

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

De fin d'étude



En vue de l'obtention du diplôme de Master en Foresterie
Spécialité : Sciences forestières

Thème :

*Contribution à une étude dendrométrique de
certaines subéraies de la Wilaya de Tizi-Ouzou*

Présenté par : M^{elle} Ait Cherif Lisa et Mr Ait Messaoud Yacine

Devant le jury :

Président : Mr LARBI M Y. Maitre-Assistant Chargé de cours (U.M.M.T.O)

Promoteur : Mr CHENOUNE K. Maitre-Assistant Chargé de cours (U.M.M.T.O)

Examineur : Mr ASMANI A. Maitre-Assistant Chargé de cours (U.M.M.T.O)

Année universitaire :
2018/2019

Remerciements

Premièrement, on remercie dieu tout puissant de nous avoir aidé pour mener à terme ce travail.

Au terme de ce travail, on tient à adresser l'expression de nos vifs remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidé et collaboré de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

*A **Mr CHENOUNE. K**, maitre-assistant et chargé de cours à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour avoir proposé le sujet et accepté de diriger ce travail. On lui présente notre profonde gratitude pour son aide et ses constructifs conseils.*

On tient à exprimer aussi nos remerciements à :

***Mr LARBI. M Y**, maitre-assistant et chargé de cours à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour nous avoir accordé l'honneur de présider le jury.*

***Mr ASMANI.A**, maitre-assistant et chargé de cours à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.*

Nos remerciements vont également à tous les membres du personnel de l'INRF d'AZAZGA en particulier

***Mr GUETTAS. A**, chercheur au niveau de cette institut.*



Dédicaces

Je dédie se présent travail à :

Mes très chers parents

Toute ma famille

*Sans oublier mes amis (es) qui m'ont accompagné
sur le terrain:*

Anebes Ouiza

Fadel Cylia

Mon binôme Ait Cherif Lisa

*A tous les étudiants agronomes en particulier les
forestiers*

*A tous ceux qui me connaissent de près ou de
loin*

Ait Messaoud Yacine

Dédicaces

Je dédie ce présent travail à :

*Mes très chers parents que je remercie
Infiniment pour leur aide et d'être toujours à
mes côtés.*

*Mon frère Akli et mes sœurs : Lydia, Messaad
et Patricia.*

Mes meilleures amies : Ryma et Dalila

*Sans oublier mes amis(es) qui m'ont
accompagné sur le terrain :*

Anebes Ouiza

Fadel Cylia

Mon binôme Ait Messaoud Yacine

*A tous les étudiants agronomes en particulier
les forestiers*

*A tous ceux qui me connaissent de près ou de
loin.*

Ait Cherif Lisa.

Table des matières

Titres :	Pages :
Introduction générale.....	01
Chapitre I : Monographie sur le chêne liège	
1.1-Introduction.....	04
1.2- Taxonomie et systématique.....	04
1.3- Caractéristiques botaniques	
1.3.1-Longévité et allure générale.....	05
1.3.2 -Les racines.....	05
1.3.3-Le bois	05
1.3.4-Tronc.....	05
1.3.5- L'écorce.....	06
1.3.6- Feuilles.....	06
1.3.7-Les bourgeons.....	07
1.3.8- Le houpier.....	07
1.3.9-Fleurs.....	07
1.3.10- Fruit.....	07
1.4- Aire de répartition de chêne liège	
1.4.1-Dans le monde.....	08
1.4.2-En Algérie.....	10
1.5- Exigences écologiques	
1.5.1- Exigences climatiques	
➤ Pluviométrie et humidité.....	11
➤ Température.....	12
1.5.2- Exigences altitudinales.....	12
1.5.3- Exigences édaphiques.....	12
1.6- Les peuplements de chêne liège.....	13
1.7-Cortège floristique de chêne liège.....	13
1.8-Les causes de dépérissement des subéraies	13
1.9-Les ennemies du chêne liège:	
1.9.1-Les incendies.....	14
1.9.2-Les insectes.....	14
1.9.3-Les champignons.....	15
1.9.4-Le surpâturage.....	15
1.9.5-Les changements climatiques.....	15

Table des matières

1.10- Importance des subéraies.....	16
1.11- La subériculture et la sylviculture.....	16
2-Généralités sur le liège	
2.1-Le liège.....	18
2.2-Types de liège	
➤ Le liège male.....	18
➤ Le liège femelle ou liège de reproduction...	19
2.3- Les accroissements du liège.....	20
2.4-Qualité de liège.....	20
2.5- Production du liège	
2.5.1-Production mondiale.....	21
2.5.2- Production nationale.....	22
Chapitre II : Présentation de la zone d'étude	
1-Description de la zone d'étude.....	24
1.1-La forêt domaniale de Béni-Ghobri	
1.1.1-La situation géographique et administrative.....	24
1.1.2- Géologie, sol, et topographie.....	25
1.1.3- La végétation.....	27
1.2-La forêt domaniale de Tamgout	
1.2.1-La situation géographique et administrative.....	30
1.2.2-Sol et topographie.....	31
1.2.3-La végétation.....	31
1.3-Synthèse climatique des deux zones d'études Béni-Ghobri (Yakouren) et Aghrib (Tamgout, Azeffoun)	32
1.3.1-Le climat de Yakouren	32
1.3.2-Le climat d'Aghrib	33
1.4-Localisation des stations d'échantillonnage.....	35

Table des matières

2-Méthodologie d'échantillonnage et d'inventaire	39
2.1-Choix du type d'échantillonnage.....	39
2.2-Echantillonnage au sol.....	41
3-Récolte des données	
3.1-Variables dendrométriques mesurées	
3.1.1-Circonférence et diamètre des arbres.....	41
3.1.2-Hauteur totale des arbres.....	42
3.1.3-Hauteur de démasclage des arbres.....	43
3.1.4-Espacement entre arbre/arbre et arbre/centre...	43
3.1.5-L'épaisseur de liège.....	43
3.2-Variables sylvicoles calculées	
3.2.1-Calcul de la surface terrière.....	44
3.2.2-La hauteur dominante et la classe de fertilité...	44
3.2.3-Le coefficient de démasclage (K).....	45
3.2.4- Volume du liège de reproduction (Vol).....	45
3.3-Quantification de la croissance des arbres	
3.3.1-La densité (D)	46
3.3.2-La structure.....	46
3.3.3-Indices de compétitions.....	47
3.3.4-Etude globale multifactorielle.....	47
3.3.5-Ajustement des modèles de croissances.....	48
Chapitre III :Résultats et Discussions	
1-Résultats	
1.3-Etude dendrométrique	
1.3.1- Statistiques descriptives	49
1.3.2- Densité	59
1.3.3- Structure des peuplements.....	65
1.3.4-Indices de compétitions.....	72
1.3.5- Etude globale multifactorielle.....	77
1.3.6- Modalisation.....	85
2-Discussion globale.....	90
Conclusion générale.....	100
Annexes.....	103
Références bibliographiques.....	104

Liste des abréviations :

FAO : Food and Agronomic Organization.

APCOR : Association Portugaise du liège.

INRF : Institut National de la Recherche en Foresterie.

D.G.F : Direction Générale des Forêts.

IML : Institut Méditerranéen du Liège.

BRL : Compagnie d'aménagement Bas-Rhône-Languedoc

DGF : Direction Générale des Forêts.

PH : Phanérophytes.

TH : Thérophytes.

HE : Hémecriptophytes.

GE : Géophytes.

CH : Chamaephytes.

S1P1 : Station1 placette 1.

S2P1 : Station2 placette 1.

S3P1 : Station 3placette 1.

S4P1 : Station 4placette 1.

ACP : analyse composante principale.

FDBG : Forêt domaniale de Béni-Ghobri.

FDT : Forêt domaniale de Tamgout.

Liste des figures :

N°	Titre	Page
1	Caractéristique botanique du chêne liège : b) arbre écorcés, c) liège mâle et femelle sur un arbre écorcé, d) inflorescences femelles, e) inflorescences mâles, f) les feuilles de chêne-liège, g) les glands (Belhoucine, 2013)	08
2	Aire de répartition du chêne liège dans le monde (Eriksson et al., 2015)	09
3	Aire de répartition du chêne liège en Algérie (DGF, 2003 in Ouelmouhoub, 2005).	11
4	Formation du liège (Cantat et Piazzetta, 2005).	18
5	Situation géographique et administrative de Béni-Ghobri (yakouren) (D.P.A.T DE Tizi Ouzou, 2005, Modifiée)	25
6	Pourcentage des types biologiques (Chenoune, 1991)	29
7	Pourcentage des types biologiques (Ait Si Slimane Ferhat et Chabane Ali, 2018)	30
8	Carte géographique présentant la position de nos quatre stations dans les subéraies de Yakouren et d'Aghrib (Original, 2019)	31
9	Climagramme d'Emberger pour la région de Yakouren (Messoudene, 1986) et Aghrib (Laribi, 2000)	34
10	L'état sanitaire de la station d'Ain-el-anseur (Original, 2019).	37
11	La station de Taourirt (Original, 2019).	38
12	La station d'Eghzare Zagaghane (Original, 2019).	38
13	GPS	42
14	Décamètre	42
15	Compas forestier	42
16	Forester vertex III	43
17	Barkmatre	44
18	La densité moyenne en fonction de nombre de tiges à l'hectare pour chaque placette des quatre stations.	59

19	Distribution des densités en fonction de nombre de tiges à l'hectare pour les quatre stations	61
20	La densité en fonction de la surface terrière pour chaque placette des quatre stations.	62
21	Distribution de la surface terrière par station	65
22	Distribution des tiges par classe de diamètre pour la station 1.	67
23	Distribution des tiges par classe de diamètre pour la station 2.	67
24	Distribution des tiges par classe de diamètre pour la station 3.	67
25	Distribution des tiges par classe de diamètre pour la station 4.	68
26	Distribution des effectifs selon le test de normalité (Shapiro-Wilk) pour la station 1.	69
27	Distribution des effectifs selon le test de normalité (Shapiro-Wilk) pour la station 2.	70
28	Distribution des effectifs selon le test de normalité (Shapiro-Wilk) pour la station 3.	71
29	Distribution des effectifs selon le test de normalité (Shapiro-Wilk) pour la station 4.	72
30	Variation des distances moyennes des arbres voisins par placettes	73
31	Variation des indices de compétitions de hart-Becking (IH) pour les placettes	74
32	Variation des distances moyennes des arbres voisins par station	76
33	Variation des indices de compétitions de hart-Becking (IH) pour les stations	76
34	Présentation des variables sur le cercle de corrélation du plan principale (f1*f2).	82
35	Représentation graphique des placettes et des stations sur le plan principale f1*f2	84
36	Représentation graphique des modèles testés pour la station 1.	86
37	Représentation graphique des modèles testés pour la station 2.	87
38	Représentation graphique des modèles testés pour la station 3.	88
39	Représentation graphique des modèles testés pour la station 4.	89

Liste des tableaux :

N°	Titre	Page
1	Superficie(ha) des subéraies selon différents auteurs.	10
2	Evolution de la superficie totale des subéraies en Algérie de 2000 à 2011.	11
3	Répartition du calibre de liège selon l'usage en Algérie	21
4	Production moyenne annuelle mondiale	22
5	Coordonnées géographiques des centres de chaque placette de nos quatre stations étudiées.	36
6	Classes de fertilité selon la hauteur dominante (Chenoune,1991)	45
7	Nombre d'arbres par placette et par station	50
8	Moyenne des paramètres dendrométriques par placettes	51
9	Moyenne des paramètres dendrométriques par station	56
10	Résultats des densités par placette	59
11	Résultats des densités en fonction de nombre de tiges/ha pour chaque station	60
12	Résultats des surfaces terrières par placette	62
13	Résultats des surfaces terrières par station	64
14	Distribution des tiges par classe de diamètre	66
15	Résultats de test de Shapiro-Wilk pour la station 1	69
16	Résultats de test de Shapiro-Wilk pour la station 2.	70
17	Résultats de test de Shapiro-Wilk pour la station 3	71
18	Résultats de test de Shapiro-Wilk pour la station 4	72
19	Estimation des indices de compétition (DMV et IH) pour les placettes	73

20	Estimation des indices de compétition (DMV et IH) pour les stations	75
21	Matrice de corrélation des variables de la station 1	79
22	Matrice de corrélation des variables de la station 2	79
23	Matrice de corrélation des variables de la station 3	79
24	Matrice de corrélation des variables de la station 4	79
25	Matrice de corrélation des variables	81
26	Valeurs propres	81
27	Corrélation variables-axes principaux	82
28	Fonctions testées pour la station 1	86
29	Fonctions testées pour la station 2	87
30	Fonctions testées pour la station 3	88
31	Fonctions testées pour la station 4	89
32	Tableau récapitulatif des principaux résultats	91
33	Comparaison des résultats de la densité et de la surface terrière et indices de compétition (D.M.V et IH)	96

Introduction générale

La forêt méditerranéenne couvrait environ 85 millions d'hectares en 2010 soit 2% de la surface forestière mondiale. Les forêts typiques totalisent 25 millions d'hectares, dont 2.5 millions ha de subéraies ce qui représente 10% de la forêt totale (FAO, 2013).

En Algérie, les subéraies occupaient le second rang après les pinèdes à Pin d'Alep et couvrent une superficie approximative de l'ordre de 463 000 ha, soit 17 % du tapis forestier national. Elles sont étroitement liées aux conditions climatiques et concentrées pour 85 % sur le littoral oriental tandis que le reste est réparti entre le centre et l'ouest du pays. (Karouene,2008)

Le chêne liège (*Quercus suber L*), constitue une composante de base d'un écosystème complexe et multifonctionnel. Cet arbre « à écorce » comme le nommaient les habitants de la Grèce ancienne (Battistini, 1938), est considéré depuis fort longtemps comme une ressource naturelle particulièrement prestigieuse. Il représente avant tout les symboles d'une identité et d'une culture propres au bassin méditerranéen occidental (Dessain, 1992). Il est reconnu dans son aire naturelle, pour son rôle écologique en abritant une diversité biologique riche et diversifié mais aussi pour son rôle socio-économique. Essence fournissant du bois et du combustible (charbon), elle s'est distinguée des autres espèces forestières par la production du « liège ». Ce produit naturel que fournit l'arbre, après chaque écorçage périodique, est qualifié partout dans le monde par la merveille de la nature. Le liège a fait l'objet de plusieurs usages notamment en bouchonnage et a prouvé ses potentialités en industrie d'isolation (Dehane, 2006).

A l'instar de beaucoup de pays du pourtour méditerranéen, l'Algérie assiste à une dégradation intense de son patrimoine forestier (Ferka Zazou, 2006). Sa situation se présente comme l'une des plus critiques dans la région méditerranéenne (Ikermoud,2000). En effet, la persistance des facteurs

Introduction générale

destructifs tels que les incendies, le surpâturage, les défrichements et les attaques parasitaires, ne fait qu'accentuer le processus de dégradation du système forestier en place.

La surface forestière du chêne liège en Algérie est en constante régression dont les conséquences futures seraient la disparition de cet écosystème typique de la méditerranée, mais aussi pour le moment la réduction de la production en liège récoltés annuellement. Cette dernière est passée de 200 000 quintaux environ en 1973 à 32 212 quintaux en 2012 (D.G.F,2013), ce qui a engendré une pénurie sur le marché en cette matière première, et qui ne cesse de s'accentuer pour beaucoup d'entreprises de transformation.

Cette situation a poussé plusieurs chercheurs nationaux et internationaux à conduire des travaux qui se rapportent au chêne liège, portant sur la répartition, l'écologie, le climat, les sols, la biodiversité, les caractéristiques phytosociologiques, la sylviculture, les reboisements et les aménagements. Tous ces aspects ont été pleinement explorés et ont donné naissance à des centaines de travaux et de publications. Nous citerons à titre d'exemple les travaux de Zeraia (1981), Alatou (1984) , Khelifi (1987), Yessad (1990) Bouheraoua (2003) , Messaoudene(2000) Letreuch-Belarouci (2009)et plus proches ceux de Bekdouche et al (2011), Dehane (2006) Metna (2003) Oulmouhoub (2005), Chenoune (2012), Asmani (2011) ...ect , qui avaient tous pour objectif majeur ; de quantifier les facteurs responsables de ce déclin et de prendre de nouvelles mesures de gestion et d'exploitation propice à l'épanouissement de ce dernier.

Aussi plusieurs rencontres, colloques, séminaires, journées d'études ont été organisé, soit par l'administration forestière, soit par les universités et instituts de recherche ou bien par les entreprises qui travaillent dans le sillage de la transformation du liège, en vue de faire connaître les préoccupations de la filière liège, et les solutions à préconiser, nous évoquerons Med suber 1 (Tlemcen,

Introduction générale

2009), Med suber 2 (Jijel, 2011), Med suber 3 (Tizi-Ouzou, 2015). Dans chacune de ses rencontres, les participants réaffirmaient l'urgence de l'aménagement durable des subéraies comme réponse à sa dégradation et sa régression. Pour cela, il faut disposer d'une base de donnée dendrométrique, écologique et cartographique, de toutes les forêts de chêne liège.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre présent travail, qui vise à prendre en charge un volet de ses préoccupations pour certaines subéraies de la wilaya de Tizi-Ouzou. Il consiste à quantifier les principales caractéristiques dendrométriques et sylvicoles de ces peuplements ainsi qu'évaluer leur productivité en liège. Il s'intéresse aussi à la caractérisation d'un point de vue floristique et pédologique afin d'estimer les potentialités stationnelles de notre zone d'étude.

Notre mémoire, qui retrace tout le travail accompli, est structuré en trois principaux chapitres :

Le premier chapitre : Une monographie sur le chêne liège et le liège.

Le deuxième chapitre : Matériels et méthodes.

Le troisième chapitre : Analyse des résultats et leur discussion.

Enfin, nous achevons notre travail par une conclusion générale et quelques recommandations.

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

1.1-Introduction

Le chêne liège (*Quercus suber L.*) est considéré comme une espèce forestière d'importance économique et écologique (Nedjahi, 2010), c'est une essence très répandue dans les régions tempérées et méditerranéennes notamment l'Algérie. Il forme des véritables subéraies qui jouent un rôle indéniable sur le plan écologique et social du pays (Salaheddine, 2006). Il se distingue des autres ligneux par sa faculté à reproduire une nouvelle écorce subéreuse appelée communément : liège, qui a des qualités spécifiques de légèreté, de souplesse, d'élasticité, et qui protège l'arbre du feu (Belaidi, 2010).

1.2-Taxonomie et systématique

Règne : *Plantae*

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Fagales

Familles : Fagacées

Genre : *Quercus*, un genre qui compte un grand nombre d'espèces, soit environ 550 (Natividade, 1956). Actuellement, on en compte que 450 dont 6 existent en Afrique du Nord (Belahbib et al., 2005, Machouri, 2009).

1.3- Descriptions botanique et dendrologique

On différencie nombreuses formes botaniques de chêne liège à cause de sa polymorphie (Adjami, 2009).

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

1.3.1-Longévité et allure générale

Le chêne liège est une espèce ligneuse, arborescente, de taille moyenne allant de 10 à 15m, pouvant atteindre 20 à 25 m. Il est toutefois une espèce qui présente un couvert léger laissant passer la lumière. Il peut vivre jusqu'à 250 voire 300 ans mais les levées successives, les éventuels incendies et les conditions des stations, diminuent fortement cette longévité (Bouzitoune, 2012).

1.3.2 -Les racines

Le chêne liège possède un système racinaire pivotant avec des ramifications latérales puissantes, permettant un enracinement profond qui fixe l'arbre sur des sols légers peu profonds et même rocheux (Khalla, 2006). Ce dernier permet l'approvisionnement en eau et en éléments minéraux. Il peut s'emmêler avec les racines des arbres voisins (échanges de substances nutritives) et s'associer avec le mycélium de certains champignons pour être ainsi mycorhizes (Veillon, 1998).

Le chêne liège présente une grande vigueur qui se traduit par un bon rejet de souche, facilitant la reprise après coupe ou incendie (Cantat et Piazzetta, 2005).

1.3.3-Le bois

Le bois du chêne-liège est dur, lourd, d'un brun clair et légèrement rosé. Il sèche difficilement et se fend facilement. Une fois déliégé, il fournit un excellent bois de chauffage (Cantat et Piazzetta, 2005) équivalent au chêne vert, mais son problème réside dans son prix qui est trop chère. (I.M.L et B.R.L, 2013).

1.3.4-Tronc

Le tronc est assez court ; il se ramifie à une faible hauteur (4 m environ). Il est recouvert d'une écorce subérifiée et fortement crevassée longitudinalement. La circonférence du tronc à 1.30m du sol est de 70 cm entre 30 et 40 ans selon les conditions de végétation (Yessad,2001 ; Amandier,2002). Dans les vieux

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

peuplements d'Algérie, certains arbres peuvent atteindre jusqu'à 3,5 m voire 5 m de circonférence (Renou, 1842 in Haffaf, 2011).

1.3.5- L'écorce

Sur un arbre jamais exploité, l'écorce est de couleur grisâtre, très épaisse pouvant atteindre 20cm. Elle est peu dense et fortement crevassée. C'est un tissu parenchymateux formé par l'assise subero-phellodermique qui couvre le tronc et les branches. Son rôle principal est de protéger l'arbre et lui permettre de reprendre rapidement sa croissance après le passage d'un incendie. En termes de production, on l'appelle « liège male » ou « liège naturel » (Boudy, 1955), et est produit quand l'arbre atteint environ 25 ans (Gil et Varela, 2008).

Après le démasclage qui est l'opération d'enlever le liège mâle, il s'est remplacé par le « liège de reproduction » ou « liège femelle », de couleur jaune, rouge puis noire. Cette nouvelle écorce est beaucoup plus régulière que la précédente, présentant des crevasses moins profondes.

1.3.6- Feuilles

Elles ont de forme et de dimension variables d'un arbre à un autre et même sur le même arbre. De forme ovale et dentées, Celles-ci sont dures, coriaces, de couleur vert foncé, lustrées sur la face supérieure, tomenteuses et gris-blanchâtre sur la face inférieure. Elles sont persistantes et restent sur l'arbre 2 à 3 ans. Leur taille varie de 3 à 6 cm en longueur et de 2 à 4 cm en largeur. Elles ont 5 à 7 paires de nervures avec un pétiole pouvant atteindre 2 cm (Piazzetta, 2005).

L'arbre peut perdre la totalité de ces feuilles après une forte glandée, à la suite de conditions atmosphériques défavorables ou après une récolte exagérée de liège (Yessad, 2000).

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

1.3.7-Les bourgeons

Ils sont ovoïdes ou arrondis, plus ou moins protégés par les bractées tomenteuses, plus développées dans les parties terminales et légèrement allongées sur les rameaux stériles (Yessad,2000).

1.3.8-Le houppier

Elle est irrégulière, tortueuse, arrondie et large quand l'arbre pousse isolément en peuplements clairs, est fusiforme lorsqu'il est en peuplements serrés les branches principales étalées cassent facilement sous la neige.

1.3.9-Fleurs

Le chêne-liège est une espèce monoïque et allogame (les deux sexes sont réunis sur les même rameaux). Les fleurs mâles sont regroupées en grappes, appelées « chatons », au bout des pousses de l'année précédente. Les fleurs femelles poussent isolément à la base des feuilles de la pousse de l'année, avec une petite cupule écailleuse surmontée d'une aigrette rouge (Cantat et Piazzetta, 2005). Le climat et l'exposition conditionnent la floraison qui commence dès l'âge de 12-15 ans et se déroule entre la fin avril et la fin mai (Adjami, 2008).

1.3.10- Fruit

Le fruit est un gland à une cupule conique grisâtre ou roussâtre avec des écailles lâches porté par un pédoncule assez court. Sa forme et sa taille varient suivant les arbres, allant respectivement de l'ovoïde ou l'arrondi à l'ellipsoïdal et de 1 à 5 cm de long. Sa surface est lisse, luisante, de couleur brune. Il renferme deux cotylédons généralement amers, exceptionnellement doux et comestibles comme c'est le cas en forêt de la Mamora (Maroc) (Cantat et Piazzetta, 2005 ; Bouhraoua, 2003).

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège



Figure 1 : Caractéristique botanique du chêne liège : b) arbre écorcé, c) liège mâle et femelle sur un arbre écorcé, d) inflorescences femelles, e) inflorescences mâles, f) les feuilles de chêne-liège, g) les glands (Belhoucine, 2013)

1.4- Aire de répartition de chêne liège

1.4.1-Dans le monde

L'aire de répartition de cette essence est circonscrite à la région de la méditerranée occidentale dans laquelle, sous l'influence de l'océan atlantique et de la mer méditerranée, se trouvent réunies les conditions climatiques qui conviennent à la végétation de cet arbre (Dehane, 2013).

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

Dans le monde, le chêne-liège est signalé naturellement sur le territoire de 7 pays, dont 4 Européens (Portugal, Espagne, France et Italie) et 3 Maghrébins (Algérie, Maroc et Tunisie).

Les limites latitudinales de chêne liège sont entre 0° et 20°

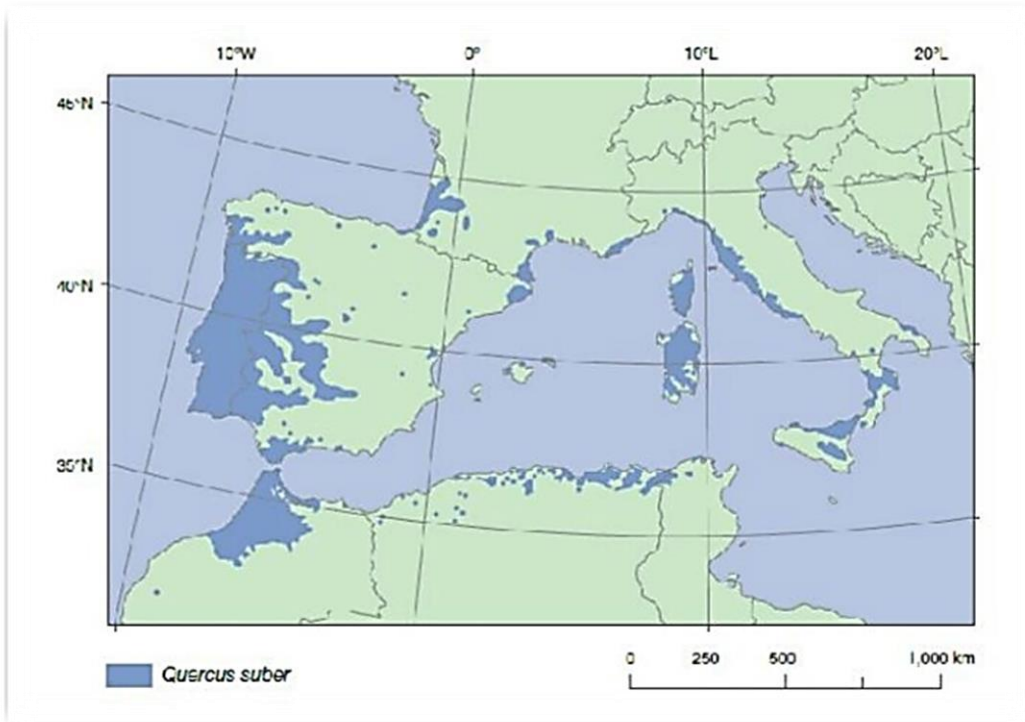


Figure 2 : Aire de répartition du chêne liège dans le monde (Eriksson et al., 2015)

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

Tableau 1 : Superficie(ha) des subéraies selon différents auteurs.

Sources Pays	Piazzetta (2005)	SILVA et CATRY (2006)	DGF (2007)	KAROUANE (2008)	APCOR (2012)
Portugal	860 000	730 000	736 700	725 000	715 922
Espagne	725 000	500 000	506 000	510 000	574 248
Algérie	375 000	410 000	414 000	460 000	230 000
Maroc	440 000	340 000	345 000	198 000	383 120
Tunisie	144 000	99 000	92 000	60 000	85 771
Italie	99 000	90 000	92 000	22 500	64 800
France	44 000	100 000	92 000	22 000	65 228
Total	2 687 000	2 269 000	2 277 700	2 200 000	2 119 089

Les chiffres restent tout de même aléatoires selon leurs sources, mais on voit que le Portugal et l'Espagne détiennent la moitié de la subéraie mondiale.

1.4.2-En Algérie

Les subéraies en Algérie sont inégalement réparties au nord du territoire ; elles sont plus présentes à l'Est principalement dans des bioclimats subhumides à humide (Nedjahi, 2010). Elles se présentent en massifs continus sur tout le long de la zone littorale orientale.

L'Algérie recèle une superficie appréciable de 410 000 hectares selon les estimations données par Silva et Carty en 2006.

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

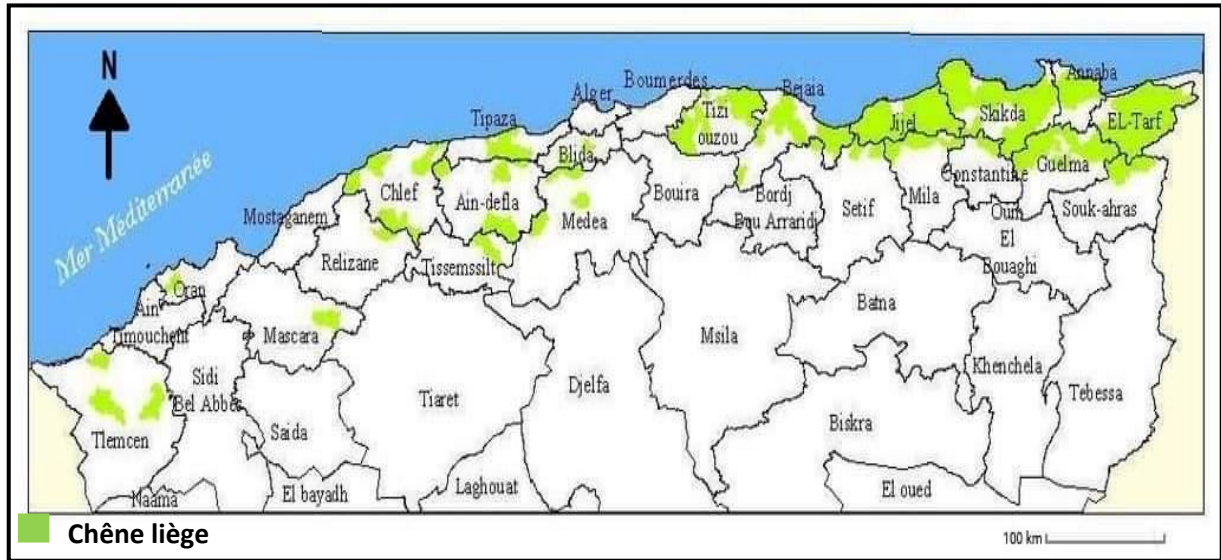


Figure 3 : Aire de répartition du chêne liège en Algérie (DGF, 2003 in Ouelmouhoub, 2005).

Tableau 2 : Evolution de la superficie totale des subéraies en Algérie de 2000 à 2011.

Années / Sources	2000 (RNF)	2002 (DGF)	2007 (DGF)	2009 (DGF)	2010 (Lei)	2011 (EFI)
Superficie (ha)	229 000	358 048	230 000	359 498	414 000	230 000

(Ferka Zazou, 2006 ; ARFA, 2008)

1.5- Exigences écologiques

Ce sont les facteurs édaphiques et surtout climatiques qui déterminent la présence et l'abondance du chêne-liège.

1.5.1- Exigences climatiques :

➤ Pluviométrie et humidité

D'un point de vue climatique cette essence tolère une grande variation des précipitations et de températures (Sauvage, 1961).

Le chêne liège exige une pluviométrie allant de 500 à 1200 millimètres par an (Maire, 1926 ; Allili, 1983) et au minimum entre 400 et 600 mm par an.

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

Le chêne-liège exige une humidité de l'air élevée, d'au moins 60 % en moyenne, ce qui lui permet de compenser partiellement le déficit pluviométrique de la saison estivale sèche (Boudy, 1950 ; Jacamon, 1987 ; Vignes, 1990 ; Goumand et Peyre, 1992).

➤ **Température**

C'est une espèce héliophile de pleine lumière, exigeant une forte insolation, et une température moyenne douce entre 13°C et 19°C avec des minimas qui ne dépassent pas les -9°C (Boudy, 1950 ; Ghouil et al, 2003), l'arbre peut supporter de fortes chaleurs occasionnelles, 35°C à 40°C (Bouhraoua, 2003). Il redoute cependant le froid persistant (les gelées) et a besoin d'une période de sécheresse en été pour prospérer.

1.5.2- Exigences altitudinales

L'optimum écologique de cette espèce se trouve donc satisfait dans les étages bioclimatiques méditerranéens subhumide, humide et même per humide à hivers tempéré ou chaud, à partir du niveau de la mer et jusqu'à 2000m d'altitude, mais avec un optimum de croissance allant à 600m avec une exposition Nord, Nord-Est, Nord-Ouest ou une exposition Est (Richard, 1987), mais au-delà de 600 m, il s'accommode plutôt avec des expositions chaudes donc Sud (Bouchafra et Fraval, 1991). Par contre, il est à sa limite écologique inférieure dans l'étage semi-aride.

1.5.3- Exigences édaphiques

D'un point de vue édaphique le chêne-liège présente une grande exigence, étant une espèce calcifuge. Il ne tolère ni les sols argileux ni la présence des chlorures. Il se plaît sur tous les substrats siliceux et acides (schistes, grès, gneiss, granite). Il tolère des sols peu fertiles, superficiels ou lourds, mais recherche plutôt des textures légères (sable), bien aérées et drainées, riches en matières organiques (Veillon, 1998).

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

1.6- Les peuplements de chêne liège

La subéraie est caractérisée par l'abondance de nombreux végétaux calcifuges (Amandier, 2004). En Algérie le chêne liège forme généralement des peuplements purs. Il peut être mélangé avec d'autres essences selon l'altitude, l'exposition, le climat et la nature de sol. La présence de certaines essences à caractère envahissant constitue cependant une sérieuse menace pour le chêne liège (Dehane, 2012).

Letreuch-Belarouci (1991) in Fatmi (2015), souligne que les peuplements forment d'habitude un étage dominant quand les arbres sont assez espacés. Ils s'implantent alors en sous-bois dense, d'une hauteur pouvant atteindre 4 m. On y rencontre presque toujours *Erica arborea. L* et divers cistes associés à des lianes.

1.7-Cortège floristique de chêne liège

Le chêne liège se mélange habituellement au chêne vert, au Pin maritime, au Pin d'Alep et voire même à l'olivier et au Cèdre (Boudy, 1952 ; Puyo, 2006) et se caractérise par une végétation accompagnatrice composée essentiellement de : bruyère arborescente (*Erica arborea*), bruyère à balais (*Erica scoparia*), arbousier (*Arbutus unedo*), calycotome épineux (*Calycotome spinosa*), ciste à feuille de sauge (*Cistus saliviae folius*), le ciste de Montpellier (*Cistus monspeliensis*), cytise à trois fleurs (*Cytisus triflorus*).....etc.

1.8-Les causes de dépérissement des subéraies

Les problèmes sanitaires des subéraies Algériennes remontent au début du 21^{ème} siècle suite à l'apparition du phénomène de dépérissement, surtout au centre et même à l'ouest sur des jeunes sujets (moins de 15 ans) et des arbres adultes.

Actuellement la majorité des subéraies se trouvent dans un état déplorable et une grande partie est vouée encore à disparaître (Messaoudene, 2000).

Les facteurs impliqués dans le dépérissement de chêne liège sont :

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

- **Les facteurs prédisposant** : vieillissement, stations sèches, incendies.
- **Les facteurs déclenchants** : stress thermique, déficit hydrique, défoliations de bombyx et démasclages en période défavorable.
- **Les facteurs aggravants** : autres défoliateurs, blessures de levées, attaques d'insectes xylophages, parasites de faiblesse (charbon de la mère).

1.9-Les ennemies du chêne liège

La dégradation des peuplements du chêne liège dans son aire naturelle est due à nombreux facteurs dont les principaux sont:

1.9.1-Les incendies

Le facteur de dégradation le plus redoutable de la forêt algérienne méditerranéenne est, sans conteste, l'incendie (Madaoui, 2002 ; Missouni et al., 2002).

La Direction générale des forêts (DGF) avance en effet le chiffre de 200 000 ha de forêts de chêne-liège ravagées par le feu sur la période 1985-2012, soit une surface moyenne annuelle de près de 7 400 ha, avec trois pics notables en 1994 (63 000 ha), 1990 (15 000 ha) et 2012 (17000ha).

1.9.2-Les insectes

Les principaux insectes qui attaquent le chêne liège appartiennent à l'ordre des coléoptères comme le grand capricorne (*Cerambyx cerdo. L*), qui attaque le bois du tronc et des branches. Les lépidoptères comme le bombyx disparate (*Lymantria dispar. L*) et la tordeuse verte (*Tortrix viridana*), qui attaquent les feuilles et les bourgeons ; nous pouvons citer également le carpocapse des glands (*Cydia fagiglandana*), et la fourmi du liège (*Crematogaster scutellaris*).

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

1.9.3-Les champignons

Les principaux champignons qui attaquent le chêne liège sont : la truffe, *Armillaria* champignon bactériomycète parasitant les racines et *Diplodia mutila* attaque les arbres blessés lors du démasclage.

1.9.4-Le surpâturage

Le surpâturage est devenu au cours de ces dernières décennies l'un des facteurs les plus marquants de la dégradation des subéraies, à cause de la charge excessive en bétail exercée sur la forêt (Letreuch-Belarouci, 2000 ; Sebei et al, 2001 ; Hasnaoui et al, 2006). Il entraîne des conséquences graves à la fois mécaniques (tassement du sol, asphyxie des racines) et écologiques ; modification de la composition floristique des groupements végétaux et la régression de certains taxons voire même leur disparition (Bouazza et Benabadji, 1998). Le pâturage intensif est donc la cause principale de l'évolution des espaces forestiers vers parfois les formations matorrals (Bouazza et al., 2001).

1.9.5-Les changements climatiques

Le fonctionnement éco physiologique du chêne liège est fortement affecté par ces différents bouleversements climatiques comme en atteste les travaux de (Ghouil et al, 2003 ; Haldimann et Feller, 2004) qui traitent l'effet de la température sur les mécanismes photosynthétiques du chêne liège.

Avec des conditions climatiques extrêmes, il est plus prudent de ne pas lever le liège car on risquerait d'endommager de manière irréversible les arbres. Il est fortement déconseillé d'écorder les jours de forte pluie, les ruissellements d'eau sur le tronc fraîchement mis à nu auraient pour l'effet de lessiver les tanins qui assurent une protection des tissus. Les blessures de la levée peuvent être mineures, mais également mortelles (Cantat et Piazzetta, 2005).

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

1.10- Importance des subéraies

Partout dans le monde, les subéraies ont toujours occupé une importante place sur le plan socio-économique. En effet, elles offrent des services très divers, écologique, sylvicole, cynégétique, apicole, pastoral et touristique. (Bouchaour-Djabeur, 2001).

Mais généralement le chêne liège est exploité pour son écorce (liège) qui est destiné à la fabrication des bouchons, des panneaux d'agglomérés et d'isolation, pour la décoration et le revêtement et article divers. Il contient aussi du tanin utilisé dans l'industrie de tannage et son bois sert à la fabrication des traverses de chemin de fer, et de tonneaux et autres usages en menuiserie.

Les subéraies jouent aussi un rôle important dans la fixation du carbone, la protection contre l'érosion, la préservation de la nature, etc. (Chebil et Daly, 2006). De même, sur le plan social, la subéraie offre un marché d'emploi, et participe à l'amélioration du niveau de vie de la population riveraine.

1.11- La subériculture et la sylviculture

En raison du tempérament relativement délicat du chêne-liège, les traitements qui se sont affirmés au cours des temps, se présentent sous deux aspects différents et presque indépendants l'un de l'autre : la sylviculture et la subériculture (Bouchaour-Djabeur, 2016).

La subériculture a pour objectif la mise en valeur et la récolte du liège en quantité et en qualité sans pour autant provoquer le déséquilibre sanitaire de l'arbre, c'est en d'autres termes « une exploitation industrielle » (Bouchaour-Djabeur, 2016), elle comporte deux phases successives : démasclage et le déliègeage.

La sylviculture a pour objectif d'assurer le renouvellement et la pérennité des peuplements en leur appliquant les traitements culturaux nécessaires (les éclaircies,

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

le débroussaillage et l'élagage); et veiller à produire des arbres qui à tout âge ne sont pas gênés par une trop forte densité. (Yessad, 2000).

En Algérie, où la culture du chêne-liège peut-être qualifiée d'extensive, les interventions qu'il convient de pratiquer sont celles de la sylviculture ordinaire (Saccardy, 1938). Elle comprend deux principaux aspects : les opérations sylvicoles et l'aménagement.

2-Généralités sur le liège

2.1-Le liège

C'est un tissu végétal qui revête l'écorce du chêne liège (*Quercus suber* L). Il constitue, vers l'extérieur une couche protectrice par excellence des parties internes vivantes de l'arbre contre toutes les agressions externes (attaques parasitaires, incendies...) (Boudy, 1950 ; Amandier, 2004 ; Arnaudies et Piazzetta, 2006).

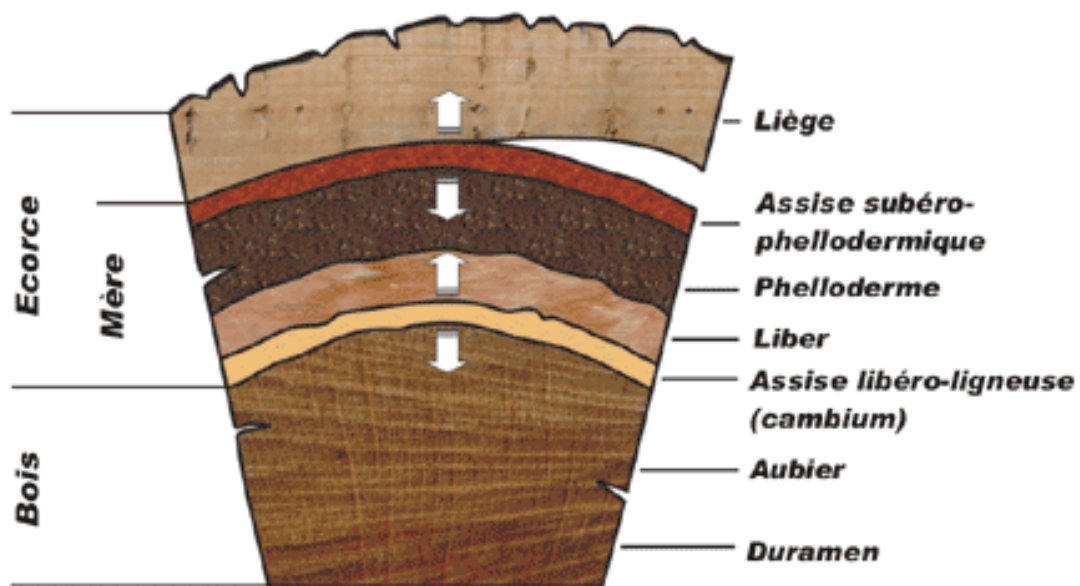


Figure 4 : Formation du liège (Cantat et Piazzetta, 2005).

2.2-Types de liège

➤ Le liège mâle

C'est l'enveloppe originelle du tronc, branches et des racines non enterrées du chêne liège. L'écorce ne prend son aspect liégeux qu'à partir de la 2ème ou la 3ème année et elle guidera toute la vie de l'arbre du chêne liège si on ne le levait pas (Boudy, 1950). Cette écorce est dite, liège mâle ou naturel ou vierge (Natividade, 1956 ; Margot, 2006). Il est impropre à toutes utilisations industrielles, sauf à la trituration pour la fabrication des panneaux d'isolation, car il est trop crevassé, dur,

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

lourd, hétérogène, compact et moins élastique (Boudy, 1952 ; Natividade, 1956 ; Vignes, 1990).

L'opération de récolte du liège vierge est appelée « démasclage » ou « mise en valeur ». Elle est effectuée sur des sujets âgés de 25 à 40 ans, ce qui correspond à une circonférence de 60 à 70 cm. Cette opération est appliquée une seule fois dans la vie de l'arbre, elle a pour but de fournir un autre type de liège d'une qualité améliorée dit « liège de reproduction » (Boudy, 1952 ; Ben M'hamed, 2000 ; Bouhraoua, 2003).

➤ **Le liège femelle ou liège de reproduction**

Après la mise en valeur de l'arbre, une 2ème couche plus fine et plus souple se produit grâce à la régénération du phellogène. Elle est appelée liège femelle ou liège de reproduction (Boudy, 1950 ; Natividade, 1956 ; Ben M'hamed, 2000).

Le liège de reproduction est caractérisé par une structure analogue à celle du liège mâle, mais ses propriétés vont en s'améliorant à partir de la 3ème récolte (Boudy, 1950 ; Natividade, 1956). Son écorce est moins crevassée d'une couleur grise, très recherchée dans plusieurs domaines industriels, grâce à sa souplesse, élasticité, imperméabilité, inconductibilité thermique et acoustique (Boudy, 1950 ; Natividade, 1956 ; Lombardini et al, 2005 ; Arnaudies et Piazzetta, 2006 ; Varela, 2008).

Le liège de reproduction est récolté périodiquement de l'arbre dès qu'il atteint 27-30 mm, ce qui correspond à l'épaisseur commerciale. Pour cela, plusieurs opérations de récolte peuvent être effectuées sur le même arbre, estimée en moyenne de 6 à 9 récoltes voire 15 récoltes au maximum (Natividade, 1956 ; Caritat et al., 2000 ; Costa et Oliveira, 2001 ; Arnaudies et Piazzetta, 2006).

2.3- Les accroissements du liège

Les accroissements annuels du liège sont formés par l'assise subero-phellodermique, vers l'extérieur de l'arbre au cours de la période végétative. En générale, le cycle végétatif complet de production du liège s'étend sur une période de 6 mois environ. Il va du fin mars-début avril jusqu'au mois d'octobre-début novembre (Natividade, 1956 ; Caritat et al, 2000). Cette tendance saisonnière de la croissance est affectée ainsi par l'âge de l'arbre.

Les accroissements du liège mâle sont sensiblement plus faibles que ceux du liège de reproduction, ne dépassant guère 1 mm/an (Boudy, 1950).

La production annuelle du liège se divise en quatre phases successives varient selon la région (Costa et Oliveira, 2001 ; Costa et al, 2002 et Dehane, 2006):

- **Phase printanière** : elle débute de mi-mars ou début-avril jusqu'au fin-mai, se caractérise par une grande activité du phellogène,
- **Phase estivale** : elle s'étale de juin à mi-août, caractérisée par une croissance lente,
- **Phase automnale** : elle s'étale de fin août-début septembre jusqu'à la fin octobre, elle est ainsi caractérisée par une croissance lente.
- **Phase de repos** : elle s'étale de novembre à mi-mars, caractérisée par l'arrêt de l'activité du phellogène.

2.4-Qualité de liège

La qualité du liège dépend de 3 critères à savoir l'épaisseur du liège, la porosité et la présence des défauts (Ferreira et al, 2000). Mais le critère épaisseur du liège est déterminant, car il définit l'utilisation et la valeur industrielle du liège. Le bouchon naturel en liège est le produit le plus valorisé et constitue la base de l'industrie de la transformation du liège (Pereira, 2007). Donc, le bouchonnage est le principal et le plus valorisé débouché des planches du liège.

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

Actuellement en Algérie, le liège est réparti en 7 catégories destinées chacune à un usage déterminé (Amara, 2015) (Tableau 3)

Tableau 3 : Répartition du calibre de liège selon l'usage en Algérie

Catégories	Type du liège	Epaisseur (mm)	%	Utilisation connue
1	Sur épais	> 54	0.2	Bouchons pour cruches
2	Epais	46 à 54	0.8	Gros bouchons, spécialités
3	Limonade	40 à 45	1	
4	Régulier	32 à 39	7	Bouchons standards
5	Juste	27 à 31	6	petits bouchons
6	Mince	22 à 26	4	Rondelles
7	Flotte	< 21	1	Planchettes

(OUGHLLIS, 1992 in AMARA, 2015)

2.5- Production du liège

2.5.1-Production mondiale

La production mondiale de liège atteint annuellement des valeurs proches des 300 milles tonnes par an ; 52% est de provenance portugaise ce qui le place comme leader du secteur entre les principaux pays producteurs (Doumene, 2004). L'Algérie occupe le quatrième rang des pays producteurs de liège avec 5% de la production mondiale (Tableau 2), mais loin derrière le Portugal, l'Espagne et l'Italie. (Doumene, 2004 ; FOSA, 2007 ; Aracil, 2008 ; Ben Jamâa et Nouiui, 2008 ; APCOR, 2009).

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

Tableau 4: Production moyenne annuelle mondiale

Pays	Production moyenne annuelle (Tonne)	Pourcentage (%)
Portugal	157.000	52.5
Espagne	88.400	29.5
Italie	17.000	5.5
Algérie	15.000	5.2
Maroc	11.000	3.7
Tunisie	7.500	2.5
France	3.400	1.1
Total	299.300	100

(APCOR,2009)

2.5.2- Production nationale

Pendant la période coloniale, l'Algérie était le second producteur de liège après le Portugal, où elle était le premier exportateur de liège vers l'Europe, avec une production moyenne de 350 000 à 450 000 qx/an. Toutefois, cette production a subi de graves fluctuations en raison des causes de nature historique (Chenel, 1951).

Après l'indépendance, la production du liège a ainsi connu de fortes fluctuations annuelles, avec une nette tendance régressive, surtout durant la dernière décennie.

En effet, pendant les années 1980 la production a baissé pour atteindre environ 20 000 à 25 000 tonnes de liège par an, en occupant le 3^{ème} rang des pays producteur après l'Espagne avec 16% de la production mondiale. Cette baisse de production a continué durant les années 1990 avec une moyenne de 15.000 tonnes à cause de plusieurs contraintes suite de la conjoncture sécuritaire qu'a connue l'Algérie durant la décennie noire (Berrahmouni, 2009).

Ces dernières années, l'Algérie a perdu sa place pour se retrouver en bas de la liste, avec une production estimée au-dessous de 100 000 qx/an. En 2015, la production algérienne n'a pas dépassé les 60 000 quintaux ce qui représente 4% de la production mondiale. Elle englobe le liège de reproduction en plaque (60%), liège

Chapitre I : Monographie sur le chêne liège et le liège

mâle en plaque (15 %) et liège en morceaux (25 %) (FOSA, 2007 ; Berrahmouni, 2009 ; DGF, 2016).

Chapitre II : Matériel et méthodes

1-Description de la zone d'étude

La wilaya de Tizi Ouzou renferme 112 000 ha de surface forestière (Chenoune. O ; 2005) soit un taux d'occupation d'environ 39% de la surface totale, dont 48 000 ha de forêts et 64 000 ha de maquis. Les forêts de chêne-liège de Tizi Ouzou sont estimées à 23 100 ha.

Les subéraies, objets de notre travail, sont localisées dans plusieurs massifs forestiers, dont ceux de Béni-Ghobri et Tamgout qui nous intéressent présentement.

1.1-La forêt domaniale de Béni-Ghobri

1.1.1-La situation géographique et administrative

La forêt domaniale de Béni-Ghobri couvre une superficie montagneuse de 5 710 ha, dont 1 750 ha de chêne liège, 300 ha de chêne-zeen et 875 ha de mélange entre chêne liège et chêne-zeen, ainsi d'une superficie de 675 ha en maquis, répartie sur 28 cantons.

Elle se trouve à 40 Km à l'Est de Tizi Ouzou, avec des altitudes allant de 280m (Tizi Bouchen) à 1340m (Djebel Afroun). La forêt de Béni-Ghobri, au statut juridique domaniale, dépend administrativement de la conservation de la wilaya de Tizi Ouzou et de la circonscription des forêts de la daïra d'Azazga.

► Elle est délimitée :

-Au nord par une ligne de Crête la séparant de la forêt de Tamgout:

-À l'ouest par la ville d'Azazga,

-À l'est par la forêt de l'Akfadou et l'oued d'Acif El Hamam

Chapitre II : Matériel et méthodes

-Au sud par les villages Cheurfa et Assiakh Bouadda.

► Ces coordonnées géographiques sont :

36°42 à 36°47, latitude Nord

4°22 à 4°24, longitude Est.



Figure 5 : Découpage administrative de la Wilaya de Tizi-Ouzou
(D.P.A.T DE Tizi Ouzou, 2005, Modifiée)

1.1.2- Géologie, sol, et topographie

Le cadre topographique de la région de Béni- Ghobri est formé par la disposition du volume montagneux de la rive droite du haut SEBAOU, mise en valeur par la tectonique récente et par la profonde taille du réseau hydrographique (Benhassaine, 1980).

D'un point de vue morfo structural, la région de Béni- Ghobri forme un chaînon de montagne orienté nord-ouest / sud- Est, qui se raccorde par sa partie

Chapitre II : Matériel et méthodes

septentrionale à la chaîne littorale au Djebel TAMGOUT et par sa partie sud- Est au chaînon de l'AKFADOU.

La topographie de la région se distingue par deux unités géomorphologiques majeures à savoir, les glacis et les versants. Ces derniers occupent une superficie importante de la forêt (2/3 environ), notamment dans ces parties centrales et orientales. La partie occidentale est particulièrement occupée par les glacis dont l'existence semble être liée (Benhassaine, 1980), à celle des sommets de grès numidien épais qui les alimentent continuellement en matériaux.

Selon Gelard, 1978, le massif forestier de Béni- Ghobri repose sur trois types de substratum géologiques :

- Les grès numidiens, dominant et occupant toutes les crêtes.
- Les argiles sous numidiennes de l'oligocène.
- Les flyschs à microbrèche du Sénonien

D'un point de vue pédologique, les sols sont des sols lessivés, acides par endroits. La texture est limono-sableuse en surface pour les sols lessivés acides. Elle devient argileuse au niveau de l'horizon illuvial. Pour les sols iso humiques la texture est argileuse en surface et limono-argileuse en profondeur (Ganoun et Oumokrane, 1997).

En se basant sur l'étude pédologique précédente faite par Ait Si Slimane Ferhat et Chabane Ali, dans leur travail de mémoire de fin d'étude en 2018, et sur nos observations personnelles sur le terrain, nous avons abouti à la synthèse suivante :

L'étude de profil réalisé au niveau de la parcelle expérimentale d'Ain-el-Anseur dans la région de Yakouren a montré que le sol de cette zone est un sol très profond, à trois horizons de type ; A, B et BT. Dans l'ensemble de profil, la texture limoneux-argileux domine au niveau de l'horizon supérieur A, passant à

Chapitre II : Matériel et méthodes

l'argileux-limoneux pour l'horizon de transition et enfin devenant argileux dans l'horizon BT.

Sa structure est grumeleuse, qui assure une grande facilité de circulation d'eau, donc un bon drainage d'eaux, une bonne aération des racines et leurs pénétrations profondes, et la meilleure exploitation par ces dernières des ressources nutritives du sol.

D'après cette étude, le sol de la région de Yakouren est un sol fertile car il est riche en matière organique, provenant essentiellement de la flore qui est sur place.

La décomposition de la matière organique est indiquée par le rapport Carbone/Azote (C/N). Pour notre zone d'étude la décomposition de la matière organique au niveau de l'horizon A est lente, mais l'humus obtenu est plus stable. Par contre au niveau de l'horizon BT, on a une bonne décomposition de la matière organique.

En fin, la mesure de pH au niveau des trois horizons de profil réalisé, a montré que le sol de la subéraie de Yakouren est un sol acide avec une valeur moyenne de 6.6.

1.1.3- La végétation

La forêt de Béni-Ghobri est constituée de trois strates ; arborescente, arbustive et herbacée :

❖ Strate arborescente

Cette strate est composée essentiellement de chêne liège (*Quercus suber*), de chêne afares (*Quercus afares*) et de chêne zeen (*Quercus canariensis*), ces trois espèces arborescentes sont souvent en mélange, elles se présentent sous forme de futaie.

Chapitre II : Matériel et méthodes

❖ Strate arbustive

Elle est très dense et très développée en peuplements de chêne liège pur et s'amointrit en peuplement mixte. Le sous-bois diffère d'une station à une autre selon : l'exposition, l'altitude, la structure et la densité des peuplements. Cette strate est généralement composée de : *Erica arborea* (Bruyère), *Rubus ulmifolius* (Ronce), *Cytisus triflorus* (Cytise) et *Arbutus unedo* (Arbousier).

❖ Strate herbacée

Cette strate est réduite à cause de l'importance du sous-bois qui couvre le sol. Les espèces rencontrées sont généralement des graminées telles que : *Saturga vulgaris*, *Brachypodium sylvaticum*, *Ficaria verna*, *Daphne gnidium*, ect.

En se basant sur nos observations sur terrain et les inventaires floristiques prédictants réalisés dans la région de Yakouren ; inventaire de Chenoune (1991) dans son mémoire d'ingénieur (dont la zone d'investigation correspond à nos stations 1et 3 de notre travail : S1 et S2) et l'inventaire de Ait Si Slimane Ferhat et Chabane Ali (2018) dans leur travail de mémoire de fin d'étude (dont la zone d'inventaire est limitrophe à notre station1 de notre travail : S1) , nous avons synthétisé les résultats de l'étude végétative de la région de Yakouren :

Dans l'inventaire de Chenoune (1991), l'étude a été réalisée au sein des parcelles expérimentales de Yakouren. Cette étude a inclus 79 espèces de différentes familles, a fait ressortir que les *astéracées* sont les plus abondants avec 9 espèces (11.68%), suivi des *poacées* et *rosacées* avec 7espèces pour chaque familles (9.99%), puis les *lamiacées* et *fabacées* avec 5 espèces chacune (6.49%) et le reste des familles sont représentées par 3 espèces ou moins.

Le spectre biologique étudié par Chenoune (1991) montre une dominance des thérophytes (34%), suivi des hemicryptophytes (26%), puis les

Chapitre II : Matériel et méthodes

phanérophytes (21%) et les géophytes et chamaephytes constituent respectivement 17% et 2% (Figure16).

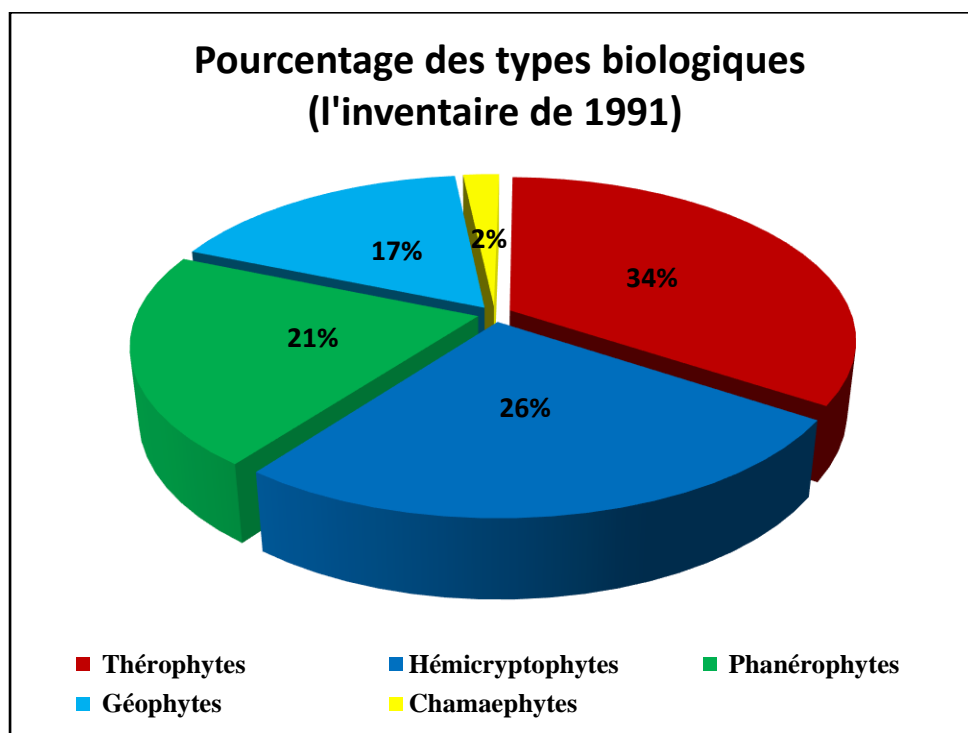
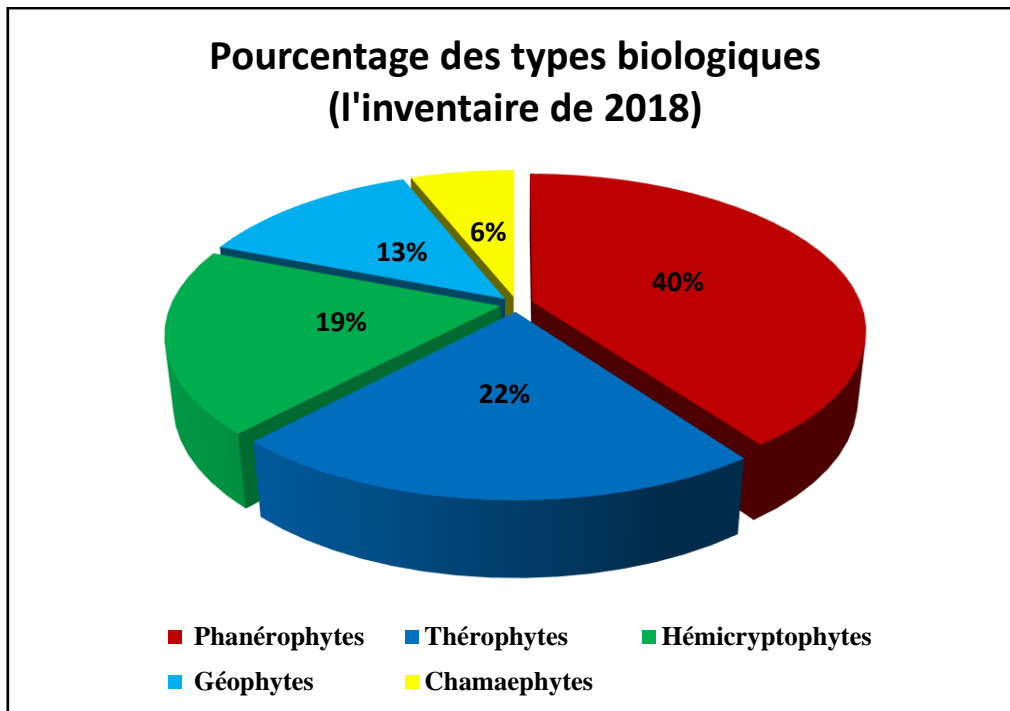


Figure 6 : Pourcentage des types biologiques (Chenoune, 1991)

L'inventaire de Ait Si Slimane Ferhat et Chabane Ali (2018), a été réalisé dans la parcelle expérimentale d'Ain-el-Anseur. L'étude a inclus 53 espèces végétales sur 31 familles différentes (*apiécées, poacées, oléacées...*), cependant certaines familles sont plus dominantes que d'autres tel les astéracées et rosacées avec un pourcentage de 11.32%, suivi des fabacées avec 5.66%.

Concernant les types biologiques, ils sont caractérisés par une forte dominance des phanérophytes (40%), suivi des thérophytes (22%), puis les hémicryptophytes avec 19%, les géophytes avec 13% et les chamaephytes avec 6% (Figure17).

Chapitre II : Matériel et méthodes



**Figure 7 : Pourcentage des types biologiques
(Ait Si Slimane Ferhat et Chabane Ali, 2018)**

En comparant entre les deux inventaires précédents, un seul changement dans l'agencement peut être remarquer concernant les phanérophytes qui dominant dans l'étude de 2018 par rapport à la dominance des thérophytes dans l'étude de 1991. Et on remarque aussi que les familles les plus représentées dans les deux inventaires sont : *astéracées*, *fabacées*, *rosacées* et *poacées*.

L'analyse de cortège floristique de la région de Yakouren, a révélé la présence d'une végétation riche et diversifié. Son spectre biologique est de type de PH > TH > HE > GE > CH selon les résultats de l'inventaire fait en 2018.

1.2-La forêt domaniale de Tamgout

1.2.1-La situation géographique et administrative

La forêt domaniale de Tamgout se situe dans la wilaya de Tizi Ouzou, dans la commune d'Aghrib, rattachée à la circonscription d'Azzefoun. Elle s'étale sur 3 698ha, répartie sur 18 cantons dont celui d'Arerib où a été menée notre étude.

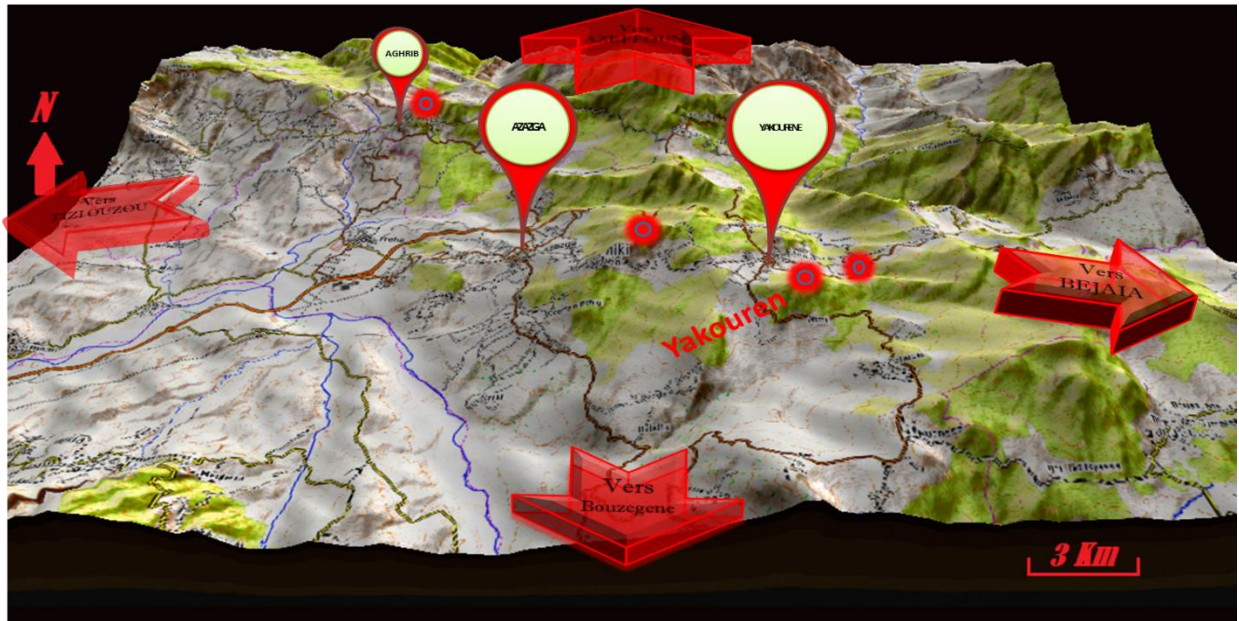


Figure 8 : Carte géographique présentant la position de nos quatre stations dans les subécoles de Yakouren et d'Aghrib (Original, 2019)

1.2.2- sol, et topographie

Le massif forestier de Tamgout présente une succession de lignes de crêtes à diverses orientations et un relief accidenté dont les pentes moyennes varient de 10% à 45% (Metna, 2003). C'est surtout les versants Nord et Nord-Ouest qui dominent.

De point de vue pédologique la forêt de Tamgout se caractérise par des sols bruns lessivés peu profonds, reposant sur un substrat géologique d'éboulis de grès (Gelard, 1978).

1.2.3-La végétation

On rencontre dans ce massif une végétation arborescente constituée principalement de chêne liège (2218.8ha), de chêne zeen (1109.4ha) et de chêne afaras (36.98ha), accompagné d'un sous-bois clair.

Chapitre II : Matériel et méthodes

1.3-Synthèse climatique des deux zones d'études Béni-Ghobri (Yakouren) et Tamgout (Aghrib)

Le climat joue un rôle considérable dans le développement des essences forestières. Seigue, 1985 affirme que la bonne connaissance du climat nous renseigne directement sur l'état et la structure de la forêt. Les précipitations et les températures sont les éléments climatiques les plus importants de telle sorte que certains auteurs distinguent les climats à partir de ces deux paramètres (Quezel, 1976).

L'absence des données climatiques récentes et continues pour nos zones d'étude, nous a obligé à faire une synthèse climatique, en se basant sur les anciens travaux. Les données de Messaoudene, 1989 pour Yakouren et de Laribi, 2000 pour Aghrib.

1.3.1-Le climat de Yakouren

Le climat de la région de Béni-Ghobri (Yakouren) est caractérisé par une pluviométrie moyenne de 1205 mm pour la période (1920-1984) (Messaoudene, 1989).

Pour Messaoudene, 1989 l'analyse des données pluviométriques montre que les plus fortes chutes des pluies sont enregistrées durant le mois de décembre, avec 223 mm. Le mois le plus sec est le mois de Juillet, avec seulement 5mm.

Selon Peguy, 1970 ; l'année pluviométrique peut être subdivisée en quatre saisons : Automne (septembre à novembre), hiver (décembre à février), printemps (mars à mai) et été (juin à aout). Le même auteur signale que la réduction de douze valeurs mensuelles à quatre valeurs saisonnières, et l'arrangement de ces dernières par ordre décroissant nous donne le type de régime.

D'après Messaoudene, 1989 ; le régime pluviométrique saisonnier de Yakouren est de type H.A.P.E (Hiver, Automne, Printemps et été).

Chapitre II : Matériel et méthodes

Selon Messaoudene, 1989 ; les températures minimums et les maximums pour la région de Yakouren sont de l'ordre de $m=4.12^{\circ}\text{C}$ à 19.22°C et de $M=9.64^{\circ}\text{C}$ à 29.14°C , avec une période sèche qui s'étend de début juin jusqu'à mi-septembre.

Pour caractériser un bioclimat, Emberger, 1930 in Derridj, 1990 a établi un quotient pluviométrique (Q2) qui représente le rapport entre les précipitations moyennes annuelles et les températures moyennes.

Ainsi pour la région de Yakouren, le Q2 calculé par Messaoudene, 1989 est de **156.21** avec $P= 1205$ mm, $M= 29.14^{\circ}\text{C}$ et $m=4.12^{\circ}\text{C}$. Ce quotient pluviométrique montre que la forêt de Beni-Ghobri se situe dans le **bioclimat humide à hiver tempéré**.

1.3.2-Le climat d'Aghrib

Le climat de la région de Tamgout (Aghrib) est caractérisé par une tranche pluviométrique de 1001 mm (Laribi, 2000).

Selon Laribi, 2000 ; l'analyse des données pluviométriques de Aghrib montre que les plus fortes chutes des pluies sont enregistrées durant le mois de décembre avec 205.31 mm. Le mois le plus sec est le mois de Juillet, avec seulement 3.78mm de pluies. Son régime pluviométrique saisonnier est de type H.P.A.E.

D'après le climagramme d'Emberger (Quezel, 1974 in Zeraia, 1981) la région d'Aghrib se situe dans **le bioclimat humide à hiver tempéré** avec un quotient pluviométrique **Q2= 120**.

Donc nos deux zones d'étude Aghrib et Béni-Ghobri se situe dans l'étage bioclimatique humide à hiver tempéré, où se cantonne la majeure partie de la subéraie algérienne, et dont les conditions climatiques sont favorables au bon développement du chêne liège.

Chapitre II : Matériel et méthodes

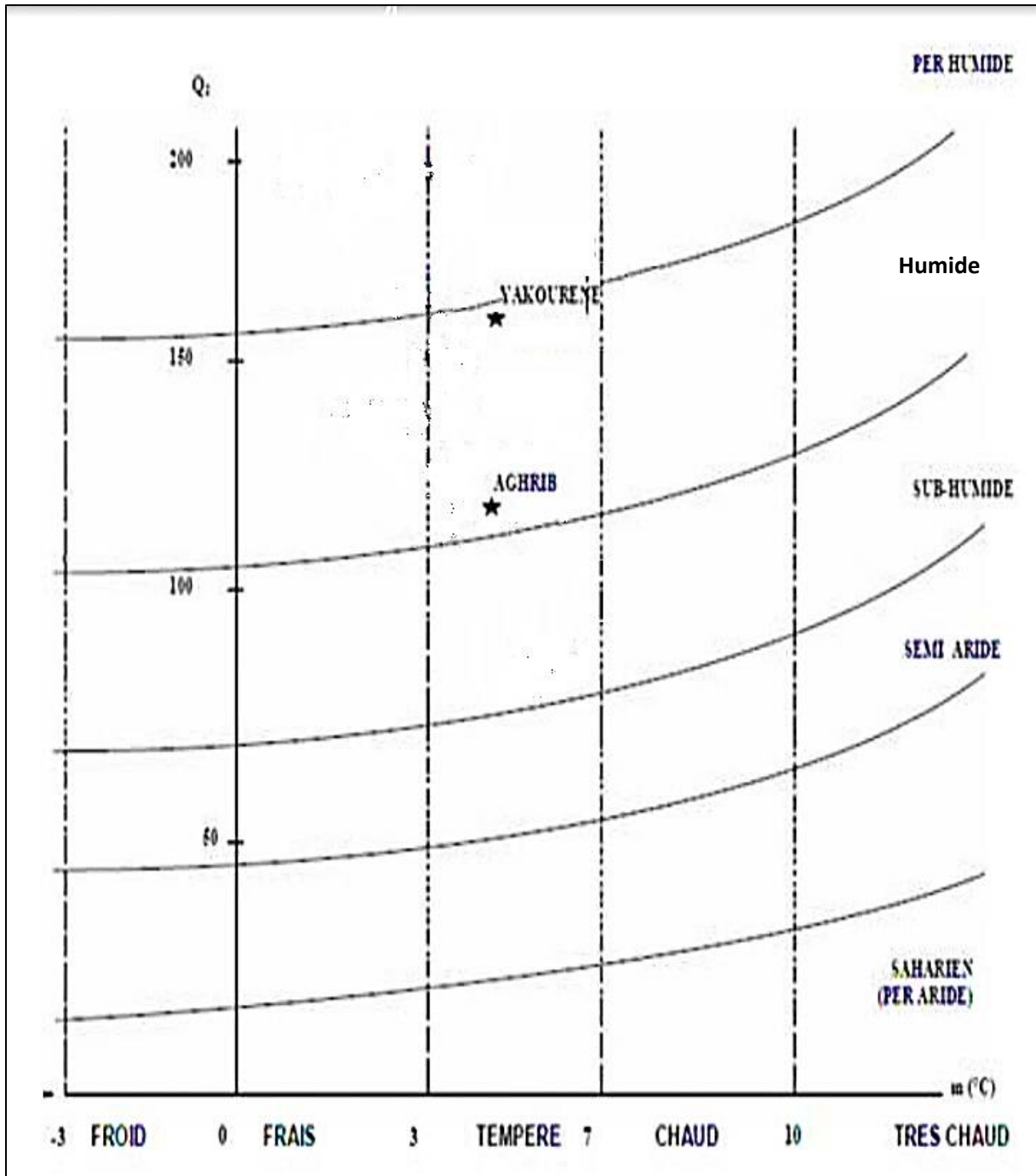


Figure 9 : Climagramme d'Emberger pour la région de Yakouren (Messaoudene,1986) et Aghrib (Laribi, 2000)

Chapitre II : Matériel et méthodes

1.4-Localisation des stations d'échantillonnage

Les stations retenues pour cette étude correspondent à trois stations de la forêt de Béni-Ghobri (S1, S2 et S4) et une station de la forêt de Tamgout (S3). Nous avons à l'aide d'un GPS, localisé chacune d'elles et dont les coordonnées géographiques sont résumées dans le tableau suivant :

Chapitre II : Matériel et méthodes

Tableau 5 : Coordonnées géographiques des centres de chaque placette de nos quatre stations étudiées.

Stations	Lieu-dit :	Placettes	LAT HEMI	LAT DEG	LAT MIN	LAT SEC	LONG HEMI	LONG DEG	LONG MIN	LONG SEC	LAT DD	LON DD	ALT (m)
S1	Ain-el- anser	S1P1	N	36	45	7.8	S	4	24	33.6	36.752167	4.409333	663.6
		S1P2	N	36	45	7.8	S	4	24	32.2	36.752167	4.408944	660.6
		S1P3	N	36	45	8.4	S	4	24	30.2	36.752333	4.408389	658.9
S2	Eghzare Zagaghane	S2P1	N	36	43	58.3	S	4	27	44.6	36.732861	4.462389	680.2
		S2P2	N	36	43	57	S	4	27	42.4	36.7325	4.461778	679.6
		S2P3	N	36	43	59.1	S	4	27	46.3	36.733083	4.462861	682.9
S3	Arireb	S3P1	N	36	48	51.1	S	4	19	42.5	36.814194	4.328472	772
		S3P2	N	36	48	51	S	4	19	40.4	36.814167	4.327889	775
		S3P3	N	36	48	51.1	S	4	19	37.4	36.814194	4.327056	767.3
S4	Taourirt	S4P1	N	36	43	42.3	S	4	26	38.3	36.728417	4.443972	775.2
		S4P2	N	36	43	43.5	S	4	26	40.5	36.72875	4.444583	769.5
		S4P3	N	36	43	42.4	S	4	26	40.8	36.72875	4.444583	769.4

Chapitre II : Matériel et méthodes



Figure 10: A et B ; L'état sanitaire de la station d'Ain-el-anseur (Original, 2019).

Chapitre II : Matériel et méthodes



Figure 11 : La station de Taourirt (Original, 2019).



Figure 12 : La station d'Eghzare Zagaghane (Original, 2019).

Chapitre II : Matériel et méthodes

2-Méthodologie d'échantillonnage et d'inventaire

Dans le but d'atteindre des objectifs assignés à notre travail et vu la diversité topographique et physionomique des peuplements, nous avons sélectionné des stations représentatives dans la forêt de Béni-Ghobri et dans la forêt de Tamgout. L'inventaire est établi de manière à inclure dans l'analyse l'ensemble des facteurs dendrométriques susceptibles d'expliquer leurs relations avec la croissance et la production.

L'échantillonnage est une étape primordiale dans l'étude de la végétation quel que soit l'objectif de cette étude. Il consiste à récolter les données en choisissant des éléments contenant des informations objectives, et d'une précision mesurable sur l'ensemble de la communauté végétale étudiée.

2.1-Choix du type d'échantillonnage

On appelle échantillonnage ; inventaire ou sondage, toutes les observations qui ont pour but de prélever dans une population donnée des unités d'échantillonnage. La population est l'ensemble des individus auquel on s'intéresse. L'échantillon est la fraction de cette population qui est réellement observée (Palm, 1976).

Selon Rondeux, 1999, il existe plusieurs types d'échantillonnages :

❖ Inventaire pied à pied (ou en plein)

Ce type d'inventaire consiste en un dénombrement exhaustif des tiges par essence et par classe de diamètre à partir d'un seuil de pré comptage (le plus souvent fixé à 17,5 cm). C'est le type d'inventaire le plus classique, car depuis longtemps le plus utilisé. Il ne demande pas une grande technicité. Il est considéré comme suffisamment précis pour les principales variables dendrométriques. Ce type d'inventaire se prête bien aux comparaisons d'inventaires. On peut ainsi avoir accès aux variables dynamiques (accroissements, passage à la futaie).

Chapitre II : Matériel et méthodes

❖ Inventaires statistiques

On a recours aux inventaires statistiques lorsque le massif forestier à inventorier devient trop vaste pour se permettre de passer sur toute la surface en inventaire pied à pied, pour des raisons de coûts. Les mesures sont effectuées sur des placettes et les résultats obtenus sur la totalité des placettes sont extrapolés à l'ensemble de la forêt.

Pour réaliser un inventaire statistique, il est nécessaire d'établir un plan d'échantillonnage. Il en existe un certain nombre. Les plus souvent utilisés sont :

- **L'échantillonnage aléatoire simple** : les n placettes du dispositif sont disposées de manière aléatoire.
- **L'échantillonnage systématique** : les unités d'échantillonnage sont distribuées de manière uniforme sur la population (selon un maillage régulier). Ce type d'échantillonnage est plus simple à mettre en place que l'échantillonnage aléatoire. La localisation des placettes est plus rapide donc moins coûteuse.
- **L'échantillonnage stratifié** : ce type d'échantillonnage est utilisé lorsque les paramètres à estimer sont très variables dans l'ensemble de la population, et pour réduire l'erreur d'échantillonnage, où il est plus judicieux de scinder cette population en sous-populations plus homogènes appelées strates.

Dans notre cas d'étude, nous avons adopté un échantillonnage subjectif orienté, car il est impossible pour nous d'appliquer un inventaire statistique que ce soit un échantillonnage systématique ou stratifié à cause de l'inaccessibilité au terrain, le sous-bois dense, de relief accidenté et du temps impacté pour la réalisation de notre mémoire.

Chapitre II : Matériel et méthodes

2.2-Echantillonnage au sol

Nous avons procédé à l'implantation des placettes d'échantillonnages dans le canton Ain-El-Anser, Eghzare Zagaghane, Arireb et à Taourirt. Les peuplements de chêne liège inventoriés sont purs, issus des futaies saines, non incendiées et toujours en production. Nous avons veillé à l'homogénéité stationnelle suffisante du point édaphique, floristique et dendrométrique comme le préconise Rondeux (1977), où l'on pourra pratiquer la même sylviculture et espérer le même rendement.

Pour la réalisation de notre étude, nous avons matérialisé 12 placettes (09 placettes à Béni-Ghobri et 03 placettes à Tamgout) temporaires, de forme circulaire, de 04 ares de superficies. A l'aide d'un mètre ruban, à chaque fois qu'une placette est localisée, un opérateur tenant le bout du mètre ruban se place au centre de celle-ci tandis que le second opérateur tient l'autre bout à une distance $R = 11.38m$ et fait le tour en marquant tous les individus ou arbres inclus dans le cercle lesquels feront l'objet de l'inventaire.

3-Récolte des données

3.1-Variables dendrométriques mesurées

Dans les 12 placettes matérialisées, nous avons mesuré les paramètres dendrométriques suivants ; hauteur totale, hauteur de démasclage, circonférence, diamètre, épaisseur du liège et l'espacement entre les arbres et entre le centre et chaque arbre inventorié.

3.1.1-Circonférence et diamètre des arbres

Après avoir noté les coordonnées géographiques du centre de chaque placette à l'aide d'un GPS, on procède à la numérotation des arbres afin d'éviter de prendre deux fois la mesure d'une même tige. Les arbres qui sont pris en considération

Chapitre II : Matériel et méthodes

sont ceux qui ont une circonférence à 1.30m égale ou supérieure à 15 cm. Les arbres morts ne sont pas inventoriés.



Figure 13 : GPS

Nous avons mesuré la circonférence à 1.30m du sol à l'aide d'un mètre ruban métallique qui sera placé dans un plan perpendiculaire à l'axe de la tige. Et pour la mesure de diamètre à 1.30m du sol nous avons utilisé le compas forestier, deux mesures ont été effectuées sur chaque arbre dans deux directions opposées, le diamètre moyen est obtenu à partir de la moyenne arithmétique des deux mesures.



Figure 14 : Décamètre



Figure 15: Compas forestier

3.1.2-Hauteur totale des arbres

La hauteur totale est la distance verticale séparant le niveau du sol du sommet de l'arbre. Pour cette mesure nous avons utilisé un appareil dendrométrique suédois appelé le FORESTOR VERTEX III, qui est basé sur la technologie ultrasonique. Il est composé de deux unités : le dendromètre lui-même (émetteur

Chapitre II : Matériel et méthodes

ultrasons) et le transpondeur (récepteur). Tous les arbres inventoriés pour la mesure de la circonférence feront l'objet de mesure de leur hauteur totale.



Figure 16: Forester vertex III

3.1.3-Hauteur de démasclage des arbres

La mesure est effectuée avec le même instrument précédent. Cette mesure a concerné tous les arbres inventoriés dans chaque placette.

3.1.4-Espacement entre arbre/arbre et arbre/centre

La sylviculture ne peut que gagner à être davantage une science qu'un art. Pour y parvenir, il convient tout d'abord de chiffrer ce dont on parle. Eclaircies fortes, modérées, faibles, voilà des expressions qui manquent certainement de précision. Une des méthodes les plus intéressantes pour définir la plus ou moins grande densité d'un peuplement est celle qui utilise la notion de facteur d'espacement (Bouchon, 1966). Cette variable nous semble être la plus intéressante pour une description plus fine de la répartition des arbres dans un peuplement forestier et il indique aussi l'intensité du peuplement. Nous avons mesuré à l'aide d'un décamètre l'espacement entre les arbres inventoriés dans la placette et l'espacement entre chaque arbre inventorié et le centre de la placette.

3.1.5-L'épaisseur de liège (Ep)

L'épaisseur du liège est mesurée avec un appareil appelé Barkmatre, il est gradué de 0 à 6cm, l'instrument est enfoncé à 1.30 m du tronc dans deux directions opposées. La lecture se fait directement sur la barre graduée de l'appareil.

Chapitre II : Matériel et méthodes



Figure 17 : Barkmatre

3.2-Variables sylvicoles calculées

3.2.1-Calcul de la surface terrière

La surface terrière d'une placette (G_i) est la somme des surfaces terrières de tous les arbres qui la composent. La surface terrière d'un arbre (g_i) est la surface de la section transversale de l'arbre à hauteur d'homme (Parde et Bouchon, 1988).

$$G_i \text{ (m}^2\text{)} = \sum g_i$$

$$g_i = C_i^2 / 4\pi = (\pi / \text{Dia}^2(1.30) / 4$$

- **Dia** : diamètre de l'arbre à 1.30 m.
- **Ci** : circonférence d'un arbre à 1.30 m

La surface terrière est un indice d'occupation du sol et de l'espace par les arbres, elle permet de situer la densité des différents peuplements inventoriés.

3.2.2-La hauteur dominante et la classe de fertilité

La hauteur dominante d'un peuplement nous renseigne sur les conditions de la station et le niveau de fertilité de la zone. Elle est représentée par la valeur moyenne des hauteurs totales des 100 plus gros arbres ramenés à l'hectare. Dans notre cas, la hauteur dominante est la hauteur des 4 plus gros arbres à 4 ares.

C'est ainsi que Chenoune (1991), a pu établir des classes de fertilité au niveau de la zone forestière de Béni-Ghobri comme le montre le tableau (6).

Chapitre II : Matériel et méthodes

Tableau 6 : Classes de fertilité selon la hauteur dominante (Chenoune,1991)

Hauteur dominante (m)	Classe de fertilité
15-17	1
13-15	2
11-13	3
<11	4

3.2.3-Le coefficient de démasclage (K)

Généralement le coefficient de démasclage utilisé en Algérie prend la valeur de « 2 », mais il peut être augmenté ou réduit en fonction de la fertilité de la station. Avec ce coefficient on peut calculer la hauteur de levée du liège en lui affectant la circonférence de l'arbre à 1.30 m.

On a :
$$\text{Hauteur du liège levée} = C_{1.30} \times K$$

Donc :
$$K = \text{Hdem}_{\text{moy}} / \text{Cir}_{\text{moy}}$$

- Hdem_{moy} : Hauteur moyenne de levée du liège ;
- Cir_{moy} : Circonférence moyenne

3.2.4-Volume du liège de reproduction (Vol)

Selon Lamey (1893), le volume réel de liège produit par l'arbre (Vol_i) s'évalue comme suit :

$$\text{Vol}_i = (\text{Cir} - \pi E_p) \times \text{Hdem} \times E_p$$

Pour calculer le volume du liège de reproduction pour chacune des placettes, on applique la formule suivante :

$$\text{Vol} = \sum \text{Vol}_i$$

- Vol_i : Volume d'un arbre (en m^3) ;
- Cir : Circonférence moyenne (en m);

Chapitre II : Matériel et méthodes

- **Ep** : Epaisseur du liège ;
- **Hdem** : Hauteur moyenne de démasclage (en m)

3.3-Quantification de la croissance des arbres

3.3.1-La densité (D)

La densité peut être estimée en fonction de la surface terrière et en fonction de nombre de tiges à l'hectare. La détermination de la densité aide à la décision en choix de traitements sylvicoles qu'il faut appliquer sur un peuplement donné et à l'estimation de de leur production.

$$D = N/S$$

Et :

$$D = Gi/ S$$

- **N** : nombre d'arbres ;
- **Gi** : surface terrière (m²) ;
- **S** : superficie (ha)

3.3.2-La structure

C'est la répartition des tiges dans l'espace, elle est caractérisée le plus fréquemment par une courbe de répartition des grosseurs. Elle distingue le peuplement équiennne ou inéquiennne. (Boudru ; 1989).

On dit que le peuplement est équien lorsque la courbe représentant l'histogramme de la répartition des arbres est en forme de cloche (Courbe de Gauss). On parle alors d'un peuplement régulier. Et lorsque la courbe est en forme de « j » inversée, on parle d'un peuplement inéquiennne.

L'analyse graphique de la distribution des tiges est toujours appuyée d'un test statistique dit **test de normalité**. Dans notre étude nous avons appliqué le test

Chapitre II : Matériel et méthodes

de Shapiro-Wilk, qui teste l'hypothèse nulle selon laquelle un échantillon x_1, \dots, x_n est issu d'une population normalement distribuée.

3.3.3-Indices de compétitions

- **La distance moyenne des arbres voisins (DMV)**

Avec un décimètre on effectuera pour chaque arbre des mesures de distance par rapport aux arbres environnants (Pichot, 2004)

- **Facteur d'espacement de Hart-Becking (IH)**

$$IH = 100(a/H_{dom}) = 10^4 / H_{dom} \sqrt{\frac{2}{N\sqrt{3}}}$$

avec

$$a = 100 \sqrt{\frac{2}{N\sqrt{3}}}$$

On a : N : nombre de tiges à l'hectare ;

Hdom : Hauteur dominante ;

a : espacement moyen entre tiges (en m).

3.3.4-Etude globale multifactorielle

A- Matrice de corrélation

Une matrice de corrélation regroupe les corrélations de plusieurs variables entre elles, les coefficients indiquant l'influence que les variables ont les unes sur les autres.

B-Etude globale multifactorielle (ACP)

C'est une méthode essentiellement descriptive dont l'objectif est de représenter sous forme graphique le maximum d'information regroupé dans un tableau de données. Cette méthode a pour objectif la description des données contenues dans individus caractères numériques : Les P caractères sont mesurés sur n individus (Bourouche et Saporta, 1980)

Chapitre II : Matériel et méthodes

L'ACP est une méthode factorielle, car la réduction des nombres de caractères synthétiques obtenues en combinant les caractères initiaux au moyen des facteurs, l'ACP remplace donc les caractères initiaux par les caractères non corrélent entre eux, de variances maximales et d'importance décroissante qu'on appelle « Analyse des Composantes Principales » (Volle, 1986).

3.3.5-Ajustement des modèles de croissances

Pour apprécier la vigueur des arbres d'un peuplement, de nombreux auteurs (Parde, 1961 ; Leloine, 1969 ; Asmani, 1993), ont eu recours le plus souvent à étudier les relations existantes entre les variables dendrométriques des peuplements forestiers : hauteur-diamètre ou hauteur-circonférence.

Ces travaux sont basés sur l'ajustement de plusieurs modèles mathématiques théoriques, sur des variables dendrométriques mesurées.

- L'équation d'une droite linéaire : $y = ax + b$
- L'équation d'une courbe puissance : $y = a x^b$
- L'équation logarithmique : $y = a \log (x) + b$
- L'équation d'une courbe exponentielle : $y = e^{ax + b}$

Sur la base du coefficient de détermination (R^2) obtenu de l'étude de la régression de différentes équations testées, nous retenons le modèle qui présente le coefficient de détermination le plus élevé (Dagnelie, 1975).

Chapitre III : Résultats et Analyses

1-Résultats

1.1-Etude dendrométrique

Toute étude dendrométrique nécessite un travail de terrain pour pouvoir récoltés les données dont on a besoin pour notre étude. Dans notre cas le travail de terrain a duré plus d'un mois (de 05/05/19 à 15/06/19), puis on a passé à la phase de traitement des données à l'aide d'un logiciel statistique, et les principaux résultats obtenus lors de cette étude seront présentés dans cette partie accompagnés d'une discussion générale.

Nous commencerons par la présentation des résultats descriptifs des caractères dendrométriques et de leurs variabilités intra- et inter forêt. (Les résultats moyens et les coefficients de variations de l'ensemble des variables retenus pour cette étude, pour chacune des quatre stations et chacune de leurs placettes respectives à chacune d'elles), puis les résultats des indices écologiques.

Ensuite nous présenterons les résultats des différents tests statistiques par facteurs, suivi de leurs interprétations statistiques.

L'étude statistique des données collectées sur le terrain a été réalisée grâce au logiciel de statistique XSLSTAT version 2014.5, qui est une extension du tableur Excel.

1.1.1- Statistiques descriptives

Les résultats de l'analyse descriptive des caractères dendrométriques pour les stations et les placettes sont résumés dans les tableaux suivants :

Chapitre III : Résultats et Analyses

❖ Inventaire du nombre d'arbres par placette et par forêt

Tableau 7 : Nombre d'arbres par placette et par station

Stations :	Placettes :	Nombre total d'arbres :	Nombre total d'arbres de chêne liège :	Nombre d'arbres démasclés :	Pourcentage d'arbres démasclés (%) :
S1	S1P1	18	18	18	100
	S1P2	15	15	15	100
	S1P3	15	15	15	100
	Total	48	48	48	
S2	S2P1	16	16	16	100
	S2P2	15	15	15	100
	S2P3	17	17	17	100
	Total	48	48	48	
S3	S3P1	19	19	13	68.4
	S3P2	15	15	13	86.7
	S3P3	15	15	11	73.4
	Total	49	49	37	
S4	S4P1	15	15	15	100
	S4P2	13	13	13	100
	S4P3	13	13	13	100
	Total	41	41	41	
Total des stations :		186	186	174	94

A partir de tableau 7, nous avons dénombré 186 sujets de chêne liège, dont 174 sont des arbres démasclés et 12 non démasclés.

❖ La moyenne des paramètres dendrométriques mesurés

✓ Par placette

Chapitre III : Résultats et Analyses

Tableau 8 : Moyenne des paramètres dendrométriques par placettes

Stations	Placettes	Statistiques	Htot (m)	Hdom (m)	HD (m)	E (cm)	C (cm)	Dia (cm)	K	Vol moy/ arbre(m ³)	Vol tot(m ³)	Vol tot(m ³ /ha)
S1	S1P1	Moyenne	11.39	14.50	2.68	1.73	155.72	47.42	1.72	0.07	1.34	26.8
		CV (%)	29.17	0.00	16.11	36.43	26.04	27.66	25.87	51.11		
	S1P2	Moyenne	13.5	15.64	2.91	1.34	165.53	45.20	1.76	0.06	0.96	19.2
		CV (%)	22.67	0.00	23.85	30.48	28.94	24.06	40.26	48.03		
	S1P3	Moyenne	11.33	12.61	2.59	1.28	129.20	35.74	2.00	0.04	0.64	12.8
		CV (%)	17.06	0.00	25.57	38.18	26.26	26.72	38.51	57.47		
S2	S2P1	Moyenne	11.76	18.36	2.61	2.34	148.84	44.47	1.75	0.09	2.3	46
		CV (%)	27.31	0.00	16.76	23.02	17.29	19.51	21.02	34.35		
	S2P2	Moyenne	10.09	15.41	2.23	2.77	172.53	49.23	1.28	0.10	1.75	35
		CV (%)	65.00	0.00	18.64	35.58	27.67	20.41	20.96	63.88		
	S2P3	Moyenne	14.60	18.70	3.36	2.84	159.76	46.74	2.10	0.20	2.67	53.4
		CV (%)	30.45	0.00	18.68	20.75	17.73	18.53	22.06	43.27		
S3	S3P1	Moyenne	8.91	12.14	1.48	2.17	104.11	34.49	1.42	0.03	0.56	11.2
		CV (%)	40.34	0.00	13.74	58.02	41.42	42.33	72.77	102.41		
	S3P2	Moyenne	10.43	13.49	1.80	4.21	151.40	46.43	1.19	0.10	1.66	33.2
		CV (%)	37.53	0.00	13.44	156.20	31.70	31.29	45.00	172.64		
	S3P3	Moyenne	9.01	12.00	1.49	1.58	112.80	33.57	1.32	0.09	0.33	6.6
		CV (%)	43.00	0.00	14.02	53.18	41.75	40.05	67.80	90.60		
S4	S4P1	Moyenne	15.21	12.00	2.67	2.58	170.07	52.23	1.57	0.10	1.85	37
		CV (%)	25.36	0.00	17.57	39.56	19.80	21.70	21.02	56.67		
	S4P2	Moyenne	13.08	16.64	4.92	2.79	164.54	50.83	2.99	0.20	2.78	55.6
		CV (%)	43.51	0.00	165.47	31.48	32.83	31.64	158.03	150.28		
	S4P3	Moyenne	12.16	14.57	2.52	2.47	151.62	47.31	1.66	0.20	1.28	25.6
		CV (%)	30.60	0.00	17.50	28.85	23.40	19.18	25.07	55.83		

Chapitre III : Résultats et Analyses

➤ **Hauteur totale (Ht)**

Dans la station 1, les moyennes des hauteurs varient de 11.33 m (S1P3) à 13.15 m (S1P2), les coefficients de variations varient entre 17.06% (S1P3) et 29.17% (S1P1).

Pour la station 2, les moyennes des hauteurs varient entre 10.09m (S2P2) à 14.60m (S2P3), les coefficients de variations varient entre 27.31%(S2P1) et 65% (S2P2).

Pour la station 3, les moyennes des hauteurs varient entre 8.91m (S3P1) à 10.43m (S3P2), les coefficients de variations varient entre 37.53% (S3P2) et 43% (S3P3).

Les variations des moyennes des hauteurs totales entre les placettes de la station 4 sont entre 12.16m (S4P3) à 15.21m (S4P1), avec des coefficients de variations varient entre 25.36 % (S4P1) et 43.51% (S4P2).

➤ **Hauteur dominante (Hdom)**

Dans la station 1, les valeurs de la hauteur dominantes varient de 12.61 m (S1P3) à 15.64 m (S1P2), pour la station 2 ; entre 15.41 m (S2P2) et 18.7 m (S2P3) pour la station 3 ; entre 12 m (S3P3) et 13.49 m (S3P2) et pour la station 4 ; entre 12 m (S4P1) et 16.64 m (S4P2).

➤ **Hauteur de démasclage**

D'après le tableau 8, nous constatons que les moyennes des hauteurs de démasclage de la station 1 varient entre 2.59m (S1P3) et 2.91m (S1P2), et les coefficients de variations de 16.11% à 25.57% respectivement pour les placettes (S1P1) et (S1P3).

Les moyenne des hauteurs de démasclage pour la station 2 varient entre 2.23 m (S2P2) et 3.36 m (S2P3), les coefficients de variations entre 16.76% (S2P1) et 18.68% (S2P3).

Chapitre III : Résultats et Analyses

Pour la station 3, les moyennes des hauteurs de démasclage varient entre 1.48 m (S3P1) et 1.80 m (S3P2), les coefficients de variations sont de 13.44% (S3P2) à 14.02% (S3P3).

Et pour la station 4, les moyennes des hauteurs de démasclage varient entre 2.52 m (S4P3) et 4.92 m (S4P2), les coefficients de variations sont de 17.50% (S4P3) à 165.47% (S4P2).

➤ **Épaisseur moyenne du liège**

Les variations moyennes de l'épaisseur du liège de la station 1 varient entre 1.28 cm (S1P3) et 1.73 cm (S1P1) et les coefficients de variation entre 30.48% (S1P2) et 38.18% (S1P3).

Pour la station 2 Les variations moyennes de l'épaisseur du liège varient entre 2.34 cm (S2P1) et 2.84 cm (S2P3) et les coefficients de variation entre 30.48% (S2P2) et 38.18% (S2P3).

Pour la station 3 Les variations moyennes de l'épaisseur du liège varient entre 1.58 cm (S3P3) et 4.21 cm (S3P2) et les coefficients de variation entre 53.18% (S3P3) et 156.20% (S3P2).

Et Les variations moyennes de l'épaisseur du liège pour la station 4 varient entre 2.47 cm (S4P3) et 2.79 cm (S4P2) et les coefficients de variation entre 28.85% (S4P3) et 39.56% (S4P1).

➤ **Circonférence moyenne à 1m30 du sol (Cir)**

Le tableau 8 montre que la variation de la circonférence moyenne dans la station 1 varie de 129.20 cm (S1P3) à 165.53 cm (S1P2).

Au niveau de la station 2 les moyennes varient de 148.84 cm (S2P1) à 172.53 cm (S2P2) avec des coefficients de variations entre 17.28% (S2P1) et 27.67% (S2P2).

Chapitre III : Résultats et Analyses

Au niveau de la station 3 les moyennes varient de 104.11 cm (S3P1) à 151.40 cm (S3P2) avec des coefficients de variations entre 31.70% (S3P2) et 41.75% (S3P3).

Pour la station 4, les circonférences moyennes varient entre 151.62 cm (S4P3) et 170.07 cm (S4P1) avec des coefficients de variation entre 19.80% (S4P1) et 32.82% (S4P2).

➤ **Le diamètre moyen (Dia)**

Les variations des moyennes de diamètre entre les placettes de la station 1 sont entre 35.74 cm (S1P3) et 47.42 cm (S1P1) ; et les coefficients de variations varient de 24.06 % (S1P2) à 27.66% (S1P1).

Pour la station 2, les moyennes varient de 44.46 cm (S2P1) à 49.23 cm (S2P2), les coefficients de variation varient entre 18.53% (S2P3) et 20.41% (S2P2).

Pour la station 3, les moyennes varient de 33.57 cm (S3P3) à 46.43cm (S3P2), les coefficients de variation varient entre 31.29% (S3P2) et 42.33% (S3P1).

Les variations moyennes de diamètre de la station 4 varient entre 47.31 cm (S4P3) et 52.23cm (S4P1) et les coefficients de variations entre 19.18 % (S4P3) et 31.64% (S4P2).

➤ **Coefficient de démasclage (K)**

D'après le tableau 8, nous constatons que les valeurs de coefficient de démasclage de la station 1 varient de 1.72 pour (S1P1) et de 2.00 pour (S1P3) et les coefficients de variations de 25.87% (S1P1) à 40.26% (S1P2).

Les valeurs de coefficient de démasclage pour la station 2 varient entre 1.28 (S2P2) et 2.10 (S2P3) et les coefficients de variations entre 20.96% (S2P2) et 22.06% (S2P3).

Chapitre III : Résultats et Analyses

Les valeurs de coefficient de démasclage pour la station 3 varient entre 1.19 (S3P2) et 1.42 (S3P1) et les coefficients de variations entre 45% (S3P2) et 72.77% (S3P1).

Pour la station 4, les valeurs de coefficient de démasclage varient entre 1.57 (S4P1) et 2.99 (S4P2) et les coefficients de variations sont de 21% (S4P1) à 158.03% (S4P2).

➤ **Volume moyen du liège (Vol moy)**

Le volume moyen de liège le plus important dans la station 1 est enregistré au niveau de la placette (S1P3) avec 0.04 m^3 et le plus faible au niveau de (S1P1) avec 0.07 m^3 , les coefficients de variations varient entre 48.03% (S1P2) et 57.47% (S1P3).

Pour la station 2, la valeur la plus élevée est notée au niveau de la placette (S2P3) avec une valeur de 0.20 m^3 et la plus faible au niveau de (S2P1) avec 0.09 m^3 . Et les coefficients de variations varient de 34.35% (S2P1) et 63.88% (S2P2).

Pour la station 3, la valeur la plus élevée est notée au niveau de la placette (S3P2) avec une valeur de 0.10 m^3 et la plus faible au niveau de (S3P1) avec 0.03 m^3 . Et les coefficients de variations varient de 90.60 % (S3P3) et 172.64 % (S3P2).

Dans la station 4, le volume moyen du liège est le plus important est celui des placettes (S4P2) et (S4P3) avec 0.2 m^3 et le plus faible est de 0.1 m^3 noté dans la placette (S4P1). Le coefficient de variation varie entre 55.83% (S4P3) et 150.28 (S4P2).

➤ **Volume totale du liège (voltot)**

Le volume total du liège le plus important dans la station 1 est enregistré au niveau de la placette (S1P1) avec 1.34 m^3 soit $26.8 \text{ m}^3/\text{ha}$ et le plus faible est noté dans la placette (S1P3) avec 0.64 soit $12.8 \text{ m}^3/\text{Ha}$.

Chapitre III : Résultats et Analyses

Dans la station 2, la valeur de volume totale la plus importante est de 2.67 m³ soit 53.4 m³/ha enregistré dans la station (S2P3) et la plus faible valeur est celle de la placette (S2P2) avec 1.75 m³ soit 35 m³/Ha.

Dans la station 3, la valeur de volume totale la plus importante est de 1.66 m³ soit 33.2 m³/ha enregistré dans la station (S3P2) et la plus faible valeur est celle de la placette (S3P3) avec 0.33 m³ soit 6.6 m³/Ha.

Pour la station 4 le plus important volume total du liège est marqué dans la placette (S4P2) avec une valeur de 2.78 m³ soit 55.6 m³/Ha et le plus faible est celui de la station (S4P3) avec 1.28 m³ soit 25m³/Ha.

✓ Par station

Tableau 9 : moyenne des paramètres dendrométriques par station

Stations	Paramètres	Htot (m)	Hdom (m)	HD (m)	Epai (cm)	Cir (cm)	Dia (cm)	K	Vmoy/placette (m ³)	Voltot (m ³ /ha)	Classe de fertilité
S1	Moyenne	11.92	14.25	2.72	1.47	150.50	43.08	1.83	0.06	58.8	2
	CV(%)	22.97	10.73	21.84	35.03	27.08	26.15	34.88	52.20		
S2	Moyenne	13.33	17.49	2.86	2.85	166.75	48.78	1.71	0.10	134.4	1
	CV(%)	40.92	10.33	18.02	26.45	20.90	19.48	21.35	47.16		
S3	Moyenne	9.40	12.54	1.60	2.71	121.24	37.86	1.31	0.07	51	3
	CV(%)	40.29	6.53	13.73	89.13	38.29	37.89	61.86	121.88		
S4	Moyenne	13.57	14.40	3.34	2.61	162.46	50.23	2.07	0.20	118.2	2
	CV(%)	33.16	16.15	66.85	33.29	25.34	24.17	68.04	87.59		

Légende

CV : coefficient de variation ;

Dia : diamètre ;

Htot : hauteur totale ;

HD : hauteur de démasclage ;

Cir : circonférence à 1.30 m du sol ;

Epai : épaisseur du liège ;

Hdom : hauteur dominante ;

Vol tot : volume total de liège.

Chapitre III : Résultats et Analyses

➤ **Hauteur totale (Ht)**

La moyenne la plus grande est marquée au niveau de la station 4 avec 13.57 m suivi de très près par la station 2 avec 13.33 m. et la plus faible est enregistré au niveau de la station 3 avec 9.40m, les coefficients de variations varient entre 22.97% (Station1) et 40.92% (Station2).

➤ **Hauteur dominante (Hdom) et classe de fertilité**

D'après les résultats du tableau 9 et en se référant aux différentes catégories de classes de fertilité établies par Chenoune, 1991 (Tableau6), nous constatons que la station 2 présente la hauteur dominante la plus importante, avec 17.49 m et elle est classée dans la première classe de fertilité, or que la station 3 présente la hauteur dominante la plus faible avec une valeur de 12.54m et elle se situe dans la troisième classe de fertilité, par contre la station 1 et la station 4 sont classées dans la deuxième classe de fertilité avec une hauteur dominante de 14.25m et 14.40m respectivement pour S1 et S4.

Pour les coefficients de variations, c'est la station 4 qui marque le plus important avec 16.15% et le plus faible coefficient est enregistré au niveau de la station 3 avec 6.53%.

➤ **Hauteur de démasclage**

Selon le tableau 9, la moyenne de la hauteur de démasclage la plus élevée est signalée au niveau de la station 4 avec 3.34 m, et la station 3 marque la plus faible moyenne avec 1.6 m. Les coefficients de variations varient entre 13.73% (Station3) et 66.85% (Station4).

➤ **Épaisseur moyenne du liège**

La station 2 présente la moyenne de l'épaisseur du liège la plus importante avec 2.85 cm et la station 1 marque la plus faible moyenne avec 1.47 cm, les coefficients de variations sont entre 26.45% et 89.13% respectivement pour les stations 2 et 3.

Chapitre III : Résultats et Analyses

➤ **Circonférence moyenne à 1m30 du sol (Cir)**

D'après les résultats du tableau 9, nous constatons que la moyenne la plus élevée est de 166.75 cm marquée au niveau de la station 4 et la plus faible moyenne est de 121.24 cm enregistré dans la station 3. Le coefficient de variation le plus important est marqué dans la station 3 avec 38.29% et le plus faible est de 20.90% dans la station 2.

➤ **Le diamètre moyen (Dia)**

D'après le tableau 9, la station 4 présente la valeur la plus importante avec 50.23 cm et la station 3 enregistre la plus faible valeur avec 37.86 cm, les coefficients de variations varient entre 19.48% à 37.89% respectivement pour les stations 2 et 3.

➤ **Coefficient de démasclage (K)**

Le tableau 9 montre que la station 4 représente le coefficient de démasclage le plus élevé (2.07) et que la station 3 le plus faible avec 1.31.

➤ **Volume moyen du liège (Vol moy)**

Le volume moyen de liège le plus important est enregistré au niveau de la station 4 avec 0.2 m³, et le plus faible est marqué dans station 1 avec 0.06 m³, et les coefficients de variations varient de 21.37% (Station2) à 68.04% (Station4).

➤ **Volume totale du liège (voltot)**

D'après le tableau 9, la station 2 détient le volume total le plus élevé avec 134.4 m³/Ha suivi de la station 4 avec 118.2 m³/Ha puis de la station 1 avec 58.8 m³/Ha et enfin de la station 3 avec 51m³/Ha.

Chapitre III : Résultats et Analyses

1.1.2- Densité

- En fonction du nombre de tiges à l'hectare
 - ✓ Par placette

Tableau 10 : Résultats des densités par placette

Stations :	Placettes :	Nombre d'arbres :	La densité moyenne (nombre d'arbres/ha) :
S1	S1P1	18	450
	S1P2	15	375
	S1P3	15	375
S2	S2P1	16	400
	S2P2	15	375
	S2P3	17	425
S3	S3P1	19	475
	S3P2	15	375
	S3P3	15	375
S4	S4P1	15	375
	S4P2	13	325
	S4P3	13	325

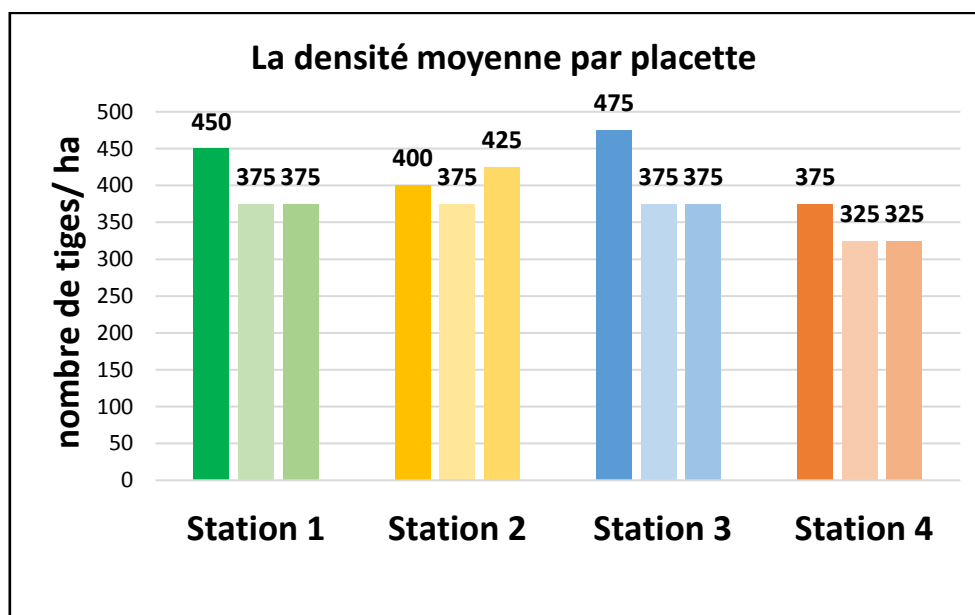


Figure 18 : La densité moyenne en fonction de nombre de tiges à l'hectare pour chaque placette des quatre stations.

Chapitre III : Résultats et Analyses

Il ressort du tableau 10 et de la figure 18, que la densité moyenne du peuplement étudié est différente d'une placette à une autre. Elle oscille entre 375 tiges /ha pour la placette 2 et 3 et 450 tiges/ha pour la placette 1 de la Station 1.

Tandis que les placettes S2P1, S2P2 et S2P3 présentent des densités moyennes qui sont respectivement 400 tiges/ha, 375 tiges/ha et 425 tiges/ha.

Dans la station 3, la densité moyenne oscille entre 375 tiges/ha pour la placette 2 et 3 et 475 tiges/ha pour la placette 1.

Dans la station 4, la densité moyenne oscille entre 325 tiges/ha pour la placette 2 et 3 et 375 tiges/ha pour la placette 1.

On remarque que la densité moyenne la plus importante est enregistrée dans la placette 1 de la station 3 (475 tiges/ha), et la plus faible est celle de la placette 2 et 3 de la station 4 (325 tiges/ha).

✓ Par station

Tableau 11 : Résultats des densités en fonction de nombre de tiges/ha pour chaque station

Stations :	Nombre d'arbres/station :	Statistiques :	Densité (nombre de tiges/ha) :
S1	48	Moyenne	400
		CV (%)	10.83
S2	48	Moyenne	400
		CV (%)	6.25
S3	49	Moyenne	408
		CV (%)	14.14
S4	41	Moyenne	342
		CV (%)	8.45

Chapitre III : Résultats et Analyses

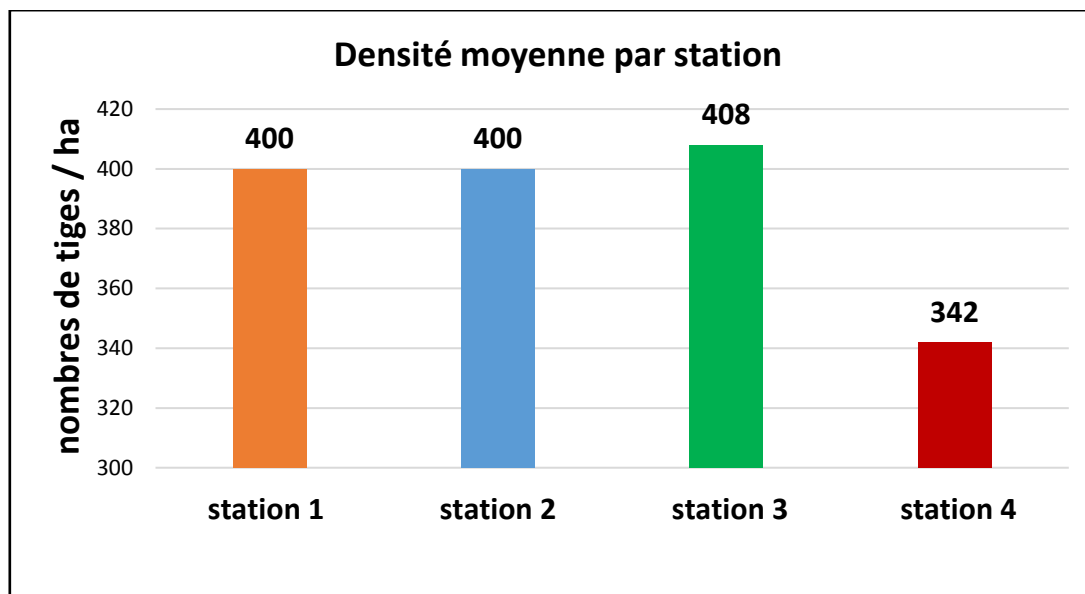


Figure 19 : Distribution des densités en fonction de nombre de tiges à l’hectare pour les quatre stations

Le tableau 11 et la figure 19 montrent que la densité moyenne la plus importante est enregistrée dans la station 3 (408 tiges/ha), et la plus faible est celle de la station 4 (342 tiges/ha). Tandis que les stations 1 et 2 présentent la même valeur de 400 tiges/ha.

Concernant le coefficient de variation, la valeur la plus importante est marqué au niveau de la station 3 (14.14%) et la plus faible est enregistrée dans la station (6.25%). Par contre, les stations 1 et 4 présentent respectivement un coefficient de variation de 10.83% et de 8.45%.

• En fonction de la surface terrière

Nous synthétisons dans les tableaux 12 et 13 les résultats de la surface terrière des placettes et des stations calculées à partir des paramètres statistiques mesurés sur le terrain.

Chapitre III : Résultats et Analyses

✓ Par placette

Tableau 12 : Résultats des surfaces terrières par placette

Stations :	Placettes :	Statistiques :	Surface terrière moyenne « Gi » (m ²)	Surface terrière Gi (m ²)	Surface terrière Gi (m ² /ha)
S1	S1P1	Moyenne	0.19	3.41	85.20
		CV(%)	56.47		
	S1P2	Moyenne	0.17	2.54	63.42
		CV(%)	40.81		
	S1P3	Moyenne	0.11	1.61	40.13
		CV(%)	54.82		
S2	S2P1	Moyenne	0.21	3.32	83.08
		CV(%)	40.21		
	S2P2	Moyenne	0.20	2.97	74.17
		CV(%)	41.28		
	S2P3	Moyenne	0.18	3.01	75.29
		CV(%)	36.62		
S3	S3P1	Moyenne	0.11	2.08	51.90
		CV(%)	71.35		
	S3P2	Moyenne	0.18	2.77	69.30
		CV(%)	41.92		
	S3P3	Moyenne	0.10	1.53	38.15
		CV(%)	69.62		
S4	S4P1	Moyenne	0.22	3.36	83.89
		CV(%)	41.32		
	S4P2	Moyenne	0.22	2.88	72.03
		CV(%)	62.99		
	S4P3	Moyenne	0.18	2.36	52.07
		CV(%)	38.47		

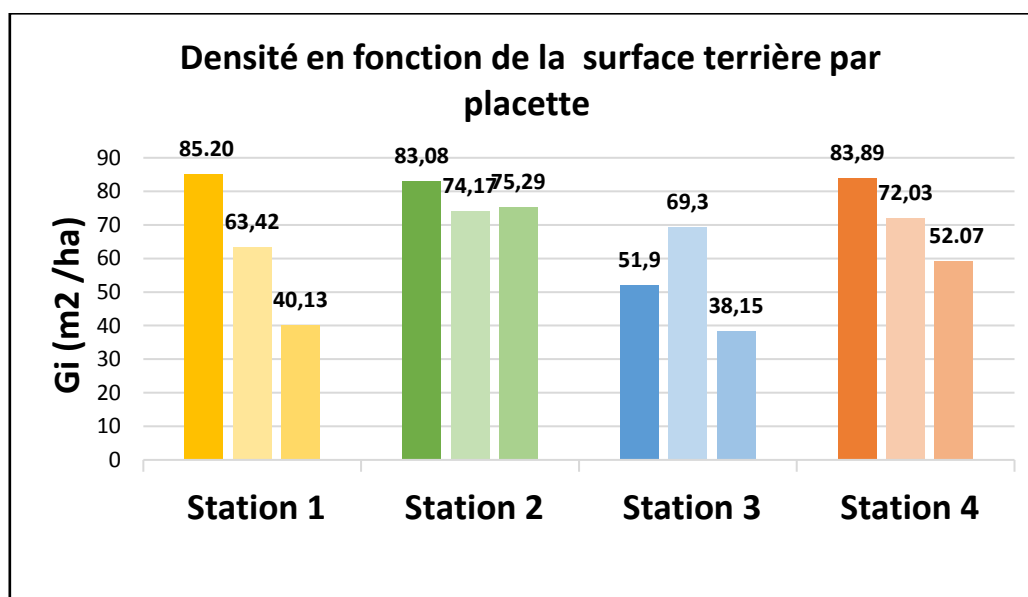


Figure 20 : La densité en fonction de la surface terrière pour chaque placette des quatre stations.

Chapitre III : Résultats et Analyses

Selon le tableau 12 et la figure 20, dans la station1, la surface terrière moyenne la plus importante est noté dans la placette 1(0.19m²) avec un coefficient de variation de 56.47%, et la plus faible est marquée dans la placette3 (0.11m²) avec un coefficient de variation de 54.82%. Tandis que la surface terrière moyenne de la placette 2 est de 0.17m² avec un coefficient de variation de 40.81%.

Pour la station 2, la surface terrière moyenne la plus importante est noté dans la placette 1(0.21m²) avec un coefficient de variation de 40.21%, et la plus faible est marquée dans la placette3 (0.18m²) avec un coefficient de variation de 38.62%. Tandis que la surface terrière moyenne de la placette 2 est de 0.20m² avec un coefficient de variation de 41.28%.

Pour la station 3, la surface terrière moyenne la plus importante est noté dans la placette 2(0.18m²) avec un coefficient de variation de 41.92%, et la plus faible est marquée dans la placette3 (0.10m²) avec un coefficient de variation de 69.62%. Tandis que la surface terrière moyenne de la placette 1 est de 0.11m² avec un coefficient de variation de 71.35%.

Pour la station 4, la surface terrière moyenne la plus importante est noté dans la placette 1 et la placette 2 (0.22m²) avec un coefficient de variation de 41.32% et de 62.99% respectivement pour S4P1 et S4P2, et la plus faible est marquée dans la placette3 (0.18m²) avec un coefficient de variation de 38.47%.

Pour la station1, la plus grande surface terrière est notée dans la placette (S1P1) avec 85.20 m²/ha et la plus faible est notée dans la placette (S1P3) avec 40.13 m²/Ha.

Pour la station 2, la placette (S2P1) enregistre la plus importante surface terrière avec 83.08 m²/Ha et la plus faible est de 74.17 m²/Ha notée au niveau de la placette (S2P2).

Chapitre III : Résultats et Analyses

Pour la station 3, la placette (S3P2) enregistre la plus importante surface terrière avec 69.30 m²/Ha et la plus faible est de 38.15 m²/Ha notée au niveau de la placette (S3P3).

Concernant la station 4, la plus grande surface terrière est enregistré au niveau de la placette (S4P1) avec 83.89 m²/Ha et la plus petite est enregistrée dans la placette (S4P3) avec une valeur de 59.07 m²/Ha.

✓ Par station

Tableau 13 : Résultats des surfaces terrières par station

Stations :	Nombres d'arbres :	Statistiques :	Surface terrière Gi (m ² /forêt) :	Surface terrière Gi (m ² /ha) :
S1	48	Moyenne	0.157296983	62.91
		CV (%)	56.23160013	
S2	48	Moyenne	0.193781407	77.51
		CV (%)	39.89355287	
S3	49	Moyenne	0.130088483	53.12
		CV (%)	63.62939422	
S4	41	Moyenne	0.209742854	71.73
		CV (%)	52.47861552	

Chapitre III : Résultats et Analyses

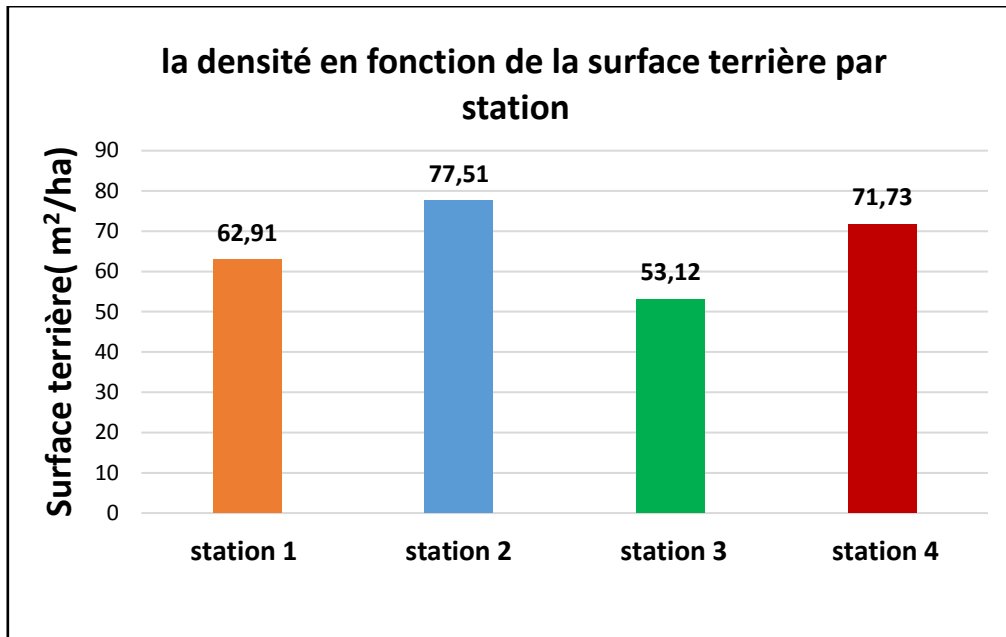


Figure 21 : Distribution de la surface terrière par station

Le tableau 13 et la figure 21 montrent que la surface terrière la plus importante est enregistrée dans la station 4 (0.20 m²) avec un coefficient de variation de 52.47%, et la surface terrière la plus faible est notée dans la station 3 (0.13 m²) avec un coefficient de variation de 63.62%. Tandis que les valeurs de la surface terrière de la station 1 et 2 sont respectivement de 0.15 m² et 0.19 m² avec des coefficients de variation de 56.23% et 39.89% respectivement pour la station 1 et 2.

La station 2 présente la surface terrière la plus importante avec 77.51 m²/ha, suivie de la station 4 avec 71.73 m²/ha, puis de la station 1 avec 62.91 m²/ha et la plus faible est enregistré dans la station 3 avec 53.12 m²/ha.

1.1.3- Structure des peuplements

L'étude de la structure est faite après avoir repartis dans chaque station, l'ensemble des individus en classe de diamètre d'intervalle de 10 cm. Les résultats sont rapportés dans le tableau 14.

Pour l'établissement des histogrammes de fréquences pour chaque station, les résultats de tableau 14 sont portés sur des graphiques portant en abscisse les

Chapitre III : Résultats et Analyses

classes de diamètre et en ordonnées le nombre d'arbres exprimés en fréquences relatives pour chaque station.

Ces histogrammes nous donnent la forme de la distribution des individus au sein de chaque peuplement.

❖ Distribution des tiges par classe de diamètre pour les quatre stations

Tableau 14 : Distribution des tiges par classe de diamètre

Classes de diamètre :	Station 1		Station 2		Station 3		Station4	
	Effectifs	%	Effectifs	%	Effectifs	%	Effectifs	%
[00-10[	0	0	0	0	2	4.08	0	0
[10-20[	2	4.17	0	0	8	16.33	0	0
[20-30[	5	10.42	0	0	2	4.08	0	0
[30-40[	15	31.25	6	12.50	14	28.57	9	21.95
[40-50[	13	27.08	26	54.17	11	22.45	14	34.15
[50-60[	10	20.83	8	16.66667	12	24.49	9	21.95
[60-70[	2	4.17	8	16.66667	0	0	6	14.63
[70-80[	1	2.08	0	0	0	0	2	4.88
[80-90[	0	0	0	0	0	0	1	2.44
[90-100[	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	48	100	48	100	49	100	41	100

Chapitre III : Résultats et Analyses

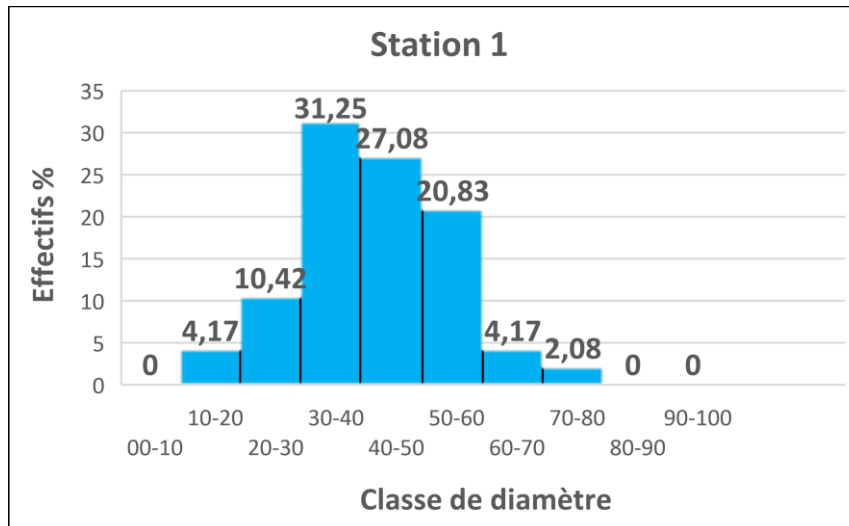


Figure 22 : Distribution des tiges par classe de diamètre pour la station 1.

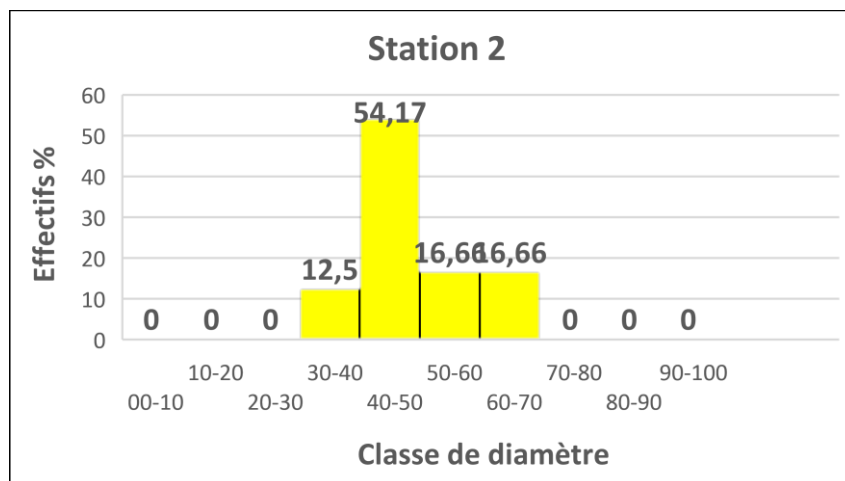


Figure 23 : Distribution des tiges par classe de diamètre pour la station 2.

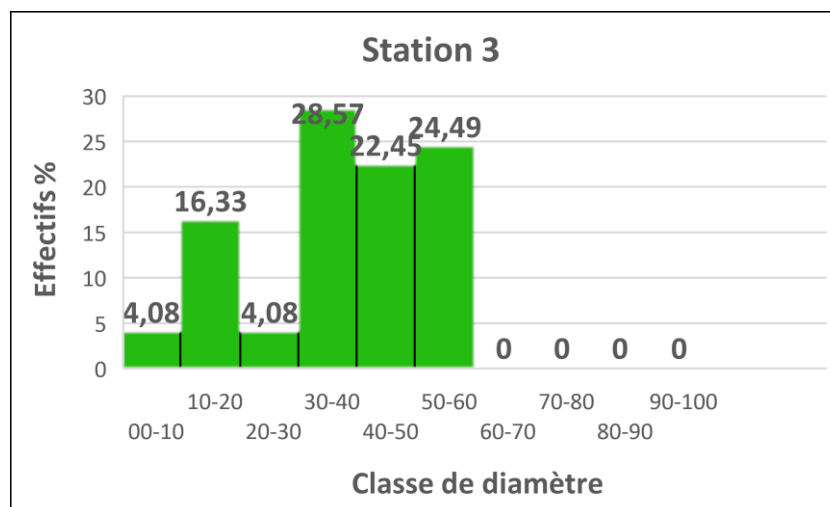


Figure 24 : Distribution des tiges par classe de diamètre pour la station 3

Chapitre III : Résultats et Analyses

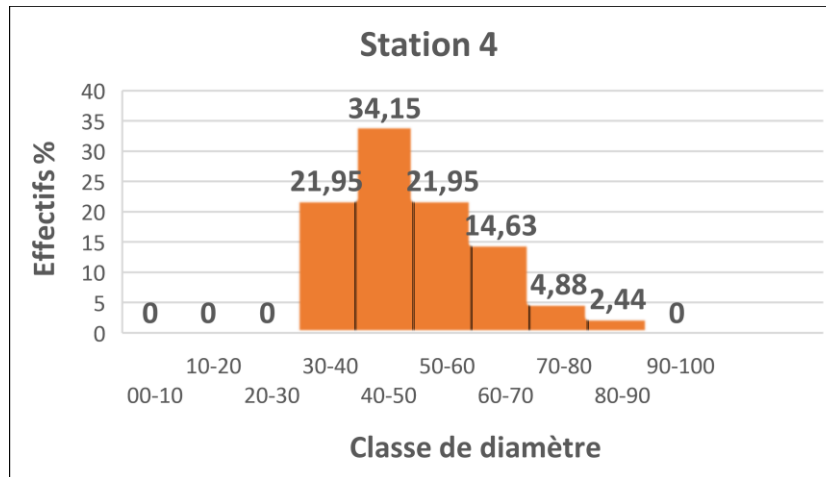


Figure 25: Distribution des tiges par classe de diamètre pour la station 4.

Le tableau 14 montre que la classe de diamètre de [00-10[n'est représentée que dans la station 3 avec un effectif de 4.08%, alors qu'elle doit être plus importante.

Les deux classes de diamètre de [10-20[et de [20-30[ne sont représentées que dans les deux stations ; S1 et S3 avec des effectifs de 4.17% et 10.42%, et de 16.33% et 4.08% respectivement pour S1 et S3.

On remarque que les classes de diamètre de [30-40[, [40-50[et [50-60[sont les plus représentées avec 31.25%, 27.08% et 20.83% respectivement pour S1 et 28.57%, 22.45% et 24.49% respectivement pour S3. Et 21.95%, 34.15% et 21.95% respectivement pour S4. Par contre pour la station 2 les classes de diamètre les plus représentées sont [40-50[avec 54.17%, [50-60[avec 16.66% et [60-70[avec 16.66%.

On note aussi que la classe de diamètre de [70-80[n'est représentée que dans la station 1 et 4 avec un effectif de 2.08% pour S1 et de 4.88% pour S2.

La classe de diamètre de [80-90[n'est marquée que dans la station 4 avec un effectif de 2.44%.

Chapitre III : Résultats et Analyses

❖ Résultats de test de normalité de Shapiro-Wilk

✓ Station 1

D'après la figure (26), présentant les résultats de la distribution des tiges par classes de diamètre d'intervalle de 10 cm, on remarque qu'elle suit la tendance gaussienne. Le test de normalité de Shapiro-Wilk (Tableau 15), confirme que cette répartition suit la loi normale (p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0.05$). Donc sa structure tend vers une futaie régulière.

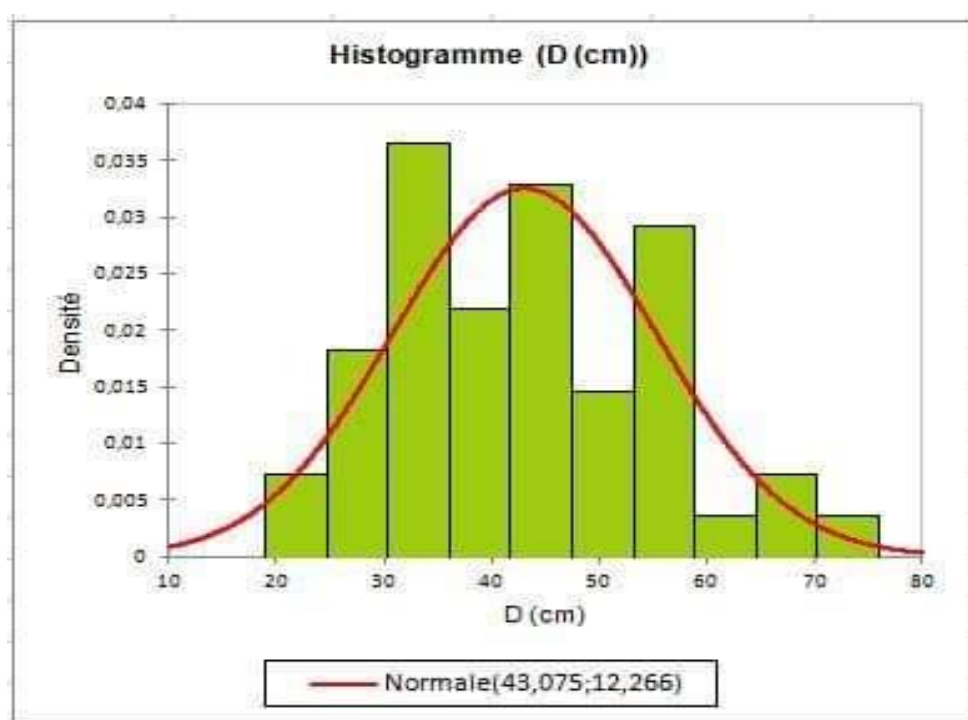


Figure 26 : Distribution des effectifs selon le test de normalité (Shapiro-Wilk) pour la station 1.

Les résultats de test de normalité sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Résultats de test de Shapiro-Wilk pour la station 1.

Station 1	D Max	P	Signification	Structure
	0,982	0,655	NS	régulière

✓ Station 2

D'après la figure (27), présentant les résultats de la distribution des tiges par classes de diamètre d'intervalle de 10 cm, on remarque qu'elle ne suit pas la

Chapitre III : Résultats et Analyses

tendance gaussienne. Le test de normalité de Shapiro-Wilk (Tableau 16), confirme que cette répartition ne suit pas la loi normale (p-value calculée est inférieur au niveau de signification seuil $\alpha=0.05$). Donc sa structure tend vers une futaie irrégulière.

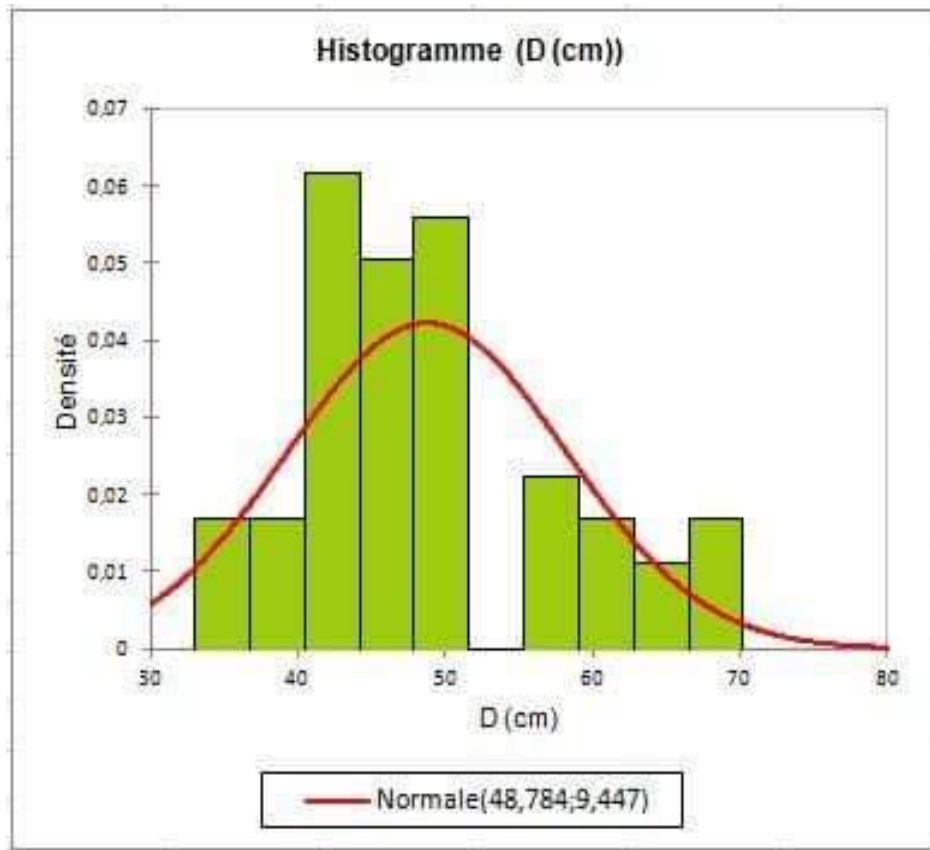


Figure 27: Distribution des effectifs selon le test de normalité (Shapiro-Wilk) pour la station 2.

Les résultats de test de normalité sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 16 : Résultats de test de Shapiro-Wilk pour la station 2.

Station 2	D Max	P	Signification	Structure
	0,934	0,010	S	irrégulière

✓ Station 3

D'après la figure (28), présentant les résultats de la distribution des tiges par classes de diamètre d'intervalle de 10 cm, on remarque qu'elle ne suit pas la

Chapitre III : Résultats et Analyses

tendance gaussienne. Le test de normalité de Shapiro-Wilk (Tableau 17), confirme que cette répartition ne suit pas la loi normale (p-value calculée est inférieure au niveau de signification seuil $\alpha=0.05$). Donc sa structure tend vers une futaie irrégulière.

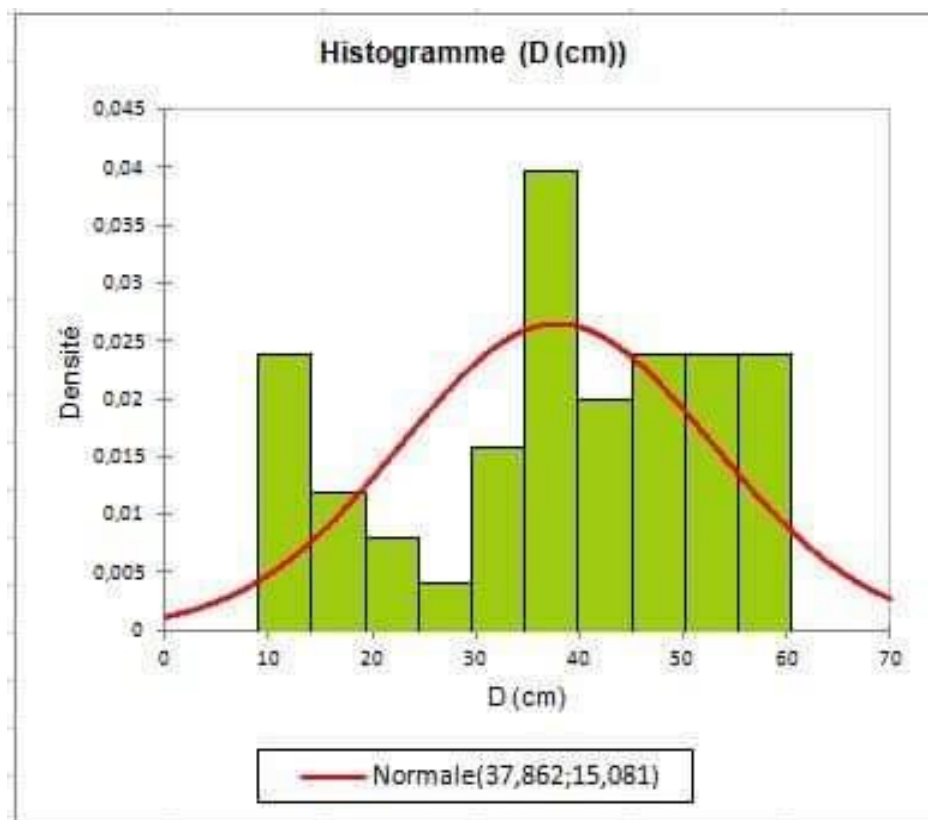


Figure 28 : Distribution des effectifs selon le test de normalité (Shapiro-Wilk) pour la station 3.

Les résultats de test de normalité sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Résultats de test de Shapiro-Wilk pour la station 3.

Station 3	D Max	P	Signification	Structure
	0,926	0,004	S	irrégulière

✓ Station 4

D'après la figure (29), présentant les résultats de la distribution des tiges par classes de diamètre d'intervalle de 10 cm, on remarque qu'elle suit la tendance gaussienne. Le test de normalité de Shapiro-Wilk (Tableau 18), confirme que cette

Chapitre III : Résultats et Analyses

répartition suit la loi normale (p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0.05$). Donc sa structure tend vers une futaie régulière.

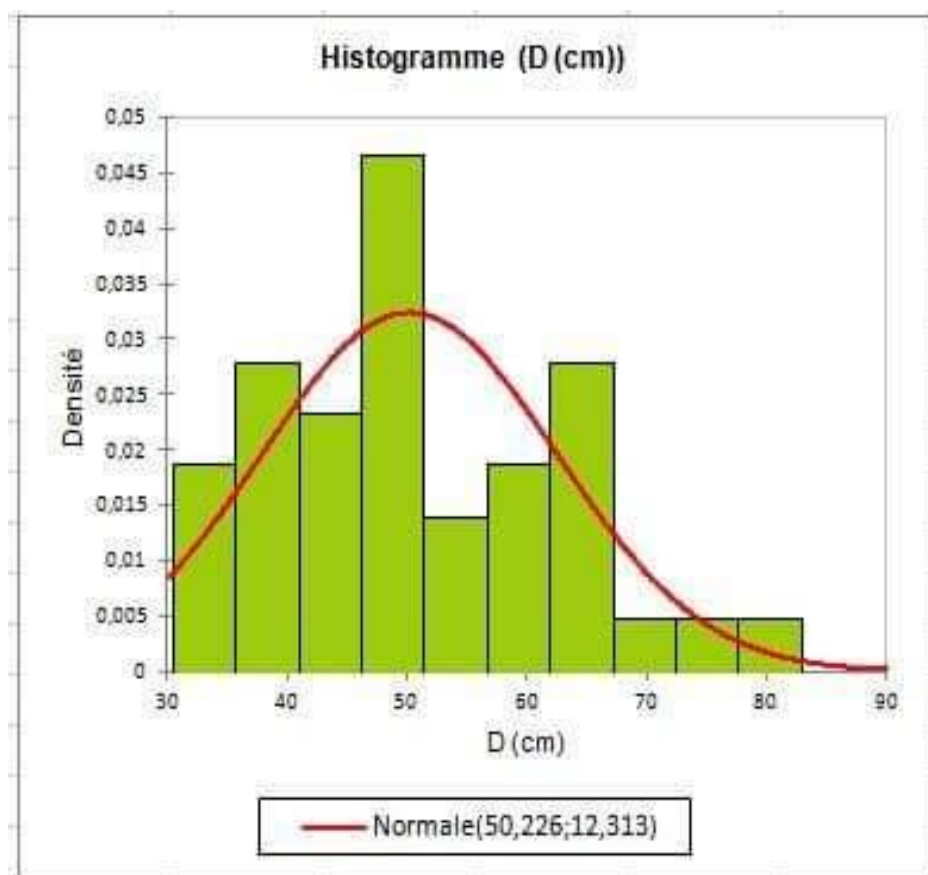


Figure 29 : Distribution des effectifs selon le test de normalité (Shapiro-Wilk) pour la station 4.

Les résultats de test de normalité sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 18 : Résultats de test de Shapiro-Wilk pour la station 4.

Station 4	D Max	P	Signification	Structure
	0,973	0,418	NS	régulière

1.1.4-Indices de compétitions

Les Tableaux 19 et 20 résument les calculs des indices de compétition (DMV, et IH) pour les placettes et les stations d'études.

✓ **Par placette**

Chapitre III : Résultats et Analyses

Tableau 19 : Estimation des indices de compétition (DMV et IH)

Stations :	Placettes :	N :	Statistiques :	DMV	IH
S1	S1P1	18	Moyenne	6.64	45.76
			CV(%)	42.34	
	S1P2	15	Moyenne	6.57	52.08
			CV(%)	41.91	
	S1P3	15	Moyenne	6.32	50.12
			CV(%)	40.44	
S2	S2P1	16	Moyenne	7.12	38.8
			CV(%)	42.30	
	S2P2	15	Moyenne	5.24	34.02
			CV(%)	51.05	
	S2P3	17	Moyenne	6.19	33.1
			CV(%)	41.10	
S3	S3P1	19	Moyenne	4.59	37.81
			CV(%)	43.71	
	S3P2	15	Moyenne	5.15	38.22
			CV(%)	36.11	
	S3P3	15	Moyenne	5.19	43.22
			CV(%)	40.42	
S4	S4P1	15	Moyenne	5.51	45.96
			CV(%)	50.80	
	S4P2	13	Moyenne	6.07	36.48
			CV(%)	18.01	
	S4P3	13	Moyenne	4.96	34.07
			CV(%)	31.95	

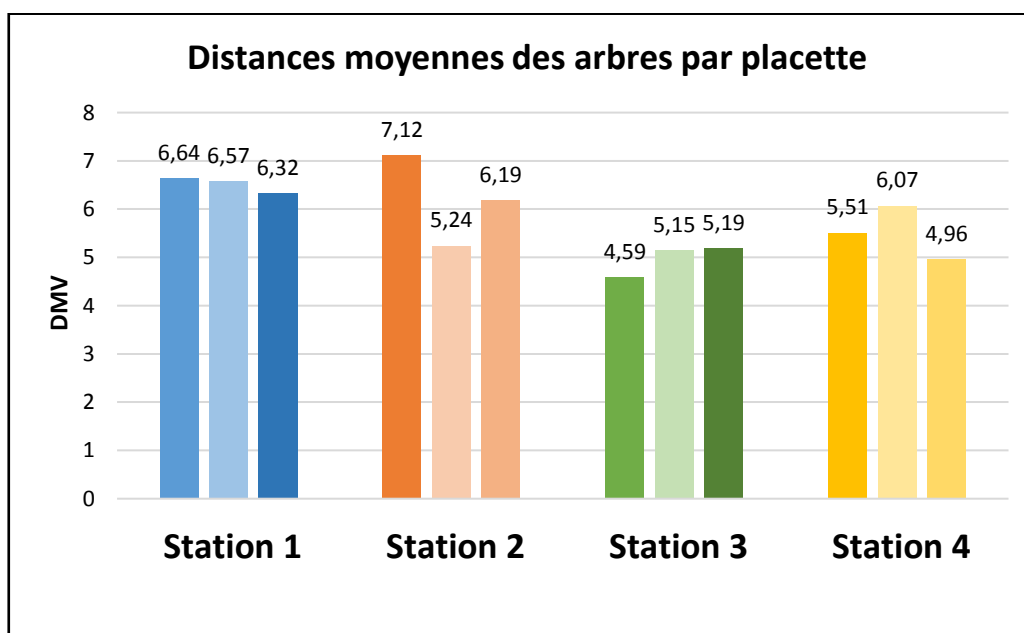


Figure 30 : Variation des distances moyennes des arbres voisins par placette

Chapitre III : Résultats et Analyses

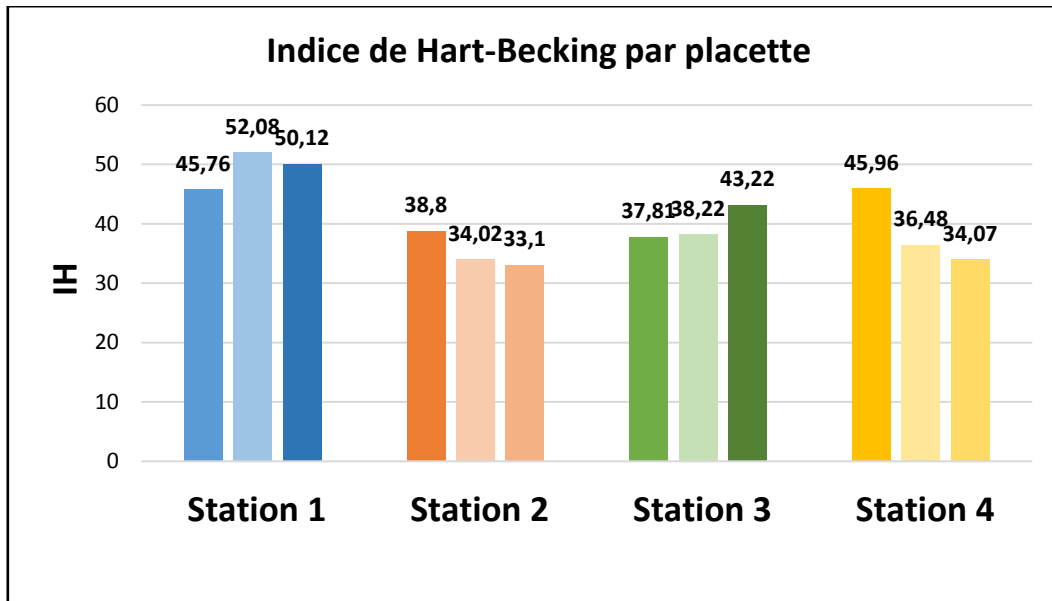


Figure 31: Variation des indices de compétitions de hart-Becking (IH) pour les placettes

➤ Distance moyenne entre les arbres

Les valeurs de la distance moyenne des arbres voisins (DMV) au niveau de la station 1 varient entre 6.32 m (S1P3) et 6.64 m (S1P1). Alors que les coefficients de variation varient de 40.44% (S1P3) et 42.34% (S1P1).

Pour la station 2, la moyenne la plus importante est notée au niveau de la placette (S2P1) avec 7.12 m et la plus faible est de 5.24 m (S2P2), les coefficients de variation varient de 41.10% (S2P3) à 51.05% (S2P2).

Pour la station 3, la moyenne la plus importante est notée au niveau de la placette (S3P3) avec 5.19 m et la plus faible est de 4.59 m (S3P1), les coefficients de variation varient de 36.11% (S3P1) à 43.71% (S3P1).

Pour la station 4, les moyennes entre les placettes varient de 4.96 m (S4P3) à 6.07 m (S4P2) et les coefficients de variations sont situés entre 31.95% (S4P3) et 50.80% (S4P1).

➤ Indice de compétition de hart-Becking (IH)

Les moyennes d'indice d'espacement de Hart-Becking (IH) pour les placettes de chaque station sont comme suit :

Chapitre III : Résultats et Analyses

Pour la station 1; les variations des moyennes entre les placettes sont de 45.76 (S1P1) à 52.08 (S2P2).

La station 2 ; les variations des moyennes entres placettes sont de 33.10 (S2P3) à 38.80 (S2P1).

La station 3 ; les variations des moyennes entres placettes sont de 37.81 (S3P1) à 43.22 (S3P3).

La station 4, les variations des moyennes entres placettes sont de 34.07 (S4P3) à 45.96 (S4P1).

✓ Par station

Tableau 20 : Estimation des indices de compétition (DMV et IH) pour les stations

Stations :	N :	Statistiques :	DMV :	IH :
S1	48	Moyenne	6.51	49.32
		CV(%)	41.40	6.56
S2	48	Moyenne	6.19	35.31
		CV(%)	45.01	8.67
S3	49	Moyenne	4.98	39.75
		CV(%)	40.03	6.48
S4	41	Moyenne	5.52	38.84
		CV(%)	42.15	16.18

Légende

DMV : Distende moyennes des arbres voisins ;

IH : Indice de compétition de Hart-Becking ;

CV : coefficient de variation.

Chapitre III : Résultats et Analyses

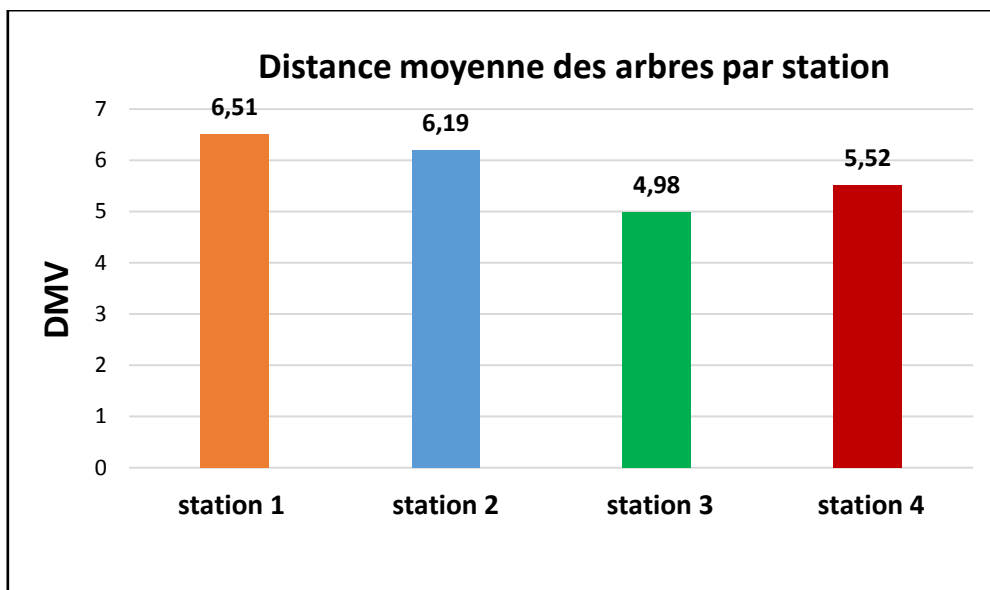


Figure 32: Variation des distances moyennes des arbres voisins par station

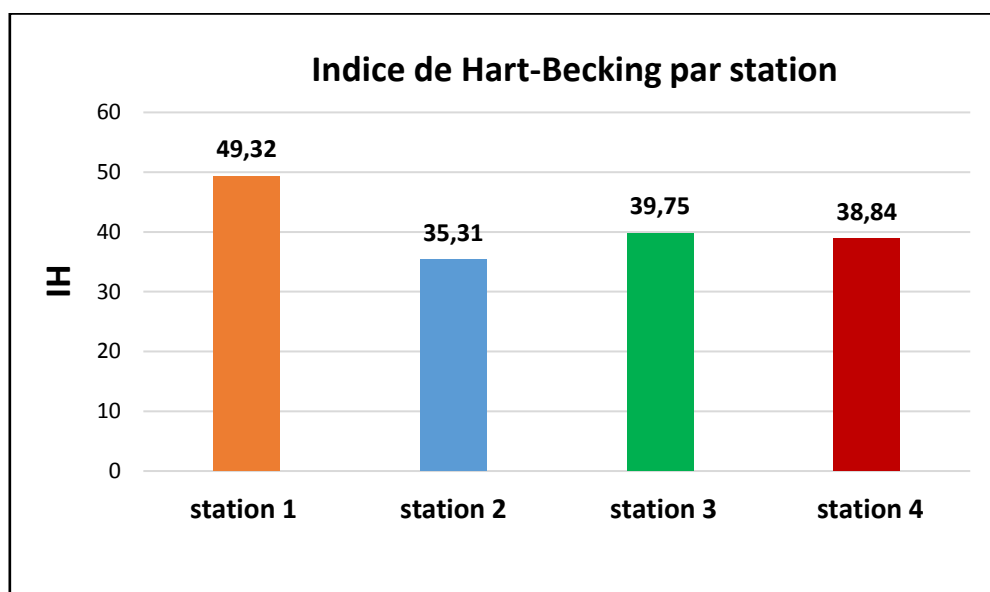


Figure 33: Variation de l'indice de compétition de hart-Becking (IH) par station

➤ Distance moyenne entre les arbres

La distance moyenne des arbres voisins (DMV) au niveau de la station 1 est de 6.51 m avec un coefficient de variation de 41.40%.

La station 2 se présente avec une moyenne de 6.19 m et un coefficient de variation de 45.01%.

Chapitre III : Résultats et Analyses

La station 3 se présente avec une moyenne de 4.98 m et un coefficient de variation de 40.03%.

Pour la station 4, la moyenne est de 5.52 m avec un coefficient de variation de 42.15%.

La moyenne la plus importante est de 6.51 m (S1) et la plus faible est de 4.98 m (S3). Les coefficients de variations varient de 40.03% (S3) à 45.01% (S2).

➤ **Indice de compétition de Hart-Becking (IH)**

Les moyennes d'indice d'espacement de Hart-Becking (IH) pour les placettes de chaque station sont comme suit :

Pour la station 1; la moyenne d'indice d'espacement de Hart-Becking est de 49.32 avec un coefficient de variation de 6.56%.

La station 2 ; présente une moyenne de (IH) de 35.31 avec un coefficient de variation de 8.67%.

La station 3 présente une moyenne de (IH) de 39.75 et un coefficient de variation de 6.48%.

Dans la station 4, la moyenne de (IH) est de 38.84 avec un coefficient de variation de 16.18%.

1.1.5- Etude globale multifactorielle

L'analyse en composantes principales (ACP) est la méthode la plus connue et la plus utilisée pour savoir l'influence que les variables ont les unes sur les autres (Casin, 1999), son objectif :

- Représenter graphiquement l'observation de $P > 3$ variables.
- Recherche des résumés pertinents dans le plan ou l'espace, respectant les distances entre les individus et la structure des corrélations entre variables.

Chapitre III : Résultats et Analyses

A- Matrice de corrélation

Suite à l'analyse des tableaux 21, 22, 23 et 24 ; il s'avère que les couples de variables présentent des corrélations significatives au seuil de 5% et se présentent comme suit :

- **La circonférence est corrélée avec**
 - Le diamètre, l'épaisseur du liège, la hauteur de démasclage, la hauteur totale, le volume et la surface terrière de la station 1 ;
 - Le diamètre, l'épaisseur du liège, la hauteur de démasclage et la hauteur totale de la station 2 ;
 - Le diamètre, l'épaisseur du liège, la hauteur de démasclage, la hauteur totale, le volume et la surface terrière des stations 3 et 4
- **Le diamètre est corrélé avec**
 - L'épaisseur du liège, la hauteur de démasclage, la hauteur totale, le volume et la surface terrière de la station 1 ;
 - L'épaisseur du liège, la hauteur de démasclage, la hauteur totale et le volume de la station 2;
 - L'épaisseur du liège, la hauteur de démasclage, la hauteur totale, le volume et la surface terrière des stations 3 et 4
- **L'épaisseur du liège est corrélée avec**
 - La hauteur de démasclage, la hauteur totale, le volume et la surface terrière des stations 1, 2,3 et 4
- **La hauteur de démasclage est corrélée avec**
 - La hauteur totale, le volume et la surface terrière des stations 1, 2, 3et4
- **La hauteur totale est corrélée avec**
 - Le volume des stations 1, 3 et 4
 - Le volume et la surface terrière de la station 2
- **Le volume est corrélé avec :**
 - La surface terrière des stations 1, 2, 3 et 4

Chapitre III : Résultats et Analyses

Tableau 21 : Matrice de corrélation des variables de la station 1

Variables	Cir	Diam	Epai	Hdem	H total	VOL	Gi
Cir	1.00						
Diam	<u>0.90</u>	1.00					
Epai	<u>0.37</u>	<u>0.74</u>	1.00				
Hdem	<u>0.88</u>	<u>0.59</u>	<u>-0.11</u>	1.00			
H total	<u>0.73</u>	<u>0.37</u>	<u>-0.36</u>	<u>0.97</u>	1.00		
VOL	<u>0.83</u>	<u>0.99</u>	<u>0.83</u>	<u>0.46</u>	<u>0.22</u>	1.00	
Gi	<u>0.66</u>	<u>0.92</u>	<u>0.94</u>	<u>0.22</u>	-0.03	<u>0.97</u>	1.00

Tableau 22 : Matrice de corrélation des variables de la station 2

Variables	Cir	Diam	Epai	Hdem	H total	VOL	Gi
Cir	1.00						
Diam	<u>1.00</u>	1.00					
Epai	<u>0.78</u>	<u>0.79</u>	1.00				
Hdem	<u>-0.37</u>	<u>-0.35</u>	<u>0.30</u>	1.00			
H total	<u>-0.41</u>	<u>-0.39</u>	<u>0.26</u>	<u>1.00</u>	1.00		
VOL	0.04	<u>0.06</u>	<u>0.66</u>	<u>0.91</u>	<u>0.90</u>	1.00	
Gi	-0.01	-0.03	<u>-0.64</u>	<u>-0.92</u>	<u>-0.91</u>	<u>-1.00</u>	1.00

Tableau 23 : Matrice de corrélation des variables de la station 3

Variables	Cir	Diam	Epai	Hdem	H total	VOL	Gi
Cir	1.00						
Diam	<u>0.97</u>	1.00					
Epai	<u>0.93</u>	<u>0.99</u>	1.00				
Hdem	<u>0.99</u>	<u>1.00</u>	<u>0.97</u>	1.00			
H total	<u>0.99</u>	<u>0.99</u>	<u>0.96</u>	<u>1.00</u>	1.00		
VOL	<u>0.74</u>	<u>0.56</u>	<u>0.43</u>	<u>0.63</u>	<u>0.65</u>	1.00	
Gi	<u>0.53</u>	<u>0.71</u>	<u>0.81</u>	<u>0.65</u>	<u>0.62</u>	<u>-0.18</u>	1.00

Tableau 24 : Matrice de corrélation des variables de la station 4

Variables	Cir	Diam	Epai	Hdem	H total	VOL	Gi
Cir	1.00						
Diam	<u>1.00</u>	1.00					
Epai	<u>0.54</u>	<u>0.55</u>	1.00				
Hdem	<u>0.28</u>	<u>0.29</u>	<u>0.96</u>	1.00			
H total	<u>0.90</u>	<u>0.89</u>	<u>0.12</u>	<u>-0.17</u>	1.00		
VOL	<u>-0.73</u>	<u>-0.72</u>	<u>0.18</u>	<u>0.45</u>	<u>-0.96</u>	1.00	
Gi	<u>0.89</u>	<u>0.88</u>	<u>0.09</u>	<u>-0.20</u>	<u>1.00</u>	<u>-0.96</u>	1.00

Chapitre III : Résultats et Analyses

B- Etude globale multifactorielle

A partir de cette matrice de corrélation, on peut révéler les variables qui corréleront entre elles positivement ou négativement :

- La hauteur totale corréle positivement avec la hauteur dominante (0.743), la hauteur de démasclage (0.962), la circonférence (0.989), le diamètre (0.947), le coefficient de démasclage (0.847), la distance moyenne entre les arbres voisins (0.417) et la surface terrière (0.957) et corréle négativement avec l'indice de Hart-Becking (-0.158).
- La hauteur dominante corréle positivement avec la hauteur de démasclage (0.545), l'épaisseur du liège (0.277), la circonférence (0.814), le coefficient de démasclage (0.304), la distance moyenne entre les arbres voisins (0.359) et la surface terrière (0.734), et corréle négativement (-0.408).
- La hauteur dominante corréle positivement avec la circonférence (0.931), le diamètre (0.872), le coefficient de démasclage (0.960), la distance moyenne entre les arbres voisins (0.470), et la surface terrière (0.887) et corréle négativement avec l'épaisseur du lige (-0.151).
- L'épaisseur du liège corréle positivement avec le diamètre (0.341) et la surface terrière (0.309) et corréle négativement avec le coefficient de démasclage (-0.349), la distance moyenne entre les arbres voisins (-0.797) et l'indice de Hart –Becking (-0.990)
- La circonférence corréle positivement avec le diamètre (0.917), le coefficient de démasclage (0.799), la distance moyennes entres les arbres voisins (0.494) et la surface terrière (0.930), et corréle négativement avec l'indice de Hart-Becking (-0.137).
- Le diamètre corréle positivement avec le coefficient de démasclage (0.718), la distance moyenne entre les arbres (0.111) et la surface

Chapitre III : Résultats et Analyses

terrière (0.999), et corrèle négativement avec l'indice de Hart-Becking (-0.448).

- Le coefficient de démasclage corrèle positivement avec la distance moyenne entre les arbres (0.510), l'indice de Hart-Becking (0.264) et la surface terrière (0.736).
- La distance moyenne entre les arbres corrèle positivement avec l'indice de Hart-Becking (0.706) et la surface terrière (0.144).
- L'indice de Hart-Becking corrèle négativement avec la surface terrière (-0.419).

Tableau 25 : Matrice de corrélation des variables

Variables	Ht(m)	Hdom(m)	Hd(m)	Epai(cm)	Cir(cm)	Dia(cm)	K	DMV	IH	Gi
Ht(m)	1.00									
Hdom(m)	0.74	1.00								
Hd(m)	0.96	0.55	1.00							
Epai(cm)	0.03	0.28	-0.15	1.00						
Cir(cm)	0.99	0.81	0.93	0.00	1.00					
Dia(cm)	0.95	0.73	0.87	0.34	0.92	1.00				
K	0.85	0.30	0.96	-0.35	0.80	0.72	1.00			
DMV	0.42	0.36	0.47	-0.80	0.49	0.11	0.51	1.00		
IH	-0.16	-0.41	0.04	-0.99	-0.14	-0.45	0.26	0.71	1.00	
Gi	0.96	0.73	0.89	0.31	0.93	0.99	0.74	0.14	-0.42	1.00

Légende : Au seuil de signification Alpha=0.05, la corrélation entre les variables est significative

Tableau 26 : Valeurs propres

	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	6.197	3.040	0.762	0.001
Variabilité (%)	61.966	30.399	7.624	0.011
%cumulé	61.966	92.365	99.989	100.000

Les résultats de l'ACP son groupé dans le tableau 25 de la matrice de corrélation des variables et la figure 34.

Chapitre III : Résultats et Analyses

Tableau 27 : Corrélation variables-axes principaux

	F1	F2	$\sum(F(1-2))^z$
Ht	99.91%	-2.22%	99.52%
Hdom	76.19%	23.96%	27.37%
Hd	95.37%	-20.60%	75.18%
Epai	5.60%	99.84%	98.75%
Cir	99.18%	-5.02%	96.28%
Dia	95.20%	28.68%	67.91%
K	83.08%	-39.95%	28.16%
DMV	40.86%	-81.83%	25.27%
IH	-18.14%	-98.18%	86.67%
Gi	96.19%	25.49%	74.00%

Légende : F1 : premier axe ; F2 : Deuxième axe

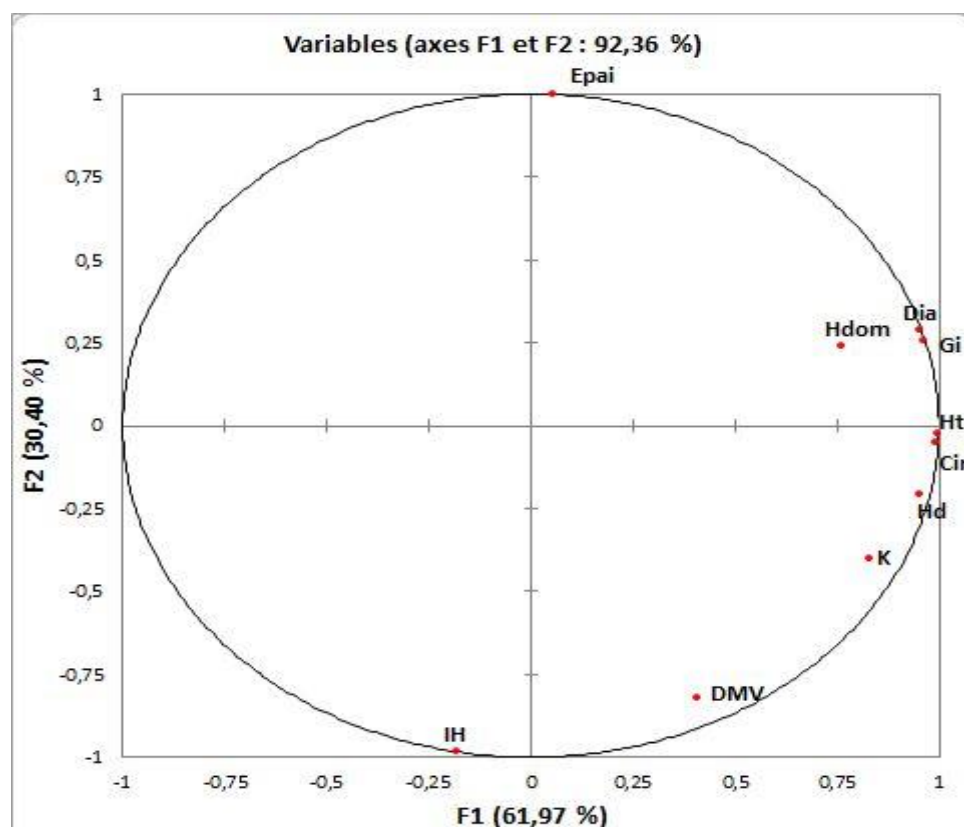


Figure 34 : Présentation des variables sur le cercle de corrélation du plan principale (f1*f2).

D'après le tableau 27, la présentation du plan principale (F1*F2) montre que les variables hauteur totale (99.52%), hauteur de démasclage (75.18%), épaisseur du lige (98.75%), la circonférence (96.28%), coefficient de démasclage, l'indice

Chapitre III : Résultats et Analyses

de Hart-Becking (86.67%) et la surface terrière (74.00%) sont les plus représentées sur le plan ($\sum (F(1-2))^2 \geq 70\%$), ce qui explique très bien l'inertie. La hauteur dominante (27.37%), le diamètre (67.91%), le coefficient de démasclage (28.16%) et la distance moyenne entre les arbres voisins (25.27%) sont moyennement représentées, elles expliquent moyennement l'inertie ($\sum (F(1-2))^2 \geq 30\%$).

Par rapport à l'axe F1 : Les variables hauteur totale (99.91%), hauteur dominante (76.19%), hauteur de démasclage (95.37%), circonférence (99.18%), diamètre (95.20%), coefficient de démasclage (83.08%) et la surface terrière (96.19%), sont les plus corrélées et les plus représentées dans le sens positif de l'axe F, alors que l'épaisseur du liège (5.60%) est faiblement corrélée et la distance moyenne entre les arbres voisins (40.86%) est moyennement corrélée.

La variable indice de Hart-Becking (-18.14) est moyennement corrélée dans le sens négatif de l'axe F1.

Ainsi, il paraît que le sens positif de l'axe F1 exprime le sens de l'augmentation des variables hauteur totale, hauteur dominante, hauteur de démasclage, diamètre du liège, circonférence, diamètre, coefficient de démasclage, distance moyenne entre les arbres et la surface terrière. Et le sens négatif exprime la diminution de la variable indice de Hart-Becking.

Par rapport à l'axe F2 : La variable épaisseur du liège est fortement corrélée (99.84%) et les variables hauteur dominante (23.96%), diamètre (28.68%) et la surface terrière (25.49%) sont moyennement corrélées,

Les variables de l'indice de Hart-Becking (-98.18%) et la distance moyenne entre les arbres (-81.83%) sont fortement représentées sur l'axe F2 dans le sens négatif et les variables hauteur de démasclage (-20.60%), coefficient de démasclage (-39.95%) sont moyennement représentées sur l'axe F2 dans le sens

Chapitre III : Résultats et Analyses

négatif alors que les variables hauteur totale et circonférence sont faiblement représentées sur ce même axe négativement.

De ce fait, sur l'axe F2 le sens positif est principalement celui de l'augmentation des variables hauteur dominante, épaisseur du liège, diamètre et surface terrière, et le sens négatif traduit essentiellement la diminution des variables hauteur totale, hauteur de démasclage, circonférence, coefficient de démasclage, la distance moyenne entre les arbres et l'indice de Hart-Becking.

A partir de la représentation graphique (figure 35), le regroupement des stations et des placettes par rapport aux variables permet de distinguer deux groupes et quatre sous-groupes.

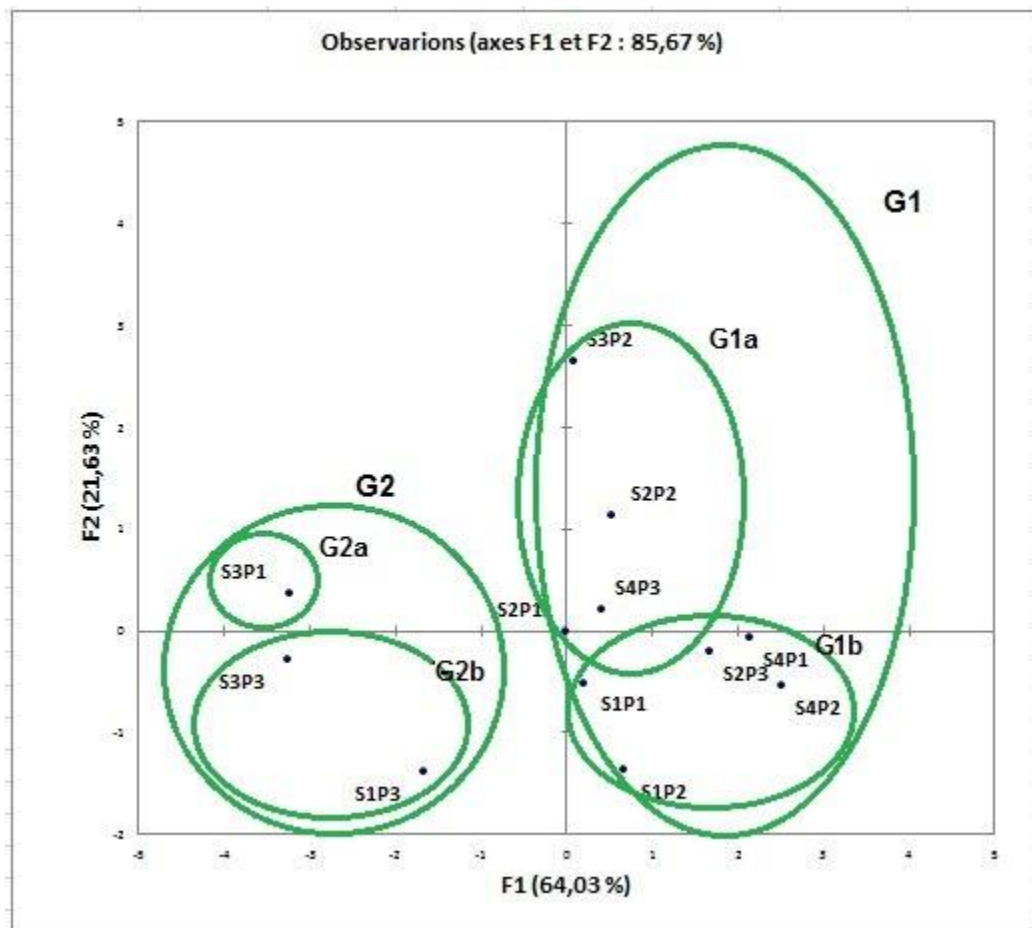


Figure 35 : Représentation graphique des placettes et des stations sur le plan principale f1*f2

➤ Stations sur le plan principale f1*f2

Chapitre III : Résultats et Analyses

A travers l'axe 1 : l'ACP fait apparaître deux groupes G1 et G2, le premier groupe englobe les placettes (S1P1) et (S1P2) de la station 1 et la placette (S3P2), mais aussi les placettes (S4P1), (S4P2) et (S4P3) de la station 4.

Les deux groupes se différencient entre eux sur la base des variables hauteur totale, hauteur dominante, hauteur de démasclage, circonférence, diamètre, coefficient de démasclage et surface terrière qui expliquent l'inertie sur l'axe F1 dans le sens positif pour le groupe **G1**, et la variable indice de Hart-Becking explique l'inertie dans le sens négatif du même axe **F1** pour le groupe **G2**

Sur l'axe 2, en tenant compte des variables hauteur dominante, épaisseur du liège, diamètre et surface terrière qui expliquent l'inertie sur l'axe F2 dans le sens positif et les variables hauteur de démasclage, coefficient de démasclage, distance moyenne entre les arbres et l'indice de Hart-Becking qui expliquent l'inertie sur l'axe F2 dans le sens négatif, nous pouvons distinguer deux sous groupes G1 et G2.

Le sous-groupe **G1a** englobe la deuxième placette de la deuxième station (S2P2), la deuxième placette de la troisième station (S3P2) et la troisième placette de la quatrième station (S4P3) et le sous-groupe G1b contient la première et la deuxième placette de la station 1 (S1P1) et (S1P2), la troisième placette de la station 2 (S2P3) et la première et la deuxième placette de la station 4 (S4P1) et (S4P2). Le sous-groupe G2a contient la première placette de la station 3 (S3P1) et enfin, le sous-groupe G2b regroupe les deux placettes (S1P3) et (S3P3) respectivement des stations 1 et 2.

1.1.6- Modélisation

❖ Etablissement des modèles de croissance

Après avoir tester 4 modèles sur la matrice de données requises, nous avons retenu le modèle le mieux ajusté, en prenant le R^2 le plus élevé comme critère de sélection.

Chapitre III : Résultats et Analyses

✓ Station 1

Tableau 28 : Fonctions testées pour la station 1

Zones d'études	Fonctions testées	Modèles	R ²
Ain-el-anser	Fonction linéaire	$Y = -0.3413x + 51.438$	0.1548
	Fonction exponentielle	$Y = 50.59 e^{-0.003x}$	0.1511
	Fonction puissance	$Y = 58.738x^{-0.12}$	0.1279
	Fonction logarithmique	$Y = -5.13 \ln(x) + 58.109$	0.1374

Les valeurs de coefficients de détermination obtenues sont inférieures à 0.50. Elles révèlent une relation médiocre entre les deux variables étudiées, d'où l'absence d'une forte synergie de croissance.

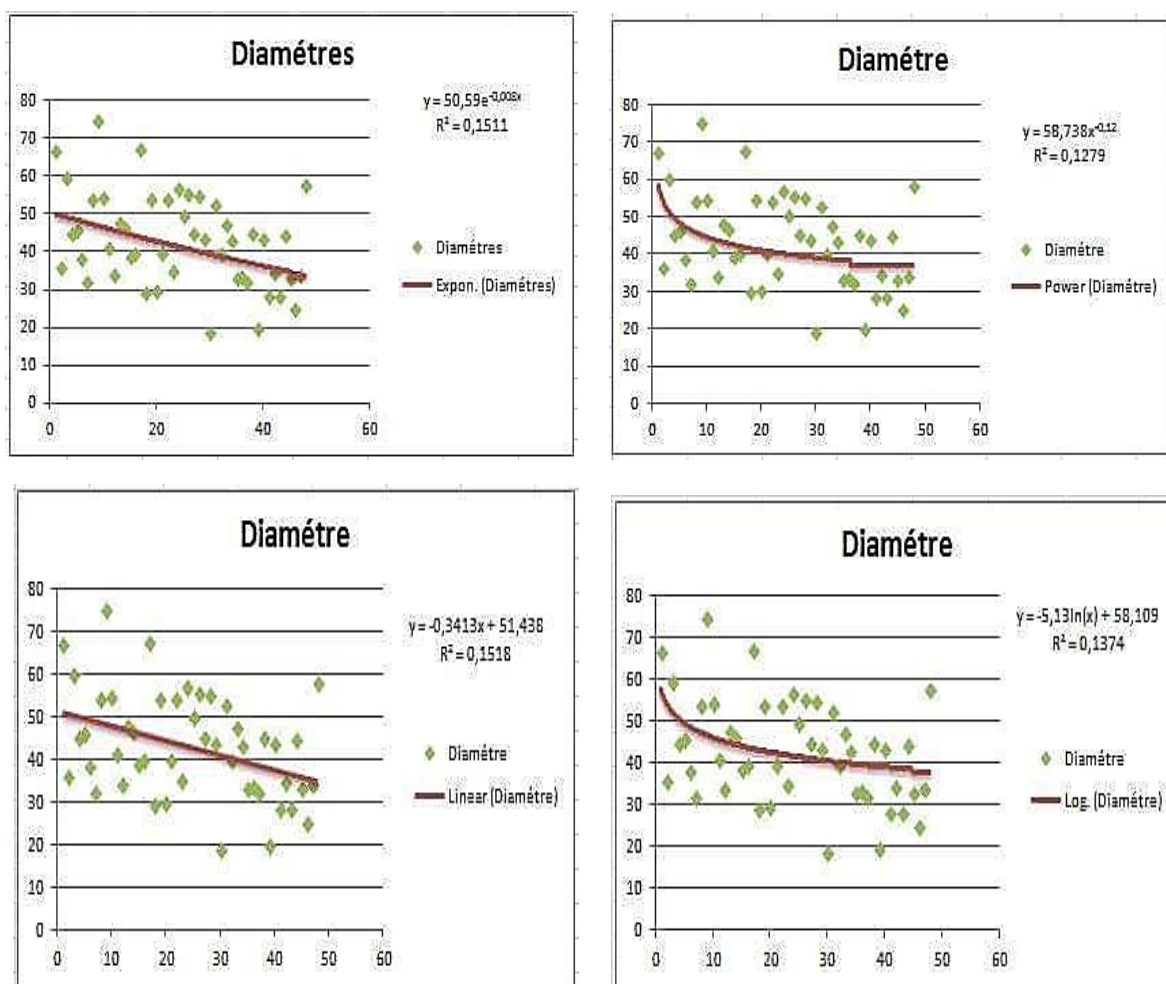


Figure 36: Représentation graphique des modèles testés pour la station 1.

Chapitre III : Résultats et Analyses

✓ Station 2

Tableau 29 : Fonctions testées pour la station 2

Zones d'études	Fonctions testées	Modèles	R ²
Eghzare Zagaghane	Fonction linéaire	$Y = -0.151x + 52.633$	0.0542
	Fonction exponentielle	$Y = 51.641 e^{-0.003x}$	0.0513
	Fonction puissance	$Y = 56.717x^{-0.057}$	0.0734
	Fonction logarithmique	$Y = -3.084\ln(x) + 57.821$	0.0837

Les valeurs de coefficients de détermination obtenues sont inférieures à 0.50. Elles révèlent une relation médiocre entre les deux variables étudiées, d'où l'absence d'une forte synergie de croissance.

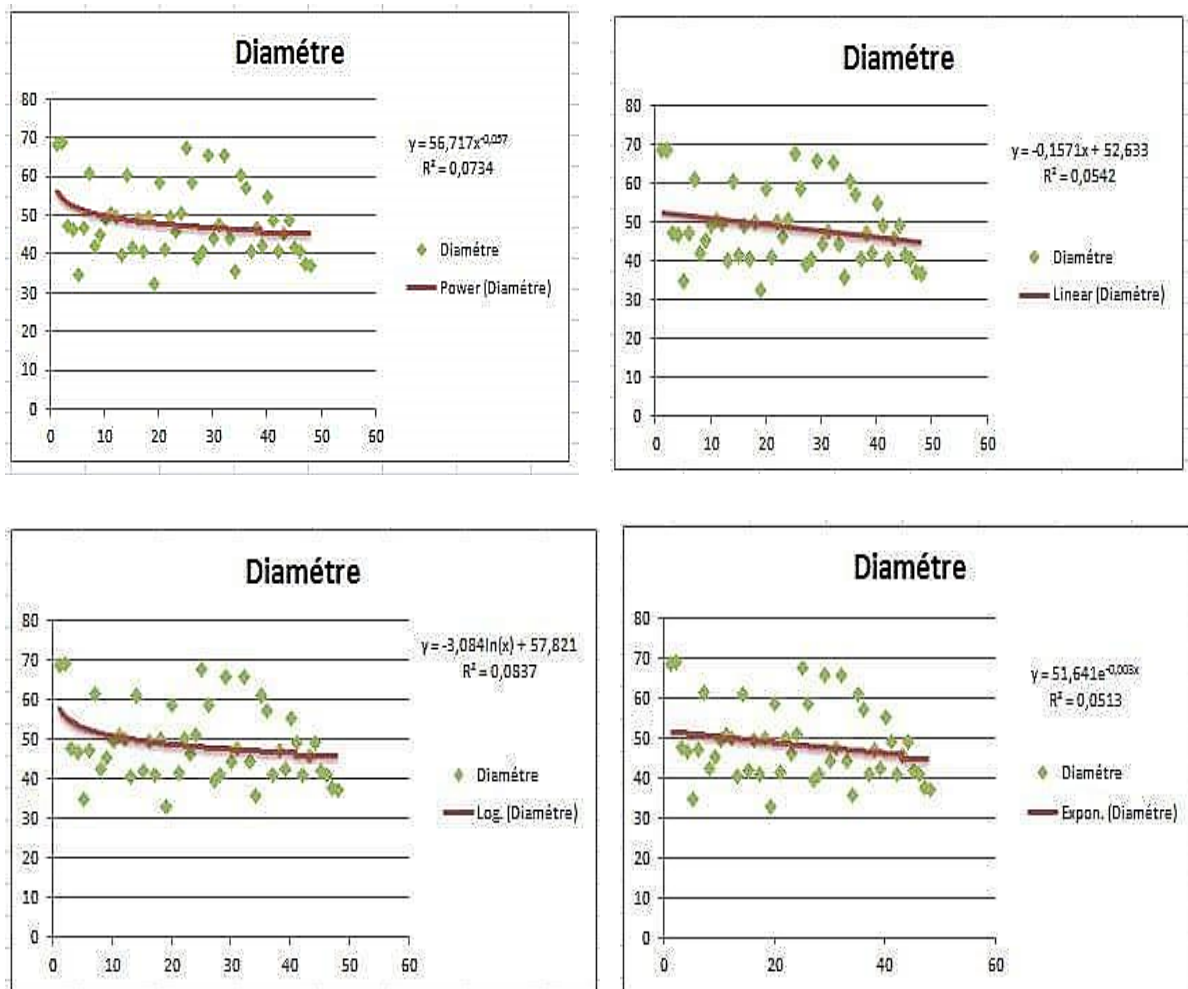


Figure 37: Représentation graphique des modèles testés pour la station 2.

Chapitre III : Résultats et Analyses

✓ Station 3

Tableau 30 : Fonctions testées pour la station 3

Zones d'études	Fonctions testées	Modèles	R ²
Arireb	Fonction linéaire	Y= 0.0444x +36.752	0.0018
	Fonction exponentielle	Y= 32.669e^{0.0014x}	0.0015
	Fonction puissance	Y= 28.663x^{0.0063}	0.0089
	Fonction logarithmique	Y= 1.9173ln(x)+32.206	0.0127

Les valeurs de coefficients de détermination obtenues sont inférieures à 0.50. Elles révèlent une relation médiocre entre les deux variables étudiées, d'où l'absence d'une forte synergie de croissance.

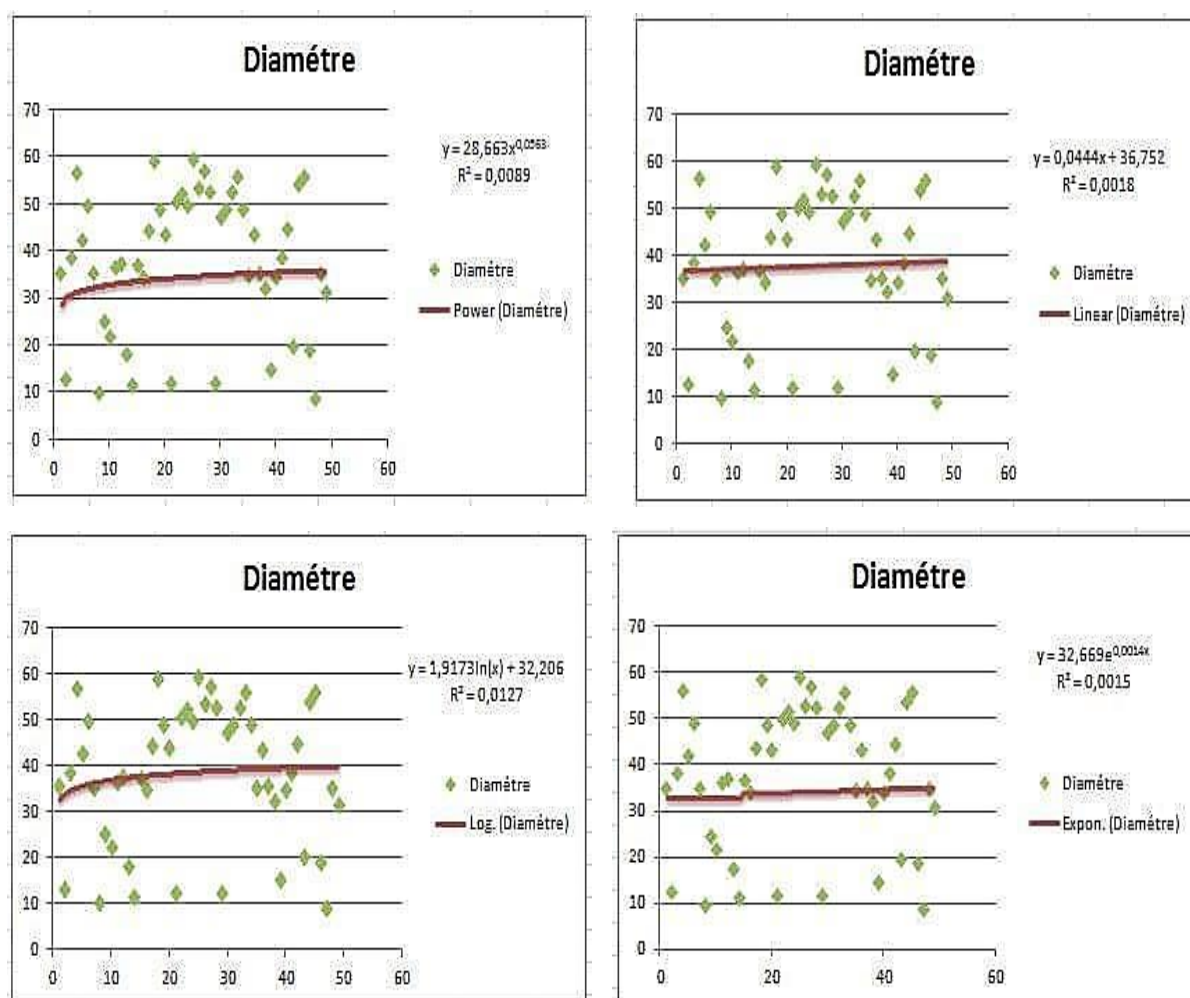


Figure 38: Représentation graphique des modèles testés pour la station 3.

Chapitre III : Résultats et Analyses

✓ Station 4

Tableau 31 : Fonctions testées pour la station 4

Zones d'études	Fonctions testées	Modèles	R ²
Taourirt	Fonction linéaire	Y= -0.1563x +53.507	0.0231
	Fonction exponentielle	Y= 51.9589e^{0.003x}	0.0214
	Fonction puissance	Y= 50.719x^{0.014}	0.0025
	Fonction logarithmique	Y= -0.618ln(x)+51.945	0.0019

Les valeurs de coefficients de détermination obtenues sont inférieures à 0.50. Elles révèlent une relation médiocre entre les deux variables étudiées, d'où l'absence d'une forte synergie de croissance.

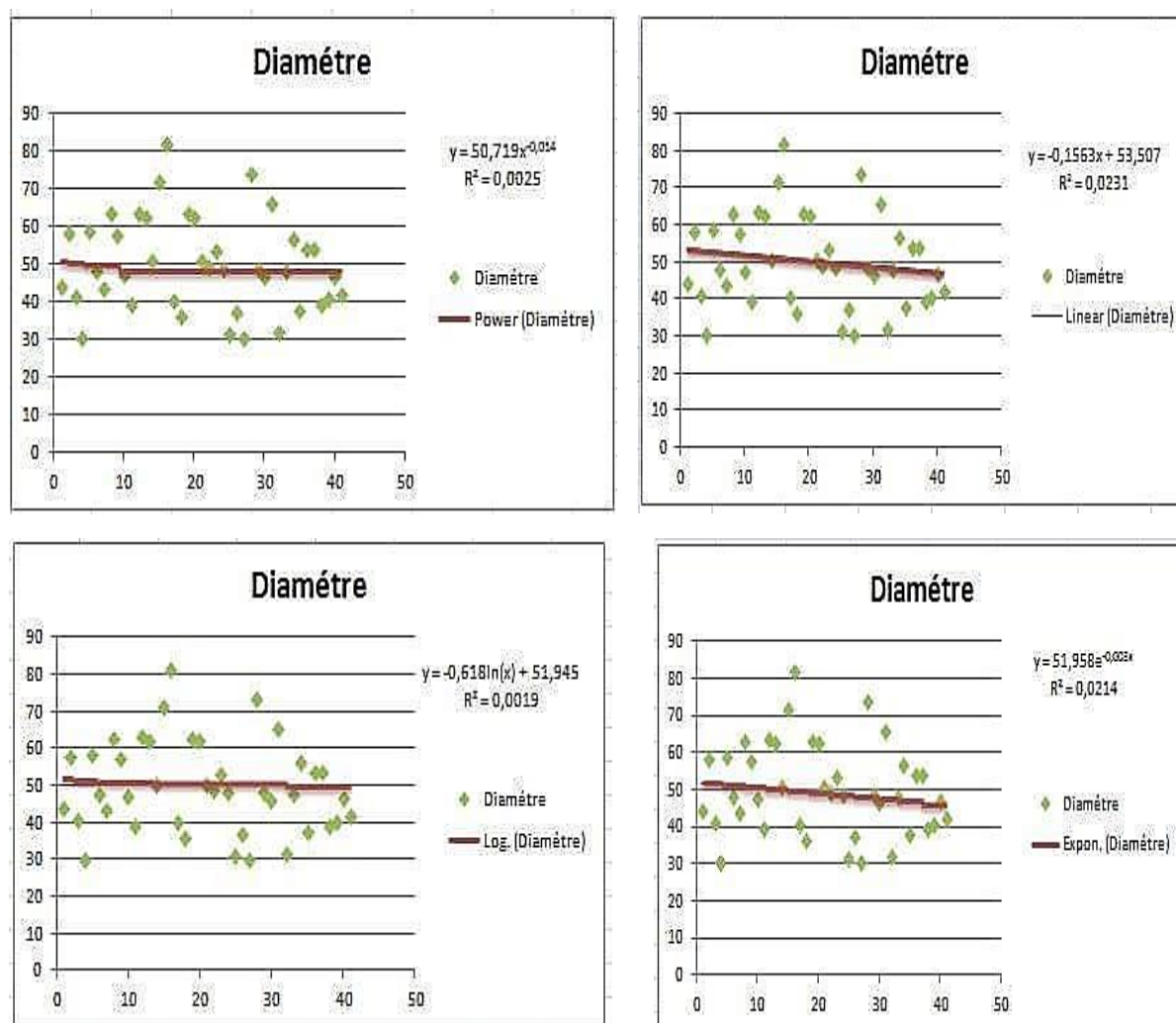


Figure 39 : Représentation graphique des modèles testés pour la station 4

2-Discussion globale

Sur la base des données recueillies dans nos quatre stations (Ain-el-anser, Eghzare-Zagaghane, Taourirt (Béni-Ghobri) et Arireb (Tamgout)), nous avons procédé à une étude sur la structure du peuplement, sa production en liège de reproduction et sur la croissance des arbres en fonctions de certaines variables dendrométriques à travers des ajustements de certains modèles mathématiques.

L'étude de la productivité d'un peuplement, sa structure et sa croissance, nécessite l'étude de plusieurs facteurs biologiques (fertilité, concurrence...), écologiques (altitude, pente, exposition...), anthropiques (traitements sylvicoles, dégradations...) et dendrométriques (densité, structure, hauteur dominante...).

Dans notre cas, nous avons consigné ces facteurs dans un tableau 32 récapitulatif qui résume les principaux résultats de notre travail.

Discussion globale

Tableau 32: Tableau récapitulatif des principaux résultats

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Lieu-dit	Aine-el-anser	Eghzare-Zagaghane	Aireb	Taourirt
Forêt	Béni-Ghobri	Béni-Ghobri	Tamgout	Béni-Ghobri
Altitude(m)	630 à 650	699 à 710	760 à 800	750 à 760
Exposition	Nord	Nord	Nord	Nord
Pente(%)	16 à 20	15 à 20	12 à 26	15 à 25
Etage bioclimatique	Humide à hiver froids	Humide à hiver froids	Humide à hiver froids	Humide à hiver froids
Sol	Brun lessivé profond	Brun lessivé profond	Brun lessivé profond	Brun lessivé profond
Nature de peuplement	Futaie pure	Futaie pure	Futaie pure	Futaie pure
Nombre d'arbres/station	48	48	49	41
Nbre de tige/ha	400	400	408	342
Surface terrière (m ² /ha)	62.91	77.51	53.12	71.73
D.M.V	6.51	6.19	4.98	5.52
IH	49.32	35.31	39.75	38.84
Structures	régulière	irrégulière	irrégulière	régulière
Hauteur dominante (m)	14.25	17.49	12.54	14.40
Classe de fertilité	2	1	3	2
Epaisseur de liège (cm)	1.47	2.85	2.71	2.61
Coefficient de démasclage	1.83	1.71	1.31	2.07
Circonférence (cm)	150.50	166.75	121.24	162.46
Diamètre (cm)	43.08	48.78	37.86	50.23
Volume totale (m ³ /ha)	58.8	134.4	51	118.2
Meilleur modèle de croissance	$Y = -0.3413x + 51.438$	$Y = -3.084 \ln(x) + 57.821$	$Y = 1.9173 \ln(x) + 32.206$	$Y = -0.1563x + 53.507$

D'après le tableau 32, nos quatre stations inventoriées appartiennent à des peuplements purs de hautes montagnes ; Elles sont situées sur des terrains de moyenne pente; exposés globalement au nord, reposant sur des sols bruns lessivés et profonds, accompagné par un cortège floristiques riche et diversifié composé

Discussion globale

des espèces appartenant surtout aux familles des astéracées, rosacées avec une abondance dominance des éricacées (arbousier et bruyère). L'analyse du type biologique fait ressortir une dominance nette des phanérophytes, la végétation étudié est caractérisée actuellement par le type : PH >TH> HE> GE> CH. (selon l'inventaire d'Ait Si Slimane et Chabane réalisé en 2018).

Notre zone d'inventaire appartient à l'étage bioclimatique humide à hiver tempérée qui se caractérise par une pluviosité importante, proche des 1200 mm, qui met le chêne liège dans de bonnes conditions de croissances (Yessad,2000).

Le climat est influencé par plusieurs facteurs du milieu tels que : l'altitude, la pente, l'exposition. Le sol a une grande influence sur la croissance du chêne liège car plus le sol est profond, plus il est fertile ce qui se traduit par une bonne croissance en hauteur (Richards,1987 ; Chenoune,1991).

Lors de notre inventaire, nous avons dénombré 186 arbres de chêne liège, dont 174 sont en production, soit **387.5 arbres/ha**, ce chiffre est inférieur à celui obtenu par Chikhi et Adrir en 2017 qui est de **422.2 arbres/ha**.

L'état sanitaire des arbres n'est pas satisfaisant eu égard au nombre important d'arbres qui présentent des cicatrices et des trous sur leur tronc, causé vraisemblablement par des ouvriers non qualifiés lors des opérations de déliègeage. Ces blessures observées sur le tronc sont généralement sources de pénétration d'insectes xylophages et de spores de champignons qui affectent la qualité de liège, et même entrainer la mortalité de l'arbre.

Parmi les 12 arbres non démasclés, certains d'entre eux présentent les conditions de démasclage requises, ce qui se traduit par une perte importante en matière de production du liège.

L'étude de la structure des peuplements par le test de normalité (Shapiro-Wilk) appliqué à la distribution des diamètres, montre que les stations étudiées présentent deux structures différentes : Ain-el-anser et Taourirt présentent des

Discussion globale

structures régulières et Eghzare-Zagaghane et Arireb présentent des structures irrégulières. La structure régulière est idéale au sens productif, mais pour un besoin de production en bois. Ce qui n'est pas le cas pour *Quercus suber* dont la production primaire voire principale est le liège qui dépend directement de la grosseur de l'arbre (Messaoudene, 2000).

Dans le cas des stations ; S1 (Ain-el-anser) et S4 (Taourirt) à structure régulière, la distribution des classes de diamètre est conforme à celle de la distribution d'une futaie régulière avec trois classes dominantes [30-40[, [40-50[et [50-60[, ces stations sont marquées par l'absence des premiers stades de développement et cela signifie une absence de la régénération naturelle.

Pour les deux stations ; S2 (Eghzare-Zagaghane) et S3 (Arireb) à structure irrégulière, on remarque la présence de quatre classes de diamètre dans la station2 [30-40[, [40-50[, [50-60[et [60-70[et six classes de diamètre dans la station3 [0-10[, [10-20[, [20-30[, [30-40[, [40-50[et [50-60[. Les classes les plus représentées sont celles de [40-50[pour la station2 avec 54.17% et la classe de [30-40[pour la station3 avec 28.57%. Ce qui se traduit par une faible régénération naturelle et une absence de suivis sylvicoles.

Du point de vue de la production en liège de reproduction, la station d'Eghzare-Zagaghane présente la meilleure production des quatre stations avec un volume de 134.4 m³/Ha, la station de Taourirt est la seconde avec 118.2 m³/Ha et la station d'Ain el -anser est la troisième avec 58.8 m³/Ha et enfin de la station d'Arireb présente la plus faible valeur de production du liège avec 51m³/Ha. La station d'Eghzare-Zagaghane se distingue donc comme la station la plus fertile, reflétée d'ailleurs par une hauteur dominante de 17.49 m.

Quant à la hauteur de démasclage, la valeur la plus importante des quatre stations est observée au niveau de la station de Taourirt avec 3.34m, à l'opposée la plus faible valeur est celle de la station d'Arireb avec 1.60m.

Discussion globale

Cependant, les pratiques de démasclage montrent une inégalité à la norme recommandée ($K=2$) en Algérie. Ce coefficient de démasclage varie entre les trois stations de la forêt de Béni-Ghobri : Ain-el-anser ($K=1.83$), Eghzare-Zagaghane ($K=1.71$) et Arireb ($K=1.31$), cela engendre une hauteur de démasclage pratiquée inférieure à celle qui est théorique.

Concernant l'épaisseur du liège, la station d'Eghzare-Zagaghane présente la valeur la plus importante avec 2.85 cm et la station d'Ain-el-anser marque la valeur la plus faible avec 1.47 cm.

Au sein de nos peuplements étudiés, la station 3 présente la densité moyenne la plus importante avec 408 tiges/ha, et la plus faible est celle de la station 4 avec 342 tiges/ha. Tandis que les stations 1 et 2 présentent la même valeur de 400 tiges/ha.

Le calcul de la surface terrière au niveau de toutes les placettes nous a permis de situer la densité de notre peuplement. En se référant aux normes citées par Yessad (1990) (Annexe 1), il s'avère que nos forêts sont très denses. Cette forte densité peut être expliquée par la croissance radiale des arbres au cours du temps. Comme, elle nous renseigne davantage sur l'absence des interventions sylvicoles (coupes d'éclaircies) dans toutes les placettes de nos quatre stations. Cette forte densité peut avoir des effets néfastes sur la vigueur des arbres ainsi que leur production (liège), tel que le souligne Natividade (1959) : « Dans un peuplement très dense où les cimes des arbres se déforment avec un volume réduit. Les arbres supportent mal le déliègeage. Le dessèchement devient plus fréquent après chaque récolte ».

Selon Sylvain (1996), la surface terrière des vieux peuplements peut atteindre 40 m²/ha voire 60m²/ha. En se basant sur ces données, nous pouvons dire que les peuplements inventoriés sont de vieilles futaies.

Discussion globale

D'après les résultats de ces deux paramètres, nous constatons que les quatre stations inventoriées se caractérisent par une compétition au sein de leurs peuplements.

A propos de la distance moyenne des arbres voisins, il paraît que la station³ présente la plus faible moyenne (4.98m), suivie par la station⁴ avec 5.52m, au niveau de ces deux stations les arbres sont plus proches entre eux.

Pour l'indice de Hart-Becking, qui est utilisé pour estimer l'intensité d'éclaircies nécessaires pour le maintien des peuplements en compétitions et éliminer les fortes concurrences, les quatre stations présentent des valeurs plus proches entre elles, 49.32%, 35.51%, 39.75%, 38.84% respectivement pour S1, S2, S3 et S4. Ces chiffres qui dépassent les 25% sont révélateurs d'une forte concurrence au sein des peuplements, il faut donc procéder à des éclaircies fortes BOUCHON (1966).

Pour une meilleure exploitation de nos résultats, nous les avons comparés à ceux de Chenoune (2012), de Chikhi et Adrir (2017) et ceux obtenus par Ait Si Slimane et Chabane (2018) qui ont également travaillé, sur la même espèce et dans les mêmes zones d'inventaires, il en ressort que :

La densité de la station 4 a diminué, passant de 487 tiges/ha à 342 tiges/ha, ainsi que sa surface terrière qui a diminuée de 82.73m²/ha à 71.73 m²/ha ; ceci peut être expliqué par des coupes illicites des délinquants à cet endroit précis.

Concernant les indices de compétition (DMV et IH), les valeurs de nos stations sont proches à celles obtenus par Chikhi et Adrir,2017.

Tableau 33 : Comparaison des résultats de la densité et de la surface terrière et indices de compétition (D.M.V et IH)

Paramètres	Nos résultats,2019				Résultats de Ait Si Slimane et Chabane, 2018	Résultats de Chikhi et Adrir,2017			Résultats de Chenoune,2012	
	FDBG		FDT	FDBG	FDBG	FDBG			FDT	FDBG
Lieu-dit	Aine-el-anser	Eghzare-Zagaghane	Arireb	Taourirt	Aine-el-anser	Station1	Station2	Station3	Arireb	Taourirt
Densité (Tiges/ha)	400	400	408	342	130	513	420	333	313	487
Gi(m ² /ha)	62.91	77.51	53.12	71.73	66.75	26.31	21.53	56.82	38.10	82.73
DMV	6.51	6.19	4.98	5.52	/	3.17	3.55	5.36	/	/
IH	49.32	35.31	39.75	38.84	/	41.43	41.95	32.12	/	/

D'après les résultats des paramètres de la densité et de la compétition, il apparait que les deux stations à structure irrégulière (Eghzare-Zagaghane et Arireb) se caractérisent par une compétition, contrairement au deux stations régulières (Ain-el-anser et Taourirt) qui se distinguent par la fermeture du couvert et ceci se traduit par une concurrence pour la lumière et l'espace, pour l'accroissement en hauteur et limitation de la croissance en diamètre.

Cette fermeture entraine souvent une mauvaise régénération naturelle, surtout pour les peuplements irréguliers, où la régénération doit être continue pour maintenir la structure irrégulière.

La très forte densité de nos quatre stations étudiées, indique l'absence des traitements sylvicoles (éclaircies et conduite des peuplements) qui se reflète sur la croissance en circonférence et en hauteur des arbres.

La matrice de corrélation de l'analyse des composantes principales ressort des corrélations négatives et positives entre les variables dendrométriques et les indices de compétitions étudiés.

Discussion globale

La longueur des vecteurs sur le cercle de corrélation indique que tous les paramètres ont une très bonne qualité de représentativité, nous pouvons donc mieux relier les individus au variable et les individus entre eux.

Par rapport à l'axe F1 qui représente grandement les paramètres ; Hauteur, Diamètre, circonférence et surface terrière et qui sont fortement corrélées entre eux positivement, nous remarquons que :

- 2/3 des placettes de la station 1 sont justes au-dessus de la moyenne du peuplement alors que le tiers est largement en dessous ;
- Les placettes de la station 2 sont toutes situées autour de la moyenne ;
- Les 2/3 des placettes de la station 3 détiennent les individus dont les paramètres dendrométriques ; hauteur, diamètre et circonférence, et à la surface terrière les plus petits du peuplement (S3P1) et (S3P3), alors que le tiers est juste dans la moyenne ;
- Le tiers des placettes de la station 4 est largement au-dessus de la moyenne, alors que 2/3 détiennent les individus dont les paramètres dendrométriques ; hauteur, diamètre et circonférence, et à la surface terrière les plus grand du peuplement (S4P1) et (S4P2).

Par rapport à l'axe F2 qui représente grandement les paramètres ; épaisseur du liège et la distance moyenne entre les arbres voisins et qui sont fortement corrélées entre eux négativement, nous remarquons que :

- La station 1 a les placettes aux DMV les plus grands et les épaisseurs de liège les plus petits du peuplement avec (S1P1), (S1P2) et (S1P3).
- 2/3 des placettes de la station 2 ont des DMV et des épaisseurs de liège qui sont autour de la moyenne du peuplement, alors que le tiers a des DMV beaucoup plus petits et des épaisseurs largement grandes ;

Discussion globale

- Les DMV et les épaisseurs de liège des deux tiers de la station 3 gravitent autour de la moyenne, alors que le tiers représente la placette avec les DMV le plus petits et les épaisseurs les plus Grandes du peuplement (S3P2).
- Les épaisseurs et les distances entre les arbres voisins de la station 4 gravitent tous autour de la moyenne du peuplement.

La station dont les placettes sont les plus homogènes en termes de paramètres dendrométriques est la station 1 alors que les stations 2, 3 et 4 ont des placettes dont l'homogénéité est absente.

Pour quantifier la croissance des arbres en circonférence et en hauteur, nous avons procédé à des ajustements de modèles mathématiques simples prédéfinies.

Nous nous sommes intéressés à l'ajustement des modèles à une seule variable : la relation entre la circonférence à 1.30 m comme variable à expliquer et la hauteur totale comme variable explicative ; pour chacune des zones d'inventaires.

Les résultats des ajustements à une variable indiquent une synergie très faible entre les variables modélisées à travers un coefficient de détermination (R^2) médiocre, au niveau des quatre stations étudiées. Dans le meilleur des cas, celui-ci ne dépasse pas les 0.50.

Dans la station 1(Aine-el-anser) et la station 4(Taourirt), le meilleur modèle (tableau 28 et tableau 31) obtenu des différents ajustements, est celui dont la hauteur totale est expliquée par la circonférence. Il est du type linéaire et traduit une vitesse de croissance en hauteur moyenne, expliquée à 0.15% pour S1 et à 0.02% pour S4 par la croissance en circonférence.

Dans la station 2(Eghzare-Zagaghane) et la station 3(Arireb), le meilleur modèle (tableau 29 et tableau 30) obtenu des différents ajustements, est celui dont la hauteur totale est expliquée par la circonférence. Il est du type logarithmique

Conclusion générale

Les priorités de la direction générale des forêts, relevant du ministère de l'agriculture, en matière d'acquisition des connaissances scientifiques ont pour but d'assurer un aménagement durable des forêts (tous types confondus) pour le bénéfice de la population.

Plus spécifiquement, un des principes fondamentaux sur lequel repose l'aménagement d'une subéraie, est de permettre la récolte du liège de reproduction à perpétuité, sans diminuer la capacité productive du milieu forestier.

Ainsi, l'évaluation de la ressource forestière s'impose comme essentielle pour répondre à cette performance et parvenir à l'aménagement de façon adéquate.

C'est dans ce contexte, qu'il a été réalisé notre mémoire de master, au terme duquel plusieurs aspects relevant principalement de la dendrométrie ont été abordé.

Il s'inscrit dans la continuité des contributions précédentes et enrichit les données dendrométriques déjà disponibles, il a pour cadre d'étude une futaie de chêne-liège dans la forêt domaniale de Béni-Ghobri et la forêt domaniale de Tamgout.

L'analyse sylvicole et le traitement des variables dendrométriques, ont montré que les peuplements de notre zone d'investigation sont très denses, et suivent deux types de structure ; régulière (Ain-el-anser et Taourirt) et irrégulière (Eghzare-Zagaghane et Arireb).

Notre zone d'étude renferme d'excellentes conditions pédoclimatiques qui permettent un bon développement du chêne-liège et une meilleure production. Mais malheureusement, l'état sanitaire de ces peuplements dégradés, est très

Conclusion générale

inquiétant car beaucoup d'arbres sont calcinés et souffrent de mutilations causées par les blessures infligées après les récoltes, surtout les gros arbres en production, ce qui va entraîner une baisse de la quantité de liège de reproduction récolté et une dépréciation de sa qualité.

Aussi, nous avons noté le manque de jeunes plants, causé par une déficience de régénération et/ou la mort de jeunes semis qui sont, soit concurrencés par un sous-bois dense et haut, soit broutés ou piétinés par le bétail.

En effet, la forte densité, le vieillissement des sujets et la déficience de régénération ont pour conséquence une non optimisation de la production de liège de reproduction et une remise en compte de la pérennité de notre forêt.

Cette situation actuelle de nos peuplements résulte de la combinaison de plusieurs facteurs climatiques et anthropiques mais aussi de l'absence d'un plan de gestion de notre subéraie (Traitements sylvicoles, éclaircies, respect des conditions de démasclage, plantation de jeunes semis...).

L'étude de la modélisation de la croissance a révélé qu'il n'y a pas une forte corrélation entre la circonférence et la hauteur, car notre coefficient de détermination est au-dessus de 50%, ce qui confirme l'absence de suivis sylvicoles dans notre forêt.

A l'issue de ce travail, nous tenons à faire un certain nombre de recommandations utiles pour la mise en valeur de notre subéraie, et le devenir de cette espèce forestière (*Quercus Suber*) :

- Débroussailler pour favoriser la régénération et faciliter l'accès lors d'interventions, ainsi limiter le déclenchement et la propagation des incendies.
- Limiter le stress causé après chaque récolte de liège (appliquer le coefficient de démasclage adéquat, respecter la rotation, recruter une main-d'œuvre qualifiée).

Conclusion générale

- Appliquer des traitements sylvicoles nécessaires à la survie et au bon développement de notre peuplement.
- Il faut redynamiser le potentiel subéricole existant par une régénération planifiée d'une part, et d'autre part l'amélioration des conditions d'exploitation par la fixation de normes de récolte (coefficient de démasclage) selon la fertilité des stations et la vigueur des arbres. Cela permettrait de remédier aux pertes en liège de reproduction.
- Il serait souhaitable d'élargir nos zones d'inventaires et les diversifier pour que notre échantillonnage soit mieux représentatif de notre subéraie.

Enfin, nous souhaitons que ce modeste travail servira de référence et de base pour d'autres recherches dans ce domaine et contribuera ainsi à l'amélioration de la production subéricole en Algérie.

Annexes

Annexe 1 :

Légende de la stratification / densité, en fonction de la surface terrière calculée en m²/ha (Yessad,1990).

- ✓ **Forêt très claire** : 01.0 à 05.4 m²/ha
- ✓ **Forêt claire** : 05.5 à 10.4 m²/ha
- ✓ **Forêt moyennement claire** : 10.5 à 15.4 m²/ha
- ✓ **Forêt dense** : 15.5 à 20.4 m²/ha
- ✓ **Forêt très dense** : plus de 20.5 m²/ha

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Ait Si Slimane F et Chabane A., 2018**- Contribution à une étude du chêne liège (*Quercus Suber*) à Ain el aneur (Yakouren, Tizi-Ouzou), Université de Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 72p
- Adjami Y, 2009** -Etat sanitaire des subéraies du Nord-Est Algérien. Etudes des facteurs de dépérissements du chêne-liège (*Quercus suber* L.). Essais insecticides contre les insectes du gland. Mémoire de magistère Université de Annaba. 120pp
- Alatou D., 1984**-Facteurs physiologiques de la concurrence interspécifique du chêne liège et du chêne zeen. Thèse de magister, université de Constantine, 132p
- Allili N., 1983**-Contribution à l'étude de la régénération du chêne liège dans la forêt domaniale de Béni-Ghobri, Tizi-Ouzou. Thèse d'ing. INA. El Harrach, 53p.
- Amandier L., 2002**- La subéraie : biodiversité et paysage. Actes du colloque « la subéraie biodiversité et paysage » 30-31 Mai 2002, Vivés, France. 6p.
- Amandier L., 2004** – Le comportement du chêne-liège après incendie : conséquence sur la régénération naturelle des subéraies. Acte du colloque « Le chêne liège face au feu », Vivexpo, France, 13p.
- ARFA., 2008**-Les incendies de forêt en Algérie : Stratégies de prévention et plans de gestion. Thèse Magister, Université Mentouri Constantine ; 115p.
- Arnaudies J. et Piazzetta R., 2006**- La levée du liège-guide, technique de vulgarisation. IML. Vivés, France. 24p.
- Aracil JM., 2008**- La filière liège en quelques chiffres. Actes du colloque, Vivexpo 2008, « la guerre des bouchons. Vives, France. 3p.
- APCOR., 2009**- APCOR year book. Guide. 83p.
- Asmani A., 1993**-Exploitation de la variabilité chez le pin noir de la forêt de Tigounatine (Djurdjura Algérie) en comparaison avec quelques provenances de pin noir méditerranéen. Thèse de magister. Agro. Univ. Tizi-Ouzou, 156p
- Asmani A., 2011**-Caractérisation de la typologie et des indices de compétition entre station de la forêt de Mizrana (Wilaya de Tizi-Ouzou) ; 2eme rencontre méditerranéenne chercheurs-gestionnaire-industriels sur la gestion des subéraies et la qualité du liège (18 et 19 Octobre 2011). Université de Jijel. <http://rencontre-medsuber.com/7-16-Docs.-2011>.

Références bibliographiques

- Bekdouche F et al., 2011**-The contribution of legumes to post-fire regeneration of *Quercus suber* and *Pinus Halepensis* forests in northeastern Algeria. *Rev Ecol-Terre Vie*,66,29-42p.
- Belahbib N et al.,2005**-Contribution à l'étude de l'introgession génétique entre *Quercus suber* et *Quercus rotundifolia* (Lamk) Trabut au Maroc par l'utilisation des marqueurs microsatellites. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section sciences de la vie, n°26, 27, 31-34.*
- Belhoucine L.,2013**- Les champignons associés au *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera, Curculionidae, Platypodinae) dans un jeune peuplement de chêne-liège de la forêt de M'Sila (Oran, nord-ouest d'Algérie): Etude particulière de la biologie et l'épidémiologie de l'insecte. Thèse Doct. Dpt. Forst. Univ. Tlemcen. 201 p.
- Belaidi A., 2010**-Etude comparative de trois provenances de chêne liège (*Quercus suber* - L) élevées sur différents substrats en pépinière hors-sol de Guerbes (Wilaya de Skikda), thèse de Magister en agro. Univ.Batna.78 p.
- Ben M'hamed M., 2000**- Etat actuel de la subéraie tunisienne. Acte du colloque. "perspectives de la production du liège à la veille du XXI siècle". Vives, France. Pp : 36-52.
- Ben Jamâa M L. et Nouiui M., 2008**- Le liège et le vin en Tunisie. Actes du colloque "La guerre des bouchons". Vivexpo 2008. Vives, France. 9p.
- Berrahmouni N., 2009**- Atelier du WWF sur la gestion durable des subéraies. Infoliège, n°16. IML. Vivés, France. 8p
- Battistini E., 1938**-Les forêts de chêne-. Imp. Victor Heintz, Alger, 197p.
- Bouchaour-Djabeur S., 2001**- Diagnostic sanitaire de quelques subéraies de l'Ouest algérien. Etude particulière des principaux insectes ravageurs. Thèse. Mag. Dep. Forst. Fac. Sci. Univ. Tlemcen. P 143
- Bouchafra A., et Fraval A., 1991**-Présentation du chêne liège et de la subéraie. In Villement C. et Fraval A. : La faune du chêne liège. Actes Editions, Rabat, 26p.
- Bouchon J.,1966**-Pour la détermination rapide du facteur d'espacement de Hart-Becking. C.N.R.F.731-733p.

Références bibliographiques

- Boudy P., 1950**- Economie forestière Nord-Africaine. Monographie et traitement des essences. Tome II, Fascicule 1. Larose Ed. Paris. 525p.
- Boudy P., 1952** – Guide du forestier en Afrique du Nord. La Maison Rustique. Paris. 487p.
- Boudy P., 1955** - Economie forestière nord-africaine. Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. T 4. Larose Ed. Paris. 483 p.
- Bouhraoua R.T., 2003**- Situation sanitaire de quelques forêts de chêne liège de l'Ouest Algérien, Etude particulière des problèmes posés par insectes. Thèse. Doc. Etat. Dép. Forst. Fac. Sci. Univ. Tlemcen. 267p.
- Boudru M., 1989**-Forêt et sylviculture : Traitement des forêts. Presses. Agros. Gembloux. 356p
- Cantat R et Piazzetta R., 2005** - La levée de liège. Institut méditerranéen de liège.
- Caritat A, et al., 2000**- Influence of weather on cork-ring width. Tree Physiol, 20. Pp: 893-900.
- Chaabana B., 2012**-Etude des facteurs de dépérissement du chêne liège. Etat sanitaire des subéraies Nord-Est algérien. Mémoire Mag. Univ. Annaba. Pp29.
- Chenel P., 1951**- Le liège en Algérie. Annales de géographie. Vol 60. N° 321. Pp : 296-299.
- Chenoune K., 1991**- Contribution à l'étude éco-dendrométrique d'une futaie et d'un taillis de chêne liège dans le massif de Béni-Ghobri, U.M.M.T.O.
- Chenoune K., 2012**-Etude de la relation entre la hauteur et la circonférence, et entre la circonférence la hauteur et l'espacement des arbres. Cas des subéraies de Souk Ahras et Tizi-Ouzou. Thèse magistère ENSA d'Algae.P63
- Chenoune O., 2005**- Projet de décentralisation du système d'information géographique comme outil d'aide à la décision pour le gestionnaire local. Master. IAMM. Montpellier 141p.
- Chikhi R et Adrir M., 2017**-Approche de l'étude de la typologie et des facteurs de concurrence dans les subéraies de Yakouren dans la wilaya de Tizi-Ouzou. U.M.M.T.

Références bibliographiques

- Costa A et Oliveira A.C., 2001**-Variation in cork production of the cork oak between two consecutive cork harvests. *Forestry*, Vol.74, N°4, 2001. pp.337-346.
- Costa A et al., 2002**- Influence of climate on the seasonality growth of cork oak during a cork production cycle. *Ann. For. Sci.* 59. INRA, EDP Sciences. Pp: 429437.
- Dagnelie P., 1975**-Théorie et méthodes statistiques applications agronomiques. Edit. Presses Agronomiques de Gembloux.
- Dehane B., 2006**- Incidence des facteurs écologiques sur les accroissements du liège de quelques subéraies Oranaises. Thèse. Mag. Dép. Forest. Fac. Sc. Univ. Tlemcen. 121 p.
- Dehane B., 2012**- Incidence de l'état sanitaire des arbres du chêne liège sur les accroissements annuels et la qualité du liège de deux subéraies oranaises : M'Sila (W. Oran) et Zariéffet (W. Tlemcen). Thèse. Doct. Dép. Forest. Fac. Sc. Univ. Tlemcen. 363 p.
- Dehane B., 2013**- La filière liège algérienne, entre passé et présent. *Forêt méditerranéenne* t. XXXIV, n° 2, juin 2013. Pp : 143152.
- Derridj A., 1990**-Etude des peuplements de *Cedrus Atlantis* Man en Algérie. Thèse de Doctorat. Univ. Paul Sabatier Toulouse. 228p.
- DGF., 2007**- Station des produits forestiers. Min Agri., Alger, 1p.
- DGF, 2016**- La production annuelle du liège en Algérie (1964-2015). DGF. Alger.1p
- Doumene S., 2004**- Le marché du bouchon. Fiche n°6. Nov 2004. CRCI/ARIST. Champagne Ardenne. 2p.
- Dessain, G., 1992**- Histoire de l'utilisation du liège. In actes du colloque : Les subéraies méditerranéennes. Direction départementale d'Agriculture et de la forêt des Pyrénées orientales et l'association Vivexpo (France), pp. 1-21.
- FAO. 2013**- State of Mediterranean forests. Rome. Retrieved. From <http://www.fao.org/docrep/017/i32226e/i32226e.pdf>
- Fatmi A., 2015**-Diagnostic préliminaire de la régénération naturelle des peuplements du chêne liège (*Quercus suber*) dans la forêt domaniale de Zerdab (Sud-est de Tlemcen), Université ABOU BAKR BELKAID-Tlemcen.

Références bibliographiques

- Ferka Zazou N., 2006**-Impact de l'occupation spatio-temporelle des espaces sur la conservation de l'écosystème forestier. Cas de la commune de Tessala, Wilaya de Sidi Bel Abbes, Algerie. Thèse. Magister en Foresterie. Univ. Tlemcen 164 p.
- Ferreira A et al., 2000**- Caractérisation de la croissance et la qualité du liège dans une région de production. Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia. Ann. For. Sci. N° 57. INRA, EDP Sciences. Lisboa. Pp :187-193
- FOSA., 2007**- L'étude prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA) Algérie, 60p.
- Gelard J.P.,1978**-carte géologique du nord-est de la Kabylie. Schéma structural, Echelle 1/200000. Travaux du laboratoire associé au C.N.R.S
- Ghouil H et al.,2003**-Thermal optima of photosynthetic functions and thermostability of photochemistry in cork oak seedlings. Tree Physiol. 23, 1031-1039.
- Gil L et Varela M.C., 2008**- EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for cork oak (*Quercus suber*). Bioversity International, Rome, Italie. 6p.
- Gogorcena Y et al., 2001**- Characterization of the responses of cork oak (*Quercus suber*) to iron deficiency. Tree Physiol. 21, 1335-1340.
- Goumand B. et Peyre S., 1992**-Le liège dans les Pyrénées Orientales. Acte du colloque « les Subéraies méditerranéennes, Vives 1992 : 40-45.
- Haffaf S., 2011**- Contribution à l'étude de l'entomofaune du chêne liège (*Quercus suber* L) dans la forêt de Zariffet (wilaya de Tlemcen), Université Abou bekr Belkaïd - Tlemcen.
- I.M.L. et B.R.L, 2005**-L'institut méditerranéen du liège, et la Compagnie d'aménagement Bas-Rhône-Languedoc ; guide de puériculture des Pyrénées-Orientales.
- Jacamon M., 1987**- Guide de dendrologie. Tome 2 : Feuillus. E.N.G.R.E.F., Nancy, 256p.
- Karouane S., 2008**-Effets des boues résiduaires sur le développement des semis du chêne liège (*Quercus suber*). Thèse de magister. Univ Mantouri de Constantine 224p.

Références bibliographiques

- Khalla A., 2006**- Etude de facteurs de dépérissement dans la subéraie d'El-Kala (Nord-est algérien) cas de la subéraie sanobari, Mém. Ing. Université d'Annaba. 37 p.
- Khelifi H., 1987**-Contibution à l'étude phytoécologique et phytosociologique des formations à chêne-liège dans le Nord-Est algérien. Thèse de magister.U.S.T.H.B.15p.
- Lamey N., 1893**-Chêne-liège : sa structure et son exploitation. Levrault et Cie, Nancy : 168209.
- Laribi M., 2000**-Contribution à l'étude phytosociologique des formations caducifoliées à *Quercus canariensis* Willd et *Quercus afares* Pomel, du massif forestier d'Ath Ghobri-Akfadou (Grande Kabylie). Thèse. Magister. UMMTO.
- Letreuch-Belarouci A., 2009**-Etude de la Typologie structurale des subéraies du Parc National de Tlemcen.
- Lombardini F et al., 2005**- La typologie des subéraies varoises: Un outil pour une rénovation forestière raisonnée. CRPF et ONF, France. 16p.
- Maire R., 1926**- Note phytogéographiques de l'Algérie et de la Tunisie avec carte/Alger.
- Madaoui A., 2002**-Les incendies de forêt en Algérie. Historique, bilan et analyse. Forêt méditerranéenne. 23(1) :23-30.
- Margot P., 2006**- Du chêne liège au bouchon. Partie 1 Histoire et géographie. Cepdivin. 8p.
- Messaoudene M., 1989**- dendroécologie et productivité de *Quercus afares* Pomel et *Quercus canariensis* WILL. dans les massifs forestiers de l'Akfadou et de Beni Ghobri en Algérie. Thèse. Doct. Sciences. Univ. Aix – Marseille III. 123p.
- Messaoudene M., 2000**- réflexion sur la structure des peuplements de chêne-liège en Algérie. La forêt Algérienne n° 3, 5-9.
- Metna B., 2003**-Caractérisation physique et chimique du liège de reproduction de la subéraie orientale de la wilaya de Tizi-Ouzou. Th, magister. Agro. Univ. Tizi-Ouzou.95p.

Références bibliographiques

- Missouni A et al., 2002**-Apport des systèmes d'informations géographiques dans la prévention et la lutte contre les incendies de forêts : Exemple de la forêt de Kounteidat, Algérie. Forêt méditerranéenne. 23(1) : 11-22.
- Natividade V.J., 1956**- Subériculture. Ecole national des eaux et des forêts. Nancy. 281p.
- Ouelmouhoub S., 2005**- Gestion multi-usagers et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie). Thèse. Master of Science. CIHEAMIAMM n°78. Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier.
- Palm R., 1976**-Cours de dendrométrie. INA El-Harrach. 112p.
- Parde J et Bouchon J.,1988**-Dedrométrie,2éme Ed, Ecole nationale des eaux et forêts. Nanay,291p.
- Piazzetta R., 2005**- La levée du liège, guide technique et de vulgarisation, institut méditerranéen du liège. 23p.
- Pereira H., 2007**- Cork : Biology, Production and uses. Ed. Elsevier Science & Technology, Oxford, UK. 329p.
- Puyo J.Y.,2006**- « Les premiers temps de la mise en valeur coloniale des subéraies algériennes- le triste épisode des concessions privées », L'homme et le liège. Actes du colloque international Vix expo 2006. Vives : Editions de l'Institut Méditerranéen du liège, 105p, pp, 91-102.
- Quezel P, 1976**-" Les forêts du pourtour méditerranéen. In Forêts et maquis méditerranéens : écologie, conservation et aménagement. Note technique MAB 2. UNESCO. Paris. Pp : 9-33
- Quezel P et Santa S., 1962**- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 1, CNRS, Paris. 565p.
- **Rondeux J., 1977**-Tarifs de cubage « peuplements » pour l'épicéa commun en Ardenne. Bull. Rech. For. Bel. 84, 124-130p.
- Rondeux J., 1999** -la mesure des arbres et des peuplements forestiers. Ed. Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique, 521 p.
- Richard P., 1987**-Etude des facteurs de croissance du chêne liège dans le Var CEMAGREF. ENTTEF.72p.

Références bibliographiques

- Saccardy L., 1938**-Notes sur le chêne liège et le liège en Algérie. Bull. de la station de recherche. Forêt du nord d'Afrique. II (3).488-494p.
- Sauvage CH., 1961**- Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines. Travaux inst. Sci. Cherif. Serv. Bot. 21 : 1-462
- Sebei H et al., 2001**-Evolution de la biomasse arborée et arbustive dans une séquence de dégradation de la subéraie à cytise de Kroumétrie (Tunisie). Ann For. Sci 58, pp, 175-191.
- Seigue A., 1985**-La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Ed. C.P. Maison neuve et Larousse, 502 p.
- Seigue A., 1987**-La forêt méditerranéenne française. Aménagement et protection contre les incendies. EDISUD, Aix en Provence, 159p.
- Silva J S et Catry F X., 2006**- Forest fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. International Journal of Environmental Studies. Vol. 63(3). Pp. 235-257.
- Varela M C., 2008**- Importance du bouchon de liège pour la sauvegarde des subéraies. Actes du colloque "La guerre des bouchons". Vivexpo 2008. IML. Vivés. 3p.
- Veillon S., 1998**- Guide technique de subériculture dans les Pyrénées-Orientales. Typologie de peuplement et étude préliminaire. Stage de fin d'étude, FIF- ENGREF, France, 68 p + annexes.
- Vignes E., 1990**- Le traitement du taillis du chêne liège. Actes Editions, Rabat. 336 p.
- Yessad S.A., 1990**-Note méthodologique sur les forêts de chêne-liège (forêt expérimentale). I.N.R.F.1^{ère} partie :14P ;2^{ème} partie :9P
- Yessad S.A., 2000**- Le chêne liège et le liège dans les pays de la méditerranée occidentales. Ed. ASBL. Forêt Louvain-la-Neuve : Wallonne. 190p.
- Yessad S.A., 2001**-Le chêne-liège et le liège dans les pays de la méditerranée occidentale. Edit.MRW, 123p.
- Zeraïa 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. Doct. Université Aix-Marseille. 367 p.

Références bibliographiques