



UNIVERSITE MOULoud MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES

AGRONOMIQUES DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en sciences
agronomiques

Spécialité : Sciences forestières

Thème

Contribution à l'étude de quelques paramètres
dendrométriques (diamètre, hauteur et volume) du
chêne Zeen en relation avec l'exposition et la densité des
peuplements dans la forêt d'Ait Ghobri wilaya de
Tizi-Ouzou

Présenté par :

M^{elle} HAMITECHE KATIA

M^{elle} SI TAHAR RAZIKA

Devant le Jury composé de :

Président : Mr ALLILI N.

Maître assistant 'A' UMMTO

Promoteur : Mr ASLA T.

Maître assistant 'A' UMMTO

Co-promoteur : Mr BAREK A.

Chargé du service gestion de la circonscription
forestière d'Azazga

Examineur : Mr CHENOUNE K.

Maître Assistant 'A' UMMTO

Examineur : Mr METNA B.

Maître assistant 'A' UMMTO

Invité : M^r KACI

Chef de circonscription forestière d'Azazga

Promotion 2017-2018

Remerciements

Avant d'entamer la présentation de notre travail, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force, le courage et la persévérance pour aller au bout de ce modeste travail.

Nul mot ne peut exprimer notre reconnaissance et nos remerciements les plus distingués à nos très chers parents pour leur soutien incontestable ainsi que leurs encouragements.

Nous remercions également Mr T.ASLA pour son aide, son encadrement, sa disponibilité, son dévouement et ses orientations, qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous remercions M^r BAREK A. chargé du service gestion de la circonscription d'Azazga, pour les connaissances qu'on a acquises tout le long du temps qu'on a passé avec lui. Avec gentillesse, il nous a permis de puiser de son expérience et sa compétence. Pour ses conseils judicieux, sa disponibilité et sa bonté, nous en serons que reconnaissantes.

Nous tenons à remercier Monsieur ALILLI N., qui nous a fait honneur d'accepter avec une très grande amabilité de présider notre jury. Veuillez trouver ici Monsieur notre grand respect et profonde reconnaissance. Monsieur METNA .B et monsieur CHENOUN .k vous nous faites honneur d'être parmi les membres de jury. Veuillez trouver ici l'expression de notre respectueuse considération et notre profonde gratitude.

Nous tenons à remercier le chef de la circonscription d'Azazga M^r KACI, ainsi que tous les forestiers de la circonscription.

Nous remercions aussi notre invité d'honneur le conservateur de la DGF de tizi ouzou

Nous tenons également à remercier l'ensemble du corps professoral qui nous a encadrés, guidé et appris toutes les ficelles du métier durant ces cinq dernières années.

Nos remerciements à tous nos amis et tous ceux qui ont contribué de près

Ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

Merci à tous.

Dédicaces

Plusieurs années viennent de s'écouler, depuis que mes parents me tenant par la main, m'ont montré le chemin de l'école, ce magnifique lieu du savoir ou je me suis construit un horizon, hélas tout début à une fin...

Puisque l'occasion me le permet, je souhaite dédier ce modeste travail à tous ceux qui font partie de ma vie, ou qui ont en un jour fait partie, de loin ou de prêt car ils ont contribué à faire de moi ce que je suis aujourd'hui.

Je commence bien évidemment par ma chère MAMAN, la raison de mon existence, et la prunelle de mes yeux, tu as fait de moi ce que je suis, tu a su me mettre sur le bon chemin et veiller à ce que j'y reste, pour cela je t'en serai à jamais reconnaissante, je te remercie pour ton courage, ton soutien inconditionnel et tes sacrifices, j'espère qu'aujourd'hui tu es fière de moi.

A mon papa, qui fait tout pour nous, qui ne cesse de me soutenir, de me guider et de m'encourager jour après jour je lui dis merci, j'espère qu'aujourd'hui tu es fier de moi.

A mon cher mari l'amour de ma vie qui ne cesse de me soutenir merci chéri, j'espère qu'aujourd'hui tu es fière de moi.

A mon beau père et ma belle mère je les remercie infiniment pour leur soutien et leurs encouragements.

A mes frères adorés Djamel, dahment et le fameux Abdou je les remercie infiniment et je leur souhaite toute la réussite qu'ils méritent.

A mes beaux frère yacine et le fameux minou.

A mes chers sœur fatma, akila son époux Samir et leur fils aghiles

A mes tantes, oncles, cousins et cousines, en particulier bila, Saida, lamia, Samia et yacinia ainsi qu'à toute ma famille.

A ma chère tante flora son marie ses filles Djamila, malika, fariza ainsi que mustapha yazid et sa femme ouiza et a tt ca famille

A mes grands-parents décédés que Dieu tout puissant les accueille dans son vaste paradis.

A mes sœurs de cœurs Dalila, Lynda hamrani, et Lynda mobarek merci de faire partie de ma vie, merci pour toute l'aide que vous m'apportez chaque jour.

A mon binôme Razika et sa famille.

A tous mes amis en particulier Nawal, Melkhir, Cherifa, Idir, Khaled, et Nouara qui m'ont apporté leur aide pour élaborer ce projet.

A mon promoteur Mr Asla pour le mal qu'il s'est donné, son dévouement et sa patience, mais surtout sa conscience professionnelle, les gens comme vous sont rares, vous faites honneur au corps professoral et à l'université algérienne, Merci.

Pardon à ceux que j'aurais oublié et merci à tous.

Katia

Dédicaces

Voici venu le temps des dédicaces, Mon Dieu que c'est difficile de trouver les mots justes et la bonne formulation, pour ne pas tomber dans la banalité. Ceux que je cite méritent cet effort de recherche et de réflexion, mais je suis consciente que, quelques soient les mots qui me viendront à l'esprit ils ne seront pas assez puissants à mes yeux. Il faudra tout de même se jeter à l'eau. Allons-y et ressortant au plus loin de la lignée..

A ma très chère maman, la personne la plus gentille et la plus compréhensive que je connaisse tu as toujours su trouver les mots qu'il fallait pour m'encourager et me motiver j'espère qu'aujourd'hui tu es fière de moi.

Je dédie ce travail à mon PAPA, l'homme de ma vie parti trop tôt, mon seul regret est que tu n'est pas là Aujourd'hui, j'espère que de là où tu es, tu veille sur moi et que tu es fier de ce que je deviens, dans mon cœur tu habiteras à jamais, repose en paix PAPA.

A mes chers frères adorés, Aissaoui, Hakim, Zamene et M'henni et leurs épouses en particulier Ferroudja et Laetitia qui me soutient dans tout ce que j'entreprends, j'exprime toute ma reconnaissance.

A ma sœur de cœurs Karima merci de faire partie de ma vie, merci pour toute l'aide que tu m'apporte chaque jour et bien sur a sont mari Karim.

A mes neveux et nièce, Mes BIHA Yacine, Yanis, Islam et Cylina, la joie et la bonne humeur de la maison, et à la mémoire de mon beau Massinissa.

A tous mes amis particulièrement Nacera, Nawal, Dikra, Kahina, Cherifa, Melkhir, et à mes cousines Katia, Souad et Thafat merci pour l'aide que vous m'avez apporté tout au long de l'élaboration de ce travail. (sur tout Cherifati).

A mon binôme katia, sont mari Takfarines et sa famille.

Une pensée toute particulière à mon promoteur Mr Asla, dont l'immense savoir et sa grande disponibilité sont pour chaque étudiant un creuset de connaissances.

Un grand merci à tous mes enseignants tous cycles confondus, qu'ils trouvent la l'expression de ma vive reconnaissance.

Pardon à ceux que j'aurais oublié et merci à tous.

Razika

Liste des abréviations

% :	pourcentage
°C :	degré celsius
°K :	degré kelvin
$\bar{X}$:	moyenne arithmétique
β :	coef. d'aplatissement
γ :	coef. d'asymétrie
σ^2 :	variance
σ :	écart type
A.C.P. :	analyse des composants principales
Anova :	analyse de la variance
B.N.E.F. :	bureau national des études forestières
C :	circonférence
Cm :	centimètres
Coef. :	coefficient
cv:	coefficient de variation
D :	diamètre
Gm :	surface terrière au milieu du billon
H₀ :	hypothèse nulle
H :	hauteur
ha:	hectares

Liste des abréviations

IC :	intervalle de confiance
K.s :	test de KOLMOGROV-SMIRNOV
m:	mètres
mm :	millimètre
m² :	mètre au carrée
m :	précipitations minimal
M :	précipitations maximal
P :	précipitations
Q₂ :	quotient pluviométrique
S :	surface
St :	stations
T :	températures

Figure 1 : Ecorce de chêne zeen (originelle 2018).....	3
Figure 2 : Feuilles de chêne zeen (originelle 2018).....	3
Figure 3 : Fleur femelle de chêne zeen.....	4
Figure 4 : Gland de chêne zeen (originelle 2018).....	5
Figure 5 : Répartition de <i>Q. canariensis</i> dans le bassin méditerranéen (QUEZEL et BONIN, 1980).....	6
Figure 6 : Répartition de <i>Quercus canariensis</i> en Algérie (Rabhi , 2011).....	7
Figure7 : Principe de la mesure de la hauteur au moyen de la croix du Buchero.....	23
Figure 8: Localisation des peuplements échantillonnés dans la foret de beni ghobri.....	25
Figure 9 : Situation de la zone d'étude sur l'image Google earth pro.....	26
Figure 10: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen, région de Yakouren pour la période (1980-2003).....	31
Figure 11: Situation de la région de Yakouren sur le climagramme d'Emberger.....	33
Figure 12: Schéma d'échantillonnage effectué dans le canton (elaincer peuplement moyennement dense).....	36
Figure 13: Schéma de l'échantillonnage effectué dans le canton Elaincer (peuplement dense)	37
Figure 14: Schéma des deux peuplements de l'échantillonnage effectué dans le canton zraib.....	37
Figure 15: Arbre de chêne zeen comme centre de placette.....	38
Figure 16: L'éventail des 17 tarifs (BNEF ,1990).....	44
Figure 17 : Distribution par classes de diamètre des individus des stations.....	54
Figure 18 : Graphe de l'information expliquée par les axes.....	57

Liste des figures

Figure 19 : Plan factoriel Individus (Axe I*Axe II).....	59
Figure 20 : projection des variables sur le plan factoriel (Axe I*Axe II).....	61

Tableau 1 : Quelques exemples de champignons sur le bois du chêne zéen (Smail ,1994)...	12
Tableau 2 : Surface des placettes.....	17
Tableau 3: Répartition de la superficie de la forêt de Beni Ghobri par classe de pentes.....	27
Tableau 4: Moyenne des températures mensuelles de la région de YAKOUREN pour la période (1980-2003) (Benzaid et Bessaci, 2005).....	29
Tableau 5: Nombre de jours de gelées blanches par mois dans l'année (BNEF, 1988).....	29
Tableau 6 : Répartition de la grêle en membre de jour/mois (BNEF, 1988).....	30
Tableau 7: Précipitations moyennes mensuelles de la région de Yakouren (en mm) "1980-2003".....	30
Tableau 8 : Description des stations d'inventaire.....	39
Tableau 9: Matériels et utilisations.....	39
Tableau 10 : Paramètres et formules des statistiques descriptives calculés.....	41
Tableau 11 : Hauteur constante entrée des tarifs.....	47
Tableau 12 : Tarif de cubage par série de volume.....	49
Tableau 13: Analyse descriptive du diamètre, de la hauteur et du volume.....	50
Tableau 14: Test de Kolmogrov-Smirnov.....	52
Tableau 15 : Tests univariés de significativité pour haut (feuille de données1) Paramétrisation sigma-restreinte, Décomposition efficace de l'hypothèse.....	54
Tableau 16 : Tests univariés de significativité pour Diam (feuille de données1) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse.....	55
Tableau 17: Test de Newman-keuls ; variable diam (feuille de données1) Groupes homogènes, alpha=05000 Erreur: MCinter =21.548 dl =25.00.....	56
Tableau 18 : Tests univariés de significativité pour volume (feuille de données1) Paramétrisation sigma-restreinte. Décomposition efficace de l'hypothèse.....	56

Liste des tableaux

Tableau 19 : Valeurs propres et pourcentage de l'information expliquée par les axes.....	57
Tableau 20: Les individus choisis sur les axes du plan factoriel (I et II).....	57
Tableau 21 : Variables écologiques et dendrométriques.....	60
Tableau 22 : Matrice de corrélation 'variable'	61

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I : Généralité sur le chêne Zeen

I.1. Caractéristiques générales du chêne Zeen (<i>Quercus canariensis</i>).....	2
I.2. Caractères botanique du chêne Zeen.....	2
I.2.1. L'écorce.....	2
I.2.2. Les feuilles.....	3
I.2.3. Organe de reproduction.....	4
I.2.4. Le fruit.....	4
I.2.5. Anatomie du bois de chêne Zeen.....	5
I.2.5.1. Propriétés physiques et technologiques.....	5
I.3. Aire de répartition du chêne Zeen.....	6
I.3.1. Aire de répartition maghrébine.....	6
I.3.2. Aire de répartition en Algérie.....	6
I.3.3. Surface occupées en Algérie.....	7
I.3.4. Régénération du chêne Zeen.....	8
I.3.4.1. Régénération Par semis.....	8
I.3.4.2. Régénération par rejet de souche.....	8
I.3.4.3. Rejets préventifs.....	8
I.3.4.4. Rejets adventifs.....	9
I.4. Utilisation du chêne Zeen.....	9
I.5. Ecologie du chêne Zeen.....	9

I.5.1. Altitudes.....	10
I.5.2. Conditions climatiques.....	10
I.5.3. Conditions édaphiques.....	11
I.6. Ennemis du chêne Zeen.....	11
I.6.1. Les insectes.....	11
I.6.2. Les champignons.....	11
I.6.3. Les feux.....	12

Chapitre II : Inventaires des peuplements

II. Fondement de l'échantillonnage.....	13
II.1. L'échantillonnage aléatoire.....	13
II.2.L'échantillonnage systématique.....	13
II.2.1. Avantages et inconvénients.....	13
II.3 Détermination de la méthode d'échantillonnage.....	14
II.4. Taux d'échantillonnage :.....	14
II.5. Cheminement de l'installation des placettes.....	14
II.5.1. Nombre de placettes.....	15
II.5.2. Forme des placettes.....	15
a) Les placettes carrées et rectangulaires.....	16
b) Les placettes circulaires.....	16
II.5.3. Rayon des placettes.....	16
II.6. Les inventaires forestiers.....	17
II.6.1. Les principaux types d'inventaires.....	18

a) Inventaire pied par pied (ou en plein).....	18
b) Les inventaires statistiques.....	19
c) L'inventaire typologique.....	19
II.6.4. Équipe d'inventaire.....	20
II.7. Matériel.....	20
II.8. Le choix des paramètres dendrométriques.....	21
II.8.1. La mesure de diamètre à hauteur d'homme.....	21
II.8.2. Mesure de hauteur.....	22

Chapitre III : Matériel et méthode

I. Présentation de la zone d'étude.....	24
1. Situation géographique et administrative.....	24
2. Localisation des stations d'étude.....	24
3. Cadre physique.....	27
3.1. Topographie et relief.....	27
3.2. Géologie, géomorphologie et sol.....	27
3.3. Couverture forestière.....	28
4. Etude climatique.....	28
4.1. Le climat.....	28
4.2. Synthèse bioclimatique de la région d'étude.....	28
4.3. Température.....	29
4.4. Précipitations.....	30
4.5. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953).....	31

4.6. Climagramme d'embergerger.....	31
5. Cortège floristique.....	33
II. Méthodologie d'échantillonnage.....	33
II.1. Choix des stations d'échantillonnage.....	33
II.2. Détermination de la méthode d'échantillonnage et des placettes sur terrain.....	34
II.3. forme des placettes d'échantillonnage.....	34
II.4. Nombre de placettes d'échantillonnage et leur répartition.....	35
II.5.Dimension et rayon des placettes.....	37
II.6. Progression et organisation du travail sur terrain.....	38
II.6.1. Inventaire et prise de mesures dendrométriques.....	38
II.7. Matériel utilisé.....	39
III. Méthode de traitement des données.....	39
III.1. Etude de la structure des peuplements.....	39
III.2.Traitement statistique.....	41
III.2.1. Statistiques descriptives.....	41
III.2.2. Comparaison et appréciation des différences.....	41
III.3. Estimations des volumes des arbres sur pieds.....	42
III.3.1. Estimation des volumes sur pieds.....	42
a) Construction des tarifs de cubage.....	42
b) Calcul des volumes des tiges sur écorce.....	43
c) Méthode suivie pour l'élaboration des tarifs de cubage.....	43
d) Méthode de calcul des volumes (utilisation des tarifs de cubage).....	45

1. Détermination du numéro de la courbe des hauteurs constantes.....	45
1.1. Détermination du diamètre moyen.....	45
1.2. Détermination de la hauteur moyenne.....	46

Chapitre IV : Résultats et discussions

I. Analyse descriptive des paramètres dendrométriques.....	50
II. Normalité et structure des peuplements.....	52
III. Analyse de la variabilité des hauteurs, des diamètres et des volumes entre les peuplements.....	54
1. Analyse de variance de la hauteur des arbres.....	54
2. Analyse de variance du diamètre des arbres.....	55
3. Analyse de variance du volume des arbres.....	56
IV. Analyse en composantes principales (A.C.P).....	56
1. Signification des axes.....	58

Conclusion générale.....	62
---------------------------------	-----------

Dans le bassin méditerranéen, les forêts sont d'une extraordinaire diversité, la méditerranée forestière est riche en dizaine de milliers d'espèces végétales et animales ; les arbres et les espaces boisés sont des éléments essentiels du fonctionnement de ces écosystèmes

En Algérie, la chênaie caducifoliée occupe 65000 à 70000 ha, soit 6.9% de la superficie totale boisée (MESSAOUDENE.1996). Elle est très inégalement répartie ; les plus belles futaies denses occupent les montagnes de Kabylie et à l'est jusqu'à la frontière tunisienne. QUEZEL et BONIN (1980) estiment que l'inconvénient majeur des essences caducifoliées méditerranéennes et bien sur essentiellement des chênes, réside en fait dans la méconnaissance grave des techniques forestières qui leur seraient applicables afin d'obtenir les résultats les plus satisfaisants. Cependant, la valorisation de chêne Zeen passe par la promotion et l'application d'une sylviculture axée sur la parfaite connaissance de la croissance des différents paramètres dendrométriques.

Notre travail s'inscrit dans la même optique, basé sur la réalisation d'un inventaire touchant quelques paramètres dendrométriques, le diamètre, la hauteur et le volume des arbres dont l'objectif de mettre en évidence d'éventuelles liaisons entre la production forestière et quelques facteurs stationnelles supposés explicatifs tel que l'exposition des versants et la densité des peuplements.

Du point de vue méthodologique, l'étude est scindée en quatre chapitres.

Le premier, fait état des connaissances bibliographiques sur l'espèce étudiée. (*Quercus canariensis* Wild).

Le deuxième relate les techniques d'inventaire des peuplements.

Le troisième concerne la description de la zone d'étude, la méthodologie d'échantillonnage et l'acquisition des données ainsi qu'une explication des méthodes de traitement des données

Le quatrième portera sur la présentation des données, l'analyse, l'interprétation et la discussion des résultats.

Enfin, nous terminerons par une conclusion générale.

I.1. Caractéristiques générales du chêne Zeen (*Quercus canariensis*):

Les caractéristiques botaniques et écologiques du chêne Zeen ont été largement décrites par plusieurs auteurs, BOUDY (1950,1952), QUEZEL et BONIN, en 1980, SEIGUE, en 1985.

- **Systematique :**

Du point de vue systématique le chêne Zeen appartient a :

Embranchement :	Spermaphytes
Sous embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Ordre :	Fagales
Famille :	Fagacées
Sous famille :	<i>Quercinées</i>
Genre :	<i>Quercus</i>
Espèce :	<i>Quercus canariensis</i>

I.2. Caractères botanique du chêne Zeen :

Quercus canariensis est une essence caducifoliée, monoïque pouvant atteindre plus de 30 m de hauteur et un diamètre de 2 m à 1,30 m du sol avec un fut très élancé et un houppier étalé en peuplement clair et fastigié dans des formations très dense (Rabhi. ; 2011). Ces feuilles pouvant persister jusqu'au printemps suivant.

Le système racinaire de cette essence est puissant. il est signalé d'après divers auteurs, que le chêne Zeen présente une longévité élevée dépassant 200ans.

I.2.1. L'écorce :

La couleur de l'écorce est brunâtre, parcourue longitudinalement de fentes régulières sur toute sa hauteur. Ça dimension varie de 5 à 15 mm dans des proportions de 7 à 10% selon l'âge.

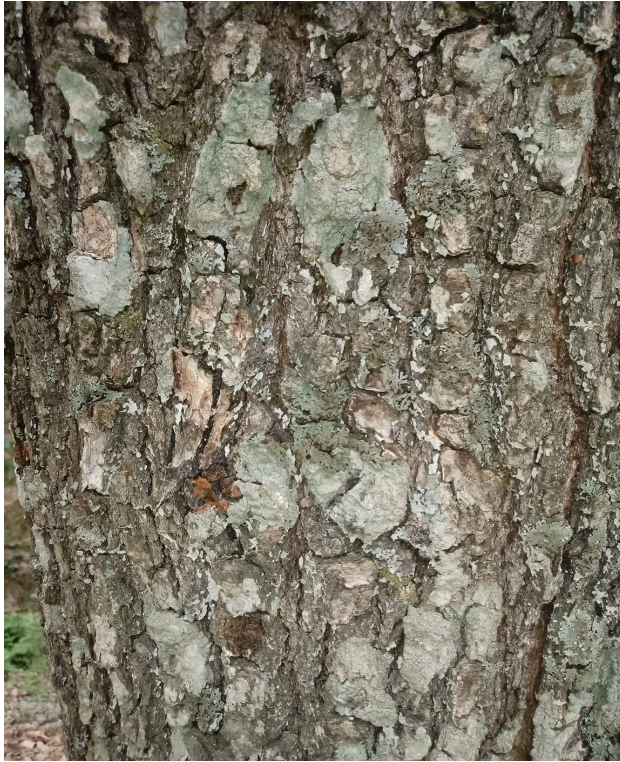


Figure 1 : Ecorce de chêne Zeen (originelle 2018).

I.2.2. Les feuilles:

Les feuilles de chêne Zeen sont de formes et dimensions variables, généralement ovales et plus ou moins auriculées à la base, le limbe forme 10 à 12 paires de lobe mucronées, régulières, arrondies ou obtues à nervures principales saillantes à la face inférieure. Elles ont une longueur de 10 à 15 cm et une largeur de 4 à 12 cm, le pétiole est allongé (Maire, 1926).



Figure 2 : Feuilles de chêne Zeen (originelle 2018)

I. 2. 3. Organe de reproduction :

Les organes de reproduction du chêne Zeen sont traduits par des chatons mâles à rachis plus ou moins villeux. Les fleurs sont espacées, le périanthe est plus ou moins villeux, lobé jusqu'au milieu avec anthères oves-oblongues et glabres. Par contre, les épis femelles sont courts avec un rachis, villeux tomenteux, pauciflores, les styles sont courts aux nombres de 2 à 4. Le fruit est un gland indéhiscents encaissé dans une cupule composée d'écailles de forme cylindrique, solitaires ou groupes, agglomérés en 2 à 3 glands sur un pédoncule de 0,4 à 2cm.



Figure 3 : Fleurs femelle de chêne Zeen.

I.2.4. Le fruit :

La fructification est régulière des l'âge de 15 ans, mais abondants vers les 30ans le fruit du chêne Zeen sont ovale, de forme cylindrique à écailles assez renflées. La fructification est régulière chaque année et se situe d'octobre à novembre et la floraison en avril à mai.



Figure 4 : Gland de chêne Zeen (originelle 2018).

I.2.5. Anatomie du bois de chêne Zeen :

Le bois du chêne Zeen est de couleur claire, à aubier clair, les accroissements se reconnaissent assez facilement. Les cernes sont réguliers et nettement distincts avec un bois initial de 1 à 4 assises de pores, et un bois final composé de pores disposés en plages radiales étroites, en forme de flammes. Le parenchyme ligneux se présente en arcs concentriques apparents à la loupe d'une épaisseur de 0,021 mm, les vaisseaux du bois initial et final varient de 0,042 à 0,192 mm (diamètre radial est tangentiel). Les rayons ligneux unisériés (nombres : 36/5 mm) et plurisériés (nombre : 1/5) de tailles moyenne comprise entre 0,011 dixièmes de mm et 0,224mm. Le tissu fibreux est très abondant de consistance cornée imprégnée de noir ou par taches. La fibre est droite, de longueur moyenne de 1,545 mm (LAURENT, 1900).

I.2.5.1. Propriétés physiques et technologiques :

Le bois du chêne Zeen se gerce facilement. Sa densité est de l'ordre de 0,741 à 0,943 lorsqu'il est sec, cette dernière dépasse 1 quand il est vert. La couche de printemps est très mince, représentée par une ou deux rangées de gros vaisseaux. La proportion entre la couche de printemps et d'automne est relativement constante. L'accroissement moyen annuel est de l'ordre de 1,20cm (Tafer ; 2000). Le bois nerveux est lourd. Il présente, à flexion, une très grande résistance. La charge de rupture est de 7 kg 37/mm² de section en Europe centrale, elle varie de 4,70kg à 7,23kg. Le chêne Zeen présente une fibre droite propre à la fente, mais il se dessèche difficilement. Les grosses pièces conservent l'eau après plusieurs années de

coupe. Le bois à tendance à se voiler, à se gercer et à se fendre, c'est pour cela qu'il n'est pas utilisé pour la charpente et la menuiserie (MECHAI, 1969).

I.3. Aire de répartition du chêne Zeen :

I.3.1. Aire de répartition maghrébine :

L'aire mondiale du chêne Zeen se limite à la rive sud -occidentale du bassin méditerranéen (territoire ibéro-maghrébin) (figure 5).

Au MAROC il est présent dans le rif ; le plateau central le moyen Atlas et même dans le haut Atlas (ACHHAL et al, 1980)

En TUNISIE, il est en mélange avec le chêne liège et il forme toute fois deux vastes massifs FEIDJA et AIN DRAHAM.

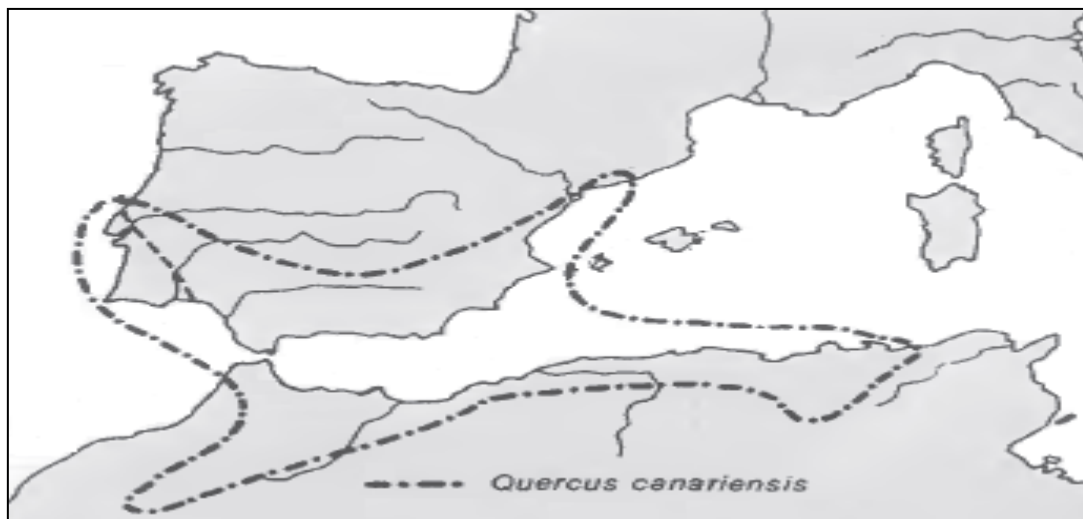


Figure 5 : Répartition de *Q. canariensis* dans le bassin méditerranéen (QUEZEL et BONIN, 1980).

I.3.2. Aire de répartition en Algérie :

En Algérie il est commun dans les montagnes depuis l'ouest .Jusqu'à la frontière tunisienne, a l'extrême ouest il est représenté par la sous-espèce *Q. tlemciensis* (Alkaraz ; 1989). Il forme de très beau peuplement en Kabylie (Ait ghobri, Akfadou, Bâbords, Tamesguida), et a l'extrême Est (Djebelhara, El kala, Souk Ahras).De petits peuplements à

l'état disséminé sont localisés dans la région de Ténès, à Theniet, EL had, Cherchel. Djurdjura, les Aurès et le Hodna. (KAOUANG, 1987) (figure 6).

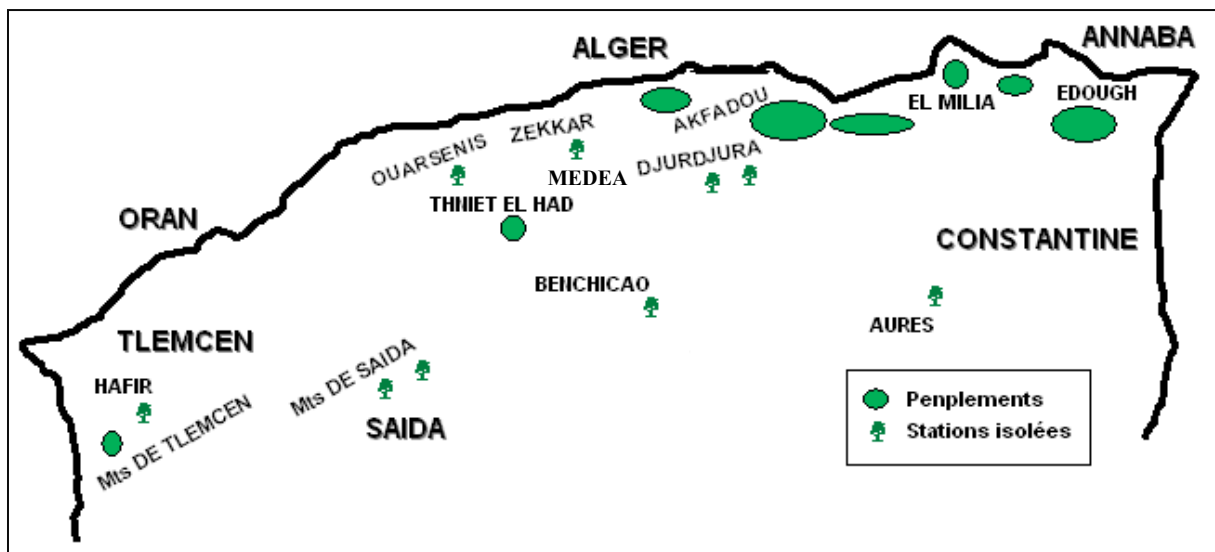


Figure 6 : Répartition de *Quercus canariensis* en Algérie
(kaouan in Rabhi, 2011).

I.3.3. Surface occupées en Algérie :

En Algérie le chêne Zeen couvre 67000 hectare répartis selon (Mechail ; 1969) en :

- Forêt de Hafir(Tlemecen).
- Forêt de Teniét El Haad.
- Forêt d Akfadou 8000 ha.
- Forêt de Beni Ghobri et Tamgout (Azazga)
- Forêt de Tassentout 7000ha (Bougie)
- Forêt de Guerrouch 7000ha (Djidjelli)
- Forêt de Beni-Saleh 10000ha (Souk-Ahras et EL-Kala)
- Forêt de Djebel Dyr, Gourrah et Duled Bougous (EL-Kala)
- Forêt de SouK-Ahras 15000ha

Ces forêts de chêne Zeen sont situées au cœur de grosses masses boisées, dans des conditions écologique favorables (station fraîches).

I.3.4. Régénération du chêne Zeen :

Le chêne Zeen est la seule essence principale nord-africaine pour laquelle la régénération est assurée. Simultanément selon les deux modes ; le semis et le rejet de souche dont le préventif et l'adventif.

I.3.4.1. Régénération Par semis :

Le chêne Zeen fructifie chaque année, les glandées sont abondantes et annuelles. Sous la strate principale les semis, sont nombreux et constituent un tapis continu des qu'une trouée par coupe à blanc est opérée, les jeunes semis qui ont végétés jusqu'à alors, s'élancent et ne souffrent nullement du découvert. Le Sous bois est généralement rare contrairement au chêne liège et aux autres essences .qui exigent la protection du sous –bois dans le premier stade de leur développement.

Grace a cette faculté de régénérer abondamment le chêne Zeen concurrence dangereusement le chêne liège à sa limite inférieure (station fraîche) et l'élimine lorsque les conditions écologique lui sont favorables (sol profond et humide).

I. 3.4.2. Régénération par rejet de souche :

Il est certain que la seule régénération par semis s'avère insuffisante là ou les conditions écologiques lui sont moins favorables. C'est alors que l'on constate après des exploitations une forte régénération par rejets qui complète celle issue de semis.

La perpétuation des peuplements est assurée à la seule condition d'écarter tous parcours dans ces zones au moins pendant 6 ans. Les rejets croissent plus vite que les brins issu de semence et permet d'ouvrir après un temps assez court les parcelles régénérer au parcours, il existe deux types de rejets : les rejets préventifs et les rejets adventifs.

I. 3.4.3. Rejets préventifs :

La régénération est assurée par des bourgeons préventifs qui se forment par réaction à la coupe et qui apparaissent et se développent au dessous de la section de la coupe .Ces bourgeons préventifs sont inégalement développés et actifs chez les différents espèces , car ils sont abondants et rigoureux chez les chênes, par ailleurs ils existent sur toute la longueur des tiges et des branches il peuvent donc se développés a n'importe qu'elle hauteur en cas de

mutilation de celles-ci, comme ils peuvent se manifester aussi régulièrement en dehors des exploitations lorsque l'arbre reçoit un supplément d'eau, de nourriture et de lumière. (ANONYME, 1986).

1.3.4.4 Rejets adventifs :

Les rejets adventifs proviennent de bourgeons adventifs c'est à dire ne sont pas préexistants. Ils se forment par réaction à la coupe dans le bourrelet cicatriciel qui tend à recouvrir la plaie d'abattage. Ces bourgeons adventifs sont moins vigoureux, moins trapus, moins solidement ancrés dans la souche facilement arrachés par la circulation, le vent et la neige, ils ne sont pas au contact de la terre ne s'affranchissent pas et par conséquent sont relativement peu longévifs. En cas de mort de la souche, ils dépérissent (ANONYME, 1986).

1. 4. Utilisation du chêne Zeen :

Le chêne Zeen a été une essence, sous-estimée et gaspillée. Ce n'est que pendant la guerre qu'il prit une valeur économique appréciable suite à son utilisation dans la confection des traverses de chemin de fer. Plongées dans des produits chimiques de conservation, ces traverses peuvent durer 15 ans. On comptabilise 6 à 7 traverses chemin de fer au mètre cube de grume.

Actuellement, les études technologiques ont permis de le réhabiliter comme bois de serrage qu'il faut débiter sur mailles. Il peut être utilisé comme bois de charonnage, de bois de charrues. Les dimensions du bois de chêne Zeen déterminent son utilisation.

I. 5. Ecologie du chêne Zeen :

Le chêne Zeen est avant tout une essence montagnarde et ne prospère en plaine que dans des cas exceptionnels. En Afrique du Nord, particulièrement en Algérie, le chêne Zeen se localise à peu de distance de la mer soit à 30km au maximum de la côte, exception faite pour la forêt de Hafir (Tlemcen) et Teniet –El-had.

Le chêne Zeen forme des peuplements dans des stations fraîches et bien arrosées en raison de ses exigences écologiques très strictes. Sur les expositions Sud (sèches) il est supplanté par le chêne Afares.

Le chêne Zeen est éliminé par le cèdre et le chêne vert dans les zones humides, et par le chêne Afares sur les croupes chauds. Dans sa situation naturelle optimale, le chêne Zeen a une grande vigueur physiologique et à tendance à envahir d'autres peuplements d'une autre essence, particulièrement des peuplements de chêne liège. Ainsi nous constatons que l'altitude et les conditions climatiques ont une grande influence sur son évolution (BOUDY, 1955).

I.5.1. Altitudes:

Du point de vue altitudinal, le chêne Zeen se rencontre depuis le littoral de Kabylie jusqu'à plus de 2000 mètres dans les bords (QUEZEL, 1956),

L'altitude minimale en Algérie est de 700 à 800 m (parfois jusqu'au bord de la mer) en concurrence avec le chêne liège. L'altitude maximale peut atteindre jusqu'à 1800 m mais il est concurrencé par le cèdre et le chêne vert.

I.5.2. Conditions climatiques :

Le chêne Zeen est très exigeant du point de vue climatique d'où son aire botanique limitée. Il ne vit que dans les régions à fortes précipitations (au moins 800 mm) et ne prend son plein développement qu'aux expositions Nord et dans celles recevant 1000 mm et plus (régions numidiennes). La nébulosité et le brouillard le favorisent.

La température moyenne qui lui convient est de 15 à 16°C et il peut supporter des minima de -8°C (Fedja en Tunisie).

Ainsi le chêne Zeen ne peut prospérer et vivre qu'en étage bioclimatique subhumide mais surtout humide notamment en étage humide (les 9/10^{ème} de son aire botanique s'y trouve) (QUEZEL, 1956).

C'est la variante tempérée de l'étage bioclimatique humide qui paraît correspondre sur le plan bioclimatique à l'optimum de la forêt de chêne Zeen (Quezel, 1956).

I.5.3. Conditions édaphiques :

Le chêne Zeen est indifférent à la constitution physique et chimique du sol .Il prospère aussi bien sur sol calcaire que sur sol siliceux (QUEZEL ,1976).

Cependant il est très friant de la formation de grès numidiens sur lequel on trouve les plus beaux peuplements de grande Kabylie et Djijelli, la Calle et Souk-Ahras).

Les sols où il pousse sont généralement profonds, perméables et frais grâce à l'épaisseur de sont couvert, de la quantité d'humus provenant de la chute annuelle d'une grande quantité de feuilles mortes se décomposant facilement, des conditions d'humidité dans lesquelles il végète ; le chêne Zeen donne naissance aux sols les plus complets et le plus profonds.

I.6. Ennemis du chêne Zeen :

I.6.1. Les insectes :

Dans la classe des insectes on trouve des espèces très nuisibles à l'arbre provoquant des réductions de croissance des dépréciations de la qualité technologique du bois et même la destruction totale des arbres. Parmi ces espèces on a le grand capricorne : *cérambyx héros* .qui provoque le dépérissement prématuré de l'arbre. *Lymantria dispar* de la famille des bombycidés qui provoque un ralentissement de la croissance, résultat de la disparition des feuilles.

I.6.2. Les champignons :

Les champignons sont les principaux agents de maladies des arbres forestiers. Les champignons parasites appartiennent principalement à tous les groupes taxonomiques, chaque groupe de parasites est spécialisé d'un organe ou un ensemble d'organe ou il se manifeste par des symptômes de dépérissement ou maladies. Des exemples de champignons et de leur mode de vie sont donnés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Quelques exemples de champignons sur le bois du chêne Zeen (Smail ,1994).

Agent causal	Type d'attaque	Conséquences
Formes famentarius	Parasite	Pourritures blanches
Trichaptum abietume	Parasites. Facultatif Saprophyte de faible activité	
Tometes versi colar	Saprophyte très actif	Pourritures blanche
Caloporus taxi cola		Pourriture blanche
Stereum hirsutum	Parasite facultatif saprophyte actif	
Poliprus squamosur	Saprophytes très actif	Pourritures blanches
Hypholoma faxiculare	Parasite et/ou saprophyte	Pourritures rouges.

I.6.3. Les feux :

Le chêne Zeen peut être sensible ou pas au feu, en mélange avec le chêne liège il subit de graves dommages (BOUDY, 1950) alors qu'en massif à couvert épais sans, sous bois il résiste bien à l'incendie.

II. Fondement de l'échantillonnage :

L'incapacité de couvrir la totalité de la zone a étudié nécessite la mise en place d'un échantillonnage adéquat pour toute la surface à couvrir. Celui-ci consiste à choisir des éléments de façon à obtenir des informations objectives et d'une précision mesurable sur l'ensemble de la zone (Gounot 1969). Il permet de fournir une image complète (qualitativement et quantitativement) de l'objet étudié. En d'autres termes l'échantillon doit être représentatif de la communauté végétale. Ainsi, Guinochet (1973) le définit comme suit :

L'échantillonnage consiste à récolter les données en choisissant des éléments de façon à obtenir des informations objectives et d'une précision mesurable sur l'ensemble de la communauté végétale étudiée. Gounot (1969) distingue quatre types d'échantillonnage : L'échantillonnage aléatoire, l'échantillonnage subjectif, l'échantillonnage systématique et enfin l'échantillonnage stratifié.

II.1. L'échantillonnage aléatoire :

Correspond à une détermination purement au hasard de la localisation des placettes, il est très rarement utilisé.

En revanche, l'échantillonnage systématique l'est couramment pour les Inventaires statistiques (Gaudin, 1996)

II.2. L'échantillonnage systématique :

Dans l'échantillonnage systématique, les unités sont choisies selon un schéma rigide, prédéterminé, dont l'objectif principal est de couvrir l'ensemble de la population de manière aussi uniforme que possible (J. Rondeux 1993).

II.2.1. Avantages et inconvénients :

L'échantillonnage systématique est souvent préconisé dans les inventaires forestiers, car il réunit un grand nombre d'avantages parmi eux il faut mentionner :

- La localisation plus facile des points de sondages impliquant un repérage rapide et des déplacements moins coûteux.
- La distribution régulière des points sur l'ensemble de la population, ce qui procure fréquemment plus d'information que si l'on utilise l'échantillonnage aléatoire.
- La possibilité de donner lieu à une cartographie (localisation spatiale) des caractéristiques estimées (Rondeux, 1993).

Parmi les inconvénients, il faut surtout retenir que la modification de taux de sondage en cours d'exécution est difficile à pratiquer dans ce type d'échantillonnage. En outre, l'erreur d'échantillonnage ne peut plus être déterminée de la même manière que dans le cas aléatoire (Rondeux 1993).

II.3. Détermination de la méthode d'échantillonnage :

L'idée qui prévaut dans un inventaire par échantillonnage est de concentrer l'effort de mesure et d'observation sur un ensemble très réduit d'arbres qui constitue l'échantillon. Les arbres mesurés sont le plus souvent sélectionnés en délimitant de petites surfaces (les unités d'échantillonnage encore appelées « placettes » dans le jargon forestier) à des endroits choisis de manière adéquate dans la forêt.

La réduction du nombre d'arbres mesurés est compensée par la rigueur du protocole d'inventaire et le plus grand soin apporté aux mesures réalisées (par exemple, les circonférences sont mesurées et notées au centimètre près). (Anonyme in Gembloux, 2002).

II.4. Taux d'échantillonnage :

Le taux d'échantillonnage est défini par la densité du maillage et la superficie des placettes. (Lecomte, 1992).

II.5. Cheminement de l'installation des placettes :

Cette opération consiste à repérer sur le terrain les centres des placettes définis par le type d'échantillonnage adopté en progressant dans une direction donnée et sur une distance déterminée. À cette fin, lorsque l'inventaire concerne de petites étendues, on utilisera une boussole de qualité et un mesureur de distances (mesureur à fil perdu). Sur de plus grandes étendues, on identifiera les centres des unités d'échantillonnage à partir de points remarquables.

sur cartes ou sur photos (croisements de chemins, ruisseaux, etc.) situé le plus près possible de la placette à installer.

Dans le cas des terrains en pente ($\alpha \geq 5^\circ$), il faudra appliquer une correction à la distance de cheminement, celle-ci étant d'autant plus élevée que la pente est forte, cette dernière se mesurant par exemple au moyen d'un clinomètre dans la direction de la marche (Rondeux, 1993).

II.5.1. Nombre de placettes :

Le nombre de placettes à mettre en place est fonction avant tout de la précision que l'on souhaite avoir sur l'estimation du volume sur pied.

Il dépend également des caractéristiques des placettes (surface et forme) et de façon implicite du mode de répartition spatiale des arbres.

On cherche à estimer le volume du bois dans chaque unité de gestion (ou parcelle) de la forêt (Anonyme in Pirad CIRAD).

II.5.2. Forme des placettes :

Les formes les plus habituelles d'unités d'échantillonnage à surface définie sont le carré, le rectangle, la bande et le cercle. La forme la plus favorable d'une placette est celle qui, à surface égale, présente le plus petit rapport du périmètre à la surface de telle manière que le nombre d'arbres situés en limite de placette soit le plus réduit possible. Cette condition est parfaitement remplie par la forme circulaire qui, de plus, se prête à une délimitation rapide.

La forme des placettes d'échantillonnage est souvent affaire de circonstance dans la mesure où il convient avant tout de prendre en considération la facilité d'installation, les types de peuplements et la longueur du périmètre de la surface. La forme de la placette d'échantillonnage n'aurait pas de répercussion sur la grandeur de l'erreur d'échantillonnage. (KULOW, 1966 ; GRAYET, 1977).

a) Les placettes carrées et rectangulaires :

Les placettes carrées fournissent, à surface et intensité d'échantillonnage égale, une précision maximale sauf si les caractéristiques étudiées varient de façon marquée selon une direction (DAGNELIE, 1956).

b) Les placettes circulaires :

Les placettes de forme circulaires sont incontestablement les plus intéressantes et les plus utilisées eues égard aux considérations suivantes :

- elles ne comportent pas de direction privilégiée, ce qui confère plus d'objectivité aux mesures et aux résultats ;
- elles permettent de réduire considérablement le nombre de cas douteux d'appartenance ou non d'arbres à la placette ;
- leur implantation sur le terrain est facile et rapide, pour autant qu'elles ne soient pas trop étendues.

II.5.3. Rayon des placettes :

La placette circulaire est définie par son centre et son rayon "R" et peut être délimitée soit au moyen d'un mètre ruban, soit par un procédé optique ou encore par un appareil à ultrasons.

➤ Délimitation au moyen d'un mètre à ruban :

Le rayon est mesuré à l'aide d'un mètre ruban métallique, autant que possible à enrouleur automatique, appelé "chevillière suédoise", pour des placettes qui ne comportent pas un nombre trop élevé de bois (environ 20).

La placette est définie par son centre et par son rayon horizontal. Pour une placette de surface S, la valeur du rayon horizontal : $R = \sqrt{S/\pi}$.

Tableau 2 : Surface des placettes.

	Surface de la placette (ares)							
	1	2	4	6	8	10	12	15
Rayon horizontal (m)	5,64	7,98	11,28	13,82	15,96	17,84	19,54	21,85

Une placette circulaire de rayon "R", installée sur terrain en pente donne lieu à une ellipse sous-dimensionnée par rapport à la surface du cercle, si on la projette sur un plan horizontal. Pour corriger cette erreur plusieurs procédés peuvent être mis en œuvre.

Une première méthode applicable lorsque la pente n'est pas trop forte, consiste à tenir le ruban horizontalement dans toutes les directions et donc à mesurer le rayon "R" du cercle dans un plan horizontal. On évite ainsi de devoir mesurer des distances obliques et, en pratique, on peut facilement installer des placettes circulaires de 1,4 et 10 ares, respectivement sur des pentes de 20,10 et 5°. Pour des pentes plus raides ou des placettes trop étendues, à défaut de pouvoir mesurer l'entièreté du rayon dans un plan horizontal, on procédera par ressauts ou par mesure successifs dans des plans horizontaux. On peut aussi dans le cas de forte pente, utiliser un ruban gradué et un mesureur d'angle, par exemple un clinomètre. (TARDIF, 1965)

II.6. Les inventaires forestiers :

Inventorier un peuplement forestier permet de le quantifier, de définir un état initial du capital sur pied. Le suivre dans le temps permet par la suite de mieux connaître son évolution. Ce suivi peut être effectué dans deux optiques. (TOMASINI, 2002) :

- dans une optique d'aménagement, permettant de donner des directives de gestion et planifier les récoltes,
- dans une optique sylvicole, permettant de raisonner une sylviculture dans le temps (savoir par exemple comment intervenir dans un peuplement en fonction des coupes réalisées, optimiser les intensités de prélèvement...).

Pour contrôler la gestion passée et savoir où l'on va, des instruments de contrôle sont souvent très utiles, notamment dans le cas du traitement des peuplements feuillus en futaie irrégulière (TOMASINI, 2002).

Un contrôle de la gestion a posteriori peut se justifier pour plusieurs raisons :

- il permet de suivre l'évolution du capital sur pied, que ce soit à l'échelle du peuplement ou celle de l'arbre et cela, non seulement d'un point de vue quantitatif mais également qualitatif ;
- il permet au gestionnaire de contrôler sa gestion d'une manière assez fine, pour qu'il puisse le cas échéant réorienter ses actions vers les objectifs qu'il s'est fixé ;
- Il permet d'optimiser la production par le suivi de certaines variables dendrométriques clés, mais également de suivre certains indicateurs biologiques ;
- Il permet aux gestionnaires de rendre des comptes aux propriétaires (publics et privés) ;
- Parce qu'il est difficile voire hasardeux de se fixer des objectifs techniques a priori et de suivre des normes générales trop souvent réductrices face à la complexité des écosystèmes forestiers (TOMASINI, 2002).

II.6.1. Les principaux types d'inventaires :

a) Inventaire pied par pied (ou en plein) :

Ce type d'inventaire consiste en un dénombrement exhaustif des tiges par essence et par classe de diamètre.

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) (TOMASINI, 2002).

● **Domaine de validité**

L'inventaire en plein donne des résultats au niveau de la parcelle. Il peut être réalisé sur une forêt, mais dès lors qu'elle dépasse une certaine taille, il est préférable d'avoir recours à un inventaire statistique pour des questions de coût (TOMASINI, 2002).

On admet en général pour une équipe de trois compteurs et un pointeur les rendements suivants :

- 12 à 30 ha / jour pour des forêts de plaine, soit 3 à 8 ha / jour / personne,
- 4 à 15 ha / jour pour des forêts de montagne, soit 1 à 4 ha / jour / personne.

Les rendements en inventaire en plein sont également fonction du type de peuplement, ainsi que de la facilité de cheminement, du relief, de la visibilité et de la pénétrabilité du peuplement (TOMASINI, 2002).

● **Fiabilité des résultats**

On attend d'un inventaire en plein qu'il fournisse les résultats avec une précision de l'ordre de 5 % à 10 % sur le volume et la surface terrière (TOMASINI, 2002).

b) Les 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 deux plus souvent utilisés sont :

- l'échantillonnage aléatoire simple : les n placettes du dispositif sont disposés 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 (TOMASINI, 2002).

c) L'inventaire typologique :

Il s'agit d'un inventaire statistique, sans placette réellement matérialisée, mais avec des points d'arrêts disposés selon un maillage régulier.

A chaque point d'arrêt, l'opérateur identifie un type de peuplement à partir de variables faciles à estimer et d'une clé de détermination synthétique

A chaque type est affecté un ensemble de valeurs dendrométriques moyennes

(TOMASINI, 2002).

II.6.2. Équipe d'inventaire :

La mise en place et la mesure de placettes circulaires de 10 m de rayon n'exige que des équipes de 4 personnes, composées de la façon suivante :

- Deux compteurs qui implantent l'unité et mesurent les circonférences,
- Un pointeur qui consigne toutes les mentions dictées par les compteurs après les avoir répétées à haute voix,
- Un éclaireur qui veille sur les limites du domaine (Anonyme in N. Pirad CIRAD).

II.7. Matériel :

Le matériel nécessaire pour effectuer l'inventaire est :

- un GPS, pour cheminer d'un point d'inventaire à l'autre ;
- éventuellement une boussole, pour orienter les placettes au sein d'une grappe (mais les GPS disposent d'une fonction « boussole ») ;
- un cordeau décamétrique pour délimiter le rayon des placettes d'inventaire ;
- des rubans inextensibles plus éventuellement des compas finlandais pour la mensuration de la grosseur des arbres (autant d'unités qu'il y a de compteurs dans l'équipe) ;
- des fiches d'inventaire et des crayons pour la consignation des données collectées sur les arbres ;
- un plan de la zone à inventorier avec les limites du massif et des strates, les positions des points d'inventaire et tout élément permettant de s'orienter (tracé des pistes, emplacement des villages, points remarquables, topographie...) ;
- un tableau avec les coordonnées géographiques (longitude, latitude) des points d'inventaire (Anonyme in N. Pirad CIRAD).

II.8. Le choix des paramètres dendrométriques :

Le cubage d'un arbre sur pied est bien entendu plus délicat que lors qu'il est abattu, On adopte toujours la formule du cubage commercial :

$$V = C^2 / 4\pi \cdot H$$

“C” circonférences au milieu de la longueur “H” de grume, mais on lui ajoute officiellement cette fois la formule identique dans laquelle la circonférence est remplacée par le diamètre “D” :

$$V = \pi / 4 \cdot D^2 H$$

Il est bon de remarquer, a ce sujet, que si les mesures de circonférences, en dendrométrie, sont souvent pratiquées en France, on leur préfère la plus part des temps a l'étranger – notamment en Europe centrale – les mesures des diamètres correspondants. Circonférences ou diamètres médians, on ne peut cette fois, dans la pratique courante, les atteindre directement ; c'est donc la grosseur de l'arbre a hauteur d'homme que l'on appréciera avec exactitude. Puis on estimera la décroissance, “exprimant la loi selon laquelle, a des niveaux de plus en plus élevés de d'arbre, correspondent des grosseurs de plus en plus réduis “.D'où la valeur, déduite de la mesure prise du sol, de la grosseur au milieu.

Pour la hauteur – hauteur totale de la tige, ou a telle découpe on décidera “au jugé”, ou mieux, en s'aidant d'appareils ou procédés divers (dendromètres, proches de comparaison, etc.) (Pardé, 1961)

II.8.1. La mesure de diamètre à hauteur d'homme :

Le diamètre exprime la grosseur la plus universelle d'une section d'arbre. Sa mesure est effectuée au moyen d'un compas qui, toutes propositions gardées, s'apparents a un pied a coulisse. Le diamètre est considéré à hauteur d'homme. Ce niveau est bien adapté aux mouvements des bras de l'opérateur, pour effectuer la mesure, (Rondeau, 1993)

Le diamètre de la section d'un arbre a une hauteur de 1.30, C'est-à-dire de l'intersection a un niveau donné avec un plan perpendiculaire a l'axe de l'arbre, peut être mesuré dans une infinité de directions. Pour éviter toute ambiguïté, nous définirons le diamètre pris dans une direction donné comme étant la mesure fournie par un compas dont

les bras sont appliqués perpendiculairement à cette direction sans exercer de pression. Ce sera aussi à la distance entre deux tangentes parallèles (Rondeau, 1993).

II.8.2. Mesure de hauteur :

En ce qui concerne la mesure de la longueur des arbres abattus ou de tronçons d'arbre, celle-ci s'effectue normalement à l'aide de rubans (20, 30 ou 50m) métalliques ou entoilés à support métallique, afin d'éviter les inconvénients d'une mauvaise reproductibilité des mesures (Rondeau, 1993)

Les erreurs de mesure de longueur d'arbre abattu sont négligeables.

En ce qui concerne la mesure de la hauteur d'arbres sur pied, on utilise des appareils appelés dendromètres qui sont basés sur des principes soit géométriques, s'appuyant sur des relations existant entre triangles semblables, soit trigonométriques, reposant sur les mesures d'angles.

Parmi les premiers, on trouve, entre autres la célèbre croix du bucheron, le dendromètre de FRANCK. Parmi les seconds se distinguent notamment le BLUM LEISS, le SUUNTO, le HAGA et le relascope de BITTERLICH.

Etant donné la grande diversité des appareils existants, nous nous limiterons volontairement à la présentation de ceux qui nous paraissent les plus utilisés.

➤ Dendromètres basés sur un principe géométrique :

L'utilisation des dendromètres envisagés ci-après suppose que l'opérateur se situe à une distance soit quelconque et inconnue, soit égale à la hauteur de l'arbre à mesurer.

➤ La croix du bucheron :

Très simple à utiliser, elle constitue une application directe des relations existant entre triangle semblable.

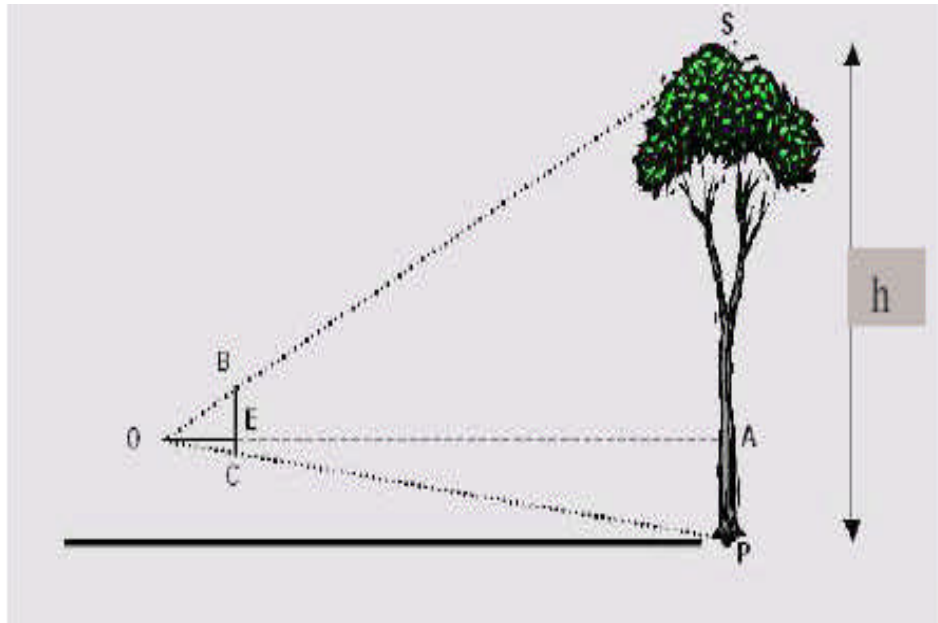


Figure 7 : Principe de la mesure de la hauteur au moyen de la croix du Bucheron.

$$SP/BC=OA/OE$$

Et si $BC=OE$, on a :

$$h=SP=OA$$

On peut mettre ce procédé en œuvre au moyen de deux tiges ou baguettes d'égales longueurs, dont l'une est tenue à hauteur des yeux et dirigée parallèlement au sol et l'autre placée au bout de la première verticalement ou parallèlement à l'arbre à mesurer de telle manière qu'il puisse apercevoir simultanément le pied de celui-ci (niveau du sol), en visant la base de la baguette verticale, et son sommet, en visant l'extrémité supérieure de cette même baguette. La hauteur de l'arbre ; le plus souvent elle est mesurée au pas.

Cette méthode, n'est évidemment pas recommandée si une grande précision est exigée (de l'ordre de 1 à 2 %, par exemple) et elle est peu pratique si l'on se trouve en terrain fortement incliné ou nettement plus bas ou plus haut que le pied de l'arbre car il faut alors mesurer la distance selon la pente.

I. Présentation de la zone d'étude :**1. Situation géographique et administrative :**

Le massif de Beni Ghobri se situe à 140km à l'est d'Alger dans la wilaya de tizi ouzou il est délimité :

- Au nord, par la forêt de tamgout.
- Au sud, par le village de Cherfa en Bahloul et Chebel
- A l'est par la forêt D'akfadou.
- A l'ouest, par la ville d'azazga.

Ses coordonnées géographiques sont : $36^{\circ} 42' - 36^{\circ} 47'$ latitude nord et $4^{\circ} 22' - 4^{\circ} 27'$ longitude EST. Son altitude moyenne est de 735m avec un point bas à 720m (tizi –bouchen) et un point haut à 1200 m (DJEBEL AFFROUN).

Cette forêt domaniale qui est rattachée administrativement à la circonscription forestière d'Azazga, couvre une superficie d'environ 6000ha.

2. Localisation des stations d'étude :

Les stations choisies pour cette étude sont localisées dans la partie ouest de ce massif (figure7).

Deux cantons ont été choisis :

1- El Ainseur versant nord avec deux peuplements :

- dense : $36^{\circ} 44' 58,133''\text{N}$ $4^{\circ} 24' 21,369''\text{E}$ avec 749,27m d'altitude.
- moyennement dense : $36^{\circ} 45' 00,794''\text{N}$ $4^{\circ} 24' 15,438''\text{E}$ avec 726,50m d'altitude.

2- Zraib versant sud avec deux peuplement :

- dense : $36^{\circ} 45' 38,190''\text{N}$ $4^{\circ} 25' 22,615''\text{E}$ avec 679,07m d'altitude.
- moyennement denses : $36^{\circ} 45' 49,595''\text{N}$ $4^{\circ} 24' 51,207''\text{E}$ avec 673,76m d'altitude.

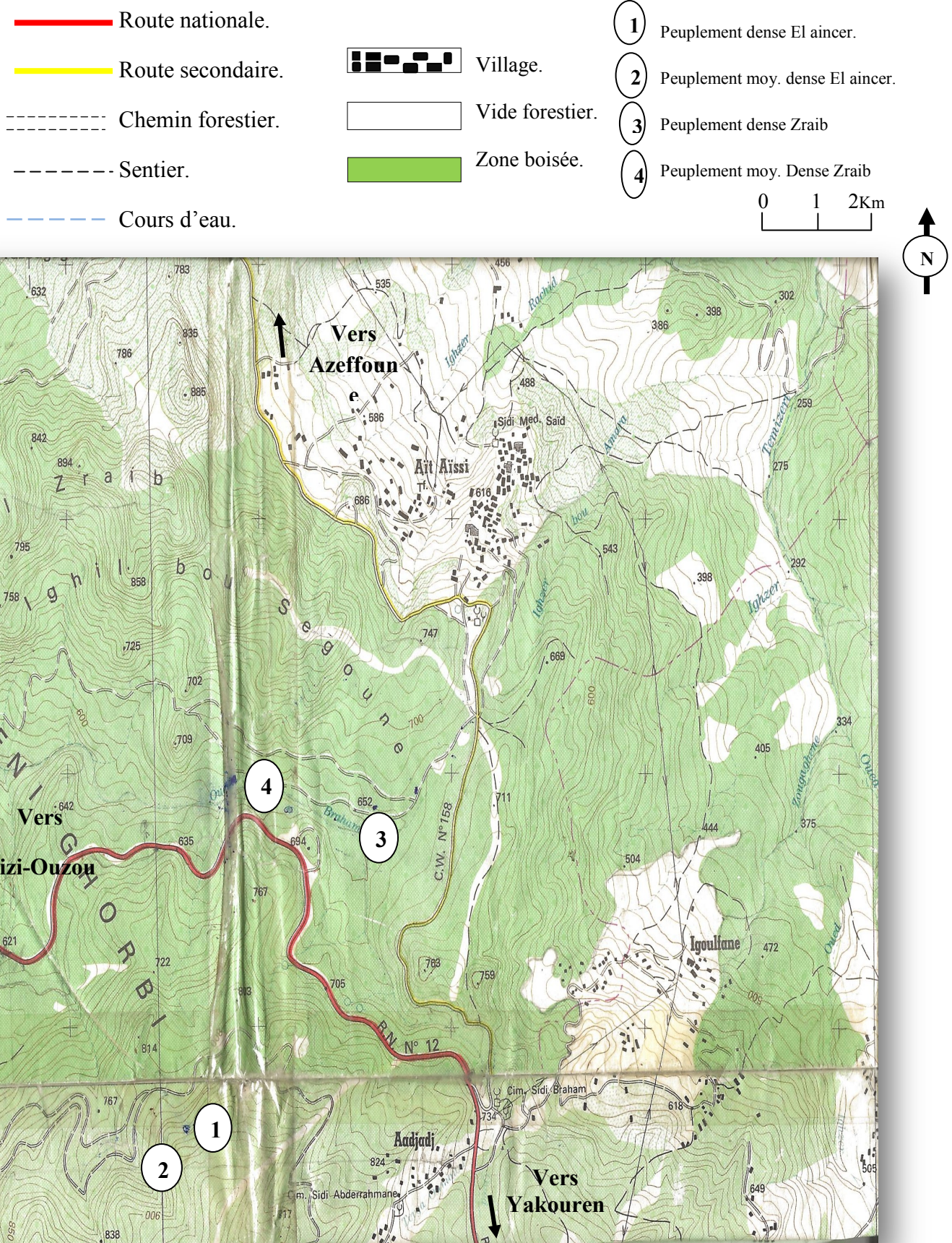
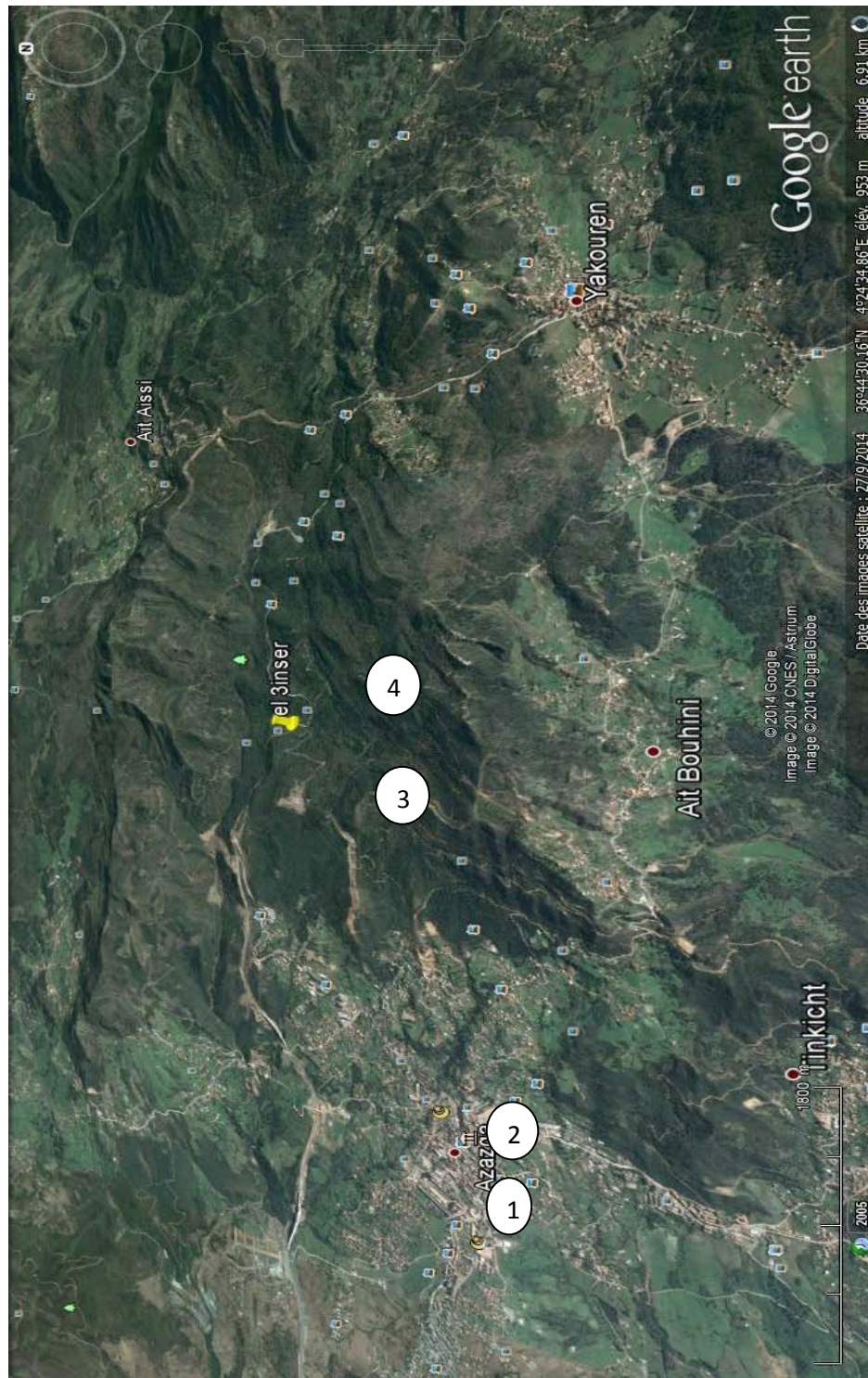


Figure 8: Localisation des peuplements échantillonnés dans la forêt de Beni Ghobri.



- | | | | |
|---|------------------------------|---|---------------------------------|
| 1 | Peuplement dense Zraib. | 3 | Peuplemen moy. dense El ainseur |
| 2 | Peuplement moy. dense Zraib. | 4 | Peuplement dense El ainseur |

Figure 9 : Situation de la zone d'étude sur l'image Google earth pro.

3. Cadre physique :

3.1. Topographie et relief :

La zone d'étude est montagneuse, elle est parcourue par de profonds, thalwegs.

L'orographie de l'ensemble du massif forestière est assez compliquée. Elle s'articule au tour d'une succession de lignes, de crêtes orientée Est-Nord-Est et Ouest-Sud-Ouest dans la partie orientale (MESSAOUDENE, 1989).

D'après le B.N.E.F. (1989) deux classes de pentes calculées caractérisent notre région d'étude ; pente de 0-25 % et pente de plus de 25 % (tableau 3)

Tableau 3: Répartition de la superficie de la forêt de Beni Ghobri par classe de pentes.

Station \ Paramètre	Pente (%)	Surface (ha)	total		% par pente
			ha	%	
Forêt de Beni Ghobri	0-12.5	2625			46
	12.5-15	1599	5710	34.62	28
					26

3.2. Géologie, Géomorphologie et sol :

Le cadre topographique de la région de Beni Ghebri est formé par la disposition de volumes montagneux de la rive droite du haut sebaou, mise en valeur par la tectonique récente et par la profonde taille du hydrographique (BENHASSANE, 1980).

Du point de vue morpho structural, la région de Beni Ghobri forme un chaînon de montagne orienté Nord-Ouest et Sud-Est, qui se raccorde par sa partie septentrionale à la chaîne littorale du Djbel 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, selon BEN HASSAINE, (1980), à celle des sommets de grès numidiens épais qui les alimentent continuellement en matériaux.

Selon GELARD, (1978) le massif forestier de Beni 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 micro brèche du sénonien.

D'un point de vue pédologique les sols sont pour la plupart de type brun forestier (ALLALOU 1986) dont l'évolution tend vers une podzolisation; ceci étant du à l'acidité du substrat ajouté a l'humidité qui y persiste en été (QUEZEL, 1956). Les humus sont de type nulle acide ou Moder (DURAND, 1951).

3.3. Couverture forestière :

La forêt de Beni Ghobri se présente généralement sous forme de futaie dense a sous bois peu développé, par fois même nul.

La strate arborescente est dominée par trois espèces de chêne, *Quercus suber*, *Quercus canariensis* et *Quercus afares*. Ces derniers sont représentés par des proportions relativement différentes et variables en fonction de l'altitude de l'exposition et de la nature du sol.

4. Etude climatique :

4.1 Le climat :

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

4.2. Synthèse bioclimatique de la région d'étude :

L'absence de station météorologique dans notre zone d'étude, nous à obliger à faire une synthèse climatique, en se basant sur les anciens travaux. Les données de Seltzer (1946) sont souvent la référence, ainsi que celles de Messaoudene (1989) et de Laribi (2000).

4.3. Température :

Pour caractériser le régime thermique de notre région d'étude (Beni Ghobri), nous avons retenu les résultats de Benzaid et Bessaci, (2005) obtenus par extrapolation des températures de la station météorologique de Tizi ouzou (188.16 m d'altitude) et la station de Yakouren (770 m), sur la base de gradient altitudinal thermique.

Pour une élévation de 100 m d'altitude, il y a une réduction de 0,4°C pour la moyenne des minima (m), et de 0,7°C pour la moyenne des maxima (M) (Seltzer, 1946).

Tableau 4: Moyenne des températures mensuelles de la région de YAKOUREN pour la période (1980-2003) (Benzaid et Bessaci, 2005).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
M c°	10,83	12,61	15,34	16,55	22,05	27,65	31,21	32,18	28,18	22,03	15,31	11,86
m c°	3,37	3,64	6,09	7,47	10,93	14,59	18,43	18,64	15,82	11,92	8,73	4,32
(M+m)/2	7,1	8,12	10,72	12,01	16,49	21,12	24,82	25,41	22	16,98	12,02	8,09

❖ Gelée blanche

Le nombre de jours de gelées Blanches (Tableau 5) est de l'ordre de 21.3 jours (BNEF ,1988).

Tableau 5: Nombre de jours de gelées blanches par mois dans l'année (BNEF, 1988).

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totale/an
5.3	5	13	0.9	0.2	0.1	0	0	0.1	0.1	3.4	4.9	21.3

❖ Nombre de jours de neige :

Les relevés de précipitation sous forme de neiges et de grêle rapportés par les données moyennes du BNEF (1989) sont successivement de l'ordre de 13.5 jours d'enneigement par an et 7.1 jours par an de grêle (tableau 6).

Tableau 6: Répartition de la grêle en nombre de jour/mois (BNEF, 1988).

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total/an
1.5	1.7	1.1	0.7	0.3	0.1	0	0	0.1	0	0.1	1.5	7.1

❖ vents :

On note que les versants d'exposition Sud, Sud-Est, Sud – Ouest sont sujets en période estivale (fin Aout-Septembre) à un vent chaud desséchant alors que les versants d'exposition Nord, Nord-Est, Nord-ouest sont moins affectés.

4.4. Précipitations :

Les précipitations déterminent la répartition des végétaux ; elles sont un facteur écologique limitant et un élément indispensable pour toute forme de vie (Derridj, 1990). La station de Yakouren a enregistré une tranche pluviométrique moyenne annuelle de l'ordre de 1070.32 mm, pour la période de (1980-2003), (Benzaid et Bessaci, 2005).

Tableau 7: Précipitations moyennes mensuelles de la région de Yakouren (en mm) "1980-2003".

mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
$\bar{X}$	163,68	129,88	105,9	113,2	68,98	12,7	5,06	6,43	40,01	90,61	130,51	208,36

4.5. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) :

Selon Bagnouls & Gaussen (1953) un mois sec, et celui où la somme des précipitations moyennes (en mm) est inférieure ou égale au double de la température moyenne de ce mois, soit ($P \leq 2T$).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) pour la région de Beni Ghobri montre que la période sèche s'étale sur 3 mois, allant du début juin à la première quinzaine de septembre (Figure 10).

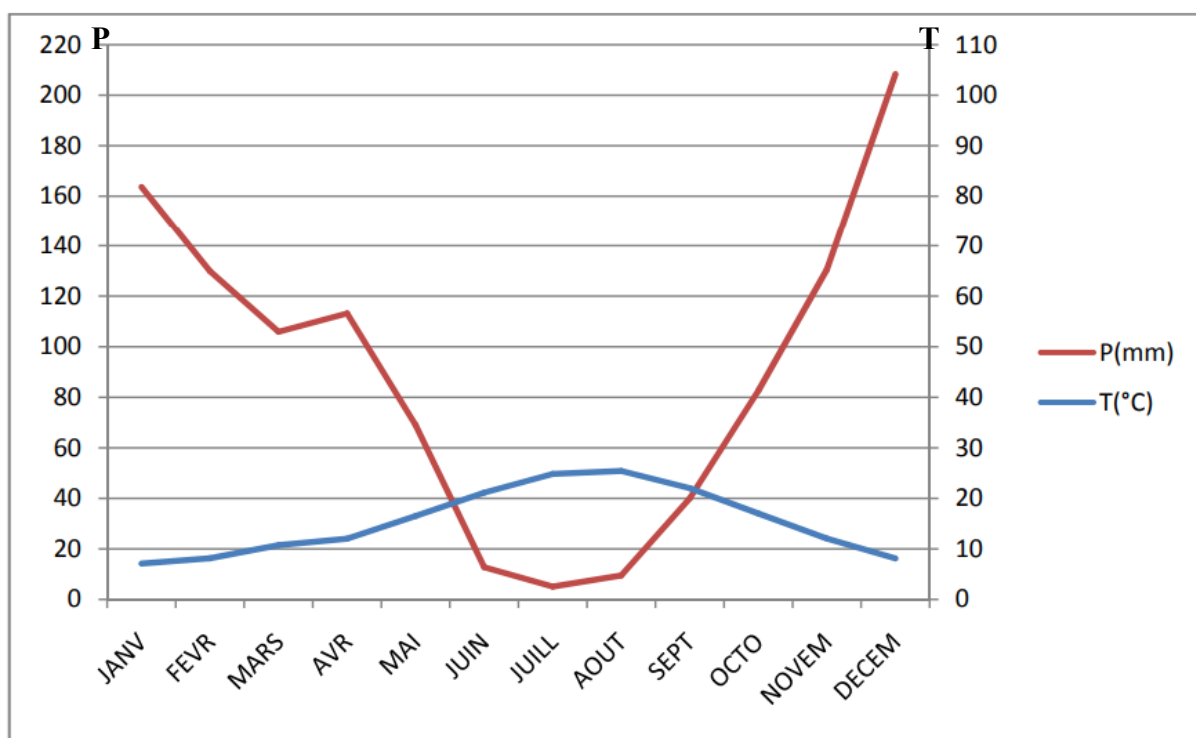


Figure 10: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen, région de Yakouren pour la période (1980-2003).

4.6. Climagramme d'emberger :

Pour la caractérisation du bioclimat, nous retenons l'équation d'emberger (1971) qui a établi un quotient pluviométrique (Q_2), représenté par le rapport entre les précipitations moyennes annuelles (P), la température maximale moyenne du mois le plus chaud (M) et la température minimale moyenne du mois le plus froid (m).

Soit : $Q_2 = 2000 * P / (M2 - m2)$ avec :

P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm)

M : Température maximale moyenne du mois le plus chaud en °K

m : Température minimale moyenne du mois le plus froid en °K

Pour calculer Q_2 , nous avons utilisé la formule simplifiée par Stewart (1969), avec P (mm), M et m (en °C).

$$Q_2 = 3,43 P / (M-m)$$

Pour la région de Yakouren $Q_2=127.43$, donc elle se situe dans l'étage bioclimatique humide à hiver tempéré (Figure 11).

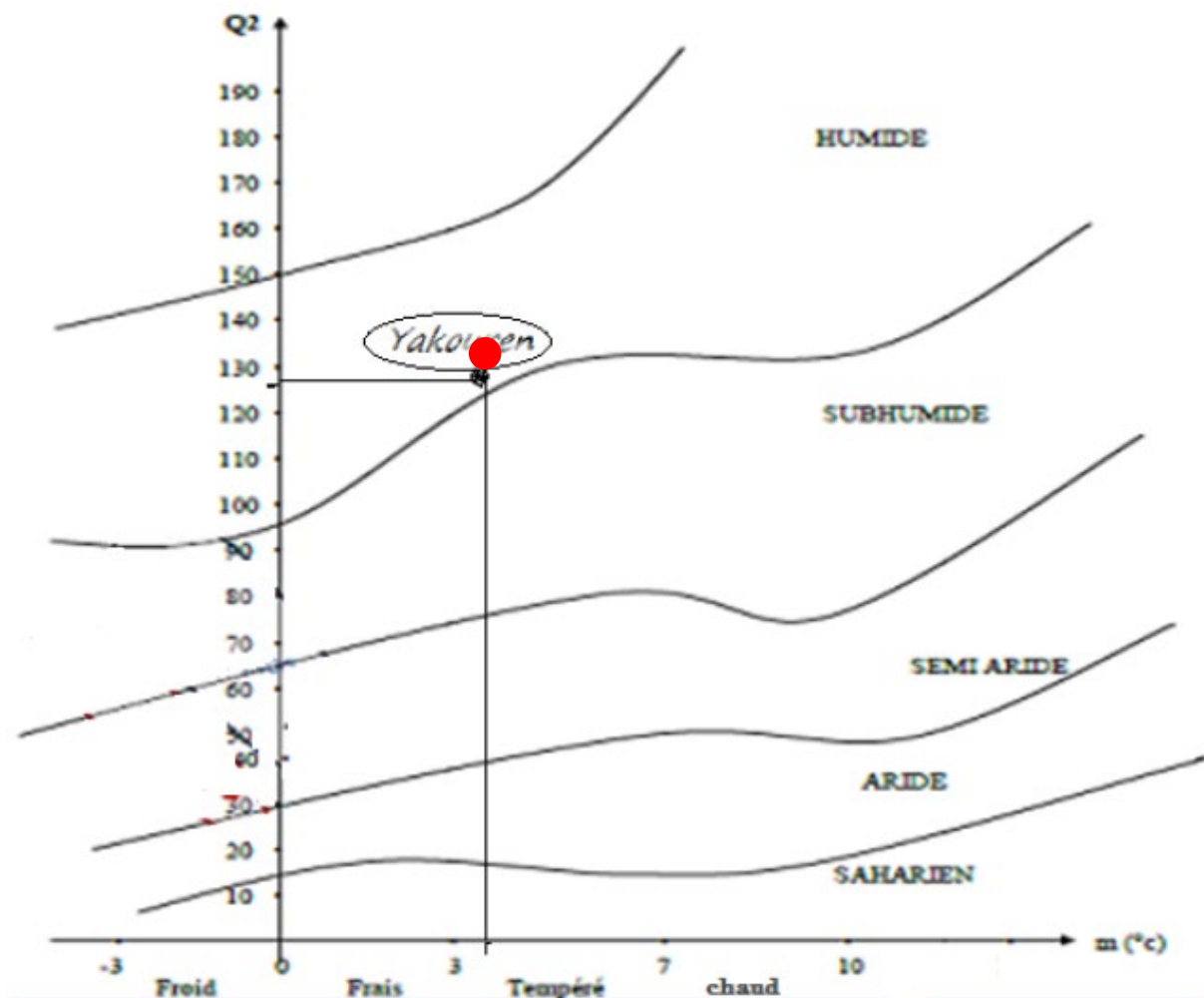


Figure 11: Situation de la région de Yakouren sur le climagramme d'Emberger.

5. Cortège floristique :

Sommairement et si on se réfère seulement aux travaux sur les zénaies de Kabylie et de l'est algérien, le cortège floristique du chêne Zeen est assez riche.

En strate arborée, *Quercus Canariensis* se partage l'espace avec *Quercus Afares* et *Quercus suber* dans le cas d'une chênaie mixte. Il forme aussi des massifs avec *Cedrus Atlantica*, *Sorbus Torminalis*, *Acer Obtusatum* et *Acer Campestris* (KAOUANE ,1978).

La strate arbustive présente une composition spécifique peu diversifiée et assure toujours un degré de recouvrement assez important, de l'ordre de 60% .Il faut noter la présence et la haute fréquence de *Cytisus triflorus*, *Erica arboréa*, *Calycotume spinosa*, *Genista tricuspidata*, *Rubus ulmifolius* , *Crataegus monogyna* et *Rosa sempirverens*.

La strate herbacée et généralement peut développée dans les peuplements adultes, avec l'abondance des espèces vernaies (thérophytes) et se présente en mosaïque dans les taches de lumière de la formation, avec les nombreux semis de chênes (MEDDOUR ,1993)

II. Méthodologie d'échantillonnage :**II.1. Choix des stations d'échantillonnage :**

Le choix des stations a été fait selon deux impératifs essentiels, la station doit être homogène en terme de densité et se trouvant dans une ambiance forestière, de ce fait nous avons choisis des stations plus ou moins représentatives de Beni Ghobri tout en excluant les zones perturbées ou en extrémité. Ainsi la station choisie doit être homogène sur le plan climatique, édaphique et topographique.

Nous avons choisi deux versants (versant nord et versant sud) le premier dans le canton de l'aincer exposition nord et le deuxième dans le canton zraib exposition sud et dans chaque canton nous avons choisi deux stations ou bien deux peuplements le premier dense et le deuxième moyennement dense.

II.2. Détermination de la méthode d'échantillonnage et des placettes sur terrain :

L'inventaire de nos peuplements a été réalisé par la technique des placettes d'échantillonnage qui consiste à faire des mesures dendrométriques sur de petites superficies dites placettes d'échantillonnage jugées représentatives du peuplement.

Le but recherché par cette méthode, est d'avoir une estimation du volume du bois sur pieds satisfaisante et très rapproché de la réalité avec moins de temps.

Avant de procéder à cet échantillonnage par placettes, nous avons déterminé au préalable certains éléments comme :

- l'unité d'inventaire ;
- le nombre de placettes d'échantillonnage et leur répartition ;
- forme et dimension des placettes

L'unité d'inventaire retenue dans notre étude est le peuplement définie par son recouvrement homogène qui présente des caractéristiques dendrométriques homogènes.

Dans notre cas, nous avons opté pour le dispositif d'échantillonnage systématique, (figure 12,13et 14).

Qui peut presque toujours être décrit comme étant constitué de placettes régulièrement espacées par des lignes parallèles et équidistantes (Duplate et perotte,1981).Un tel type d'inventaire statistique est très facile à matérialiser sur une carte, aussi bien qu'a réaliser sur le terrain .Ce dispositif régularise, ce qui est la plupart du temps favorable ,la densité de répartition des placette élémentaires d'échantillonnages (Pardé,1961).

II.3. forme des placettes d'échantillonnage :

La forme circulaire est celle retenu dans notre étude car pratiquement, elle est plus facile à matérialiser et présente beaucoup d'avantages tels que:

- ne comporte pas de direction privilégiée
- le périmètre du cercle est le plus petit par rapport aux autres formes géométriques, d'où un nombre minimum d'arbre en limite.

II.4. Nombre de placettes d'échantillonnage et leur répartition :

Le coefficient de variance et la précision recherchée influent directement sur le nombre de placettes pour une unité d'échantillonnage donnée :

$$E_r = t \frac{c.v}{\sqrt{N}} \quad \text{d'où} \quad N = (c_v \cdot t / E_r)^2$$

Avec: c_v : coefficient de variation

T : variable de student (2.042 pour $\alpha = 75\%$)

N : nombre de placette

E_r : erreur ou précision recherchée (elle est fixée dès le début)

Nous avons utilisé les travaux du B.N.E.F dans les régions d'akfadou et Beni ghobri ou ils ont procédé à un inventaire « pilote » en se basant sur le minimum de placettes nécessaires pour déterminer l'écart type et par conséquent le coefficient de variance (c_v).

Après avoir fait l'inventaire pilote on a opté pour une erreur de 15% dans les peuplements à échantillonner.

Ce travail, nous a permis de fixer un nombre de placettes d'échantillonnage dans chaque peuplement étudié.

❖ Le canton Elaincer :

- Peuplement moyennement dense avec 12 placettes.
- Peuplement dense avec 07 placettes.

❖ Le canton zraib :

- Peuplement moyennement dense avec 06 placettes.
- Peuplement dense avec 04 placettes.

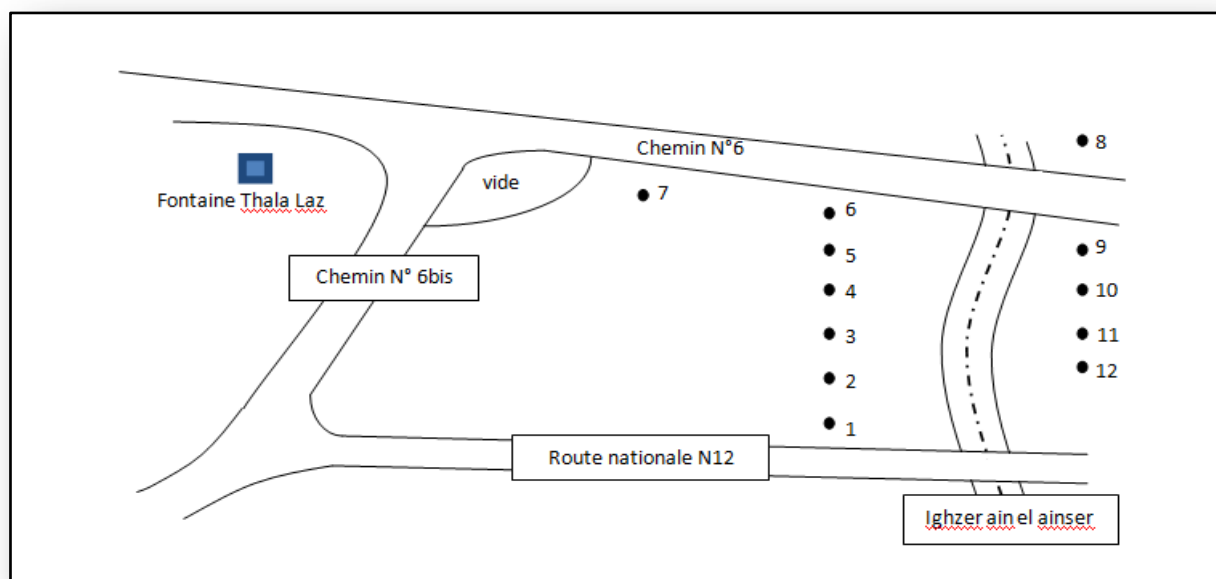


Figure 12: Schéma d'échantillonnage effectué dans le canton (El Ainseur peuplement moyennement dense).

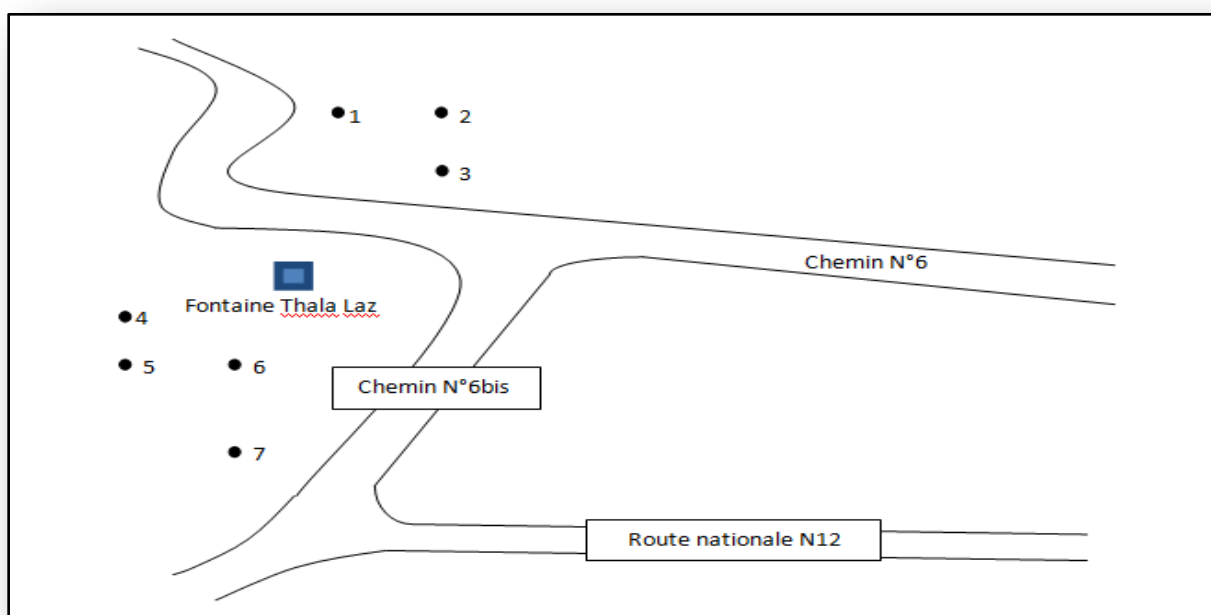


Figure 13: Schéma de l'échantillonnage effectué dans le canton El Ainseur (peuplement dense).

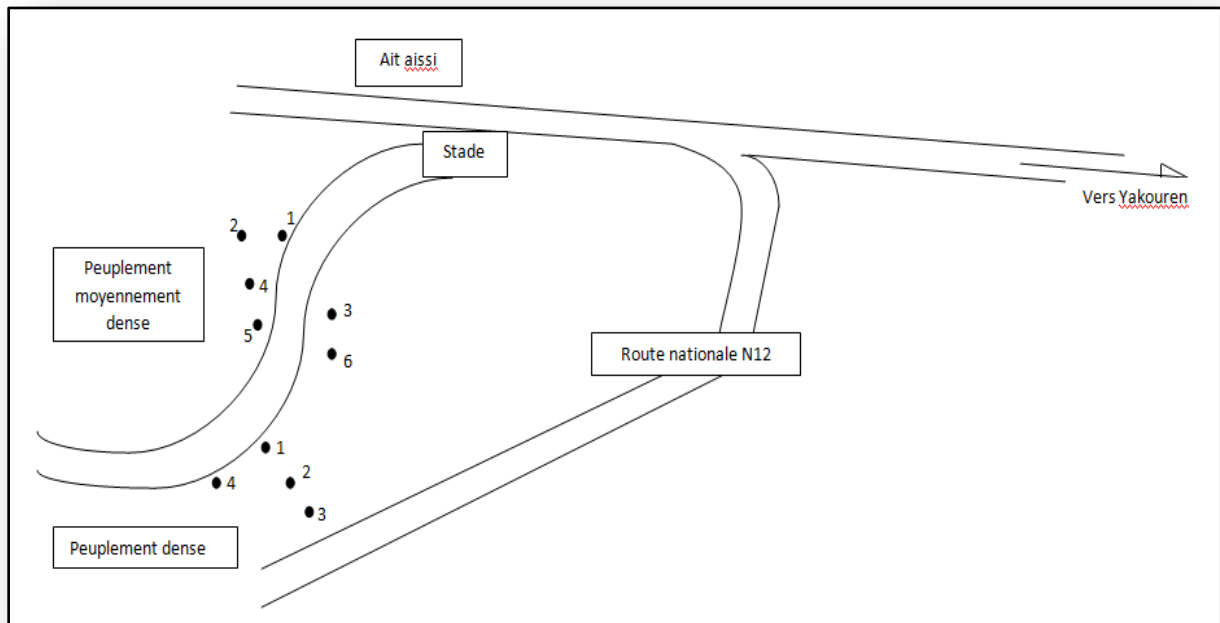


Figure 14 : Schéma des deux peuplements de l'échantillonnage effectué dans le canton Zraïb.

II.5. Dimension et rayon des placettes :

Le rayon est choisi en fonction de la densité du peuplement pour avoir le minimum d'arbres nécessaires dans une placette qui est de 12 selon Richter et Grosman (1959) in Pardé (1961). Guidé par ce principe nous avons choisi le rayon le plus grand fixé par le B.N.E.F dans les quatre peuplements quelque soit leurs densités, autrement dit un rayon de 15m pour une surface de placette de 706.5m^2 . Cette surface est suffisamment grande pour englober plus de 20 arbres dans les peuplements les moins denses que nous avons échantillonnés.



Figure 15 : Arbre de chêne zeen comme centre de placette.

A partir de cet arbre on mesure une distance de 15m et on repère les arbres qui rentrent dans ce rayon.

II.6. Progression et organisation du travail sur terrain :

II.6.1. Inventaire et prise de mesures dendrométriques:

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à deux variables dendrométriques :

- diamètre à 1m30 ;
- hauteur totale de l'arbre.

Tous les arbres des placettes échantillonnées ont été mesurés (diamètre et hauteur) au total nous avons mesuré 866 arbres, (tout peuplement confondu).

Le tableau 8 récapitule les données situationnelles des 4 stations étudiées.

Tableau 8 : Description des stations d'inventaire.

Station	Exposition	Densité (tige/ha)	Altitude (m)
St.1	Nord	382	726..50
St.2	Nord	297	749.27
St.3	Sud	636	679.07
St.4	Sud	442	673.76

II.7. Matériel utilisé :

Le matériel utilisé est mentionné dans le tableau suivant :

Tableau 9 : Matériels et utilisations.

Matériels	Utilisations
Bloum leiss	Hauteur des arbres
Clisimètre	La pente
Compas forestière	Diamètre des arbres
Boussole	L'exposition

III. Méthode de traitement des données :

III.1. Etude de la structure des peuplements :

Dans le contexte de ce travail, l'inventaire dendrométrique réalisé a pour objet supplémentaire la mise en évidence de la structure des formations étudiées.

Cette dernière est définie comme étant la manière avec laquelle sont agencées les variables dendrométriques d'un peuplement (STEWART et ROUSTIDE, 1974) et que nous considérons comme variables explicatives de la croissance, de la production et du développement global d'un peuplement. La structure du peuplement est représentée par la répartition du nombre de tiges en fonction des classes de diamètre qui obéit à certaines lois.

Dans un peuplement régulier, les tiges se repartissent suivant la loi de Gauss (Loi normale), alors que dans un peuplement irrégulier la distribution des tiges est représentée par une courbe exponentielle (PARDE et BOUCHON, 1988).

L'analyse de la stabilité des peuplements requiert une bonne description de leur structure, c'est-à-dire de la distribution des caractéristiques individuelles des tiges (généralement représentée sous forme d'histogrammes) et de leur répartition spatiale. Malgré l'implication importante de la structure, dont la hiérarchie sociale en dépend fortement, dans la construction de la plupart des modèles surtout ceux architecturaux (GOREAU, 2000), nous nous sommes limités, dans notre cas, aux caractéristiques dendrométriques classiques et à la densité.

De nombreuses distributions théoriques ont été utilisées pour caractériser la structure de peuplements forestiers (LEJEUNE, 1994).

Parmi les principales, il convient de citer les distributions normales, log-normale, gamma, beta et Weibull. DAGNELIE et RONDEUX (1971) considèrent que la distribution Log-normale donne des résultats satisfaisant. Dans ce travail, nous avons opté pour la distribution normale dont la mise en œuvre et les testes de représentativité sont simples (conformité des mesures au modèle théorique).

Au cours de l'inventaire, nous avons mesuré au total 866 tiges reparties aux quatre stations et regroupées en classes de diamètre de 5cm d'intervalle.

Les histogrammes de fréquence des classes sont donnés par le logiciel STATISTICA. L'avantage de ce dernier est qu'il permet au même temps un ajustement graphique avec la loi Normale et ce pour vérifier la nature de la distribution.

L'approximation des distributions établies par la loi Normale est une opération primordiale, elle permet la confirmation de la représentativité de l'échantillon par rapport à la population (DAGNELIE, 1973) ainsi que des tests statistiques qui seront utilisés tout au long du travail exigent que la population suit une loi Normale. Pour vérifier cette condition, nous avons utilise le test de KOLMOGOROV - SMIRNOV.

III.2. Traitement statistique :

III.2.1. Statistiques descriptives :

Cette partie concernera la description aussi exhaustive que possible, des mesures prises en compte sur terrain pour chaque station. Elle regroupe les nombreuses techniques utilisées pour décrire un ensemble relativement important de données. Ces techniques peuvent être classées en trois catégories : La tendance centrale, les paramètres de dispersion et les paramètres de forme. Les paramètres utilisés sont représentés dans le tableau 10.

Tableau 10: Paramètres et formules des statistiques descriptives calculés.

Catégories	Paramètres	Formule de calcul
Tendance centrale	Moyenne arithmétique	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
Paramètre de dispersion	Ecart type	$\sigma = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
	Variance	σ^2
	Coef. de variation	$CV\% = \frac{\sigma}{\bar{x}} * 100$
Paramètre de forme	Coef. d'aplatissement (kurtosis)	$\beta = \frac{(n+1)n}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^4}{\sigma^4} - \frac{(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$
	Coef. d'asymétrie	$\gamma = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right)^3$

III.2.2. Comparaison et appréciation des différences :

Pour comparer les moyennes des différentes séries de données, on a opté pour l'analyse de la variance à deux facteurs de classification afin de mettre en évidence les différences éventuelles qui pourrait exister entre les peuplements. Le tableau d'analyse de la variance issue de cette analyse permettra de vérifier s'il y a une différence significative de la croissance en hauteur en diamètre et en volume entre les stations étudiées.

III.3. Estimations des volumes des arbres sur pieds:**III.3.1. Estimation des volumes sur pieds :**

Afin d'estimer le volume des arbres de nos placettes d'inventaire, nous nous sommes référés à l'étude du BNEF (1990), pour la qualité et la fiabilité de leur méthodologie d'élaboration des tarifs de cubage et tables de production pour le chêne zeen de la région de la Kabylie.

a) Construction des tarifs de cubage :

L'utilisation d'un tarif de cubage à simple entrée (une entrée) pour cuber avec précision un peuplement ne peut se faire que si les stations écologiques en cause présentent une grande homogénéité (Palm, 1981) hors dans le cas de la forêt de Beni-Ghobri les peuplements se trouvent dans différentes stations écologiques très hétérogènes.

La récolte des données dendrométriques permettant la construction des tarifs de cubage de chêne zeen et chêne Afares, a été faite sur 330 arbres modèles abattus et répartis dans différentes classes de diamètres et de hauteurs. Les arbres ont été choisis aléatoirement dans tout le massif forestier des trois forêts (Akfadou, Beni-ghobri et Tamgout).

Au niveau de chaque arbre abattu ont été effectuées les mesures suivantes :

- la hauteur totale en mètre ;
- l'âge de l'arbre par comptage des cernes sur souche ;
- mesure en Cm de deux diamètres orthogonaux à 1,30m du sol.

Les arbres sont ensuite divisés en billons dont les dimensions doivent répondre aux exigences techniques de l'usage c'est-à-dire 2 mètre, et sur chaque billon on a effectué les mesures suivantes :

- deux mesures de diamètres orthogonaux au milieu de chaque billon (mesure sur écorce)
- une mesure de la longueur de chaque branche en Cm et une autre au milieu de la branche pour prendre son diamètre.

b) Calcul des volumes des tiges sur écorce :

Le volume des tiges (arbres) a été calculé par la méthode des billons successifs.

Le billon du sommet a été calculé par la formule du cône. Le volume d'un billon est obtenu par la formule :

$$V_n = G_m \times L \quad \text{où :}$$

G_m : surface terrière au milieu du billon

L : Longueur du billon.

Le volume de la tige est :

$$V = v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n.$$

c) Méthode suivie pour l'élaboration des tarifs de cubage :

La base théorique de ces tarifs est que les courbes des hauteurs pour tous les peuplements d'une même région, soient similaires par leurs formes et ne diffèrent que par la variation de leurs hauteurs (B.N.E.F, 1990).

Le premier travail à faire était de déterminer la plus basse et la plus haute courbe pour la classe de diamètre [25-30] prise comme référence (correspondant en diamètre moyen des peuplements).

Pour ce faire, les mesures ont été réalisées sur les 330 arbres modèles.

Pour le chêne zeen et le chêne afares, l'éventail pour le diamètre 30 s'étend entre 9m et 25m (hauteur minimale 9m et maximale 25m) (figure 16). En adoptant une ampleur de 1m le nombre de courbes s'élève à 17.

La courbe moyenne ajustée passe au 17^{ème} mètre pour la classe de diamètre prise comme référence ($D=30\text{cm}$) et à partir de cette courbe moyenne arithmétique qui a été ajustée à l'aide de la régression logarithmique, le B.N.E.F a pu obtenir les autres courbes traversant l'ordonné du diamètre 30 au niveau de chaque mètre.

La plus basse courbe est à 9m et la plus haute à 25m. Il est à noter que le but recherché en utilisant cette méthode dite à courbe constante est de faciliter l'entrée à chaque tarif de cubage. Les hauteurs constituent donc la première entrée aux tarifs et donc au numéro de tarif à utiliser. De ce fait, on a construit 17 tarifs de cubage correspondant chacun à une hauteur de l'arbre.

Ce sont des tarifs précis d'origine allemande. Une fois les hauteurs calculées pour toutes les courbes, elles sont présentées sous forme de tableau (tableau 11), et numéroté en chiffres romains de I à XVII à partir de la plus basse hauteur (Tableau 11 et 12). Il existe donc 17 tarifs à doubles entrées pour le chêne zeen et chêne afares dans la région de Kabylie.

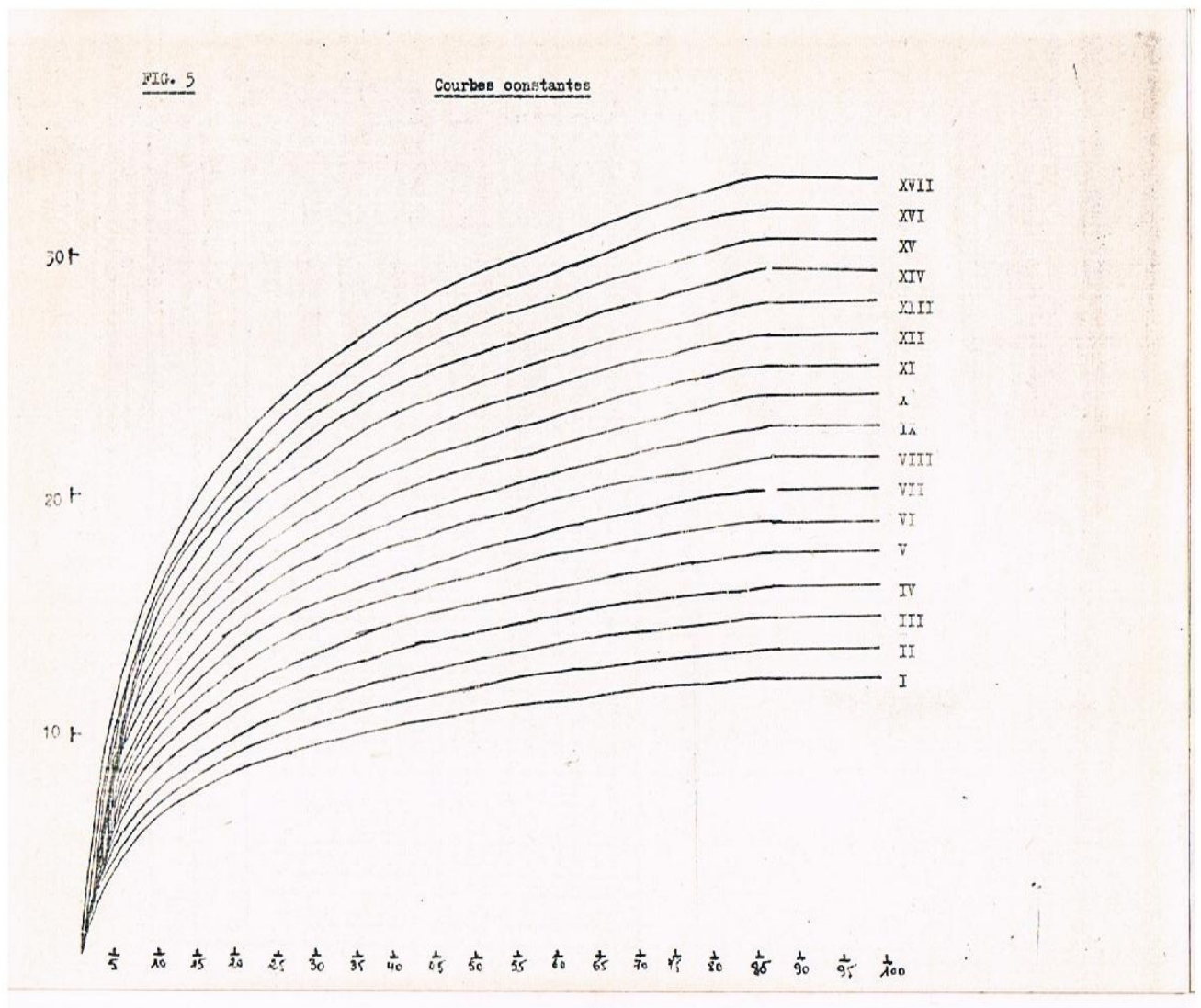


Figure 16: L'éventail des 17 tarifs (BNEF ,1990).

d) Méthode de calcul des volumes (utilisation des tarifs de cubage) :

Nous avons utilisé les tarifs de cubage élaborés par le B.N.E.F (1990) qui donnent le volume des arbres en fonction du diamètre à 1,30m du sol et de la hauteur totale.

Pour l'utilisation de ces tarifs, il est nécessaire de prendre des mesures de hauteurs au niveau de chaque classe de diamètre.

Pour déterminer le volume d'un arbre il faut procéder par étapes :

➤ **1^{ère} étape :**

1. Détermination du numéro de la courbe des hauteurs constantes :**1.1. Détermination du diamètre moyen :**

Pour pouvoir déterminer le numéro de la courbe des hauteurs constantes (1^{ère} entrée des tarifs) on doit d'abord déterminer le diamètre moyen du peuplement ou de la placette d'inventaire. Pour ce faire, on utilise la règle de WAIZE qui dit que le diamètre moyen du peuplement correspond à 40% du nombre d'arbres de forte catégorie.

En d'autres termes, on doit compter sur la fiche d'inventaire le nombre d'arbre correspondant à 40% du nombre total des arbres à partir du plus gros diamètre vers le sens décroissant jusqu'à totaliser 40% des tiges.

Exemple : soit un peuplement de 590 arbres, le groupe d'arbres correspondant à 40% est :

$$\frac{590 \times 40}{100} = 236 \text{ arbres}$$

Il faut donc compter et additionner les arbres à partir du bas de la fiche d'inventaire (les plus gros arbres) en remontant vers les moins gros jusqu'à totaliser 236 arbres (correspondant à 40% des tiges). Ensuite on lit le diamètre afférant au 236 arbres : c'est donc le diamètre moyen du peuplement.

1.2. Détermination de la hauteur moyenne :

Pour pouvoir déterminer la hauteur moyenne du peuplement et par conséquent le numéro de la courbe des hauteurs constantes, il faut prendre les hauteurs des deux classes voisines au diamètre moyen plus la hauteur du diamètre moyen.

Exemple : si le diamètre moyen déterminé est de 40cm, il faut prendre trois hauteurs dans les classes de diamètre 35-40 et 45cm.

Ainsi, connaissant la hauteur moyenne d'une classe, on peut déterminer le numéro de la courbe et par conséquent, le numéro du tarif à utiliser pour lire le volume.

Pour plus de précisions, on doit se servir du diamètre moyen du peuplement et des deux classes de diamètres voisines (là où il y'a la plus grande concentration d'arbres).

Pour déterminer le numéro de la courbe à utiliser, on calcul la moyenne arithmétique des trois hauteurs déterminées, ainsi la hauteur moyenne arithmétique calculée servira pour déterminer la courbe à utiliser.

❖ Quatre cas peuvent se présenter :

- 1) les trois classes de diamètre dans la même courbe des hauteurs.
- 2) deux classes de diamètre dans la même courbe et la troisième dans une courbe différente ; dans ce cas, la courbe qui domine est choisie.
- 3) les trois classes de diamètres donnent des courbes successives, la courbe choisit et la moyenne.
- 4) les trois classes de diamètre sont dans des courbes différentes ; dans ce cas, la courbe choisie doit être calculée mathématiquement comme moyenne pondérée.

Il faut noter que la hauteur calculée n'est pas forcément égale à celle de la courbe, mais il s'agit d'un rapprochement maximum.

Tableau 11 : Hauteur constante entrée des tarifs.

DIAM:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
HAUTEURS EN METRES																
5	4,3	4,7	5,2	5,7	6,1	6,6	7,1	7,5	8,0	8,5	9,0	9,4	9,9	10,4	10,8	11,3
10	6,1	6,8	7,4	8,1	9,3	9,5	10,1	10,8	11,5	12,2	12,8	13,5	14,2	14,9	15,5	16,2
15	7,2	8,0	8,8	9,6	10,4	11,1	11,9	12,7	13,5	14,3	15,1	15,9	16,7	17,5	18,3	19,1
20	7,9	8,8	9,7	10,5	11,4	12,3	13,2	14,1	14,9	15,8	16,7	17,6	18,5	19,3	20,2	21,1
25	8,5	9,5	10,4	11,4	12,3	13,3	14,2	15,2	16,1	17,1	18,0	19,0	19,9	20,9	21,8	22,8
30	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0
35	9,4	10,4	11,5	12,5	13,6	14,6	15,7	16,7	17,8	18,8	19,8	20,9	21,9	23,0	24,0	25,1
40	9,9	10,9	12,0	13,1	14,2	15,2	16,3	17,4	18,5	19,6	20,7	21,8	22,9	24,0	25,1	26,1
45	10,1	11,2	12,3	13,5	14,6	15,7	16,8	17,9	19,1	20,2	21,3	22,4	23,5	24,7	25,8	26,9
50	10,4	11,5	12,7	13,8	15,0	16,1	17,3	18,4	19,6	20,8	21,9	23,1	24,2	25,4	26,4	27,7
55	10,6	11,0	13,0	14,1	15,3	16,5	17,7	18,9	20,0	21,2	22,4	23,6	24,7	25,9	27,1	28,3
60	10,8	12,0	13,2	14,4	15,6	16,9	18,1	19,3	20,5	21,7	22,9	24,1	25,3	26,5	27,7	28,9
65	11,1	12,3	13,5	14,8	16,0	17,2	18,4	19,7	20,9	22,1	23,4	24,6	25,8	27,0	28,3	29,5
70	11,3	12,5	13,8	15,1	16,3	17,6	18,8	20,1	21,3	22,6	23,8	25,1	26,4	27,6	28,9	30,1
75	11,5	12,7	14,0	15,3	16,6	17,8	19,1	20,4	21,7	22,9	24,2	25,5	26,8	28,0	29,3	30,6
80	11,6	12,9	14,2	15,5	16,8	18,1	19,4	20,7	22,0	23,3	24,6	25,9	27,2	28,4	29,7	31,0
85	11,8	13,1	14,4	15,7	17,1	18,4	19,7	21,0	22,3	23,6	24,9	26,2	27,6	28,9	30,2	31,5
90	11,8	13,1	14,4	15,7	17,1	18,4	19,7	21,0	22,3	23,6	24,9	26,2	27,6	28,9	30,2	31,5
95	11,8	13,1	14,4	15,7	17,1	18,4	19,7	21,0	22,3	23,6	24,9	26,2	27,6	28,9	30,2	31,5
100	11,8	13,1	14,4	15,7	17,1	18,4	19,7	21,0	22,3	23,6	24,9	26,2	27,6	28,9	30,2	31,5
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

➤ 2^{ème} étape :

❖ Détermination du volume :

Une fois la courbe des hauteurs a été déterminée, celle-ci sera utilisée pour rentrée au tarif de cubage correspondant à la courbe des hauteurs définie. Ainsi, le volume unitaire est pris pour chaque classe de diamètre du peuplement ou de placette d'inventaire. Le volume des tiges par classe de diamètre est obtenu en multipliant le nombre de tiges par volume unitaire (tableau 12).

Tableau 12 : Tarif de cubage par série de volume.

DIAM:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
	VOLUME EN m ³															
5	0,0060	0,0064	0,0067	0,0071	0,0076	0,0079	0,0083	0,0087	0,0092	0,0095	0,0099	0,0104	0,0107	0,0111	0,0115	0,0120
10	0,0292	0,0315	0,0323	0,0361	0,0381	0,0404	0,0427	0,0450	0,0470	0,0493	0,0516	0,0540	0,0559	0,0583	0,0606	0,0629
15	0,074	0,080	0,085	0,092	0,098	0,104	0,110	0,116	0,122	0,128	0,134	0,140	0,146	0,152	0,158	0,164
20	0,145	0,153	0,165	0,177	0,189	0,201	0,212	0,224	0,236	0,243	0,260	0,270	0,282	0,294	0,306	0,317
25	0,236	0,254	0,275	0,294	0,315	0,333	0,354	0,373	0,394	0,412	0,433	0,452	0,473	0,492	0,512	0,531
30	0,354	0,404	0,444	0,474	0,504	0,534	0,564	0,594	0,624	0,654	0,684	0,714	0,744	0,774	0,804	
35	0,498	0,539	0,530	0,625	0,665	0,710	0,751	0,796	0,837	0,882	0,922	0,963	1,003	1,049	1,094	1,134
40	0,673	0,726	0,784	0,843	0,901	0,960	1,019	1,077	1,136	1,194	1,248	1,306	1,365	1,424	1,482	1,541
45	0,364	0,945	1,019	1,093	1,167	1,241	1,322	1,396	1,470	1,545	1,619	1,700	1,774	1,843	1,922	2,003
50	1,092	1,191	1,283	1,363	1,471	1,574	1,666	1,765	1,875	1,957	2,057	2,148	2,248	2,340	2,439	2,531
55	1,351	1,462	1,583	1,704	1,825	1,936	2,056	2,177	2,296	2,419	2,530	2,650	2,771	2,892	3,013	3,124
60	1,632	1,776	1,920	2,063	2,207	2,351	2,495	2,638	2,782	2,926	3,070	3,213	3,357	3,501	3,645	3,789
65	1,944	2,113	2,295	2,464	2,635	2,801	2,984	3,153	3,322	3,504	3,673	3,842	4,015	4,193	4,362	4,545
70	2,287	2,499	2,711	2,906	3,118	3,314	3,526	3,722	3,934	4,129	4,341	4,537	4,749	4,961	5,157	5,369
75	2,663	2,906	3,150	3,374	3,618	3,861	4,105	4,339	4,573	4,816	5,059	5,284	5,528	5,771	5,995	6,209
80	3,072	3,349	3,526	3,903	4,160	4,477	4,713	4,990	5,267	5,544	5,821	6,098	6,375	6,652	6,929	7,206
85	3,517	3,929	4,142	4,455	4,560	5,030	5,303	5,705	5,042	6,357	6,667	6,980	7,293	7,605	7,918	8,231
90	3,942	4,293	4,643	4,994	5,344	5,695	6,045	6,396	6,773	7,124	7,474	7,825	8,175	8,526	8,877	9,227
95	4,393	4,783	5,173	5,564	5,954	6,345	6,735	7,126	7,546	7,937	8,327	8,718	9,108	9,499	9,889	10,280
100	4,867	5,299	5,732	6,165	6,598	7,030	7,463	7,896	8,362	8,795	9,227	9,660	10,093	10,526	10,958	11,391

I. Analyse descriptive des paramètres dendrométriques :

Le tableau 13 montre que les diamètres moyens oscillent entre 32.85cm et 20.83cm pour les quatre peuplements confondus. Le diamètre moyen maximal est observé dans le peuplement moyennement dense sur versant nord (canton l'Ainseur) et le diamètre moyen minimal est observé dans le peuplement dense sur versant sud (canton Zraib). La différence de deux classes de diamètre entre les deux peuplements s'explique aisément par l'effet de la densité qui joue un rôle primordial dans l'accroissement en diamètre des arbres ajoutons à cela, l'effet de la fertilité stationnelle où l'on observe de faibles diamètre sur versant sud (sec et chaud).

Tableau 13: Analyse descriptive du diamètre, de la hauteur et du volume.

station	Paramètre dendrométrique	$\bar{x}$	σ	σ^2	c.v	kurtosis	Coefficient D'asymétrie
St.1	D	28.75	4.82	23.29	16.76	-0.76	-0.13
	H	17.91	2.10	4.44	11.72	1.77	-0.91
	V	2.51	0.83	0.69	33.06	-0.59	0.82
St.2	D	28.75	2.5	6.25	8.69	4	-2
	H	16.25	0.5	0.5	3.07	4	2
	V	2.39	0.64	0.83	26.77	1.41	-0.16
St.3	D	32.85	6.36	40.47	19.36	3	-1.58
	H	19	1.15	1.33	6.05	-0.15	0.90
	V	1.98	0.71	0.50	35.85	5.99	2.42
St.4	D	20.83	2.04	4.16	9.79	6	2.44
	H	15.5	1.04	1.1	6.70	-0.24	0
	V	1.65	0.58	0.33	35.15	0.53	1.20

$\bar{x}$: Moyenne arithmétique ;

st.1 : station El Aincer dense

σ :écart-type;

st.2 : station zraib dense

σ^2 : variance ;

st.3 : station El Aincer moyennement dense

C.V: coefficient de variation ;

st4 : station zraib moyennement dense

D : diamètre (cm)

H : hauteur(m)

V : volume (m³).

Quant aux hauteurs, le Tableau 13 montre une large différence entre les hauteurs moyennes où l'on observe les plus grandes dans les peuplements sur versant Nord, cela est du probablement à l'humidité stationnelle.

Si les diamètres les plus forts et les hauteurs les plus hautes se trouvent dans les peuplements exposés au nord, cela va sans dire que les volumes moyens les plus importants par placette d'échantillonnage s'observent dans les mêmes peuplements.

Dans toutes les stations et pour tous les paramètres dendrométriques étudiés, les valeurs du coefficient de variation observées sont assez faibles, Elles varient entre 8.69% et 19.36% pour les diamètres et entre 3.07% et 11.72% pour les hauteurs cela traduit une variabilité insignifiante des mesures toutes stations confondues, ce qui atteste la qualité de l'échantillonnage choisi et entrepris sur le terrain.

L'observation du coefficient d'aplatissement (kurtosis) et du coefficient d'asymétrie montre une certaine hétérogénéité des distributions des hauteurs.

Les valeurs du coefficient d'aplatissement (kurtosis) observées pour les diamètres des peuplements denses et moyennement denses sur versant sud sont supérieures à 3 ce qui traduit des distributions en forme de pique dépassant la distribution normale.

Quant aux hauteurs les valeurs du coefficient d'aplatissement (kurtosis) observées sont inférieures à 3 pour tous les peuplements étudiés sauf pour le peuplement dense du canton Zraib où l'on trouve un coefficient d'aplatissement de 4, ceci explique que les distributions des hauteurs sont platikurtiques (trop plates comparée à la distribution normale).

L'observation du coefficient d'asymétrie pour les distributions des diamètres (tableau13) montre une légère déviation de tous les peuplements comparés à la distribution normale. Ce qui se traduit par une dominance des faibles diamètres exception faite pour le peuplement moyennement dense du canton Zraib qui fait ressortir une dominance des forts diamètres.

En ce qui concerne les hauteurs, nous pouvons dire que les valeurs du coefficient d'asymétrie sont légèrement décalées vers la droite de la distribution normale pour les peuplements denses des cantons El Ainseur et de Zraib ainsi que celui moyennement dense d'El Ainseur excepté les hauteurs du peuplement moyennement dense de Zraib qui ne présentent aucune asymétrie et donc qui suit parfaitement la loi normale.

II. Normalité et structure des peuplements :

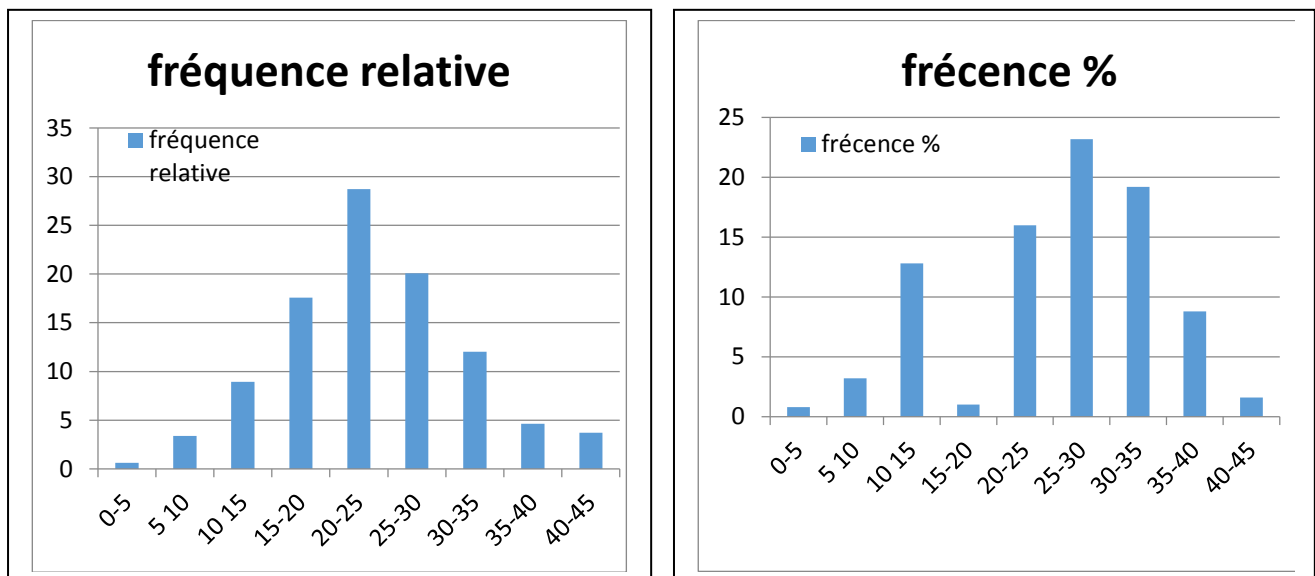
L'application de l'ajustement à la loi normale avec l'intervalle de confiance (IC : 95%) sert à rechercher la qualité de l'approximation de la distribution de la variable par cette loi et de savoir si nos placettes d'échantillonnage proviennent d'une population qui suit une loi normale. Il est important aussi de pouvoir apprécier si la distribution théorique que l'on utilise donne une bonne représentation de la distribution des tiges des peuplements étudiés.

Pour ce faire, nous avons utilisé le test de Kolmogorov –Smirnov, qui compare la fonction de répartition empirique des données échantillons à la distribution qui pourrait être attendue si les données suivent une loi normale (Dagnelie, 1973). Si cette différence est suffisamment importante le test rejette l'hypothèse nulle (H_0) de la normalité de la population. Si la valeur de "P" de ce test est inférieure au niveau de signification ($\alpha = 0.05$), on rejette l'hypothèse nulle (H_0) et conclure que la population ne suit pas une loi normale.

Les résultats représentés dans le tableau 14 montrent que les distributions des individus de chêne Zeen par classe de diamètre des quatre peuplements étudiés ne suivent pas une loi normale étant donnée que la P-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha = 0.05$ donc on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 de normalité des distributions des diamètres des individus des placettes d'échantillonnage qui ne présentent pas une structure équiennne, ce qui pourrait être expliquer par l'absence des travaux sylvicoles dans nos peuplements notons aussi que la majorité des interventions sont anarchiques, ou par des coupes majoritairement illicites.

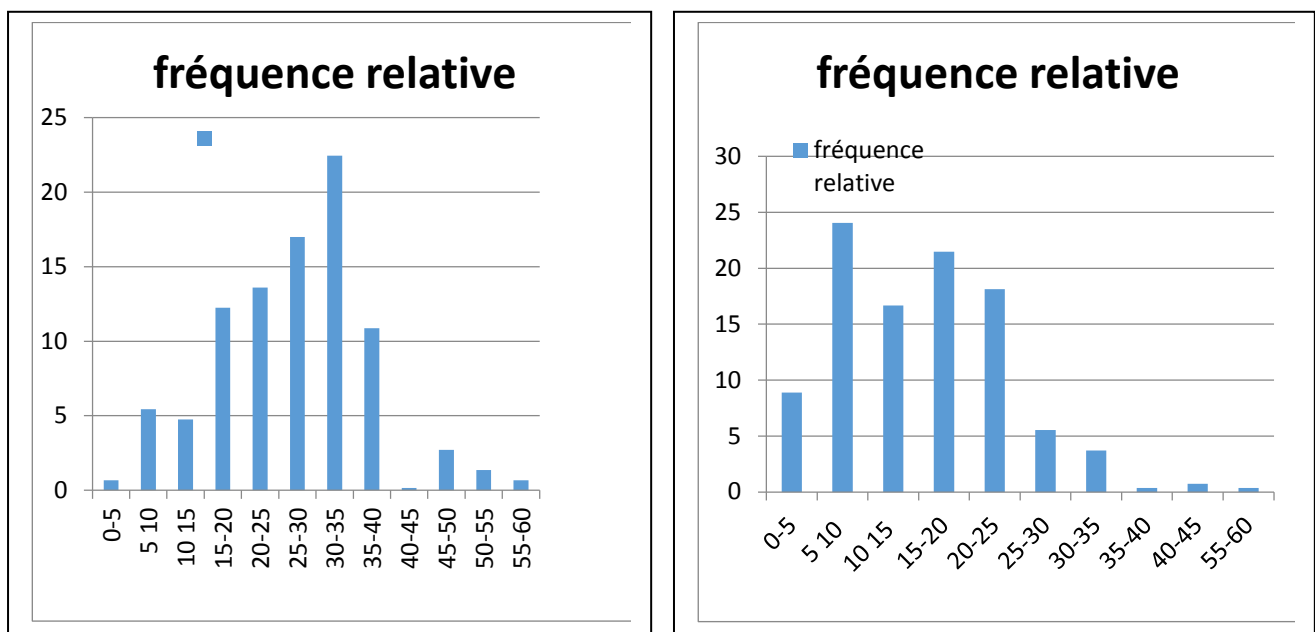
Tableau 14: Test de Kolmogorov-Smirnov.

Peuplements	K-S observé	Niveau de signification	P-value
Station 1	0.159	0.05	< 0.0001
Station 2	0.160	0.05	0.003
Station 3	0.122	0.05	0.025
Station 4	0.148	0.05	< 0.0001



Station 1: Peuplement dense El Aincer.

Station 2: Peuplement dense zraib.



Station 3: Peuplement moy. dense El Aincer

Station 4: Peuplement moy. dense zraib.

Figure 17 : Distribution par classes de diamètre des individus des stations

III. Analyse de la variabilité des hauteurs, des diamètres et des volumes entre les peuplements :

Afin d'estimer l'hétérogénéité des trois paramètres dendrométriques cités en titre entre les quatre (04) peuplements étudiés nous avons réalisé une analyse de variance pour chaque paramètre a part à deux facteurs de classification, à savoir l'effet versant qui se décompose en deux niveaux : versant nord et versant sud et l'effet densité des peuplements qui se décompose aussi en deux niveaux : peuplement dense, peuplement moyennement dense. Ceci pour vérifier l'hypothèse d'égalité des hauteurs, des diamètres et des volumes au niveau de signification $\alpha = 0,05$.

1. Analyse de variance de la hauteur des arbres :

L'observation et l'analyse du tableau 15 montrent que la variabilité des hauteurs n'est expliquée que par le facteur versant avec un degré de variance très hautement significatif contrairement à la densité des peuplements et à l'interaction des deux facteurs qui ne montrent aucune différence significative entre les hauteurs des arbres des quatre peuplements.

Tableau 15 : Tests univariés de significativité pour haut (feuille de données 1)

Paramétrisation sigma-restreinte, Décomposition efficace de l'hypothèse.

Source de variation	sc	Degr.de liberté	MC	F	P
Ord.origine	7334.617	1	7334.617	2902.883	0.000000
Densité	0.173	1	0.173	0.068	0.795815
vers	41.525	1	41.525	16.435	0.000431
Densité vers	5.228	1	5.228	2.069	0.162694
erreur	63.167	25	2.527		

Ceci ne peut être expliquer que par le facteur espacement des arbres qui influe sur la densité et qui varie entre 297 et 382 tige/ha au canton El Ainseur, 442 à 636 tige/ha au canton Zraib respectivement pour les deux peuplements moyennement dense et peuplement dense. La croissance en hauteurs est directement liée à la concurrence en lumière des arbres mais il se trouve que dans notre cas, la densité des peuplements du versant sud est plus importante que celle du versant nord mais en contre partie, le versant sud est plus ensoleillé que le versant nord; nous avons là un phénomène de compensation de facteur si la forte densité des peuplements sur versant sud se trouve compensée par la forte intensité de lumière sur ce dernier et la faible intensité de lumière sur versant nord pousse les arbres à évoluer en hauteur

malgré la faible densité des peuplements. Cependant si l'on observe une grande différence des hauteurs entre les deux versants (versant nord et versant sud). Cela ne pourrait être expliqué que par le degré d'humidité des versants nord qui est plus humide que le versant sud ce qui se traduit par une différence de fertilité stationnelle.

2. Analyse de variance du diamètre des arbres :

Les résultats de l'analyse de la variance des diamètres à deux facteurs de classification montrent, comme pour la hauteur, une différence très hautement significatives des diamètres des arbres entre les deux versants étudiés. Les diamètres des arbres des deux peuplements situés sur le versant nord (canton El Ainseur) sont plus gros que ceux situés sur le versant sud (canton zraib), par contre nous ne relevons aucune différence significative des diamètres entre les peuplements des différents versants pour le facteur densité, ceci pourrait s'expliquer par la différence d'humidité stationnelle entre les deux versants mais aussi, il faut dire que les peuplements du versants sud semblent être plus jeunes que les peuplements du versant nord, donc l'âge moyen des peuplements nous ne l'avons pas pu l'estimer faute de moyens.

Nous remarquons aussi qu'à travers le tableau 16, les facteurs versant et densité pris à deux, interagissent mutuellement pour exprimer une différence très hautement significative des diamètres entre les peuplements échantillonnées.

Tableau 16 : Tests univariés de significativité pour Diam (feuille de données1) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse.

Source de variation	sc	Degr.de liberté	MC	F	P
Ord.origine	19231.83	1	19231.83	892.5271	0.000000
Densité	22.57	1	22.57	1.0477	0.315846
vers	224.89	1	224.89	10.4369	0.003447
Densité vers	224.89	1	224.89	10.4369	0.003447
erreur	538.69	25	21.55		

L'analyse de la plus petite différence significative des moyennes par le test de NEWMAN et KEULS montre tableau 17 que la différence des diamètres n'est expliquée que par le peuplement moyennement dense situé sur le versant sud (canton zraib) qui affiche une plus grande moyenne des diamètres (20,83 cm) lequel peuplement se détache tout seul comme groupe homogène. Le deuxième groupe homogène rassemble les trois peuplements restants où l'analyse ne relève aucune différence significative des diamètres.

Tableau 17: Test de Newman-keuls ; variable diam (feuille de données1) Groupes homogènes, alpha=05000 Erreur: MCinter =21.548 dl =25.00

Source de variation	densité	vers	Diam moyenne	1	2
4	MD	S	20.83333		*****
2	D	S	28.75000	****	
1	D	N	28.7500	****	
3	MD	N	32.85714	****	

3. Analyse de variance du volume des arbres :

Les résultats de l'analyse de la variance des volumes des arbres (tableau 18) révèlent une différence significative du volume entre les deux densités des peuplements (dense et moyennement dense) mais le facteur versant n'explique aucune variance des volumes des arbres. Autrement dit, contrairement aux autres paramètres dendrométriques, le facteur versant avec les deux niveaux étudiés ne fait ressortir aucune différence significative des volumes des arbres. Ceci dit, si l'on compare entre les deux facteurs étudiés (densité et versant), nous pouvons dire que le volume des arbres de chêne Zeen dans notre zone d'étude varie uniquement avec la densité des peuplements. Ce qui rejoint les travaux de plusieurs auteurs, plus un peuplement est ouvert (moins dense) plus les arbres qui le constituent grossissent et prennent du volume d'où l'avantage des éclaircies des peuplements forestiers.

Tableau 18 : Tests univariés de significativité pour volume (feuille de données1)
Paramétrisation sigma-restreinte. Décomposition efficace de l'hypothèse.

Source de variation	sc	Degr.de liberté	MC	F	P
Ord.origine	113.8892	1	113.8892	210.0591	0.000000
Densité	2.5028	1	2.5028	4.6163	0.041547
vers	0.3079	1	0.3079	0.5678	0.458154
Densité vers	0.0685	1	0.0685	0.1264	0.725194
erreur	13.5544	25	0.5422		

IV. Analyse en composantes principales (A.C.P) :

Nous avons utilisé l'analyse en composantes principales (A.C.P) pour mettre en exergue les relations qui existent entre nos variables dendrométriques et les variables écologiques et stationnelles introduites dans cette étude (variables explicatives) et éventuellement identifier des ressemblances entre nos stations choisies. Ainsi la matrice de

nos données est composée de paramètres écologiques stationnels de terrain (exposition ; altitude ; densité) et de paramètres dendrométriques (hauteur, diamètre et volume).

L'examen des valeurs propres (tableau 19 et figure 18) issues de l'A.C.P montre un pourcentage de l'information expliquée par les deux premiers axes factoriels de 77.04% dont 59.28% de l'information est expliquée seulement par le premier axe. Le deuxième axe factoriel ne rajoute que 17.76% de l'information.

Tableau 19 : Valeurs propres et pourcentage de l'information expliquée par les axes.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Valeur propre %	4.15	1.24	0.93	0.38	0.16	0.12	0.01
Variance%	59.28	17.76	13.28	5.46	2.34	1.75	0.13
Cumulé	59.28	77.04	90.31	95.78	98.12	99.87	100.00

Les axes 3 et 4 n'apportent guère d'explication supplémentaire, leur interprétation sera volontairement négligée ici car la perte de l'information est insignifiante.

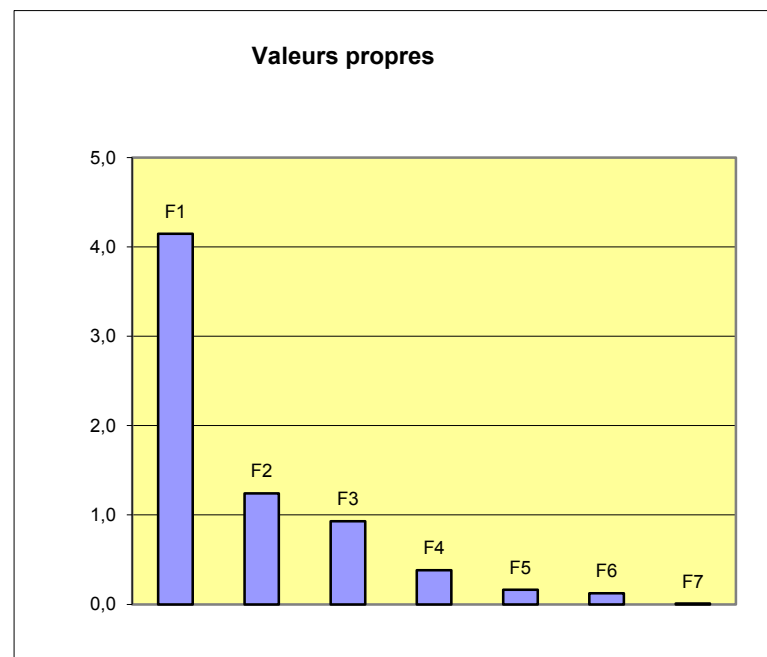


Figure 18 : Graphe de l'information expliquée par les axes.

1. Signification des axes :

En dépit de la réserve sur la signification de la position des axes dans le sous espace propre, l'axe I suggère un sens à la structure du nuage de points dans le plan factoriel I*II, admettant que (BENZECRI ; 1973), « En analyse multidimensionnelle, la complexité des informations traitées et des réponses obtenues est telle qu'un résultat issu de fluctuations aléatoires a très peu de chances d'être interprétable, par conséquent on peut légitimement admettre que tout ce qui est interprétable est valide ».

➤ Premier axe (axe I) :(variables individus=placettes d'échantillonnages) :

Pour rendre facile l'interprétation de l'axe, nous avons rassemblé toutes les variables significatives (figure 19) dans le tableau 20 avec leurs $\cos^2$, leurs coordonnées et leurs contributions.

Tableau 20: Les individus choisis sur les axes du plan factoriel (I et II).

Axes		Individus	$\cos^2$
Axe I	+	1	0.72
		2	0.56
		5	0.54
		8	0.75
		10	0.86
		11	0.78
		12	0.84
		18	0.58
	-	24	0.91
		25	0.96
		26	0.97
		27	0.56
		28	0.94
		29	0.91
Axe II	-	3	0.81
		4	0.85
		6	0.78
		7	0.83

- Les individus: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 et 12 de peuplement dense El Ainseur.
- L'individu: 18 de peuplement moyennement dense El Ainseur.
- Les individus : 24, 25, 26, 27, 28 et 29 de peuplement moyennement dense Zraib.

La projection des variables individus (figure 19) sur le cercle des corrélations montre une nette individualisation et opposition entre les placettes d'inventaires du peuplement dense du canton El Ainseur versant nord situées sur la partie négative de l'axe I et celle du peuplement dense du canton Zraib sur versant sud. Ce qui semble montrer que les variables dendrométriques (hauteur diamètre et volume) sont expliquées par le facteur exposition (versant). Nous distinguons nettement que les placettes d'inventaires situées sur versant nord se rassemblent toutes et opposent celles situées sur versant sud. Nous pouvons conclure que l'axe I dans ce cas fait apparaître l'effet du facteur versant qui semble être le facteur écologique qui l'emporte sur les autres facteurs.

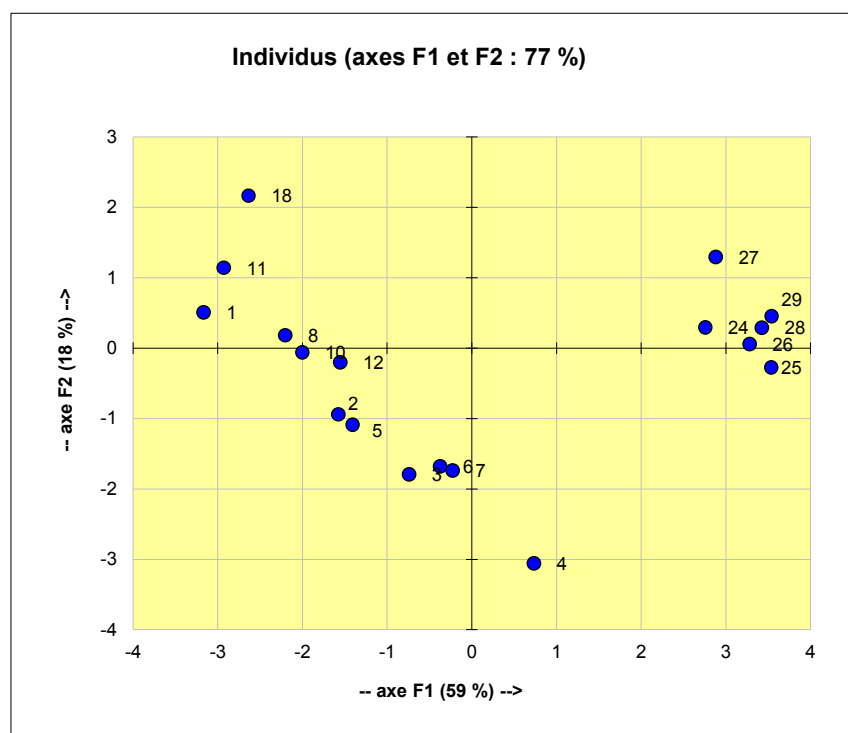


Figure 19 : Plan factoriel Individus (Axe I*Axe II).

➤ Variables écologiques et dendrométriques (plan factoriel axe I * axe II).

La projection des variables dendrométriques et écologiques sur le plan factoriel I * II fait ressortir deux groupes de variables qui s'opposent uniquement sur les deux parties de l'axe I. Ici nous remarquons que toute l'information n'est expliquée que par l'axe I, l'axe II n'ajoute aucune information. Rappelons qu'en analyse multidimensionnelle, l'axe I est l'axe qui explique la grande partie de l'information d'où la qualité et la significativité importantes des corrélations correspondantes à cet axe. Sur la partie négative de l'axe I, s'individualise un

groupe de variables dendrométriques (diamètre, hauteur et volume) opposant négativement un deuxième groupe de variables, cette fois ci, écologiques (densité et exposition).

La corrélation entre le diamètre, la hauteur et le volume est très évidente puisque l'un explique l'autre mais leur opposition sur l'axe I avec les variables écologiques suggère une explication rationnelle qui montre tout simplement que les variables dendrométriques sont expliquées et dépendent de la densité des peuplements et surtout de l'exposition des versants.

Ceci confirme les résultats de l'analyse de variance où le facteur versant (exposition) serait le facteur le plus prépondérant dans l'explication de la variabilité des paramètres dendrométriques. Nos résultats corroborent avec ceux de Rabhi ; (2011) où il affirme que les relations positives entre la densité et les variables de grosseur de l'arbre expliquent la logique de l'influence de la densité sur la croissance en hauteur et en diamètre du chêne Zeen.

Il ressort au final, que l'axe I interprète l'effet de l'exposition et de la densité sur la fertilité des stations qui se traduit sur le volume des arbres de chêne Zeen.

Tableau 21 : Variables écologiques et dendrométriques.

Axes	Variables		Cos ²
Axe I	-	Diamètre	0.62
		Hauteur	0.67
		Volume	0.31
		Altitude	0.75
	+	Densité	0.62
		Exposition	0.76

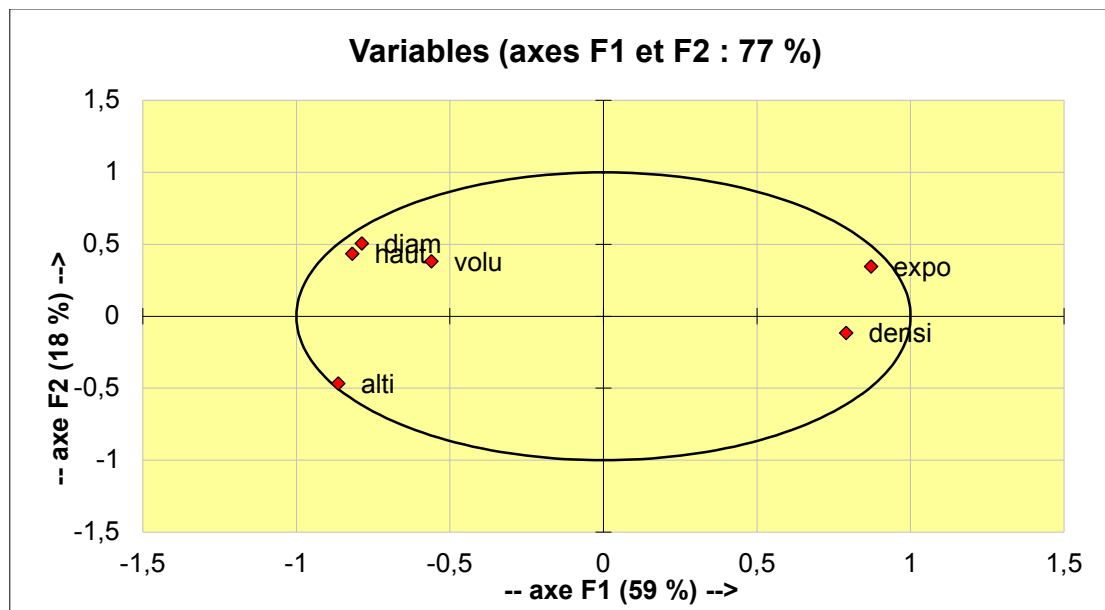


Figure 20 : projection des variables sur le plan factoriel (Axe I*Axe II).

➤ Matrice de corrélation des variables :

Une analyse des coefficients de corrélation a été réalisée afin de dégager les degrés de liaison entre les variables explicatives et expliquées tableau 22.

Il ressort de la matrice de corrélation que le diamètre se corrèle positivement avec la hauteur et le volume, l'un explique l'autre avec des coefficients de corrélation respectif de + 0,79 et + 0,55 mais se corrèle négativement avec la densité des peuplements et l'exposition (- 0,71 et -0,50) ce qui voudrait dire que plus la densité des peuplements sont importante moins le diamètre est grand.

Globalement, la matrice de corrélation fait apparaître des liaisons significatives entre les variables expliquées (variables dendrométriques) et les variables explicatives étudiées (exposition, la densité et l'altitude).

Tableau 22 : Matrice de corrélation " variable"

	diamètre	hauteur	volume	densité	exposition	altitude
diamètre	1	0.79	0.55	-0.71	-0.50	0.43
hauteur	0.79	1	0.55	-0.66	-0.61	0.53
Volume	0.55	0.55	1	-0.19	-0.23	0.31
Densité	-0.71	-0.66	-0.19	1	0.65	-0.58
Exposition	-0.50	-0.61	-0.23	0.65	1	-0.96
altitude	0.43	0.53	0.31	-0.58	-0.96	1

En gras : valeurs significatives (hors diagonale) au seuil $\alpha=0.05$ (test bilatéral).

Notre étude sur la variabilité des paramètres dendrométriques du chêne Zeen menée dans les deux cantons : El Ainseur et Zraib de la forêt de Beni Ghobri en relation avec la densité des peuplements et de leurs expositions, s'est basée sur un échantillonnage systématique par placettes dans les quatre peuplements étudiés avec 29 placettes au total de 15 m de rayon soit 707,5m² de surface, touchant 866 arbres mesurées dans les deux cantons cités ci-dessus dans le versant Nord et Sud.

Au terme de ce travail, il ressort de l'analyse descriptive que les diamètres moyens des arbres varient beaucoup entre les quatre peuplements touché par l'étude où le diamètre moyen maximal s'observe au niveau du peuplement moyennement dense du canton d'El Ainseur avec une valeur de 32,85 cm. Le plus faible diamètre par contre se rencontre dans le peuplement dense du canton Zraib (versant Sud).

Il semblerait que l'effet de la densité joue un certain rôle dans ces différences de diamètre.

En ce qui concerne les hauteurs moyennes des arbres de chêne Zeen, il apparaît clairement que les plus grandes hauteurs s'observent dans les peuplements exposés au Nord. Autrement dit le canton El Ainseur, où l'humidité stationnelle expliquerait cette variabilité des hauteurs. Il va sans dire que les volumes des arbres sont beaucoup plus important dans les peuplements du canton El Ainseur sur versant Nord.

Tous les peuplements échantillonnés ne suivent pas une distribution normale concernant le paramètre diamètre. Nous avons constaté une dominance des faibles diamètres. Ceci s'expliquerait par le manque de travaux sylvicoles et la présence de coupes anarchiques et/ou illicites du gros bois.

L'analyse de variance ne montre aucune différence significative des hauteurs pour le facteur densité (recouvrement) alors que le facteur exposition (versant) semble agir d'une façon significative sur la variabilité des hauteurs des arbres de chêne Zeen. Ce dernier facteur montre aussi un impact très hautement significatif sur la variabilité des diamètres. Les diamètres des arbres situés sur le versant Nord seraient beaucoup plus gros que ceux situés sur le versant Sud.

Paradoxalement, le volume ne montre aucune différence significative entre les différents versants mais plutôt c'est le facteur densité qui explique une différence significative des volumes.

L'analyse des correspondances principales (A.C.P.) vient appuyer les résultats des analyses de variance où l'Axe I prend presque la totalité de l'information expliquée (59,28%). Nous relevons une forte opposition entre les variables dendrométriques étudiées sur l'Axe I et les variables écologiques explicatives (exposition et densité). Il ressort au final que l'Axe I interprète l'effet de l'exposition et de la densité des peuplements sur la variabilité des paramètres dendrométriques étudiés à savoir : le diamètre, la hauteur et le volume des arbres.

Toutefois, nous ne serons terminer ce travail qui n'est qu'une amorce aux prochaines études plus approfondies sur ce sujet sans suggérer d'augmenter le nombre d'unité d'échantillonnage dans cette forêt tout en veillant à choisir un échantillonnage stratifié qui tiendra compte de l'effet densité des peuplements par l'établissement de modèles de production adéquats.

ALCARAZ C., 1989 – Contribution a l'étude des groupements à *Quercus ilex* et *Quercus faginea* subsp. *Tlemcenensis*, des monts de Tlemcen (Algérie). *Ecol. Médit.* Tome XV, Fasc. 3/4, pp. 15-32.

B.N.E.F., 1989. Etude d'aménagement de la forêt de Beni –Ghobri d'après le bureau national d'étude forestière d'Akfadou (10 000 ha), Wilaya de Tizi-Ouzou et Béjaia, PasII, étude du milieu, 175p.

BNEF., 1988-étude d'aménagement de la forêt domaniale de l'akfadou est et ouest- phase III : étude du milieu.175p.

BNEF ; 1988-étude d'aménagement de la forêt domaniale de l'akfadou est et ouest- méthodologie d'inventaire. 38p

BNEF ; 1988 utilisation pratique des tarifs de cubage et tables de production pour le chêne zeen et chêne afarés de la région de la Kabylie.20

Bagnaul F et Gaussen II., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. Bull soc.

Bonin G ; Aubert G ; Barbeto. M., 1983. Mise en évidence de la dynamique de quelques écosystèmes forestiers et préforestiers provençaux aux étages méditerranéens à l'aide des taxons indicateurs. *Végétation*, 54, 79,-86.

Boudy P., 1952. Guide du forestier dans l'Afrique du nord. Maison rustique de Paris, 505p

DAGNILIE P., 1973- Théories et méthodes statistiques. Application agronomiques. Presses agronomiques de Gembloux, Belgique, vol.1, 2ème édition, 377p.

DAGNELIE P., RONDEUX J., 1971- La répartition des arbres en catégories de grosseur : déciles de Jedlinski et distributions Log- normales, *Ann.Sci.forest.*28(3), pp.289-296.

Duplat P., 1978. Inventaire et estimation de l'accroissement des peuplements forestiers. Ed. Office national des forêts, Paris, 462 p

DUPLAT P., PEROTTE G., 1981- inventaire et estimation de l'accroissement des peuplements forestiers.ONF (section technique), Paris, 432p.

DURAND J.H., 1950- sur quelques sols de la forêt de l'Akfadou et des l'accroissement des peuplements forestiers. ONF (section technique), Paris, 432p.

GELARD J.P., 1978 – Carte géologique du nord-est de la Grande Kabylie, schéma structural, échelle 1/2 .10⁵. Travaux du laboratoire associé au C.N.R.S.N⁰ 157.

GOREAUD, 2000- Apports de l'analyse de la structure spatiale en forêt tempérée a l'étude et la modélisation des peuplements complexes. These doct, sciences forestiere. INGREF, Nancy, 525p. annexes.

KAOUANE, 1987 – Analyse dendrométrique d'un peuplement de chêne zeen dans la forêt de Guerrouch (Jijel). Mém. Ing. INA, E Harrach, Alger, 78p.

LARIBI M., 2000- Contribution a l'étude phytosociologique des formations caducifoliées a *Quercus canariensis* Willd et *Quercus afares* Pomel du massif forestier d'Ath Ghobri et d'Akfadou (Kabylie). Mém. Mag. Univ. Mouloud Mammeri, Tizi ouzou 140p.

LEJEUNE P., 1994- Contribution d'un modèle de répartition des arbres par classe de grosseur pour les plantations d'épicéa commun (*Picea abies* L Karst) en Ardenne belge. *Ann. Sci. Forest.* 51(1), pp.53-65.

Maire P., 1926- Notice de la carte phytogéographique de l'Algerie et de la Tunisie. ED, G.G.A, service carte Alger, 48p.

MARTINEZ ACHHAL A., AKABLI O., BENABID A., M'HIRIT A., PEYRE C., QUEZEL P., RIVAS - S., 1980 – A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières au Maroc. *Ecol. Médit. Fasc.* N⁰ 5, pp.211-249.

MEDDOUR R., 1993-Analyse phytosociologique de la chênaie caducifoliée mixte de Tala Kitane (Akfadou, Algérie). *Ecol. Médit.* Tome XIX Fasc. 3/4, pp. 43-51.

MESSAOUDENE M., 1989 –dendroécologie et productivité de *Quercus afares* POMEL et *Quercus canariensis* WILLD. Dans les massifs forestiers de l'Akfadou et de Beni Ghobri en Algerie. Th. Doct. ès sciences, univ. Aix- Marseille III. Fac. St Jérôme, Marseille, 123p.

Pardé G et Bouchon J., 1988. Dendrométrie. Engref, Nancy, 328p.

Pardé. J, 1961 : Dendrométrie ENEF Nancy. 350 p

Quezel P et Bonin G., 1980. Les forêts du pourtour Méditerranéen : constitution, écologie, situation actuelle et perspective.

Quezel P., 1956. Contribution a l'étude des forêts de chênes à feuilles caduques. Mem. Nat de l'Afrique du Nord, nouvelle série, n° 1. Alger, 57p.

Quezel P., 1976. Les forêts du pourtour Méditerranéen UNESCO, programme homme – biosphère MAB.1-35p.

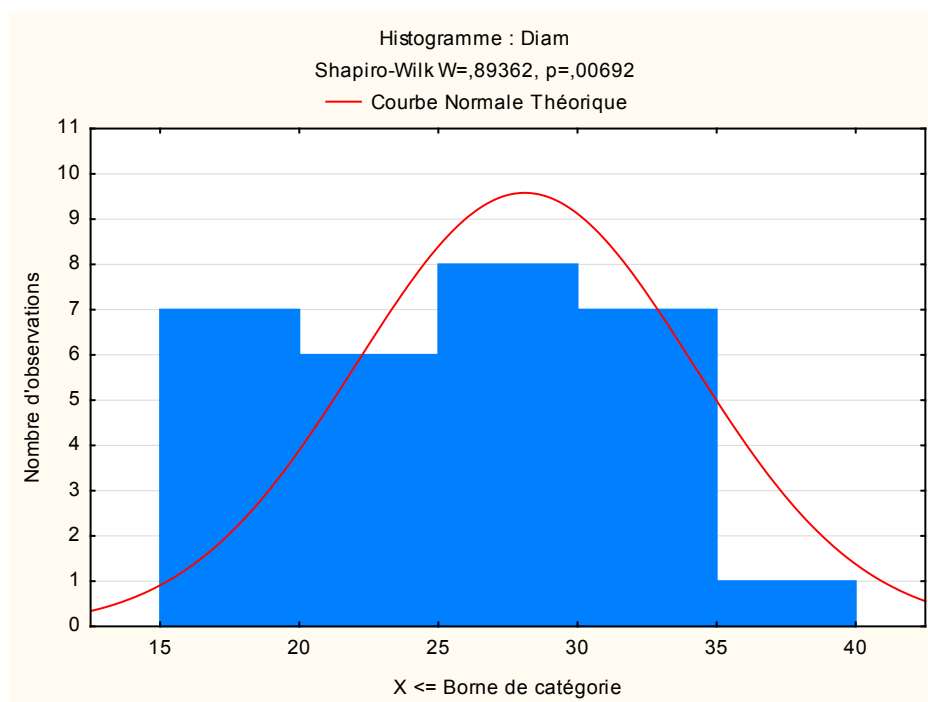
Seigue A., 1985. La forêt circum – Méditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maison neuve et Larose, 502p.

Signification écologique dans le contexte circum- Méditerranéen. For, Me, T1, 1,7-12p.

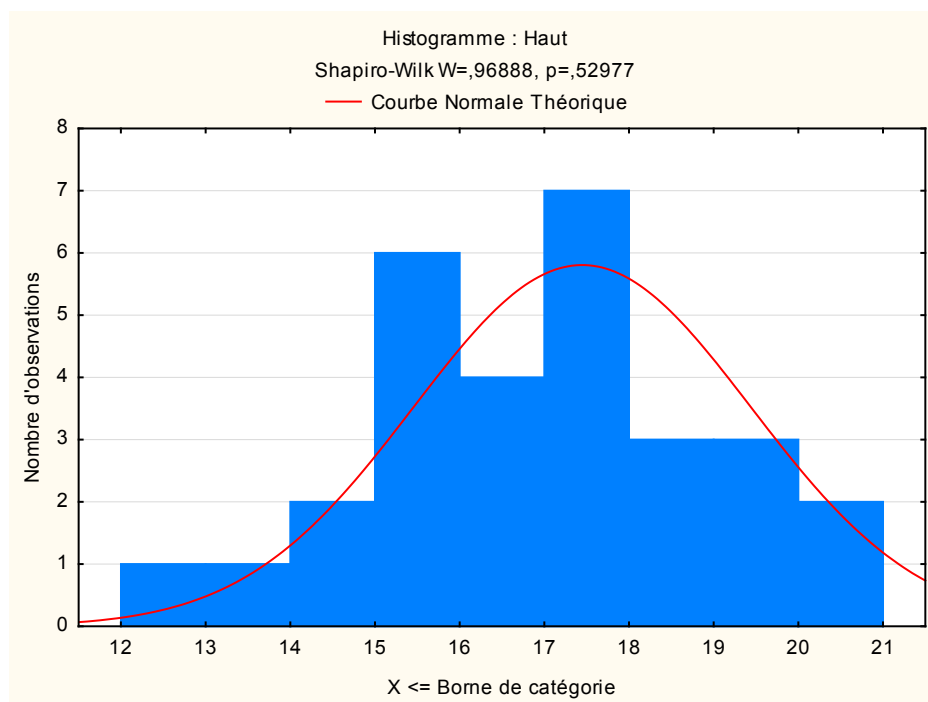
RABHI kh., 2011- Ajustement de modèle hauteur- circonférence- âge pour le chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd) dans la forêt d'Akfadou (Tizi ousou) ; effet de la densité et de la station. Mém. Univ. Mouloud Mammeri, Tizi ousou, 82p.

RONDEUX J., 1993- la mesure des arbres et des peuplements forestiers. Ed. Presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 521p.

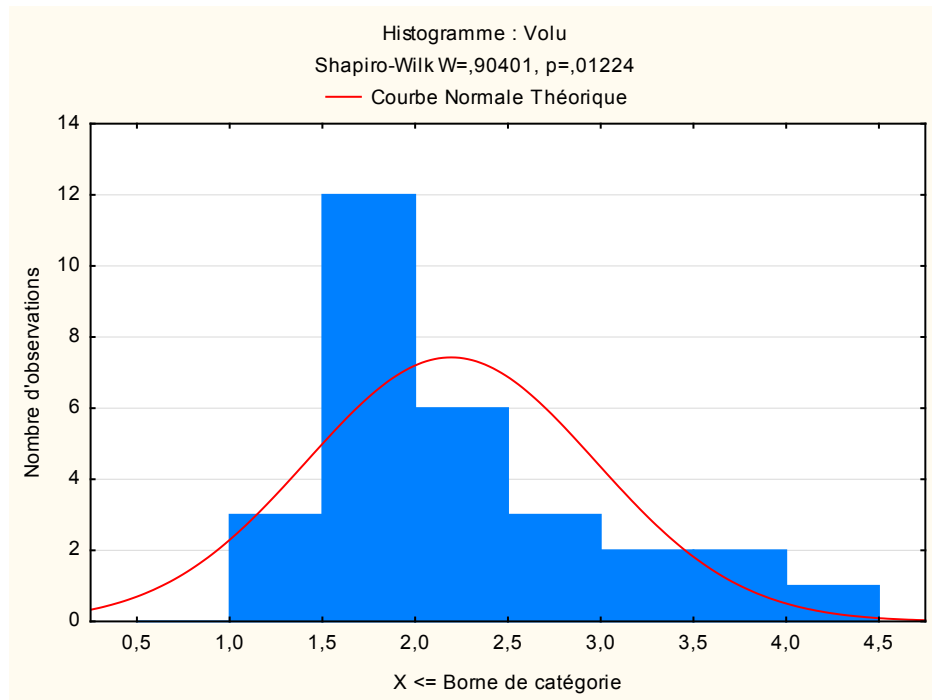
Annexe 01 : Histogramme des diamètres donnés par Shapiro-Wilk



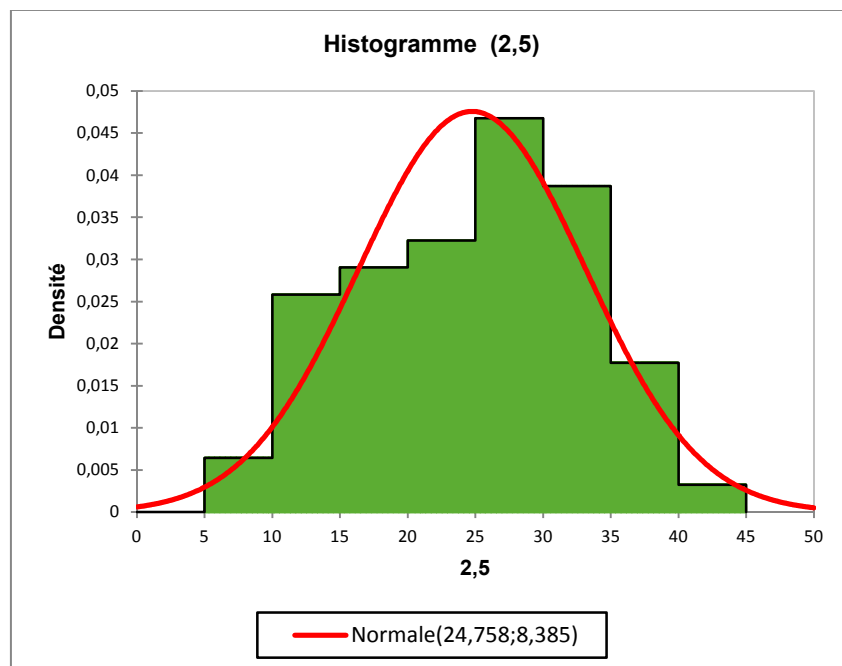
Annexe 02 : Histogramme des hauteurs donnés par Shapiro-Wilk



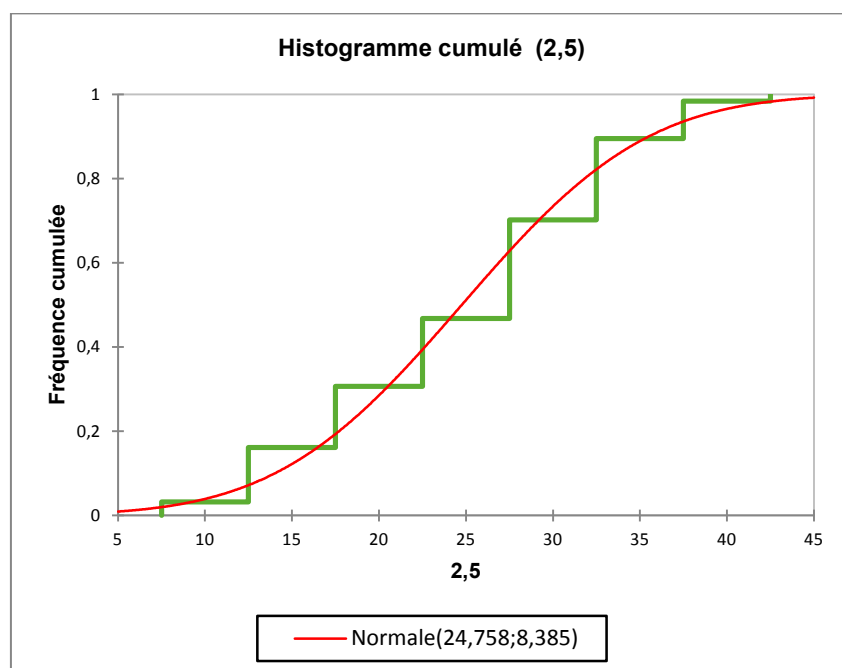
Annexe 03 : Histogramme des volumes donnés par Shapiro-Wilk



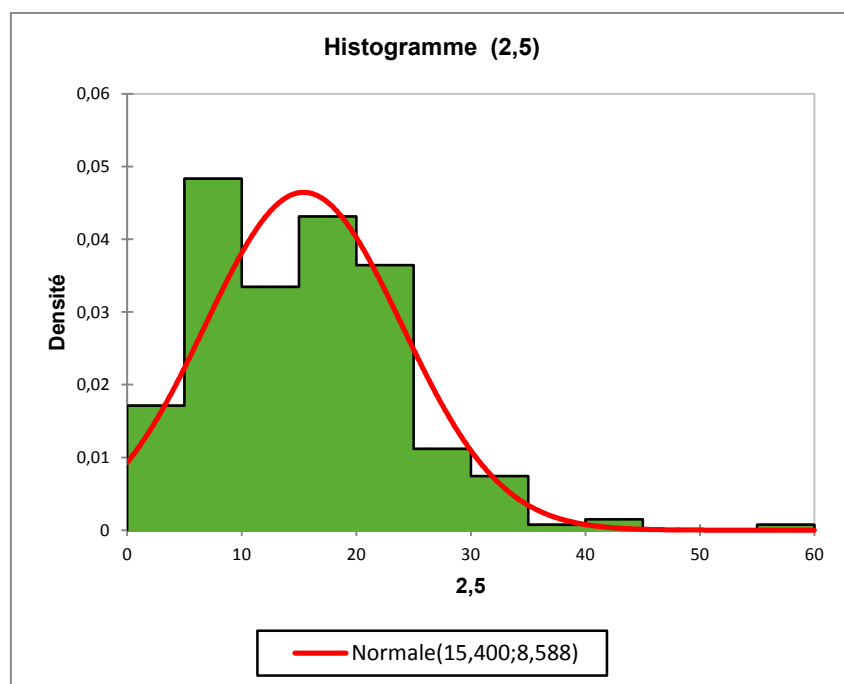
Annexe 04 : Histogramme de normalité donner par Kolmogorov-Smirnov (st 02)



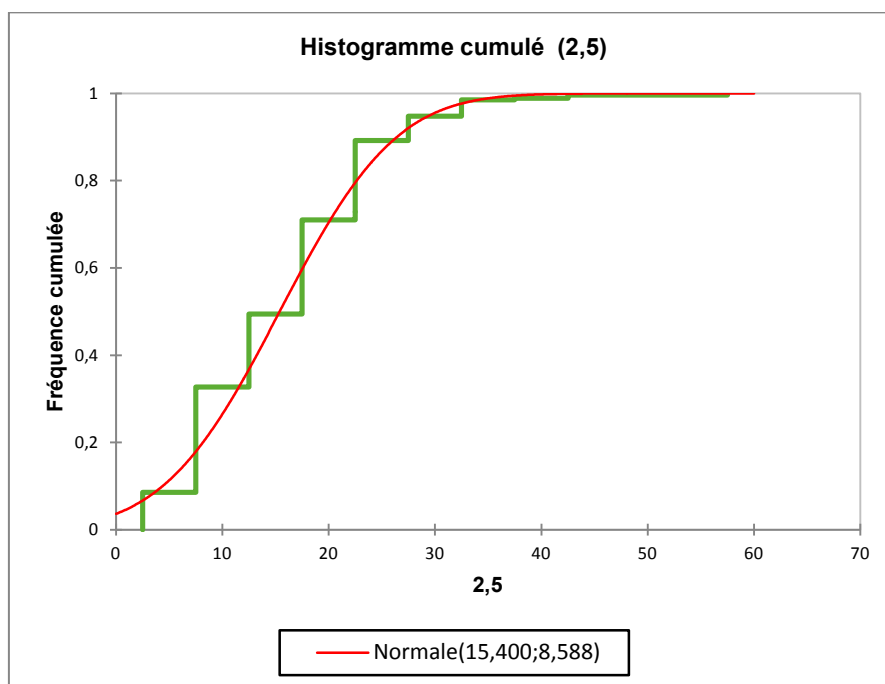
Annexe 05 : Histogramme cumulé de normalité donner par Kolmogorov-Smirnov (st 02)



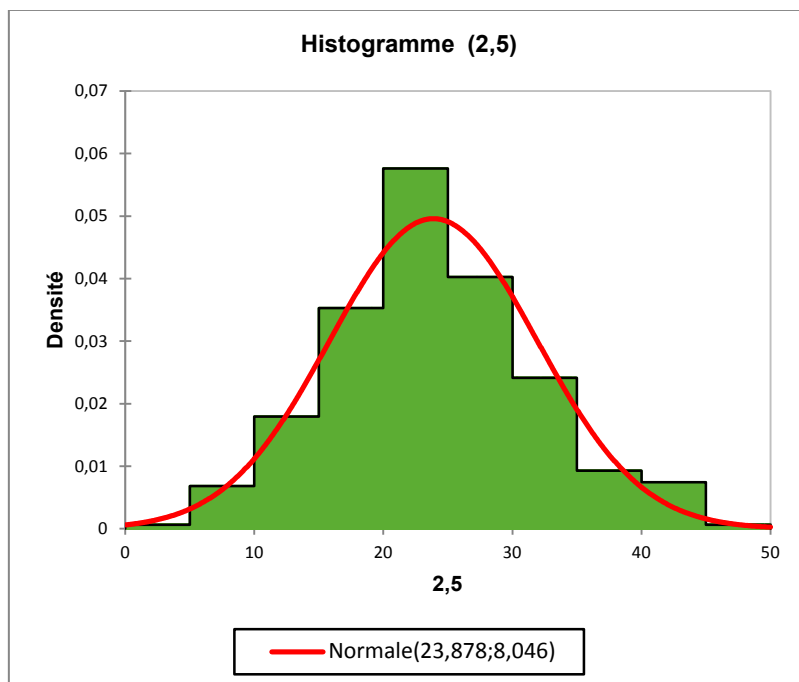
Annexes 06 : Histogramme de normalité donner par Kolmogorov-Smirnov (st 04)



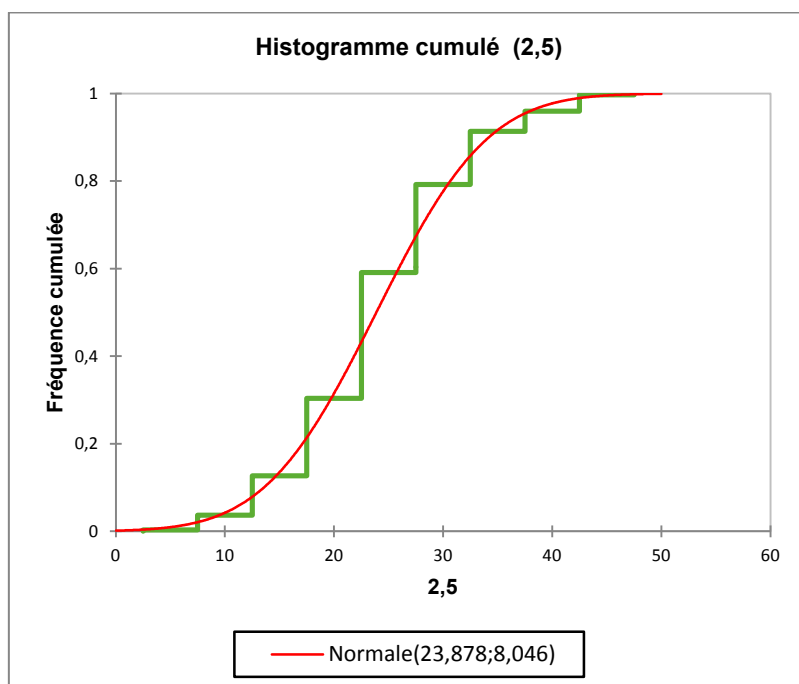
Annexes7 : Histogramme cumulé de normalité donner par Kolmogorov-Smirnov (st 04)



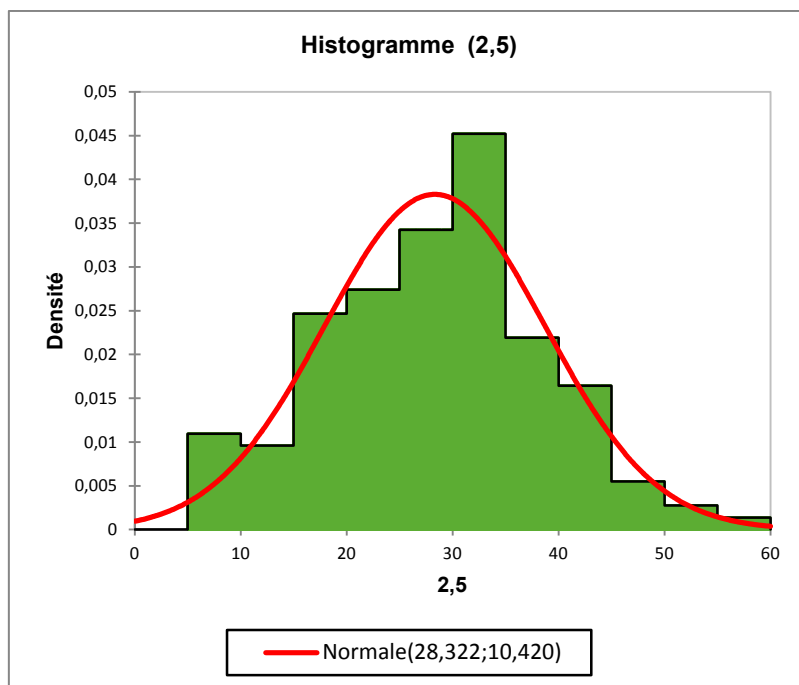
Annexe8: Histogramme de normalité donner par Kolmogorov-Smirnov (st 01)



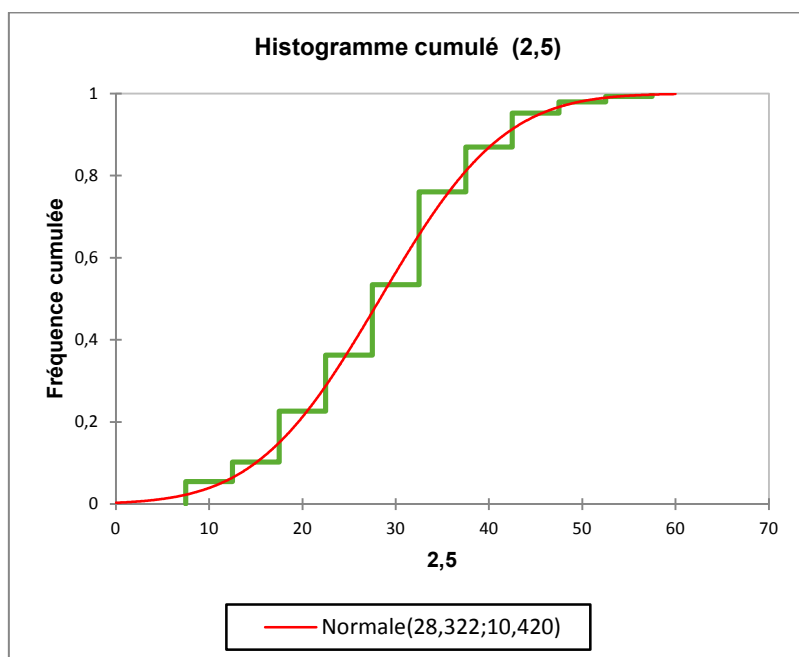
Annexe 08 : Histogramme cumilé de normalité donner par Kolmogorov-Smirnov(st 01)



Annexe 10 :Histogramme de normalité donner par Kolmogorov-Smirnov(st 03)



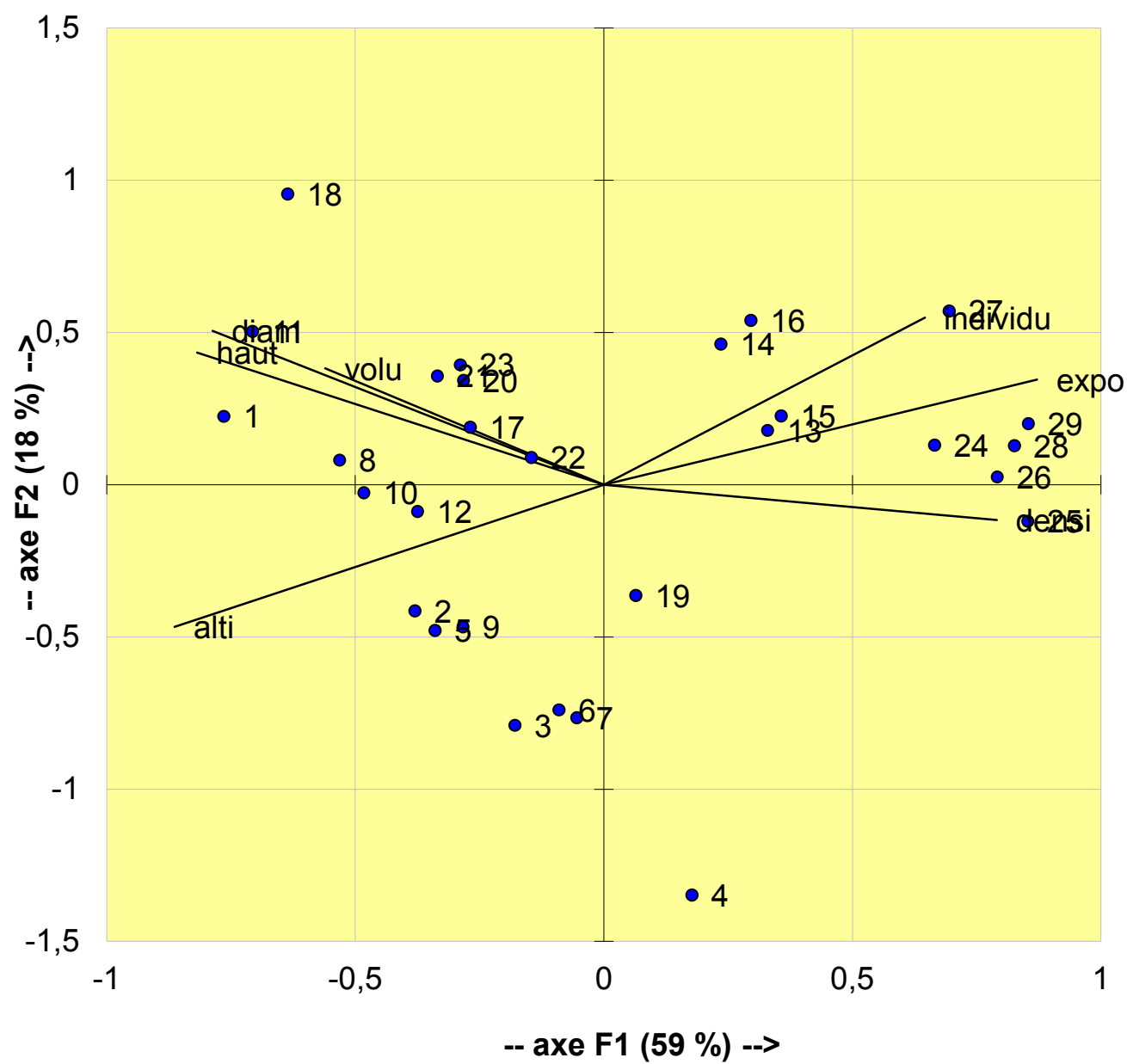
Annexe 11 : : Histogramme de normalité donner par Kolmogorov-Smirnov(st 03)



Annexe 12 :contribution des points individus sur les plans factorielle

	F1	F2	F3	F4
1	-3,17	0,51	1,88	-0,22
2	-1,58	-0,94	0,93	-0,07
3	-0,74	-1,79	0,27	-0,06
4	0,73	-3,06	0,55	-0,32
5	-1,41	-1,09	-0,38	-0,35
6	-0,37	-1,68	0,45	0,48
7	-0,23	-1,74	0,56	0,29
8	-2,20	0,18	1,00	0,50
9	-1,18	-1,06	-0,76	0,20
10	-2,00	-0,06	-0,33	-0,56
11	-2,93	1,14	0,85	0,41
12	-1,55	-0,20	0,22	0,09
13	1,37	0,41	-0,27	-1,55
14	0,98	1,05	0,66	-1,04
15	1,48	0,51	0,51	-1,10
16	1,23	1,22	1,56	-0,75
17	-1,11	0,43	-0,82	-0,13
18	-2,64	2,17	0,30	0,37
19	0,27	-0,82	-0,91	0,91
20	-1,17	0,78	-1,42	0,52
21	-1,39	0,81	-1,78	-0,20
22	-0,60	0,20	-1,59	0,14
23	-1,20	0,89	-1,76	0,07
24	2,76	0,30	-0,39	-0,14
25	3,54	-0,27	-0,51	-0,28
26	3,28	0,06	-0,51	-0,05
27	2,88	1,30	1,53	1,43
28	3,42	0,29	-0,38	0,64
29	3,54	0,46	0,53	0,77

Annexe 13 : projection des variables et individus sur le plans factorial (I*II).

Variables et Individus (axes F1 et F2 : 77 %)

Annexe 14 :peuplement dense de el ainseur



Annexe 15 :mesure de diamètres sur terrain



Introduction

Générale

Chapitre I :
Généralité sur le chêne
Zeen.

Chapitre II :
Inventaires des
peuplements

Chapitre III :

Matériel et méthode

Chapitre IV :

Résultats et discussions

Conclusion générale

Bibliographie

Annexes