs des cernes du liège des arbres des trois stations	1
Figure 54: distribution de l'épaisseur des cernes du liège des arbres des trois Stations en fonction du temps	1
Figure 55: figure des axes F1 et F2	1

Liste des Tableaux

Tableau 1 : précipitations moyennes mensuelles (p) mm de la Station météorologique D'El Kala (1970-2015)	1
Tableau 2: Moyenne mensuelle de la vitesse du vent V (m/s) dans la station météorologique d'El Kala (1970-2005)	1
Tableau 3: les Caractérisation écologiques et climatiques des stations étudiée (cherifioui, trsbia 2023)	1
Tableau 4: Les résultats de l'analyse descriptive de l'épaisseur des cernes de liège	1
Tableau 5: Distribution des échantillons du liège par classe commerciale d'épaisseur.	1
Tableau 6: Paramètres statistiques des épaisseurs des cernes	1
Tableau 7: Sensibilité moyenne des chronologies individuelles des différentes stations	1
Tableau 8: Sensibilité moyenne des chronologies maitresses	1
Tableau 9: coefficient d'interdatation	1
Tableau 10: Comparaison des sensibilités moyennes des chronologies principales et des coefficients d'interdatation des séries synthétiques	1
Tableau 11: Résultats de l'analyse de la variance et du test de NEWMAN et KEULS de la Variable Épaisseur des cernes	1
Tableau 12: Groupes homogènes du facteur arbre	1
Tableau 13: Groupes homogènes du facteur arbre	1
Tableau 14: Résultats de l'analyse de la variance et du test de NEWMAN et KEULS des Variables Épaisseur des cernes dans la période commune	1
Tableau 15: Groupes homogènes du facteur station	1
Tableau 16: Groupes homogènes du facteur station	1
Tableau 17: Groupes homogènes	1
Tableau 18: Groupes homogènes	1
Tableau 19: Valeurs propres des axes (pourcentages expliqués par les axes).	1
Tableau 20: cosinus carres des variables	1
Tableau 21: Résultats de la matrice de corrélation	1

Table des matières

Liste des Abréviations	2
Table Des Figures	3
Liste des Tableaux	4
CHAPITRE 1:	12
Synthèse Bibliographique	12
I. Généralité sur le chêne liège	13
1. Historique du chêne liège	13
2. Caractères GÉNÉRAUX DU CHÊNE LIÈGE	13
A. Systématique :	13
B. Aires de répartition :	13
• Dans le monde :	13
• En Algérie :	14
3. Les caractères botaniques du chêne liège :	15
A. Taille ; port et longévité :	15
B. Appareil végétatif	16
1) Système racinaire :	16
2) Feuilles :	16
3) Tronc :	16
4) Ecorce du chêne liège :	17
5) Rameaux :	17
C. Appareil reproducteur :	17
1) Fleurs :	17
2) Bourgeons :	18
3) Fruits :	18
4) L'anatomie du gland :	18
5) Maturité physiologique et morphologique des glands :	19
6) Viabilité du gland :	19
7) Fructification :	19
4. Ecologie et exigence du chêne liège :	20
5. Les avantages écologiques du chêne liège :	20
6. Les traitements sylvicoles et aménagements du chêne liège :	21
A. Traitement Sylvicole :	21
B. Aménagement du Chêne-liège :	21
7. Quels sont les risques liés aux maladies du chêne liège	21
A. Régénération naturelle du chêne liège :	22

B. Régénération artificielle par semis de glands :	23
C. La régénération artificielle par plantation :	23
D. Régénération par voie asexuée ou végétative :	23
8. La phytosociologie du chêne liège :	24
9. La composition floristique :	24
II. Généralité sur le liège :	26
1. Structure cellulaire du liège :	26
2. Composition chimique du liège :	28
3. Les propriétés physique et mécanique du liège :	29
4. Récolte du liège :	30
5. Les domaines d'utilisations :	32
6. Les défauts du liège :	33
CHAPITRE 2 :	35
Matériel et méthodes	35
Partie 1 : Présentation de la zone d'étude :	36
I. Introduction au domaine de recherche :	36
1. Introduction à la wilaya d'El Taref :	36
2. Présentation et Situation géographique des stations d'études :	37
a) Tatidoum :	37
b) EL Ghourrah :	37
c) Ain Megfel :	37
II. Etude climatique :	37
1. Définition :	37
2. Climat :	38
3. La température :	38
4. Précipitations :	38
5. Le vent :	40
1. L'indice xérothermique de Bagnonls et Gaussen :	40
2. Les domaines bioclimatiques :(Quotient pluviothermique) :	41
Partie 2 : Echantillonnage et mesure	43
I. Méthode d'échantillonnage :	43
II. Outils et méthode de mesure	47
1. Général Images Manipulation Program (GIMP)	47
2. Méthode de mesure en utilisant GIMP	47
III. Methodes de traitement de données	48
1. Traitements graphiques :	48

a)	Courbes des accroissements du liège :	48
b)	Accroissements individuels :	48
c)	Accroissements de séries de synthèse :	48
d)	Analyses statistiques :	48
e)	Accroissements cumulés des séries de synthèse :	49
2.	Traitements statistiques	49
a)	Analyse descriptive des données :	49
b)	Analyse de la variation (anova) :	50
c)	Sensibilité moyenne (Mean sensitivity) :	50
d)	Coefficient d'interdataion :	50
e)	L'analyse en composantes principales (ACP) :	51
CHAPITRE 3 :		53
Présentation des résultats		53
1.	Résultats des épaisseurs des cernes du liège	54
2.	Étude des accroissements du liège	56
A.	Les accroissements courants annuels (chronologies individuelles)	56
B.	Courbe maitresse :	59
C.	Courbes cumulées :	59
3.	Résultats du coefficient d'aplatissement et du coefficient d'asymétrie :	59
4.	Sensibilité moyenne :	61
A.	Sensibilité moyenne des séries individuelles :	61
B.	Sensibilité moyenne des séries de synthèse :	61
5.	Coefficient d'interdatation :	61
6.	Résultats de l'analyse de la variance	62
A.	Epaisseur du liège :	62
1)	Analyse de la variance de la variable épaisseur des planches pour les facteurs stations et arbres :	62
2)	Facteur Station :	63
3)	Facteur Arbre :	64
B.	Epaisseur des cernes :	64
1)	Analyse de la variance de la variable épaisseur des planches pour les facteurs	64
2)	Facteur station	65
3)	Facteur Arbre	67
4)	Facteur Temps	68
7.	Résultats de l'analyse en composante principales :	69
A.	Plan factoriel :	70

B. Signification des axes :	71
C. Matrice de corrélation :	71
CHAPITRE 4:	73
Discussion	73
Conclusion Générale :	77
Références bibliographique :	80
Resumé :	83

re

Introduction Générale :

Le chêne-liège (*Quercus suber L.*) est une essence forestière précieuse, connue pour son écorce subéreuse et renouvelable, qui possède des propriétés physiques et chimiques recherchées dans les principales industries mondiales notamment en bouchonnerie, dans la construction, en aéronautique spatial et dans l'artisanat. Cette espèce est exclusive à la région méditerranéenne occidentales et se retrouve dans seulement sept pays : le Portugal, l'Espagne, l'Italie, la France, l'Algérie, le Maroc et la Tunisie. Ensemble, ces derniers abritent près de 2 millions d'hectares de chêne-liège. L'Algérie se classe au troisième rang mondial avec 21 % de la superficie totale et 4 % de la production mondiale de liège, estimée à 15 000 tonnes par an (Amorim, 2012).

En Algérie, le chêne-liège représente 11 % de la superficie forestière nationale, se plaçant ainsi en deuxième position après le pin d'Alep (DGF, 2007). Il s'étend le long de l'atlas tellien, de Tlemcen à Souk-Ahras, avec des régions subéricoles concentrées principalement dans le Centre-Est du pays, notamment à Tizi-Ouzou, Béjaïa, Jijel, Skikda, Annaba, El Tarf, Guelma et Souk-Ahras. À l'Ouest, on le trouve également à Tlemcen, Chlef, Tipaza, Aïn-Defla, Mascara et Oran (DGF, 2008).

La qualité du liège provenant des subéraies est une préoccupation constante pour les industriels, qui recherchent des matières premières garantissant la fabrication de produits finis de haute qualité. Un liège de qualité se caractérise par l'absence de défauts, avec des lenticelles fines et peu nombreuses, tout en étant léger, imperméable et souple.

Avec une appartenance au bassin méditerranéen, L'Algérie, réunit toutes les conditions favorables au développement et à la croissance d'un liège de qualité, d'un point de vue économique ainsi que forestier. Cependant, ce trésor naturel n'est pas encore apprécié à sa juste valeur. Les forêts de chêne-liège Algériennes font face à de multiples menaces, notamment une gestion inappropriée et une politique qui nuit à ce patrimoine, ainsi qu'une marginalisation du secteur, qui souffre d'un manque d'investissement.

Bien que les subéraies algériennes offrent une qualité optimale, il est regrettable que cette ressource soit principalement exportée à l'état brut ou semi-transformé, ce qui contribue à la baisse des prix d'exploitation et limite les bénéfices économiques.

En renforçant les pratiques de subériculture et en investissant dans des recherches sur la qualité du liège, l'Algérie pourrait non seulement protéger ses forêts, mais aussi revitaliser une industrie qui a le potentiel de contribuer significativement à l'économie nationale.

Des recherches sur la qualité du liège ont été menées dans les pays producteurs, notamment au Portugal, en Espagne et en Italie. Plusieurs auteurs, tels que Pereira (1987, 1988) et Ferreira et al. (1999), ont examiné divers aspects liés à la qualité du liège. En Algérie, des études ont été réalisées pour évaluer la qualité du liège dans différentes régions. Parmi celles-ci, on peut citer les travaux de Metna (2003) sur les subéraies orientales de Tizi-Ouzou, Amir et Himed (2005) sur la même région, Ghezali (2008), Douzane (2008) et Roula (2010) sur la région de Jijel, ainsi que Gabis et Boukerb (2009), Lokmane et Edjikoune (2009) sur les wilayas d'El Tarf, Skikda et Bouira, Dehane (2012) sur les wilayas d'Oran et Tlemcen, Houacine et Meliani (2017) sur les wilayas d'El Tarf et Tlemcen, et Arib et Zaidat (2019) sur la wilaya de Souk-Ahras. Bien que d'autres travaux existent, ils restent insuffisants pour déterminer la véritable valeur de nos subéraies.

L'objectif de notre étude est d'évaluer la qualité du liège des subéraies de la wilaya d'El Tarf, en examinant le liège de Tatidoum, El ghorrah et Ain megfel. Nous visons également à apprécier les variations intra et interstationnelles de cette qualité, ainsi que la productivité de nos stations, en se basant sur des variables mesurables telles que l'épaisseur, la densité et la valeur des accroissements annuels.

Notre travail est scindé en quatre chapitres :

- Chapitre I : Généralités sur le chêne liège et le liège
- Chapitre II : Matériel et méthodes
- Chapitre III : Résultats et interprétation
- Chapitre IV : Discussion.

CHAPITRE 1:

Synthèse Bibliographique

I. Généralité sue le chêne liège

1. Historique du chêne liège

Le chêne-liège, scientifiquement connu sous le nom *de Quercus suber* L., est un arbre à feuillage persistant qui prospère dans les régions méditerranéennes occidentales. Il se distingue par ses caractéristiques uniques, telles que son écorce épaisse et isolante, sa préférence pour les climats chauds et humides, (Langenegger, 2016) ainsi que sa capacité à s'adapter à des sols sablonneux et bien drainés. L'écorce du chêne-liège est particulièrement précieuse car elle peut être récoltée sans endommager l'arbre, offrant un matériau léger, isolant et résistant à l'eau.

En termes de biodiversité, les suberaies où poussent les chênes-lièges abritent une riche variété d'espèces, faisant de ces forêts des écosystèmes essentiels. Sa culture est vitale pour des pays comme le Portugal, l'Espagne et le Maghreb, où il est largement exploité pour la production de liège. La culture du chêne-liège nécessite des soins spécifiques, tels que des éclaircies sélectives pour favoriser la croissance des arbres les plus robustes, des pratiques d'élagage régulières et un entretien attentif pour éviter la concurrence de la végétation environnante. Malgré des tentatives de culture dans d'autres régions du monde, le chêne-liège reste principalement concentré dans le bassin méditerranéen, où il a évolué au fil de millions d'années pour s'adapter à son environnement spécifique.

En résumé, le chêne-liège est un arbre emblématique aux multiples vertus, allant de son importance écologique à ses usages pratiques dans des industries telles que la fabrication de bouchons. Sa culture et sa préservation revêtent une importance capitale pour la biodiversité, l'économie locale et la conservation des écosystèmes méditerranéens.

2. Caractères GENERAUX DU CHENE LIEGE

A. Systématique :

Le Chêne liège est une espèce décrite pour la première fois par LINNE en 1753 (NATIVIDADE, 1956), sa systématique s'ordonne de la manière suivante :

Embranchement : SPERMATOPHYTES
S/Embranchement : ANGIOSPERMES
Classe : DICOTYLEDONES
Ordre : FAGALES
Famille : FAGACEES
Genre : QUERCUS
Espèce : <i>Quercus suber</i> L.

Parmi les caractères qui le distinguent des autres chênes, le plus notable réside dans le remarquable développement que peut atteindre son enveloppe subéreuse (tronc et branches).

B. Aires de répartition :

- **Dans le monde :**

Le chêne liège est circonscrit à la région de la méditerranée occidentale et déborde le long de la façade atlantique, où les influences de la mer et de l'océan permettent de tempérer la grande amplitude des oscillations thermiques et l'aridité de la saison d'été du climat méditerranéen au sens strict (Lamey, 1893). C'est une essence endémique de la méditerranée occidentale. Débordant sur les côtes atlantiques depuis le Maroc jusqu'au golfe de Gascogne (figure, 1) (Zeraia, 1981 ; Piazzetta, 2005).



Figure 1 : Distribution du chêne liège dans le bassin méditerranéen (IML, 2022)

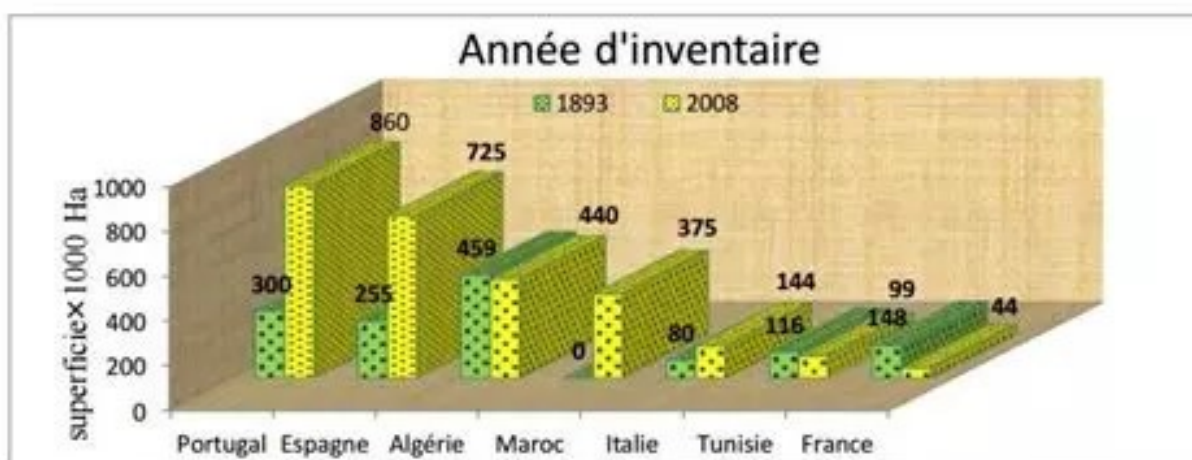


Figure 2: Superficies de chêne liège inventoriées durant deux périodes et par pays (Ghefar., 2014)

- **En Algérie :**

D'après PUYO (2004), en 1858, la superficie des forêts de chêne liège était estimée à 208 000 hectares, dont plus de 190 000 hectares pour la seule région de l'Est. Avec l'augmentation des missions d'arpentage, cette superficie a évolué pour atteindre près de 440 000 hectares durant les années 1870. L'aire d'implantation du chêne-liège se limite au littoral et à la région des chaînes telliennes, où il pousse spontanément en plaine et en montagne jusqu'à une altitude de 1400 mètres. (Bouhraoua et al., 2014) . En Algérie, la distribution du chêne liège se concentre principalement dans trois régions distinctes : le tell oriental, le tell central et le tell occidental. Le tell oriental représente la plus grande part avec 82% de la superficie où ces arbres sont présents, suivi du tell central avec environ 15.6% et du tell occidental

avec seulement 2.4%. (Bouhraoua et al., 2014) Cette répartition est étroitement liée aux conditions climatiques, en particulier l'humidité et les précipitations. Les régions côtières de l'est du pays bénéficient de conditions plus favorables, ce qui se traduit par une plus grande étendue et densité des peuplements de chêne liège. Cette essence forestière occupe ainsi une place significative dans le paysage forestier algérien, représentant 11% (Bouhraoua et al., 2014) de la superficie totale des forêts nationales, ce qui en fait la deuxième essence la plus répandue après le Pin d'Alep.

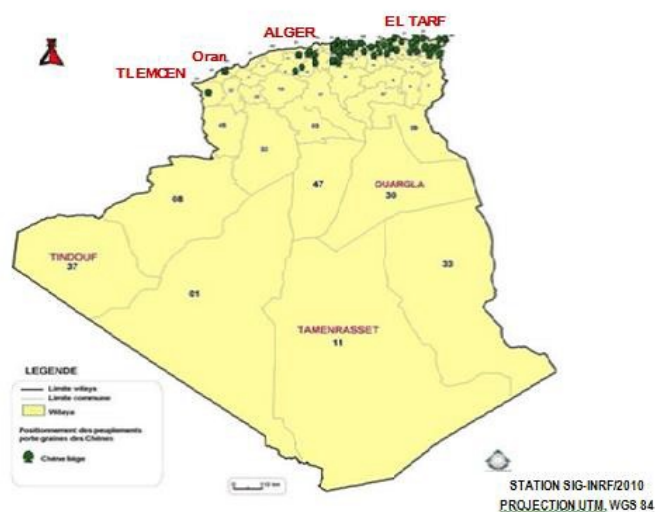


Figure 3: Répartition du Chêne liège sur le littoral algérien. (BENZAZZA, 2017)

3. Les caractères botaniques du chêne liège :

A. Taille ; port et longévité :

Le Chêne Liège (*Quercus suber L.*) est un arbre avec port général massif. En général, il atteint une hauteur d'environ 12 à 15 mètres, mais certains individus exceptionnels peuvent dépasser les 40 mètres de hauteur (Bihaki, 2021). Cependant, la plupart restent relativement petits.

Son houppier est peu dense, et on peut facilement distinguer les grosses charpentières dans son feuillage. Les branches sont souvent massives et tortueuses.

La longévité du chêne-liège varie considérablement. En moyenne, il vit entre 150 et 200 ans. Cependant, certains spécimens exceptionnels peuvent atteindre près de 800 ans (Domaine Du Rayol, 2017), ce qui est vraiment remarquable pour un arbre.

Le Chêne Liège est reconnaissable par son écorce très épaisse utilisée pour la fabrication de bouchons de bouteilles et d'autres usages.



Figure 4 : Port et longévité du chêne liège

B. Appareil végétatif

1) Système racinaire :

Système racinaire du Chêne Liège (*Quercus suber L.*) est caractérisé par une racine pivotante très profonde, constituée d'une grosse racine principale qui soutient l'arbre, ainsi que des racines secondaires plus superficielles. Cette structure racinaire puissante permet à l'arbre d'aller chercher l'eau en profondeur, ce qui lui permet de stabiliser les sols fragiles comme les dunes de sable.



Figure 5: le système racinaire

2) Feuilles :

Les feuilles du Chêne Liège (*Quercus suber L.*) sont coriaces, de forme ovale ou oblongues, dentées avec de petites épines. Elles sont persistantes, renouvelées sur 2 ou 3 ans, et mesurent généralement entre 3 et 5 cm de long. Sur leur face inférieure, les feuilles sont velues, cotonneuses, et d'un blanc grisâtre. Elles sont bordées de dents épineuses et rappellent la forme de la feuille de houx, sa couleur est vert foncé. (Bihaki, 2021) .



Figure 6 : feuilles

3) Tronc :

Le tronc du Chêne Liège (*Quercus suber L.*) est recouvert d'une épaisse couche appelée liège, qui est caractéristique de cet arbre. Sous cette écorce de liège se trouve un tronc rougeâtre qui s'assombrit avec le temps. Cette écorce de liège est utilisée pour la fabrication de bouchons de bouteilles et d'autres produits. Les feuilles du Chêne Liège sont simples, alternées, ovales ou rondes, avec un dessus vert lisse et un dessous blanc avec des poils.

Les bords des feuilles peuvent être entiers ou munis de pics doux. Les fleurs du Chêne Liège sont regroupées en inflorescences jaunes suspendues appelées chatons, et ses fruits sont des glands secs avec un capuchon à écailles molles et en relief.



Figure 7 : Tronc et écorce

4) Ecorce du chêne liège :

L'écorce du Chêne Liège (*Quercus suber L.*) est un élément distinctif et économiquement important de cet arbre. L'écorce de liège se régénère une fois extraite, ce qui en fait un matériau renouvelable. La récolte du liège est une opération délicate effectuée par des spécialistes, les "leveurs de liège", qui utilisent des outils spéciaux pour prélever l'écorce sans endommager l'arbre. Le premier écorçage, appelé "démasclage", ne peut être réalisé que lorsque l'arbre a environ 20 à 25 ans. Le liège extrait lors des premiers écorçages est de moindre qualité et est utilisé à d'autres fins que la fabrication de bouchons. Ce n'est qu'après plusieurs écorçages que l'on obtient du "liège femelle" de qualité adaptée à la production de bouchons. Le Chêne Liège est adapté aux incendies grâce à l'épaisseur de son liège qui protège l'aubier du feu, permettant à l'arbre de survivre et de repousser après un incendie. (figure 7)

5) Rameaux :

Les rameaux du chêne liège sont des branches de cet arbre particulier, connu pour son écorce liégeuse épaisse. Ces branches peuvent être utilisées de différentes manières, notamment dans la décoration. Le chêne liège, ou (*Quercus suber L.*), est un arbre de la famille des Fagacées, reconnaissable à son port massif et à son feuillage persistant. Les rameaux du chêne liège peuvent être utilisés pour créer des décorations uniques, comme des arrangements floraux ou des ornements pour le jardin. Ces branches sont souvent appréciées pour leur forme fascinante et leur écorce crevassée, qui est utilisée pour fabriquer des bouchons en liège.

C. Appareil reproducteur :

1) Fleurs :

Les fleurs sont jaune pâle et apparaissent au printemps, généralement entre avril et mai. Ces fleurs sont monoïques, ce qui signifie qu'elles sont à la fois mâles et femelles sur le même arbre. Les chatons mâles pendants se trouvent à l'extrémité des rameaux de l'année précédente, tandis que les chatons femelles sont regroupés par 2 à 3 sur les rameaux de l'année en cours. Les glands, qui sont les fruits du chêne liège, n'apparaissent qu'après 15 à 20 ans et sont des gros glands ovoïdes avec une cupule conique veloutée et molle.



Figure 9: les fleurs

2) Bourgeons :

Les bourgeons de cette essence arborent une forme ovoïde légèrement allongée sur les rameaux stériles, ornés de quelques écailles poilues. Ces écailles sont peu nombreuses et présentent des poils sur leurs surfaces dorsales et latérales. Les bourgeons terminaux, quant à eux, sont enveloppés par des écailles plus développées. Ils jouent un rôle crucial dans l'allongement des branches, mais sont progressivement remplacés par les "yeux" latéraux les plus proches. Ce processus contribue à la croissance en longueur des branches et crée la caractéristique forme sinueuse de la ramure de cet arbre.

3) Fruits :

Le gland, fruit qui arrive généralement à maturité l'année même de sa floraison (figure 9), tombe entre octobre et novembre, parfois jusqu'à janvier selon les recherches de Saccardy (1937), Boudy (1950-1952), Natividade (1956), Fraval (1991), Seigue (1985), et Richard (1987). Bien que les glands soient amers et rarement consommés par l'homme, certaines races marocaines, comme le mentionnent Boudy (1952) et Benabid (2000), produisent des glands doux et comestibles. On trouve également quelques spécimens dans la forêt domaniale de Hafir, dans l'ouest algérien, comme l'a souligné Bouchaour-Djabeur (2016). Cependant, les glands sont une source de nourriture prisée pour le bétail et les sangliers, comme l'ont confirmé Messaouden (2000) et d'autres chercheurs.



Figure 10: les glands

4) L'anatomie du gland :

Le gland du chêne-liège présente une grande variabilité en termes de forme et de dimensions selon les arbres. À maturité, il affiche une couleur brune et est attaché à un pédoncule pouvant atteindre jusqu'à 4 cm de long. Sa taille varie généralement entre 2 et 5 cm en longueur, et entre 1 et 2 cm en largeur. La cupule qui l'entoure est constituée d'écailles légèrement arquées ou entremêlées sur sa partie supérieure.

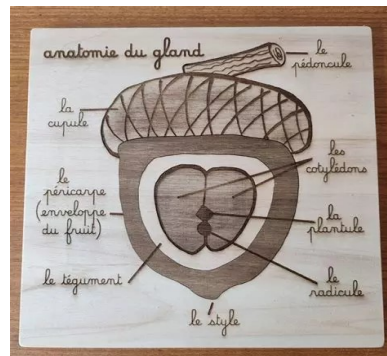


Figure 11 : Anatomie du gland

Ce fruit est un akène, un type de fruit sec indéhiscent, composé d'une graine enveloppée par un péricarpe assez coriace, de couleur brune. Le péricarpe est constitué de trois couches : l'épicarpe vers l'extérieur, l'endocarpe vers l'intérieur, et le mésocarpe au centre. Le hile, situé à la base du gland, est la zone la plus perméable du péricarpe, tandis que le micropyle se trouve à l'extrémité opposée. La graine est protégée par un tégument mince et nervuré, et contient deux cotylédons qui entourent un embryon composé d'une radicule, d'une tigelle et d'une gemmule, comme décrit par Bouchaour-Djabeur (2016).

5) Maturité physiologique et morphologique des glands :

La récolte des semences intervient généralement lorsque celles-ci sont pleinement matures, soit après leur déshydratation naturelle maximale, soit lorsqu'elles sont naturellement libérées par la plante. Cependant, il est essentiel de comprendre que la maturité observée concerne principalement l'aspect extérieur de la semence, tandis que sa capacité à germer dépend de sa maturité physiologique. Cette dernière se caractérise par des modifications subtiles au niveau physiologique, sans que cela n'entraîne de changements visibles dans la structure de la semence. En effet, la maturation morphologique correspond à la formation des éléments constitutifs de la semence et est complète lorsque l'embryon a atteint son développement maximal, comme l'a souligné Come (1975).

6) Viabilité du gland :

Le gland se distingue par une activité respiratoire particulièrement intense, largement attribuée à sa teneur élevée en eau, comme souligné par Stiti (1999). Cette forte teneur en eau rend les graines sensibles au froid, ce qui complique leur conservation à moyen et long terme. De plus, bien que la germination semble conférer une certaine résistance au froid, les mécanismes et les limites de cette résistance ne sont pas encore pleinement compris, comme l'ont évoqué Preney et ses collaborateurs (1997). Il est notable qu'une proportion importante de glands germent dès leur maturation, car ils sont considérés comme des graines récalcitrantes et non dormantes, selon les observations de Stiti (1999).

7) Fructification :

La fructification du chêne liège fait référence au processus par lequel cet arbre produit des fruits. Le chêne liège. La fructification du chêne liège implique la formation et la production de ses fruits, qui sont essentiels pour la reproduction de l'arbre. Les fruits du chêne liège sont particulièrement importants car ils contiennent les graines nécessaires à la propagation de l'espèce. Ce processus de fructification contribue à la biodiversité et à la reproduction de cet arbre emblématique, tout en jouant un rôle crucial dans l'écosystème forestier où il se développe.

4. Ecologie et exigence du chêne liège :

Le chêne-liège, *Quercus suber L.*, est une essence végétale qui présente des exigences spécifiques en termes de climat, de sol et de luminosité pour son développement optimal. Il se développe principalement dans des conditions humides et subhumides. Bien qu'il soit adapté aux climats méditerranéens, il est plus méditerranéo-atlantique, ce qui explique son absence en Méditerranée orientale en raison de la sécheresse estivale accrue. En termes de précipitations, le chêne-liège prospère avec des moyennes annuelles de 600-800 mm, mais peut survivre avec des pluies aussi basses que 400 mm. Cependant, un développement équilibré est généralement assuré avec au moins 500 mm de pluie par an.

Il préfère les précipitations concentrées en automne et hiver, avec peu de pluie en été. En Algérie, il est présent dans des zones recevant entre 600 mm et 1400 mm de pluie par an. Le chêne-liège nécessite une humidité atmosphérique d'au moins 60%, en particulier pendant la saison sèche. Il est sensible au froid, nécessitant des températures moyennes annuelles de 13 à 18°C et redoutant les gelées persistantes en dessous de -5°C. Il exige également une forte luminosité, étant une essence héliophile qui préfère les zones en plein soleil et qui tolère mal les zones ombragées.

En ce qui concerne le sol, le chêne-liège évite les sols calcaires et préfère les sols sableux et profonds, issus de roches riches en sable et pauvres en calcaire actif, comme les grès. Cependant, en raison de son système racinaire pivotant, il n'apprécie pas les sols argileux compacts. Ces exigences combinées de climat, de luminosité et de sol déterminent son implantation et sa croissance optimale dans des environnements spécifiques.

5. Les avantages écologiques du chêne liège :

Les avantages écologiques du chêne-liège sont multiples et significatifs, contribuant à sa réputation en tant que ressource naturelle durable et respectueuse de l'environnement. Voici quelques-uns de ces avantages :

- **Renouvelable et biodégradable** : Le liège, extrait de l'écorce du chêne-liège, est un matériau naturel renouvelable qui peut être récolté sans abattre l'arbre. De plus, il est entièrement biodégradable, ce qui en fait une option respectueuse de l'environnement.
- **Absorption du CO₂** : Le liège, lorsqu'il est récolté, absorbe 3 à 5 fois plus de dioxyde de carbone que les arbres non coupés. Cette capacité d'absorption du CO₂ contribue à la lutte contre le changement climatique.
- **Barrières naturelles contre le feu** : Les chênes-lièges sont considérés comme des barrières naturelles contre les incendies forestiers en raison de la résistance au feu de leur écorce.
- **Biodiversité et conservation des sols** : Les forêts de chênes-lièges, appelées en Portugais montados, sont des points chauds de la biodiversité, abritant de nombreuses espèces végétales et animales. Ces écosystèmes jouent un rôle essentiel dans la conservation des sols, la qualité de l'eau et la production d'oxygène.
- **Production d'oxygène** : Les chênes-lièges absorbent une grande quantité de CO₂ de l'atmosphère et produisent de l'oxygène, contribuant ainsi à l'équilibre de l'environnement.

En résumé, le chêne-liège présente des avantages écologiques majeurs en termes de durabilité, de conservation de la biodiversité, d'absorption du CO₂ et de protection de l'environnement, ce qui en fait une ressource précieuse pour des pratiques respectueuses de la nature.

6. Les traitements sylvicoles et aménagements du chêne liège :

Les traitements sylvicoles et l'aménagement du chêne-liège sont des aspects essentiels pour assurer sa régénération, sa croissance optimale et sa durabilité en tant que ressource naturelle. Voici un aperçu des pratiques de traitement sylvicole et d'aménagement du chêne-liège basé sur les sources fournies :

A. Traitement Sylvicole :

La rénovation des peuplements de chêne-liège vise à revitaliser les semis et les rejets enfouis dans le maquis, ainsi que les arbres adultes mal conformés.

Les opérations de sylviculture incluent des éclaircies pour favoriser les tiges de chêne-liège, des débroussaillages périodiques pour contrôler la repousse du maquis tout en préservant la régénération du chêne-liège.

Les interventions sylvicoles peuvent varier en fonction des objectifs de gestion assignés à la forêt, allant de l'éclaircie légère d'amélioration à l'éclaircie sanitaire légère, en passant par des opérations de rénovation sur une période de 15 ans.

B. Aménagement du Chêne-liège :

L'aménagement des forêts de chêne-liège implique des pratiques visant à maintenir la pérennité des suberaies tout en assurant des récoltes optimales de liège.

Il est recommandé de débroussailler les peuplements avant chaque levée de liège pour protéger la ressource en cas d'incendie, car les arbres dénudés restent sensibles au feu pendant environ six ans après la levée.

Le sylvopastoralisme, combinant activités sylvicoles et pastorales, est une approche favorisée pour l'entretien des suberaies, offrant des avantages tels que la protection contre les incendies et le maintien de la biodiversité.

En résumé, le traitement sylvicole du chêne-liège comprend des pratiques de rénovation et d'entretien visant à favoriser sa croissance et sa régénération, tandis que l'aménagement forestier vise à assurer une gestion durable des suberaies tout en maximisant les récoltes de liège.

7. Quels sont les risques liés aux maladies du chêne liège

Les risques liés à l'aménagement du chêne-liège peuvent inclure des aspects tels que la sensibilité aux maladies et ravageurs, les contraintes pour la gestion sanitaire des suberaies, et les précautions nécessaires pour maintenir la santé des arbres. Certains des risques identifiés dans les sources fournies sont les suivants :

Le chêne-liège (*Quercus suber* L.) est sujet à plusieurs maladies et ravageurs causés par des insectes et des champignons. Voici une liste des principaux agents pathogènes et ravageurs qui affectent

Cet arbre :

Insectes :

Bombyx disparate (*Lymantria dispar*) : Insecte défoliateur.

Bupreste du chêne (*Coraebus florentinus*) : Insecte qui se nourrit de la sève des arbres.

Capricorne du chêne (*Cerambyx cerdo*) : Insecte xylophage qui se nourrit du bois.

Fourmi du liège (*Crematogaster scutellaris*) : Insecte qui creuse des galeries dans le liège.

Platype (*Platypus cylindrus*) : Insecte qui se nourrit des troncs démasclés.

Tordeuse verte du chêne (*Tortrix viridana*) : Insecte qui se nourrit des feuilles.

Tenthrede : Insecte qui se nourrit de la sève des arbres et forme des galeries dans l'écorce.

Cossus gâte-bois *Cossus cossus* : Lépidoptère cossidé qui se nourrit des feuilles et des bourgeons.

Platypus Scolytes xylophages (*Bostryche cylindrica*) : Insecte qui se nourrit du bois des chênes blessés.

Champignons :

Maladie du charbon de la mère (*Hypoxylon mediterraneum*) : Champignon qui se développe dans les tissus internes des arbres.

Maladie de l'encre (*Phytophthora cinnamomi*) : Champignon qui se développe dans les tissus internes des arbres.

Diplodia mutila : Champignon qui se développe dans les tissus internes des arbres et cause des dommages systématiques.

Armillaria mellea : Champignon basidiomycète qui se développe dans les racines des arbres.

Ces agents pathogènes et ravageurs peuvent causer des dommages significatifs aux chênes-lièges, Notamment des défoliations, des dégâts aux feuilles et aux bourgeons, des galeries dans l'écorce, et des nécroses et des chancres sur l'écorce et les branches. La lutte contre ces maladies et ravageurs implique souvent des traitements fongicides et insecticides préventifs, ainsi que des mesures de gestion des écosystèmes pour réduire l'impact des insectes et des champignons sur les populations de chêne liège.



Figure 12: *Bombyx disparate*



Figure 13: *Buprest du chêne*

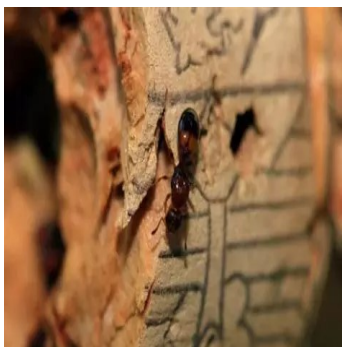


Figure 14 : *Fourmi du liège*



Figure 15 : *Charbon de la mère*

Régénération du chêne liège :

A. Régénération naturelle du chêne liège :

Le programme de régénération du chêne-liège en Algérie vise à résoudre les défis liés au rajeunissement des peuplements forestiers. Il repose sur la compréhension des facteurs clés influençant la régénération naturelle de cette essence. La fréquence des glandées, dépendante du climat, est un premier élément crucial, suivi de la germination et du développement des semis, influencés par la structure du peuplement, la qualité du sol et la luminosité. Dans des conditions idéales, le chêne-liège démontre une capacité remarquable à se régénérer naturellement par semis, drageonnement, rejet de souche et bouturage.

Régénération par voie sexuée par semis :

Les jeunes plants issus de la germination des glands tombés au sol ont besoin durant leurs premières années d'une ombre partielle pour favoriser leur croissance. Cette condition est essentielle pour assurer

le développement optimal de ces plants de chêne liège, malgré le fait que cette essence soit généralement associée à des conditions lumineuses. L'ombre partielle est cruciale pour protéger les jeunes plants des conditions environnementales extrêmes et favoriser **leur établissement dans leur milieu naturel**

B. Régénération artificielle par semis de glands :

La régénération artificielle du chêne-liège par semis de glands est une méthode de reboisement couramment utilisée. Elle consiste à semer des glands dans un sol préalablement préparé, en respectant une certaine densité et profondeur de plantation. Cette méthode peut être utilisée dans différents types de sols, tels que les sables beiges ou rouges, les vides et sous-peuplements clairs, les formations à *Ulex boivinii* et *Lavandula stoechas* (lavande papion), ainsi que dans les formations à *Thymelaea lythroides*, *Urginea maritima* (Scille maritime) *Halimium halimifolium* (ciste jaune).

Cependant, la régénération artificielle par semis de glands peut présenter des difficultés, telles que des échecs liés à la qualité des glands, le manque de suivi des travaux, les mises en défens inadéquates, et les entretiens et traitements phytosanitaires insuffisants.

Pour améliorer les résultats de la régénération artificielle par semis de glands, il est important de maîtriser les techniques de régénération et de comprendre le fonctionnement du chêne-liège. Il est également crucial de sélectionner des glands de qualité, de les désinfecter et de les semer frais, ainsi que de les protéger contre les rongeurs et les sangliers. Enfin, il est recommandé de réaliser des suivis réguliers pour évaluer la réussite des semis et prendre les mesures nécessaires pour améliorer les taux de survie et de croissance.

C. La régénération artificielle par plantation :

La régénération artificielle du chêne-liège par plantation est une pratique courante en Algérie et au Maroc, qui consiste à mettre en terre des plants de chêne-liège préalablement produits en pépinière. Cette opération nécessite des travaux préparatoires tels que la préparation du sol et le débroussaillage. En Algérie, la direction générale des forêts (DGF) a établi un programme national de reboisement (PNR) en 2000 pour la réhabilitation de la subéraie algérienne, qui est la forêt de chêne-liège. Cependant, malgré des choix de parcelles bien justifiés dans l'aire naturelle du chêne-liège, les densités proposées sont faibles par rapport à la norme méditerranéenne, et les plantations sont souvent effectuées tardivement avec des plants présentant des défauts rédhibitoires. Au Maroc, les autorités ont également lancé un vaste programme de régénération artificielle du chêne-liège par plantation pour assurer la protection et la restauration des massifs dégradés, en particulier dans le contexte des changements globaux. Ce programme est accompagné de travaux de recherche en matière de production de plants et de conduite de peuplement pour réussir les périmètres de régénération et orienter les jeunes plantations vers les objectifs de l'économie forestière. Les techniques de régénération du chêne-liège au Maroc ont été étudiées et évaluées, et il a été constaté que la régénération artificielle par plantation peut être une méthode efficace pour assurer la pérennité du peuplement et maintenir l'équilibre de la subéraie. Cependant, la réussite de cette méthode dépend de la qualité des plants, de la préparation du sol, de la densité de plantation et de la protection des plants contre les herbivores et les maladies.

D. Régénération par voie asexuée ou végétative :

Les rejets de souche, les drageons et les marcottes :

Le chêne-liège peut se régénérer vigoureusement grâce aux rejets de souche, mais cette capacité est influencée par l'âge des arbres. En effet, le diamètre moyen requis pour obtenir une bonne régénération par rejet ne doit pas dépasser les 80 cm. De plus, la faculté d'émettre des rejets s'amointrit pour les arbres soumis régulièrement au déliègeage. Les rejets qui se forment ont une croissance rapide et

forment une cèpée touffue, mais leur nombre se restreint dans les premières années par le jeu de la concurrence. À l'âge de 22 à 40 ans, selon la fertilité des parcelles, les cèpées se composent d'au moins quatre brins (MESSOUDENE et al ;2009) . La reconversion de ce taillis en futaie sur souche est possible si des opérations sylvicoles sont adoptées. Le chêne-liège peut également se régénérer grâce aux drageons émis par ses racines traçantes, en particulier en cas de traumatisme, notamment après un incendie. Les diverses techniques et procédés de marcottage permettent de régénérer artificiellement le chêne-liège. Greffé sur d'autres chênes, il donne de bons résultats. Le chêne-liège peut bénéficier des progrès récents réalisés dans le domaine de la multiplication, notamment la culture in vitro qui permet la régénération de plantes entières à partir de la micro propagation de bourgeons axillaires issus de plantules de Chêne-liège (EL KBIACH et al., 2002).

En général, la subericulture nécessite une gestion adaptée pour favoriser la production de liège de qualité et éviter la dégradation des peuplements. Cela peut inclure des pratiques telles que le débroussaillage, le démasclage, la taille de formation et l'élagage, ainsi que la régulation des populations d'animaux nuisibles.

En ce qui concerne la régénération artificielle du chêne-liège, elle peut être réalisée par ensemencement de glands ou par plantation de plants issus de pépinière. Cependant, cette méthode peut présenter des difficultés en raison des limitations climatiques et de la susceptibilité aux attaques d'animaux. Il est donc important de travailler sur la récolte des glands, le choix du peuplement et la période de récolte, ainsi que sur les techniques de traitement et de conservation au laboratoire pour améliorer les taux de réussite

8. La phytosociologie du chêne liège :

La phytosociologie du chêne-liège est un domaine d'étude qui se concentre sur l'analyse des communautés végétales où le chêne-liège (*Quercus suber* L.) est présent. Cette discipline examine la composition floristique, la structure et la dynamique des peuplements forestiers où le chêne-liège est une espèce dominante ou caractéristique. Les études phytosociologiques permettent de mieux comprendre l'écologie, la répartition géographique et les interactions de cette essence forestière sclérophylle dans son environnement naturel, notamment en Algérie où les subéraies occupent une place importante sur plus de 229 000 hectares, offrant un habitat unique pour de nombreuses espèces végétales et animales

9. La composition floristique :

Le faible couvert du chêne-liège et la nature siliceuse des sols sur lesquels il pousse favorisent le développement d'un sous-bois abondant et dense, rendant difficile la pénétration (SEIGUE, 1985). Les phytosociologues distinguent ainsi différentes associations du chêne-liège, qui forment l'alliance Quercion suberis. Cette alliance présente des faciès différents suivant : *Quercus suber*, *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *Phillyrea latifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Cistus spp.*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus spp.*, *Lavandula stoechas*, et *Ulex parviflorus* (ZERAIA, 1981 ; MESSAOUDENE K., 2000. GUERFI, 2001).

<i>Erica arborea</i>	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	<i>Calycotum spinosa</i>
<i>Asphodelus microcarpus</i>	<i>Centaurea sp</i>	<i>Galium rotundifolium</i>
<i>Arbutus unedo</i>	<i>Melica major</i>	<i>Cistus salvifolius</i>
<i>Arisarum vulgare</i>	<i>Bellis silvestris</i>	<i>Linum sp</i>
<i>Rubia peregrina</i>	<i>Teucrium atratum</i>	<i>Cytisus triflorus</i>
<i>Eryngium tricuspidatum</i>	<i>Blackstonia perfoliata</i>	<i>Daphne gnidium</i>
<i>Lonicera implexa</i>	<i>Myrtus communis</i>	<i>Lavandula stoechas</i>
<i>Simenthis planifolia</i>	<i>Cistus monspelliensis</i>	<i>Carthamus caeruleus</i>
<i>Pulicaria odora</i>	<i>Genista tricuspidate</i>	<i>Aristolochia altissima</i>
<i>Rubus ulmifolius</i>	<i>Hypericum humifusum</i>	<i>Viola silvestris</i>

Asparagus acutifolius
Sanguisorba minor

Phillyrea media
Satureja vulgaris

Myrtus communis



Figure 16 : *Arbutus unedo*



Figure 17: *Pistacia lentiscus*



Figure 18: *Rosmarinus officinalis*



Figure 19: *Lavandula, stoechas*

II. Généralité sur le liège :

Le liège est une matière naturelle et renouvelable, provenant de l'écorce du chêne-liège (*Quercus Suber L*), un arbre qui pousse principalement dans les régions méditerranéennes. Cette écorce possède des caractéristiques uniques en raison de sa structure alvéolaire et de la nature des membranes cellulaires. Le liège est léger, résistant, isolant thermique et acoustique, imperméable aux liquides, élastique, compressible, résistant au feu, et hypoallergénique. Il est utilisé dans une variété d'applications, allant des bouchons de vin aux sacs, portefeuilles, chaussures, chapeaux, casquettes etc... Le chêne-liège est un arbre majestueux dont l'écorce est récoltée par cycles de 9 ans, sans abattre l'arbre, ce qui en fait une matière première durable et écologique. Le liège est également facile à travailler, adhère bien aux surfaces inégales, et possède des propriétés anti-électrostatiques. En résumé, le liège est un matériau exceptionnel, 100% naturel, renouvelable, biodégradable, et polyvalent, offrant une combinaison unique de propriétés qui le rendent précieux dans de nombreuses industries et applications.

1. Structure cellulaire du liège :

Le liège est un matériau naturel constitué de cellules mortes aux parois imperméabilisées par un composé chimique appelé subérine. Cette substance est soutenue par de la lignine et de la cellulose, ce qui confère au liège sa résistance et sa durabilité. Les cellules du liège sont organisées en une structure alvéolaire composée de petites cellules, ce qui lui donne des propriétés d'isolation thermique et acoustique exceptionnelles. Chaque centimètre cube de liège contient environ 40 millions de cellules.

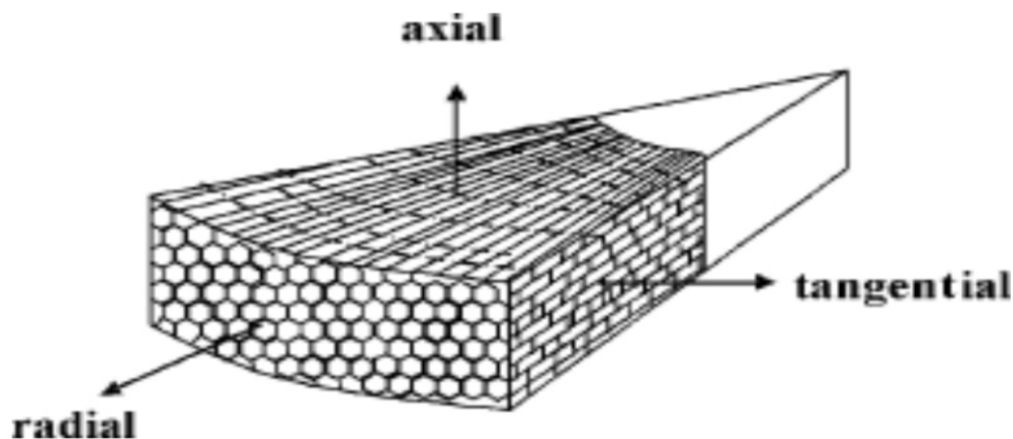


Figure 20: Représentation schématique de la disposition cellulaire de liège

Le liège est récolté à partir de l'écorce du chêne-liège, un arbre qui pousse principalement dans les régions méditerranéennes. La récolte du liège est un processus durable qui consiste à enlever l'écorce externe de l'arbre sans endommager l'arbre lui-même. L'écorce repousse au fil du temps, ce qui en fait une ressource renouvelable.

La structure cellulaire unique du liège lui confère des propriétés uniques qui en font un matériau de choix pour une variété d'applications, allant de l'isolation thermique et acoustique à la fabrication de bouchons de vin et de produits de maroquinerie.

Le liège est également naturellement résistant à l'eau, aux insectes et au feu, ce qui en fait un matériau idéal pour une utilisation en extérieur.

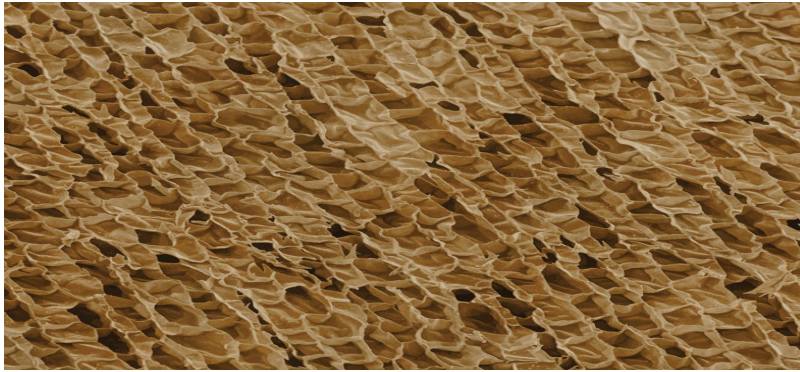


Figure 21: Micrographie du liège naturel

Les accroissements du liège :

Les accroissements du liège, également appelés cernes de croissance, sont les augmentations annuelles d'épaisseur de l'écorce de liège produites par le chêne-liège (*Quercus suber L.*). Les accroissements du liège sont influencés par plusieurs facteurs, notamment l'âge de l'arbre, l'état de santé de l'arbre, les conditions environnementales et les pratiques de gestion. En général, les accroissements du liège sont plus épais au cours des premières années de croissance et deviennent plus fins à mesure que l'arbre vieillit. Les accroissements du liège sont également influencés par l'état de santé de l'arbre, les arbres en bonne santé produisant des accroissements plus épais que les arbres en mauvaise santé. Les conditions environnementales, telles que la température, l'humidité et le type de sol, affectent également les accroissements du liège. Les pratiques de gestion appropriées, telles que la taille, l'éclaircissage et la fertilisation, peuvent améliorer la croissance et la qualité de l'écorce de liège. Les accroissements du liège sont utilisés pour estimer l'âge de l'arbre, évaluer l'état de santé de l'arbre et déterminer la qualité de l'écorce de liège.



Figure 22: Les cernes de croissance du liège

2. Composition chimique du liège :

La composition chimique du liège est complexe et varie en fonction de la qualité et de l'origine du liège. Cependant, il existe des composants principaux qui sont couramment présents dans le liège.

La subérine est le composant principal des parois cellulaires du liège, représentant environ 45% de sa composition totale. Elle est responsable de l'imperméabilité du liège, ce qui le rend résistant à l'eau et aux gaz. La subérine est un polymère complexe composé d'acides gras, d'alcools et d'esters qui forment une couche imperméable sur les parois cellulaires.

Les polysaccharides sont des composants secondaires des parois cellulaires du liège, représentant environ 25% de sa composition totale. Ils sont composés de cellulose et de pectine, qui fournissent de la rigidité et de la stabilité aux parois cellulaires.

Les tanins sont des composants phénoliques présents dans le liège, représentant environ 10% de sa composition totale. Ils sont responsables de la couleur brune du liège et ont des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes.

La lignine est un composant structurel du liège, représentant environ 10% de sa composition totale. Elle est responsable de la résistance et de la rigidité du liège.

Les céroïdes sont des lipides présents dans le liège, représentant environ 5% de sa composition totale. Ils sont responsables de l'élasticité et de la compressibilité du liège.

En plus de ces composants principaux, le liège contient également des composés volatils, des résines, des protéines, des minéraux et d'autres substances. Ces composants contribuent tous à la composition chimique unique du liège et à ses propriétés spéciales.

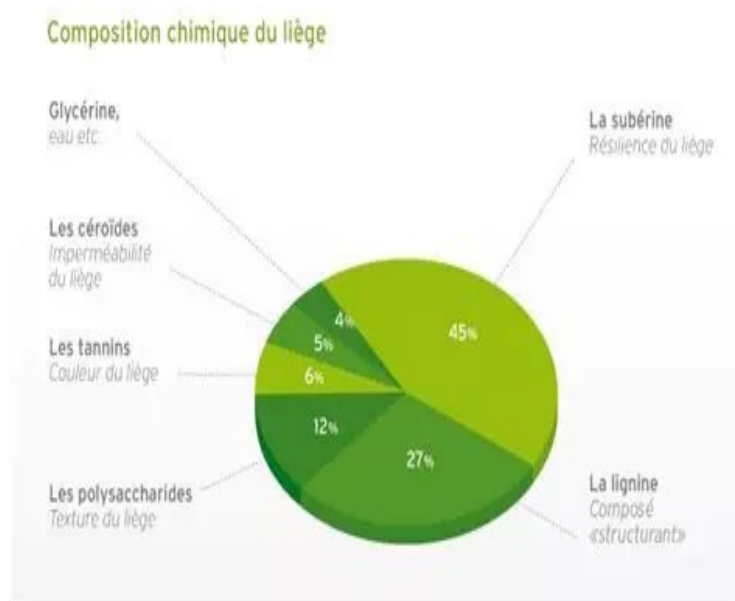


Figure 23: Composition chimique du liège (Panete Liège, 2021)

3. Les propriétés physique et mécanique du liège :

Les propriétés physiques et mécaniques du liège sont nombreuses et uniques, ce qui en fait un matériau précieux pour diverses applications. Elles sont résumées comme suit :

- **Densité faible** : Le liège a une faible densité de 0,12 à 0,20 g/cm³, ce qui le rend léger et facile à manipuler.
- **Compressibilité élevée** : Le liège peut être comprimé jusqu'à 40 % de son volume d'origine sans perdre son élasticité, ce qui en fait un matériau idéal pour l'étanchéité et l'isolation.
- **Isolation thermique élevée** : Le liège a une faible conductivité thermique de 0,039 à 0,043 W/km, ce qui en fait un excellent matériau d'isolation.
- **Isolation acoustique élevée** : Le liège a un coefficient d'absorption acoustique élevé de 0,25 à 0,50, ce qui en fait un matériau efficace pour l'insonorisation.
- **Résistance au feu élevée** : Le liège a une température d'inflammation élevée et une faible émission de fumée, ce qui en fait un matériau sûr pour une utilisation dans des environnements propices aux incendies.
- **Résistance à l'usure élevée** : Le liège a une résistance élevée à l'abrasion et à l'usure, ce qui le rend adapté à une utilisation dans des zones à fort trafic.
- **Résistance à l'eau et à l'humidité élevée** : Le liège est imperméable aux liquides et aux gaz, ce qui en fait un matériau adapté à une utilisation dans des environnements humides.

- **Résistance aux micro-organismes élevée :** Le liège a des propriétés antimicrobiennes naturelles, ce qui en fait un matériau hygiénique pour une utilisation dans les applications alimentaires et médicales.
- **Résistance aux rayons UV élevée :** Le liège a une résistance élevée aux rayons UV, ce qui le rend adapté à une utilisation en extérieur.
- **Résistance à la vieillesse élevée :** Le liège a une longue durée de vie et ne se dégrade pas ou ne perd pas ses propriétés avec le temps, ce qui en fait un matériau durable et écologique.

Ces propriétés sont dues à la structure et à la composition uniques du liège, qui est constitué de millions de cellules remplies d'air qui offrent une isolation, une élasticité et une résistance à la compression. La subérine, un polymère présent dans les parois cellulaires du liège, est responsable de son imperméabilité aux liquides et aux gaz, tandis que la lignine et la cellulose fournissent dureté et rigidité. La forte compressibilité du liège est due à la capacité des cellules remplies d'air à s'effondrer et à se reformer sous pression, tandis que la faible conductivité thermique est due à la faible capacité de transfert de chaleur des cellules remplies d'air. La forte isolation acoustique est due à la capacité des cellules remplies d'air à absorber et à amortir les ondes sonores, tandis que la forte résistance au feu est due à la température d'inflammation élevée et à la faible émission de fumée du liège. La forte résistance à l'usure est due à l'élasticité et à la résilience élevées du liège, tandis que la forte résistance à l'eau et à l'humidité est due à l'imperméabilité des parois cellulaires. La forte résistance aux micro-organismes est due aux propriétés antimicrobiennes naturelles du liège, tandis que la forte résistance aux rayons UV est due à la présence de composés phénoliques dans les parois cellulaires. La forte résistance à la vieillesse est due à la longue durée de vie du liège et à sa capacité à maintenir ses propriétés au fil du temps. Dans l'ensemble, la structure et la composition uniques du liège en font un matériau polyvalent et précieux pour diverses applications.

4. Récolte du liège :

La récolte du liège, également appelée écorçage, est un processus crucial qui consiste à extraire l'écorce du chêne-liège de manière à préserver l'arbre et à obtenir un matériau de qualité. Les étapes clés de la récolte du liège comprennent :

- **Écorçage initial (démasclage) :** Le premier écorçage a lieu lorsque le chêne-liège a atteint 25 à 40 ans et produit du "liège mâle" ou "liège vierge". Ce liège est irrégulier, dur et inadapté pour la fabrication de bouchons, mais il est utilisé dans d'autres applications telles que les revêtements de sol et l'isolation.
- **Récoltes successives :** Environ 09 ans après le premier écorçage, une deuxième récolte est effectuée, en partie destinée à la production de bouchons. Les récoltes suivantes, réalisées tous les 09-12 ans, produisent du "liège de reproduction" de meilleure qualité, adapté à la fabrication de bouchons de haute qualité.
- **Techniques et outils :** La récolte du liège est un art pratiqué par des "leveurs de liège" expérimentés, qui utilisent des outils traditionnels tels que des haches spéciales. Le processus est délicat pour éviter d'endommager l'arbre et se fait en respectant la saisonnalité pour préserver la santé de l'arbre.
- **Maturation et transformation :** Après l'écorçage, les planches de liège sont empilées en extérieur pour une maturation d'au moins six mois. Ce processus permet au liège de se stabiliser et de développer ses propriétés. Ensuite, le liège subit diverses manipulations pour être transformé en produits finaux tels que des bouchons, des revêtements, ou des isolants.

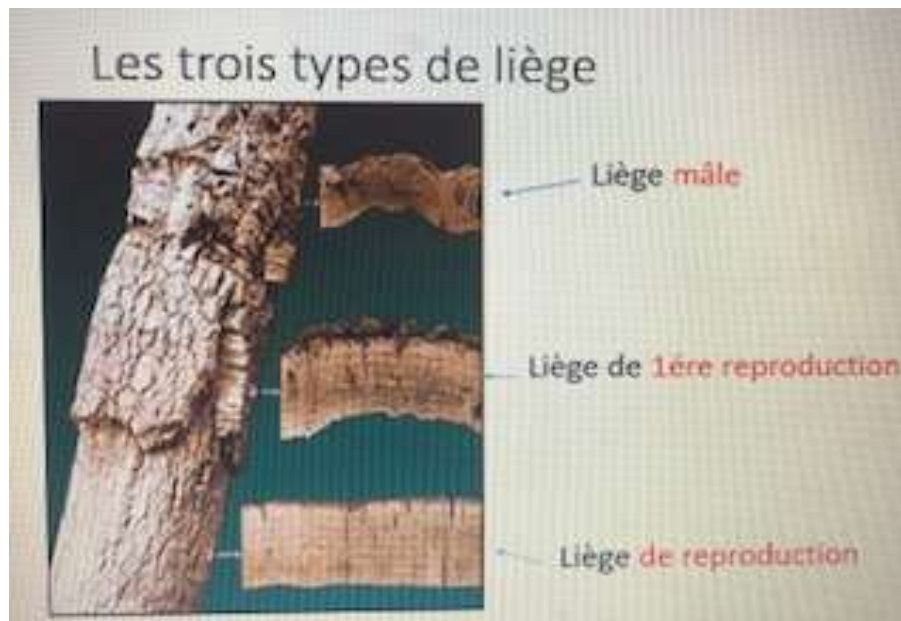


Figure 24: Les types du liège (Metna , 2023)

La récolte du liège est un processus ancestral qui nécessite une expertise et un savoir-faire spécifiques pour garantir la qualité du matériau extrait tout en préservant la santé des chênes-lièges. Le démasclage et la levée du liège sont des étapes importantes dans la récolte du liège. Le démasclage est le premier écorçage qui consiste en la récolte du liège mâle, qui est le liège présent sur les parties de l'arbre jamais écorcées. Il est récolté lors du premier écorçage, appelé démasclage, qui a lieu lorsque le chêne-liège a atteint 20 à 40 ans. Le liège mâle est irrégulier, cassant et très crevassé, il est impropre à la fabrication des bouchons. La levée, également appelée levage, est la récolte du liège femelle ou liège de reproduction. Le liège femelle est récolté lors des écorçages suivant le démasclage. Il est plus lisse et plus homogène, ce qui le rend utilisable pour la fabrication des bouchons. La récolte du liège se fait de manière artisanale par des hommes expérimentés appelés les leveurs de liège. Elle s'effectue au moment de la phase active de croissance pour ne pas blesser l'arbre. Le risque est d'endommager la couche mère en frappant jusqu'au bois, et ainsi de sectionner les vaisseaux conducteurs de sève, ce qui pourrait aller jusqu'à tuer l'arbre. Le liège se récolte de la fin du printemps et pendant l'été, tous les 9 ans minimum lorsque l'arbre est adulte. La durée de vie moyenne du chêne-liège est de l'ordre de 150 ans, soit environ 12 à 15 levées par arbre. Une partie seulement du liège levé est susceptible de donner des bouchons, le reste sert à fabriquer des produits pour l'isolation et intervient dans des secteurs très variés tels que la fabrication de chaussures, la décoration, l'ameublement et même dans le domaine de l'aérospatiale.



Figure 25: Récolte du liège à Jijel (originel)



Figure 26: Récolte du liège au Portugal

5. Les domaines d'utilisations :

Le liège est un matériau naturel qui provient de l'écorce du chêne-liège, récoltée à la main sans jamais couper l'arbre. Il est utilisé dans une grande variété de domaines en raison de ses nombreuses propriétés.

Dans le domaine de la construction, le liège peut être utilisé comme revêtement de sol, revêtement mural et plafond. Il offre une bonne qualité d'isolation thermique et phonique, et peut également être utilisé pour l'isolation des murs, cloisons, combles et toitures. Il est également résistant à l'humidité, à la présence d'insectes et à la moisissure, ce qui en fait un matériau durable et sain pour la santé des occupants de la maison.

Le liège peut également être utilisé dans la fabrication de produits uniques et innovants, tels que des panneaux et rouleaux de liège agglomérés haute densité ou de liège-caoutchouc pour socles antivibratoires, joints moteurs, etc.

Il est également utilisé dans la fabrication de bouclier thermique pour les navettes spatiales, feux d'artifice, bouchons de bouteilles de vin, semelles de chaussures, joints de dilatation, etc.

Le liège est un matériau 100% naturel, renouvelable et biodégradable, ce qui en fait un choix écologique pour de nombreuses applications. Il est également résistant au feu, hypoallergénique, et possède une excellente résistance à la friction et à l'usure.

Cependant, le liège peut être plus cher que d'autres matériaux, et il peut se décolorer sous l'action des rayons UV. Il est donc important de prendre en compte ces facteurs lors de la sélection des produits en liège pour des projets de construction ou de rénovation.



Figure 27: Qualité de bouchon en liège (originel)



Figure 28: Plaque isolantes liège (originel)

6. Les défauts du liège :

Liège vert : C'est le résultat de la pénétration d'eau dans la cellule subéreuse, ce qui crée un milieu favorable pour les attaques fongiques. (IPROCOR/FUNDECYT. MERIDA, (1999))

Liège doublé : Il est dû à un stress hydrique d'un incendie ou causé aussi par une blessure. Ce défaut se manifeste après l'écorçage ou le bouillage. (IPROCOR, (1999) et MERIDA, (1999))

Dureté : Il fait perdre au liège deux de ces qualités les plus recherchées qui sont la souplesse et l'élasticité. (SACCARDY (1938))

Porosité : Elle est due à la présence d'un nombre important de lenticelles larges et déformés (DJEMAI & LAHEB (2017))

Liège clouté : C'est un liège dur et dense et ceci est dû à la présence de tissus lignifiés dans l'épaisseur du liège (CANTAT & PIAZZETTA (2005))

Liège terreux : C'est un défaut qu'on retrouve souvent dans le liège du pied. C'est la résultante d'un grand nombre de lenticelles présentant de grandes dimensions ce qui engendre une porosité élevée. (CANTAT & PIAZZETTA (2005))

Les taches jaunes : C'est une perte de couleur des tissus subéreux et qui se manifeste par une odeur de moisissure (DJEMAI & LAHEB (2017))

La fourmi : Elles créent des galeries dans le liège (IPROCOR (1999))

Le liège soufflé : Les crevasses de ce liège, le rende de mauvaise qualité pour l'industrie (CANTAT & PIAZZETTA (2005))

Liège attaqué par le pic : C'est un oiseau insectivore qui cherche de la nourriture, et pour cela il pratique des perforations transversales sur la partie externe du liège (IPROCOR (1999) et MERIDA (1999))

Le ver du liège : Il s'agit de la larve du *Corebus undatus* qui creuse ces galeries entre le tissu mort et le tissu vivant. (IPROCOR/FUNDECYT. Mérida, 1999).

CHAPITRE 2 :

Matériel et méthodes

Partie 1 : Présentation de la zone d'étude :

I. Introduction au domaine de recherche :

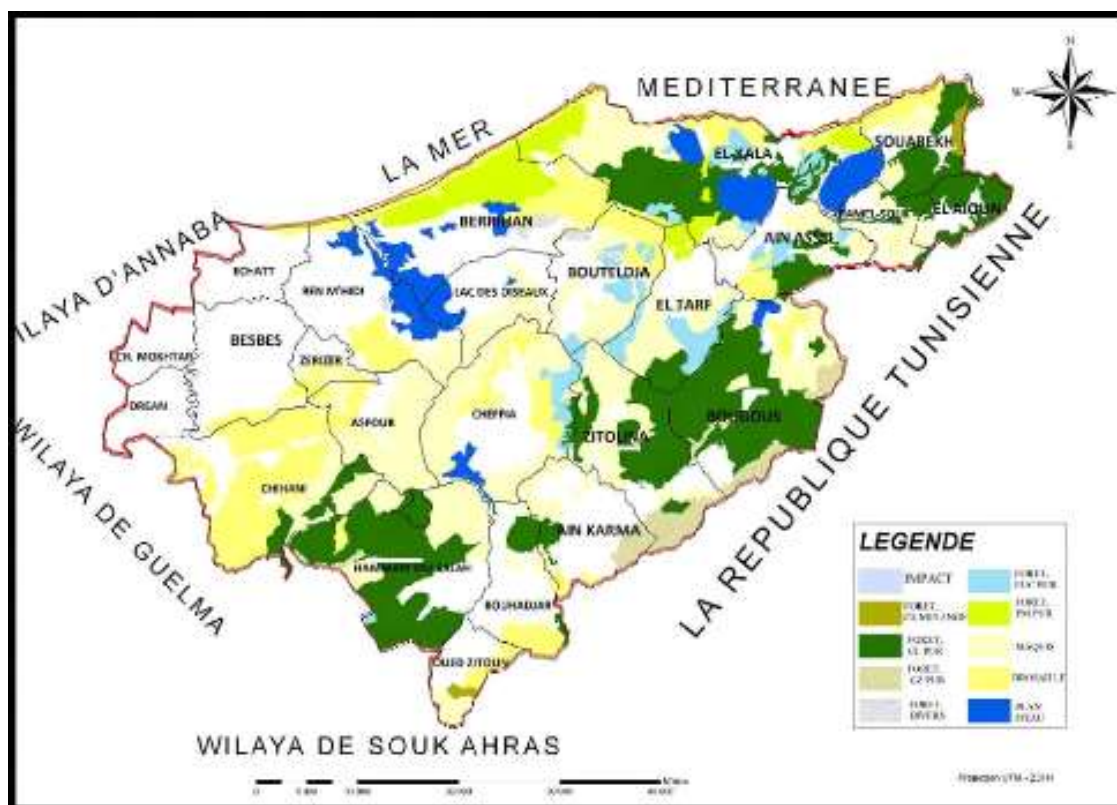
1. Introduction à la wilaya d'El Taref :

Notre zone d'étude est située dans la wilaya d'El-Tarf. Elle est composée de trois sites notamment : Tatidum, Ain Meghfiel et El Ghourah. Ces sites ont été sélectionnés comme échantillons représentatifs des forêts de chêne liège de la wilaya d'El Tarf.

La wilaya d'El Taref se situe dans le Nord-Est du Tell algérien. Elle est limitée par :

- La Méditerranée au Nord.
- La frontière Algéro-Tunisienne à l'Est.
- La wilaya de Guelma au Sud-Ouest.
- La wilaya de Souk-Ahras au Sud.
- La wilaya d'Annaba à l'Ouest.

Elle couvre une surface de 305000 ha, dont 166311 ha de superficie forestière soit (54,52%). Selon (Ben Said et Ben Yahia, 2011) le chêne-liège couvre une superficie de 59563. Les coordonnées de la région d'étude sont comme suit : ✓ Longitude 8°27'3 est. ✓ Latitude 36°53'47' Nord. ✓ Altitude moyenne 13 m.



Source : la conservation des forêts d'El Tarf 2023

2. Présentation et Situation géographique des stations d'études :

Après avoir effectué notre prélèvement au dépôt de liège d'Ain Assel, le prélèvement a révélé 03 stations : Tatidoum, Ain Megfel et El Ghourrah.

a) Tatidoum :

Tatidoum est un canton forestier appartenant à la forêt nationale du Khanguet Aouan qui est situé dans la commune d'Ain El Assel à l'est de la wilaya d'El Tarf avec superficie de 6.566 hectares dont 2.726 hectares de forêts de chênes-lièges. Cette dernière est sous la gestion de la circonscription d'El Tarf. Tatidoum est une subéraie d'âge moyen de 100 ans qui s'étend sur une superficie de 81 hectares et qui a produit 237,8 qtx de liège au cours de l'année 2022. La même année cette forêt a été touchée par des incendies de forêts et ils ont occasionné une perte de 411,81 hectares selon l'évaluation de la conservation forestière de la wilaya d'El Tarf. Sur ces 411,81 hectares, la subéraie a perdu 60 hectares..

b) EL Ghourrah :

EL Ghourrah est un canton de la forêt domaniale d'Oued Bougous de la commune de Bougous située au sud-est d'El Tarf. Il a une superficie de 19 369 ha dont 10 255 ha sont occupés par le chêne-liège.

El Ghourrah appartient administrativement à la circonscription d'El Tarf. Le chêne-liège d'El Ghourrah est considéré comme un vieux peuplement et son âge varie de 100 à 150 ans.

Durant l'année d'exploitation du liège 2022, El ghorah a eu une production de 586,6 qtx de liège.

c) Ain Megfel :

Avec une superficie de 300 ha, la subéraie d'Ain Megfel est une partie de la forêt domaniale de Bouabed de la daïra de Ben M'hidi située au Nord-Ouest d'El Tarf, avec une superficie totale de 16145 ha dont 598 ha représentent la superficie de sa subéraie. Notre subéraie a un âge qui avoisine les 100 ans donc exploitée pendant plusieurs rotations et la dernière a été effectuée durant l'année 2022, au total 164.44 qtx de liège ont été récoltés. Ces informations ont été communiquées par les services de la conservation des forêts de la wilaya d'El Tarf.

II. Etude climatique :

1. Définition :

L'étude du climat englobe l'ensemble des états ou l'état moyen que l'atmosphère peut présenter à un endroit précis au fil des années. Cette analyse climatique repose sur des données météorologiques archivées, qui incluent des évaluations à la fois instantanées et quotidiennes. Les caractéristiques de l'atmosphère dans un lieu donné peuvent être décrites à l'aide de divers paramètres, mais elles sont généralement classées selon deux critères principaux : la température et les précipitations. (HOUACINE & MELIANI, 2017).

2. Climat :

En raison de l'absence de données climatiques provenant des stations étudiées, nous avons utilisé les informations de la seule station météorologique disponible dans la wilaya d'El Tarf, en l'occurrence d'El Kala. Cette étude vise à fournir un aperçu général du climat dans nos stations d'étude.

Les subéraies examinées présentent des climats qui varient d'une station à l'autre, correspondant à différents étages bioclimatiques.

- Tatidoum : un climat humide doux
- Ain megfel : un climat subhumide chaud
- El ghourrah : un climat humide doux

3. La température :

La température est un facteur clé qui caractérise le climat d'une région donnée. Elle exerce une influence significative sur l'ensemble de l'écosystème, affectant tant la faune que la flore, mais elle impacte particulièrement la végétation. Les données relatives aux températures permettent de segmenter l'année en saisons thermiques distinctes, ainsi que de définir la saison sèche et de déterminer les limites des températures, qu'elles soient maximales ou minimales.

Il est constaté que les mois de juillet et août représentent les périodes les plus chaudes de l'année, tandis que janvier et février sont les mois les plus frais. Ces observations s'inscrivent dans la logique des étages bioclimatiques évoqués précédemment dans cette étude.

4. Précipitations :

Les précipitations constituent un élément crucial qui détermine le climat d'une région, influençant directement les réseaux fluviaux, les nappes phréatiques et les lacs, ainsi que la végétation. Dans la région d'El Kala, les précipitations se manifestent principalement par deux phénomènes : les pluies et la nébulosité. D'après les données des services météorologiques d'El Kala, la moyenne annuelle des précipitations sur une période de 45 ans est de 1114 mm par an. L'analyse de la carte climatique valide les résultats concernant les précipitations dans la région d'El Kala. Ces résultats indiquent que nos stations d'étude sont caractérisées par une pluviométrie abondante et généreuse.

Tableau 1 : précipitations moyennes mensuelles (p) mm de la Station météorologique D'El Kala (1970-2015)

Mois	Précipitation	Mois	Précipitation
Janvier	135.4	Juillet	02.2
Février	154.8	Aout	10.4
Mars	136.7	Septembre	79.01
Avril	65.2	Octobre	125.6
Mai	28.5	Novembre	155.7
Juin	10.7	Décembre	209.4

Source : BENTRAD SAMIHA (2019)

Les précipitations enregistrées sont comme suit :

- Tatidoum : 1200 mm /ans
- Ain megfel : 600 mm/ an
- El ghourrah : 900 à 1000 mm/an

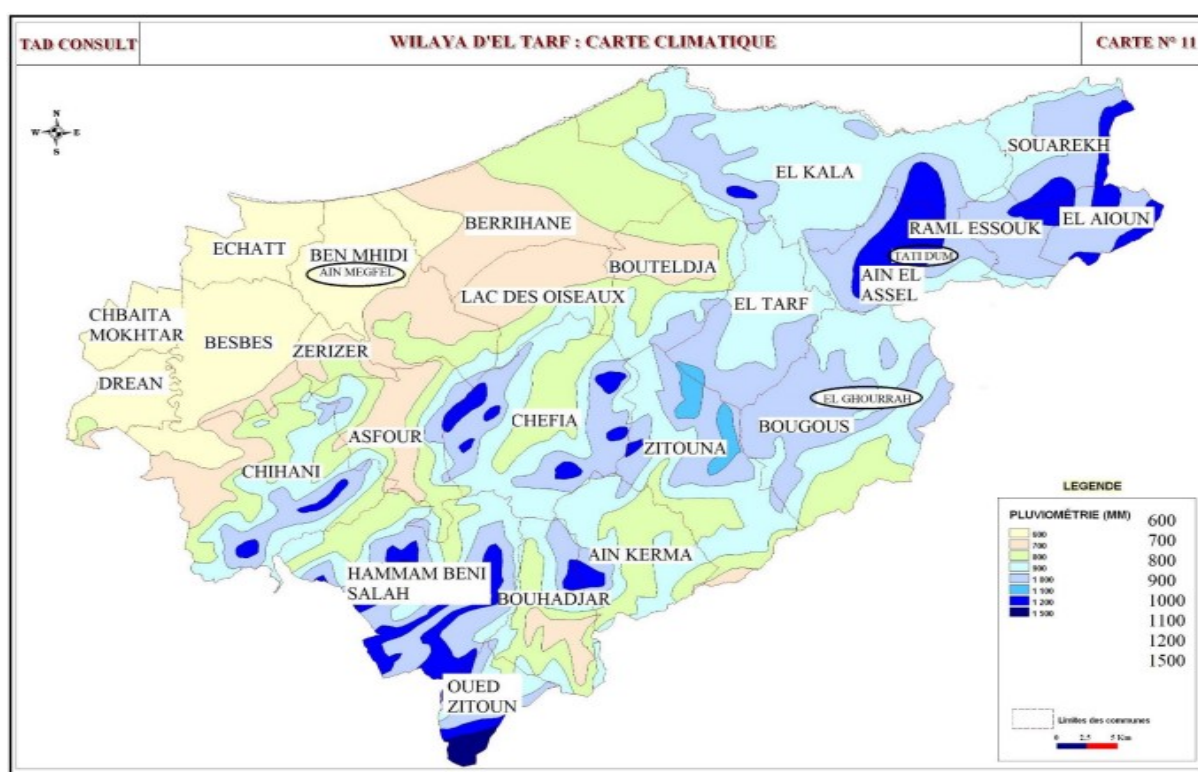


Figure 30 : Carte climatique de la wilaya d'El Tarf

Source : conservation des forêts d'El Tarf 2023

5. Le vent :

Le vent est un facteur essentiel qui peut modifier le climat d'une région à l'autre en raison de sa capacité à transporter les précipitations. Il peut souffler dans plusieurs directions : nord-est, nord-ouest, sud-ouest et sud-est.

Le vent se déplace des zones de hautes pressions vers les zones de basses pressions. La wilaya d'El Tarf, située dans le bassin méditerranéen, est une région côtière, ce qui fait que la mer influence directement la direction du vent.

Les vents dominants sont ceux du nord-ouest, présents tout au long de l'année, tandis que les vents du nord-est sont les plus fréquents en été. La vitesse moyenne des vents dans cette région varie entre 2,2 et 4,2 m/s

(BOUMEZBEUR, BENTRAD ,

Tableau 2: Moyenne mensuelle de la vitesse du vent V (m/s) dans la station météorologique d'El Kala (1970-2005)

1993 in 2019).

Mois	Moyenne de vitesse (m/s)
Janvier	4.2
Février	3.7
Mars	4.1
Avril	3.6
Mai	2.8
Juin	2.2
Juillet	2.2
Aout	2.3
Septembre	2.7
Octobre	3
Novembre	3.6
Décembre	3.2
Moyenne	3.2

Source : BENTRAD SAMIHA (2019)

Synthèse climatique :

1. L'indice xérothermique de Bagnonls et Gaussen :

L'indice xérothermique de Bagnols et Gaussen est utilisé pour déterminer la période de sécheresse dans la région d'El Kala, en se basant sur le diagramme de pluviométrie de Gaussen. Cet indice permet d'évaluer la sécheresse estivale en prenant en compte les moyennes mensuelles des précipitations (P en mm) et des températures (T en $^{\circ}\text{C}$) selon le rapport $P/2T$.

- Lorsque $P > 2TP > 2T$, les mois sont considérés comme humides.
- Lorsque $P < 2TP < 2T$, les mois sont considérés comme secs.

D'après le diagramme, il est observé que la période sèche débute début mai et se termine à la mi-août, tandis que les périodes humides couvrent le reste de l'année, caractérisées par des températures plus basses et des précipitations plus élevées.

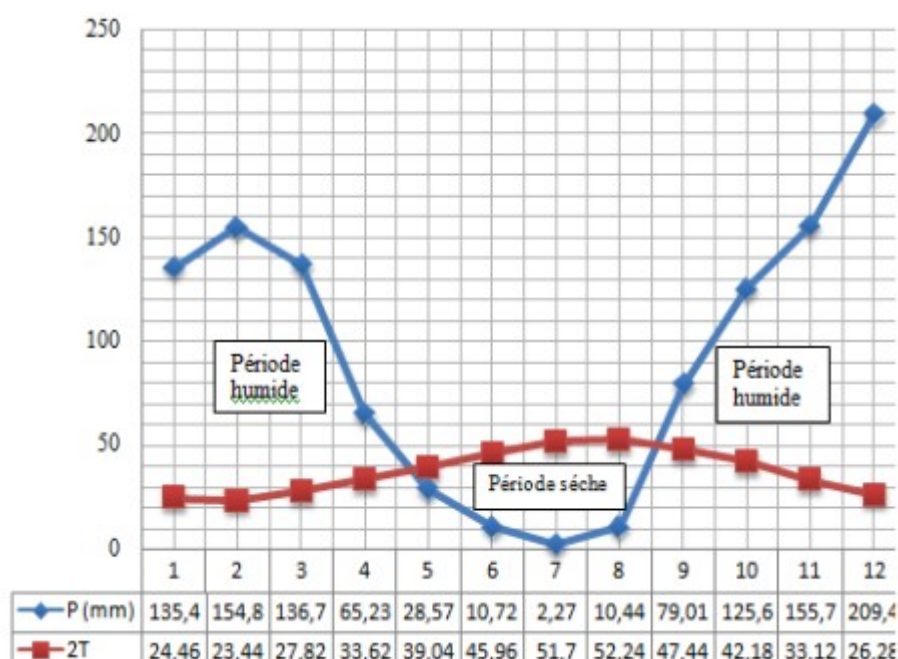


Figure 31 : diagramme ombrothermique de Bagnols et Gaussen de la région d'El Kala (1970-2015)

Source : BENTRAD SAMIHA (2019)

2. Les domaines bioclimatiques :(Quotient pluviothermique) :

La comparaison des étages bioclimatiques se fait par l'utilisation du climagramme d'Emberger.

Ce dernier est basé sur les précipitations (P), la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (M), la moyenne des températures minimales du mois le plus froid (m).

Afin de calculer le quotient pluviothermique d'une station donnée on utilise :

a. La formule proposée par Emberger : $Q2 = KP / (M - m)$

- K : constante qui est égale à 3,43.

- P : Précipitation annuelles (en mm).

- M : Moyenne mensuelle des températures maximales du mois le plus chaud (en °C).

- m : Moyenne mensuelle des températures minimales du mois le plus froid (en °C).

- Q2 : Quotient pluviothermique.

Le $Q2 = (1114 * 3.34) / (30.8 - 7.6) = 164.69$

b. Le quotient modifié par Stewart :

$$Q = 2000p \setminus M2 - m2$$

Avec :

- Q : quotient pluviométrique d'Emberger.

- M : la moyenne des températures du mois le plus chaud en kelvin.

- m : la moyenne des températures du mois le plus frais en kelvin.

- P : pluviométrie annuelle en mm.

Important : $K^{\circ} = C^{\circ} + 273,15$

Le résultat trouvé va déterminer l'étage bioclimatique de notre station. Le quotient pluviothermique de la station d'El kala met la région dans l'étage bioclimatique humide à la limite de l'étage bioclimatique subhumide avec un $Q = 164.69$, Sachant que :

- Précipitations (P) = 1114 mm
- Les moyennes des températures maximales du mois le plus chaud : 30.89°C
- La moyenne des températures minimales du mois le plus froid : 7.69°C

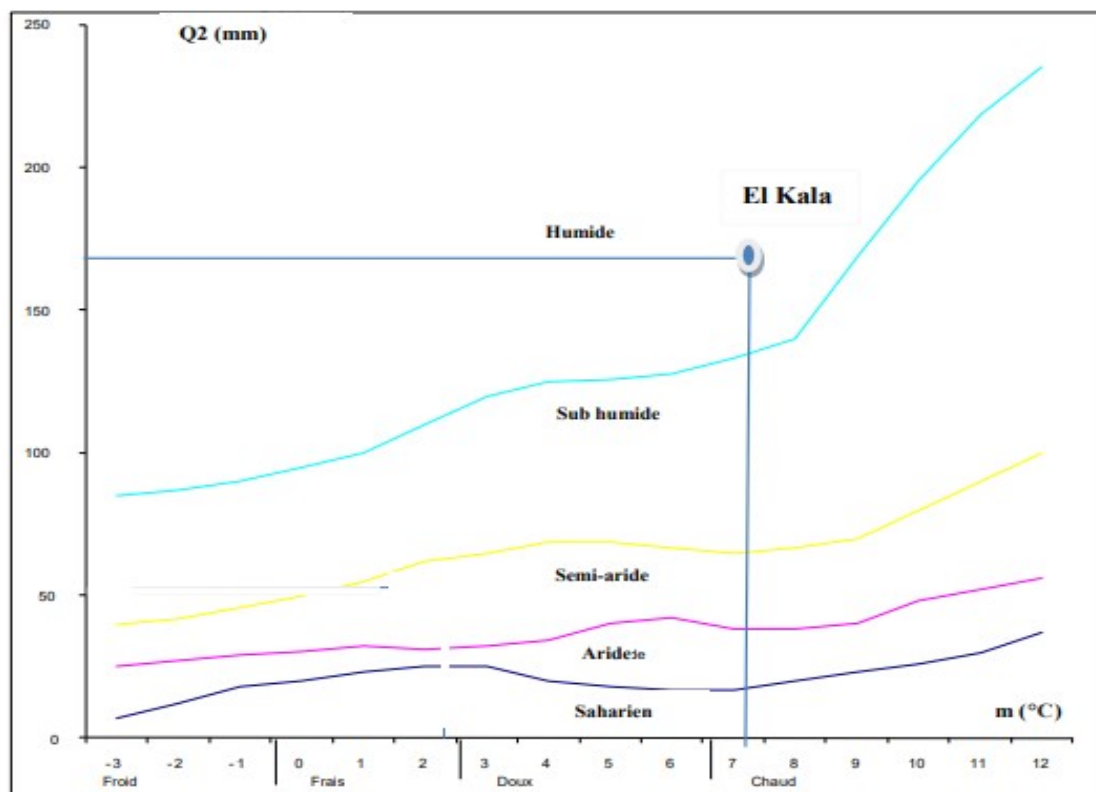


Figure 32: L'étage bioclimatique de la région d'El Kala (Période 1977-2015).

Source : BENTRAD (2019)

Tableau 3: les Caractérisation écologiques et climatiques des stations étudiée (cherifioui, trsbia 2023)

Station	Ain Megfel	Tati Dum	El Ghourahh
Forêt	BOUABED	KHANGUET AOUAN	OUED BOUGOUS
Année d'exploitation	2022	2022	2022
Altitude	400 m	280 m	920 m
Exposition	Nord	Nord Est	Nord
Age du peuplement	100 ans	50 à 150 ans	100 à 150 ans
Nombre d'exploitation	6	8	8
Pente	<3%	>25 %	>25 %
Lithologie	Marne	Flysch	Flysch et grès
Sensibilité à l'érosion	Stable	Instable	Instable
Pluviométrie annuelle	600 mm	1200 mm	900 à 1000 mm
Température moyenne	Été 30.8°C Hiver 7.6 °C	Été 30.8°C Hiver 7.6 °C	Été 30.8°C Hiver 7.6 °C

Partie 2 : Echantillonnage et mesure

Pour obtenir des résultats optimaux et en raison de notre échantillonnage effectué en dehors de la saison de récolte du liège, nous avons réalisé un échantillonnage au dépôt de liège d'Ain Assel en suivant des règles d'échantillonnage stratifié systématique. Le liège entreposé dans les dépôts est classé selon une norme internationale en plusieurs lots. Pour notre étude, nous avons sélectionné du liège de reproduction sain, au total 30 planches, réparties en 10 planches par station (lot).

I. Méthode d'échantillonnage :

Dans le cadre de l'échantillonnage stratifié systématique, chaque forêt est considérée comme une strate. Pour garantir le caractère aléatoire de l'échantillonnage, nous avons appliqué un intervalle uniforme entre les prélèvements de deux planches sur l'ensemble de l'échantillon.



Figure 33: liège empilé au niveau du dépôt de liège de la station tatidoum

- **Obtention des éprouvettes :**

Pour obtenir les éprouvettes nécessaires à nos travaux, nous avons suivi une série d'étapes conformément à la méthode proposée par Ferreira et al. (1999). Les étapes que nous avons mises en œuvre se résument comme suit :

- Découper les morceaux en éprouvettes de liège d'une dimension de 10*1.5 cm
- Bouillir les éprouvettes pendant 1 h de temps puis les laisser sécher à l'air libre.
- Ponçage des éprouvettes à l'aide d'une ponceuse électrique figure 38 ou à la main.
- Scanner les éprouvettes du liège en utilisant un scanner numérique.
- Analyse des images scannées des éprouvettes sur logiciel GIMP PRO.



Figure 34: bouillage du liège Source original



Figure 35: ponçage électrique Source original



Figure 36: ponçage manuel Source original

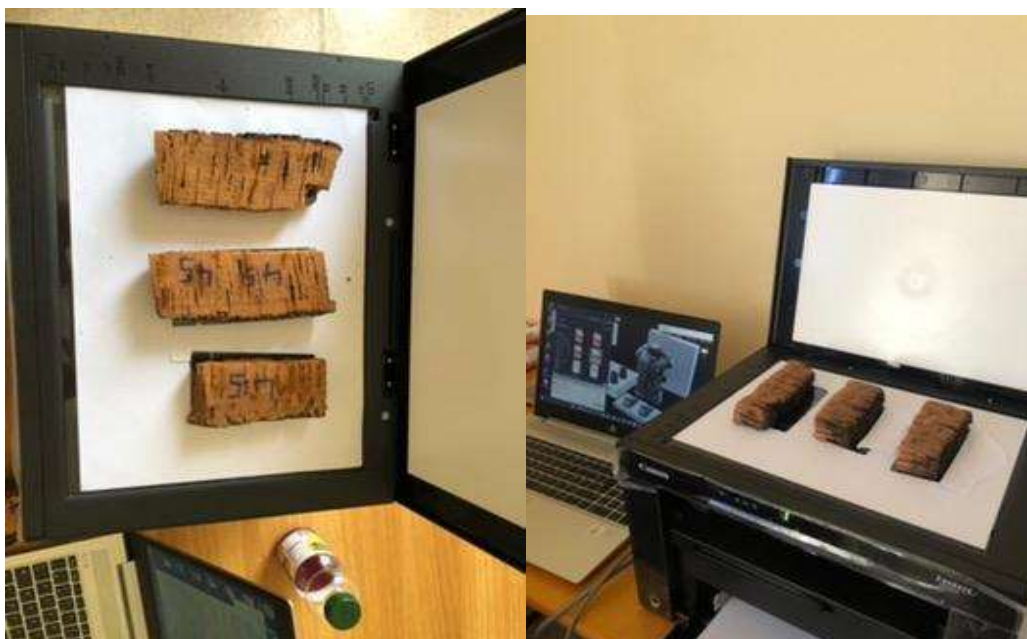


Figure 37: Analyse des images scannées des éprouvettes sur logiciel GIMP PROSource originale

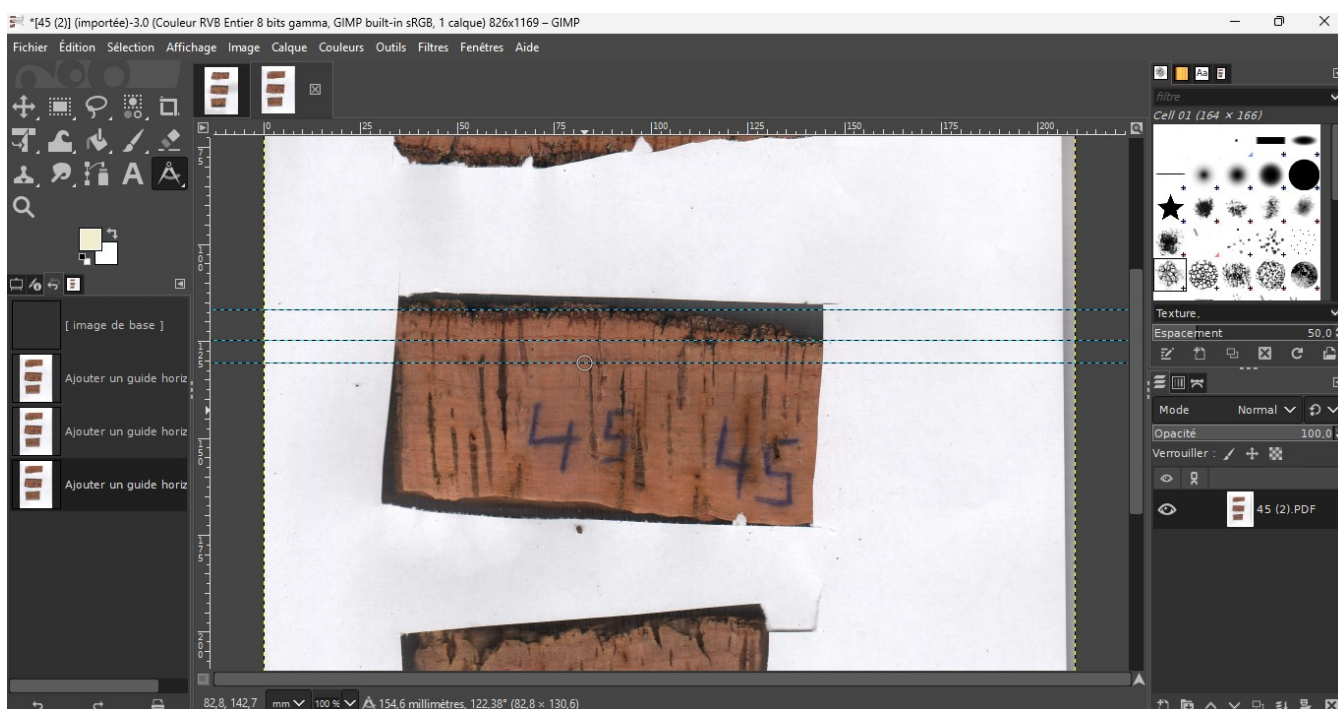


Figure 38: mesure des épaisseurs des cernes Source original

- **Mesure de l'épaisseur du liège :**

Après avoir fait bouillir le liège pendant une heure, nous l'avons séché selon la méthode décrite par Ferreira et al. (1999) et Aloui et al. (2006), afin de permettre au liège de retrouver au maximum son épaisseur initiale. Nous avons ensuite procédé à la mesure des épaisseurs sous-croûte, en effectuant trois mesures à l'aide d'un pied à coulisse : deux sur les extrémités gauche et droite, et une au centre. L'épaisseur de chaque planche est représentée par la moyenne des trois mesures, ce qui correspond à un total de 90 mesures (3 répétitions x 10 arbres x 3 stations).

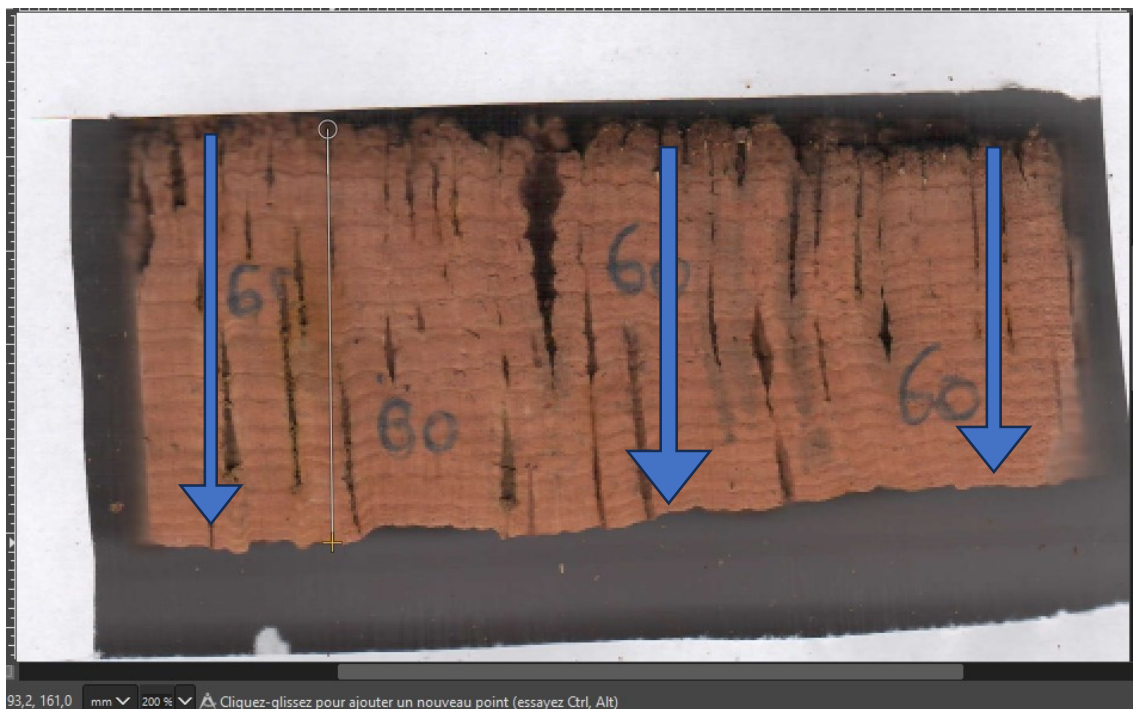


Figure 39: mesure des épaisseurs de bas en haut (Source original)

II. Outils et méthode de mesure

1. Général Images Manipulation Program (GIMP)

Le programme GIMP, développé par Spencer Kimball et Peter Mattis en 1995, est un logiciel de manipulation d'images et de photos, connu pour sa portabilité. Il fonctionne comme un éditeur de trames, traitant les images pixel par pixel. GIMP propose une multitude de fonctionnalités, permettant de l'utiliser comme :

- Un programme de dessin basique
- Un outil de retouche photo
- Un système de traitement par lot en ligne
- Un générateur d'images pour la conversion entre différents formats, comme le souligne Raymon Ostertag (2008) dans les travaux cités par Gabis et Boukerb (2009).

L'interface de GIMP, dans sa version 2.10.2, est conçue pour être intuitive, facilitant l'accès aux divers outils et options nécessaires à la manipulation d'images.

2. Méthode de mesure en utilisant GIMP

Pour mesurer l'épaisseur de nos éprouvettes, nous commençons par importer les images scannées sur lesquelles nous effectuerons nos mesures. Cette étape d'importation est très simple : il suffit de faire glisser l'image sur l'interface vierge du logiciel. Une fois cette opération réalisée, l'image apparaît, prête à être utilisée pour nos analyses.

Une fois l'image importée, elle sera prête à être utilisée. Pour mesurer nos accroissements, nous commençons par sélectionner l'outil de mesure et en changeant l'unité d'affichage des résultats en millimètres.

Nous traçons d'abord un guide vertical pour définir la trajectoire des mesures, ce qui se fait en maintenant la touche ALT enfoncée et en effectuant un double clic droit avec la souris. Ensuite, en repérant les cernes du liège le long de cette trajectoire, nous ajoutons des guides horizontaux à chaque limite de

cerne. Après avoir placé ces guides, nous mesurons la distance entre chacun d'eux. La valeur de la mesure s'affichera dans une petite fenêtre si elle est activée, ainsi que sur la barre d'information du logiciel.

Pour manipuler la vision et le zoom de l'image dans GIMP, il suffit de maintenir la touche CTRL enfoncée tout en utilisant la roulette de la souris.

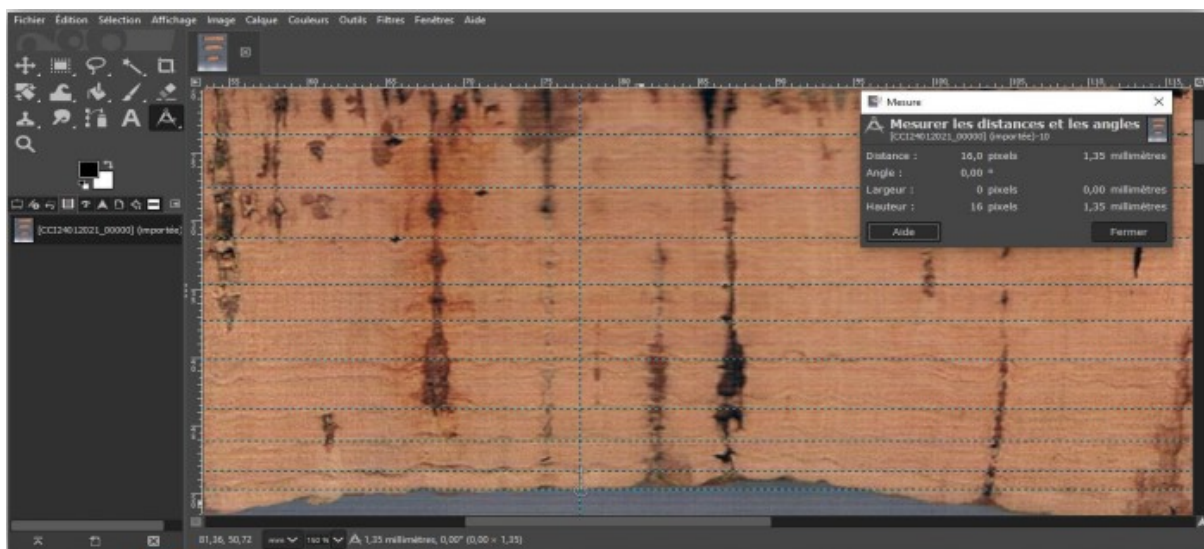


Figure 40: Capture d'écran illustrant la méthode de mesure des épaisseurs des cernes Source original

III. Méthodes de traitement de données

Pour traiter les données issues des mesures d'épaisseur des planches et des cernes de liège, nous avons utilisé les logiciels EXCEL et STATBOX afin d'effectuer des analyses graphiques et statistiques.

1. Traitements graphiques :

Nous représentons les résultats sous forme de courbes, en distinguant :

a) Courbes des accroissements du liège :

Ces courbes montrent l'évolution de l'épaisseur des cernes de liège au fil des années, avec les années successives en abscisse et l'épaisseur des cernes en ordonnée, pour chaque station étudiée.

b) Accroissements individuels :

L'analyse de ces courbes par individu nous renseigne sur la variabilité de l'épaisseur des cernes en fonction des conditions stationnelles (sol, exposition, pente, altitude, climat) et de la vigueur de chaque arbre.

c) Accroissements de séries de synthèse :

Ces courbes permettent de s'affranchir des variations liées à des phénomènes propres à chaque individu, pour ne conserver que les variations interannuelles de haute fréquence, en lien avec les fluctuations climatiques, comme l'a souligné Raouane (1985).

d) Analyses statistiques :

Les données sont également traitées statistiquement pour comparer les différentes provenances et mettre en évidence d'éventuels effets des facteurs étudiés (station, arbre, cerne) sur la croissance du liège. Les principaux tests statistiques utilisés sont :

- Analyse de variance (ANOVA) pour tester l'effet des facteurs

- Test de comparaison multiple de moyennes (test de Newman-Keuls) pour identifier les différences significatives entre modalités
- Analyse en composantes principales (ACP) pour visualiser les corrélations entre variables et la proximité entre individus

Ces analyses graphiques et statistiques nous permettent de caractériser finement la croissance du liège dans les différentes stations et d'identifier les principaux facteurs qui l'influencent.

e) Accroissements cumulés des séries de synthèse :

Pour mieux comprendre l'évolution générale de l'épaisseur des cernes de liège à travers les différents peuplements étudiés, nous avons calculé des accroissements moyens cumulés et élaboré des courbes correspondantes. L'accroissement moyen cumulé représente la somme des épaisseurs des cernes sur une période donnée. Si nous désignons par $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ les valeurs des cernes d'un arbre, l'accroissement cumulé se calcule comme suit :

$$\text{Accroissement cumul} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

2. Traitements statistiques

a) Analyse descriptive des données :

Pour évaluer la variation de l'épaisseur des cernes de liège entre les arbres d'une même station, nous avons calculé plusieurs paramètres statistiques, notamment des mesures de position (la moyenne) et de dispersion (l'écart type et le coefficient de variation (CV%). Ces paramètres nous permettent de comparer la variabilité relative de différentes séries statistiques, même lorsque leurs ordres de grandeur sont très différents.

1) Moyenne :

La moyenne arithmétique, que nous appellerons simplement "moyenne" et que nous noterons μ , est calculée en prenant la somme des valeurs observées $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ et en la divisant par le nombre total d'individus (n):

$$\mu = \sum X_i / n \text{ pour } i \text{ allant de } 1 \text{ à } n.$$

Cette moyenne fournit une indication centrale de l'épaisseur des cernes mesurée, facilitant ainsi l'analyse des données.

2) Écart type (σ) :

L'écart type est une mesure de dispersion qui exprime les variations des valeurs par rapport à la moyenne. Il représente la moyenne quadratique des écarts à la moyenne. Plus l'écart type est élevé, plus la dispersion autour de la moyenne est importante.

3) Coefficient de variation (CV) :

Le coefficient de variation (CV) est une mesure de la variabilité relative, exprimée en pourcentage. Il permet de comparer la dispersion de différentes séries statistiques, même lorsque leurs moyennes ont des ordres de grandeur très différents. Pour estimer la variation de l'épaisseur des cernes de liège entre les arbres d'une même station, nous avons calculé plusieurs paramètres :

- La moyenne (μ)
- L'écart type (σ)
- Le coefficient de variation (CV%)

Le coefficient de variation (CV) est obtenu en exprimant l'écart type en valeur relative par rapport à la moyenne :

$$CV\%=(\sigma/\mu)\times 100$$

Avec :

- σ = écart type
- μ = moyenne

4) Coefficient d'aplatissement « Kurtosis » :

Le coefficient d'aplatissement, aussi appelé coefficient de Kurtosis, permet de caractériser la forme des courbes de croissance, en termes de pic prononcé ou d'aplatissement.

$$\left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left(\frac{x_j - \bar{x}}{s} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

b) Analyse de la variation (anova) :

L'analyse de la variance a pour objectif de comparer les moyennes de plusieurs populations de séries de données, qui sont supposées normales et posséder des variances identiques, en utilisant des échantillons aléatoires simples et indépendants (Dagnelie, 1975).

c) Sensibilité moyenne (Mean sensitivity) :

La sensibilité moyenne est utilisée pour caractériser la régularité des épaisseurs des cernes d'une année à l'autre. Selon Munaut (1979), cette sensibilité se calcule par un rapport, permettant ainsi d'évaluer les variations d'épaisseur au fil des années

Ce coefficient permet de quantifier la variabilité moyenne de l'épaisseur des cernes entre deux années successives. Selon Munaut (1979), ce coefficient exprime l'ampleur des changements à court terme affectant l'épaisseur des cernes. Il prend la valeur 0 lorsque deux cernes successifs ont la même épaisseur, et atteint 2 quand l'épaisseur de l'un des cernes est nulle (Fritts, 1976). Plus la sensibilité moyenne est élevée, plus les variations d'épaisseur d'un cerne à l'autre sont importantes. Ce paramètre permet donc de quantifier la réactivité du liège aux facteurs influençant sa croissance, comme le climat

$$SM = 1/n - 1 \quad \sum_{t=1}^{t=n-1} \left| \frac{2(X_{t+1} - X_t)}{X_{t+1} + X_t} \right|$$

d) Coefficient d'interdataion :

Le coefficient d'interdatation est défini comme le rapport entre la sensibilité moyenne calculée directement sur la chronologie maîtresse (SMm) et la moyenne des sensibilités moyennes obtenues à partir des séries individuelles correspondantes (SMi). Ce coefficient est calculé pour les séries chronologiques individuelles et maîtresses, et il permet d'évaluer le degré de similitude et de synchronisme entre plusieurs séries de cernes. De plus, il offre une appréciation de l'homogénéité de la réponse des arbres aux facteurs climatiques (Tessier, 1984). La formule pour ce coefficient est la suivante :

$$SR = SMm / SMi$$

e) L'analyse en composantes principales (ACP) :

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode statistique principalement descriptive. Son

but est de représenter graphiquement le maximum d'informations contenues dans un tableau de données

(PHILIPPEAU, 1986).

Dans le cadre de cette étude, l'application de cette méthode permet d'évaluer les relations entre les variables et de mettre en lumière, de manière synthétique, les affinités ainsi que l'impact des différentes variables sur la qualité du liège.

A l'aide du logiciel STAT-BOX, nous avons réalisé une analyse en composantes principales (ACP) basée sur les moyennes des variables suivantes :

Epaisseur du liège, âge du liège, âge du peuplement, altitude, Densité du liège et accroissement.

Des coefficients de corrélation ont été calculés pour dégager les liaisons entre les variables à expliquer (Epaisseur du liège, Densité du liège et accroissements du liège) et les variables explicatives (Âge du liège, Age du peuplement, altitude).

Cependant, une matrice de corrélation est ressortie dans l'ACP et elle nous renseigne sur les coefficients de corrélation entre toutes les variables deux à deux. Le coefficient de corrélation est le rapport de la covariance aux produits des écarts types, il est désigné par le symbole « r » et calculé par la formule suivante :

$r = \text{Cov}(x, y) / S_x \times S_y$ (DAGNELIE, 1973).

Avec : S_x et S_y différents de 0 et r compris entre -1 et +1.

En outre pour chercher la valeur de r à partir de laquelle le coefficient de corrélation est significatif, on fait appel aux distributions de Student (DAGNELIE, 1975).

Le principe consiste à calculer une valeur T_{obs} estimée comme suit :

$$x = \frac{|r|\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{t_{obs}^2}{t_{obs}^2 + n - 2}}$$

Formule :

Avec :

- r : coefficient de corrélation
- n : nombre d'observations.
- t_{obs} : doit être comparé à $T_{théo}$ lu sur la table de distribution de Student.

Il y a corrélation lorsque la valeur absolue du coefficient calculé ou observé $|C_{obs}|$ est supérieure au

coefficient théorique C.théo pour un niveau de signification $\alpha = 5\%$ et un degré de liberté de $n-2$.
(METNA, 2003).

CHAPITRE 3 :

Présentation des résultats

1. Résultats des épaisseurs des cernes du liège

Les résultats présentés ci-dessous correspondent à l'ensemble des moyennes calculées pour les accroissements annuels des différentes stations. ;

Tableau 4: Les résultats de l'analyse descriptive de l'épaisseur des cernes de liège

moyenne an	TATIDOUM	AIN MEGFEL	ELGHORA	MOYENNE	ECARTYPE	CV
2007\2008	2,29	1,45	1,07	1,61	0,51	32%
2008\2009	1,87	1,83	1,56	1,75	0,14	8%
2009\2010	1,95	2,16	1,93	2,01	0,10	5%
2010\2011	1,95	2,10	2,39	2,15	0,18	8%
2011\2012	1,87	2,18	2,42	2,16	0,22	10%
2012\2013	2,04	1,96	2,46	2,15	0,22	10%
2013\2014	1,94	2,21	2,65	2,27	0,29	13%
2014\2015	2,10	2,31	2,72	2,38	0,26	11%
2015\2016	2,04	2,50	2,86	2,47	0,33	14%
2012\2017	2,17	2,69	3,03	2,63	0,35	13%
2017\2018	2,15	2,43	2,99	2,52	0,35	14%
2018\2019	2,17	2,58	3,23	2,66	0,43	16%
2019\2020	1,95	2,98	2,94	2,63	0,48	18%
2020\2021	1,98	2,94	2,74	2,55	0,41	16%
2021\2022	1,86	2,36	1,88	2,03	0,23	11%
MOENNE	2,02	2,31	2,46	2,26		
ECARTYPE	0,13	0,39	0,58			
CV	6%	17%	24%			
DR	3,3	9,35	13,2			

Avec : CV : Coefficient de variation Dr : l'erreur relative à la moyenne

Les résultats concernant les moyennes des épaisseurs des cernes de liège dans nos trois stations montrent une variation allant d'une épaisseur minimale de 1,07 mm, enregistrée à la station d'ELGHORA en 2008, à une épaisseur maximale de 3,23 mm, observée également à la station d'ELGHORA en 2019.

L'épaisseur moyenne observée dans toutes les stations est de 2,26 MM. La station la plus proche de cette valeur moyenne est celle d'AIN MEGFEL, qui a enregistré une épaisseur similaire durant l'année 2014.

Les coefficients de variations calculés dans les 3 stations pendant les années d'accroissement du liège sont comme suit ;

- 6 % pour la station TATIDOUM
- 17% pour la station AIN MEGFEL
- 24% pour la station EL GHORA

La station d'EL GHORRAH présente le coefficient de variation le plus élevé, atteignant 24 %. Ce constat corrobore les résultats des accroissements moyens de cette station, qui se caractérisent par des

valeurs extrêmes, tant minimales que maximales, parmi les trois stations étudiées. Cette large amplitude des valeurs entraîne un coefficient de variation élevé.

Un CV de 6 % pour TATIDOUM indique une faible variabilité, suggérant que les données sont étroitement regroupées autour de la moyenne, ce qui reflète une stabilité et une cohérence élevée. En revanche, un CV de 17 % pour AIN MEGFEL indique une variabilité modérée, ce qui signifie que les données présentent une dispersion plus importante par rapport à la moyenne. Enfin, un CV de 24 % pour EL GHORA indique une variabilité élevée ce qui représentante une hétérogénéité, suggérant que les données sont largement dispersées. Ainsi, ces résultats montrent une tendance générale où TATIDOUM est le plus stable, tandis que EL GHORA présente la plus grande variabilité.

Les résultats de la figure 43 indiquent que l'épaisseur moyenne du liège varie selon les stations. La station de Tati Doum enregistre une épaisseur minimale de 35,75 mm, tandis que la station d'Ain Megfel présente une épaisseur de 41,06 mm. La station d'El Gourrah affiche l'épaisseur maximale de 45,07 mm. Ces résultats montrent une différence significative dans les caractéristiques du liège en fonction des conditions stationnelles.

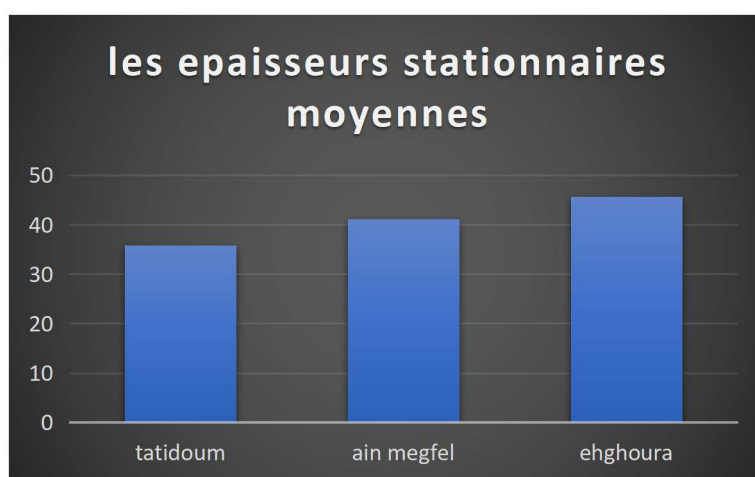


Figure 41: Distribution des épaisseurs du liège des trois stations.

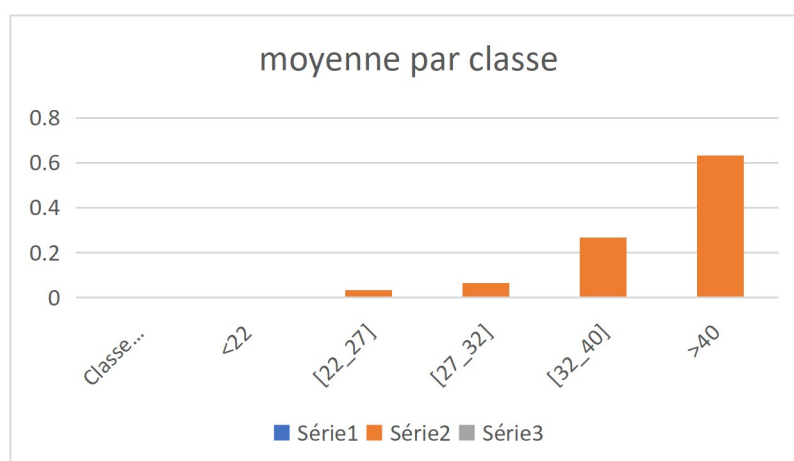


Figure 42: Distribution des planches de liège par classe commerciales d'épaisseur

L'analyse des classes commerciales du liège dans nos trois stations a montré que 96.67 % du liège récolté est de qualité adaptée à la fabrication de bouchons. Ce type de liège est principalement destiné à l'industrie des bouchons, qui représente le marché le plus lucratif. Les 3.33 % restants peuvent être utilisés pour d'autres applications, telles que la trituration, l'artisanat et la fabrication des matériaux agglomérés.

Tableau 5: Distribution des échantillons du liège par classe commerciale d'épaisseur.

Classe d'épaisseur	tatidoume	ain megfel	elghourah	moyenne par classe		moyenne general	
<22	0%	0%	0%	0%		3,33%	
[22_27]	10%	0%	0%	3,33%			
[27_32]	10%	10%	0%	6,66%			
[32_40]	40%	20%	20%	26,66%		96,67%	
>40	40%	70%	80%	63,33%			

La classification du liège repose sur des critères tels que l'épaisseur et la qualité, avec des calibres spécifiques qui déterminent son usage. Les catégories de liège destiné à la fabrication des bouchons comprennent généralement des épaisseurs supérieures à 27 mm, ce qui permet de produire des bouchons standard de 24 mm de diamètre, couramment employés pour le vin. La qualité du liège est également influencée par des éléments comme la porosité et la présence de défauts, ce qui a un impact direct sur sa valorisation.

2. Étude des accroissements du liège

A. Les accroissements courants annuels (chronologies individuelles)

L'analyse des courbes individuelles des accroissements des arbres, illustrée dans la figure révèle deux périodes distinctes de croissance. La première période se distingue par la formation de cernes épais, indiquant une croissance vigoureuse, tandis que la seconde période est caractérisée par des cernes plus fins, suggérant une réduction de la croissance. Au cours des premières années, on observe une production significative de liège, à l'exception du tout premier cerne. Ce dernier cerne représente seulement la moitié d'une période de formation, car sa croissance débute après la phase de déliègeage qui se déroule de juin à août. Cette dynamique souligne l'importance des conditions environnementales et biologiques dans le développement des arbres et la formation de leur écorce.

Station tatidoum :

L'analyse des premiers stades de formation du liège révèle une production importante de suber. Cependant, le premier cerne ne représente que la moitié d'une période complète de formation. À première vue, l'analyse montre une variation d'âge apparente parmi les dix arbres de la station de TATIDOUM. Les arbres A3 et A8 affichent les planches du liège le plus âgé, dont la production a débuté en 2007. En revanche, les arbres A2 et A4 se distinguent par les planches du liège le plus jeune, dont la première formation a commencé en 2014.

Les accroissements moyens individuels des arbres observés correspondent tous à la courbe théorique décrite par BOUDY (1950) et NATIVIDADE (1956). Cette courbe illustre une augmentation progressive et significative de l'épaisseur des cernes » durant les premières années, suivie d'une diminution progressive des valeurs d'accroissement au fil du temps. En général, la majorité des valeurs

se situent entre 1 mm et 3 mm, à l'exception de l'arbre A8, qui présente un pic remarquable durant l'année 2006-2007, atteignant presque 4 mm.

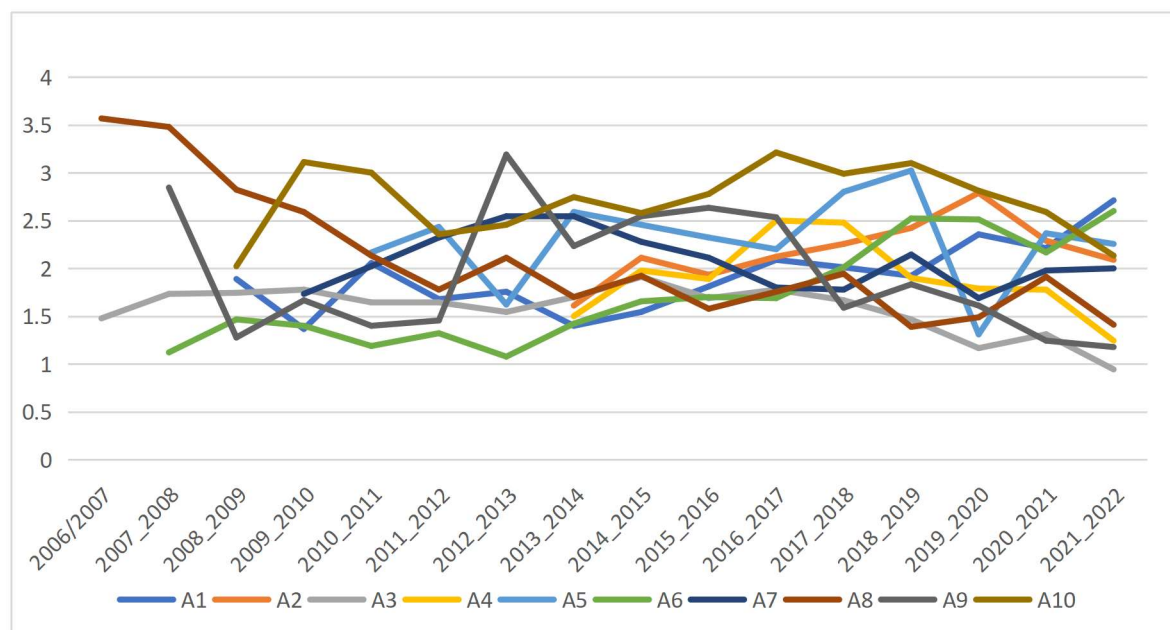


Figure 43 : Accroissements annuels enregistrés pour chaque arbre dans la station de Tatidoum

Station ain megfel :

La figure illustre une variation significative de l'âge du liège entre les dix arbres de la station d'AIN MEGFEL. L'arbre A1 se distingue par le liège le plus âgé, dont la formation de suber a débuté en 2003-2004. À l'opposé, les arbres A3, A5 et A8 présentent le liège le plus jeune, avec une formation qui n'a commencé qu'à partir de 2012-2013. Cette différence d'une dizaine d'années dans l'initiation de la subérification met en évidence une hétérogénéité au sein du peuplement en termes de dynamique de production du liège. Le graphique révèle, à première vue, une augmentation significative de l'épaisseur des cernes de l'arbre A5 pour l'année 2020-2021, atteignant plus de 5 mm. En revanche, l'arbre A6 présente les cernes les plus fins pour l'année 2005-2006. Pour ce qui est des autres arbres, la majorité des courbes montrent une tendance similaire à celle de la courbe théorique proposée par Boudy (1950) et Natividade (1956), indiquant une croissance du liège presque uniforme.

Station el ghorrah

La figure met en évidence une variation d'âge apparente parmi les dix arbres de la station d'EL GHORRAH. Les arbres A1, A2, A4, A6, A8 et A10 présentent le liège le plus ancien, dont la production a débuté en 2007-2008. En revanche, l'arbre A5 se distingue par le liège le plus jeune, avec sa première formation commencée en 2012-2013. En moyenne, la majorité des valeurs se situent entre 1 mm et 4 mm, à l'exception de l'arbre A6, qui présente un pic significatif durant l'année 2019-2020, atteignant presque 6 mm. Cette anomalie souligne une croissance exceptionnelle du liège pour cet arbre, le distinguant des autres.

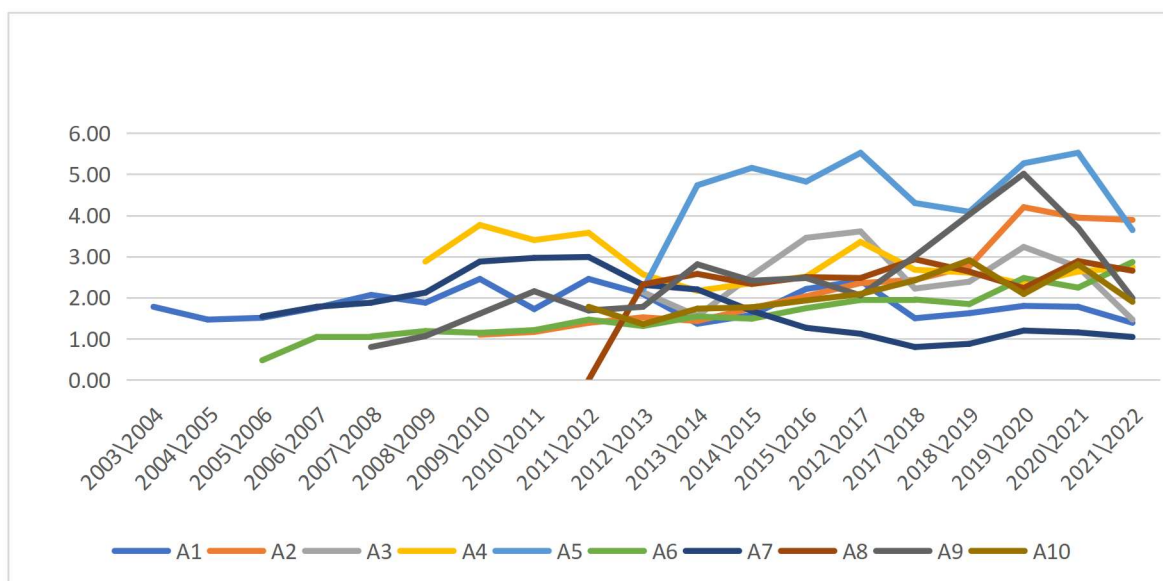


Figure 44: Accroissements annuels enregistrés pour chaque arbre dans la station de ain megfel

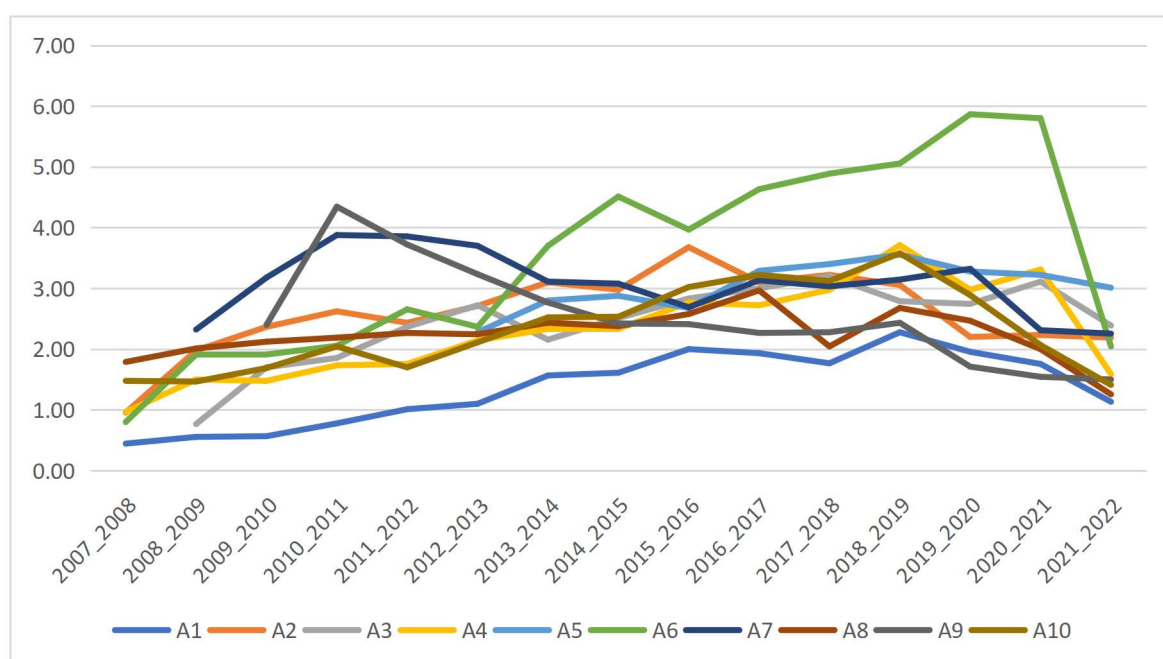


Figure 45: Accroissements annuels enregistrés pour chaque arbre dans la station de El ghorrah

B. Courbe maitresse :

L'analyse des courbes maîtresses fournit une vision globale de l'évolution de la croissance du liège dans chacune des trois stations représentées par des couleurs distinctes - bleu pour Tatidoum, orange pour Ain Megfel et gris pour El Ghorrah. La croissance la plus importante est enregistrée au niveau de la station d'El Ghora en 2018-2019, avec une valeur de 3,25 mm. Elle est suivie par la station d'Ain Megfel, qui présente une valeur de 2,98 mm durant l'année 2019-2020. La station de Tatidoum affiche quant à elle une valeur de 2,52 mm pendant l'année 2010-2011. Ces courbes maîtresses permettent de comparer la dynamique de production du liège entre les différents sites d'étude.

C. Courbes cumulées :

L'examen des courbes cumulées représentant les stations de Tatidoum, Ain Megfel et El Ghorrah, avec leurs codes couleur respectifs — bleu pour Tatidoum, orange pour Ain Megfel et gris pour El Ghorrah — révèle que la croissance cumulée des cernes suit une tendance générale similaire. Cependant, on observe un croisement entre les courbes d'El Ghorrah et de Tatidoum, suivi d'une inversion de leur position. En outre, la station d'Ain Megfel se distingue clairement des deux autres en affichant des valeurs plus élevées. Cette différence pourrait être attribuée à l'arbre exceptionnel identifié dans les analyses antérieures, qui semble influencer positivement la croissance du liège dans cette station

3. Résultats du coefficient d'aplatissement et du coefficient d'asymétrie :

D'après les résultats des paramètres statistiques concernant l'épaisseur des cernes, le kurtosis, ou coefficient d'aplatissement, présente des valeurs positives dans les deux stations, Tatidoum et El Ghorrah. Cela indique que la croissance des épaisseurs des cernes est plus pointue que la normale. En revanche, la station Ain Megfel affiche une valeur négative, ce qui signifie que la croissance des épaisseurs des cernes est aplatie

Les résultats de coefficient d'asymétrie des deux stations Ain megfel et El ghorrah présentent des valeurs négatives, ce qui signifie que les épaisseurs des cernes suivent une distribution unilatérale décalée vers les plus faibles valeurs.

Et la station Tatidoum présente une valeur positive ce qui signifie que la distribution des épaisseurs des cernes sont étalés vers les valeurs élevés.

Tableau 6: Paramètres statistiques des épaisseurs des cernes

	tatidoum	ain megfel	El ghorrah
Kurtosis	1,971	-0,613	0,463
Asymétrie	1,311	-0,169	-1,007
Variance	0,031	0,258	0,366
Min	1,8	1,4	1
Max	2,5	2,9	3,2

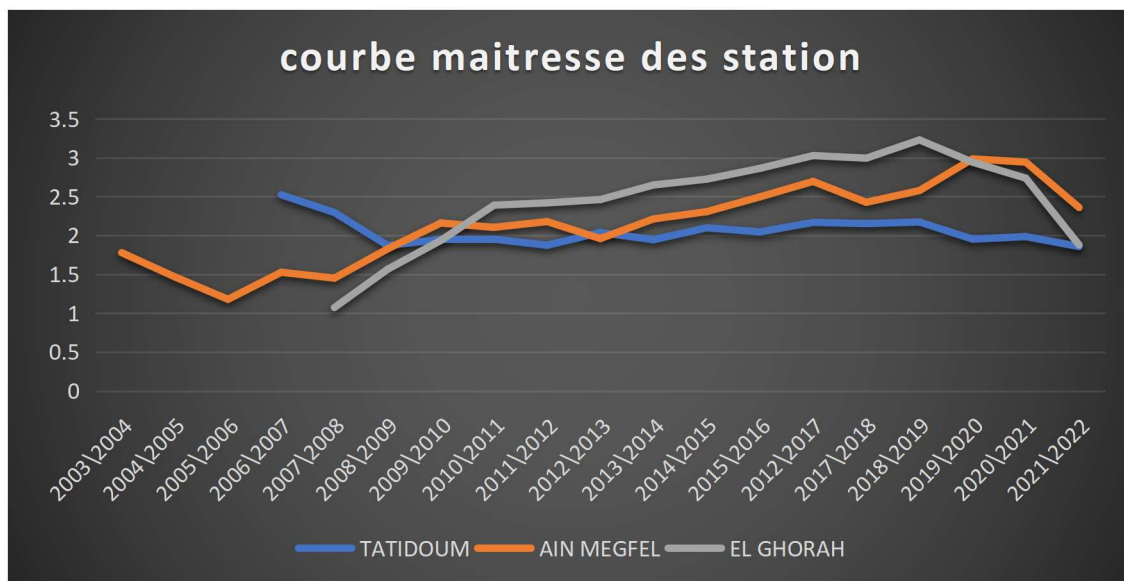


Figure 46: Évolution des accroissements des séries de synthèse

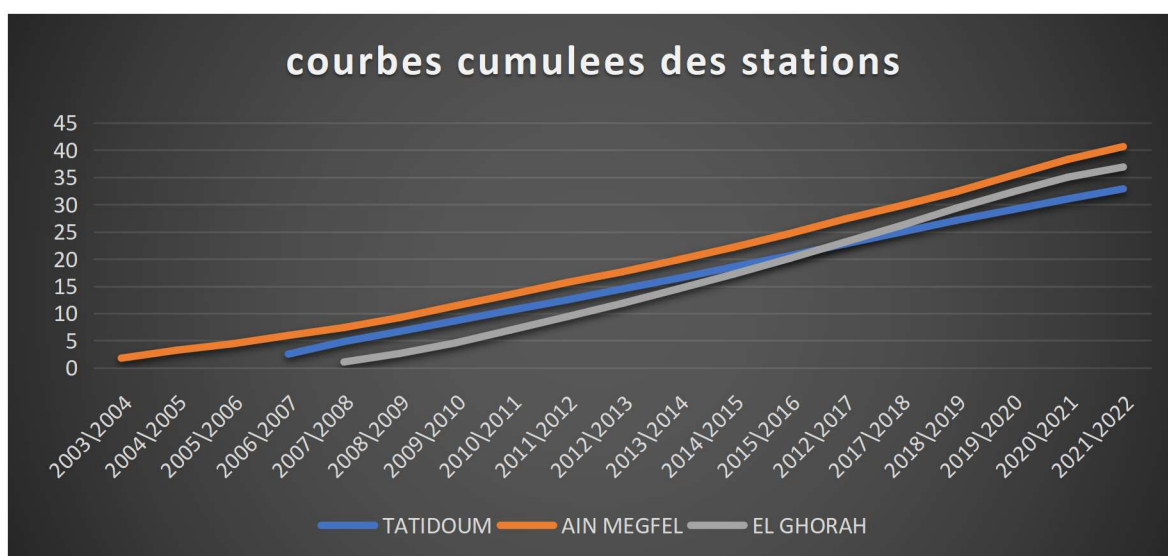


Figure 47: Les accroissements courants moyens cumulés des trois stations

4. Sensibilité moyenne :

A. Sensibilité moyenne des séries individuelles :

L'étude des données présentées dans le tableau montre que les valeurs de sensibilité moyenne des arbres dans les trois stations se situent toutes à proximité de zéro, avec un écart compris entre 0,002 pour la station El Ghorrah et 0,1 pour la station Ain Megfel. Cette faible variation de la sensibilité moyenne individuelle suggère que les arbres réagissent de manière similaire aux facteurs environnementaux

Tableau 7: Sensibilité moyenne des chronologies individuelles des différentes stations

Station	TATIDOU	AIN MEGFEL	EL GHORRAH
A1	0,03	0,01	0,07
A2	0,03	0,1	0,05
A3	0,03	0,04	0,08
A4	0,02	0,004	0,03
A5	0,01	0,05	0,03
A6	0,06	0,1	0,06
A7	0,01	0,02	0,002
A8	0,06	0,01	0,02
A9	0,01	0,06	0,04
A10	0,004	0,007	0,002
MOYENNE	0,03	0,04	0,04

B. Sensibilité moyenne des séries de synthèse :

Tableau 8: Sensibilité moyenne des chronologies maitresses

Station	TATIDOU	AIN MEGFEL	EL GHORRAH
SMm	0,02	0,02	0,04

Selon le Tableau 8 les sensibilités moyennes des chronologies maitresses varient entre 0.02

Et 0,04.

5. Coefficient d'interdatation :

L'analyse des coefficients d'interdatation montre que les stations Ain Megfel et Tatidoum affichent des valeurs de 0,5 et 0,6 Ces dernières sont inférieures à 1 ceci indique l'existence d'une synchronisation moyenne des arbres aux facteurs du milieu. En revanche, la station El Ghorrah présente une valeur de 1,04, ce qui suggère une influence plus marquée des conditions du milieu sur la croissance des arbres.

Tableau 9: coefficient d'interdatation

Station	TATIDOU	AIN MEGFEL	EL GHORRAH
SR	0,666	0,5	1

Les résultats du tableau n°9 soulignent l'importance des facteurs environnementaux dans le développement des arbres, avec une homogénéité relative dans les stations Ain Megfel et Tatidoum, tandis que El Ghorrah semble bénéficier d'interaction plus forte avec son environnement.

Tableau 10: Comparaison des sensibilités moyennes des chronologies principales et des coefficients d'interdatation des séries synthétiques

Station	TATIDOU	AIN MEGFEL	EL GHORAH
SMm	0,02	0,02	0,04
SR	0,666	0,5	1

En comparant les résultats de la sensibilité moyenne avec ceux des coefficients d'interdatation, il est évident que, dans toutes les stations analysées, les coefficients d'interdatation sont systématiquement plus élevés que la sensibilité moyenne des chronologies maîtresses. Cela indique une réponse modérée mais homogène des arbres aux facteurs climatiques dans l'ensemble des stations étudiées.

6. Résultats de l'analyse de la variance

A. Epaisseur du liège :

1) Analyse de la variance de la variable épaisseur des planches pour les facteurs stations et arbres :

L'évaluation des moyennes de la variable épaisseur du liège a été effectuée en utilisant l'analyse de la variance à deux facteurs (stations -arbres), accompagnée du test de NEWMAN et KEULS.

Les données du tableau révèlent des différences très hautement significatives en ce qui concerne le facteur "station ». Et très hautement significative pour le facteur "arbre" et l'interaction entre ces deux facteurs, car les valeurs observées des fonctions relatives à ces deux facteurs ($F_2 \text{ Obs} = 14.376$ et $F_3 \text{ Obs} = 14.909$) dépassent respectivement les valeurs théoriques au seuil de 0.1% ($F_2 \text{ th} = 2,72$, et $F_3 \text{ th} = 2,83$).

Tableau 11: Résultats de l'analyse de la variance et du test de NEWMAN et KEULS de la Variable Épaisseur des cernes

	Variation total	Variation du facteur station	Variation du facteur arbres	Variation inter factorielle	Variation résiduelle
S.C. E	5457,371	1000,262	1258,977	2611,287	583,845
D.D. L	89	2	9	18	60
C.M	61,319	501,631	139,886	145,072	9,731
F Théo/ $p=0,95$		3,15	2,04	1,75	
F Théo/ $p=0,99$		4,98	2,72	2,2	
F Théo/ $p=0,999$		7,76	3,69	2,83	
F obs		51,551***	14,376***	14,909***	
Probabilité		0	0	0	
Interprétation		THS	THS	THS	

Légende :

F Théo : Fonction théorique lue sur la table de Fisher et Snedecor

D. THS : différences très hautement significatives

P : Probabilité de vérifier que H0 est vraie dans un test d'hypothèse.

S. C. E : somme des carrés des écarts

F Obs : Fonction observée

D. D. L : degré de liberté

G : Groupes homogènes

C. M : Carré moyen

2) Facteur Station :

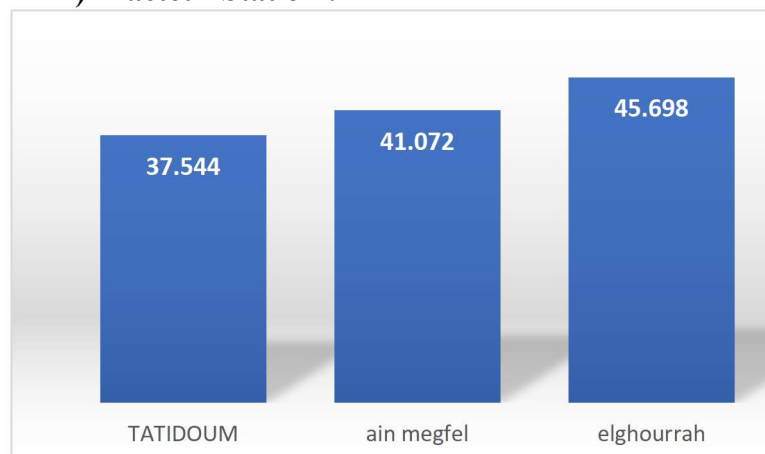


Figure 48: Moyennes des épaisseurs du liège pour le facteur station

Tableau 12: Groupes homogènes du facteur arbre

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	El ghorrah	45,698	A		
2.0	Ain megfel	41,072		B	
1.0	Tatidoum	37,544			C

Le test de Newman et Keuls divise les stations en trois groupes homogènes, désignés comme « GA », « GB » et « GC ». La station El Ghorrah appartient au groupe « GA » et présente la moyenne la plus élevée qui est de 45,69 mm. En revanche, la station Ain Megfel est classée dans le groupe « GB » avec une moyenne de 41,07 mm, tandis que Tatidoum fait partie du groupe avec la moyenne la plus faible qui est de 37,54 mm.

3) Facteur Arbre :

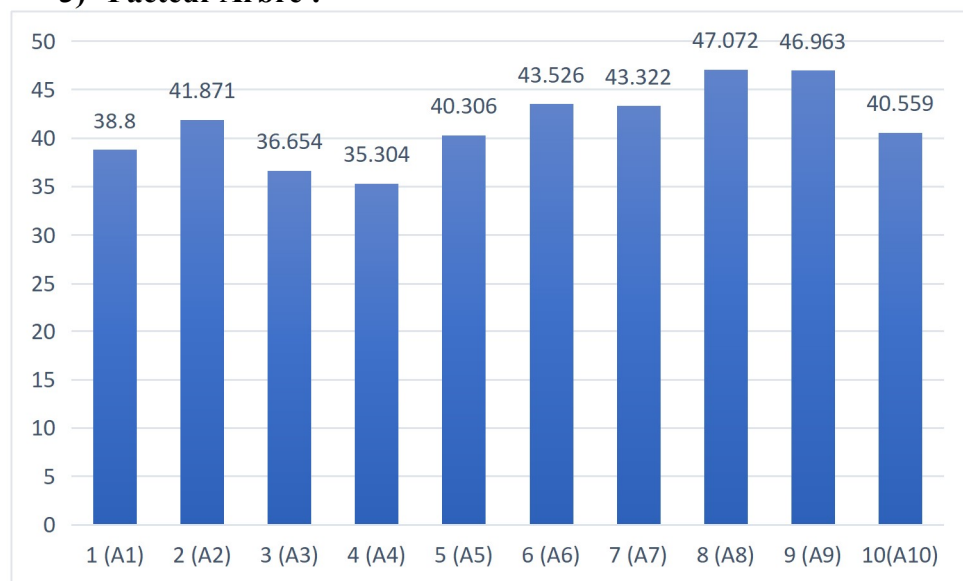


Figure 49: Moyennes des épaisseurs du liège des arbres des trois stations

Tableau 13: Groupes homogènes du facteur arbre

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
8.0	A8	47,072	A			
9.0	A9	46,963	A			
6.0	A6	43,526	A	B		
7.0	A7	43,322	A	B		
2.0	A2	41,871		B	C	
10.0	A10	40,559		B	C	
5.0	A5	40,306		B	C	
1.0	A1	38,8			C	D
3.0	A3	36,654				D
4.0	A4	35,304				D

- Groupe A : Composé des arbres A8 et A9, ce groupe présente les moyennes les plus élevées, respectivement de 47,072 mm et 46,963 mm.
- Groupe AB : Ce groupe inclut les arbres A6 et A7, avec des moyennes respectives de 43,526 mm et 43,322 mm.
- Groupe BC : Comprenant les arbres A2, A10 et A5, ce groupe affiche des valeurs moyennes de 41,871 mm, 40,559 mm et 40,306 mm.
- Groupe C : Caractérisé par les arbres A10, A1 et A5, ce groupe présente de moyennes d'épaisseur de 38,843 mm, 37,207 mm et 36,740 mm.
- Groupe CD : Composé uniquement de l'arbre A1 avec une moyenne de 38,8 mm.
- Groupe D : Ce groupe regroupe les valeurs les plus faibles, avec des moyennes estimées respectivement à 36,654 mm et 35,304 mm pour les arbres A3 et A4.

B. Epaisseur des cernes :

1) Analyse de la variance de la variable épaisseur des planches pour les facteurs

Station, arbre et temps :

Les résultats obtenus montrent des différences très hautement significatives pour le facteur station, avec une valeur observée de $F1_{Obs} = 51,273$, qui est supérieure à la valeur théorique de $F1_{Thé} = 3,06$ au seuil de 0.1%

De même, pour le facteur arbre, la différence est également très hautement significative, avec une valeur observée de $F2_{Obs} = 20,93$, supérieure à la valeur théorique de $F2_{Thé} = 1,97$ au seuil de 0.1%.

Concernant le facteur temps, les résultats sont également très hautement significatifs, avec une valeur observée de $F3_{Obs} = 4,995$, qui dépasse la valeur théorique de $F3_{Thé} = 2,03$ au seuil de 0.1%

L'interaction entre les deux facteurs station et arbre est très hautement significative, car la valeur observée $F_{Obs} = 16,946$ est supérieure à la valeur théorique $F_{Thé} = 1,68$ au seuil de 0.1%.

En revanche, l'interaction entre les deux facteurs station et temps est hautement significative, avec une valeur observée de $F_{Obs} = 2,133$, qui dépasse la valeur théorique de $F_{Thé} = 1,77$ au seuil de 1%

Enfin, l'interaction entre les deux facteurs arbre et temps est rejetée, car la valeur observée $F_{Obs} = 0,761$ est inférieure à la valeur théorique $F_{Thé} = 1,77$.

Tableau 14: Résultats de l'analyse de la variance et du test de NEWMAN et KEULS des Variables Épaisseur des cernes dans la période commune

	Variation Du facteur Station	Variation Du facteur Station	Variation Du facteur Arbre	Variation Du facteur Temps	Variation Inter Factorielle Station Arbre	Variation Inter Factorielle Station Temps	Variation Inter Factorielle Arbre Temps	Varia résiduelle
S.C. E	221,311	25,91	47,594	10,097	77,066	8,623	15,639	36,383
D.D. L	269	2	9	8	18	16	72	144
C.M	0,823	12,955	5,288	1,262	4,281	0,539	0,217	0,253
Ftheo/p=0,95		3,06	1,97	2,03	1,68	1,77	1,39	
FTheo/p=0,99		4,82	2,59	2,69	2,07	2,22	1,6	
FTheo/p=0,999		7,41	3,44	3,61	2,59	2,84	1,87	
F obs		51,273	20,93	4,995	16,946	2,133	0,76113	
probabilite		0	0	0,00002	0	0,00983	0,76113	
interpretation		ths	ths	ths	ths	hs		

2) Facteur station

D'après les résultats de la figure 52 et le tableau 14, nous remarquons que la station El Ghorrah présente la valeur la plus élevée en épaisseur des cernes du liège et le test de Newman et Keuls la classe dans le groupe A avec une moyenne de 2,782 mm. En revanche, la station Tatidoum affiche la valeur la plus faible et le test de Newman et Keuls la classe dans le groupe C avec une moyenne de 2,041 mm. La station Ain Megfel se situe entre ces deux extrêmes, classée dans le groupe B avec une moyenne de 2,555 mm.

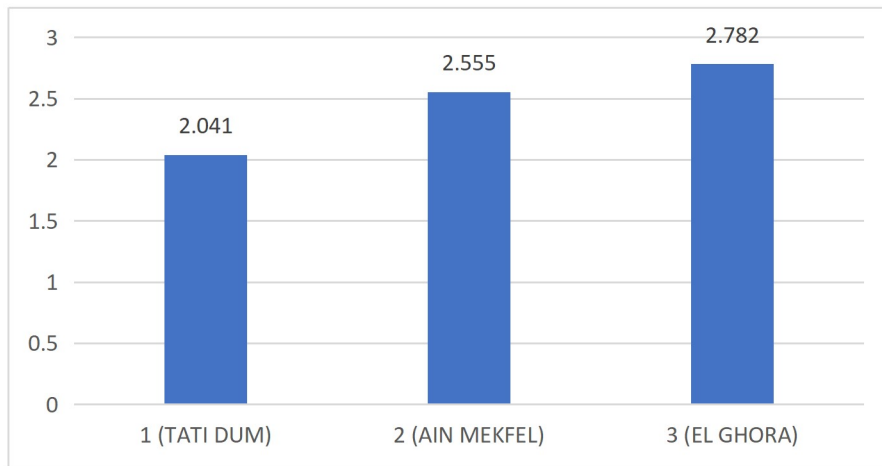


Figure 50: Moyennes des accroissements par rapport au facteur station

Tableau 15: Groupes homogènes du facteur station

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	EL GHORA	2,782	A		
2.0	AIN MEKFEL	2,555		B	
1.0	TATI DUM	2,041			C

Le test de Newman et Keuls divise les stations en trois groupes homogènes, désignés comme « GA », « GB » et « GC ». La station El Ghorrah appartient au groupe « GA » et présente la moyenne la plus élevée qui est de 2,782 mm. En revanche, la station Ain Megfel est classée dans le groupe « GB » avec une moyenne de 2,555 mm, tandis que Tatidoum fait partie du groupe avec la moyenne la plus faible qui est de 2,041 mm.

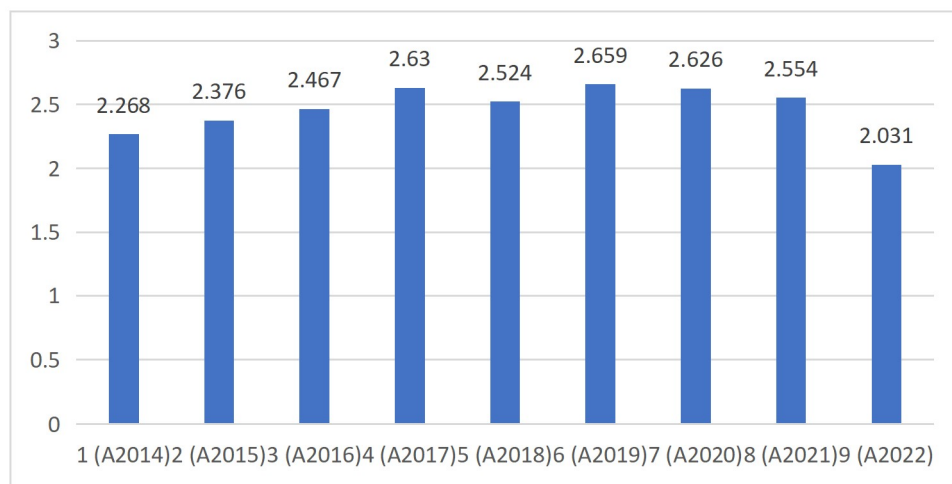


Figure 51: Moyennes des accroissements par rapport au facteur station et temps

D'après la figure 50, on peut observer que la station El Ghorrah présente la valeur la plus élevée en épaisseur de liège, avec une moyenne de 2,782 mm. En revanche, la station Tatidoum affiche la valeur la plus faible, avec une moyenne de 2,041 mm. La station Ain Megfel se situe entre ces deux extrêmes, avec une moyenne de 2,555 mm.

Tableau 16: Groupes homogènes du facteur station

	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	EL GHORA	2,782	A		
2.0	AIN MEKFEL	2,555		B	
1.0	TATI DUM	2,041			C

Le test de Newman et Keuls divise les stations en trois groupes homogènes, désignés comme « GA », « GB » et « GC ». La station El Ghorrah appartient au groupe « GA » et présente la moyenne la plus élevée qui est de 2.782 mm. En revanche, la station Ain Megfel est classée dans le groupe « GB » avec une moyenne de 2.555mm, tandis que Tatidoum fait partie du groupe avec la moyenne la plus faible qui est de 2.041 mm

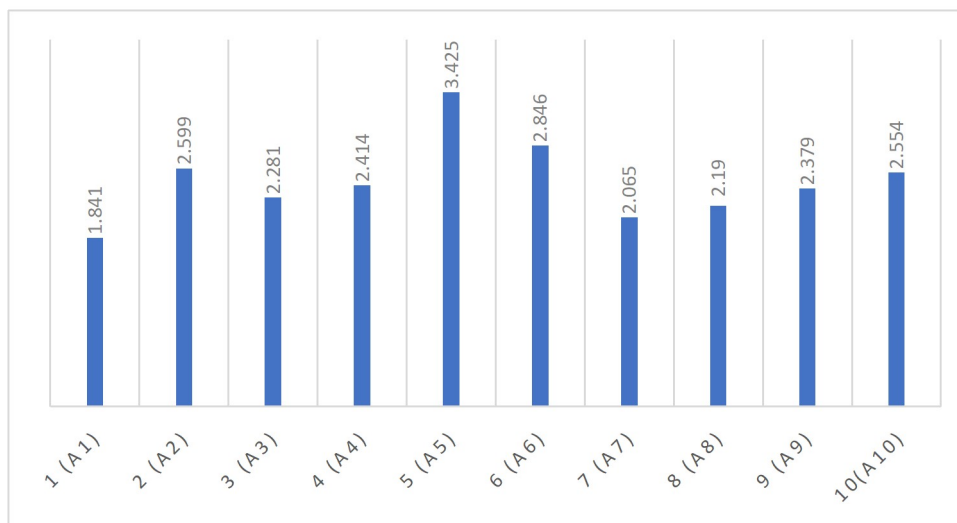


Figure 52: Moyennes des épaisseurs des cernes du liège des arbres des trois stations

3) Facteur Arbre

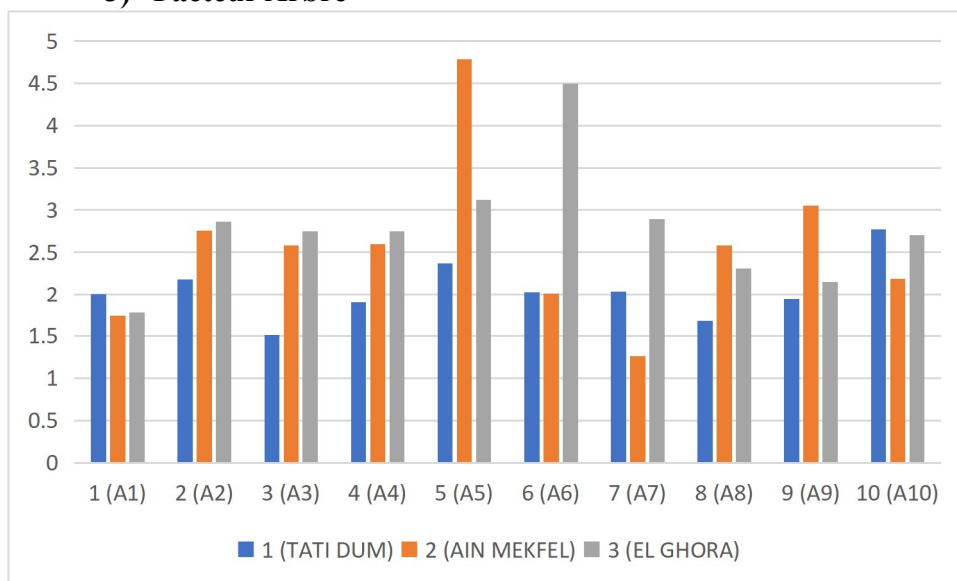


Figure 53: Moyennes des épaisseurs des cernes du liège des arbres des trois stations

Tableau 17: Groupes homogènes

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES					
5.0	A5	3,425	A					
6.0	A6	2,846		B				
2.0	A2	2,599		B	C			
10.0	A10	2,554		B	C	D		
4.0	A4	2,414			C	D	E	
9.0	A9	2,379			C	D	E	
3.0	A3	2,281			C	D	E	
8.0	A8	2,19				D	E	
7.0	A7	2,065					E	F
1.0	A1	1,841						F

Le test de Newman et Keuls divise les arbres en cinq groupes homogènes, désignés comme : GA, GB, GBC, GBCD, GCDE, GDE, GEF et GF.

Groupe A : constitué de l'arbre A5, affiche la moyenne la plus élevée, s'élevant à 3,425mm.

- Groupe B : Ce groupe inclut l'arbre A6, avec une moyenne de 2.846mm.
- Groupe BC : Comprenant les arbres A2, ce groupe affiche une valeur moyenne de 2.599 mm
- Groupe BCD : Caractérisé par L'arbres A10, ce groupe présente une moyenne de 2.554 mm
- Groupe CDE : Composé des arbres A4 A9 et A3 avec des moyennes estimées respectivement à 2.414mm, 2.379mm et 2.281mm.
- Groupe EF : Ce groupe composé uniquement de A7 avec une moyenne de 2.065mm.
- Groupe F : constitué de l'arbre A1, affiche la moyenne la plus faible, qui est 1.841mm

4) Facteur Temps

L'histogramme représente les moyennes des épaisseurs des cernes en fonction temps dont nous observant la valeur maximale dans la station El ghourrah A6 avec une moyenne de 3.228 en 2019 Et une valeur minimale dans la station Tatidoum A9 avec une moyenne de 1.857 en 2022

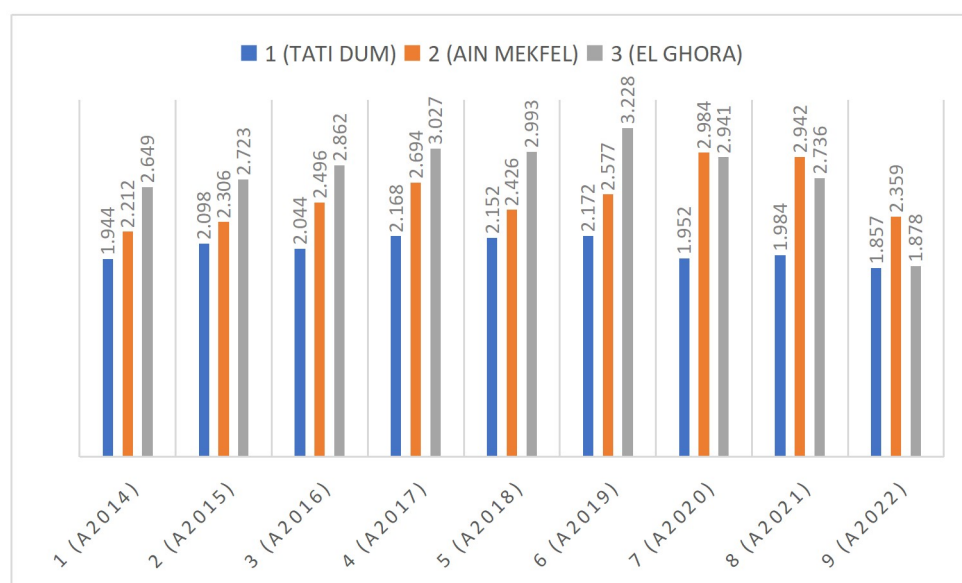


Figure 54: distribution de l'épaisseur des cernes du liège des arbres des trois Stations en fonction du temps

Tableau 18: Groupes homogènes

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
6.0	A2019	2,659	A	
4.0	A2017	2,63	A	
7.0	A2020	2,626	A	
8.0	A2021	2,554	A	
5.0	A2018	2,524	A	
3.0	A2016	2,467	A	
2.0	A2015	2,376	A	
1.0	A2014	2,268	A	B
9.0	A2022	2,031		B

- Groupe A : Composé des années 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 et 2021.
- Groupe AB : Comprend la première année de la période commune (2014).
- Groupe B : Composé uniquement de la dernière année de la période commune (2022).

7. Résultats de l'analyse en composante principales :

L'analyse en composantes principales (ACP), est une méthode statistique essentiellement descriptive. Son objectif est de présenter sous forme de graphique, le maximum de l'information contenue dans un tableau de données (PHILIPPEAU, 1986).

Tableau 19: Valeurs propres des axes (pourcentages expliqués par les axes).

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Valeur propre	2,52	1,42	1,17	0,73	0,13	0,04

% variance	42,00	23,61	19,42	12,16	2,14	0,68
% cumulé	42,00	65,61	85,02	97,19	99,32	100,00

D'après le tableau, nous avons choisi les trois axes dont les valeurs propres supérieures à 1. Ainsi que 85.02% de l'inertie totale est expliquée par ces trois axes. Les plus fortes contributions à cette inertie sont représentées par les axes 1 et 2 avec respectivement (42 % et 23.61 %), la combinaison de ces deux axes traduit 65.61 % de la variance totale.

L0e plan factoriel (1 x 2) intègre les variables les plus importantes pour notre étude

(Épaisseur, altitude, densité, Age, accroissements.), d'où le choix de ce plan.

Selon les résultats du tableau des cosinus carrés des variables nous remarquons que l'axe 3 n'intègre que la variable âge du peuplement toute seule donc il est jugé utile de l'abandonner et d'éliminer dans l'interprétation le rôle respectif de la variable âge du peuplement.

Tableau 20: cosinus carres des variables

	F1	F2	F3	F4
age	0,03	0,72	0,21	0,00
Altitude	0,85	0,01	0,07	0,05
Age du pep	0,07	0,10	0,54	0,30
Accroissement	0,26	0,58	0,05	0,07
Épaisseur	0,52	0,01	0,27	0,15
Densité	0,80	0,00	0,02	0,16

A. Plan factoriel :

A partir de la représentation des plans factoriels et des coordonnées des variables, le regroupement des individus par rapport aux variables permet de distinguer quatre groupes : A, B, C et D. (Figure55).

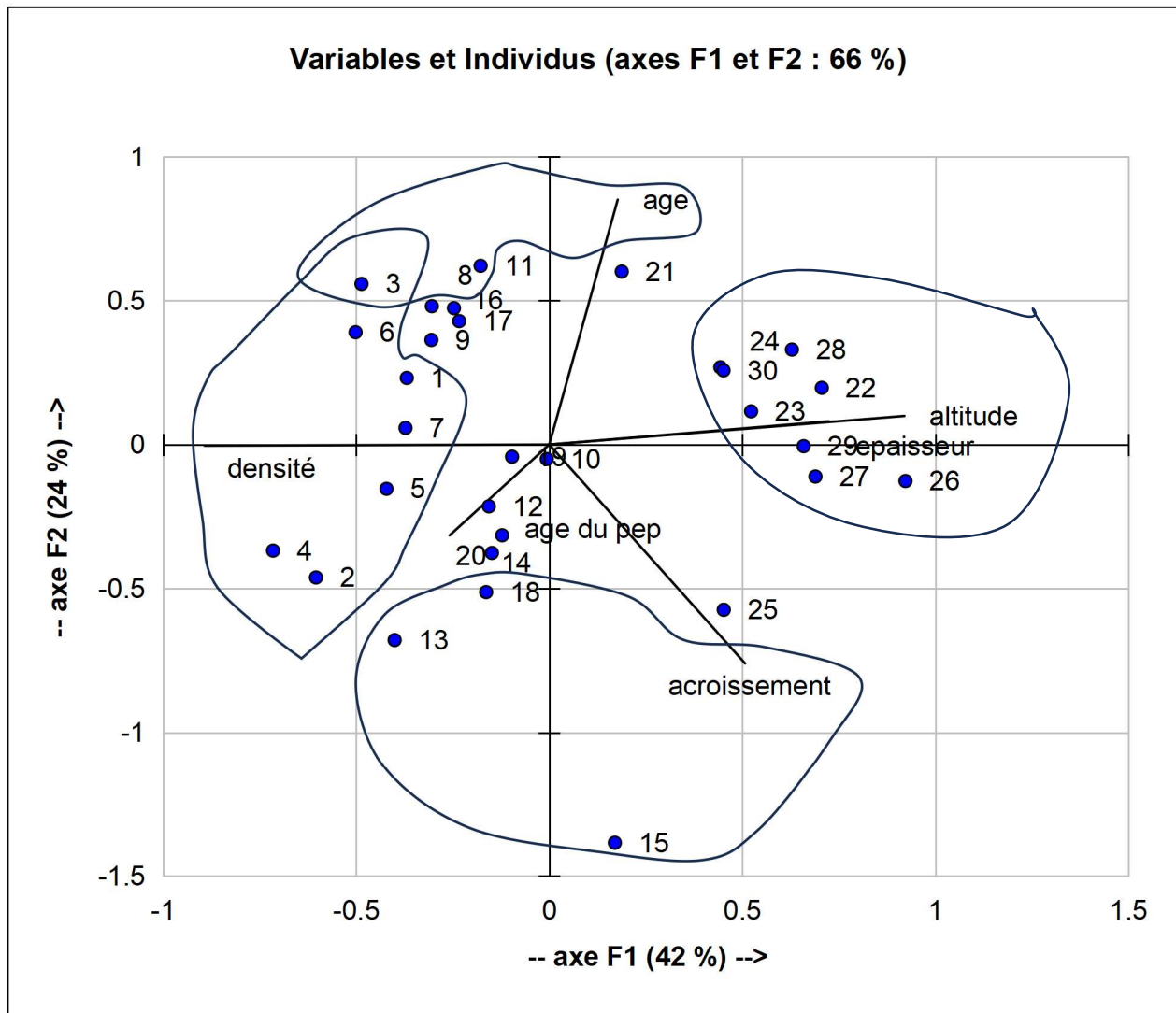


Figure 55: figure des axes F1 et F2

B. Signification des axes :

Le plan 1 x 2 montre une opposition entre les groupes A et B selon l'axe (1) et les

Groupes C et D selon l'axe (2).

AXE 1 : représenté par les groupes A et B, et interprète la variation de l'épaisseur et de la densité en fonction de l'altitude.

AXE 2 : représenté les groupes B et C, et illustrent la variation des accroissements en fonction de l'âge du liège.

C. Matrice de corrélation :

L'examen de la matrice des corrélations complète l'information apporté par le plan factoriel 1*2 en illustrant des corrélations positives et des corrélations négatives, avec des niveaux de signification différents.

Les résultats de la matrice (Tableau 23) montrent :

Corrélations Positives et Significatives

- Âge et Épaisseur : La corrélation est positive et significative, avec une valeur observée de $r_{Obs}=0,41$, supérieure à $r_{The}=0,36$.
- Altitude et Épaisseur : Une corrélation positive et significative est également observée, avec une valeur de $r_{Obs}=0,44$, dépassant $r_{The}=0,36$.
- Accroissement et Épaisseur : La corrélation est positive et significative, avec une valeur de $r_{Obs}=0,48$, qui est supérieure à $r_{The}=0,36$.

Corrélations Négatives et Significatives

- Âge et Accroissement : La corrélation est négative et significative, avec une valeur de $r=-0,41$
- Altitude et Densité : Une corrélation négative et significative est observée, avec une valeur de $r=-0,93$
- Épaisseur et Densité : La corrélation est également négative et significative, avec une valeur de $r=-0,42$

Les résultats de la matrice de corrélation montrent que l'altitude présente des corrélations positive avec l'épaisseur, et pourtant la plupart des études montre que l'épaisseur diminue en montant en altitude, ceci pourrait s'expliquer par le fait que les stations étudiées présentent des peuplements ayant des âges différents.

Tableau 21: Résultats de la matrice de corrélation

	Âge	Altitude	Âge du pep	accroissement	Épaisseur	Densité
âge	1					
Altitude	0,13	1				
age du pep	0,00	-0,34	1			
accroissement	-0,41*	0,28	0,12	1		
Épaisseur	0,41*	0,44*	-0,04	0,48*	1	
Densité	-0,07	-0,93***	0,13	-0,30	-0,42*	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil $\alpha=0,05$ (test bilatéral).

CHAPITRE 4:

Discussion

Dans le cadre de l'évaluation de la qualité du liège en fonction des accroissements annuels de la suberaie d'El Tarf, une série de mesure a été réalisée sur des échantillons de liège provenant de trois sites situés à des altitudes variées : Tatidoum (280 m), Ain Megfel (400 m) et El Ghorrah (900 m). L'analyse des données collectées révèle que la comparaison entre les stations n'est valable que si l'on sélectionne des périodes spécifiques, car les échantillons ne présentent pas tous le même âge, entraînant ainsi des épaisseurs variées. Les âges de nos échantillons dans ces stations varient de 9 à 17ans, mis à part l'échantillon numéro 1 de la station AIN MEGFEL qui présente un âge de 19ans.

Si nous comparions entre nos stations par rapport à la productivité annuelle, nous retrouverions. Malgré ces différences d'âge, des similitudes sont observées dans les valeurs des échantillons au cours des années communes. Pour être adaptés à la production de bouchons pour les bouteilles de vin, le liège doit atteindre une épaisseur optimale, comme l'indiquent plusieurs études, notamment celles d'Iprocor (1999) et Ferreira (1999). Ces travaux soulignent que les calibres les plus utilisés dans l'industrie du bouchonnage se situent principalement entre 27 et 32 mm, et 32 à 40 mm. La répartition de notre liège selon les catégories commerciales montre que 96,67 % des planches analysées ont une épaisseur supérieure à 27 mm, ce qui les rend appropriées pour la fabrication de bouchons. Les catégories de 27-32 mm et de 32-40 mm représentent respectivement 33,32 % du total, tandis que la catégorie d'épaisseur la plus élevée, supérieure à 40 mm, constitue 63,33 %. Cette prévalence peut être liée à l'âge de liège, qui varie de 9 à 19 ans. En revanche, seulement 3,33 % des planches présentent une épaisseur inférieure à 27 mm, ce qui les destine à d'autres usages, tels que l'isolation, la décoration ou des applications artisanales. Il est également important de noter, comme le souligne Iprocor (1999), que le liège doit avoir une épaisseur optimale pour la fabrication de bouchons. Cependant, dans nos stations, certaines épaisseurs excessives pourraient entraîner une diminution de la qualité et une augmentation des déchets. En effet, il est bien établi que la qualité du liège tend à diminuer avec l'âge, rendant certaines récoltes inadaptées à la production de bouchons.

En comparaison aux résultats obtenus par Smail et Mohammedi (2021), Chabbi et Tiab (2019) dans la région d'El Tarf, Metna (2003) dans la suberaie orientale de Tizi-Ouzou, Ghezali (2008) dans certaines stations de la suberaie de Jijel, et Ferreira (1999) au Portugal avec des moyennes respectives de 93,33 %, 90 %, 75 %, 63 % et 55 %, nos données montrent que les valeurs de liège de qualité bouchonnable sont plus élevées. En revanche elles sont plus faibles que celles obtenus dans les résultats de Baroun et Azzoug (2023) avec un taux de liège bouchonnable de 96,66 % dans la région de la région de Tizi-Ouzou (Tirsine) et Draa El Mizen ainsi que celles obtenus par cherfioui et Tesbia dans les mêmes suberaies que nous avec un taux de 100% des planches ayant des épaisseurs supérieures à 27 mm.

Ces comparaisons suggèrent que le liège de la suberaie de Tarf est généralement plus épais et, par conséquent, plus prisé dans l'industrie. Cette épaisseur accrue est un atout majeur, car elle répond aux exigences de qualité pour la production de bouchons, renforçant ainsi la valeur commerciale du liège provenant de notre région.

Durant notre étude, nous avons constaté que le liège des trois stations possède une épaisseur moyenne de 40,83 mm, ce qui le classe dans la catégorie des lièges « réguliers » et atteste de son adéquation pour le bouchonnage. En comparant nos résultats avec ceux d'autres recherches menées dans la même région, nous notons que Smail et Mohammedi (2021) ont obtenu une moyenne de 31,56 mm, Tiab et Chabbi (2019) une moyenne de 29,93 mm, et Houacine et Meliani (2017) une moyenne de 30,37 mm. Nos résultats se révèlent donc légèrement supérieurs à ceux de ces études ceci pourrait être dû à la déférence constatée au niveau de l'âge du liège et de l'âge des peuplements étudiés. En revanche, nos résultats sont légèrement inférieurs à ceux de Cherfioui et Tesbia (2023) qui ont travaillé dans les

mêmes suberaies que nous donc pratiquement même âge des peuplements et même âge du liège. En élargissant notre comparaison à d'autres régions, nous remarquons que dans la région de Souk Ahras, Arib et Zaidat (2019) ont eu une moyenne de 35,45 mm pour un liège d'une moyenne d'âge de 10 ans, Oudiai et Farsi (2021) ont obtenu une moyenne de 34,09 mm pour un liège d'âge moyen de 12 ans.

L'analyse de la croissance annuelle des cernes de liège au cours des quinze dernières années pour les trois stations étudiées révèle une moyenne de 2,26 mm. Cette valeur est identique à celle obtenue par Abdemziem et Nekmouche (2002) dans la région de Tizi-Ouzou, spécifiquement dans la forêt expérimentale de Taourirt, pour un âge moyen de 13 ans. Cependant, elle est inférieure aux résultats rapportés par Boukantar (1997), qui a enregistré une moyenne de 2,39 mm pour des arbres d'âge moyen de 9 ans dans la région de Yakouren à Tizi-Ouzou. De même, la moyenne observée est inférieure à celle d'Oudiai et Farsi (2021) dans la wilaya de Souk Ahras, où l'âge moyen était de 12 ans et la croissance moyenne atteignait 2,90 mm. Nos résultats sont également en deçà de ceux d'Amirouche (2021) dans la subéraie d'El Kala, qui a estimé la croissance moyenne à 2,61 mm, ainsi que de ceux de Smail et Mohammedi (2021) dans la région d'El Taref, où la croissance moyenne était de 2,79 mm. En revanche, nos résultats dépassent ceux de Stoutah (2011) dans la région de Jijel, qui a obtenu une moyenne de 1,82 mm pour un âge moyen de 8 ans, ainsi que ceux de Baroun et Zahoua, qui ont enregistré une moyenne de 1,98 mm pour un âge moyen de 14 ans dans la région de Tizi-Ouzou. Toutes ces différences suscitées pourraient être dues à l'âge des planches du liège considérées étant donné que les accroissements du liège ne s'effectuent pas de la même façon pendant les premières années de croissance et les dernières années ainsi qu'entre les jeunes peuplements et les peuplements âgés du liège. Les résultats de notre analyse en composantes principales ont révélé des corrélations négatives et significatives entre les accroissements moyens et l'âge du liège de notre zone d'étude.

L'analyse des courbes des accroissements individuelles des cernes du liège de nos trois stations montre que le liège de nos arbres suit une croissance semblable à celle décrite par la courbe théorique énoncée par Boudy (1950) et Natividade (1956). Cela nous induit à penser qu'il n'y a pas d'éléments perturbant la croissance de nos arbres. Sauf dans quelques périodes où l'on remarque soit une montée légère et soudaine de la production du liège ou à l'inverse une légère diminution. Ceci pourrait être rattaché à la variation périodique des facteurs climatiques.

L'observation des trois courbes de chronologie maitresse nous montre qu'elles ont presque la même allure que les courbes individuelles par conséquent, une croissance semblable à celle décrite par la courbe théorique. Cette concordance pourrait s'expliquer par l'absence de perturbations majeures dans le processus de production du liège au sein de ces stations pendant cette période.

Les résultats de l'analyse de la variance de la variable épaisseur du liège révèlent l'existence de différences très hautement significatives entre les trois stations étudiées ainsi qu'entre les arbres des mêmes stations. Ces variations entre les stations pourraient être attribuées aux conditions écologiques distinctes de chaque station, notamment l'altitude, l'humidité, le type de sol, ainsi que l'âge du liège et celui du peuplement. En revanche les variations entre les arbres des mêmes stations c'est-à-dire à l'intérieures des stations donc dans des conditions écologiques semblables, pourraient résulter de la diversité génétique au sein des arbres de chêne-liège, car le rythme de croissance des cernes et la qualité du liège dépendent de l'héritage génétique individuel de chaque arbre. Par conséquent, l'hypothèse d'une influence du facteur génétique reste valide. Iprocor (1999) note que deux aspects importants notamment les conditions écologiques ainsi que les conditions génétiques jouent un rôle crucial dans la croissance des arbres et, par conséquent, dans la qualité du liège produit. La génétique, en particulier, peut restreindre la production de liège même dans des conditions optimales. De plus, les caractéristiques spécifiques des stations, telles que l'âge des arbres et leur structure hétérogène, peuvent également

expliquer les variations observées dans l'épaisseur du liège. Cette interaction entre les facteurs environnementaux et génétiques souligne l'importance d'une approche intégrée pour comprendre la dynamique de croissance du liège. Selon Boudy (1952), dans les étages bioclimatiques les plus humides, le chêne-liège est en compétition avec le chêne zeen et la nature du sol joue un rôle déterminant. Ces observations sont corroborées par les résultats de plusieurs études portant sur la variation de l'épaisseur du liège en fonction des conditions stationnelles, menées dans différentes régions. Tiab et Chabbi (2019) dans la zone d'El Taref, Benboudjemmaa et Sadou (2019) dans la région d'El Kala, Arib et Zaidat (2019) dans la région de Souk Ahras, ainsi que Douzene (2008) et Ghezali (2008) dans la région de Jijel, ont tous mis en évidence l'influence des facteurs écologiques sur la croissance du liège. Ces travaux convergent pour souligner que les conditions du milieu, telles que le climat, le sol et la topographie, façonnent les caractéristiques du liège produit, en particulier son épaisseur. Ils confirment ainsi les observations de Boudy (1952) sur le rôle déterminant des facteurs stationnels dans la dynamique de croissance du chêne-liège.

Lorsque nous analysons les paramètres de la sensibilité moyenne (SM) et du coefficient d'interdatation (SR), nous observons que le coefficient d'interdatation est élevé tandis que la sensibilité moyenne est réduite ($SR > SM$). Cette constatation indique que les arbres réagissent de manière modérée mais très uniforme aux conditions climatiques de la région. Des résultats similaires ont été rapportés dans les études menées par Mellahi et Tagharsift (2011), Stoutah (2011), ainsi que Oudiai et Farsi (2021), renforçant l'idée d'une réponse cohérente des arbres face aux variations environnementales.

Par rapport à la deuxième, analyse de la variance nous avons étudié la variation de la variable épaisseur des cernes en fonction des facteurs temps (la période commune) et station. Les résultats nous montrent des différences très hautement significatives pour le facteur station et très hautement significatives pour le facteur temps également pour le facteur arbre et l'interaction entre les deux facteurs arbre temps n'est pas significative ce dernier induit que l'évolution des épaisseurs des cernes de nos échantillons se rassemble d'une année à une autre sauf dans les deux années la première (2014) et la dernière (2022) et cela pourrait être due aux demi cernes formé par les individus qui ont commencé leurs croissance en 2014 (les plus jeunes) et les derniers individus qui n'ont pas terminé leurs croissances à cause de l'année de l'exploitation.

Les densités du liège des trois stations sont très proches les unes des autres et se résument par une valeur moyenne de 0.20 g/cm³ ce qui situe notre liège sur la limite supérieure de la densité normale énoncée par l'IPROCOR. (1999) ; comprise entre 0,12 g/cm³ et 0,20 g/cm³

(Cherfioui et tesbia, 2023). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par GABIS et BOUKERB (2009) avec une moyenne de (0.22 g/cm³), ainsi que AIT IDIR et AIT SLIMANE (2023) dans la suberaie d'El Tarf avec une densité moyenne de (0,218 g/cm³).

Dans notre travail l'analyse en composante principale nous a révélés des corrélations négatives et significatives entre l'âge et les accroissements du liège et des corrélations positives et significatives entre l'âge et l'épaisseur du liège. Ces résultats sont logiques et concordent avec la théorie ; plus l'âge du liège augmente plus l'épaisseur de la planche augmente et inversement plus l'âge du liège augmente plus les moyennes des accroissements annuels diminuent étant donné que la courbe théorique de croissance du liège augmente jusqu'à la 5ème et 6ème année de croissance puis diminue jusqu'à la dernière année.

Nous enregistrons aussi des corrélations positives et significatives entre l'épaisseur du liège et l'altitude des stations considérées. Cette dernière est contradictoire avec la théorie de la croissance du liège étant donné que généralement dans les basses altitudes l'humidité de l'air augmente et l'épaisseur

du liège augmente. Boudy (1952) note que dans les régions les plus arrosées et à basse altitude, les écorces croissent plus rapidement. Cette dernière corrélation pourrait être due à l'âge du liège élevé enregistré dans la station d'el ghora qui présente l'altitude la plus élevée (900 m) des stations étudiées.

Conclusion Générale :

Au terme de cette étude, qui visait à contribuer à l'analyse des accroissements du liège de *Quercus suber* L. dans trois stations de la wilaya d'El Taref, à savoir Tatidoum, El ghorrah et Ain megfel, nous présenterons de manière synthétique les principaux résultats et conclusions obtenus, ainsi que quelques perspectives et recommandations.

Après avoir présenté les résultats obtenus et à la lumière des différentes analyses statistiques effectuées, il apparaît que :

- L'épaisseur moyenne globale de toutes les planches prélevées est de 40.62mm acquise en un âge moyen de 14 ans, dépassant ainsi la classe des 27 mm ce qui classe notre liège dans la catégorie des lièges régulier
- La croissance moyenne annuelle du liège, des trois stations étudiées est de 2.91mm
- l'épaisseur du liège des suberaies étudiées ainsi que les accroissements annuels varient d'une station à une autre ainsi qu'entre les arbres des mêmes stations.
- Les variations des accroissements annuels en fonction du temps pendant une période commune sont ressorties seulement avec les cernes des 1eres années de croissance et les cernes des années d'exploitation.

Les résultats de la sensibilité moyenne comparés au coefficient d'interdatation, indiquent qu'il y a bien un synchronisme entre les arbres des station étudiées et une réaction homogène et modérée avec le climat environnant.

Nos échantillons ont été prélevés durant l'année 2022, dans le dépôt de liège de Ain laissel en utilisant une méthode d'échantillonnage aléatoire notamment la méthode stratifiée systématique. Néanmoins certaines variables écologiques explicatives n'ont pas été prises en considération, tels que les conditions réelles du milieu (la hauteur de l'écorçage, l'exposition de chaque arbre, la nature du substrat de chaque station et les pratiques sylvicoles appliquées). Suite a ce manque de données écologiques détaillées, nous avons pris en considération seulement les conditions des peuplements et les variables explicatives mesurables sur les planches de liège échantillonnées.

Les résultats de l'analyse en composantes principales ont révélé :

- Par son axe 1 des variations de l'épaisseur ainsi que de la densité du liège en fonction de l'altitude
- Par son axe 2 des variations des accroissements du liège en fonction de l'âge de ce dernier.

Nous souhaitons mettre en avant certains détails importants à considérer pour assurer la prospérité de l'industrie méditerranéenne, tout en tenant compte de la réalité des situations que rencontrent nos forêts. La protection et la conservation représentent une initiative louable, à condition qu'elles soient effectivement mises en œuvre. Cependant, sur le terrain, nous observons que nos peuplements et nos arbres sont vieillissants et dépérissant.

Pour une étude plus approfondie, nous tenons à signaler quelques perspectives à prendre en considération

- Etablir un échantillonnage sur les arbres et au moment de la campagne de récolte du liège
- Elargir l'échantillon, pour mieux ressortir l'effet des facteurs influents et éliminer l'impact de l'effet des résidus.
- Effectuer un échantillonnage sur place sur les arbres de même âge au moment de la campagne de récolte et augmenter le nombre d'échantillons.
- Inclure une étude de typologie des stations telles que : la Pente dominante, la luminosité, la nature des peuplements, les travaux sylvicoles appliqués.
- Appliquer les règles de déliègeage adéquates.
- Tenir compte de l'âge du liège qui ne doit pas dépasser 12 ans.
- Prendre en considération l'impact des attaques parasitaires qui s'exprime par des Galeries d'insectes.

Nous remarquons que le rendement de ces dernières années et les estimations prévues ne concordent pas sur le terrain, Il serait donc plus pertinent d'envisager des interventions dans ce domaine de manière plus professionnelle. Pour cela, nous proposons :

- De limiter l'accès des populations aux zones de production tout en leur offrant des alternatives, telles que la construction d'espaces de loisirs et de pâturage.
- D'ouvrir l'accès à nos jeunes forestiers et leur offrir la possibilité d'investir dans le domaine.
- De créer des entreprises de transformation et de finalisation des produits forestiers en Algérie.
- De penser à bien régulariser et actualiser les normes et les lois forestières tout en veillant à suivre les plans d'aménagement modernes.

Références bibliographique :

- BENABID A., 2000 : Flore et écosystème du Maroc : évaluation et préservation de la biodiversité. Ibis Press, Paris, 357 p.
- BENAZZA ,M. (2017). INVENTAIRE ET IDENTIFICATION DES BASIDIOMYCETES DE La FORET DE M'SILA (ORAN). ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/320799890_INVENTAIRE_ET_IDENTIFICATION_DE_S_BASIDIOMYCETES_DE_LA_FORET_DE_M'SILA_ORAN
- Bihaki . (2021, December 3). Chêne-liège, Quercus suber.
<https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/chene-liege-quercus-suber,2288.html>
- BOUDY P., 1952 : Guide du forestier en Afrique du Nord. La maison Rustique. Paris, 505p.
- BOUCHAOUR-DJABEUR S., 2016 : Les insectes ravageurs du Chêne-liège au Nord-ouest algérien Geo-Eco-Trop. Université Mohammed V, Rabat, Maroc. Chaire UNESCO « Gestion de l'Environnement et Développement durable », P 175-184.
- COME P., 1975 : Acquisition de l'aptitude à germer « la germination des semences>> INRA. Ganthier- Villars, Paris, 75–70p.
- Domaine du Rayol. Quercus suber (Chêne-liège) - (2017, October 19). Domaine Du Rayol.
<https://www.domainedurayol.org/plante/quercus-suber-chene-liege/>
- El Kbiach M. L., Lamarti A. Abdali A., & Badoc A., 2002. Culture in vitro des bourgeons axillaires de chêne-liège (Quercus suber L.). Influence des cytokinines sur l'organogénèse et la callogénèse de noeuds de plantules. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 141: 73-88.
- FRAVAL A., 1991 : Contribution à la connaissance des rythmes de floraison du chêne-liège en forêt de la Marmora. Ann. Rech. For. Maroc (1991), T(25), pp.102-118.
- Ghifar, M. (2014, June 19). Etat d'infestation des forêts de chêne liège (Quercus suber) de l'oranie par Platypus cylindrus (Coleoptera, Curculionidae, Platypodinae) et étude biologique de l'insecte dans le bois. pp 1-9. <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/5459>
- IML - Institut Méditerranéen du Liège, Répartition. (2022). IML. <https://institutduliege.fr/chene-liege/repartition>
- Lamey. (1893), Le chêne-liège : sa culture et son exploitation. Gallica.
<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k147195c#>
- Langenegger, F. (Janvier 04, 2016). Le chêne liège, un atout pour la biodiversité. Dendrochronologie. <https://www.dendrochronologie.ch/blog/les-peuplements-forestiers/le-chene-liege.html>
- MESSAOUDANE M. et MEGANI, 2000 : Étude de la régénération par rejet de souche de chêne-liège dans la forêt domaniale de Tamgout et de Béni –Ghobri de la wilaya de Tizi –Ouzou. Mémoire ING, Faculté des sciences agronomiques et des sciences biologiques, Université de Tizi Ouzou, 41p.
- NATIVIDADE J., 1956 - Subériculture, édition française de l'ouvrage portugais « Subéricultura », ENEF (Nancy), 103p.
- Planète Liège - Structure et composition du liège. (January 27, 2021). Planète Liège.
<https://planeteliege.com/tout-sur-le-liege/structure-et-composition>
- R.T. Bouhraoua, R. Piazzetta, A. Berriah. Les reboisements en chêne-liège en Algérie, entre contraintes écologiques et exigences techniques. Forêt Méditerranéenne, 2014, XXXV (2), pp.171-176. fffhal-03556579f
- RICHARD PH., 1987 : Étude des facteurs explicatifs de la croissance du chêne-liège dans le Var. 72p.
- SACCARDY, C., 1937 : Notes sur le chêne-liège et le liège en Algérie. Bull de la Stat. Rech. Forest du nord de l'Afrique II(2): 271-374.

- SEIGUE A., 1985 : La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Techniques agricoles et productions méditerranéennes. Édit. G.P. Maisonneuve & Larose. 496 p.
- STITI B., 1999 : Contribution à la maîtrise des méthodes de conservation des glands de chêne-liège. DEA (Master). Univ. El Manar, Fac. Sc., Tunis, 64-70.
- Zeraia, L, 1981. Essais d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne liège de provenance cristalline (France méridionale) et Algérie. Thèse Doctorat : Université Aix-Marseille. 367 p + annexe.

Resumé :

Notre contribution à l'étude des accroissements du liège *Quercus suber* L. a été caractérisée par trois stations : Tatidoum, Ain megfel, El gourrah dans la suberaie de la wilaya d'El tarf, par un prélèvement de 10 échantillons par station. Au total 90 éprouvettes ont été considérées et les variables mesurées sont l'épaisseur des planches, les épaisseurs des cernes annuels.

- L'épaisseur moyenne du liège est de 40.62.mm, dont 96% du total appartient à la classe commerciale au-dessus de 27 mm, apte au bouchonnage
- La moyenne des accroissements obtenue sur nos 3 stations est de l'ordre de 2,26 mm ce qui nous laisse conclure que ce liège est d'une qualité acceptable et est classé comme un liège de catégorie régulière.
- L'épaisseur des cernes annuels du liège mesuré par analyse d'image nous a montré que les courbes des accroissements des 30 arbres ainsi que les courbes maitresses suivent l'allure de la courbe théorique.

Les résultats acquis par l'analyse statistique nous révèlent des variations très hautement significatives des variable épaisseur du liège et épaisseur des cernes entre les trois stations considérées et entre les arbres de ces mêmes stations.

L'existence d'un bon synchronisme entre les arbres des stations étudiées et une réaction homogène et modérée avec le climat environnant.

Les axes 1 et 2 de l'analyse en composantes principales nous interprètent respectivement la variation de l'épaisseur et de la densité du liège en fonction de l'altitude et la variation des accroissements du liège en fonction de l'âge de ce dernier.

Mots Clés : El Tarf, / qualité / rendement / *Quercus Suber* / Subéraie / épaisseur / accroissements / densité / climat/ âge

Absract

Our contribution to the study of the growth increments of cork oak (*Quercus suber* L.) was characterized by three sites: Tatidoum, Ain megfel, and El gourrah within the cork oak forest of El Tarf province, through the sampling of 10 specimens per site. A total of 90 samples were considered, and the measured variables were board thickness and annual ring thickness.

- The average cork thickness is 40.62 mm, of which 96% belongs to the commercial class above 27 mm, suitable for cork stoppers.
- The average growth increment obtained from our 3 sites is approximately 2.26 mm, leading us to conclude that this cork is of acceptable quality and is classified as regular.
- The annual ring thickness of the cork, measured by image analysis, showed that the growth curves of the 30 trees, as well as the master curves, follow the theoretical curve.
- Statistical analysis results revealed highly significant variations in cork thickness and ring thickness between the three considered sites and among the trees of these same sites.
- The existence of good synchronism between the trees of the studied sites and a homogeneous and moderate reaction with the surrounding climate.

- The first and second axes of the principal component analysis respectively interpret the variation in cork thickness and density as a function of altitude and the variation in cork growth as a function of its age.

Keywords: El Tarf, quality, yield, Quercus Suber, cork oak forest, thickness, growth increments, density, climate, age."

الملخص

" مساهمتنا في دراسة زيادات الفلين Quercus suber L. تميزت بثلاث محطات: تاتيدوم، عين مغفل، الغورة في غابة الفلين بولاية الطارف، من خلال أخذ 10 عينات لكل محطة. تم النظر في ما مجموعه 90 عينة وتم قياس المتغيرات وهي سمك الألواح وسمك الحلقات السنوية.

• متوسط سمك الفلين هو 40.62 مم، منها 96% ينتمي إلى الصنف التجاري الذي يزيد عن 27 مم، وهو مناسب لسدادات الفلين.
• متوسط الزيادة المحصل عليها من محطاتنا الثلاث هو من رتبة 2.26 مم مما يجعلنا نستنتج أن هذا الفلين ذو جودة مقبولة ويتم تصنيفه كفلين من الدرجة العادية.

• أظهر لنا سمك الحلقات السنوية للفلين المقاس بواسطة تحليل الصور أن منحنى نمو الـ 30 شجرة وكذلك المنحنيات الرئيسية تتبع شكل المنحنى النظري.

• تكشف لنا نتائج التحليل الإحصائي عن اختلافات كبيرة للغاية في متغير سمك الفلين وسمك الحلقات بين المحطات الثلاث المدروسة وبين الأشجار في هذه المحطات نفسها.

• وجود توافق جيد بين أشجار المحطات المدروسة واستجابة متجانسة ومعتدلة مع المناخ المحيط.

• يفسر المحوران الأول والثاني لتحليل المكونات الرئيسية على التوالي التباين في سمك الفلين وكثافته حسب الارتفاع والتباين في نمو الفلين حسب عمره.

الكلمات المفتاحية: الطارف، الجودة، العائد، Quercus Suber، غابة الفلين، السمك، زيادات النمو، الكثافة، المناخ، العمر.

."