

***Etude de la relation entre la circonférence  
et la hauteur ; et entre la circonférence, la  
hauteur et l'espacement des arbres***

**Cas des suberaies de Souk Ahras et de Tizi Ouzou**

**Réalisé par : M.CHENOUNE Karim**

Promoteur: M. BELLATRECHE M., Prof, ENSA El-Harrach, Alger  
Co- promoteur: M.MESSAOUDENE M., Dir Rech, I.N.R.F, Tizi ousou  
Présenté le : 18/12/2011

Jury: Présidente : MmekHELIFI H., MCA, ENSA El-Harrach, Alger Examineurs : M. BOUHERAOUA  
RT., Prof, Université de Tlemcen M. OLDACHE EH., MCB, ENSA El-Harrach,Alger



# Table des matières

Dédicace . . .	4
Remerciements . . .	5
Résumé . . .	6
Abstract . . .	7
ص خ لم . . .	8
LISTE DES ABREVIATIONS . . .	9
INTRODUCTION GENERALE . . .	10
PREMIERE PARTIE : MONOGRAPHIE SUR LE CHENE LIEGE . . .	13
Chapitre I. Généralités sur le Chêne liège . . .	13
I.1: Systématique . . .	13
I.2: Aire de répartition . . .	14
I.3: Caractères généraux du Chêne liège. . .	17
I.4: Sylviculture et aménagement du Chêne liège. . .	19
I.5: Le Chêne liège et le développement durable. . .	20
CHAPITRE II : CADRE DE L'ETUDE. . .	20
II.1 : Situations géographiques et administratives. . .	21
II.2 : Synthèse climatique. . .	28
DEUXIEME PARTIE : INVENTAIRE ECO-DENDROMETRIQUE ET ETUDE QUANTITATIVE . . .	33
CHAPITRE III: METHODOLOGIE . . .	33
III.1 : Choix du type d'échantillonnage . . .	33
III.2 : Echantillonnage au sol . . .	33
III.3 : Récolte des données. . .	35
CHAPITRE IV : RESULTATS . . .	38
IV.1 : Traitements statistiques . . .	38
IV.2 : Résultats proprement dits . . .	39
CHAPITRE V : DISCUSSION GLOBALE . . .	63
CONCLUSION GENERALE. . .	68
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES . . .	70
ANNEXES . . .	76
Annexe 1 : Modèles de croissanceles plus utilisés (parde j et bouchon j., 1988) . . .	76
Annexe 2 : Légende de la stratification / densité, en fonction de la surface terrière calculée en m <sup>2</sup> /ha (in Yessad, 1990). . .	77
Annexe 3 :Statistiques descriptives pour les intervalles du test de kolmogorov et smirnov par zone d'inventaire . . .	77

## Dédicace

*« A toute ma famille, ma belle famille, mes ami(e)s et aux protecteurs de la nature »*

## Remerciements

Mes chaleureux remerciements à l'issue de ce travail, vont à l'endroit de :

Mr **BELLATRECHE M**, professeur ENSA EL Harrach d'avoir accepté de diriger ce travail, et pour toute son aide, ses encouragements, ses précieux conseils et son étroite collaboration.

Mr **MESSAOUDENE M**, directeur de recherche à I.N.R.F d'Azazga, initiateur de ce travail avec qui j'ai eu l'honneur et le plaisir de le réaliser .Je le remercie aussi pour son dévouement, sa totale disponibilité et ses critiques pertinentes tout au long de ce mémoire.

Mme **KHELIFI H**,maitre de conférencesENSA El-Harrach,pour avoir accepté de présider ce jury.

Mr **BOUHERAOUA RT**, professeur à l'université de Tlemcen et Mr **OLDACHE EH**, maitre de conférencesENSA El-Harrach, d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Jetiens à exprimer ma reconnaissance pour Mr **NEDJAH I A**, directeur général de L'INRF de m'avoir donné l'occasion d'approfondir mes recherches.

Mes sincères remerciements s'adressent aussi à Messieurs les conservateurs de Souk Ahras et Tizi Ouzou ainsi que leurs personnels sans oublier Mr **LOKMANE M** (sous directeur à la D.G.F), pour les moyens humains et matériels mis à notre disposition.

Je remercie également Mme**GHERCHANI-OUNNAS A** (INRF Bainem) et Mr **ASMANI SA** (université de Tizi Ouzou) de leurs étroites et profondes coopérations.

Je tiens, à exprimer aussi ma profonde reconnaissance à mes chers collègues de l'INRF en particulier: **GUETTAS A, DJEMA A, BOUDEDJA S, HADJAHMED M , HADJAHMED A** qui ont participé activement durant nos sorties sur terrain ;ainsi que **MEBANI M , HEDDAR L, MESSAOUDENE S , MOUHELLEB S,LATRECHE O et MAUCHE M .**

**Mon vif profond et mes chaleureux remerciements à toute ma famille en particulier à ma chère épouse pour leurs disponibilités, patiences et soutiens indéfectibles durant cette période et à qui je dois l'aboutissement de travail.**

**ET enfin ma sincère gratitude va à l'endroit de toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.**

## Résumé

Ce travail se veut une contribution à la connaissance de la répartition des tiges de *Quercus suber*, et à la recherche d'un modèle de croissance en circonférence et en hauteur en intégrant le facteur espacement. Il vise à mettre à la disposition du gestionnaire forestier des informations nécessaires pour appliquer une subericulture adéquate et assoir un plan d'aménagement durable. Au total 30 placettes circulaires de 2 ares ont été installés dans la région de Souk Ahras et 41 placettes à Tizi Ouzou, et ont fait l'objet d'un relevé écologique de mesures dendrométriques. Les résultats obtenus révèlent que les différents peuplements inventoriés sont très dense. La distribution des tiges par classe de diamètre est monomodale, de tendance gaussienne, confirmé par le test de Kolmogorov et Smirnov et coïnciderait avec une structure régulière ; à l'exception à El Hamra où elle ne suit pas la loi normale, et qui laisserait penser, que sa structure tendrait vers la norme de la futaie jardinée que de nombreux auteurs suggèrent. Pour le modèle de croissance, c'est celui, utilisant la circonférence à 1.30 m comme variable expliquée, et la hauteur totale, l'espacement maximal et le diamètre du houppier comme variables explicatives, qui s'ajuste le mieux aux données d'inventaires ( $R^2= 0.72$ ).

**Mots clés :** Quercus suber- Distribution- Modélisation- Souk Ahras- Tizi ouzou.

## Abstract

This work is a contribution to the knowledge of the distribution of stems of *Quercus suber*, and looking for a pattern of growth in girth and height by incorporating the factor space. It aims at making available to the forest manager. The information needed to apply an adequate and sit subericulture a sustainable development plan. A total of 30 circular plots of 2 acres have been installed in the region of Souk Ahras and 41 plots in Tizi Ouzou), and have been an ecological survey and measures dendrometric. The results show that different populations inventorying are very dense. The distribution of stems by diameter class is monomodal, Gaussian trend, confirmed by the test of Kolmogorov et Smirnov, coinciding with a regular structure, exception for El Hamra where it does not follow the normal distribution, its structure tends to the standard of selection forest. that many authors suggest ,For the growth model is that, using the circumference at 1.30 m as the dependent variable, and the total height, the maximum spacing and diameter of the crown as explanatory variables, which best fits the inventory data ( $R^2 = 0.72$ ).

**Key words :** *Quercus suber* – Distribution- Modelization - Souk Ahras - Tizi ouzou.

## ص خ لم

هذا العمل هو مساهمة في معرفة توزيع بلوط الفلين (*Quercus suber*) ودراسة عن وجود نمط من النمو في محيط الجذع عن علو 1.30م. و في الطول الكلي للشجرة، باتدماج المساحة الموجودة بين الأشجار. انه يهدف الى توفير للمعير الغابات لمعلومات اللازمة للتطبيق الأحراج الخاصة بشجرة بلوط الفلين وتكييف خطة للتنمية المستدامة. وقد تم تركيب ما مجموعه 30 قطعة دائرية ( 2 أ) في منطقة سوق أهراس و 41 قطعة في تيزي وزو ، وجرى استطلاع التداير اليدوية. و بالجرد القياسي. أظهرت النتائج أن المجتمعات التي تم جردها كثيفة جدا. التوزيع للأشجار حسب القطر يتبع صغى وحيد (monomodal) الاكجاء *gaussienne* التي أكدتها الاختبار KOLMOGAROV et SHIRIHOV وتتزامن مع هيكل العادية ، باستثناء منطقة الحمراء حيث أنها لا تتبع التوزيع الطبيعي، الأمر الذي يوحي وهيكلها يميل إلى معيار اختيار من الغابات التي يشير إليه العديد من لكتاب. لنموذج النمو، التي تستخدم في محيط 1.30 متر والمتغير التابع، وارتفاع إجمالي التباعد القصوى وقطر تاج على المتغيرات التفسيرية، والذي يتناسب معطيات الجرد ( $R^2 = 0.72$ ).

كلمة مفتاح : *Quercus suber* - توزيع - نموذج النمو - سوق أهراس - تيزي وزو



---

## LISTE DES ABREVIATIONS

- **APCOR** : Associação Portuguesa da CortiçaSource .
- **B.N.E.F** : Bureau National de la Recherche Forestière.
- **B.N.E.D.E.R** : Bureau National des Etudes et des Recherches.
- **Eurofor** : groupement coordonné par l'O N F (France) pour le Parlement européen.
- **F.D.B** : Forêt domaniale de Boumezrane.
- **F.D.T** : Forêt domaniale de Tamgout.
- **F.D.OB**: Forêt domaniale d'Ouled bechih.
- **F.D.BG** : Forêt domaniale de Béni ghobri.
- **D.G.F** : Direction Générale des Forêts.
- **D.G.R.F** : Direcção Geral dos Recursos Florestais.
- **FAO**: Food and Agronomic Organization
- **IML** : Institut Méditerranéen du Liège.
- **INRF** : Institut National de la Recherche en Foresterie..
- **ONF** : Office National des forêts (France)
- **OILB** : Organisation Internationale de Lutte Biologique
- **ZIS** : Zone d'inventaire de Souk ahras
- **ZIT** : Zone d'inventaire de Tizi ouzou

# INTRODUCTION GENERALE

La forêt méditerranéenne, vulnérable et perpétuellement agressée, dispose d'un patrimoine floristique et faunistique riche et diversifiée. Son importante biodiversité fait d'elle l'une des régions du monde les plus renommées par l'existence de Parcs naturels (Houée, 1996).

Les écosystèmes forestiers méditerranéens couvrent une aire géographique considérable (81 millions d'hectares). Ils présentent quelques caractéristiques générales liées à leur écologie et à leur histoire ainsi que des différences régionales marquées attribuables au contexte physique et humain. Ils ont toutefois un facteur important en commun qui est leur fragilité, instabilité et caractère souvent dégradé (M'hirit, 1999).

De toutes les essences forestières présentes dans le paysage méditerranéen, le Chêne liège (*Quercus suber L*) est l'espèce forestière providentielle de ce territoire. C'est le chêne sempervirent le plus commun dans le bassin de la Méditerranée avec le chêne vert (*Quercus ilex L*) et le chêne kermes (*Quercus coccifera L*). Il est également présent dans trois zones de biodiversité sur les dix identifiées pour le bassin méditerranée (Marco Simeoné , 2005). Le Chêne liège existe en Méditerranée Occidentale depuis plus de 60 millions d'années (Natividade, 1956).

Les forêts de Chênes lièges sont de véritables sanctuaires écologiques, abritant d'innombrables espèces en voie d'extinction comme le Lynx ibérique, *Felix pardina* (il en existe à peine 150 au Portugal) et l'Aigle ibérique, *Aquila adalberti* (seulement 150 couples dans la péninsule ibérique) (Anonyme 1, 2008) ou encore le Cerf de Berbérie *Cervus elaphus barbarus*, (Elena rossello et al, 2008). La survie de cette faune est intimement liée à la préservation de ses milieux naturels précieux pour les pays méditerranéens occidentaux, dont certains, comme l'Algérie, a déjà enregistré des signes d'instabilité dans certains points de la suberaie de la Kabylie des Babors, qui n'arrive plus à offrir des conditions favorables au maintien d'une avifaune sylvatique (Bellatreche, 1994).

Pendant, c'est surtout à son écorce renouvelable qu'est le liège que *Quercus suber* doit sa réputation, et son statut d'espèce méditerranéenne exceptionnelle. Espèce frugale et plastique, le Chêne-liège joue aujourd'hui un rôle clé dans l'économie et le maintien des populations humaines dans beaucoup de régions rurales de la zone Méditerranéenne occidentale.

Son étalement géographique actuel est discontinu et va des cotes atlantiques de l'Afrique du nord et la péninsule ibérique jusqu'au sud-est de l'Italie comprenant les principales îles de la Méditerranée ainsi que la bande côtière du Maghreb. Il y a lieu de signaler que les fortes variations climatiques et anthropiques de cette longue période ont réduit considérablement son aire de répartition.

De nombreux travaux de recherche afférents à cette espèce, ont été réalisés aussi bien par les écologues en recherche fondamentale, que par les agronomes et/ou les forestiers en recherche appliquée. Nous citerons principalement Lamey (1893) précurseur sur l'écologie du Chêne liège en Algérie, Saccardy(1938), Natividade (1956) sur la suberculture, Aimé (1976), Elena rossello (1991),Allatou ( 1984 ), Hasnaoui ( 1991 ) , Zeraia (1982), Khelifi (1987) Orgeas (1997), Yessad(1999) , Messaoudène(2003), Bouheraoua (2005) et récemment Messaoudéneet al (2006), Ounnas et al (2006),...etc.

---

En Algérie, la dégradation du patrimoine forestier est signalée depuis l'époque coloniale, où furent détruits quelques 116 000 ha de forêts au profit de l'extension de la viticulture (Anonyme 2, 2000), ce qui a entraîné le refoulement de la paysannerie pauvre sur les piémonts aux abords des forêts.

La régression du patrimoine forestier s'est poursuivie même après l'indépendance et jusqu'à nos jours, sous l'effet conjugué d'une surexploitation anthropique et d'une fréquence élevée d'incendies ravageurs. Les plus belles forêts en général et suberaies en particulier se trouvent désormais dans l'extrême nord-est Algérien.

Pour leurs conservations et pérennités, un plan d'aménagement pour la gestion durable de ces peuplements est nécessaire. Cet objectif est réalisable seulement si l'on dispose des modèles de croissance permettant de prévoir les conséquences de différents traitements sylvicoles.

Les chercheurs s'intéressent depuis longtemps à la prédiction de l'évolution des peuplements forestiers, et s'attachent à mettre au point des outils pour aider les gestionnaires dans l'aménagement et la gestion des forêts (Pardé & Bouchon, 1988).

Si plusieurs espèces forestières productrices de bois d'intérêt économique (Hêtre, Sapins, Pins, Epicéa, Mélèze....etc.), ont fait l'objet d'étude de modélisation, il n'en est pas de même pour *Quercus suber*. L'intérêt pour cette dernière espèce s'est surtout focalisé sur la production et la qualité du liège. Nous citerons les modèles sur la production de liège de Ferreira & Oliveira, 1991 ; Montéro, 1987 ; Ribeiro et Tomé, 2002 ; Tomé et al, 1998 et Vasquez, 2002 (in Stiti et al, 2008).

Depuis peu, on commence à s'intéresser à la modélisation de la croissance de *Quercus suber* qui fournira des données nécessaires pour assoir une subericulture adéquate à un aménagement durable des suberaies. Les premiers modèles de croissance du Chêne liège ont été développés au Portugal par Tomé et al (2006), puis en Espagne par Sanchez-Gonzales (2006) et récemment en Tunisie ( Stiti , 2008).

En Algérie, des modèles de croissance ont été aussi développés pour certaines espèces forestières, nous citerons Messaoudéne (1992) pour le Chêne zeen et le Chêne afares, Ounnas (2002) pour le Pin maritime, Bentouati (2006) pour le Pin d'Alep, Mokhtari (2006) pour le Chêne zeen. Quant aux travaux similaires avérés sur le Chêne liège, ils sont inexistantes. Nous avons des essais d'établissement de modèle de croissance entrepris par Chellaliet Mahdjane(2002) et par Ounnas et al (2006) qui restent cependant au stade expérimental.

L'objectif principal de notre étude, qui traite de deux peuplements purs de Chêne liège de la Wilaya de **Souk ahras** et deux peuplements de la Wilaya **Tizi ousou**, est de voir quelle est l'équation mathématique qui explique au mieux la relation entre la circonférence à 1.30m du sol et la hauteur totale des arbres et inversement ; mais aussi entre chacune de ces variables et l'espacement entre les arbres. Autrement dit, nous chercherons un modèle de croissance en circonférence et en hauteur en intégrant le facteur espacement, le plus approprié. Nous aborderons aussi la structure de nos peuplements qui nous renseignera sur la répartition des tiges et l'impact qu'elle pourrait avoir sur les modèles.

Ainsi, nous pourrions proposer aux gestionnaires forestiers, après leurs avoir décrit les peuplements qu'ils gèrent et dégager leurs possibilités, un outil d'aide à la décision permettant de simuler l'évolution des peuplements et de la production.

Cette étude, s'inscrit dans la continuité de l'élaboration d'une base de données écologiques et dendrométriques des suberaies algériennes. Jusque là, notre terrain

d'investigation s'est limité aux suberaies orientales de montagnes de Kabylie (Yakouren). Il devient indispensable d'élargir l'échantillonnage à d'autres zones de façon à couvrir l'ensemble des territoires subéricoles. D'autre part, le renouvellement périodique des travaux d'inventaire, est nécessaire pour comprendre tous les aspects de la croissance spatiale et temporelle du Chêne liège et du liège en fonction des caractéristiques du milieu, de la densité, de l'espacement et de la compétition inter- individus....etc.

Nous avons structuré notre document en deux parties. La première est scindée en deux chapitres portant sur la monographie du chêne liège et la présentation de nos zones d'investigation. La seconde présente en trois chapitres la méthodologie adoptée, les résultats obtenus et une discussion globale. Nous terminons notre travail avec une conclusion générale et les perspectives.

# PREMIERE PARTIE : MONOGRAPHIE SUR LE CHENE LIEGE

## Chapitre I. Généralités sur le Chêne liège

Le Chêne liège, (*Quercus suber*), est un arbre qui appartient à la flore méditerranéenne depuis l'ère tertiaire, ce qui lui donne une soixantaine de millions d'années d'existence et serait d'origine de la péninsule ibérique (Quezel et Medail, 2003). Il aurait colonisé l'Afrique du nord depuis Gibraltar et le Rif à la fin du Miocène. Des l'antiquité, le Chêne-liège, que les Grecs nommèrent « arbre écorce » (Dessain et al, 1991), acquière la notoriété que lui confère la qualité et la valeur de son écorce qu'est le liège. Les grecs et les romains connaissaient déjà tous les emplois du liège. Cependant, il demeura, pendant des siècles un objet d'utilité secondaire (Yessad, 2000), jusqu'à l'apparition de l'industrie du verre qui était demandeur de bouchons. Ainsi, selon le même auteur, la fabrication des bouchons de liège, principal usage à valeur ajoutée de ce matériau, date du XVIIème siècle et précède celle de la culture du Chêne liège, qui n'aurait débuté qu'au XVIIIème siècle. L'Espagne et le Portugal ont été les premiers à mettre leurs forêts de Chêne liège en valeur.

### I.1: Systématique

Les chênes, qui appartiennent à la lignée des *Cupulifères* et au genre chêne, comprennent en Afrique du nord, trois espèces spontanées à feuilles persistantes (**Chêne liège**, Chêne vert, Chêne kermès) et trois autres à feuilles caduques (Chêne zeen, Chêne afarès, Chêne tauzin) (Boudy, 1952).

***Quercus suber* L** communément appelé le Chêne liège a été décrit pour la première fois par le botaniste suédois Linné en 1753 (Natividade, 1956), et classé du point de vue taxonomique comme suit :

- Embranchement : **Spermaphytes** (Plantes produisant des ovules)
- Sous embranchement : **Angiospermes** (Ovules enfermés dans un ovaire)
- Classe : **Dicotylédones** (Graines à deux cotylédons)
- Ordre : **Fagales** (Ovaire infère produisant des akènes ; présence d'une cupule)
- Famille : **Fagacées** (Chatons mâles simples-fleurs isolées-fruit : faine, châtaigne ou gland)
- Genre: **Quercus** (Chatons mâles allongés, pendants – cupule entourant seulement la partie inférieure du fruit)
- Espèce : ***Q.suber* L** (Feuilles velues, coriaces- cupule à écailles peu saillante- écorce épaisse, crevassé (liège)

On retrouve dans la littérature, plusieurs noms vernaculaires de cette espèce, qui est désignée différemment dans plusieurs langues :

- Arabe : **Fernan et Feline**
- Berbère : **Iggi, Ikechi**
- Portugais : **Subreiro**
- Espagnol : **Alcornaque**
- Italien : **Sughera**
- Français : **Chêne liège**
- Anglais : **Cork oak**

## I.2: Aire de répartition

---

### I.2.1 : Mondiale

Le Chêne liège occupe dans le monde une aire naturelle relativement restreinte (Fig.1) qui s'étend :

Du Nord au Sud, entre le 45<sup>eme</sup> parallele (embouchure de la gironde) et le 31<sup>eme</sup> ;  
D'Ouest en Est, du Portugal à la Galabre (France).



**Figure 1** :Aire de répartition du Chêne liège dans le monde.

Cette essence forestière prospère exclusivement dans le bassin méditerranéen occidental, tout en débordant sur les cotes atlantiques. On la rencontre au Portugal, en Espagne, en Italie et enfin en France et la Corse, pour la partie européenne ; et le Maroc, l'Algérie et la Tunisie pour la partie Nord Africaine.

Le Chêne liège aurait occupé autrefois, selon la FAO (1959, in Salazar Sampaio (1988)), quelques 8.4 millions d'hectares dans l'ensemble de la région méditerranéenne. Cependant, les données des quinze dernières années, illustrées dans le tableau 1, indiquent une superficie de près de 1 704 000 d'hectares (Eurofor, 1994 in Yessad 2000) dont près de 50% sont localisés au Portugal et l'Espagne (Fig.2).

	IML	DGRF (2007) (ha)	APCOR (2000)(ha)	YESSAD (2000)(ha)	HARFOUCHE et al (2005) (ha)	
Portugal	860.000	736 700	725 000	605 000		
Espagne	725.000	506 000	510 000	352 000		
Italie	99.000	92 000	225 000	70 000		
France	44.000	92 000	22 000	56 500		
Algérie	375.000	414 000	460 000	450 000	425 000 (BOUDY, 1955)	228 925 (INV, 1984)
Maroc	440.000	345 000	198 000	345 000	367 000 (BOUDY, 1948)	348 200 (STA MCEF, 2002)
Tunisie	144.000	92 000	60 000	90 000	145 000 (BOUDY, 1955)	55 000 (DCF, 1995)
<b>TOTAL</b>		<b>2 277 700</b>	<b>2 200 000</b>	<b>1 704 000</b>		

Tableau I: Superficie du Chêne liège dans le monde selon différents auteurs

Ces chiffres restent tout de même aléatoires selon la source d'obtention. On voit bien que les superficies attribuées à l'Italie et au Maroc par APCOR (2000) (Tabl.I) lors du congrès mondial du Chêne liège et du liège qui s'est déroulé à Lisbonne (Portugal) ne reflètent pas la réalité.

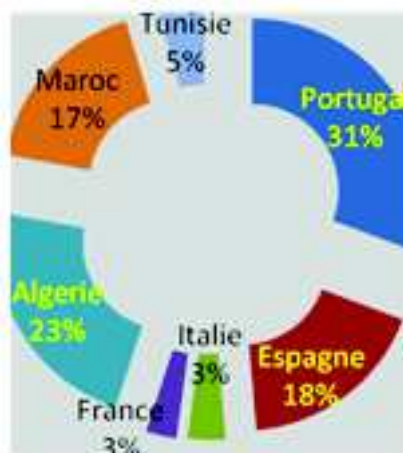


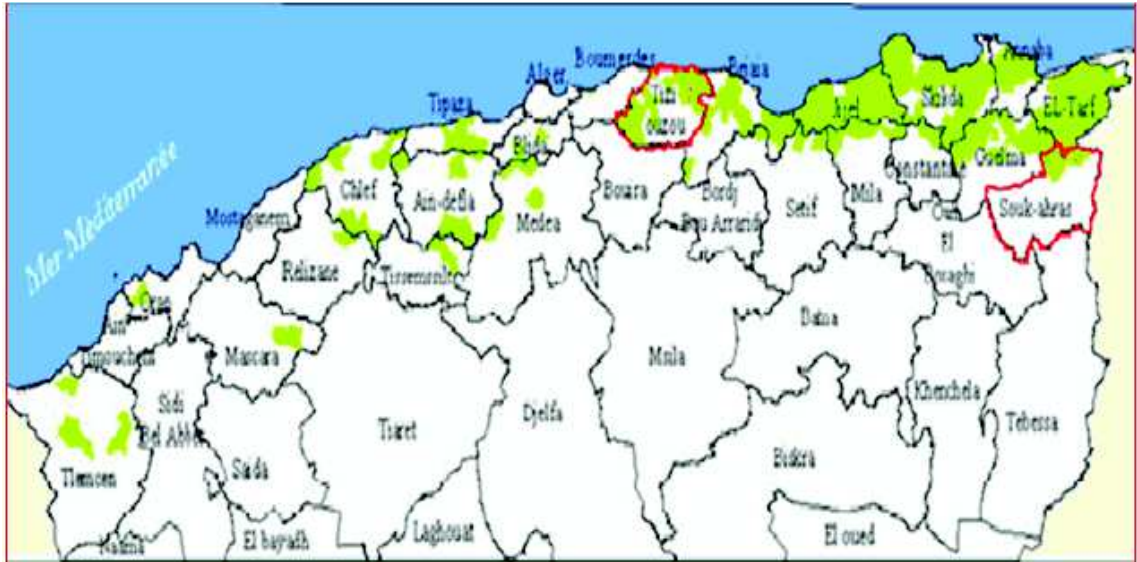
Figure 2 : Superficie du Chêne liège dans le monde selon E urofor in Yessad (1999).

Harfouche et al (2005) signalent, au vu des chiffres de l'inventaire forestier algérien de 1984, que la forêt de Chêne liège a perdu environ 54 % de sa superficie de 1955. C'est un chiffre qui est alarmant et suggère l'arrêt de cette régression effrénée, au risque de voir ce patrimoine dilapidé à jamais.

### I.2.2 : Algérienne.

*Quercus Suber* demeure la deuxième espèce forestière la plus répandue en Algérie après *Pinus Halepensis* nonobstant tous les aléas climatiques, anthropiques et autres, lui portant préjudice.

La forêt de Chêne liège est localisée entre le littoral et une ligne passant approximativement par Tizi ousou, Kherrata, Guelma et Souk ahras. Elle est représentée également dans les régions de Tlemcen et de Mascara (Bakiri, 1982 in Messaoudi et Edjekouane (1987)) (Fig. 3)



**Figure 3 : Aire de répartition du Chêne liège en Algérie**

(source DGF)

Le Chêne liège ne présente des peuplements importants que dans les wilayas de Jijel, Skikda et Annaba (environ 2/3 des forêts de Chêne liège) (BNEDER, 1984). Il s'étend du niveau de la mer jusqu'à 1550 m d'altitudes à Theniet El Had ; il est limité par la neige et le froid en altitude (Zeraia, 1982).

De 228 925 ha de forêts proprement dits de Chêne liège, inventoriées en 1984 (Harfouche et al, 2005), il ne subsisterait plus qu'environ 150 000 ha (Tabl .II et Fig. 4), réparties comme suit :

**Tableau II: Superficie du Chêne liège en Algérie selon Yessad (1999).**

Subéraie orientale		Subéraie occidentale	
<b>Skikda</b>	40 000 ha	<b>Tlemcen</b>	2 000 ha
<b>Jijel-EI Milia</b>	40 000 ha	<b>Chleff</b>	3 000 ha
<b>Guelma</b>	20 000 ha	<b>Blida</b>	1 000 ha
<b>Annaba-EI Tarf</b>	30 000 ha	<b>Medea</b>	2 00 ha
<b>Tizi ousou</b>	10 000 ha		
<b>Bouira</b>	1 500 ha		

Ces chiffres (Tableau II), même s'ils sont proches de la réalité, sont, pour certains, discutables. En effet, quelques wilayas subéricoles n'apparaissent pas dans ce Tableau. Nous citons : Souk Ahras (12 000 ha) ; Bejaia (30 000 ha) ; la suberaie de M'sila d'Oran ; et la forêt de Chêne liège de Mascara issue d'un reboisement. Tizi ousou disposerait de plus de 10 000 ha de suberaie. Ceci dénote l'absence d'une source fiable de donnée d'inventaire forestier.



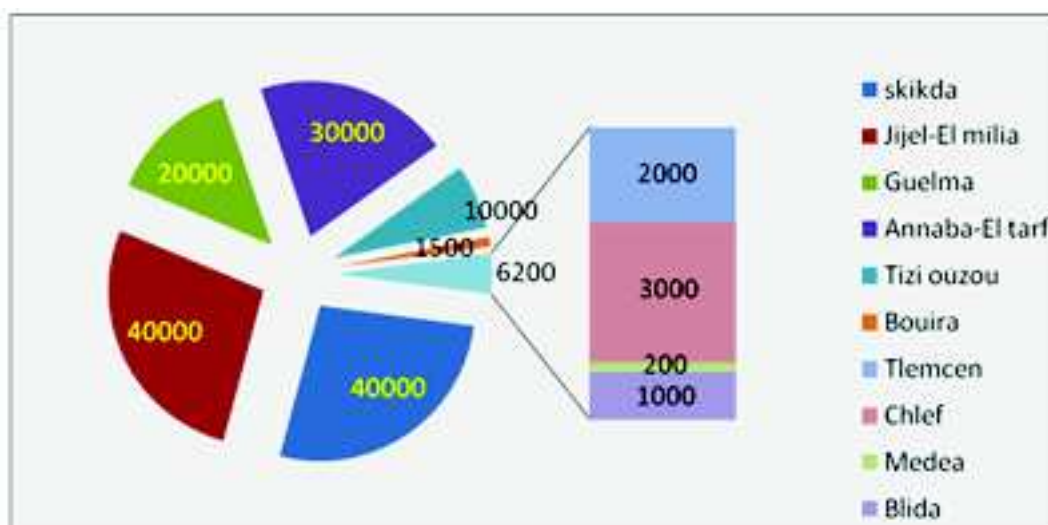


Figure 4 : Superficie (en hectare) du Chêne liège en Algérie.

Il est à noter qu'un deuxième inventaire forestier national vient d'être réalisé par le B.N.E.D.E.R, mais qu'il n'est toujours pas publié par la D.G.F, d'où notre référence dans ce travail à l'inventaire de 1984 du B.N.E.F.

### I.3: Caractères généraux du Chêne liège.

C'est sur la base des écrits de différents auteurs, principalement Natividade(1952), Boudy (1952) Seigue (1985), Hammard (1980), Yessad (2000) que nous avons synthétisés les différents caractères botaniques et forestiers du Chêne liège (Tabl. III, Tabl. IV et Fig.5).

Tableau III: Principaux caractères botaniques du Chêne liège

<b>Feuilles (Fig.5, photos 2 et 3)</b>	sont persistantes (02 à 03 ans), alternes, pétiolés, coriaces et se caractérisent par une forme ovale pointue ; elles sont glabres et vert brillant sur leur face supérieure, gris à glauque marquées d'une pubescence blanche sur leur face inférieure. L'arbre n'est jamais dépouillé de son feuillage.
<b>Bourgeons</b>	Sont de forme ovoïde, protégés par des écailles tomenteuses et sont couverts de poils fins et serrés .Ils sont plus développés dans les parties terminales et légèrement allongées sur les rameaux stériles. Les bourgeons terminaux qui participent à l'accroissement en longueur des branches, disparaissent au fur et à mesure, pour être remplacés par des yeux latéraux.
<b>Inflorescence</b>	Le Chêne liège est monoïque ; la fécondation a lieu au printemps. Les fleurs mâles pendent en bouquets de chatons aux extrémités des rameaux de l'année précédente. Les fleurs femelles sont insérées par groupe de deux à cinq aux aisselles des feuilles de l'année.
<b>Fruit (Fig.5 , photo 1)</b>	C'est un gland enchâssé dans une capsule à écailles. La fructification de l'arbre commence dès l'âge de 15 ans, devient abondante à 30 ans et peut se poursuivre jusqu'à un âge avancé (100 ans et plus). Les glandées ont lieu tous les deux ans et parfois tous les trois ans.

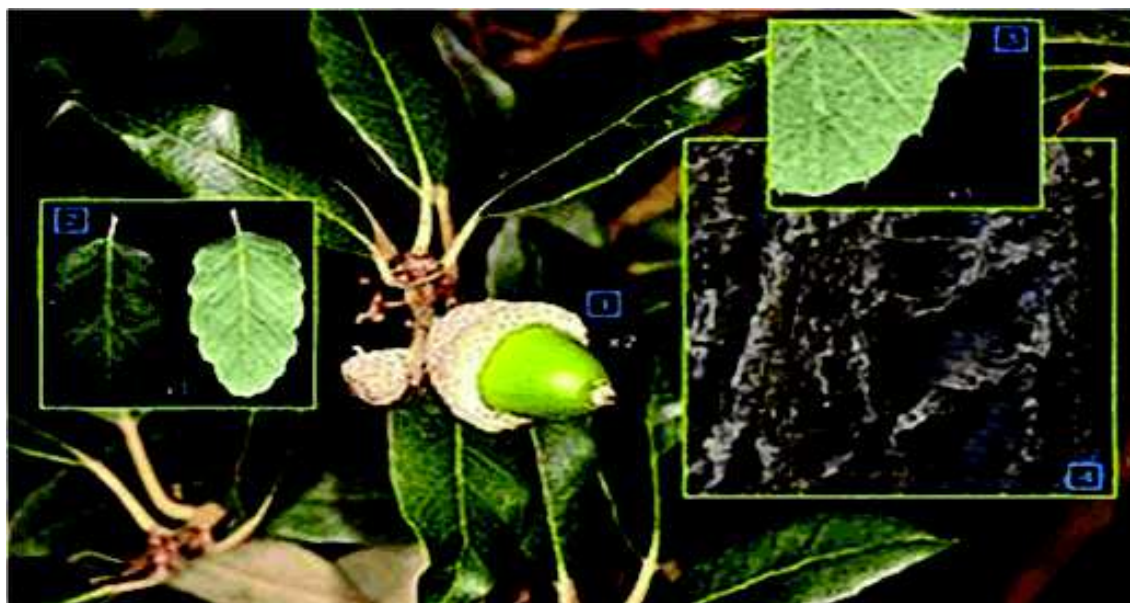


Figure 5 : Illustration de certains caractères botaniques du Chêne liège

Tableau IV: Principaux caractères forestiers du Chêne liège.

<b>Morphologie</b>	Arbre de grandeur moyenne (5 à 16 m), peut atteindre 20 à 22 m dans les conditions favorables.
<b>Tronc</b>	Relativement court (3 à 4 m environ), car la ramification s'opère dès la hauteur de 3 m de sol et se présente avec des branches très vigoureuses.
<b>Houppier</b>	Largement étalé, au couvert léger en raison de son feuillage grêle et ses ramifications réduites et peu serrées ; la cime prend une forme globuleuse au stade juvénile et s'étale plus ou moins avec les années. Le Chêne liège laisse passer beaucoup de lumière, favorisant ainsi le développement d'un sous bois dense.
<b>Ecorce (Fig.5 , photo 4)</b>	Le Chêne liège doit sa noblesse à son écorce qu'est le suber. Ce dernier, appelé communément le liège, est un tissu mort, constitué de cellules à paroi minces, pleines de gaz, régulièrement disposées et soudées entre elles. Ce tissu comprend des substances peu dégradables dont les principaux composants sont : la subérine (60%), la cellulose (20%) et la lignine (14%). L'écorce prend l'aspect liégeux vers l'âge de 5 à 6 ans, puis la couche qui se développe (liège mâle) devient irrégulière et crevassé. Lorsqu'on enlève cette dernière, le tronc apparaît rouge orangé, avant que ne repousse une couche beaucoup plus régulière qu'est le liège de reproduction ou liège femelle.
<b>Bois</b>	Il est lourd, compact et difficile à travailler. Il présente peu d'intérêt sur le plan économique.
<b>Enracinement</b>	Il est pivotant, robuste, plastique et puissant ; les racines sont fortes et fixent l'arbre solidement même dans les sols les plus rocheux, ce qui lui confère une bonne résistance aux vents violents.
<b>Longévité</b>	Vit en moyenne entre 100 à 150 ans, et peut atteindre 250 ans. La longévité est plus grande dans son aire optimum et sur substrats favorable (grés numidiens).

## I.4: Sylviculture et aménagement du Chêne liège.

A l'instar des essences feuillues, le Chêne liège se régénère par semis naturels et par rejets de souche ou drageons à la suite de l'intervention de l'homme ou du feu. Le renouvellement et la pérennité des peuplements de *Quercus suber* exigent des traitements culturels adéquats. Ces derniers sont assez compliqués du fait du tempérament délicat de cette espèce dans certains étages bioclimatiques (du semi-aride), et surtout de sa spécificité, d'arbre forestier et « fruitier » (le liège étant considéré comme un fruit), qui requiert un traitement spécifique la suberculture. Et habituellement en foresterie, nous distinguons trois régimes (la futaie, le taillis et le taillis sous futaie) dont la caractéristique principale est l'origine des arbres. En Algérie tout comme en Tunisie, c'est le régime de futaie qui est le prévalue.

Les premières opérations sylvicoles du Chêne liège englobent l'ensemble des actions intervenant entre la régénération acquise et le premier écorçage, à savoir la période entre 5 et 25 à 35 ans (Seigue, 1985). Le débroussaillage, l'élagage et les éclaircies sont des soins capitaux pour stimuler leur accroissement, et l'obtention des arbres plus sains et de vie plus longue, capables dans l'avenir d'une production plus élevée. Ces opérations sont malheureusement absentes dans nos forêts, où si elles existent, elles ne sont pas planifiées.

Agissant sur l'eau, les sols, le climat, mais aussi sur la biodiversité, l'économie et la sociologie, la mise en œuvre de programmes d'aménagement durable de la ressource forestière est apparue comme solution au maintien des forêts. L'ensemble de ces composantes doit aujourd'hui être intégré dans la notion d'aménagement, pour espérer respecter son principe basé sur le concept « conservation-amélioration-production » dans toutes mises en valeur rationnelles des ressources naturelles. (Iboukassene et al, 1997).

En Algérie, c'est vers les années 1970 que les forestiers ont commencé à se préoccuper de l'aménagement des massifs boisés. Grim (1989) fut le premier forestier initiateur d'un projet d'aménagement (plus précisément un pré-aménagement) dit isospécifique forestier, ciblant les pinèdes et les yeuseraies de la région de Saida.

Les études relatives aux subéraies, ont débutées quelques années plus tard, nous citerons principalement celles relevées par ( Iboukassene et al (op citée) :

- Etude de G.E.R.S.A.R : elle a ciblé la région de Collo et conçu pour une durée de 20 ans. Le projet a été exécuté en 1975.
- Projet pilote de développement forestier du massif de Collo : de coopération algéro-allemande, il a été réalisé en 1992 et avait pour objectif principale la protection des ressources naturelles. La durée d'aménagement a été fixée à 10 ans.
- Etude du B.N.E.D.E.R qui a touché le massif de Béni-Salah (limitrophe d'une de nos zones d'inventaire) dans la région de Guelma, et qui rentre dans un cadre coopératif algéro-français. Initiée en 1992, l'étude prévoyait une durée d'aménagement de 12 ans conformément à la période de rotation de la récolte du liège.
- Etude du B.N.E.F de 1993, réalisée à la demande de la conservation de la wilaya d'El tarf. Elle est scindée en deux parties. L'une concerne les forêts de Gourrah et Bougous constituées principalement de peuplements de Chêne liège et de Chêne zeen, l'autre vise les territoires des circonscriptions d'El Kala et de Bouhadjar. Les objectifs principaux dressés sur les suberaies sont la restauration et le traitement post-incendie.

Sur le site de la D.G.F, nous lisons que : «Le suivi des applications d'études d'aménagement élaborées depuis 1976 à ce jour connaît un état d'avancement des réalisations d'une

manière régulière. Pour rappel, vingt neuf (29) wilayas sont concernées par ces études. Un état trimestriel fait ressortir l'ensemble des actions réalisées au niveau de ces forêts à travers les différents programmes (application d'études ou autres programmes de développement). L'état périodique du 1eme trimestre 2008 est en cours de finalisation en fonction des données collectées auprès des conservations des forêts concernées ».

S'il est vrai, comme il ressort précédemment que l'administration en charge du secteur forestier, a consenti et consent toujours d'importants moyens financiers, pour la réalisation et la mise en œuvre des études d'aménagement, il n'en demeure pas moins que leurs réussites est tributaire d'études et de pratiques sylvicoles avérées propres à la ressource forestière algérienne .

## **I.5: Le Chêne liège et le développement durable.**

---

Les rôles de la forêt sont multiples, ils ont varié au cours du temps, et leur importance relative diffère encore, en fonction des zones géographiques, des traditions forestières des régions et du degré de richesse des pays en matière de ressources forestières (FAO, 1993, in Ouelmouhoub, 2005). La hiérarchisation des rôles affectés aux forêts est donc liée au développement social et économique des régions.

En Algérie, et malgré la forte dégradation du patrimoine forestier, la forêt en général et la suberaie en particulier continuent de jouer un rôle non des moindres, elles assurent plusieurs fonctions : économique, écologique et socioculturelle. Cette différenciation entre les différents rôles affectés à la forêt reste parfois délicate, vu l'interdépendance existante entre eux.

Les avantages économiques directs tirés de l'exploitation du liège, les activités menées sous le couvert des chênes-lièges (cultures, pâturage, chasse), ainsi que ses fonctions écologiques et sociales confèrent aux forêts de Chêne-liège une position clé. Cela est d'autant plus vrai que l'aire de répartition de l'espèce coïncide souvent avec des zones où les autres sources de revenus et d'emplois sont limitées (les rives septentrionale et méridionale de la Méditerranée) (Varela, 1997). C'est le cas des wilayas de Tizi ousou et Souk ahras (Figure 3), qui abritent nos forêts, objets de notre présent travail, qui présentent un indice de ruralité de plus de 70 % (Chenoune, 2005).

## **CHAPITRE II : CADRE DE L'ETUDE.**

Le Chêne liège est avant tout, une essence héliophile, xérophile, de tempérament assez frugal, mais bien moins plastique que *Quercus ilex* (Camus, 1938). Il peut donner d'excellents résultats dans de nombreuses situations, mais préfère les climats littoraux et humides (Yessad, 2000).

Son aire s'étend sur trois étages bio climatiques, le semi aride, le sub humide et l'humide. C'est dans les deux derniers étages cités, que l'on retrouve les principales Suberaies algériennes (Zeraia, 1982), et dont font partie celles de nos peuplements inventoriés (Fig. 3). Ces derniers se localisent dans la wilaya de Souk ahras et de Tizi ousou, et font partie des suberaies à faciès du tell Oriental qui totalisent 96% des subéraies algériennes (Yessad, 2000).

Ce sont précisément les forêts domaniales de Boumezrane et de Ouled bechih qui constituent les deux principaux massifs forestiers pour la 1<sup>er</sup> wilaya citée ; et Béni ghobri et Tamgout pour la seconde.

## II.1 : Situations géographiques et administratives.

### II.1.1 : Suberaies de Souk ahras.

La wilaya de Souk Ahras s'étend sur une superficie de 4600 km<sup>2</sup>. Elle est frontalière avec (Fig.5) :

- La wilaya d'El Tarf au nord
- La wilaya de Guelma au nord-ouest
- La wilaya d'Oum el Bouaghi au sud ouest
- La wilaya de Tebessa au sud
- La frontière tunisienne à l'est et au nord-est

Elle renferme 82000 ha de surface forestière (Chabane et al, 2004), soit un taux de 17.28% de la superficie totale de la wilaya. Les Forêts de Chêne liège occupent une superficie de 12000 ha (DGF, 2002 in Mokhtari, 2006) soit la plus importante couverture forestière.

Elles représentent environ 5.24 % de la superficie totale de Forêts de Chêne liège en Algérie et produisent environ 5.700 quintaux de liège annuellement depuis 1992 jusqu'en 2009. Elle est composée de cinq forêts domaniales dont 16% de ce patrimoine forestier se concentrent au Nord-Est de la wilaya, notamment au niveau des communes d'El Machrouha, Ain Zana, Ouled Idriss (Benachoura, 1999) (Fig.6).



Figure 6 : Situation géographique et découpage administratif de la wilaya de souk Ahras

Présentement, nous nous sommes intéressés aux peuplements se trouvant à Ouled bechih et Boumezrane, dont la gestion est rattachée respectivement aux circonscriptions de Souk-Ahras et d'Ain zana.Elles se situent entre 900 et 1400 m d'altitudes.

### II.1.1.1. La forêt domaniale de Boumezrane.

La forêt domaniale de Boumezrane occupe une superficie de 3900 ha. (Fig. 7) .Elle est composée principalement de Chêne liège (*Quercus suber*), de Chêne zeen (*Quercus canariensis*), d'olivier (*Olea europea*) et d'essences secondaires (Boudy, 1952). Le relief est accidenté dont les pentes moyennes varient de 10% à 45% (B.N.EF, 1989)

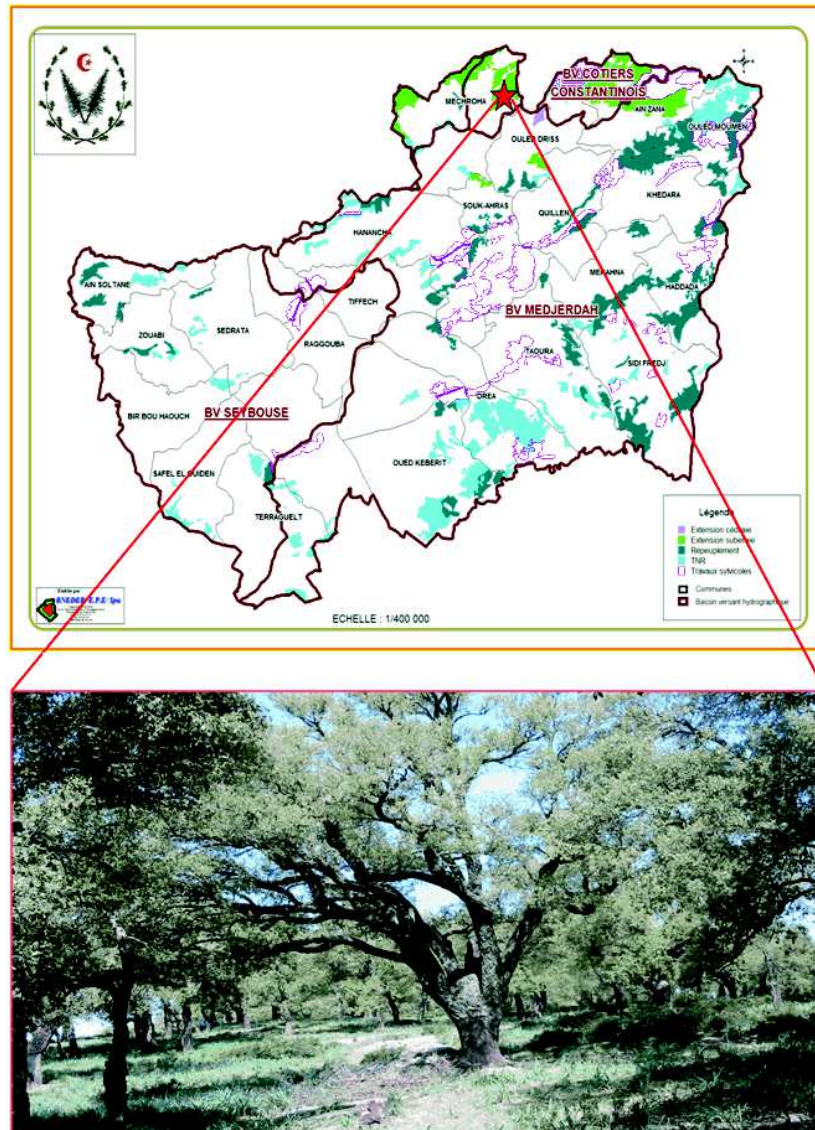
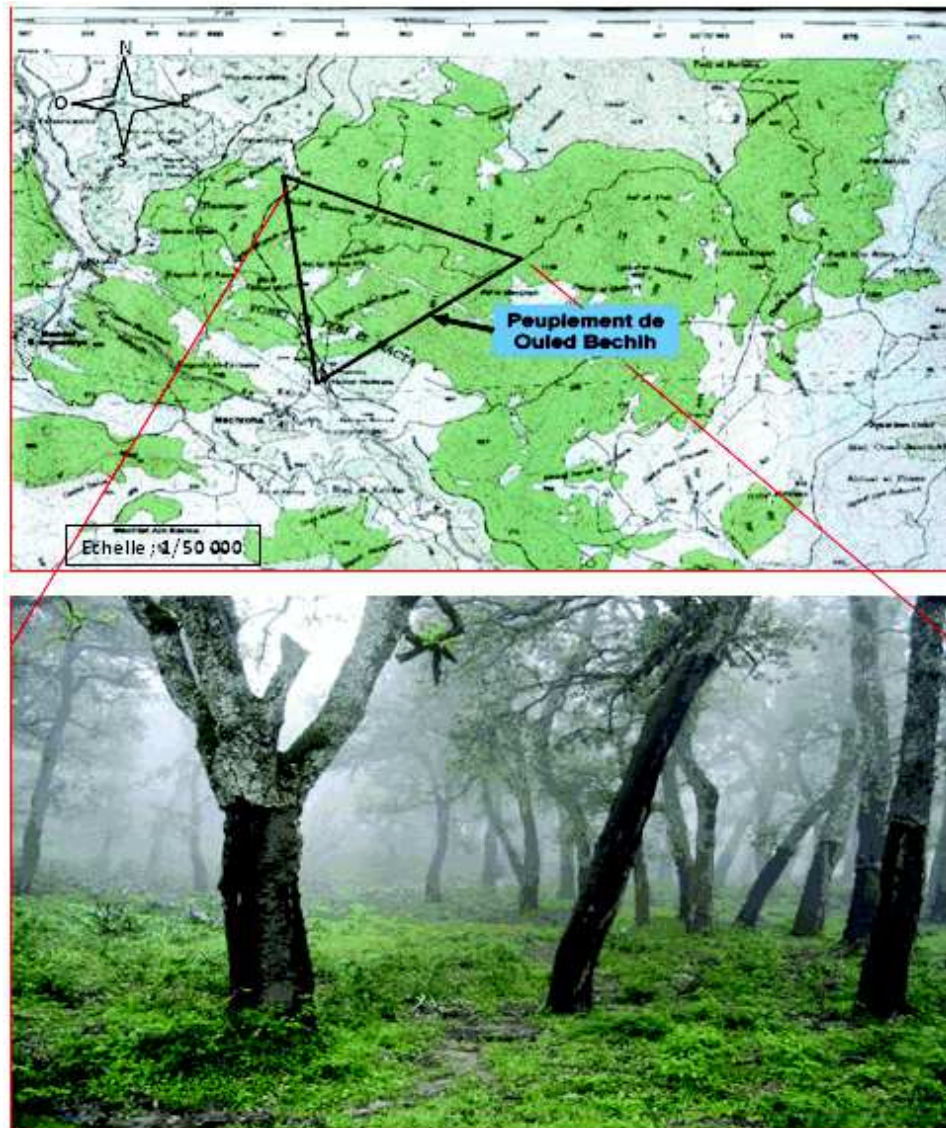


Figure 7 : Situation géographique des peuplements de Boumezrane  
(Source ; D.G.F)

### II.1.1.2. La forêt domaniale d'Ouled Bechih.

La Forêt d'Ouled Bechih s'étale sur 3500 ha (Fig .8). Elle est composée essentiellement de Chêne liège (*Quercus suber*), de chêne zeen (*Quercus canariensis*), et d'olivier (*Olea europea*).



*Figure 8 : Situation géographique des peuplements d'Ouled Bechih.*

### **II.1.2 : Suberaies de Tizi ouzou.**

Située dans l'Atlas Tellien, la Wilaya de Tizi-Ouzou, s'étend sur 295793 ha. Elle est limitée (Fig.9) :

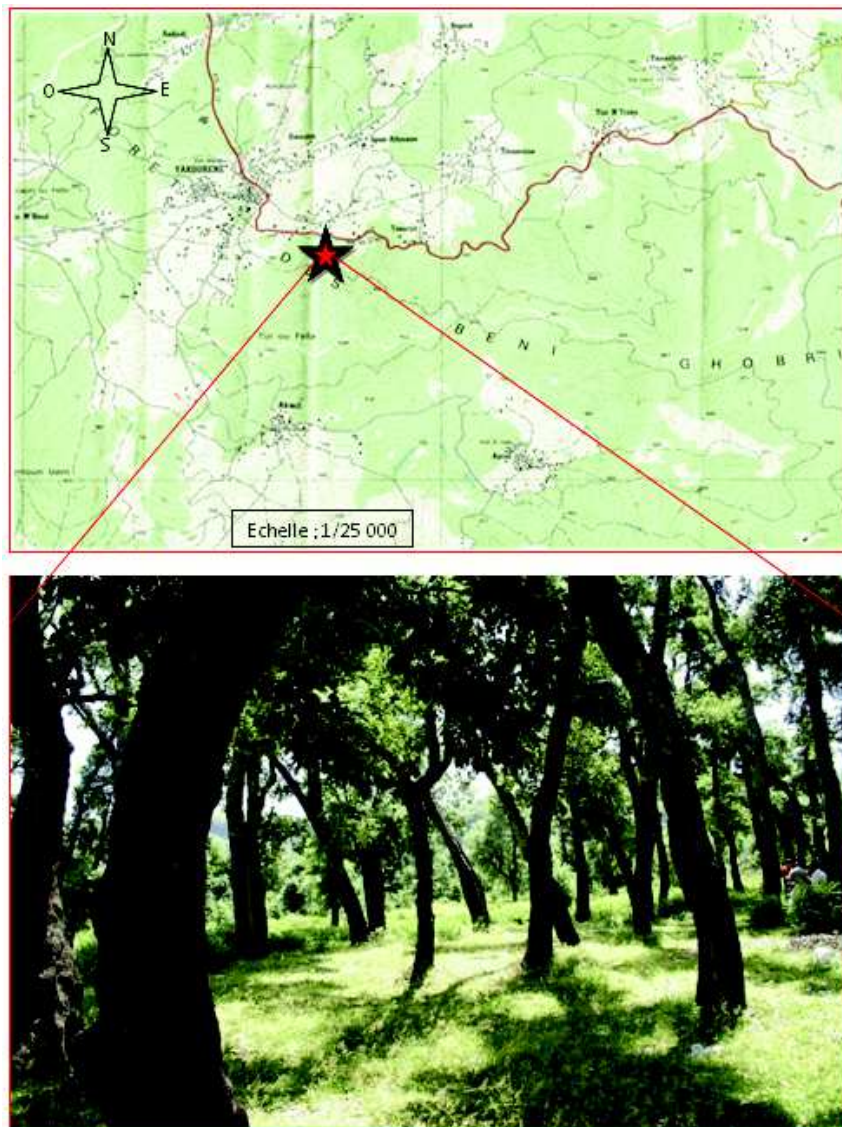
- Au nord par la mer méditerranée
- Au sud par la wilaya de Bouira
- A l'est par la wilaya de Bejaia
- A l'ouest par la wilaya de Boumerdes.



Figure 9 : Situation géographique et découpage administratif de la wilaya de Tizi ousou

La Wilaya de Tizi ousou renferme 112000 ha de surface forestière (CHENOUNE O., 2005), soit un taux d'occupation d'environ 39 % de la superficie totale, dont 48000 ha de forêts et 64000 de maquis. Tout comme Souk ahras, les forêts de Chêne lièges de Tizi ousou, estimées à **23100** ha, sont majoritaires. Les suberaies, objets de notre présent travail, sont localisées dans les massifs forestiers de Béni Ghobri et Tamgout (Fig.10).





*Figure 10 : Localisation de la zone d'inventaire de Taourirt(Yakouren)*

### **II.1.2.1. La forêt domaniale de Béni ghobri.**

La Forêt de Béni Ghobri, au statut juridique domanial, se situe entièrement dans la wilaya de Tizi ousou, daïra d'Azazga, à cheval entre les communes d'Azazga et Yakouren. Administrativement, elle est rattachée à la circonscription d'Azazga et au district de Yakouren (Fig. 11). Elle compte 23 cantons (BNEDER ,1980).

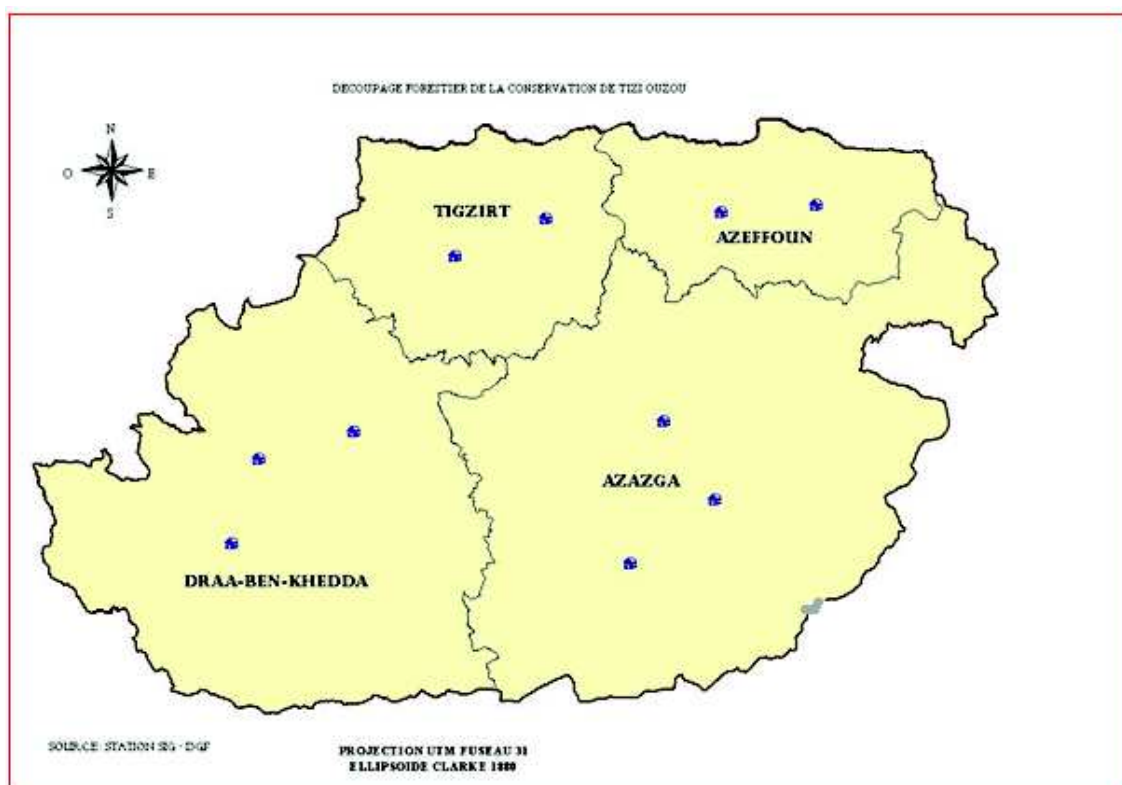





Figure 11 : Découpage forestier de la conservation des forêts de Tizi ouzou

### LEGENDE

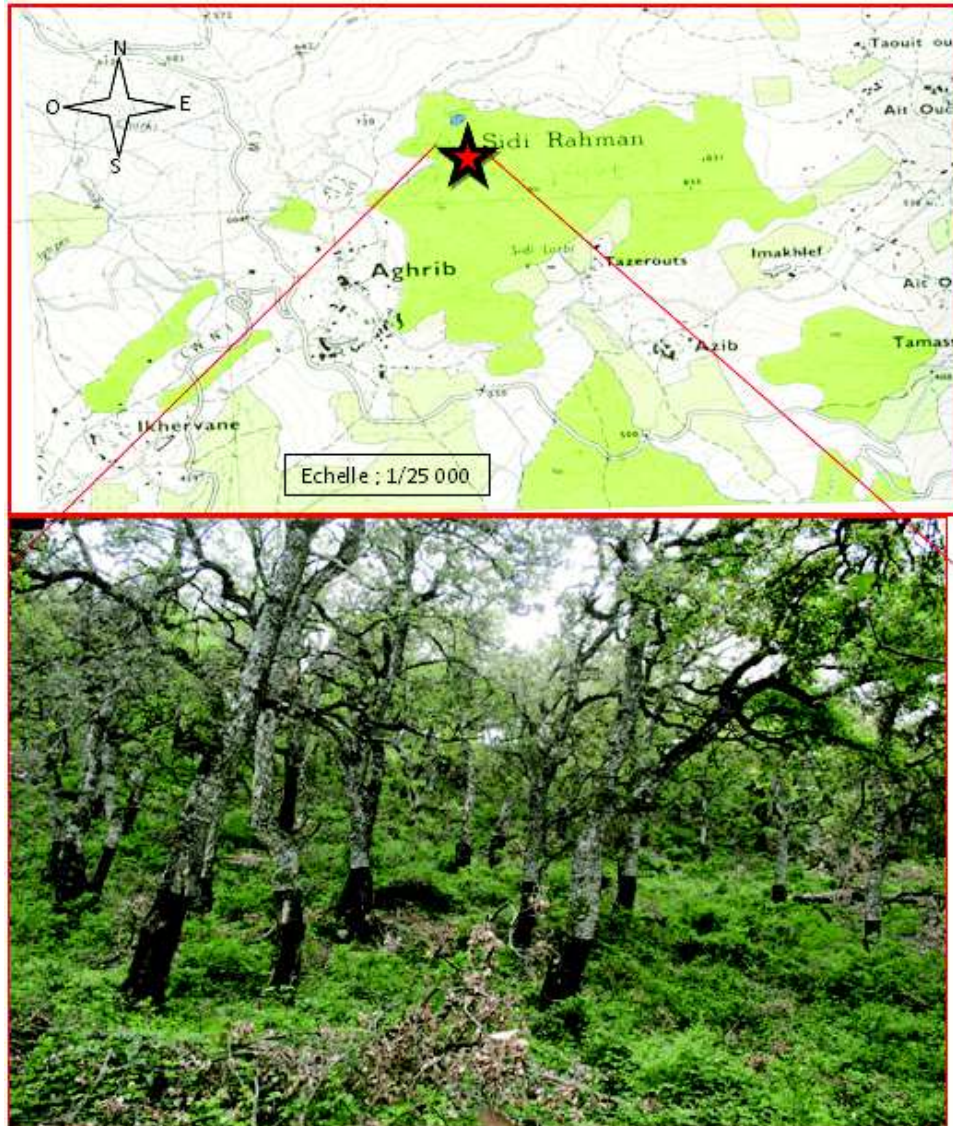
-  Limite de wilaya
-  Limites de circonscription
-  Siège de district

La Forêt de Béni ghobri s'étale sur 5705 ha, se trouve entre 280 m (Tizi Bouchen) et 1340 m (Djebel Afroun) d'altitude, présente un relief très accidenté, et des expositions variables. Elle est constituée principalement de boisement de Chêne liège (1750 ha), de Chêne zeen (300 ha), de mélange de ces deux espèces (875 ha), ainsi que d'une superficie de 675 ha en maquis arborés à Chêne liège et Chêne zeen. Les superficies restantes sont constituées en majeure partie de maquis et de quelques parcelles de cultures annuelles et de cultures abandonnées.

Le substrat géologique de cette région est constitué de grès numidien, intercalé de minces couches d'argiles (Gelard, 1978), créant des niveaux aquifères favorables au développement de la végétation forestière (Boudy, 1955). Les sols rencontrés sont généralement du type ABtC (Chenoune 1992 ; Ferrahi, 1994 ; Bouzelha, 1997) correspondant aux sols bruns lessivés, acides (Duchaufour, 1993)

#### II.1.2.2. La forêt domaniale de Tamgout

La Forêt domaniale de Tamgout, se localise dans la commune d'Aghrib, relevant de la daïra d'Azefoun dans la wilaya de Tizi ousou .Elle s'étale sur 3698 ha, renferme 18 cantons, dont celui d'Arerib où a été menée notre étude (Fig.12). Elle dépend du district d'Aghrib, rattaché à la circonscription d'Azefoun (Fig. 11).



**Figure 12** :localisation de la zone d'inventaire d'Arerib (Aghrifs)

Ce massif forestier, qui culmine 1200 m d'altitude, présente une succession de lignes de crêtes à diverses orientations et un relief accidenté dont les pentes moyennes varient de 10% à 45% (Metna, 2003). C'est surtout les versants Nord et Nord-Ouest qui dominent.

On y rencontre une végétation arborescente constituée principalement de Chêne liège (2218,8 ha), de Chêne zeen (1109,4 ha) et de Chêne afares (36,98 ha), qui poussent sur des sols bruns

lessivés peu profond (Ferrahi, 1994), reposant sur un substrat géologique d'éboulis de grès (Gelard, 1978).

## II.2 : Synthèse climatique.

---

### II.2.1 : Généralités.

Nous allons nous intéresser, dans cette partie, principalement à la pluviométrie et aux températures, considérés comme éléments climatiques majeurs qui influencent directement la végétation (Emberger, 1955).

#### II.2.1.1 : Pluviométrie.

Dans les pays méditerranéens, la presque totalité des pluies tombent pendant la période de végétation, de l'automne au printemps ; l'été est sec.

En Algérie, les importantes étendues des suberaies reçoivent annuellement entre 600 mm (Ben Chicao) et 1400mm (Ain El Kseur) pour une moyenne de 960 mm environ (in chenoune, 1992). La zone littorale, avec une moyenne de 1024.5 de pluies par an est plus arrosée que la zone tellienne.

En générale, la pluviométrie augmente avec l'altitude mais est plus forte sur les versants exposés aux vents humides. En outre, elle diminue en fonction de l'éloignement du littoral, du fait de l'appauvrissement progressif de l'humidité de l'air à mesure que les zones montagneuses sont traversées (BNEDER, 1980).

A noter que l'année pluviométrique a été divisé en quatre saisons conventionnelles, Automne (Sep, Oct, Nov), Hiver (Dec, Jan, Fev), Printemps (Mar, Avr, Mai), et Eté (Jui, Jui, Aou) (Benevent,1926 ; Pegy,1970 ; Briatte,1982 in Messaoudène,1989). Le classement par ordre décroissant de ces quatre saisons (après avoir évalué en additionnant les précipitations pour chacune des saisons) nous renseigne sur le type du « régime saisonnier ». (Pegy, 1970 in Halimi, 1980). Celui-ci considéré comme : caractère essentiel du climat méditerranéen (Emberger, 1954 in Zeraia, 1982), est généralement en Algérie comme suit ;

- En zone littorale, la pluviométrie est répartie surtout entre l'hiver et l'automne (type HAPE).
- En zone Tellienne, plus élevée, la pluviométrie est répartie entre l'hiver, le printemps et l'automne. (type HPAE).

#### II.2.1.2 : Températures.

La vie végétale se déroule entre des minimas et des maximas thermiques. Dans le cas de la suberaie algérienne, elle oscille en moyenne entre 5.1 ° C (m) et 30° C (M).

Pour une valeur de 132 environ, du quotient pluviométrique d'Emberger et 5.4 °C pour m, les stations algériennes se situeraient au niveau de l'étage bioclimatique subhumide à humide tempéré.

Dans la conclusion de son étude sur le Chêne liège (*Quercus suber L*) et le Chêne vert (*Quercus ilex*), DE PHILIPS(1936) in AIME, (1979) in RICHARD, (1987) déclare :

Le Chêne liège est assez exigeant en ce qui concerne la chaleur et l'humidité. Celui-ci ne vit en fait que dans les régions où les précipitations sont supérieures à 600 mm et où les températures moyennes ne sont pas inférieures à -5°C ou -6°C. Les rares Suberaies qui existent avec des précipitations plus faibles (jusqu'à 400 mm) correspondent à des particularités stationnelles favorables : humidité atmosphérique élevée, terrain frais grâce à une nappe phréatique...etc.

Ceci résume remarquablement les différentes données climatiques synthétisées des travaux de P SELTZER (1946) quant à la suberaie algérienne.

S'agit-il de notre étude, en se basant sur le principe des valeurs des éléments climatiques de deux points éloignés et placés dans des situations topographiques semblables (cas de nos zones d'inventaires) demeurent assez concordantes (M'HIRIT, 1982), nous allons nous appuyées sur les données climatiques utilisée par Mokhtari(2006) enregistrées par l'Office National de la Météo algérien durant la période (1970 à 2002) pour les deux peuplements de Souk ahras, et de Laribi (2000) pour ceux de Tizi ousou, afin de caractériser leurs climats respectifs.

## II.2.2 : Eléments climatiques des zones inventoriées.

Les données consignées dans le tableau V, indiquent que les zones d'inventaires de Souk ahras reçoivent annuellement, une moyenne de 612.95 mm, et c'est au mois de décembre qu'il pleut le plus dans l'année (83.47 mm/an), à l'opposé de juillet où l'on enregistre que 6.93 mm/an.

Quant aux zones d'inventaires de Tizi ousou, elles reçoivent annuellement, en moyenne 1132 mm de pluies et c'est également au mois de décembre qu'on enregistre la plus grande quantité d'eau (188.78 mm /an en moyenne), et aussi c'est en juillet que les pluies sont minimales (33.17 mm /an en moyenne) .

Pour ce qui est des températures, dans les zones d'inventaires de Souk ahras, les maximales varient de 11.7°C à 33.17°C enregistrées respectivement aux mois de janvier et aout et les minimales oscillent entre 3.39 °C (en janvier) et 17.61 °c(en aout).

Quant aux zones d'inventaires de Tizi ousou, les températures maximales fluctuent entre 9.64°C et 29.14°C, enregistrées respectivement aux mois de Janvier et Aout, et les minimales varient de 4.12°C à 19.22°C, relevées également aux mêmes mois.

Tableau V:Pluviométrie et températures maximales et minimales mensuelles

Paramètres	P (mm)		Tmax (°C)		Tmin (°C)			
	Zones	Mois	Souk ahras	Tizi ousou	Souk ahras	Tizi ousou		
Janvier			81.35	141.18	11.7	9.64	3.39	4.12
Février			80.69	162.13	12.53	10.84	3.74	4.52
Mars			71.52	155.5	14.93	13.14	5.1	6.16
Avril			70.19	96.95	17.76	16.14	6.75	8.52
Mai			45.02	58.98	23.27	19.34	10.36	11.12
Juin			17.49	27.29	28.81	24.44	14.38	15.32
Juillet			6.93	7.04	32.71	28.84	17.32	18.72
Aout			15.84	10.36	33.17	29.14	17.61	19.22
Septembre			32.15	46.54	28.36	25.84	15.63	16.82
Octobre			46.20	83.37	22.76	20.14	11.82	12.42
Novembre			62.10	153	16.57	14.46	7.17	8.22
Décembre			83.47	188.78	12.91	10.34	4.59	4.92
<b>Total</b>			<b>612.95</b>	<b>1131.03</b>				

Les totaux pluviométriques saisonniers reportés dans le tableau V, tel que définit précédemment, indiquent que les pluies sont abondantes en hiver, mais que le maximum secondaire est en automne dans les zones d'inventaire de Souk ahras d'où un régime saisonnier du type **HAPE**, alors que dans les zones d'inventaires de Tizi ousou, le maximum

secondaire est observée au printemps induisant un régime saisonnier du type **HPAE** (Tabl. VI).

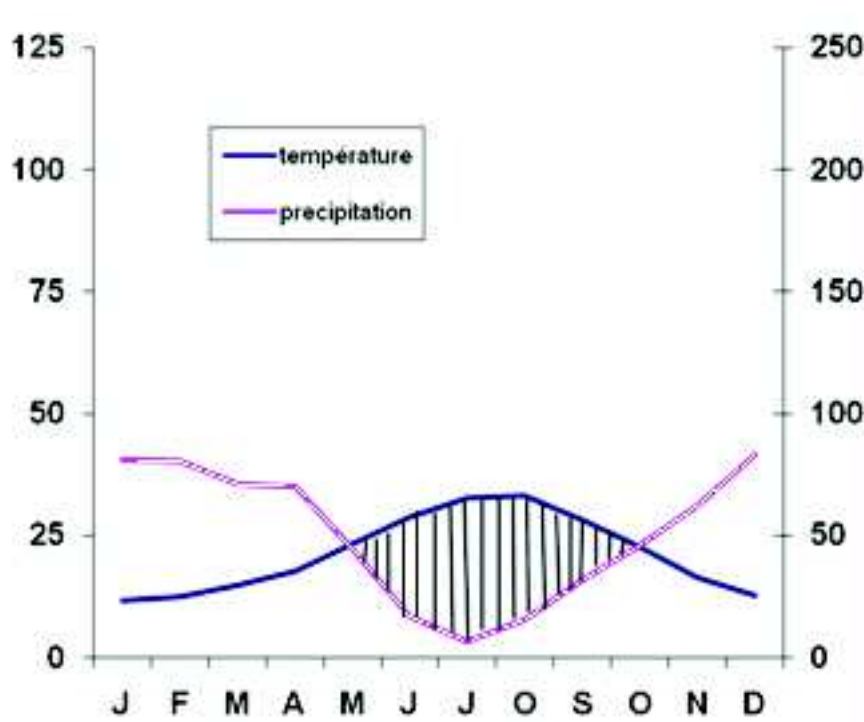
**Tableau VI : Régime saisonnier des deux zones d'inventaires.**

Saison		Automne	Hiver	Printemps	Eté	Type
Précipitations	Souk ahras	191.77	233.56	132.7	54.92	<b>HAPE</b>
	Tizi ouzou	282.91	492.09	311.43	44.69	<b>HAE</b>

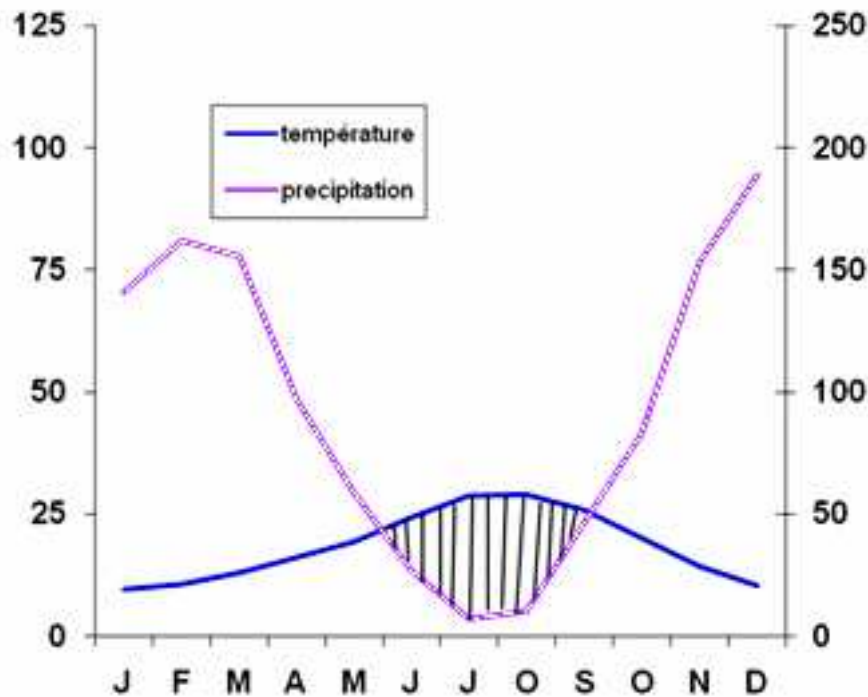
L'exploitation des données pluviométriques et des températures moyennes, simultanément sur un seul graphe, initié par Bagnouls et Gausse (1953), renseigne sur la période sèche et son intensité. Ils considèrent qu'un mois est sec quand le total des précipitations exprimée en millimètres (mm) est égal ou inférieur au double de la température (T) exprimée en degré Celsius ( $P < \text{ou} = 2 T$ )

Sur son diagramme sont reportés en abscisse les mois de l'année et en ordonnée, à droite, les précipitations (en mm), et à gauche les températures moyennes mensuelles (en degré Celsius) à une échelle double de celle des précipitations. Quand la courbe des précipitations passe au dessus de celle des températures, la période s'étendant entre les abscisses des points d'intersections des deux courbes correspond à la durée de la saison sèche, son intensité est traduite par la surface du graphe comprise entre les deux courbes pendant cette période.

Ainsi les diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausse, illustrés par les figures 13 et 14 montrent que la période sèche pour les zones d'inventaires de Souk ahras du mois de mai jusqu'à la fin du mois d'octobre, soit cinq (05) mois dans l'année. Quant aux zones d'inventaires de Tizi ouzou, cette période s'étale de juin au mi septembre, soit un peu plus de trois (03) mois.



**Figure 13 :Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausse 1953, de Souk ahras (ZIS)**



**Figure 14** :Diagramme ombrothérmique de B agnoul et Gaussien (1953) de Tizi ousou(ZIT)

Enfin, la caractérisation du bioclimat est l'œuvre d'Emberger (1930) in Derridj (1990) qui a établi un quotient représenté par le rapport entre les précipitations moyennes annuelles (P) et les températures maximales moyennes du mois le plus chaud (M) et les températures minimales moyennes du mois le plus froid(m). L'expression de ce quotient est la suivante

$$Q_2 = 2000 * P/M^2 - m^2$$

En général, le climat est d'autant plus humide que le coefficient Q est grand. Seulement, ce coefficient est insuffisant pour refléter la valeur bioclimatique d'une station. Pour plus de précision, on introduit la valeur (m : température moyenne minimale du mois le plus froid) comme valeur écologique différentielle.

Ce climagramme (figure 14) est adopté par la quasi-totalité des bioclimatologues et écologues de la région méditerranéenne.

Pour l'Algérie, Stewart ph(1969) a montré que le quotient pluviométrique peut s'écrire après simplification :

$$Q_2 = 3.43 (P/M - m)$$

**P** : Pluviométrie moyenne annuelle (mm)

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

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

Ainsi, dans notre cas, après calcul du quotient d'EMBERGER, on trouve une valeur de  $Q=70.59$  pour Souk ahras, et  $Q= 155.05$  pour Tizi ousou; ce qui situeraient ces régions sur le climagramme (Fig.15), respectivement, dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré pour la première citée, et dans l'étage humide à hiver tempéré pour l'autre. C'est d'ailleurs dans ces deux étages que se cantonnent la majeure partie des suberaies algériennes.

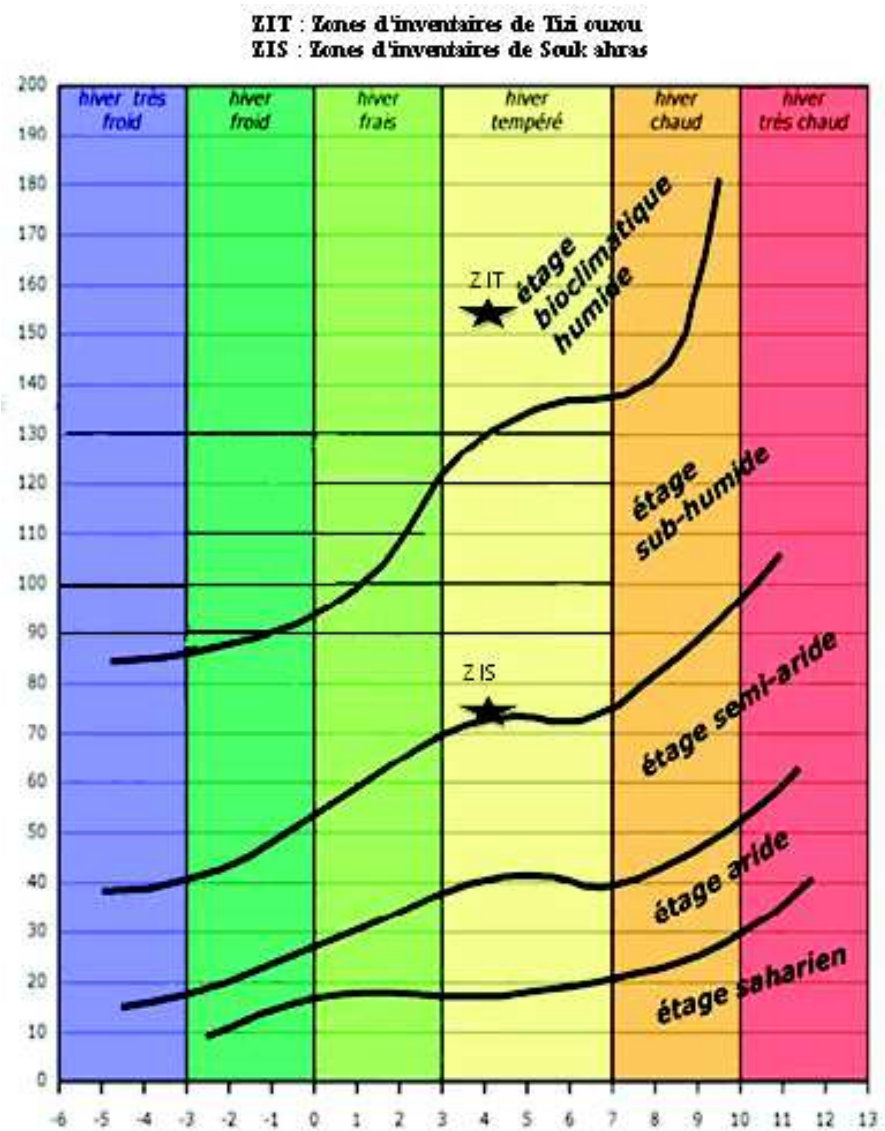


Figure 15 :Positionnement de zones d'inventaires sur le climagramme d'Emberger.



# DEUXIEME PARTIE : INVENTAIRE ECO-DENDROMETRIQUE ET ETUDE QUANTITATIVE

## CHAPITRE III: METHODOLOGIE

L'exploitation des ressources forestières en vue de répondre aux besoins des divers secteurs économiques et industriels doit être abordée avec un souci d'efficacité maximum. Aussi, s'agit-il de planifier une exploitation optimisée des forêts qui garantisse la satisfaction des besoins, tout en préservant le patrimoine forestier (M'Hirit, 1982). Pour ce faire, une évaluation aussi précise que possible des ressources actuelles et potentielles, au niveau de la parcelle, du massif forestier, de la région voire du pays s'impose à l'évidence. Cet objectif ne peut être atteint sans le recours à la dendrométrie.

La méthodologie de conduite d'inventaire éco-dendrométrique de nos zones d'études consiste à choisir la stratégie d'échantillonnage à asseoir sur terrain, puis à l'implantation et la matérialisation de nos placettes d'inventaires, et enfin, à la récolte des données d'analyses.

### III.1 : Choix du type d'échantillonnage

---

La méthode classique d'inventaire pied par pied (ou en plein) des peuplements est longue, fastidieuse et coûteuse (Pardé et Bouchon, 1988). Hormis quelques situations singulières (stations expérimentales permanentes, peuplement de faible effectif : Cyprès de Tassili, Pin noir du Djurdjura...), on lui préfère le plus souvent l'inventaire statistique par échantillonnage qui consiste à prélever dans une population donnée des unités d'échantillonnages (Palm, 1977). Celui-ci regroupe plusieurs méthodes d'inventaires (Dagnellie et al, 1978).

Dans notre présent cas, nous avons adopté l'échantillonnage systématique, décrit par plusieurs auteurs (Palm, 1976 ; Duplat et Perrote, 1981 ; Bouchon et Pardé ; 1988- Rondeux, 1993), qui offre l'avantage de la facilité de réalisation sur le terrain et la régularité de la répartition des placettes. Il permet en outre une meilleure représentation des conditions de croissance, au sens forestier des peuplements (Dagnellie, 1990 in Allili, 2002).

### III.2 : Echantillonnage au sol

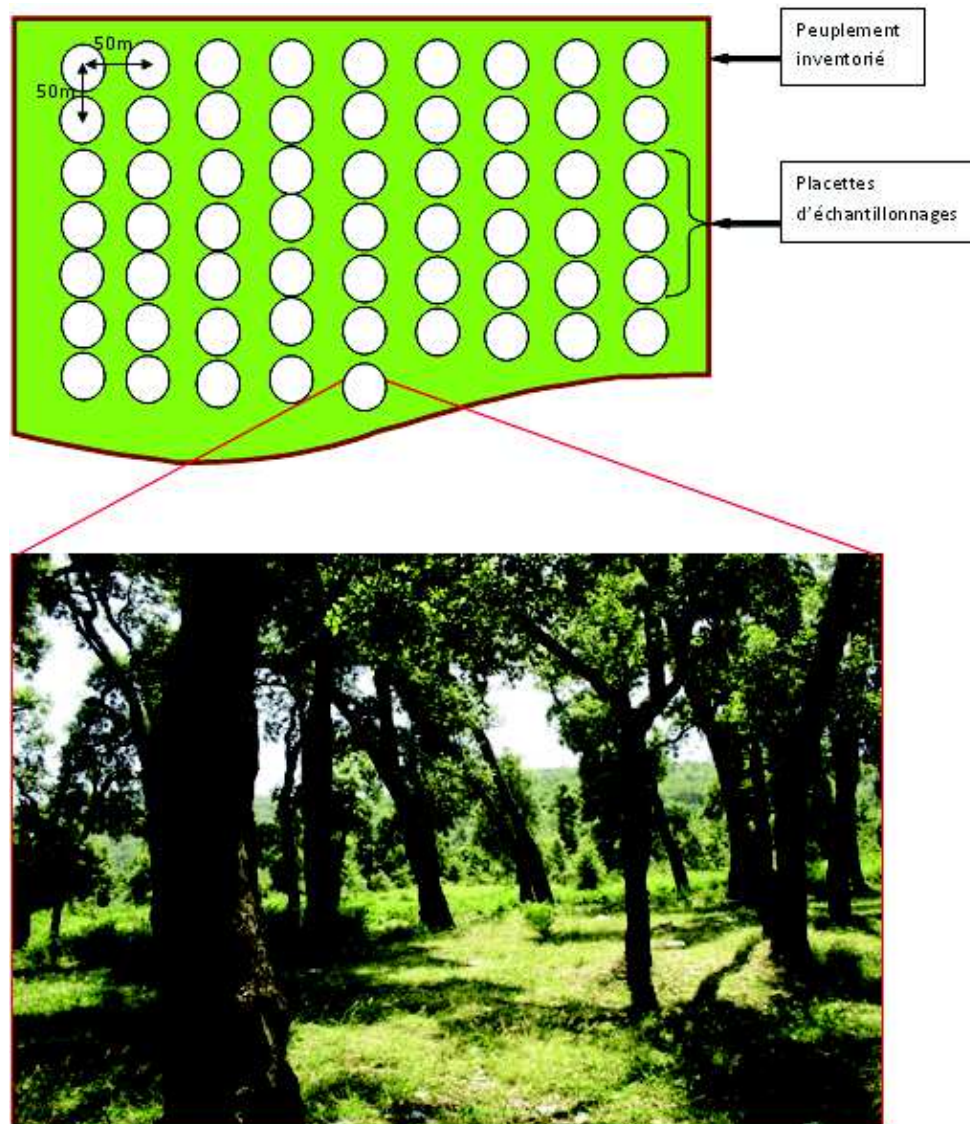
---

Aux différents points illustrés sur, respectivement, les figures 6 et 7 pour Boumezrane et Ouled bechih et les figures 9 et 11 pour Tamgout et Béni ghobri, nous avons procédé à l'implantation des placettes d'échantillonnages. Les peuplements de Chêne liège inventoriés sont purs, issus des futaies saines, non incendiées et toujours en production. Nous avons veillé à l'homogénéité stationnelle suffisante du point édaphique, floristique et dendrométrique comme le préconise Rondeux (1977b), où l'on pourra pratiquer la même sylviculture et espérer le même rendement.

Le plan de sondage a été effectué suivant un réseau de maillage, matérialisé par l'implantation des placettes temporaires d'échantillonnages de forme circulaire, de 2 ares de superficies, et sont espacées de 50 m les unes des autres (Fig. 16).

La réalisation proprement dit de l'inventaire sur le terrain s'est fait selon les recommandations de Rondeux (1993) conformément au type d'échantillonnage choisi. Nous avons repéré le centre de la première placette au hasard (Dagnelie et al, 1978), puis nous l'avons délimité à l'aide d'un ruban mètre de façon à obtenir la superficie fixée au préalable.

Les autres placettes sont ensuite localisées de façon régulière, en progressant tous les 50 m dans une direction donnée au moyen d'une boussole forestière et d'un double décamètre. Ainsi, 16 et 14 placettes temporaires, ont été parcourues respectivement à El hamra (Forêt domaniale de Boumezrane) et Mechrouha (Forêt domaniale d'Ouled bechih), et 26 et 15 respectivement pour Arerib (Forêt domaniale de Tamgout) et Taourirt (Forêt domaniale de Béni ghobri).



**Figure 16** : Schéma du plan de sondage adopté sur le terrain

---

### III.3 : Récolte des données.

---

#### III.3.1 : Variables dendrométriques mesurées.

##### III.3.1.1 : Circonférence et diamètre des arbres.

Au niveau de chaque placette délimitée, nous avons procédé à l'identification de tous les arbres pré-comptables, c'est-à-dire ceux ayant une circonférence à 1.30m du sol égale ou supérieur à 15 cm (Yessad, 1990). Les arbres morts ne sont pas inventoriés. Les autres ont tous été numérotés, en vue de faciliter le recensement et d'éviter de faire des erreurs d'inventaires, notamment de comptabiliser deux (02) fois la mesure d'une même tige. Le matériel de mesure utilisé dans le cadre de ces opérations est le ruban mètre pour la circonférence, et le compas forestier pour le diamètre.

##### III.3.1.2 : Hauteur totale des arbres.

Tous les arbres inventoriés précédemment, ont fait l'objet de mesure de leur hauteur totale. L'instrument de mesure utilisé est le FORESTOR VERTEX III. C'est un appareil suédois qui inaugure la nouvelle génération de dendromètres, basée sur la technologie ultrasonique. Il est composé de deux unités : le dendromètre lui-même (émetteur d'ultrasons) et le transpondeur (récepteur) (Rondeux et Pauwels, 1998).

##### III.3.1.3 : Hauteur de démasclage ou du canon.

Avec le même instrument que précédemment, nous avons procédé à la mesure de la hauteur de démasclage de tous les arbres « porteurs » inventoriés dans chaque placette. Le relevé de cette variable permettra d'estimer le coefficient de démasclage appliqué dans les différents peuplements.

##### III.3.1.4 : Espacement entre les arbres.

Nous avons mesuré, à l'aide d'un décamètre, pour chaque arbre inventorié dans la placette, l'espacement qui existe entre celui-ci et chacun des arbres qui l'entourent. Cette partie a concerné que les peuplements de Béni Ghobri et Tamgout de la région de Tizi ouzou.

#### III.3.2 : Variables sylvicoles calculées.

##### III.3.2.1 : La surface terrière

C'est la surface de la section transversale de l'arbre à hauteur d'homme (1.30m) (PARDE et BOUCHON, 1988) soit  $G_i = (1/4\pi) \times C_i^2$  ;  $C_i$  : circonférence de l'arbre à 1.30m.

Pour avoir la surface terrière d'une placette ou d'un peuplement, il suffit de sommer les surfaces terrières de tous les arbres qui le composent (soit  $G = \sum G_i$ ).

C'est un des indicateurs utilisé pour la gestion sylvicole ou lors de l'étude de peuplements forestiers. Le suivi dans le temps de cette mesure donne en effet un indice précis de la productivité ligneuse d'une parcelle, via la vitesse de croissance (en diamètre) des arbres. La *surface terrière* est aussi un indice d'occupation du sol et de l'espace par les arbres.

Cette variable permettra donc de situer la densité des différents peuplements inventoriés.

### III.3.2.2 : La hauteur dominante

Universellement employée, la notion de hauteur dominante est définie différemment par les auteurs. Pardé (1961), Hamilton (1975) in Yessad(1988) et M'hirit (1982), recommandent de considérer la hauteur moyenne arithmétique des 100 plus gros arbres à l'hectare comme hauteur dominante du peuplement. Elle est indicatrice des conditions stationnelles et du niveau de fertilité de la zone, fluctue continuellement dans le temps et échappe à l'effet des interventions brusques dans le peuplement (Palm, 1981).

### III.3.2.3 : Le coefficient de démasclage (K).

La hauteur de levée du liège se détermine à partir de la circonférence prise sur écorce (niveau à 1.30m du sol) à laquelle on affecte un coefficient de démasclage (Hamard, 1980). Ce coefficient prend pour valeur « 2 » selon la réglementation en vigueur sur l'exploitation du liège. On peut l'augmenter ou le réduire en fonction de la fertilité de la station

$$\text{Hauteur du liège levée} = C_{1.30m} \times \text{Coefficient de démasclage.}$$

### III.3.3 : Quantification de la croissance des arbres

Nous distinguons plusieurs approches de la quantification de la croissance des arbres, selon les préoccupations et objectifs recherchés par l'auteur. Cependant, c'est souvent la croissance radiale et en hauteur, plus précisément la hauteur dominante citée à un âge de référence qui sont privilégiés (Becker, 1992 ; Décourt, 1973 in Ounnas, 2001).

Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes intéressés beaucoup plus à la circonférence des arbres, en raison de la spécificité de *Quercus suber*, qui tire sa plus-value non pas de son bois, mais de son liège de reproduction. La quantité produite de celui-ci, est intimement liée à la grosseur de l'arbre, qui elle-même dépend de la densité de peuplement.

#### III.3.3.1 : La densité

La densité correspond au nombre d'arbres sur une surface donnée. Elle permet de différencier les peuplements et est très souvent utilisée en foresterie. Elle dépend directement du type de sylviculture à appliquer.

La densité optimale d'une suberaie est celle qui permet, en même temps qu'une utilisation du sol aussi complète que possible, la production du liège maximale, sans que la qualité ni l'épaisseur du liège en souffre et sans porter atteinte au développement végétatif et la longévité des arbres (Natividade, 1956). Elle peut être quantifiée en fonction de la surface terrière (définie précédemment) et en fonction du nombre de tiges à l'hectare. En effet, La surface terrière ou le nombre de tiges ne peuvent conduire isolément à une approche dendrométrique pertinente du peuplement. En revanche l'association des deux se révèle particulièrement intéressante pour comparer des peuplements entre eux (ONF, 2007)

#### III.3.3.2 : La structure

La structure d'un peuplement est la répartition des tiges dans l'espace horizontal. Elle est caractérisée le plus fréquemment par une courbe de répartition des grosseurs où l'on

porte en abscisse les catégories des dimensions de diamètres ou de circonférences et en ordonnée les catégories de nombre de tiges (Boudru, 1989).

Le peuplement est dit équienné lorsque la courbe représentant l'histogramme de la répartition des arbres est en forme de cloche (courbe de Gauss). On parle alors d'une distribution BÉTA propre au peuplement régulier (Duplat et Perrotte, 1988). On distingue aussi un peuplement inéquienné dont la distribution des tiges est exponentielle reflétant un peuplement jardinée.

L'analyse graphique de la distribution des tiges est toujours appuyée d'un test statistique dit de normalité. Dans notre étude, nous avons appliqué le test de Kolmogorov et Smirnov. Il est basé sur la comparaison de la fonction cumulative de la fréquence observée  $N/(x)$  avec la fonction de répartition  $F_i(x)$  de la population. L'écart maximum entre la fonction cumulative de la fréquence des observations et la fonction de la répartition de chaque peuplement permet le rejet de l'hypothèse de normalité respectivement à des risques d'erreurs  $\alpha=0.05$  et  $\alpha=0.01$  s'il est supérieur ou égal aux deux valeurs critiques.

Outre la composante **génétique de l'essence**, la **typologie de la station** (climat, fertilité), et l'**âge** du peuplement, la **sylviculture** à travers la régulation des paramètres : densité et structure du peuplement, prend une part active dans la croissance en grosseur et en hauteur des arbres (Deleuze, 1996). D'où l'intérêt à quantifier ces deux derniers paramètres qui vont nous fournir certains éléments de réponse, lors de l'analyse de nos modèles de croissance.

### III.3.3.3 : Ajustement des modèles d'équations

Dans ce présent travail, l'étude de la relation entre la circonférence, la hauteur, et l'écartement entre les arbres, se base sur la même démarche classique de construction de modèles de croissance, dits *dendrométriques*, qui s'appuie sur l'ajustement à un ensemble de données, d'un modèle empirique, représenté par un système d'équations. Ce système, allant d'une simple relation linéaire à une combinaison d'équations (Bossel, 1987-a in Deleuze, 1996). On retiendra en définitif l'équation qui expliquera au mieux la relation liant les variables dendrométriques objets d'étude.

De nombreuses relations susceptibles de représenter un phénomène de croissance sont proposées dans la littérature. Elles visent généralement la description de l'évolution de la hauteur dominante en fonction de l'âge. Les modèles de croissance les plus couramment utilisés sont ceux de Duplat et Tran-ha, de Lundqvist et Maëtrn et de Chapman-Richards (voir annexe1) (Pardé et Bouchon, 1988).

Cependant, en foresterie chaque peuplement à ses règles de sylviculture et de gestion, donc chaque espèce doit être modélisé dans son contexte écologique (courbaud et al, 2000), en fonction du but recherché et des données disponibles (Bailly et Bigot, 1997 ; Collin et al, 1992 in Mokhtari, 2006).

Quant à notre travail, il porte sur des modèles très simples de définition, ajustés par la méthode des moindres carrés. Nous avons testé les équations de régressions suivantes, qui sont préprogrammées dans le logiciel Xslstat.

- L'équation exponentielle :  $y = e^{ax+b}$
- L'équation de puissance :  $y = ax^b$
- L'équation polynomiale :  $y = ax^2 + bx + c$
- L'équation logarithmique :  $y = a \log x + b$
- L'équation linéaire :  $y = ax + b$

L'équation retenue est celle qui présente un coefficient de détermination ( $R^2$ ) le plus élevé, et un écart type résiduel ( $S_{xy}$ ) le plus faible, définis respectivement comme suit :

- Le coefficient de détermination ( $R^2$ ) , varie de 0 à 1, traduit la part de variation la variable dépendante ( $y$ ), expliquée par la variable ( $x$ ).
- L'écart type résiduel ( $S_{xy}$ ) correspond à la différence entre les valeurs observées de la valeur ( $y$ ) et celle estimées par la régression.

La précision du modèle choisit passe par l'analyse des résidus qui permet de vérifier, à posteriori la validation du modèle (Palm, 1986).

Nous nous sommes intéressés d'abord à l'équation mathématique qui explique au mieux la relation entre la circonférence à 1.30m et la hauteur totale des arbres et inversement dans chacune de nos zones d'inventaires; mais aussi entre chacune de ses variables et l'espacement entre les arbres au niveau seulement de Tamgout et Béni ghobri, et enfin nous avons ajusté un modèle à trois variables (hauteur, espacement et diamètre du houppier) pour la seule zone de Béni Gobri.

## CHAPITRE IV : RESULTATS

### IV.1 : Traitements statistiques

---

L'étude statistique des données collectées sur le terrain a été réalisée grâce au logiciel de statistique Xslstatversion 7.5.2, qui est une extension du tableur Excel.

Les principaux paramètres statistiques discutés lors de l'analyse descriptive utilisée Sont les suivants:

#### IV.1.1 : La moyenne.

La moyenne que l'on désigne par  $X$  est le paramètre de position le plus simple et le plus utilisé, qui s'obtient en divisant la somme des valeurs observées par le nombre d'observation.

$$X = 1/N \times (\sum xi) \quad xi : \text{variable dendrométrique}$$

$$N : \text{nombre totale d'observation}$$

#### IV.1.2 : L'écart type

Il exprime la variation des différentes valeurs par rapport à la moyenne.

$$L'écart type = \sqrt{\sigma^2}$$

$$\sigma^2 = \sum (xi - x)^2 / N - 1$$

#### IV.1.3 : Le coefficient de variation

Il traduit le degré d'hétérogénéité du peuplement en ce qui concerne la variable considérée. Il est obtenu en exprimant l'écart type en valeur relative ou en pourcentage de la moyenne (Dagnelie, 1977).

$$CV = \sigma / X \times 100$$

#### IV.1.4 : Le coefficient d'asymétrie ( $\beta$ )

Il caractérise le degré d'asymétrie d'une distribution par rapport à sa moyenne. Une asymétrie positive (dite droite) indique une distribution unilatérale décalée vers les grandes valeurs, alors qu'une asymétrie négative (dite gauche) indique un décalage de la distribution vers les valeurs inférieures à la moyenne (Allili, 2002). Il est égal à zéro (0) lorsque la distribution est normale.

#### IV.1.5 : le coefficient d'aplatissement (kurtosis).

Le kurtosis ( $\gamma$ ) caractérise la forme de distribution d'une variable (forme de pic ou aplatie). Lorsqu'il est positif, il indique une distribution relativement pointue par rapport à la distribution normale ( $\gamma=0$ ) et signifie qu'il n'y a pas une grande hétérogénéité de la variable étudiée, donc pas de grande dispersion par rapport à la moyenne (Sanders et al, 1984 in MOKHTARI, 2006), et inversement lorsqu'il est négatif.

## IV.2 : Résultats proprement dits

---

### IV. 2.1 : Caractéristiques écologiques de zones inventoriées.

Nous avons consigné dans le tableau VII les principales caractéristiques écologiques relevées durant nos différents inventaires. Il en ressort que nos zones d'inventaires sont localisées dans des peuplements purs de hautes montagnes de Chênes lièges. Elles sont situées sur des terrains de moyenne pente, exposés globalement au nord, reposant sur des sols bruns lessivés.

Nous avons noté, l'absence de strate arbustive au niveau de Machrouha (Souk ahras) et Taourirt (Tizi ouzou), liée aux opérations de débroussaillage effectuées depuis de longue date.

Tableau VII: Caractéristiques écologiques des stations inventoriées

Station	Suberaie de Souk ahras		Suberaie de Tizi ouzou	
	Boumezrane	Ouled bechih	Tamgout	Béni ghobri
Forêts	El Hamra	Machrouha	Arerib	Taourirt
Lieu dit	El Hamra	Machrouha	Arerib	Taourirt
Altitude(m)	750-850	790-1050	760-800	750-760
Exposition	Nord –Nord.Est	Nord– Nord .Ouest	Nord	Nord
Pente (%)	10.26-28.8	10-27.7	12-26	15-25
Nature lithologique	Grés numidiens	Grés numidiens	Eboulis de grés	Grés numidiens
Sols	Brun lessivé	Brun lessivé	Brun lessivé peu profond	Brun lessivé profond
Nature du peuplement	Suberaie pure	Suberaie pure traitée (débroussaillée)	Suberaie pure	Suberaie pure traitée (débroussaillée)

## IV .2.2 : Statistiques descriptifs des variables dendrométriques

### IV.2.2.1 : La circonférence

Il ressort du tableau VIII que la plus petite des valeurs moyennes de la circonférence (**92,96** cm), est observée dans la forêt domaniale de Boumezrane ; et la plus grande valeur (**142.46** cm) à Béni Ghobri. La plus petite circonférence est de **22**cm, elle est enregistrée à Boumezrane, quant au plus gros arbre, il mesure **291** cm et se situe à Béni ghobri.

Les coefficients de variation de **36%** et **33%** pour Boumezrane et Ouled bechih indiquent que les peuplements de Souk ahras sont relativement plus hétérogènes que ceux de Tamgout et Béni Ghobri (**26 %** et **22%**). La dispersion des valeurs autour de la moyenne est plus grande à Souk Ahras, reflété par ailleurs par les plus fortes variances (**1110, 43** et **1387,61**)

Les quatre peuplements inventoriés, enregistrent des coefficients asymétriques positifs révélateurs d'une asymétrie droite, qui signifient que les arbres aux circonférences dépassant la valeur moyenne prédominent.

Il en est de même pour le coefficient d'aplatissement, dont la valeur positive dans chacun des peuplements signifie une distribution pointue, qui dénote de l'homogénéité de la dispersion de la variable circonférence.

Tableau VIII: Données des statistiques descriptives de la variable circonférence.



Variables	Circonférence (cm)			
	Suberaie de Souk ahras		Suberaie de Tizi ouzou	
Stations	F.D.B	F.D.OB	F.D.T	F.D.BG
Nb. d'observations	166	153	163	146
Minimum	22,00	25,00	60,70	77,00
Maximum	230,00	271,00	230,00	291,00
Amplitude	208,00	246,00	169,30	214,00
Moyenne	92,96	112,36	119,06	142,46
Variance	1110,43	1387,61	1013,56	950,67
Ecart-type	33,32	37,25	31,83	30,83
Coefficient de variation	0,36	0,33	0,26	0,22
Asymétrie	1,19	0,89	0,60	1,23
Aplatissement	2,47	1,85	0,09	3,57

**F.D.B** : Forêt domaniale de Boumezrane **F.D.T** : Forêt domaniale de Tamgout

**F.D.OB**: Forêt domaniale d'Ouled bechih **F.D.B.G** : Forêt domaniale de Béni ghobri

#### IV.2.2.2 : La hauteur totale.

La hauteur totale suit plus ou moins le même profil que les circonférences. En effet, le tableau IX montre la plus petite valeur moyenne à Boumezrane (**7.77 m**) et la plus forte à Béni ghobri (**14.73 m**) alors que Tamgout et Ouled Bechih enregistrent des hauteurs totales assez proches (**11.21** et **11.62 m**). Le plus petit sujet inventorié mesure **3.20 m**, se trouve à Boumezrane ; et le plus grand sujet fait **22.60 m** de haut et est localisé à Tamgout.

Avec un CV de **16%**, la suberaie de Béni ghobri apparait plus homogène, contraire à Ouled Bechih (**29%**). En revanche, l'écart types ( $\sigma$ ) apparait plus réduit à Boumezrane (**2,02**).

Les quatre peuplements inventoriés, enregistrent des coefficients asymétriques positifs révélateurs d'une asymétrie droite, qui signifient que les arbres aux circonférences dépassant la valeur moyenne prédominent.

Quant au kurtosis, il est négatif pour le peuplement de Béni ghobri qui signifie que la distribution est aplatie et dénote ainsi une certaine hétérogénéité du peuplement par rapport à la variable considérée, contrairement aux trois autres peuplements dont le coefficient d'aplatissement est positive.

Tableau IX: Données des statistiques descriptives de la variable hauteur

**Etude de la relation entre la circonférence et la hauteur ; et entre la circonférence, la hauteur et l'espacement des arbres**

Variables	Hauteur(m)			
	Suberaie de Souk ahra		Suberaie de Tizi ouzou	
Stations	F.D.B	F.D.OB	F.D.T	F.D.BG
<b>Forêts</b>	<b>F.D.B</b>	<b>F.D.OB</b>	<b>F.D.T</b>	<b>F.D.BG</b>
Nb. d'observations	166	153	163	146
Minimum	3,20	3,30	6,60	10,00
Maximum	19,00	21,00	22,60	22,00
Amplitude	15,80	17,70	16,00	12,00
<b>Moyenne</b>	<b>7,77</b>	11,21	11,62	<b>14,73</b>
Variance	4,07	11,12	9,05	6,04
Ecart-type	2,02	3,33	3,01	2,45
Coefficient de variation	0,26	0,29	0,26	0,16
Asymétrie	0,99	0,20	1,02	0,32
Aplatissement	4,62	0,09	0,86	-0,20

**F.D.B** : Forêt domaniale de Boumezrane **F.D.T** : Forêt domaniale de Tamgout

**F.D.OB**: Forêt domaniale d'Ouled bechih **F.D.BG** : Forêt domaniale de Béni ghobri

En somme, l'analyse des deux variables dendrométriques dénotent, quel que soit la suberaie prise en considération, une certaine hétérogénéité de nos zones d'inventaires.

Cependant nous avons procédé à l'analyse du box plot ou boîte à moustache de la circonférence (Fig. 18) et de la hauteur (Fig. 17) des différentes zones d'inventaires, afin de repérer des Outliers ou valeurs aberrantes, qui pourraient biaiser l'estimation des valeurs moyennes.

Le calcul fait, après suppression des Outliers (A.S.O), illustré dans le tableau X, montre que les minimums et les maximums changent, mais n'affecte pas significativement les valeurs moyennes observées. Le poids des valeurs supprimées, aussi bien pour la circonférence que la hauteur, est donc insignifiant sur le calcul de la moyenne.

**Tableau X: Circonférence et hauteur moyennes , avant et apres suppression des outliers**

Variables		Hauteur(m)			Circonférence 1,3 (cm)		
		Moy	Min	Max	Moy	Min	Max
F.D.B	A <sub>v</sub> .S.O	7,77	3,20	19,00	92,96	22,00	230,00
	A <sub>p</sub> .S.O	7,74	3,50	13,10	92,05	38,00	203,00
F.D.O	A <sub>v</sub> .S.O	11,21	3,30	21,00	112,36	25,00	271,00
	A <sub>p</sub> .S.O	11,17	4,40	20,00	110,75	25,00	202,00
F.D.T	A <sub>v</sub> .S.O	11,62	6,60	22,60	119,06	60,70	230,00
	A <sub>p</sub> .S.O	11,54	6,60	21,00	118,35	61,00	202,00
F.D.B	A <sub>v</sub> .S.O	14,73	10,00	22,00	142,46	77,00	291,00
	A <sub>p</sub> .S.O	14,73	10,00	21,70	142,25	90,00	240,00

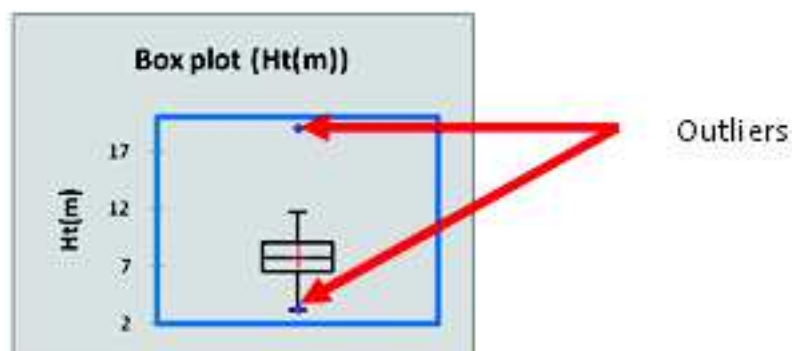


Figure 17 :Box plot de la hauteur dans la F.D.B

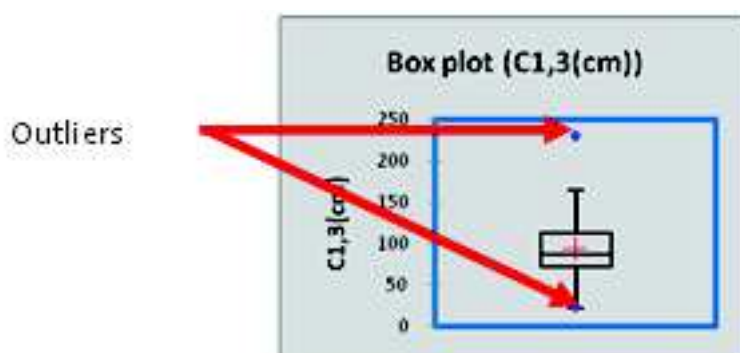


Figure 18 :Box plot de la circonférence dans la F.D.B

#### IV.2.2.3 : La hauteur dominante

Outre la hauteur totale, nous avons calculé la hauteur dominante pour chacune des zones inventoriées (Tableau XI). Cette dernière est utilisée comme critère de détermination de

la fertilité des stations, car elle varie de manière assez continue dans le temps et que son évolution peut traduire la croissance du peuplement (Palm, 1977), aussi, elle a une grande indépendance vis-à-vis des conditions ou traitements sylvicoles (Husch, 1963 in Yessad, 1988). Ainsi, la forêt de Béni ghobri, où la hauteur dominante est de **15,89 m**, apparaît comme la plus fertile.

**Tableau XI: Hauteur dominante dans les différentes zones d'inventaires**

Station	Suberaie de Souk ahras		Suberaie de Tizi ouzou	
	Boumezrane	Ouled bechih	Tamgout	Béni ghobri
Lieu dit	El Hamra	Machrouha	Arerib	Taurirt
Hauteur dominante (HD en m)	9,33	13,99	14.15	<b>15.89</b>

#### IV.2.2.4 : Le coefficient de démasclage

En Algérie les services des forêts ont arrêté le coefficient de déliègeage à  $K=2$ . Cependant, le coefficient choisi est-il vraiment respecté en pratique ? Ce choix s'est-il opéré de façon arbitraire ou sur des bases scientifiques ? De ce coefficient dépendra beaucoup la production du liège de reproduction en fonction de la surface génératrice. Pour répondre à ces questions, nous avons calculé  $K$  pour chaque zone d'étude et obtenu les résultats suivants :

**Tableau XII:Le coefficient de démasclage dans les différentes zones d'inventaires.**

Station	Suberaie de Souk ahras		Suberaie de Tizi ouzou	
	Boumezrane	Ouled bechih	Tamgout	Béni ghobri
Lieu dit	El hamra	Machrouha	Arerib	Taurirt
Hauteur moyenne de démasclage (Hd m en m)	1.71	2.29	1.73	3.15
Circonférence moyenne (Cm)	92,96	112,36	119,06	142,46
Circonférence moyenne (m)	0.93	1.12	1.19	1.42
Coefficient de démasclage ( $K=Hd \text{ m} / C \text{ m}$ )	1.84	2.04	<b>1.45</b>	2.22

Il ressort du tableau XII que :

1. Dans les zones d'études de Souk ahras, les coefficients de démasclages moyens obtenus sont très proches du coefficient standard fixé, contrairement à ceux de la zone de Tizi ouzou.
2. A Béni ghobri, le coefficient de démasclage moyen calculé est supérieur à celui fixé. Ce qui dénote d'une part le non respect dans l'application du coefficient fixé (tout comme d'ailleurs pour Tamgout) ; et d'autre part cette zone se trouve dans des conditions favorables de croissance du Chêne liège, incitant son exploitation à aller au-delà des normes établies.

#### IV.2.3 : La densité

Nous l'avons évalué, dans un premier temps en fonction de la surface terrière, puis en fonction du nombre de tiges à l'hectare.

Il ressort du tableau XIII, que la surface terrière la plus importante s'observe au niveau de Béni ghobri ( **82.73** m<sup>2</sup>/ha) et la plus basse à Tamgout ( **38.10** m<sup>2</sup>/ha), où l'on note une faible densité ( **313**) tiges /ha C'est au niveau de la forêt domaniale de Ouled bechih que nous avons recensé le plus grand nombre de tiges à l'hectare, estimé à **546** , pour une surface terrière de 61.25 m<sup>2</sup>/ha.

En se basant sur la légende de la stratification / densité (annexe 2, in Yessad 1990) il s'avère que les différentes valeurs des surfaces terrières obtenues pour l'ensemble des zones inventoriées correspondent aux normes d'une **forêt très dense**, ce qui est préjudiciable à la production et à la qualité du liège.

Tableau XIII:Surfaces terrières des zones d'inventaires

Stations	Suberaie de Souk ahras		Suberaie de Tizi ouzou	
	F.D.B	F.D.OB	F.D.T	F.D.BG
Forêts				
Surface terrière (cm <sup>2</sup> )	129509,96	171507,48	198067,15	248212,48
Surface terrière (m <sup>2</sup> )	12,95	17,15	19,81	24,82
Superficie des placettes (are)	32	28	52	30
Surface terrière (m <sup>2</sup> / ha)	40 ,47	61,25	<b>38,10</b>	<b>82,73</b>
Nombre de tiges	166	153	163	146
Nombre de tiges /ha	519	<b>546</b>	<b>313</b>	487

**F.D.B** : Forêt domaniale de Boumezrane **F.D.O.B**: Forêt domaniale d'Ouled bechih

**F.D.T** : Forêt domaniale de Tamgout **F.D.B.G** : Forêt domaniale de Béni ghobri

En effet, Laguna (1882 in Natividade 1956) et Lanier(1988) considèrent l'aération et la lumière comme nécessaire à une bonne production et à la bonne qualité du liège. Selon ces auteurs, dans la pratique, on constate une étroite relation entre le volume de la cime et son dégagement et l'épaisseur des planches sur des surfaces de production égale ; ce qui démontre la nécessité d'une capacité d'élaboration élevée et active pour le développement normal du tissu subéreux.

Ainsi donc, dans les peuplements très denses, où les cimes du Chêne liège se déforment et n'ont qu'un volume très réduit, les arbres supportent mal le déliègeage ; le dessèchement de la mère sur de plus ou moins grandes surfaces devient plus fréquent après chaque récolte et l'épaisseur de liège diminue beaucoup.

#### IV.2.4 : La structure

La distribution des tiges par classe de diamètre (Fig. 19, 20, 21et 22) est monomodale, et à priori de tendance gaussienne. Cependant, le test de Kolmogorov et Smirnov, (Tableau XVI), affirme que la répartition des tiges par classe de diamètres, au niveau de la forêt domaniale de Boumezrane, ne suit pas la loi normale, ce qui laisserait penser que sa structure tend vers la futaie jardinée. A l'opposé, le même test confirme que la structure régulière pour les autres forêts, (distribution normale), idéale au sens productif (Messiaoudéne, 2000).

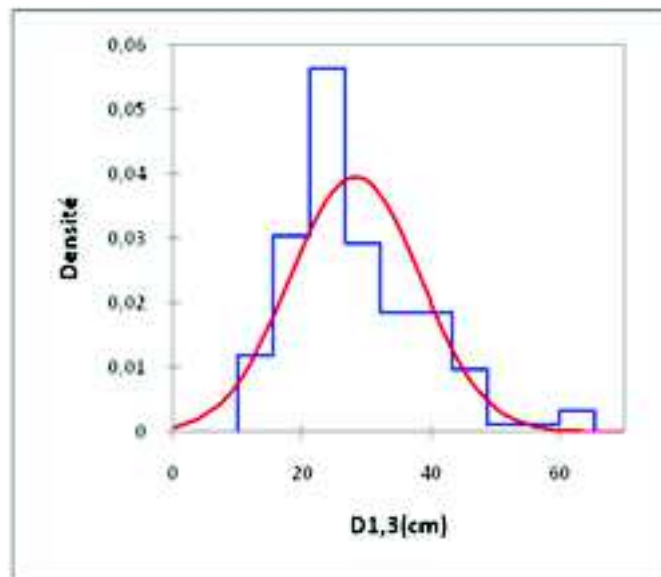


Figure 19 : Distribution des tiges dans la F.D.B

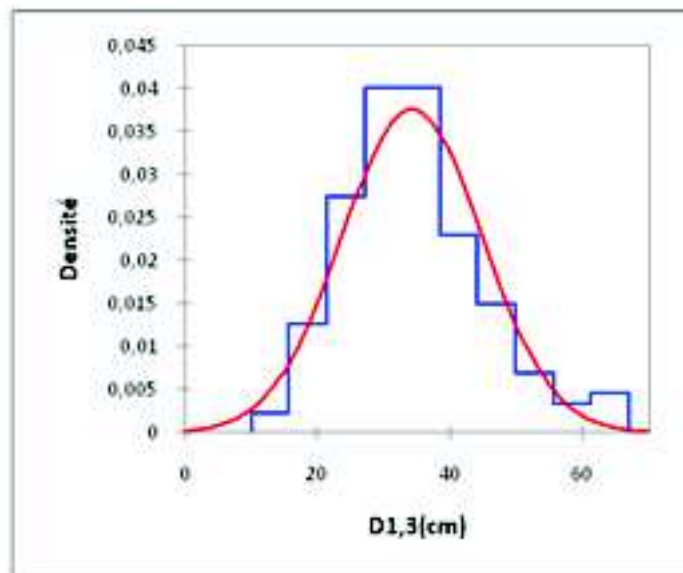


Figure 20 : Distribution des tiges dans la F.D.O.B

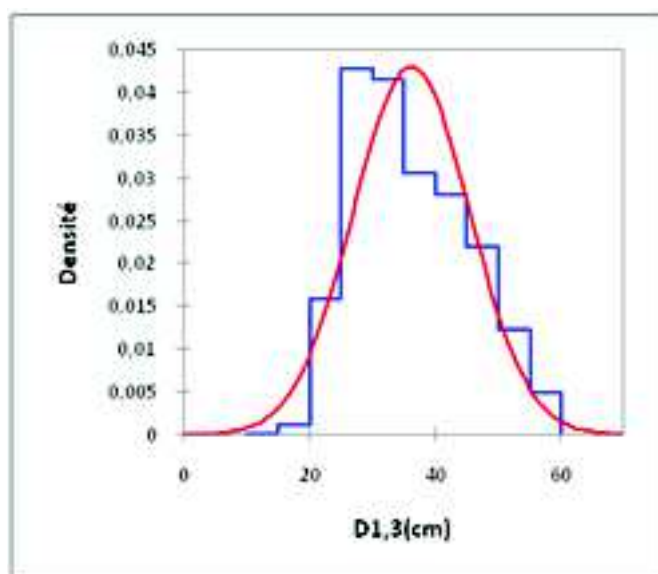


Figure 21 Distribution des tiges dans la F.D.T

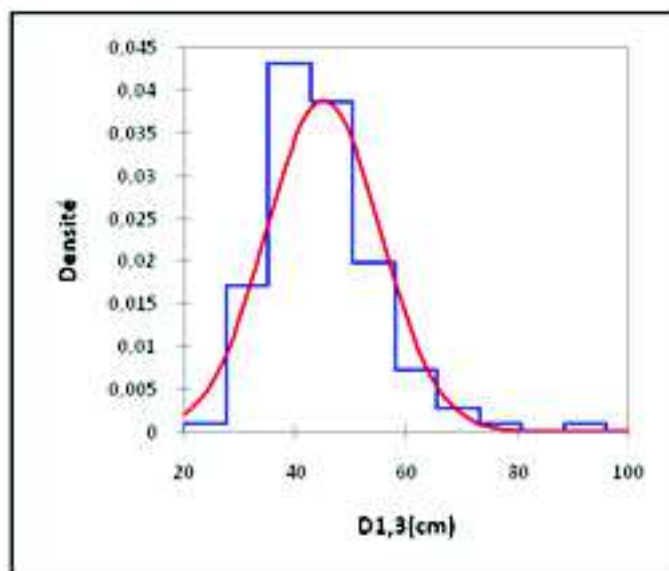


Figure 22 : Distribution des tiges dans la F.D.BG

Stations Variables	Suberaie de Souk alras		Suberaie de Tizi ouzou	
	F.D.B	F.D.OB	F.D.T	F.D.BG
Observations	166	153	163	146
Minimum	11,50	14,50	19,30	24,00
maximum	64,50	66,00	59,20	95,00
Moyenne ( $\mu$ )	28,28	34,29	36,28	45,04
Ecart type ( $\sigma$ )	10,07	10,59	9,26	10,27

Tableau XIV: Statistique simple sur le diamètre, dans les zones d'inventaire

Stations Paramètres	Suberaie de Souk ahra		Suberaie de Tizi ouzou	
	F.D.B	F.D.OB	F.D.T	F.D.BG
Moyenne( $\mu$ )	28,28	34,29	36,28	45,04
Variance	101,46	112,07	85,82	105,50
Asymétrie (Pearson)	1,04	0,66	0,34	1,30
Aplatissement (Pearson)	1,29	0,36	-0,83	3,53

Tableau XV: Statistiques des paramètres de la loi normale dans les zones d'inventaire.

Stations Paramètres	Suberaie de Souk ahra		Suberaie de Tizi ouzou	
	F.D.B	F.D.OB	F.D.T	F.D.BG
Moyenne( $\mu$ )	28,28	34,29	36,28	45,04
Variance	101,46	112,07	85,82	105,50
Asymétrie (Pearson)	1,04	0,66	0,34	1,30
Aplatissement (Pearson)	1,29	0,36	-0,83	3,53

Tableau XVI: Test de KOLMAGAROV SMIRNOV

- Au niveau de la forêt domaniale de Tamgout

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil  $\alpha=0,05$ ,

on peut valider l'hypothèse nulle  $H_0$ .

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$  alors qu'elle est vraie est de 17,50%

- Au niveau de la forêt domaniale de Béni gobi

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil  $\alpha=0,05$ ,

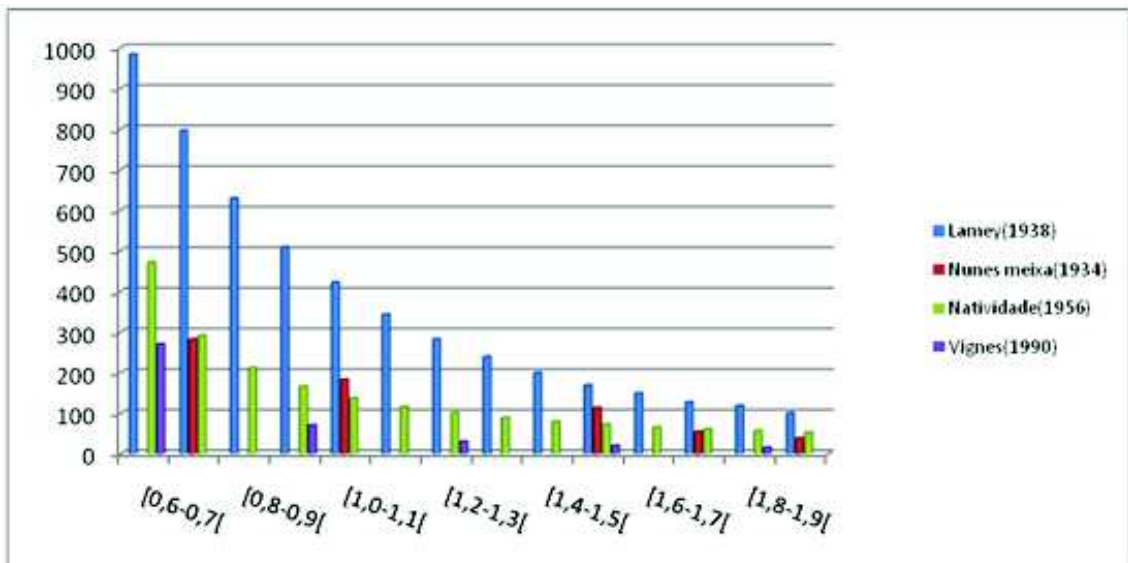
on peut valider l'hypothèse nulle  $H_0$ .

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$  alors qu'elle est vraie est de **10,69%**.

(voir annexe 3 :Statistiques descriptives pour les intervalles par zone d'inventaire)

Cependant, plusieurs auteurs (NunesMeixa, 1934 ; Lamey, 1938 ; Natividade, 1956 ; Vignes, 1990), en raison d'un souci d'équilibre entre la production du liège et la durabilité des suberaies, suggèrent que la distribution idéale des arbres s'oriente vers une structure jardinée (allure en "J" inversé) (Fig.23). Cette dernière est complexe et difficile à obtenir dans les peuplements spontanés actuels (Messoudène, 2000). L'idée est de créer la discontinuité horizontale et verticale dans les peuplements de manière à effectuer des récoltes annuelles et de réduire les risques de mortalité après incendies.





**Figure 23 :** Distribution idéale des tiges de Chêne liège selon différents auteurs.

(Source, Yessad 2005)

Pour une meilleure lecture des structures observées dans les suberaies inventoriées, nous avons comparé nos résultats à ceux d'un modèle théorique suggéré, en l'occurrence la distribution idéale selon vignes(1988). Celle-ci, comme il ressort du tableau XVII, accorde une grande importance à la classe juvénile, qui doit représenter **63,23%** du nombre de tiges à l'hectare, et décroît successivement dans les autres classes (Fig.24) , représentant le modèle de distribution du type exponentielle ou hyperbolique (Letreuch-Belarouci,1992).



**Figure 24 :**Répartition idéale du nombre de tiges à l'hectare selon Vignes(1988)

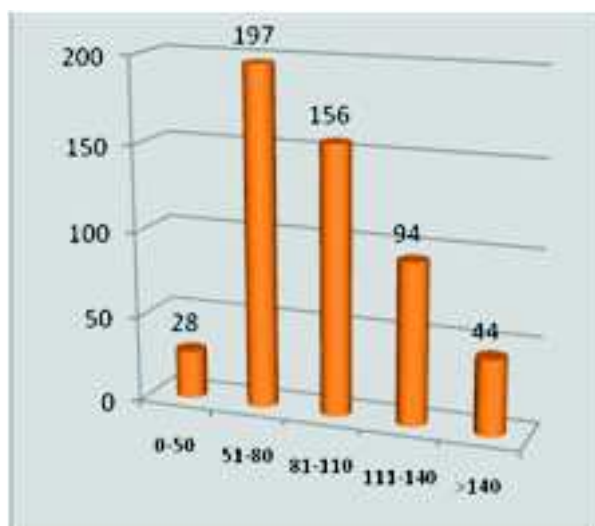
Le tableau XVII traduit par les figures 25, 26 ,27 et 28, révèle que la répartition des tiges par classe de circonférence des zones d'inventaires, diffère d'une forêt à une autre et se distingue nettement de la distribution idéale suggérée.

C'est surtout dans la classe 1 que ces différences sont observées, où l'on note l'absence totale d'effectifs, cas des suberaies de Tizi ouzou, et un taux très faible de tiges pour les suberaies de Souk Ahras, Théoriquement cette classe devrait être la plus représentée.

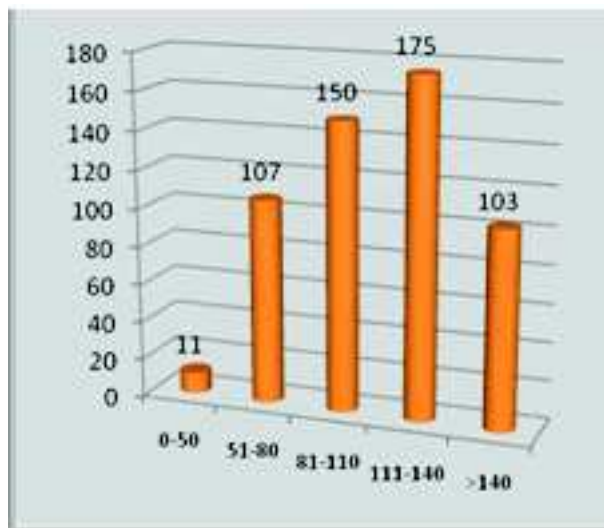
Les classes (2 et 3) totalisent la majeure partie (77.02 %) des arbres recensés dans la F.D.B qui semble refléter la jeunesse du peuplement, contrairement à la F.D.Bg où c'est les classes (3 et 4), représentant les gros arbres, qui prédominent et totalisent 88.96 % de l'effectif inventorié. Quant aux deux autres forêts (F.D.O et F.D.T), leur effectif se répartit majoritairement entre les classes (3 et 4).

Classe des circonférences (cm)			Classe1	Classe2	Classe3	Classe4	Classe5	Total
			0-50	51-80	81-110	111-140	>140	
Suberaie de Souk ahra	F.D.B	Nb de tiges à l'hect	28	197	156	94	44	519
		Pourcentage (%)	5,39	37,96	30,06	18,11	8,48	100
	F.D.OB	Nb de tiges à l'hect	11	107	150	175	103	546
		Pourcentage (%)	2,01	19,60	27,47	32,05	18,86	100
Suberaie de Tizi ouzou	F.D.T	Nb de tiges à l'hect	0	27	117	88	81	313
		Pourcentage (%)	0	8,63	37,38	28,12	25,88	100
	F.D.BG	Nb de tiges à l'hect	0	3	50	197	230	480
		Pourcentage (%)	0	0,63	10,42	41,04	47,92	100

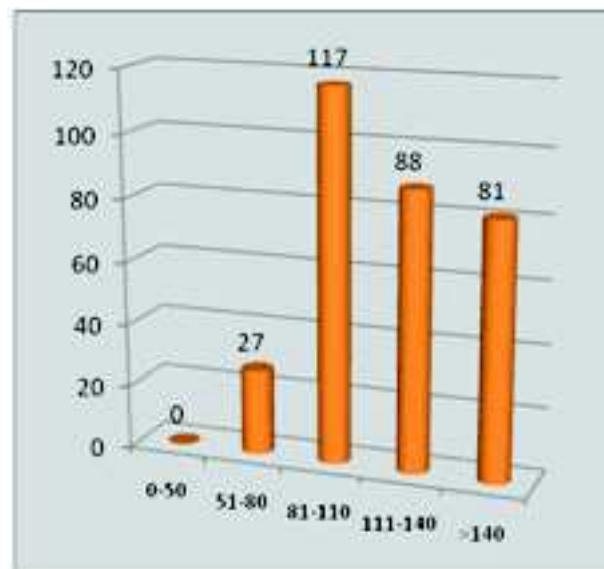
*Tableau XVII: Répartition des tiges par classe de circonférence*



*Figure 25 : Histogramme de répartition de tige F.D.B*



*Figure 26 : histogramme de répartition de tige F.D.O.B*



*Figure 27 :Histogramme de répartition de tige F.D.T*

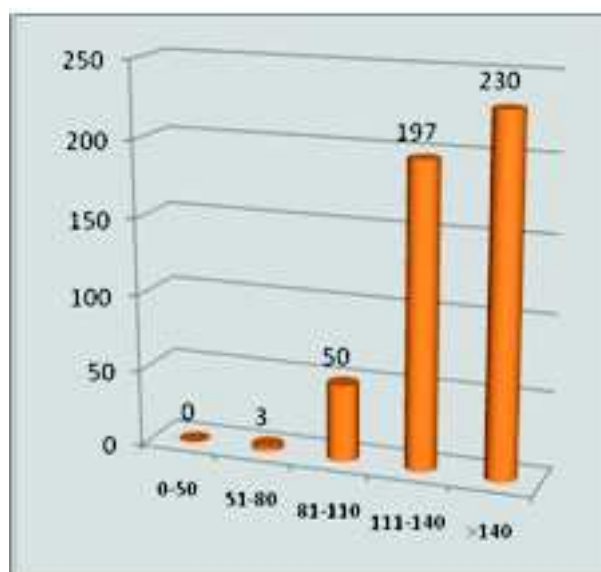


Figure 28 :Histogramme de répartition de tige F.D.B.G

#### IV.2.5. Ajustement de modèles.

##### IV.2.5.1. Ajustement de modèles à une variable.

Nous avons ajustés, dans un premier temps, différentes fonctions mathématiques standards afin de caractériser la relation entre la circonférence à 1.30 m, considéré comme variable à expliquer (à modéliser) et la hauteur totale comme variable quantitative explicative ; puis nous avons inversé les variables et obtenus les résultats suivants :

##### IV.2.5.1.1. La relation entre la circonférence à 1.30m et la hauteur totale.

Le tableau XVIII fournit les résultats des fonctions ajustées, qui traitent de la relation entre la circonférence à 1.30 m des arbres et leurs hauteurs totales, les coefficients de détermination ( $R^2$ ) et l'écart type résiduel ( $S_{xy}$ ) respectifs. Il en ressort que :

Pour chaque zone d'inventaire, les coefficients de détermination de chacune des fonctions testées sont presque identiques, à l'exception de ceux des fonctions exponentielles. On note tout de même un léger ascendant pour la fonction polynomiale.

- Les valeurs des coefficients de détermination obtenues sont inférieures à 0.50. Elles révèlent une relation médiocre entre les deux variables étudiées, d'où l'absence d'une forte synergie de croissance.
- Le modèle de puissance d'Ouled bechih fournit les  $R^2$  le plus élevé (0,43) et un  $S_{xy}$  moyen (29,07).
- Quant à Béni ghobri, elle se distingue par un coefficient de détermination qui n'atteint même pas les 0.20 pour la quasi-totalité des fonctions ajustée **s**.

Zones d'inventaires		Fonctions testées	Modèles	R <sup>2</sup>	S <sub>w</sub>
Suberaie de souk ahras	Boumezrane	Fonction linéaire	$C_{13} = 11,59 + 10,47 * Ht$	0,40	25,92
		Fonction exponentielle	$C_{13} = 82,70 + \exp(0,27 * Ht)$	0,22	29,70
		Fonction de puissance	$C_{13} = 15,39 * (Ht^{0,88})$	0,40	25,92
		<b>Fonction polynomiale</b>	<b><math>C_{13} = 5,40 + 11,65 * Ht - 4,76 * Ht^2</math></b>	<b>0,41</b>	<b>26,23</b>
		Fonction logarithmique	$C_{13} = -66,73 + 182,30 * \log(Ht)$	0,40	26,22
	Ouled bechih	Fonction linéaire	$C_{13} = 28,88 + 7,38 * Ht$	0,43	29,20
		Fonction exponentielle	$C_{13} = 92,58 + \exp(0,23 * Ht)$	0,28	32,78
		<b>Fonction de puissance</b>	<b><math>C_{13} = 19,83 * (Ht^{0,80})</math></b>	<b>0,43</b>	<b>29,07</b>
		Fonction polynomiale	$C_{13} = 11,23 + 10,78 * Ht - 0,15 * Ht^2$	0,43	29,18
		Fonction logarithmique	$C_{13} = -61,43 + 168,57 * \log(Ht)$	0,43	29,21
Suberaie de Tizi ouzo u	Tangout	Fonction linéaire	$C_{13} = 41,45 + 6,66 * Ht$	0,39	24,97
		Fonction exponentielle	$C_{13} = 103,62 + \exp(0,21 * Ht)$	0,25	27,77
		Fonction de puissance	$C_{13} = 23,57 * (Ht^{0,66})$	0,40	24,84
		<b>Fonction polynomiale</b>	<b><math>C_{13} = -9,99 + 15,14 * Ht - 0,33 * Ht^2</math></b>	<b>0,40</b>	<b>24,69</b>
		Fonction logarithmique	$C_{13} = -82,71 + 191,61 * \log(Ht)$	0,40	24,74
	Béni għobri	Fonction linéaire	$C_{13} = 65,07 + 5,23 * Ht$	0,17	28,41
		<b>Fonction exponentielle</b>	<b><math>C_{13} = 118,44 + \exp(0,20 * Ht)</math></b>	<b>0,19</b>	<b>28,09</b>
		Fonction de puissance	$C_{13} = 33,13 * (Ht^{0,54})$	0,17	28,45
		Fonction polynomiale	$C_{13} = 129,94 - 3,51 * Ht + 0,29 * Ht^2$	0,17	28,86
		Fonction logarithmique	$C_{13} = -60,83 + 174,63 * \log(Ht)$	0,17	28,49

Tableau XVIII : Relation entre la circonférence et la hauteur totale des arbres des Modèles ajustés

#### IV.2.5.1.2. La relation entre la hauteur totale et la circonférence à 1.30m.

Inversement que précédemment, les résultats des fonctions ajustés, utilisant la hauteur totale comme variable expliquée et la circonférence comme variable explicative (tableau XIX) montrent :

- Au sein de chaque zone d'inventaire, il n'existe pas d'écart significatif entre les coefficients de détermination de chacune des fonctions testées, mis à part ceux des fonctions exponentielles. La fonction polynomiale demeure toujours celle dans le coefficient de détermination est le plus élevé mais avec un S<sub>xy</sub> moyen.
- La valeur des coefficients de déterminations obtenues est, tout aussi, inférieure ou égale à 0.50.

- C'est dans la zone d'inventaire d'Ouled bechih que nous avons obtenues le modèle, qui par ailleurs est de type polynomial, qui présente le plus grand coefficient de détermination  $R^2$  égal à 0.50.
- Tout comme précédemment, Béni ghobri se distingue par le plus faible coefficient de détermination qui n'atteint même pas les à 0.20 pour la quasi-totalité des fonctions ajustées.

Zones d'inventaires	Fonctions testées	Modèles	$R^2$	$S_w$	
Suberaie de souk a bras	Boumezrane	Fonction linéaire	$Ht = 4,20 + 3,84 * C_{1,3}$	0,40	1,57
		Fonction exponentielle	$Ht = 5,16 + \exp(9,67 * C_{1,3})$	0,33	1,66
		Fonction de puissance	$Ht = 0,92 * (C_{1,3}^{0,47})$	0,42	1,55
		<b>Fonction polynomiale</b>	<b><math>Ht = 2,72 + 6,77 * C_{1,3} - 1,26 * C_{1,3}^2</math></b>	<b>0,44</b>	<b>1,51</b>
		Fonction logarithmique	$Ht = -8,87 + 8,57 * \log(C_{1,3})$	0,42	1,54
	Ouled bechih	Fonction linéaire	$Ht = 4,69 + 5,80 * C_{1,3}$	0,43	2,59
		Fonction exponentielle	$Ht = 7,83 + \exp(1,00 * C_{1,3})$	0,29	2,88
		Fonction de puissance	$Ht = 0,73 * (C_{1,3}^{0,58})$	0,45	2,53
		<b>Fonction polynomiale</b>	<b><math>Ht = 1,67 + 0,11 * C_{1,3} - 2,26 * C_{1,3}^2</math></b>	<b>0,50</b>	<b>2,51</b>
		Fonction logarithmique	$Ht = -15,55 + 13,23 * \log(C_{1,3})$	0,43	2,57
Suberaie de Tizi ouzou	Tamgout	Fonction linéaire	$Ht = 4,58 + 5,92 * C_{1,3}$	0,40	2,35
		Fonction exponentielle	$Ht = 7,55 + \exp(1,12 * C_{1,3})$	0,34	2,46
		Fonction de puissance	$Ht = 0,63 * (C_{1,3}^{0,61})$	0,40	2,35
		<b>Fonction polynomiale</b>	<b><math>Ht = 2,24 + 9,6 * C_{1,3} - 1,39 * C_{1,3}^2</math></b>	<b>0,43</b>	<b>2,29</b>
		Fonction logarithmique	$Ht = -22,03 + 16,34 * \log(C_{1,3})$	0,39	2,36
	Béni ghobri	Fonction linéaire	$Ht = 10,06 + 0,03 * C_{1,3}$	0,17	2,25
		Fonction exponentielle	$Ht = 11,55 + \exp(7,90 - 03 * C_{1,3})$	0,16	2,27
		Fonction de puissance	$Ht = 2,98 * (C_{1,3}^{0,32})$	0,17	2,25
		<b>Fonction polynomiale</b>	<b><math>Ht = 9,10 + 4,43 * C_{1,3} - 3,60 * C_{1,3}^2</math></b>	<b>0,17</b>	<b>2,24</b>
		Fonction logarithmique	$Ht = -9,40 + 11,26 * \log(C_{1,3})$	0,17	2,25

Tableau XIX: Relation entre la hauteur totale et la circonférence des modèles ajustés

#### IV.2.5.2. Ajustement de modèles à deux variables.

Dans cette partie réservée aux seules suberaies de Tizi Ouzou, en plus de la circonférence ( $C_{1,3}$ ) nous avons introduits deux nouvelles variables explicatives aux modèles ajustés il s'agit de l'espacement minimal (**Esp min**) et espacement maximal (**Esp max**). Dans un premier temps la  $C_{1,3}$  a été utilisé comme variable expliquée, puis la hauteur totale (**Ht**) dans un second temps

##### IV.2.5.2.1 : La relation entre la circonférence ( $C_{1,3}$ ) et les variables : hauteur totale (Ht) et espacement (Esp min et Esp max) entre les arbres.

Comme indiqué en méthodologie, seul la régression linéaire multiple a été utilisé pour mettre en évidence la relation entre la circonférence ( $C_{1,3}$ ) et les variables : hauteur totale (Ht) et espacement (Esp min et Esp max) entre les arbres.

Les résultats obtenus montrent (tableau XX) que :

- Les coefficients de détermination ( $R^2$ ) obtenus sont peu significatifs, ils ne dépassent guère les **0.50**, dans les deux zones d'inventaires.
- C'est à Béni ghobri que l'on a enregistré le meilleur coefficient de détermination, égal à **0.49**.
- Les modèles de croissance de la circonférence en fonction des variables explicatifs : hauteur totale et **espacement maximal** donnent de meilleur coefficient de détermination ( $R^2= 0.43$  pour Tamgout et  $R^2= 0.49$  pour Béni ghobri), que ceux ajustés en fonction de la hauteur totale et l'**espacement minimale**.

Zones d'inventaires		Fonctions testées	Modèles	$R^2$	$S_{xy}$
Suberaie de Tizi ouzo u	Tamgout	$C_{1,3} = F(\text{Ht et Esp min})$	$C_{1,3} = 40,06 + 6,62 * \text{Ht} + 0,62 * \text{Esp min}$	<b>0.39</b>	<b>25,04</b>
		$C_{1,3} = F(\text{Ht et Esp max})$	$C_{1,3} = 31,10 + 5,99 * \text{Ht} + 3,50 * \text{Esp max}$	<b>0.43</b>	<b>24,34</b>
	Béni ghobri	$C_{1,3} = F(\text{Ht et Esp min})$	$C_{1,3} = 43,29 + 4,66 * \text{Ht} + 6,51 * \text{Esp min}$	0,31	26,02
		$C_{1,3} = F(\text{Ht et Esp max})$	$C_{1,3} = 44,97 + 3,18 * \text{Ht} + 5,46 * \text{Esp max}$	<b>0.49</b>	<b>22,42</b>

Tableau XX: Relation entre la circonférence, la hauteur totale et l'espacement des modèles ajustés

#### IV.2.5.2.2 : La relation entre la hauteur totale (Ht) et les variables circonférence ( $C_{1,3}$ ) et espacement (Esp min et Esp max) entre les arbres.

Le tableau XXI fournit les résultats de l'ajustement par régression linéaire multiple de la relation entre la hauteur totale et la circonférence à 1.30m et l'espacement entre les arbres. Il en ressort :

- Les coefficients de détermination ( $R^2$ ) obtenus, sont également peu significatifs, ils ne dépassent guère les **0.40**, dans les deux zones d'inventaires.
- Les deux modèles ajustés, pour chaque zone d'inventaire, fournissent le même coefficient de détermination  $R^2$ . Il est de **0.40** pour Tamgout, et de **0.17** pour Béni ghobri.

Zones d'inventaires		Fonctions testées	Modèles	$R^2$	$S_{xy}$
Suberaie de Tizi ouzo u	Tamgout	$Ht = F(C_{1,3} \text{ et Esp min})$	$Ht = 4,27 + 5,86 * C_{1,3} + 0,13 * \text{Esp min}$	<b>0.40</b>	<b>2,35</b>
		$Ht = F(C_{1,3} \text{ et Esp max})$	$Ht = 4,12 + 5,56 * C_{1,3} + 0,17 * \text{Esp max}$	<b>0.40</b>	<b>2,34</b>
	Béni ghobri	$Ht = F(C_{1,3} \text{ et Esp min})$	$Ht = 10,17 + 3,50 * C_{1,3} - 8,89 * \text{Esp min}$	<b>0,17</b>	2,25
		$Ht = F(C_{1,3} \text{ et Esp max})$	$Ht = 10,07 + 3,24 * C_{1,3} + 6,85 * \text{Esp max}$	<b>0,17</b>	2,26

Tableau XXI: Relation entre hauteur totale, circonférence et espacement des modèles ajustés

#### IV.2.5.3 : Ajustement des modèles à trois variables.

L'ajustement de modèles à 3 variables est appliqué à la seule forêt de Béni ghobri. En plus du facteur espacement (min et max) nous avons introduit, une troisième variable explicative : le diamètre du houppier (Dh) tout en gardant les mêmes variables expliquées circonférence (C<sub>1,3</sub>) hauteur totale (Ht) .

Il ressort du tableau XXII :

- Les deux modèles de croissance en circonférence présentent un coefficient de détermination (R<sup>2</sup>) nettement meilleur que les modèles de croissance en hauteur.
- La valeur élevée du coefficient de détermination (R<sup>2</sup> = 0,72) du modèle explicatif de la variabilité de la circonférence à 1.30, révèle la bonne synergie de cette variable dendrométrique avec les trois autres variables associées (Ht, Esp, Dh).
- Dans les deux modèles respectifs ajustés il n'y a pas de différence significative entre les variables, espacement minimal et maximal sur leurs apports dans la variabilité globale, du fait d'un R<sup>2</sup> identique et des écarts résiduels très proche.
- Tout comme les deux cas précédents (modèles à une variable, puis à deux variables), le modèle de croissance en hauteur à trois variables se distingue par un coefficient de détermination très faible.

Zones d'inventaires	Suberaie de Béni ghobri		
Fonctions testées	Modèles	R <sup>2</sup>	S <sub>xy</sub>
C <sub>1,3</sub> = F (Ht, Esp min, Dh)	<b>C<sub>1,3</sub> = 53,07+2,89*Ht+0,11*Esp min+6,05*Dh</b>	<b>0,72</b>	<b>16,44</b>
C <sub>1,3</sub> = F (Ht, Esp max, Dh)	<b>C<sub>1,3</sub> = 54,13+2,94*Ht-0,34*Esp max+6,29*Dh</b>	<b>0,72</b>	<b>16,42</b>
Ht = F (C <sub>1,3</sub> , Esp min, Dh)	Ht = 8,65+5,33*C <sub>1,3</sub> +9,00*Esp min-0,20*Dh	0.20	2.23
Ht = F (C <sub>1,3</sub> , Esp max, Dh)	Ht = 8,00+5,28C <sub>1,3</sub> +0,17*Esp max-0,31*Dh	0.22	2.20

Tableau XXII : Modèles linéaires à 3 variables testés à Béni ghobri

Les résultats obtenus révèlent donc, que c'est le modèle linéaire à trois variables (Ht, Esp, Dh), qui expliquent au mieux la croissance en circonférence. Les deux modèles retenus pour cette étude sont ;

- Modèle 1 : **C<sub>1,3</sub> = 54,13+2,94\*Ht-0,34\*Esp max+6,29\*Dh**
- Modèle 2 : **C<sub>1,3</sub> = 53,07+2,89\*Ht+0,11\*Esp min+6,05\*Dh**

##### IV.2.5.3.1 : Affinité entre les variables utilisées du modèle 1



Le tableau XXIII fournit l'équation du modèle 1 retenu, ainsi que les coefficients d'ajustement. Dans notre cas, **72 %** de la variabilité de la croissance en circonférence est expliquée par la combinaison des trois variables ; hauteur totale(Ht), espacement maximal (Esp max) entre les tiges et diamètre du houppier(Dh). Cependant, nous avons vu que dans le premier cas de la régression à un facteur, la variabilité de la croissance en circonférence n'était expliquée qu'à **19%** par la hauteur, et qu'elle a été amélioré à **49%** avec l'apport du facteur espacement maximal, et qu'en fin, elle atteint **72%**, en combinant les deux premières variables avec une troisième : le diamètre du houppier. Cette dernière semble avoir un impact prépondérant dans le modèle, qui découle de sa très forte corrélation (R=0.82) avec la circonférence à 1.30m (tableau XXIV).

<b>Modèle 1</b>	<b><math>C_{1,3} = 54,13 + 2,94 * Ht - 0,34 * Esp \text{ max} + 6,29 * Dh</math></b>			
<b>Observations</b>	<b>DDL</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>MCE</b>	<b>RMCE</b>
146	142	0,72	269,70	16,42

DDL : degré de liberté      MCE : Moyenne des carrés des écarts  
 R<sup>2</sup> : Coefficients de détermination      RMCE : Racine de moyenne des carrés écart

Tableau XXIII: Equation et coefficients d'ajustement du modèle 1

Variables	Ht(m)	Esp max(m)	Dh(m)	<b>C<sub>1,3</sub>(cm)</b>
Ht(m)	<b>1,000</b>	0,277	0,228	0,406
Esmax(m)	0,277	<b>1,000</b>	0,773	0,643
Dh(m)	0,228	0,773	<b>1,000</b>	<b>0,820</b>
<b>C<sub>1,3</sub>(cm)</b>	0,406	0,643	<b>0,820</b>	<b>1,000</b>

Tableau XXIV: Matrice de corrélation des variables dendrométriques du modèle 1

Pour savoir, si les variables explicatives apportent une quantité d'information suffisante au modèle 1 retenu, nous avons procédé à une analyse de la variance

Ainsi, le tableau XXV, qui fournit le résultat du test F de Fisher, montre que la probabilité associé à F observé est inférieur à 0.0001, et donc un risque pour se tromper de moins de 0.01 %. Nous concluons que les 03 variables explicatives apportent une quantité d'information significative au modèle 1, et donc que la régression est significative.

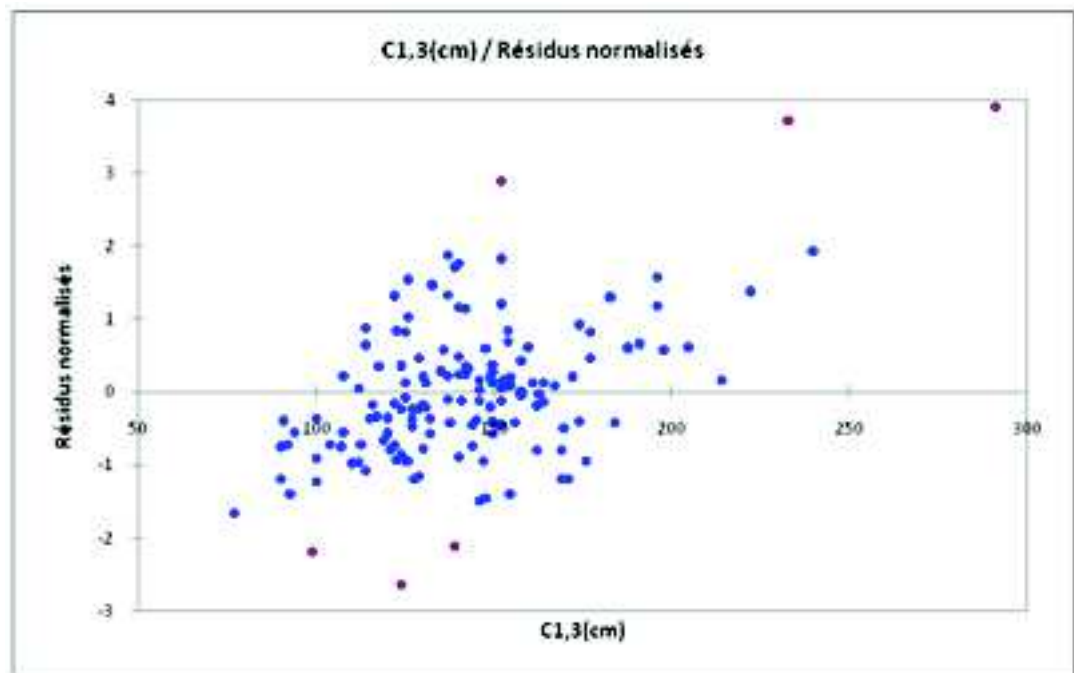
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
<b>Modèle</b>	3	100501,107	33500,369	124,214	<b>0,0001</b>
<b>Erreur</b>	142	38297,332	269,700		
<b>Total corrigé</b>	145	138798,438			

Tableau XXV: Analyse de la variance du modèle 1

Pour vérifier à posteriori la validité du modèle 1 retenu, nous avons procédé à l'analyse des résidus. Celle-ci se base essentiellement sur l'élaboration et l'interprétation de diverses représentations graphiques (PALM, 1986). Nous allons nous attelés à repérer principalement les résidus qui se situent en dehors de l'intervalle (2, +2) qui vont révélés

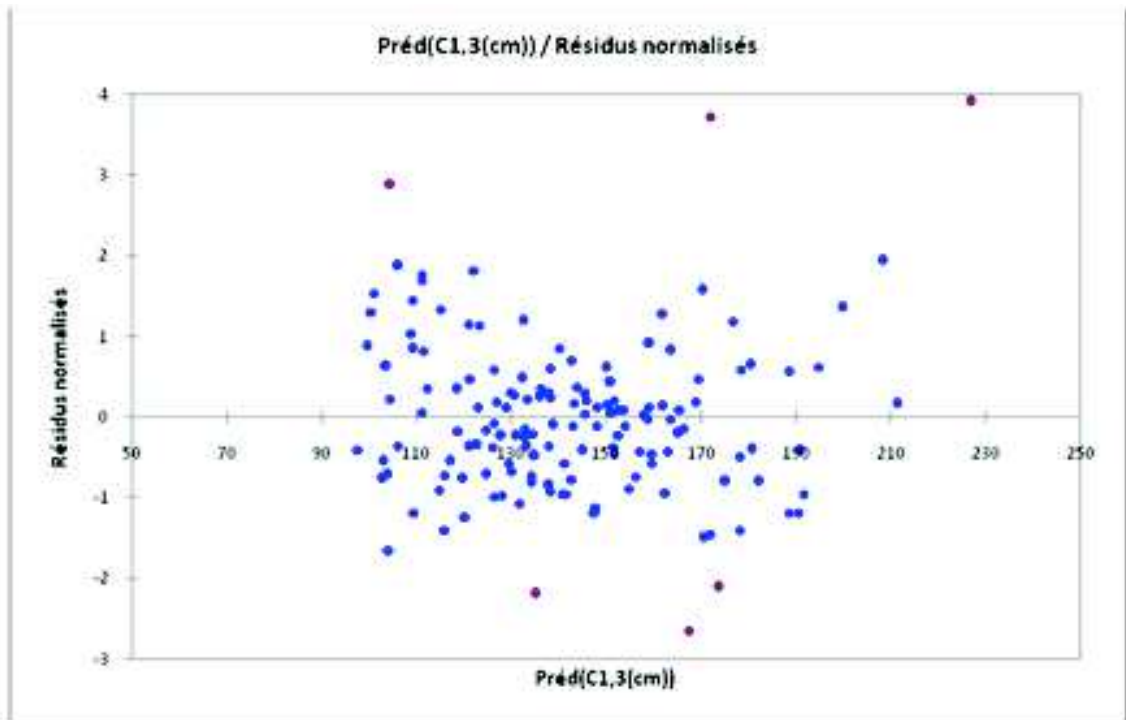
les données d'analyses initiales suspectes ou aberrantes. Ces résidus ne devraient pas dépasser 5% dans le cadre de la distribution d'une loi normale.

La figure 29 permet de visualiser la dispersion des résidus normalisés en fonction de la circonférence à 1.30m. Il indique que les résidus normalisés croissent en fonction de la circonférence à 1.30m et que leur dispersion ne correspond pas au schéma d'une situation décrite satisfaisante par PALM (1986). Six résidus, indiqués en rouge sur le graphe se singularisent des autres par leurs valeurs situés hors de l'intervalle (-2, +2), mériteraient une attention particulière.



**Figure 29** : Diagramme de dispersion des résidus, du modèle 1 en fonction de la circonférence

La figure 30, visualise la dispersion des résidus normalisés en fonction de la circonférence à 1.30m prédite par le modèle 1. Elle révèle une allure semblable au schéma d'une situation décrite satisfaisante par PALM, 1986, en ôtant les valeurs aberrantes, marqués en rouges sur le graphe, situés hors de l'intervalle (-2, +2).



**Figure 30** : Dispersion des résidus en fonction de la circonférence prédite par le modèle 1.

La figure 31, se rapporte à l'histogramme des résidus normalisés permettrait de repérer rapidement et visuellement la présence des valeurs hors de l'intervalle (-2, +2). Ainsi, il en ressort la présence de six (06) résidus suspects sur le total de 146 observation soit un taux de 4.11% dont les valeurs sont hors de l'intervalle prescrit, et nous permet d'identifier les six (06) observations suspectes sur 146 au total, Ce dernier est inférieur donc au taux maximal de 5% exigé pour accepter la distribution des résidus normés selon la loi normale réduite (Palm, 1986).

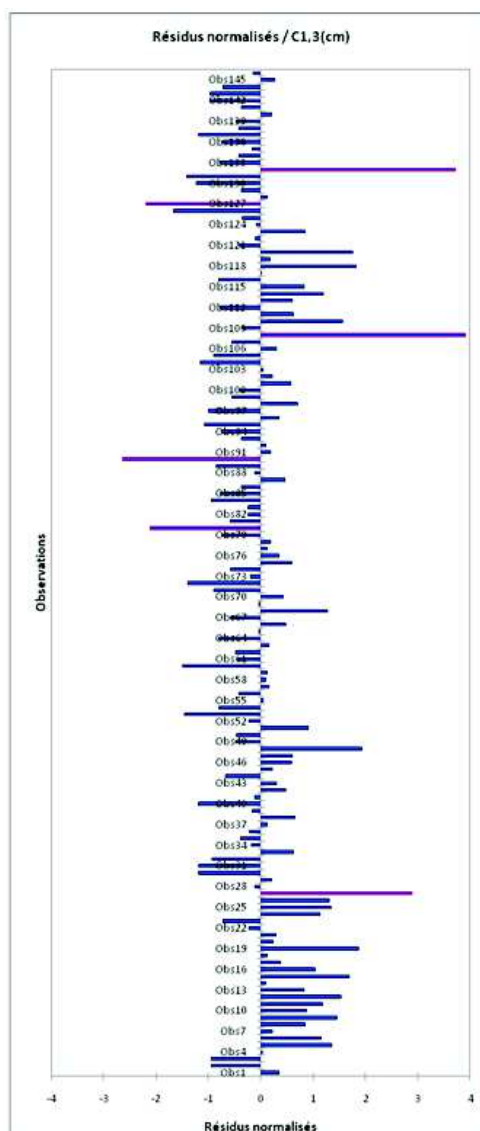


Figure 31 : Histogramme des résidus normalisés du modèle 1

#### IV.2.5.3.2 : Affinité entre les variables utilisées du modèle 2.

Les résultats consignés dans le tableau XXVI qui traite de l'ajustement du modèle 2 sont quasi identiques à ceux du tableau XXIV du modèle 1. Ils suggèrent la même interprétation. Ainsi, **72 %** de la variabilité de la croissance en circonférence est expliquée par la combinaison des trois variables (hauteur totale, espacement minimal et diamètre du houppier). La contribution de la variable **Esp min**, dans la variabilité globale du modèle 2, est semblable à celle de la variable **Esp max** dans le modèle 1, même si on note une corrélation légèrement meilleure entre la circonférence à 1.30m et l'espacement maximal ( $R= 0.64$ , Tabl.XXV) et ( $R = 0.41$  Tabl. XXVII).

<b>Modèle 2</b>	<b><math>C_{1,3} = 53,07 + 2,89 * Ht + 0,11 * Esp \text{ min} + 6,05 * Dh</math></b>			
<b>Observations</b>	<b>DDL</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>MCE</b>	<b>RMCE</b>
146	146	0,72	269,70	16,42

DDL : degré de liberté      MCE : Moyenne des carrés des écarts  
 R<sup>2</sup> : Coefficients de détermination      RMCE : Racine de moyenne des carrés écarts

Tableau XXVI: Equation et coefficients d'ajustement du modèle2

Variables	Ht(m)	Esmin(m)	Dh(m)	<b>C1,3(cm)</b>
<b>Ht(m)</b>	<b>1,000</b>	0,121	0,228	0,406
<b>Esmin(m)</b>	0,121	<b>1,000</b>	0,487	0,407
<b>Dh(m)</b>	0,228	0,487	<b>1,000</b>	<b>0,820</b>
<b>C1,3(cm)</b>	0,406	0,407	<b>0,820</b>	<b>1,000</b>

Tableau XXVII: Matrice de corrélation des variables dendrométriques du modèle 2

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
<b>Modèle</b>	3	100433,612	33477,871	123,912	<b>0,0001</b>
<b>Erreur</b>	142	38364,827	270,175		
<b>Total corrigé</b>	145	138798,438			

Tableau XXVIII: Analyse de la variance du modèle2

Tout comme ce qui précède pour le modèle 1, le tableau XXVIII fournit les résultats du test F de Fisher de l'analyse de la variance. Ils montrent bien à nouveau que la probabilité associée au F est dans ce cas inférieure à 0.0001, soit un risque de se tromper de moins de 0.01%. Ce test permet de conclure que les 03 variables explicatives apportent une quantité d'information significative au modèle, donc notre régression est significative.

Les figures 32, 33 et 34 du modèle 2, affichent, les mêmes résultats que celle des figures 29, 30 et 31 du modèle1 donc sujettes aux mêmes interprétations..

Nous observons toujours six (06) résidus sortant de l'intervalle de confiance (-2, +2). et ne représentent qu'un taux de 4.11%, acceptable pour la validation du modèle au regard de la distribution de la loi normale réduite.

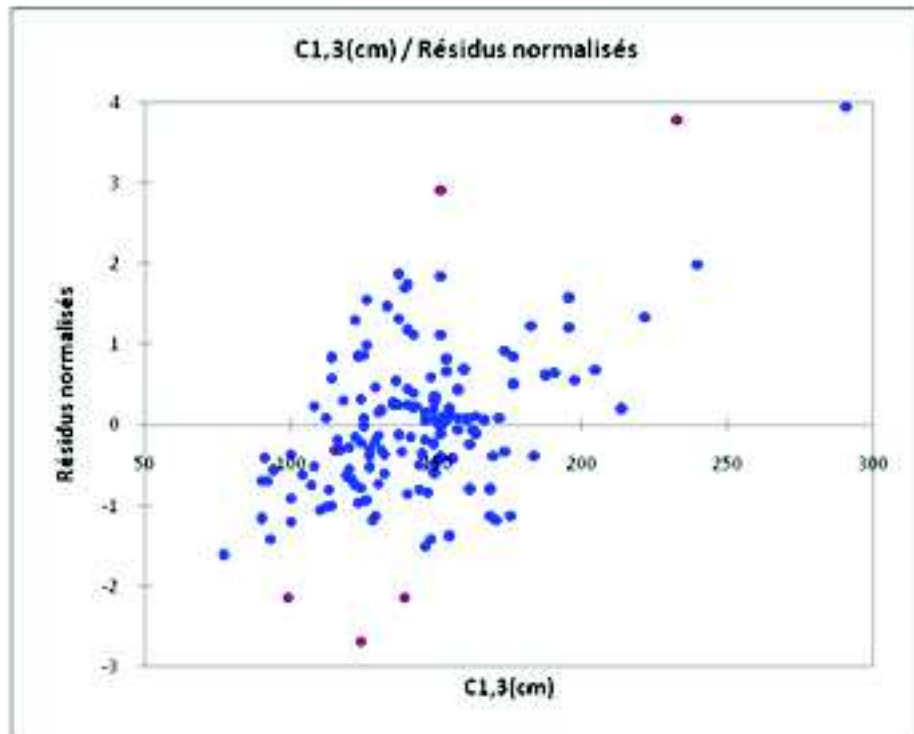


Figure 32 : Diagramme de dispersion des résidus du modèle 2 en fonction de la circonférence.

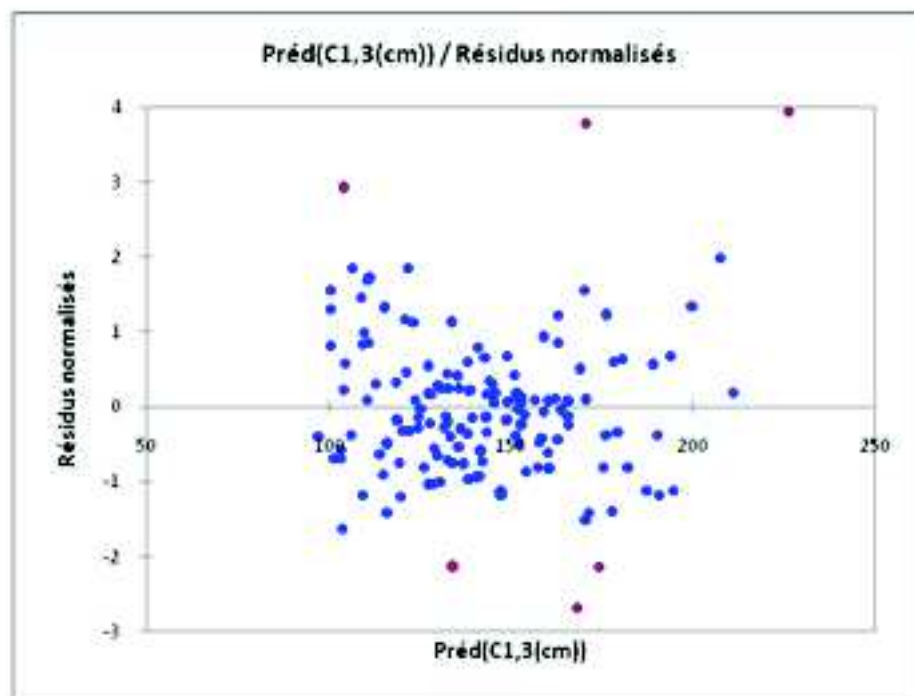


Figure 33 : Dispersion des résidus en fonction de la circonférence prédite par le modèle 2

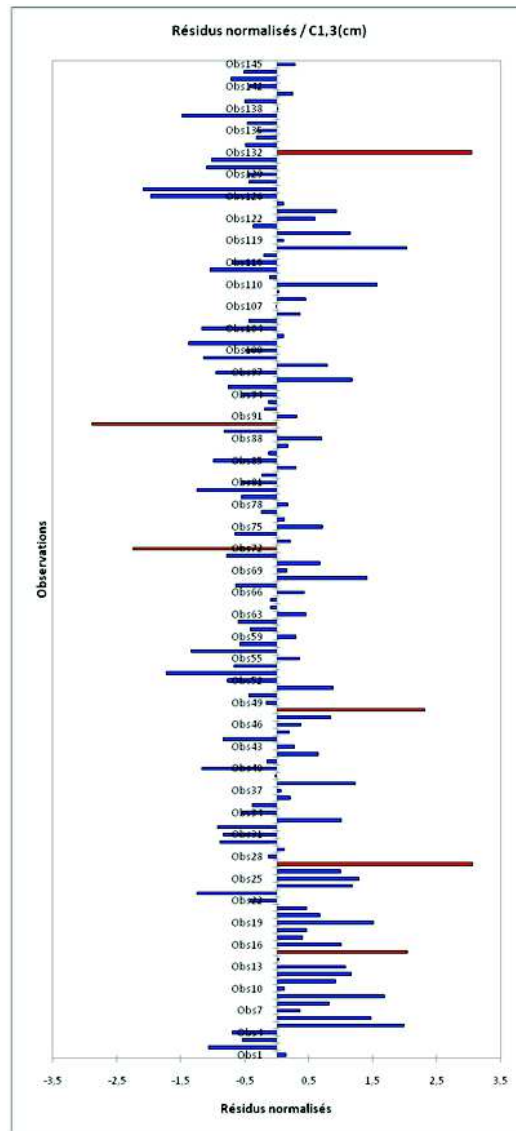


Figure 34 : Histogramme des résidus normalisés du modèle 2

## CHAPITRE V : DISCUSSION GLOBALE

Sur la base des données recueillies dans nos quatre (04) zones d'inventaires, nous avons procédé à une étude sur la structure du peuplement et sur la croissance des arbres en fonction de certaines variables dendrométriques à travers des ajustements des modèles mathématiques.

L'étude des relations entre les paramètres de croissance d'un arbre et son âge ne sera pas faite dans le cadre de ce travail en raison de la difficulté de disposer de la variable : âge des tiges de Chênes lièges dans le cas d'un peuplement naturel en production.

La productivité d'une station forestière, reflet de la structure et de la croissance du peuplement, est d'après M'HIRIT (1982), fonction de plusieurs facteurs interférents :

## Etude de la relation entre la circonférence et la hauteur ; et entre la circonférence, la hauteur et l'espacement des arbres

- Les composantes biologiques (fertilité de l'espèce, concurrence, nutrition....)
- Les composantes écologiques : microclimat (topographie, altitude, pente, exposition, ...etc.), sol (caractères physiques et biochimiques), biocénoses.
- Les composantes anthropiques : action positive ou négative de l'homme (traitements sylvicoles, incendies, dégradations ...etc.)
- Les composantes dendrométriques : densité, hauteur dominante, âge du peuplement forestier, forme des arbres...etc.

En se basant sur ce qui précède, et tenant compte de nos observations sur le terrain, nous avons dressé le tableau (XXIX) récapitulatif des principaux résultats de notre travail.

Zones d'inventaires	Suberaie de Souk ahras		Suberaie de Tizi ouzou	
Forêt	Boumezrane	Ouled bechih	Tamgout	Béni ghobri
Lieu dit	El Hamra	Mechrouha	Arerib	Taurirt
Etages bioclimatiques	Sub humide	Sub humide	humide	humide
Sols	Brun lessivé	Brun lessivé	Brun lessivé peu profond	Brun lessivé profond
Nature du peuplement	Suberaie pure	Suberaie pure débroussaillée	Suberaie pure	Suberaie pure débroussaillée
Surf. Terrière (m <sup>2</sup> /ha)	40,47	61,25	<b>38,10</b>	<b>82,73</b>
Nbre . tige /ha	519	<b>546</b>	<b>313</b>	487
Structure	Futaie jardinée	Futaie régulière	Futaie régulière	Futaie régulière
Hauteur Dominante(m)	9,33	13,99	14.15	<b>15.89</b>
Le coef de démasclage	1.84	2.04	<b>1.45</b>	2.22
Meilleur modèle de croissance	Ht = $2,72+6,77*C_{13}-1,26*C_{13}^2$	Ht = $1,67+0,11*C_{13}-2,26*C_{13}^2$	$C_{13} = 31,10+5,99*Ht+3,50*Esp\ max$	$C_{13} = 54,13+2,94*Ht-0,34*Esp\ max+6,29*Dh$

Tableau XXIX: Tableau récapitulatif des principaux résultats

La zone d'inventaire de Tizi ouzou (ZIT), se situe dans l'étage bioclimatique humide, caractérisé par une pluviosité importante, proche des 1200 mm, qui a une action prépondérante dans la relation cerne-climat (MESSAOUDENE, 1992), et met le Chêne liège dans de bonnes conditions de croissance (YESSAD, 2000).

L'effet du climat peut être modulé par les facteurs du milieu tels que : l'altitude, pente, exposition, et le sol. La profondeur de ce dernier est selon RICHARD (1987), le facteur stationnel le plus influent sur la croissance du Chêne liège, et que la fertilité croît en même temps que celle-ci ; Dans ce présent travail, nous n'avons pas réalisé de profil pédologique, cependant des travaux éco-dendrométriques antérieurs ont révélé que la hauteur dominante était effectivement importante sur sol profond (CHENOUNE, 1992).

Les peuplements inventoriés de Mechrouha et de Taurirt, se distinguent des deux autres par l'absence de strate arbustive, limitant ainsi le déclenchement et la propagation des incendies (Ducrey, 1990 in messaoudene, 2000), et aussi la concurrence entraînant une meilleure production du liège (Orges, 1997).

Nous avons observé, dans la zone de Boumezrane, une structure des tiges qui a une tendance à une distribution jardinée. Celle-ci correspond à une structure que proposent nombres auteurs tout en se distinguant entre eux, sur l'effectif d'arbres par classe de diamètre, qui diffère d'un auteur à l'autre. Le risque d'incendie toujours élevé dans ces forêts



conjuguée à la croissance lente de l'espèce et aux difficultés du maintien de la régénération naturelle par semis (Messaoudène et al, 1996), plaident pour ce type distribution qui maintient en permanence divers classes d'âge et de taille sur la même parcelle et garantie une pérennité du couvert arboré et par conséquent du paysage végétal. (Amandier, 2002) Elle permettrait de disposer d'un potentiel d'arbres jeunes important. Vignes (1988) suggère que 68.23% soit composé d'arbres dont la classe de diamètre est comprise entre 0-16cm.

La structure régulière, haute et dense, est dominante dans le reste des zones d'inventaires. Elle est idéale au sens productif, mais pour un besoin de production en bois. Ce qui n'est pas le cas pour *Quercus suber* dont la production primaire voire principale est le liège qui dépend directement de la grosseur de l'arbre (Messaoudène, 2000).

Cette étude révèle que les peuplements inventoriés sont très dense (surface terrière supérieur à 20.5 m<sup>2</sup>/ha indicatrice d'une forêt très dense), ce qui entraîne le rétrécissement de l'espacement entre les arbres. Cet état de fait va à l'encontre de la tendance actuelle de maintenir de grands espacements pour le Chêne liège (essence de lumière) puisque, selon Yessad (2000), l'avantage est certain aussi bien sur la vitesse de croissance en diamètre et par conséquent sur le terme de démasclage que sur la qualité du liège qui est sensiblement améliorée.

C'est à Béni ghobri que l'on note les meilleures prédispositions visibles à travers le coefficient de démasclage (ou coefficient d'exploitation ou de fertilité) ( $K = 2.22$ ) et la (hauteur dominante de 15.89 m). L'optimisation durable de la production du liège passe par une gestion rationnelle et rigoureuse de l'exploitation du liège. L'opération de démasclage doit se faire en tenant compte de la fertilité des zones. Avec un coefficient de démasclage moyen ( $K$ ) de 1.45, la région de Tamgout perd environ 27% de la production possible en respectant  $K$  fixé à 2. Inversement, la région de Béni ghobri enregistre un gain d'environ de 10.5% de la production prévue. Celle ci peut être augmentée davantage, vu les potentialités réelles de cette zone

La très forte densité des peuplements inventoriée, signe d'absence de traitements sylvicoles (éclaircies et conduite des peuplements) s'est répercutée sur la croissance en circonférence et en hauteur des arbres. Pour quantifier cette dernière nous avons procédé à des ajustements par des modèles mathématiques simples prédéfinies, ayant pour base la régression par la méthode des moindres carrés.

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés la relation entre la circonférence à 1.30 m ( $C_{1,3}$ ) comme variable dépendante (variable à expliquer ou à modéliser) et la hauteur totale (Ht) comme variable quantitative explicative ; pour chacune des zones d'inventaires ; puis nous avons rajoutés une deuxième variable explicative, en l'occurrence l'espacement (minimal (Esp min) et maximal (Esp max)) entre les arbres, et enfin nous avons testé des modèles avec trois variables (03) explicatives, en rajoutant aux deux précédentes, le diamètre du houppier (Dh)..

Cette même démarche a été suivie, en en inversant seulement la circonférence à 1.30 m ( $C_{1,3}$ ) avec la hauteur totale (Ht) qui devient ainsi la variable à expliquer.

En raison des difficultés liés aux coûts de l'inventaire (en temps et en moyens), et de par le fait, que cette thématique sur la modélisation du Chêne liège est nouvelle pour nous (phase expérimentale), nous avons limité nos ajustements à deux variables à la zone d'inventaire de Tizi ouzou ; et pour l'ajustement à trois variables à la seule zone d'inventaire de Béni ghobri où sont d'ailleurs concentrés la plus part de nos travaux.

Les résultats des ajustements à une variable, puis à deux variables : indiquent une synergie faible entre les variables modélisées à travers un coefficient de détermination ( $R^2$ ) médiocre, au niveau des quatre zones d'inventaires. Dans le meilleur des cas, celui-ci ne dépasse pas les **0.50**.

À El Hamra (F .D. de Boumezrane), le meilleur modèle (tableau XXIX) obtenu des différents ajustements, est celui dont la hauteur totale est expliquée par la circonférence. Il est du type polynomial et traduit une vitesse de croissance en hauteur moyenne, expliquée à **44%** par la croissance en circonférence.

À Mechrouha (F .D d'Ouled bechih), le meilleur modèle obtenu des différents ajustements, est également celui dont la hauteur totale est expliquée par la circonférence. Il est aussi du type polynomial, et présente le plus grand coefficient de détermination, égal à **0.50**.

À Arerib, (F .D de Tamgout), le meilleur modèle obtenu des différents ajustements est le modèle de croissance en circonférence en fonction des variables explicatifs : hauteur totale et espacement maximal ( $R^2= 0.43$ ). Il y a lieu de noter que déjà 40% de la variabilité de cette croissance était expliquée par la seule variable hauteur totale .La variable espacement maximal n'apporte pas donc une grande contribution au modèle retenu. Aussi, Les modèles de croissance de la circonférence en fonction des variables explicatifs : hauteur totale et espacement maximal donnent de meilleur coefficient de détermination ( $R^2= 0.43$  pour Tamgout et  $R^2= 0.49$  pour Béni ghobri), que ceux ajustés en fonction de la hauteur totale et l'espacement minimale ( $R^2= 0.39$  pour Tamgout et  $R^2= 0,31$  pour Béni ghobri).

À Taourirt,(F.D de Béni ghobri), le meilleur modèle obtenu des différents ajustements est le modèle de croissance en circonférence en fonction des variables explicatifs : hauteur totale, espacement maximal et diamètre du houppier La valeur élevée du coefficient de détermination ( $R^2 = 0.72$ ) du modèle explicatif de la variabilité de la circonférence à 1.30, révèle la bonne synergie de cette variable dendrométrique avec les trois autres variables associées (Ht, Esp, Dh). Il y a lieu de signaler la contribution prépondérante du diamètre du houppier, dans ce modèle, qui peut être expliqué par la très forte corrélation ( $R= 0.82$ ) avec la circonférence à 1.30 m ;

L'analyse de la variance confirme, à travers le test de student, la significativité de notre régression. Quant à l'analyse des résidus, elle a permis de repérer la présence de six (06) résidus dont les valeurs sont hors de l'intervalle (-2,+2), et les six (06) observations suspectes sur 146 au total, soit un taux de 4.11%, Ce dernier est inférieur au taux maximal de 5%, exigé pour accepter la distribution des résidus normés selon la loi normale , et permet de retenir le modèle ajusté .

Les faibles coefficients de détermination obtenus de l'ajustement des modèles à une variable, puis à deux variables, résultent de l'absence de traitements sylvicoles (éclaircies, conduite des peuplements) visibles à travers la très forte densité des peuplements inventoriés. Quant au modèle 1, à trois variables, nous renseigne principalement sur l'effet important du diamètre du houppier sur la croissance en circonférence.

Signalons que peu de travaux de modélisation sur le Chêne liège en Algérie, ont été entrepris à ce jour. Il y a eu celui de Yessad (2000) qui a ajusté le modèle JONHSON SCHUMACHER sur un ensemble de données hauteur dominante-âges. , et Chellali et al (2002) qui avaient obtenu, pour la même zone d'étude de Béni ghobri, des résultats comparables aux nôtres, et ont retenu la fonction polynomiale à une variable comme modèle qui explique au mieux la relation entre la hauteur totale et la circonférence.

Quant à Souk ahras, les travaux similaires sont inexistantes, à l'exception de ceux de Mokhtari (2006) qui concerne le Chêne zeen.

Le problème majeur auquel nous avons été confrontés durant ce travail, est l'impossibilité de disposer de l'âge des arbres, qui reste un facteur déterminant dans toute étude sur la croissance. Celui-ci est très difficile à obtenir sur le Chêne liège ; Cependant les travaux de Tomé et al (2006) ont élaboré une méthodologie appliquée aux fonctions de croissance de Richartds – Chapman, et de Lundqvist, qui sont les plus souvent utilisées pour modéliser la croissance, et qui font abstraction à l'âge. C'est ce que nous projetons d'expérimenter prochainement dans nos suberaies.

## CONCLUSION GENERALE.

A une époque où le caractère multifonctionnel de la forêt est de plus en plus pris en considération dans la gestion des ressources végétales, le Chêne liège paraît comme une essence qui mérite une attention particulière, car elle présente d'indéniables avantages tant du point de vue de la production du liège et de son bois, que sur les rôles positifs qu'elle joue au plan de la biodiversité, ou des paysages. L'exploitation rationnelle de cette essence et la sauvegarde de l'écosystème forestier où elle évolue nécessite d'appliquer un **traitement sylvicole adéquat**.

Cette étude fait ressortir que les suberaies inventoriées de Souk Ahras et de Tizi Ouzou, recèlent de grandes potentialités de production de liège, cependant elles exigent une meilleure prise en charge. Pour concilier la durabilité de ces suberaies et une production soutenue de liège, il est impératif de les aménager en tenant compte de sa spécificité. En effet, le traitement rationnel du Chêne liège est une chose assez compliquée du fait de son caractère mixte relevant à la fois de la sylviculture et de l'arboriculture obligeant à traiter le Chêne liège en quelque sorte en arbre fruitier pour la récolte du liège (tout les 9-12 ans) et en arbre forestier pour son développement et sa régénération (Boudy, 1952).

Des travaux sylvicoles s'imposent. Ils consisteront à faire des coupes d'améliorations (coupes de nettoiemets et d'éclaircies), dans les 04 zones d'inventaires, et spécifiquement des coupes de régénération à Béni ghobri. L'éclaircie doit tendre à mettre la cime de l'arbre en lumière afin que la production du liège soit maximale. Cette dernière exige aussi l'adoption d'un coefficient de démasclage conforme à la fertilité des zones et le strict respect de son application sur le terrain. Par ailleurs, les éclaircies serviront à agrandir l'espacement entre les arbres et les mettront dans de meilleures conditions de croissance spatiales et temporelles, en agissant sur la diminution de la concurrence entre les tiges.

L'étude de la modélisation de la croissance, encore très partiel, a révélé qu'elle était complexe pour le chêne liège. C'est le modèle 1 de la relation entre la circonférence à 1.30m en fonction des trois variables explicatives en l'occurrence la hauteur totale, l'espacement maximal et le diamètre du houppier qui a été retenu et qui explique au mieux la croissance en

circonférence à Béni ghobri ;. Le coefficient de détermination égal à **0,72**, révèle la bonne synergie entre la variable expliquée et les variables explicatives. Le diamètre du houppier prend une part prépondérante dans la contribution globale du modèle. Pour disposer d'un houppier bien étalé qui va stimuler la croissance en circonférence, il faut agrandir l'espacement entre les arbres.

Enfin, il serait souhaitable d'élargir nos zones d'inventaires et les diversifier pour étoffer nos données, et obtenir ainsi une meilleure définition de modèle de croissance. Nous suggérons de choisir les subéraies d'Ain zana et de Tamgout comme forêts expérimentales pilotes dont l'objectif est, entre autres, la conversion de la structure normale de ces peuplements en une structure jardinée.

Aussi, s'agit-il des chiffres aléatoires observés sur la superficie des suberaies dans les différents pays, nous jugeons utile la création d'un organisme international de dimension régionale chargé de coordonner et d'orienter les gestionnaires des subéraies dans chaque

pays producteurs de liège, sur les inventaires, afin de disposer d'une base de données éco-dendrométrie actualisée fiable. Cette dernière permettra de gérer rationnellement ce patrimoine et de faire des projections louables. Cette mission pourrait être aussi assignée à des organismes déjà existants, activant entre autres autour de cette ressource, à l'image de l'Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- anonyme 1.** , 2008 - Le Chêne liège. Article paru dans : Amorim news Letter. Edition de juin, juillet, aout, 2008 ; 16 p.
- anonyme 2** , 2000- Fosa : Rapport préparé par la D.G.F , selon les orientations de la F.A.O dans le cadre de l'étude prospective du secteur des forêts (FOSA) à l'horizon 2000 réalisée pour la région Afrique du Nord
- Allatou D.** , 1984 - Facteurs physiologiques de la concurrence interspécifique du chêne liège et du chêne zeen. Thèse de magister, université de Constantine, 132p.
- Allili N.** , 2002-Etude du comportement sylvicole et de la productivité du genre Eucalyptus dans le reboisement industriels : cas de la grande Kabylie (Reboisement industriel de Tigrine). Thèse de magister. Sci.Agro.univ.Tizi Ouzo. Algérie.52p.
- aimé S.** , 1976- Contribution à l'étude écologique du Chêne liège. Etude de quelques limites. Thèse de doctorat .Univ. Nice. 182 p.
- bagnouls F et gausse m.**, 1953-Saisons sèches et indices xérothermiques. Bul.Soc.EditNat Toulouse : pp 193-239.
- bailly a et bigot m.** , 1997- Un modèle de croissance pour les plantations équiennes de Douglas. Information forêts. Afocel. Fiche n<sup>o</sup> 549(2).
- bellatreche m.** , 1994- Ecologie et biogéographie de l'avifaune forestière nicheuse de la Kabylie des Babors (Algérie). Thèse. Doc.Sci.vie.envi.univ.Bourgogne.154p..
- bentouati a.** , 2006 - Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (Pinus Halepensis M.) du massif d'Ouled Yakoub (Khenchela- Aurés). Thèse. Doc.Sci.Agro-Uni.Elhadj Lakhdar.Batna.116p.
- benachoura El.** , 1999-Projet de création d'un parc naturel régional dans la wilaya de Souk Ahras. Com. DGF.pp1-8
- b.n.e.d.e.r.** , 1984- Inventaire des terres et forêts de l'Algérie du Nord.2<sup>ème</sup> phase : réalisation d'un plan national de développement forestier. Vol. I et II, 118, 122 p.
- b.n.e.d.e.r.** , 1980- Etude d'inventaire des terres et des forêts de l'Algérie du nord. Fichier zone et sous zones homogènes .Wilaya de Tizi ouzou.
- b.n.e.f.** , 1989-Etude d'aménagement des forêts de Mizrana, Béni Ghobri, Tamgout, BéniDjenad, Taksebt, Azouza, Tigrine. Wilaya de Tizi Ozou. Etude du milieu.
- b.n.e.f.**, 1991- Procès verbal d'aménagement des forêts domaniales d'Ouled Bechih. Wilaya de Souk Ahras.76p.
- bouchon J et pardé j.** , 1988-Dendrométrie. Ed. ENGREF. Nancy. 328p.
- boudru m.**, 1989- Forêt et sylviculture : Traitement des forêts. Presses. Agro.Gembloux.356p
- Boudy P** , 1952 –Guide forestier en Afrique du Nord. La maison rustique, Paris 505 p.

- bouheraoua** rt et **villemant** c . , 2005-Mécanismes généraux de l'altération sanitaire des peuplements du Chêne liège de l'Algérie nord occidental. Integrated Protection in oak. forests. IOBC / wprs .Bull.1-8.
- bouzelha** z., 1997- Contribution à l'évaluation de la disponibilité en azote minéral des sols d'une suberaie méditerranéenne sous Erica arborea et Cytisus triflorus : cas des suberaies de Béni ghobri. Thèse Magister, Univ.M.M de Tizi ouzou, Algérie. 105 p.
- camus** a . , 1938- Les chênes -Encyclopédie économique de sylviculture. Ed .Le chevalier, T.4, Paris.459-663p
- chabane** o et **hamdi** n . , 2004- Exploration de la variabilité intra-peuplements par l'étude de quelques caractères morphologiques des feuilles du chêne liège (Quercus suber L) de la région de Souk Ahras. Th. Ing d'état Sci.Agro.univ. Tizi Ouzou-Algérie.70p.
- chellali** k et **mahdjane** r . , 2002-Modélisation de la croissance du Chêne liège ( Quercus suber L ) dans la station expérimentale de Taourith, Canton de Tizi oufellah (forêt de Béni ghobri). Th. Ing. d'état en agronomie. Univ.M.M de Tizi ouzou.56 pages.
- chenoune** o . , 2005-Projet de décentralisation du système d'information géographique comme outil d'aide à la décision pour le gestionnaire local. Master.IAMM. Montpellier. 141p.
- chenoune** k. , 1992 – Contribution à l'étude éco-dendrométrique d'une futaie et d'un taillis de chêne liège dans le massif de Béni-Ghobri.Mém. Th. Ing d'état. Sci.Agro.univ. Tizi Ouzou-Algérie.86p.
- courbaud** b . , **goreaud** f . , **dreyfus** ph et **bonnet** fr . , 2000- Sylviculture et modèle de croissance dépendant des distances : Mise en œuvre du logiciel CAPSIS3 sur des pressières irrégulièresde montagne. Rev. For. LII(5) :pp 425-439.
- dagnellie** p . , 1977-Analyse statistique à plusieurs variables .Ed. Presse agronomique de Gembloux.378p.
- dagnellie** p . , **grayet** jp., **rondeux** j et **thill** a., 1978- Estimation de la production forestière : Principes et application. Bull.Soc.Roy.Belgique. 98-122.
- deleuze** c., **blandez** d et **herve** jc . , 1996-Ajustement d'un modèle hauteur-circonférence pour l'Epicéa commun, effet de la densité. Ann.Sci.For.53(1) :pp 93-111.
- derridj** A., 1990- Etude des peuplements de Cedrus Atlantis Man en Algérie .Thèse de Doctorat .Univ. Paul Sabatier Toulouse.288p.
- dessain** g et **tondelier** m . , 1991-Liège de méditerranée. Ed Narration. 80 p.
- duchauffour** ph., 1983- Pédologie.  
1 Pédogenèse et classification. 2eme édition. Ed Masson, 491p.
- duplat** p et **perrote** g . , 1981-Inventaire forestier et estimation de l'accroissement des peuplements forestiers. Section technique de l'Office National des forêts. Fontainebleau.432p
- elena** **rossello** m et **santiago beltren** r . , 2008-Quelques arguments en faveur de la suberaie et du liège. Art.Actes Colloque.Ed.VIVEXPO.7p.

- emberger** I . , 1955 – Une classification biogéographique des climats. Recl. Trav.Lab.Bot. Géol.Zool.Univ. Montpellier,(7).pp3-43
- ferrahi** m.o., 1994-Etude topo séquentielle d'un versant à exposition nord au niveau de la forêt de Beni Ghobri (Tizi Ouzou).Ann. INRF. Algérie.pp 63-76.
- ferreira** m.c et **carvalho oliveira** a.m ., 1991-Modelling cork oak production in Portugal.KluwerAcademic Publishers. Printed in the Netherlands. Agroforestry Systems 16:41—54
- gelard** jp . , 1978-Carte géologique du Nord Est de la grande Kabylie. Ech .Ramo, travaux du laboratoire associé au CNRS. N° 157.
- grim s.**, 1989- Le pré-aménagement forestier. Ouvrage rédigé à la demande du ministère de l'hydraulique d'Algérie en collaboration de l'unité des eaux et forêts de l'U.C.I.Belgique V1.369p.
- halimi** a.,1980- L'atlas blidéen : climats et étages de végétation. Ed . OPU Alger , 523p.
- hamard** jp ., 1980- Inventaires du Chêne liège dans les Pyrénées orientales. Rapport de stage. 41 p.
- harfouche** a. , **nedjahi** a. , **elliatifi** m et **daly-hassen** h .,2005- Les ressources génétiques forestières Nord-Africaines, et leurs conservations. Rev .Forestière Française LVII. pp15-31.
- hasnaoui** b . , **1991**- Régénération naturelle par rejets de souche et par drageonnement d'une subéraie dans le Nord Ouest de la Tunisie. Rev .Ecologia méditerrané XVII : 79-87, Marseille, France
- houée** p . , 1996- Les politiques de développement rural. Des années de croissance au temps d'incertitude. Paris : Economica, 321 p.
- iboukassene** s et **ali-tatar** b ., 1997-Aménagement d'une subéraie littorale après incendie dans la forêt domaniale de Brabtia : cas de Djebel Melha. Th .Ing. INA El Harrach. Algérie.78.p.
- khelifi** h . , 1987- Contribution à l'étude phytoécologique et phytosociologique des formations à chêne liège dans le Nord- Est algérien. Thèse de magister.U.S.T.H.B.151p.
- lamey** a . ,1893-Le chêne liège sa culture et son exploitation. Ed. Berger Levraut et Cie.289p.
- lanier** I . , 1986- Précis de sylviculture. ENGREF (Nancy). 486p.
- laribi** m. ,2000-Contribution à l'étude physiologique des formations caducifoliées à Quercus canariensis Willd et Quercus afares Pomel du massif forestier d'Ath Ghobri et l'Akfadou (Grande Kabylie). Thèse de magister. Sci.Agro.univ.Tizi Ouzo. Algérie.140p.
- letreuch-bellarouci n.**, 1992 - Note de cours de sylviculture générale.OPU.137p.
- messaoudéne** m ., 1992- Relation climat-croissance radiale de Quercus canariensis Willd et de Quercus afares Pomel dans les massifs forestiers de l'Akfadou et de Beni Ghobri. Art .Annales .Rech.For.Edit. INRF. Algérie. pp.3-27.



- messaoudène m .**, 2000-Réflexion sur la structure des peuplements de chêne liège(*Quercus suber*) en Algérie. *Arti. Rev. Forêt Algérienne*. pp5-9.
- messaoudène m .**, **metna b** et **djouaher n .**, 2006- Le renouvellement par rejets de souche du chêne liège cas de la subéraie de Bouhlaoua (Tizi Ouzou).*Art. Annales.INRGREF. Tunisie*. pp 249-260.
- messaoudi n** et **edjekouane n .**, 1987- Contribution à l'étude comparative de la réussite de la germination et de la croissance des chênes en pépinières (*Quercus Afares POMEL- Quercus suber L- Quercus fagineaWILLD* et *Quercus ilex*. Th. Ing d'état. *Sci.Agro.univ. Tizi Ouzou-Algérie*.
- m'hirit o .**, 1982- Etude écologique et forestière des cédraies du RIF marocain. Thèse de doctorat en sciences naturelles. Université d'Aix Marseille, 502 pages.
- m'hirit o .**, 1999- La forêt méditerranéenne : espace écologique, richesse économique et bien social. *Unasyuva*, 197 (50),
- mokhtari A .**, 2006 -Modélisation de la croissance des peuplements du chêne zeen *Quercus canariensis Willd*. Dans la forêt de Beni Ghobri et de Souk Ahras (Algérie). Thèse de magister. INA El Harrach. 100p.
- montéro G .**, 1987, Modelos para cuantificar la produccion de corcho en alcornocales (*Quercus suber L.*) en funcion de la calidad de estacion y los tratamientos selvícolas. Ph. D. thesis, Instituto Nacional de Investigacion y Tecnologia Agraria y Alimentaria (INIA), Madrid, Spain. [In Spanish.]
- metna b .**, 2003- Caractérisation physique et chimique du liège de reproduction de la suberaie orientale de la wilaya de Tizi ouzou. Th. magister. *Agro.Univ. Tizi Ouzou*.95p.
- natividade j.v .**, 1956- subericulture. Ed. Française de l'ouvrage portugais de subericulture.303p.
- orgeas j .**, 1997-Dynamique des nutriments de *Quercus suber L.* et production de liège en relation avec les variables environnementales. Le cas du massif des Maures(Var).Thèse de doctorat. Univ. Provence.213p.
- ouelmouhoub s.**,2005 - Gestion multiusage et conservation du patrimoine forestier : cas des suberaies du Parc National d'El Kala (Algérie). Thèse de Master of Science du CIHEAM-IAMM n°78,127p.
- ounnas a .**, 2001-Quantification de la croissance de *Pinus pinea L.* dans le sous secteur littoral algérois. Cas des stations de Bainem, Bouchaouiet Zeralda. Thèse de magister. INA El Harrach. 91p.
- ounnas-guerachani a .**, **himrane h .**, **chenoune k .**, **guettas a .**, **asmani sa** et **messaoudene m .**, 2006- Modélisation de la croissance, outil de la gestion forestière : premiers résultats sur la suberaie de Beni Ghobri. *Com. premières assises de la recherche forestières Algériennes* .16p.
- palm r .**, 1976 –Cours de dendrométrie.INA El Harrach.112p.
- palm r .**, 1981- Calcul et choix des équations de cubages des arbres .*Bulletin de recherche agronomique de Gembloux (Belgique)*.16p.
- palm r..**, 1986 - Etude des résidus de régressions : Principes et applications. *Faculté des Sciences agronomique. Note de statistique et d'informatique. Gembloux(Belgique)*.13p.

- palm r et chentouf j .**, 1986 - Ajustement de faisceaux de courbes : Application au cas des hauteurs des arbres. Faculté des Sciences agronomique. Note de statistique et d'informatique. Gembloux.14p.
- parde j et bouchon j .**, 1988 - Dendrométrie. 2ème Ed. Ecole Nationale des Eaux et Forêts. Nancy, 291p.
- quezel p ., et medail f .**, 2003-Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Edit. Elsevier. Paris.571p.
- richard p .**, 1987-Etude des facteurs de croissance du chêne liège dans le Var. CEMAGREF.ENTTEF.72p.
- rondeux j .**, 1993 –La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Gembloux. Belgique 522 p.
- rondeux J.**, 1977b-Tarifs de cubage « peuplements » pour l'épicéa commun en Ardenne. Bull. Rech. For. Bel. 84, 124-130 p.
- rondeux j et pauwels d .**, 1998- Le forestor Vertex : une nouvelle génération de dendromètres. Rev.For.Fr.pp59-63.
- saccardy l .**, 1938-Notes sur le chêne liège et le liège en Algérie.Bull.de la station de rech. forêt du nord d'Afrique. II(3).271-372p.
- salazar sampaio.**, 1988- La suberaie et la production mondiale de liège. Article paru dans « Forêt méditerranéenne » T X n° 1 Juillet ; pp 156-161 ;
- seigue A.**, 1985-la forêt circum- méditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maison neuve et larose Paris.173-178.
- simeoné m .**, 2005-Biogéographie du Chêne liège Nord Africain (Quercus suber L). Com. 5eme meeting « Protection intégrée des forêts à Quercus sp ».Tlemcen 22-25 oct 2007.
- stiti b ., chaar h ., sanchez-conzalez m., canellas i et hanchi b.**, 2008-Modèles de croissance en hauteur et en diamètre des chênes lièges dans la forêt de Ain Snoussi, Tunisie. Actes des Journées Scientifiques de l'INRGREFAnnales de l'INRGREF (2008), 12, Numéro spécial, (666-685).
- tome j ., tome m ., barreiro s et paulo ja .**, 2006-Age-independent difference equations for modeling tree and stand growth. Canadian journal of forest research, Volume 36.N<sup>o</sup>7,pp1621-1630.
- varela m.c .**, 1997- Analyse du rôle et du potentiel du chêne-liège(Quercus suber) et de ses produits dans la région méditerranéenne, et examen d'une proposition visant à mettre au point une marque commerciale pour identifier les produits tirés du liège. Portugal, 195p.
- vignes e .**, 1988- Sylviculture du Chêne liège : directives de l'office national des forêts dans le var. Article paru dans « Forêt méditerranéenne » T X n° 1 Juillet ; pp 164-165.
- yessad s.a .**, 1988- Contribution à l'étude éco-dendrométrique de Pinus Halepensis Mill dans la zone subhumide littorale centre. Cas de la forêt de Taourira de Cherchell. Thèse de Magister.INA, 139p +annexes.
- yessad s.a .**, 1990- Notes méthodologiques sur les forêts de Chêne liège. « Forêt expérimentale » INRF. 1<sup>ere</sup> partie .14 p et 2<sup>eme</sup> partie 9p.

**yessad s.a .** , 2000- Le chêne liège et le liège dans les pays de la méditerranée occidentale. Faculté des sces.agro.univ. Cath. de Louvain.111p.

**zeraia I.** , 1982- le chêne liège physiologie, édaphique, régénération et productivité dans les forêts de chêne liège de provenances cristallines (France méridionale et d'Algérie).*Thèse de doctorat. Univ. Aix, Marseille.*367p.

## ANNEXES

### Annexe 1 : Modèles de croissance les plus utilisés (parde j et bouchon j., 1988)

✓ DUPLAT et TRAN-HA :  $H_0 = (Aa + b_1) [ 1 - \exp^{(-A/c)d} ]^r + pA$

A étant l'âge

$H_0$  la hauteur dominante

$\exp^{()}$  la fonction exponentielle

a, c, d, r, p des paramètres « communs »

b un paramètre « libre »

✓ LUNDQVIST et MAËTRN :  $H = \mu_1 + \mu_2 \exp(-\mu_3 / (t - \mu_4)^{\mu_5})$

Où H est la hauteur (moyenne ou dominante)

t est l'âge

$\mu_1$  à  $\mu_5$  sont des paramètres ( $\mu_2$ ,  $\mu_3$  et  $\mu_5$  positifs)

Pour  $\mu_5 = 1$ , on a le modèle bien connu de SCHUMACHER

✓ CHAPMAN-RICHARDS :  $H = \mu_1 + \mu_2 (1 - \exp(\mu_3 (t - \mu_4)))^{(1/\mu_5)}$

Où  $\mu_1$  à  $\mu_5$  sont d'autres paramètres ( $\mu_3 < 0$  et  $\mu_5 < 1$ )

## Annexe 2 : Légende de la stratification / densité, en fonction de la surface terrière calculée en m<sup>2</sup>/ha (in Yessad, 1990).

- Forêt très claire : 01.0 à 05.4 m<sup>2</sup>/ha
- Forêt claire : 05.5 à 10.4 m<sup>2</sup>/ha
- Forêt moyennement claire : 10.5 à 15.4 m<sup>2</sup>/ha
- Forêt dense : 15.5 à 20.4 m<sup>2</sup>/ha
- Forêt très dense : plus de 20.5 m<sup>2</sup>/ha

## Annexe 3 : Statistiques descriptives pour les intervalles du test de kolmogorov et smirnov par zone d'inventaire

Zone d'inventaire de Boumezrane

Borne inférieure [	Borne supérieure ]	Effectif	Fréquence	Densité (Données)
10	15,55	11	0,066	0,012
15,55	21,1	28	0,169	0,030
21,1	26,65	52	0,313	0,056
26,65	32,2	27	0,163	0,029
32,2	37,75	17	0,102	0,018
37,75	43,3	17	0,102	0,018
43,3	48,85	9	0,054	0,010
48,85	54,4	1	0,006	0,001
54,4	59,95	1	0,006	0,001
59,95	65,5	3	0,018	0,003

Zone d'inventaire d'Ouled Bechih

**Etude de la relation entre la circonférence et la hauteur ; et entre la circonférence, la hauteur et l'espacement des arbres**

<b>Borne inférieure [</b>	<b>Borne supérieure [</b>	<b>Effectif</b>	<b>Fréquence</b>	<b>Densité (Données)</b>
10	15,7	2	0,013	0,002
15,7	21,4	11	0,072	0,013
21,4	27,1	24	0,157	0,028
27,1	32,8	35	0,229	0,040
32,8	38,5	35	0,229	0,040
38,5	44,2	20	0,131	0,023
44,2	49,9	13	0,085	0,015
49,9	55,6	6	0,039	0,007
55,6	61,3	3	0,020	0,003
61,3	67	4	0,026	0,005

Zone d'inventaire de Tamgout

<b>Borne inférieure [</b>	<b>Borne supérieure [</b>	<b>Effectif</b>	<b>Fréquence</b>	<b>Densité (Données)</b>
10	15,02	0	0,000	0,000
15,02	20,04	1	0,006	0,001
20,04	25,06	13	0,080	0,016
25,06	30,08	35	0,215	0,043
30,08	35,1	34	0,209	0,042
35,1	40,12	25	0,153	0,031
40,12	45,14	23	0,141	0,028
45,14	50,16	18	0,110	0,022
50,16	55,18	10	0,061	0,012
55,18	60,2	4	0,025	0,005

Zone d'inventaire de Béni ghobri

<b>Borne inférieure [</b>	<b>Borne supérieure [</b>	<b>Effectif</b>	<b>Fréquence</b>	<b>Densité (Données)</b>
20	27,6	1	0,007	0,001
27,6	35,2	19	0,130	0,017
35,2	42,8	48	0,329	0,043
42,8	50,4	43	0,295	0,039
50,4	58	22	0,151	0,020
58	65,6	8	0,055	0,007
65,6	73,2	3	0,021	0,003
73,2	80,8	1	0,007	0,001
80,8	88,4	0	0,000	0,000
88,4	96	1	0,007	0,001