

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMCCEN**  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers  
Département des Sciences d'Agronomie et des Forêts

## **THESE DE DOCTORAT EN FORESTERIE**

Thème :

***INCIDENCE DE L'ETAT SANITAIRE DES ARBRES DU CHENE-LIEGE  
SUR LES ACCROISSEMENTS ANNUELS ET LA QUALITE DU LIEGE DE  
DEUX SUBERAIES ORANAISES : M'SILA (W.ORAN) ET  
ZARIEFFET(W.TLEMCCEN)***

Présentée par :

**Mr DEHANE BELKHIR**

Devant le jury composé de :

Président : M. LETREUCH-BELAROUCI N. Professeur, Université de Tlemcen

Directeur de thèse : M. BOUHRAOUA R.T. Professeur, Université de Tlemcen

Co-Directeur de thèse : M. GONZALEZ-ADRADOS J.R. Professeur, INIA-CIFOR (Espagne)

Examineurs : M. BOUAZZA M. Professeur, Université de Tlemcen

M. BENABDELI K. Professeur, Université de Mascara

M. MESSAOUDENE M. Directeur de Recherche, INRF Tizi-Ouzou

2011/2012

## REMERCIEMENTS

---

Mes premiers mots de remerciements et surtout de reconnaissance, vont naturellement vers mon directeur de thèse de Doctorat, le Professeur Rachid –Tarek Bouhraoua, qui a mis à ma disposition tous les moyens nécessaires à l'aboutissement de ce travail. Il s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de cette thèse ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer. Qu'il reçoive toute l'expression de ma reconnaissance pour m'avoir proposé ce sujet de recherche, et, pour tout son dynamisme et ses qualités humaines.

Je tiens à exprimer également, ma profonde gratitude à Mr le Professeur Noureddine Letreuch-Belarouci (Université de Tlemcen), qui m'a fait l'honneur de présider mon jury de thèse. A Messieurs les Professeurs, Mohamed Bouazza (Université de Tlemcen), Khelloufi Benabdeli ( Université de Mascara) et à Mr Le Dr. Messaouedene Mahand (Directeur de Recherche, INRF Tizi-Ouzou), je veux leurs adresser ma profonde reconnaissance pour avoir accepté de consacrer de leur temps à l'examen de ce travail.

Je suis très sensible à la présence dans ce jury de Monsieur Messaouedene Mahand , je le remercie vivement de sa bonté et d'avoir mis à ma disposition le matériel nécessaire pour les mesures des accroissements du liège et de m'avoir facilité l'hébergement dans la station de l'INRF de Azazga (Tizi Ouzou). Je m'excuse mille fois auprès de sa personne d'avoir involontairement oublié de le remercier dans l'article.

J'apporte toute ma reconnaissance et mon amitié à Mr Le Pr. José Ramon Gonzalez-Adrados, co-directeur de thèse, pour sa constante disponibilité, sa patience et le partage de ses connaissances. Travailler à ses côtés a été énormément enrichissant et agréable. Je le remercie de m'avoir accepté à l'INIA-CIFOR de Madrid (Espagne) et d'avoir rendu possible mon accès au Laboratoire de Technologie du liège.

J'associe à ces remerciements Mr Le Dr. José Luis Garcia de Céca Valéro (Investigador-Technologo) avec qui j'ai eu la chance de travailler, je suis très avouant de son aide et de son humour, j'ai beaucoup appris et je lui en suis très reconnaissant.

Je tiens à remercier également certaines personnes du Laboratoire de Technologie du liège avec qui j'ai eu, l'occasion de travailler ou de discuter. Je pense notamment à Florentino González Hernández, M<sup>a</sup> José Cáceres Esteban, M<sup>a</sup> Luisa Cáceres Esteban, Lorenzo Ortiz Buiza et Emilio (INIA – CIFOR).

Merci aussi à tous mes collègues enseignants et amis de longue date qui se reconnaîtront ici. Je leur exprime ma profonde sympathie et leur souhaite beaucoup de bien.

J'apporte des remerciements pleins de tendresse à ma famille et à mes proches pour leur soutien. Mes parents, mes sœurs et mes frères ont toujours été derrière moi, et m'ont toujours soutenu.

**Résumé :** L'impact de l'état sanitaire des arbres de chêne liège sur les accroissements annuels et la qualité du liège a été estimé dans deux forêts domaniales de l'ouest algérien (M'Sila et Zariéffet), durant 4 ans (2006-2009). L'évaluation annuelle du déficit foliaire (synthèse de 10 ans) à l'échelle des peuplements des 9 parcelles d'étude et les 240 arbres échantillons, converge les deux forêts vers un début dépérissement ( $1,60 < SI < 2,0$ ). La caractérisation de la croissance annuelle du liège selon l'état sanitaire des arbres a montré que les calas issus des 6 parcelles de M'Sila génèrent un rythme général moyen de type rapide de l'ordre de  $2,38 \text{ mm.an}^{-1}$ . Il est plus marqué sur les arbres sains de Cheikh Ben Khalifa ( $2,92 \text{ mm.an}^{-1}$ ). Par contre, les anneaux de croissance réduits de type moyen sont imputés aux sujets dépérissants dans les parcelles de M'Sila ( $1,73 \text{ mm.an}^{-1}$ ). A Zariéffet, la dominance du liège mince s'identifie seulement dans un rythme de type moyen ( $2,04 \text{ mm.an}^{-1}$ ) pour les sujets sains, et faibles pour les dépérissants ( $1,55 \text{ mm.an}^{-1}$ ). L'indice d'accroissement (IAC) du liège dans les deux forêts se corrèle négativement à l'indice de santé (IS) (Zariéffet :  $r = -0,85$  et M'Sila :  $r = -0,52$ ). L'influence de l'état sanitaire sur la masse du liège (kg) sur pied, évaluée sur 230 arbres-échantillons, a révélé une corrélation directe avec la circonférence du tronc et l'épaisseur du liège produit. Le poids du liège manifeste un clivage vers les arbres sains de M'Sila dans le cas du volume ( $20,32 \pm 2,23 \text{ kg}$ ), et ceux de Zariéffet dans le cas de la surface d'exploitation ( $24,51 \pm 6,51 \text{ kg}$ ). Les 3 classes d'état sanitaire supportent aussi une mosaïque de coefficients de porosité (CP%). Cette variabilité s'étend de l'échantillon le moins poreux au plus poreux (Zariéffet :  $0,94\% - 15,7\%$ ), (M'Sila :  $1,25\% - 14,09\%$ ). Le caractère individuel de chaque pied semble prendre le dessus, avec un degré plus, les conditions de végétation des sujets de M'Sila. La présence ou l'absence des défauts ne peut être corroborées directement à l'état sanitaire des arbres. Ces anomalies parsèment différemment les calas du liège d'un état sanitaire à un autre. La classe des arbres sains comme celles des arbres dépérissants comportent à des taux différents, le liège de bonne qualité « 1<sup>er</sup>-3<sup>ème</sup> » comme de faible qualité « 6<sup>ème</sup> ».

**Mots clés :** liège, état sanitaire, accroissements annuels, poids, porosité, anomalies, littoral, montagne.

### **Impact of health status of trees on annual growth and cork quality of two cork oak stands : M'Sila (w. Oran) and Zariéffet (w. Tlemcen)**

**Abstract :** The impact of the sanitary state of the trees of cork oak on the annual increases and the quality of the cork was considered in two western national forests of Algeria (M'Sila and Zariéffet), during four years (2006-2009). The annual evaluation of the foliar deficit (synthesis of 10 years) at the stand level of nine study plots and 240 sample trees, converge the two forests to a beginning decline ( $1.60 < SI < 2.0$ ). Characterizing the annual growth of cork according to the health of the trees showed that planks from the six plots of M'Sila generate an overall pace of fast type in the range of  $2.38 \text{ mm.an}^{-1}$  a greater impact on healthy trees in three plots of the canton of Cheikh Ben Khalifa ( $2.92 \text{ mm.an}^{-1}$ ). For cons, the growth rings of reduced average standard are attributed to subjects decaying in the three plots of canton M'Sila ( $1.73 \text{ mm.an}^{-1}$ ). In Zariéffet, the dominance of thin cork identifies only one type of medium pace ( $2.04 \text{ mm.an}^{-1}$ ) for healthy subjects and low for the decaying ( $1.55 \text{ mm.an}^{-1}$ ). The index of increase (IAC) of cork forests in the two correlates negatively to the health index (SI) (Zariéffet:  $r = -0.85$  and M'Sila:  $r = -0.52$ ). The influence of the health status of the mass of the cork (kg) up, evaluated on 230 sample trees showed a direct correlation with the circumference of the trunk and the thickness of cork product. Manifest weight of the cork to the cleavage of M'Sila healthy trees in the case of volume ( $20.32 \pm 2.23 \text{ kg}$ ), and those of Zariéffet in the case of surface operations ( $24.51 \pm 6, 51 \text{ kg}$ ). The three classes of health status (healthy, weak, dying) support a mosaic of coefficients of porosity (CP%). This variability extends from the sample the less porous to more porous (Zariéffet:  $0.94\% - 15.7\%$ ), (M'Sila:  $1.25\% - 14.09\%$ ). The individual character of each foot seems to take it with a higher growing conditions M'Sila subjects. The presence or absence of defects cannot be corroborated directly to the health of trees. These anomalies are scattered differently planks cork of a health status to another. The class of healthy trees such decaying, have at different rates, cork quality "1<sup>st</sup>-3<sup>rd</sup>" as low-quality "6<sup>th</sup>".

**Keywords:** cork, health status, annual increments, weight, porosity, defects, coastline, mountains.

**دراسة اثر الحالة الصحية لأشجار الفلين البلوط على الزيادات السنوية و نوعية الفلين في غابيتين من الغرب الجزائري :مسيلة ولاية وهران و زاريقات ولاية تلمسان.**

**الخلاصة:** تمت خلال أربع سنوات (2006-2009) دراسة اثر الحالة الصحية لأشجار بلوط الفلين على الزيادات السنوية و نوعية الفلين في غابيتين تابعيتين للدولة غرب الجزائر، (المسيلة و زاريقات). التقييم السنوي للعجز الورقي (متابعة 10 سنوات) الذي شمل 9 أجزاء صغيرة و 240 شجرة نموذج، يسير بالغابيتين إلى بداية الانهيار ( $1.60 < SI < 2.0$ ). النمو السنوي للفلين وفقا لصحة الأشجار أظهر أن ألواح الفلين الآتية من 6 أجزاء المسيلة تنفرد بوتيرة نمو سنوية سريعة (2.38م) خاصة المنبتة من الأشجار الصحية لثلاث أجزاء منطقة الشيخ بن خليفة (2.92 مم). أما الألواح ذات النمو البطيء فهي موازية لأشجار المنهارة صحيا في ثلاثة أجزاء منطقة المسيلة (1.73م). في غابة زاريقات يهيم الفلين الرقيق ذو الوتيرة المتوسطة (2.04م) المنحدر من الأشجار الصحية و الضعيف من المنهارة (1.55م). مؤشر الزيادة للفلين (IAC) في الغابيتين يرتبط سلبا مع مؤشر الصحة (SI) ص = 0.85- و المسيلة: ص = 0.52-. أظهر تأثير الحالة الصحية على الكتلة المنتجة من الفلين (كلغ) في 230 شجرة (عينة) وجود ارتباط مباشر مع محيط الجذع وسمك المنتج للفلين. وزن الفلين يتجه بشكل ظاهر إلى الأشجار الصحية لغابة المسيلة في حالة الحجم ( $20.32 \pm 2.23$  كلغ)، و إلى زاريقات في حالة مساحة النزاع ( $24.51 \pm 6.51$  كلغ). يعتبر عامل الشيوخة وخصائص القياس المميزة لأشجار بلوط الفلين أسباب أساسية في التخفيض العفوي لإنتاج الفلين على الأشجار الكبار والصغار معا. أظهرت الصفوف الثلاثة للعجز الورقي (الصحة، الضعف، الانهيار) احتواء ألواح الفلين على فيسفاء من معاملات المسامية (CP %). هذا التفاوت يمتد من العينة أقل مسامية إلى أكثر مسامية (زاريقات :  $0.94\% - 15.7\%$  )، (المسيلة :  $1.25\% - 14.09\%$ ). الطابع الفردي لكل شجرة يبدو المؤثر الحقيق على هذا التنوع بالإضافة إلى عوامل النمو في غابة المسيلة. لا يمكن ربط وجود عيوب الفلين من عدمه مباشرة مع صحة الأشجار. انتشار هذه العيوب يبدو متواجد من حالة صحية لأخرى، فصف الأشجار الصحية و المنهارة تحتوي على السواء نوعية الفلين حسنة الجودة "1-3" و الرديئة الجودة "6".

**الكلمات الرئيسية :** الحالة الصحية، الفلين، و الزيادات السنوية، الوزن، المسامية، العيوب، الساحل والجبل.

## SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

### **CHAPITRE I : CONSIDERATIONS GENERALES SUR LE CHENE LIEGE**

I.1- Systématique et origine.....	6
I.2-Biogéographie.....	6
I.3-Caractères botaniques.....	8
I.3.1-Les variétés.....	8
I.3.2- La description.....	9
I.4-Ecologie.....	10
I.4.1-Les exigences climatiques.....	10
I.4.2-Les exigences édaphiques.....	11
I.5-Culture du chêne liège.....	11
I.6- Sylviculture et aménagement.....	12
I.7-Association du chêne liège.....	12
I.8-La Production des arbres de chêne liège.....	13

### **CHAPITRE II : LE CHENE LIEGE ET LE LIEGE ALGERIEN, ENTRE LE PASSE ET LE PRESENT**

II.1-La répartition géographique des suberaies Algériennes.....	14
II.2-Historique.....	15
II.2.1-L' époque romaine 46 avant JC- 429 après JC.....	15
II.2.2-L' époque Arabo-musulmane 681-1300 aprèJC.....	15
II.2.3-L' époque ottomane- précoloniale :1529-1830.....	16
II.2.4-L' époque coloniale 1830-1962.....	16
II.2.4.1-La première période, 1838-1848.....	17
II.2.4.2-La deuxième période, 1849- 1892.....	17
II.2.4.3-La troisième période, 1892-1937.....	19
II.2.4.4-La quatrième période, 1954-1962.....	19
II.2.5-L' époque post indépendance.....	20
II.3-Les suberaies de l'ouest Algérien.....	21
II.3.1-Les subéraies littorales.....	21
II.3.2-Les subéraies de montagne.....	22
II.4-La production du liège en Algérie.....	23
II.4.1-Les productions de 1890 à 1900.....	24
II.4.2-Les productions de 1901 à 1915.....	26
II.4.3 - Les productions de 1916 à 1928.....	27
II.4.4- Les productions de 1937- 1950.....	28
II.4.5- Les productions de 1954- 1959.....	30
II.4.6- Les productions post indépendance.....	30



II.5-L'industrie du liège en Algérie.....	32
II.5.1-Durant l'époque coloniale.....	32
II.5.2-L'industrie nationale.....	33
II.6- Le commerce du liège en Algérie.....	34
II.6.2-Durant la période coloniale.....	34
II.6.2-Durant la période actuelle.....	37

**CHAPITRE III :**  
**LA TECHNOLOGIE DU LIEGE**

III.1-Définition.....	41
III.2- Formation du liège.....	41
III.2.1-Le liège mâle.....	41
III.2.2-Le liège de reproduction.....	42
III.3.-L'apparence macroscopique du liège.....	44
III.3.1-Les accroissements.....	44
III.3.2-Les pores ( lenticelles).....	45
III.4-L'apparence microscopique du liège.....	46
III.4.1-Les assises subéreuses.....	47
III.4.2-Les lenticelles.....	50
III.5- Composition chimique et minérale du liège.....	50
III.6-Principales propriétés physiques et mécaniques du liège.....	51
III.7- Importance économique.....	52
III.7.1- Production mondiale.....	52
III.7.2-Utilisation .....	54
III.8-La qualité du liège.....	56
III.8.1-Sur le plan conceptuel.....	56
III.8.2-Sur le plan socio-économique .....	58
III.8.3-Sur le plan technique et scientifique .....	58
III.8.4-Critères d'évaluation de la qualité du liège en planche .....	59
III.8.4.1-L'épaisseur .....	59
III.8.4.2-L'aspect .....	60
III.8.4.2.1-La porosité .....	60
III.8.4.2.2- Les défauts .....	60
III.8.5-Classification de la qualité du liège en planche .....	61
III.8.6-Automatisation de l'évaluation de la qualité du liège .....	62
III.8.7-Analyse d'image des surfaces du liège .....	63
III.8.7.1-Historique de la technique .....	63
III.8.7.2-Principes fondamentaux .....	63
III.8.7.3-Application à la morphométrie du liège .....	63
III.8.8-Indice de qualité .....	64

**CHAPITRE IV :**  
**LE MILIEU PHYSIQUE**

IV.1-Choix des forêts.....	66
IV.2-Situation géographique.....	66
IV.2.1-La forêt de Zariéffet.....	66
IV.2.2-La forêt de M'Sila.....	67
IV.3-Pédologie.....	68
IV.4-Géologie.....	69
IV.5-Hydrographie.....	71
IV.6-Le climat.....	71
IV.6.1-Choix des stations météorologiques.....	72
IV.6.2-Données climatiques(Précipitations).....	72
IV.6.2.1-Répartition annuelle des précipitation.....	73
IV.6.2.2-Répartition mensuelle moyenne des précipitations.....	74
IV.6.2.3-Régime saisonnier des précipitations.....	75
IV.6.3- Facteurs thermiques : (Températures).....	77
IV.6.3.1-Moyenne des minima du mois le plus froid « m ».....	77
IV.6.3.2- Moyenne des maxima du mois le plus chaud « M».....	77
IV.6.3.3- Températures moyennes mensuelles et annuelles (T°C).....	78
IV.6.4-Synthèse climatique.....	78
IV.6.4.1-Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité.....	78
IV.6.4.2-Indice de sécheresse estivale.....	79
IV.6.4.3-Etage de végétation ou zonation altitudinale.....	79
IV.6.4.4-Indice de DE MARTONNE .....	80
IV.6.4.5-Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен.....	81
IV.6.4.5-Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger.....	82
IV.7- Description forestière.....	85
IV.8 - Production subéricole.....	85
IV.8.1-La forêt de Zariéffet.....	86
IV.8.2-La forêt de M'Sila.....	87
IV.9- Incendies.....	88

**CHAPITRE V :**  
**APPROCHE METHODOLOGIQUE**

V.1- Problématique et principaux objectifs de l'étude .....	89
V.2-Plan d'échantillonnage .....	90
V.2.1-Choix des parcelles .....	90
V.2.2-Caractéristiques des parcelles d'étude .....	91
V.2.2.1-Relevés géographiques et topographiques .....	91
V.2.2 -Relevés sylvicoles .....	91
V.2.3- Relevés climatiques .....	91
V.2.2.4-Relevés sanitaire des parcelles d'études .....	91

V.2.3-Choix des arbres échantillon pour les prélèvements du liège.....	93
V.2.4- Relevés caractéristiques des arbres échantillon .....	93
V.2.4.1-Relevés dendrométriques .....	94
V.2.4.2-Relevés d'exploitation .....	94
V.2.4.3- Relevés d'état sanitaire .....	94
V.3-Etude de la technologie du liège .....	95
V.3.1- Sur le terrain .....	95
V.3.2-Au laboratoire .....	96
V.3.2.1- Etude des accroissements annuels du liège .....	96
V.2.3.1.1-Avant bouillage .....	96
V.2.3.1.2-Après bouillage .....	97
V.4-Etude de l'estimation du poids du liège sur pied selon l'état sanitaire des arbres .....	98
V.4.1-Choix des parcelle et des arbres .....	99
V.4.2-Technique de l'estimation d'une récolte sur pied .....	99
V.4.2.1-Sur le terrain .....	99
V.4.2.2-Au laboratoire.....	101
V.4.2.3- Récolte probable d'une parcelle ou placette selon l'état sanitaire .....	103
V.5- Etude de la qualité du liège.....	104
V.5.1-Application au liège .....	105
V.5.1.1-Choix des échantillons .....	105
V.5.1.2-Digitalisation .....	105
V.5.2- Technique de mesures .....	106
V.5.2.1- Les accroissements annuels du liège.....	106
V.5.2.2-La porosité.....	107
V.5.2.3.- Les défauts du liège .....	111
V.5.2.3.1- Description des défauts sur l'ensemble des échantillons .....	111
V.5.2.3.2-Quantification des défauts .....	112
V.6-Traitement statistique .....	113

**CHAPITRE VI :**  
**RESULTATS DE L'INCIDENCE DE L'ETAT SANITAIRE DES ARBRES SUR LES**  
**ACCROISSEMENTS ANNUELS ET LA QUALITE DU LIEGE**

VI.1.-Caractéristiques des parcelles.....	115
VI.1.1.- Relevés géographiques et topographique .....	115
VI.1.2- Relevés sylvicoles.....	117
VI.1.3-Relevés sanitaire des parcelles d'étude .....	118
VI.1.4-Relevés caractéristiques des arbres échantillons.....	119
VI.2- Distribution des arbres -échantillons par classe d'état sanitaire.....	120
VI.2.1-Evaluation sanitaire durant l'année d'échantillonnage.....	122
1-Observation sanitaire de 2006.....	123
2-Observation sanitaire de 2007.....	123

3-Observation sanitaire de 2008.....	124
VI.2.2-Etude de l'état sanitaire des arbres échantillons durant les années antérieures.....	124
VI.2.2.1-Période 1999-2006.....	124
VI.2.2.2-Période 1999-2007.....	125
VI.2.2.2- Période 1999-2008.....	127
VI.3-Caractérisation générale du matériel récolte .....	128
VI.3.1-Avant le bouillage.....	128
VI.3.2-Après bouillage.....	129
VI.3.3-Etude de la croissance du liège.....	130
VI.3.3.1-Distribution des échantillons selon leurs classes d'âge.....	131
VI.3.3.2-Distribution des échantillons par classes commerciales d'épaisseur.....	132
1-Forêt de M'Sila.....	132
2-Forêt de Zariéffet.....	133
VI.3.3.3-Etude des accroissements moyens annuels.....	135
VI.3.3.3.1-Selon l'année d'échantillonnage.....	135
1-Forêt de M'Sila.....	135
2-Forêt de Zariéffet.....	138
VI.3.3.3.2- Selon l'échantillonnage total .....	141
VI.3.3.3.3-Selon leurs classes d'accroissements moyens annuels.....	143
VI.3.4-Variation de la croissance du liège.....	145
VI.3.4.1-Variation annuelle.....	145
1-Liège du Littoral (M'Sila).....	145
2-Liège de montagne (Zariéffet) .....	147
VI.3.4.2-Croissance cumulée.....	149
VI.4-Caractérisation du matériau récolté selon l'état sanitaire des arbres échantillons.....	151
VI.4.1-Distribution des échantillons par classe d'état sanitaire.....	151
VI.4.2-Distribution des échantillons par classe d'accroissements moyens annuels.....	151
1-Liège de M'Sila.....	152
2-Liège de Zariéffet.....	156
VI.4.3-Evolution annuelle des accroissements selon l'état sanitaire des arbres.....	162
1-Liège de Zariéffet.....	162
2-Liège de M'Sila.....	164
VI.5-Etude de l'estimation du poids du liège sur pied selon l'état sanitaire des arbres.....	168
VI.5.1-Caractérisation générale des quatre parcelles.....	168
VI.5.2-Distribution des arbres échantillons par classes de circonférence à 1,30 m.....	169
VI.5.3 -Distribution des arbres échantillons par classes d'épaisseur.....	170
VI.5.4-Distribution des arbres échantillons par classes des hauteurs d'écorçage.....	171
VI.5.5-Distribution des arbres échantillons par classe de Coefficient de démasclage.....	173
VI.5.6-Calcul de la production du liège sur pied.....	174
VI.5.6.1-Par volume et surface exploitables.....	174
VI.5.6.2-Par volume productif .....	174
VI.5.6.3-Par surface productive .....	176
VI.5.7-Caractérisation du volume et de la surface productifs des arbres.....	177
VI.5.7.1-Par classes de circonférences.....	177
1-Arbres de la parcelle saine.....	178
2-Arbres de la parcelle déperissante.....	178
VI.5.7.2-Par classes d'épaisseurs.....	179
1-Arbres de la parcelle saine.....	179
2-Arbres de la parcelle déperissante.....	181
VI.6-Etude de la qualité du liège selon l'état sanitaire.....	181

VI.6.1- Estimation de la porosité.....	181
VI.6.1.1- Caractérisation générale des variables productives.....	181
VI.6.1.2-Variation des paramètres de la porosité selon l'état sanitaire des arbres .....	183
VI. 6.1.2.1-Variables de dimension et concentration.....	184
VI.6.1.2.2-Variables de forme.....	187
VI.6.1.3-Variation de la porosité par classes de surfaces des pores .....	189
VI.6.1.4- Distribution des échantillons par classes de porosité.....	191
VI.6.2- Identification des défauts.....	194
VI.6.2.1-Caractérisation générale.....	194
VI.6.2.1.1-Par type de défauts.....	194
VI.6.2.1.2- Par origine des défauts .....	195
VI.6.2.2-Caractérisation de la porosité visuelle ou les soufflure .....	196
VI.6.2.3-Caractérisation des anomalies selon l'état sanitaires des arbres.....	197
VI.6.2.4-Interprétation statistique.....	202
1-Liège de M'Sila.....	203
2-Liège de Zarieffet.....	204
VI.6.3-Détermination des classes de qualité commerciale.....	205
VI.6.3.1- Quantification des principales anomalies selon les classes commerciales.....	206
VI.6.3.1.1-Classe de bonne qualité (1 <sup>er</sup> -3 <sup>ème</sup> ).....	207
VI.6.3.1.2-Classe de qualité moyenne (4 <sup>ème</sup> -5 <sup>ème</sup> ).....	208
VI.6.3.1.3-Classe de qualité faible (6 <sup>ème</sup> ).....	209
VI.6.3.1.4-Classe de Rebut.....	211
VI.6.3.2-Distribution des classes commerciales selon l'état sanitaire.....	212

## **CHAPITRE VII :**

### **DISCUSSION SUR LE MECANISME GENERAL D'AFFAIBLISSEMENT DES ARBRES DANS LA REGION ORANAISE ET SON IMPACT SUR LA CROISSANCE ET LA QUALITE DU LIEGE**

VII.1-L'âge du liège.....	214
VII.2-Le bouillage.....	214
VII.3-La densité .....	220
VII.4-La productivité.....	221
VII.5.-La croissance du liège .....	221
VII.6.Facteurs explicatifs de la dégradation de l'état de santé des arbres.....	223
VII.6.1- Les différents facteurs de dégradation de l'état sanitaire.....	224
VII.6.1.1-Facteurs prédisposants.....	224
1-Les facteurs climatiques .....	225
2-Les facteurs sylvicoles.....	227
VII.6.1.2-Les facteurs déclenchants.....	228
1- La sécheresse.....	229
2- L'embroussaillage.....	230
3-Les incendies.....	230
4- Les agents biotiques .....	230
VII.6.1.3-Les facteurs aggravants .....	231
VII.6.2-Mécanisme de la dégradation sanitaire des arbres dans les deux suberaies.....	231
VII.7-Impact de la santé des arbres sur les accroissements annuels du liège.....	233
VII.7.1-Liège de Zarieffet.....	236
VII.7.2- Liège de M'Sila.....	238

VII.8-Impact du climat sur les accroissements annuels du liège .....	240
VII.9-Impact des facteurs écologiques et forestiers sur les accroissements annuels du liège.	247
VII.10-Conséquence de l'état sanitaire sur la production de l'arbre .....	252
VII.10.1-La production subérogène .....	254
VII.10.1.1-Indépendamment du dépérissement.....	256
VII.10.1.2-Sous l'influence du dépérissement.....	260
VII.11-La qualité du liège de la suberaie de M'Sila et de Zariéffet.....	260
VII.11.1-La porosité .....	260
1-Les variables de dimension.....	262
2-Les variables de concentration.....	263
3-Les variables de forme .....	264
VII.11.2-Les défauts.....	264
VII.11.3-Les classes de qualité commerciale.....	266
Conclusion générale et perspectives .....	268
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	275
ANNEXES	

## Liste des figures

Titre	N° page
Figure1 : Distribution naturelle de l'aire géographique du chêne liège selon le réseau Euforgen	7
Figure 2 : Superficies du chêne liège deux périodes et par pays	7
Figure 3 : Distribution des lignées basées sur le cpDNA dans les peuplements de chêne liège	8
Figure 4 : Carte des ressources économiques d'Algérie du Nord	14
Figure 5 : Chronologie des suberaies Algériennes selon les récits établis par différents auteurs durant l'époque coloniale	20
Figure 6 : Répartition géographique du chêne- liège dans la région Oranaise	21
Figure 7: Production du liège tout venant en forêts domaniales entre les années 1890 – 1900	25
Figure 8: Production du liège tout venant en forêts domaniales entre les années 1901 -1915	26
Figure 9 : Production du liège tout venant en forêts domaniales entre 1916 et 1928	27
Figure 10 : Production du liège tout venant en forêts domaniales communales et privées entre 1937 -1950	29
Figure 11: Fluctuation annuelle de la production nationale du liège entre 1965-1979	30
Figure 12 : Fluctuation annuelle de la production nationale du liège entre 1980-1992	31
Figure 13 : Fluctuation annuelle de la production nationale du liège entre 1993-2010	32
Figure 14 : Exportation du liège brut et en planche durant la période 1847-1898	35
Figure 15: Exportation du liège ouvré et non ouvré durant la période 1899-1915	36
Figure 16 : Exportation du liège ouvré et non ouvré durant la période 1916-1928	36
Figure 17 : Exportation du liège brut et en planche durant la période 1929-1960	37
Figure 18: Fluctuation annuelle des exportations totales du liège brut et ouvrages du liège, période 1998-2008	39
Figure 19 : Répartition des exportations algériennes du liège par continent (1998-2008)	39
Figure 20: Les principaux clients des produits subericoles algériens (1998-2008)	40
Figure 21: Coupe transversale sur un tronc de chêne liège	41
Figure 22 : Cycle végétatif d'un liège de reproduction (6 accroissements complets)	44
Figure 23 : Chronologie de reproduction du liège naturel	45
Figure 24: Disposition macroscopique des lenticelles ainsi que leur représentation schématique dans un tissu subéreux	46
Figure 25: Nomenclature de la description spatiale des directions et sections du liège	47
Figure 26: Limite d'un anneau de croissance	47
Figure 27 : Forme de la cellule du liège selon les trois sections	48
Figure28 : Représentation en 3 dimensions d'une assise subéreuse	48
Figure 29: Ondulation des parois cellulaires	49
Figure 30: Schéma d'un canal lenticellaire âgé de trois ans fortement lignifié	50
Figure 31: Représentation schématique des lenticelles à l'intérieur du liège selon les trois sections d'observation	50
Figure 32: Production mondiale du liège	53
Figure 33 : Digrammes des ventes de liège par type de produit	54

Figure34: Situation géographique de la forêt domaniale de Zariéffet	67
Figure 35 : Situation géographique de la forêt domaniale de M'Sila	68
Figure 36 : Carte géologique du Nord-Ouest Algérien	70
Figure 37: Extrait du schéma géologique du littoral Oranais	70
Figure 38: Carte pluviométrique de l'Algérie, la région d'étude est encadrée	73
Figure 39: Répartition annuelle de la pluviométrie dans les deux forêts (Période 1961-2008)	74
Figure 40: Variation mensuelle des précipitations pour les deux forêts (ancienne et nouvelle période)	75
Figure 41 : Régime saisonnier des précipitations dans les deux forêts entre ancienne et nouvelle période	76
Figure 42 : Indice d'aridité de De Martonne pour les deux forêts	81
Figure 43: Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen (1953) des deux forêts	82
Figure 44: Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger des deux forêts au cours de la période ancienne (Pa) et récente (Pn)	84
Figure 45: Evolution périodique de la production du liège dans les deux forêts	86
Figure 46 : Evolution périodique de la production du liège dans la forêt de M'Sila	87
Figure 47: Répartition des parcelles d'étude dans le réseau régional de surveillance et de suivi de l'état de santé du chêne-liège	90
Figure 48: Illustration explicative des classes de défoliation des arbres de chêne liège	92
Figure 49: Mesures effectuées sur les arbres échantillons	100
Figure 50: Méthode appliquée pour l'estimation du poids du liège de reproduction sur pied	100
Figure 51: Les étapes d'analyse d'image d'un échantillon de liège	105
Figure 52: Représentation géométrique des variables de dimensions	109
Figure 53 : Représentation géométrique des variables de formes	110
Figure 54 : Fiche de notation des anomalies selon le programme « CALCOR »	111
Figure 55 : Localisation des parcelles d'étude dans la forêt domaniale de M'Sila (haut) et dans la forêt domaniale de Zariéffet (bas)	116
Figure 56: Evolution annuelle de l'indice de santé à l'échelle des parcelles et des deux forêts (1999 -2008)	119
Figure 57 : Etat sanitaire des arbres échantillons par parcelles et forêt durant les 3 années d'échantillonnage	123
Figure 58 : Evolution annuelle du déficit foliaire des arbres-échantillons durant la période 1999-2006	125
Figure 59: Evolution annuelle du déficit foliaire des arbres-échantillons dans la suberaie de M'Sila et de Zariéffet durant la période 1999-2007	126
Figure 60: Evolution annuelle du déficit foliaire des arbres-échantillons durant la période 1999-2008	127
Figure 61: Répartition des échantillons du liège selon leurs classes d'âge	131
Figure 62: Contribution relative des parcelles par rapport à l'âge préconisé dans l'exploitation du liège dans les deux forêts	132
Figure 63: Distribution des échantillons du liège selon les classes commerciales d'épaisseurs par parcelles et forêt	132
Figure 64: Distribution des échantillons par classes commerciales (M'Sila)	133



Figure 65: Distribution des échantillons du liège selon les classes commerciales d'épaisseurs par parcelle et forêt	134
Figure 66: Distribution des échantillons par classes commerciales (Zarieffet)	135
Figure 67: Accroissement moyen annuel enregistré au niveau des parcelles de la forêt de M'Sila et par année d'échantillonnage	138
Figure 68: Accroissement moyen annuel enregistré au niveau des parcelles de la forêt de Zarieffet et par année d'échantillonnage	141
Figure 69: Variation des accroissements moyens annuels au niveau des 9 parcelles	143
Figure 70: Distribution des accroissements moyens annuels selon leurs classes	144
Figure 71: Variation des accroissements annuels du liège de littoral	146
Figure 72: Variation annuelle des accroissements complets selon l'âge du liège	148
Figure 73: Exemples de la croissance cumulée du liège de M'Sila, échantillonnage 2008	149
Figure 74: Exemples de la croissance cumulée du liège de Zarieffet, échantillonnage 2008	149
Figure75 : Variation de l'accroissement annuel et accumulé durant le cycle de production	150
Figure 76: Distribution des échantillons selon les classes d'état sanitaire des arbres	151
Figure 77: Distribution des échantillons par classe d'accroissements moyens annuels (M'Sila)	154
Figure78 : Distribution de la variable "accroissement moyen annuel" par état sanitaire et par parcelles dans la forêt de M'Sila	156
Figure79: Distribution des échantillons par classes d'accroissements moyens annuels(Zarieffet)	158
Figure 80 : Distribution de la variable "accroissement moyen annuel" par état sanitaire et par parcelles dans la forêt de Zarieffet.	160
Figure 81: Distribution de la variable "accroissement moyen annuel" par état sanitaire et par provenance	161
Figure 82 : Evolution annuelle des accroissements du liège de 11 ans selon l'état sanitaire des arbres	163
Figure 83 : Evolution annuelle des accroissements d'un liège de 13 ans selon l'état sanitaire des arbres et pour une prédiction de 2 années	164
Figure 84 : Evolution annuelle des accroissements du liège de 8 ans selon l'état sanitaire des arbres	165
Figure 85: Evolution annuelle des accroissements d'un liège de 10 ans selon l'état sanitaire des arbres et pour une prédiction de 2 années	166
Figure 86 : Répartition des arbres des quatre parcelles par classes de circonférences	170
Figure 87: Répartition des arbres des deux forêts par classes d'épaisseur	171
Figure 88 : Répartition des arbres des deux forêts par classes des hauteurs d'écorçage	172
Figure 89: Répartition des arbres des deux forêts par classes de coefficient d'écorçage	173
Figure 90 : Diagramme à points du volume productif des arbres sains et dépérissants de Zarieffet et de M'Sila	175
Figure 91: Diagramme à points de la surface productive des arbres sains et dépérissants de Zarieffet et de M'Sila	177
Figure 92 : Répartition de la production sur pieds sains par surface (8kg/m <sup>2</sup> ) et par volume (310Kg/m <sup>3</sup> ) selon les classes de circonférences (parcelle saine et dépérissante)	178
Figure 93 : Répartition de la production sur pied par surface productive (8kg/m <sup>2</sup> ) et par volume productif (310kg/m <sup>3</sup> ) selon les classes d'épaisseurs (parcelle saine et dépérissante)	179
Figure 94: Variation du nombre de pores durant l'opération du filtrage pour les deux types de liège (Section tangentielle : arbres sains )	185

Figure 95 : Valeurs moyennes des variables de dimension et de concentration des pores selon l'état sanitaire des arbres	186
Figure 96: Valeurs moyennes des facteurs de forme des deux lièges selon l'état sanitaire	187
Figure97 : Valeurs moyennes des facteurs de géométrie des deux lièges selon l'état sanitaire	188
Figure 98: Variation de l'orientation angulaire des pores selon la section tangentielle (N=80)	188
Figure 99 : Distribution des pores des échantillons par classes de surfaces (<1mm <sup>2</sup> , 1-2mm <sup>2</sup> , >2mm <sup>2</sup> ) (N=80)	190
Figure100: Répartition des échantillons par classes de porosité et état sanitaire (M'Sila)(N=80)	191
Figure 101: Niveau de porosité mesuré sur les échantillons des deux forêts et par état sanitaire	192
Figure 102 : Taux des défauts du liège par provenance (N=80) (3 contrôle/ calas)	194
Figure 103: Répartition des défauts selon leur origine (N=80)	195
Figure104 : Variation des anomalies de soufflures dans les deux lièges (N=80)	197
Figure 105: Distribution des défauts par classe d'état sanitaire et provenance	198
Figure 106: Représentation des défauts par échantillons sur le plan factoriel F1 et F2 (M'Sila et Zarieffet)	203
Figure 107: Répartition des échantillons selon leurs classes de qualité commerciale	206
Figure108 : Distribution de la superficie sur les des défauts du liège de M'Sila classe (1 <sup>er</sup> -3 <sup>ème</sup> )	207
Figure 109 : Distribution des variables quantifiables des défauts du liège de la classe (4 <sup>ème</sup> -5 <sup>ème</sup> ) (à droite : M'Sila, à gauche : Zarieffet)	209
Figure 110 : Distribution des variables quantifiables des défauts du liège de la classe (6 <sup>ème</sup> ) (à droite : M'Sila, à gauche : Zarieffet)	210
Figure 111 : Distribution des variables quantifiables des défauts du liège de la classe (rebut) (à droite : M'Sila, à gauche : Zarieffet)	212
Figure 112 : Distribution des échantillons par classes de qualité commerciale selon l'état sanitaire	212
Figure113:Expansion calibrable du liège de M'Sila et de Zarieffet selon l'année d'échantillonnage (2006-2007-2008)	216
Figure 114 : Forme de la cellule du liège de littoral avant bouillage	219
Figure 115 : Forme de la cellule du liège de montagne avant bouillage	219
Figure 116 : Variation du calibre du liège mesuré à différents niveau de la hauteur	222
Figure 117: Variation de l'épaisseur moyenne mesurée à différentes hauteurs en en fonction de la circonférence normale	222
Figura 118 : Variation du calibre produit par le même arbre durant 14 récoltes successives	223
Figure 119: Représentation dans le plan factoriel F1 x F2 des facteurs climatiques agissant sur les peuplements des deux forets	225
Figure 120: Représentation dans le plan factoriel F1 x F2 des facteurs sylvicoles agissant sur les peuplements des deux forets	225
Figure 121: Variation de la pluviométrie annuelle dans les deux forêts durant la période 1999-2008	226
Figure122 : Situation pluviométrique dans les deux forêts analogues aux notations de l'état sanitaire (1999-2008)	229
Figure 123 : Le modèle de dépérissement des arbres forestiers	233
Figure 124: Passage des valeurs réelles aux valeurs théoriques du liège pour le calcul de l'indice d'accroissement	234

Titre	N° page
Figure125: Prédiction des accroissements annuels du liège pour un cycle de production de 12ans	235
Figure 126: Relation directe entre l'indice d'accroissement (IAc) et l'indice de santé (IS) (Zarieffet)	238
<del>Figure 127: Relation directe entre l'indice d'accroissement (IAc) et l'indice de santé (IS) (M'Sila)</del>	<del>239</del>
Figure 128: Exemples de courbes d'indice d'accroissement / précipitations accumulées (Janvier-Juin, Mars - Septembre, Janvier Décembre, Octobre(t-1)-Septembre(t), (Novembre (t-1) - Septembre(t))	243
Figure 129 : Exemples de relation directe entre l'indice d'accroissement du liège de M'Sila et Zarieffet et les précipitations accumulées pour différents mois de l'année (Janvier-Juin, Mars-Septembre, (Novembre(t-1)-Septembre(t)).	244
Figure130 : Réponse physiologique du chêne liège vis-à-vis des fluctuations pluviométriques et aux rabattements des eaux souterraines	246
Figure 131: Représentation dans le plan factoriel F1 x F2 des facteurs écologiques et forestières des parcelles agissant sur les accroissements annuels du liège dans les deux forêts	248
Figure 132: Représentation en 3 dimensions de la production du liège sur pied selon l'état sanitaire des arbres et par provenance (densité 310 kg/m3)	253
Figure133 : Représentation en 3 dimensions de la production du liège sur pied selon l'état sanitaire des arbres dans les quatre parcelles (densité 310Kg/m3)	254
Figure 134: Fluctuations de la masse de liège produite selon grandeurs des circonférences et des épaisseurs	256
Figure 135: Courbe de régression de la surface productive / circonférence des arbres sains (M'Sila et Zarieffet)	257
Figure136 : Courbe de régression de la production volumétrique / épaisseur du liège et circonférence du tronc des arbres sains (M'Sila et Zarieffet)	258
Figure 137: Porosité des calas d'arbres sains en considérant seulement les pores >0,8mm2 et la porosité totale (%) ( Haut : M'Sila ; Bas : Zarieffet)	263

## Liste des tableaux

Tableau1: Variétés et forme botaniques de <i>Quercus suber</i>	9
Tableau1 : Equations proposées pour divers auteurs par zones spécifiques (Espagne et Portugal)	13
Tableau 3: Variation de la production du liège par année et par département durant la période 1892- 1900	25
Tableau 4: Variation de la production du liège par année et par département durant la période 1901 – 1915	27
Tableau 5: Répartition de la production annuelle du liège entre 1916 et 1928	28
Tableau 6 : Evolution de la production entre les années 1937 et 1950	29
Tableau 7 : Répartition des fabriques de transformation du liège durant l'année 1901	32
Tableau 8 : Exportations algériennes de liège naturel et de produits de la transformation du liège, valeur multipliée par milliers de Dollars	38
Tableau 9 :Caractérisation générale de la porosité du liège dans la section tangentielle et transversale/radiale	46
Tableau 10: Caractéristiques dimensionnelles des cellules de liège	49
Tableau 11 : Évolution du prix de vente et coût d'écorçage du liège de reproduction (par arroba = 15 kg), valeurs en Euro	53
Tableau 12: Principaux pays exportateurs de liège et de ses produits dans le monde	54
Tableau 13 : Domaines d'utilisation du liège	55
Tableau 14: Epaisseur commerciale pour le liège en planche	59
Tableau 15 : Classification adopté par de la porosité	60
Tableau16 : Anomalies du liège selon les normes ISO DIS 633	61
Tableau 17 : Paramètres moyens de la porosité mesurée sur planche de liège avec différente classe commerciale observée dans la section tangentielle	62
Tableau18 : Indice des prix pour différentes épaisseurs industrielles du liège et classes de qualité	65
Tableau 19 : Cordonnées géographiques des deux forêts	66
Tableau 20: Caractéristiques des stations de référence et périodes d'observation	72
Tableau 21 : Précipitation moyenne mensuelle (mm) pendant les deux périodes de référence	75
Tableau 22 : Répartition saisonnière des précipitations au niveau des deux forêts	76
Tableau 23 : Valeurs thermiques moyennes minimales en (°C) enregistrées dans les deux forêts	77
Tableau 24 : Valeurs thermiques moyennes maximales (°C) enregistrées dans les deux forêts	78
Tableau 25: Températures moyennes mensuelles et annuelles T (°C) des deux forêts	78
Tableau 26 : Indice de continentalité des deux forêts	79
Tableau 27: Indice de sécheresse estivale des deux forêts	79
Tableau 28: Etage de végétation du chêne liège dans les deux forêts	80
Tableau 29: Indice de De MARTONNE des deux forêts	80
Tableau 30: Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques des deux forêts	83
Tableau31: Principaux descripteurs de relevés sylvicoles des parcelles	91
Tableau 32: Principales catégories de santé du peuplement du chêne-liège prises en compte en fonction de « IS »	92
Tableau 33: Nombre d'arbres retenus pour les prélèvements de liège dans les deux forêts entre 2006 et 2008	93
Tableau34: Principales classes de relevés dendrométriques, d'exploitation et d'état sanitaire des arbres des échantillons	94
Tableau 35: Principales classes d'épaisseurs de la couche subéreuse et types de liège correspondants selon les normes internationales en cours	98
Tableau 36 : Principales classes des accroissements moyens annuels du liège et types de	98

liège correspondants	
Tableau 37 : Nombre d'arbres inventoriés selon l'état sanitaire par parcelle et forêt	99
Tableau 38 : Exemple de circonférences sur écorce, réduites suivant l'épaisseur du liège	102
Tableau 39 : Classes de porosité	109
Tableau 40: Classes de qualité du liège de reproduction définies par le programme Calcor	112
Tableau41: Principales variables retenues pour les AFC	114
Tableau 42: Données géographiques et topographiques des parcelles d'étude	116
Tableau 43 : Caractéristiques sylvicoles des 9 parcelles	117
Tableau 44: Valeurs moyennes des relevés dendrométriques et d'exploitation et nombre de des arbres -échantillons des 9 parcelles.	120
Tableau 45: Valeurs moyennes et écart type du liège récolté par année d'échantillonnage (avant bouillage)	128
Tableau 46 : Valeurs moyennes et écart type du liège récolté par année d'échantillonnage	129
Tableau47 : Valeurs moyenne (coefficient de variation) des épaisseurs et de leur taux de dilatation (accroissements complets)	130
Tableau 48: Analyse de variance de la variable épaisseur	133
Tableau49 : Analyse de variance de la variable classe épaisseur	134
Tableau 50: Croissance annuelle du liège prélevé en 2006 dans les 6 parcelles de la forêt de M'Sila, comme moyenne annuelle un cycle de production de 8 ans (7 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle $\pm$ l'Intervalle de Confiance	136
Tableau51: Croissance annuelle du liège prélevé en 2007 dans les 6 parcelles de la forêt de M'Sila, comme moyenne annuelle un cycle de production de 8 ans (7 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle $\pm$ l'Intervalle de Confiance	136
Tableau 52: Croissance annuelle du liège prélevé en 2008 dans les 6 parcelles de la forêt de M'Sila, comme moyenne annuelle un cycle de production de 8 ans (7 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle $\pm$ l'Intervalle de Confiance	136
Tableau 53: Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel (2006)	137
Tableau54: Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel(2007)	137
Tableau 55: Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel (2008)	137
Tableau 56: Croissance annuelle du liège prélevé en 2006 dans les 3 parcelles de la forêt de Zariéffet, comme moyenne annuelle dans un cycle de production de 8 ans (7 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle $\pm$ l'intervalle de confiance	139
Tableau57 : Croissance annuelle du liège prélevé en 2007 dans les 3 parcelles de la forêt de Zariéffet, comme moyenne annuelle dans un cycle de production de 8 ans (7 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle $\pm$ l'intervalle de confiance	139
Tableau58 : Croissance annuelle du liège prélevé en 2008 dans les 3 parcelles de la forêt de Zariéffet, comme moyenne annuelle dans un cycle de production de 8 ans (7 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle $\pm$ l'intervalle de confiance	139
Tableau 59: Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel(2006)	140
Tableau60 : Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel(2007)	140
Tableau61 : Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel(2008)	140
Tableau 62: Croissance annuelle du liège prélevé en 3 ans d'échantillonnage dans les 6 parcelles de la forêt de M'Sila, comme moyenne annuelle un cycle de production de 8 ans(7 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle $\pm$ l'intervalle de confiance	142
Tableau 63: Croissance annuelle du liège prélevé en 3 ans d'échantillonnage dans les 3 parcelles de la forêt de Zariéffet, comme moyenne annuelle un cycle de production de 8 ans (7 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle $\pm$ l'intervalle de confiance	142
Tableau 64: Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel au niveau des 9 parcelles	143
Tableau 65: Statistique descriptive de la variable accroissement moyen annuel par état sanitaire et par parcelle	152

Tableau66 : Test entre les effets inter-sujets pour les accroissements moyens annuels	155
Tableau 67: Statistique descriptive de la variable accroissement moyen annuel par état sanitaire et par parcelle	157
Tableau 68 : Test entre les effets inter-sujets pour les accroissements moyens annuels	159
Tableau 69: Test entre les effets inter-sujets	161
Tableau 70 : Mesures des 10 accroissements moyens annuels du liège de montagne selon l'état de santé des arbres (n=40)	162
Tableau71 : Modèles mathématiques des accroissements moyens annuels selon l'état sanitaire des arbres	164
Tableau 72 : Mesures des 8 accroissements moyens annuels du liège de montagne selon l'état de santé des arbres (n=40)	165
Tableau73: Modèles mathématiques des accroissements moyens annuels selon l'état sanitaire des arbres	167
Tableau74: Valeurs moyennes et intervalle de confiance des mesures dendrométriques et d'exploitation des arbres sains et dépérissants dans les quatre parcelles.	168
Tableau75 : Analyse de variance des mesures dendrométriques et d'exploitation	169
Tableau 76: Valeurs moyennes et extrêmes des mesures de la production du liège par volume et surface exploitables du liège des arbres sains et dépérissants des quatre parcelles.	174
Tableau 77 : Valeurs moyennes et extrêmes des mesures de la production du liège par volume productif du liège des arbres sains et dépérissants des quatre parcelles.	175
Tableau 78 : Valeurs moyennes et extrêmes des mesures de la production du liège par volume productif du liège des arbres sains et dépérissants des quatre parcelles.	176
Tableau 79: Valeur moyennes (intervalle de confiance) des variables mesurés	181
Tableau 80: Test des effets inter-sujets des variables dépendantes : Accroissement, densité, productivité, porosité , densité des pores, calibre et épaisseur de la croute.	182
Tableau 81: Tests des effets inter-sujets	182
Tableau 82: Moyennes des variables de dimension et de concentration des pores mesurées sur la section tangentielle du liège des deux forêts et par état sanitaire	184
Tableau 83: Analyse de variance entre l'état sanitaire et les superficies totale de pores	184
Tableau84 : Analyse de variance entre l'état sanitaire et le nombre totale de pores	186
Tableau 85: Moyenne et écart- type des variables de forme des pores de la section tangentielle	187
Tableau 86 : Distribution des pores des échantillons de liège par classes de surfaces (< 1 mm <sup>2</sup> , 1 – 2 mm <sup>2</sup> , > 2 mm <sup>2</sup> ). Moyenne de 40 arbres pour chaque suberaie	189
Tableau 87: Fréquences des soufflures par provenance	196
Tableau 88 : Intensité des anomalies du liège de M'Sila et de Zarieffet par classe d'état sanitaire	197
Tableau 89: Valeurs propres et taux d'inertie des 3 premiers axes factoriels (M'Sila)	203
Tableau 90 : Contributions absolues des défauts et échantillons sur le principal plan factoriel	204
Tableau 91 : Valeurs propres et taux d'inertie des 3 premiers axes factoriels (Zarieffet)	204
Tableau 92: Défaut et échantillons à forte contribution relative « CTR » pour l'axe 1	205
Tableau 93 : Défaut et échantillons à forte contribution relative « CTR » pour l'axe 2	205
Tableau 94 : Distribution des échantillons par classes de qualité commerciale, en % du total	206
Tableau 95 : Moyenne et analyse de variance des variables de mesures présentes dans les anomalies des deux types de liège (Z : Zarieffet ; M : M'Sila) (1 <sup>er</sup> -3 <sup>ème</sup> )	207
Tableau 96 : Test de Levene de comparaison des variances (1 <sup>er</sup> -3 <sup>ème</sup> )	208
Tableau 97: Moyenne et analyse de variance des variables de mesures présentes dans les anomalies des deux types de liège (Z : Zarieffet ; M : M'Sila) (4 <sup>ème</sup> -5 <sup>ème</sup> )	208
Tableau 98: Test de Levene de comparaison des variances (4 <sup>ème</sup> -5 <sup>ème</sup> )	209
Tableau 99: Moyenne et analyse de variance des principales variables de mesures présentes	209

dans les anomalies des deux types de liège ((Z : Zariéffet ; M : M'Sila) (6 <sup>ème</sup> )	
Tableau 100: Test de Levene de comparaison des variances (6 <sup>ème</sup> )	210
Tableau 101: Moyenne et analyse de variance des principales variables de mesures présentes dans les anomalies des deux types de liège ((Z : Zariéffet ; M : M'Sila) ( <i>Rebut</i> )	211
Tableau 102 : Test de Levene de comparaison des variances ( <i>Rebut</i> )	211
Tableau103: Contributions absolues des parcelles et variables sanitaires et climatiques sur le principal plan factoriel.	226
Tableau 104: Contributions absolues des parcelles et variables sanitaires et sylvicoles sur le principal plan factoriel.	228
Tableau 105: Coefficients de corrélation entre l'indice d'accroissement moyen annuel et les précipitations accumulées durant différents mois de l'année pour la période 1999-2008	241
Tableau106 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie	247
Tableau107: Contributions absolues des principales parcelles et variables sur le plan factoriel. Les valeurs en gras indiquent les contributions fortes sur l'axe correspondant	248
Tableau 108: Coefficient de Pearson entre la surface productive des arbres et les différents paramètres d'exploitation	257
Tableau 109: Coefficient de Pearson entre la production volumétrique des arbres et les différents paramètres d'exploitation	258
Tableau 110: Incidence des anomalies sur l'utilisation du liège du littoral	265
Tableau 111 : Incidence des anomalies sur l'utilisation du liège de montagne	266

## Liste des planches

<b>Titre</b>	
Planche1 : Catégories de grandeur du tronc selon les conditions de végétation	
Planche 2 : Commerce du liège en Espagne (La Almoraima)	
Planche 3 : Différenciation entre le liège mâle et de reproduction sur un tronc	
Planche 4 : Variation de la couleur de la mère après écorçage	
Planche 5 : Méthode d'extraction des calas de liège sur pied	
Planche 6 : Opération de ponçage et de scannage des échantillons	
Planche 7: Procédé de mesure des accroissements annuels par l'analyse d'image	
Planche 8 : Procédé de mesure de la porosité par analyse d'image	
Planche 9 : Exemple de la quantification numérique de la lignification verticale	
Planche 10 : Différentes classe du déficit foliaire	
Planche 11 : Echantillon d'un liège mince âgé de 12 ans (Zarieffet) et de 9 ans (M'Sila)	
Planche 12: Passage de l'image réelle à l'image binaire	
Planche 13: Image digitalisée de la section tangentielle	
Planche 14: Défauts phyto-pathogène (trous de fourmis)	
Planche 15: Défauts de croissance (fentes)	
Planche 16 : Défauts phyto-pathogènes ( tâche verte)	
Planche 17 : Défauts phyto-pathogènes ( tâche verte)	
Planche18 : Défauts phyto-pathogènes ( tâche jaune)	
Planche 19: Défauts phyto-pathogènes (autres tâches )	
Planche 20 : Défauts physiologiques (lignification verticale),	
Planche 21: Défauts physiologiques (lignification horizontale)	
Planche 22 : Défauts de croissance (ventre irrégulier)	
Planche 23: Défauts de croissance (épaisseur de la crôte)	
Planche 24: Défauts physiologiques (liège terreux)	
Planche 25: Cellules subéreuses de la section transversale fortement ondulées avant le bouillage	
Planche 26: Forme géométrique des cellules de liège avant bouillage	
Planche 27 : Cellules subéreuses de la section transversale moins ondulées après le bouillage	
Planche 28: Forme géométrique des cellules de liège après bouillage	
Planche 29 : Contour d'un pore fortement lignifié (Liège de M'Sila) (Gros.x100)	
Planche 30: Peuplement fortement ouvert, conséquence de l'anthropisation (M'Sila) et des incendies (Zarieffet)	
Planche 31 : Jeune sujet enrésiné (M'Sila) ; arbre jeune mort après incendie (Zarieffet)	
Planche 32 : Exploitation défailante dans les deux forêts	
Planche 33 : Risque de contamination du liège par les champignons suite au stockage hors norme	
Planche 34 : Arbre témoin (sain) d'une exploitation raisonnée englobant fût et branches et sans risque sur l'état sanitaire de l'arbre (Zarieffet (P8))	
Planche 35: Arbre témoin (sain) d'une exploitation non raisonnée (M'Sila)	



## Liste des abréviations

- **Ac av » et « Ac ap** : Accroissement avant et après bouillage.
- **A.E.F.C.O.** : Administration des Eaux et Forêts de la Conservation d'Oran.
- **APCER** : Association Portugaise de Certification.
- **APCOR** : Associação Português di Cortiça (Association Portugaise du liège) .
- **Arroba** : Poids de 15 kg.
- **AV et AP** : Avant et après bouillage.
- **BNEDER** : Bureau National d'Etude pour le Développement Rural.
- **Calcor** : Programme de contrôle de qualité du liège.
- **CAP** : Circonférence à Hauteur de Poitrine.
- **C.E. Liège** : La Confédération Européenne du Liège
- **C.F.W.T.** : Conservation des Forêts de la Wilaya de Tlemcen.
- **C.F.W.O** : Conservation des Forêts de la Wilaya d'Oran.
- **C.O.I.O.** : Conservation d'Oran, Inspection d'Oran.
- **C.O.I.T.** : Conservation d'Oran, Inspection de Tlemcen.
- **Calas** : Planche de liège de 20 x20cm
- **CEAIR** : Silvicultural management of cork oak stands towards production and quality.
- **CEMAGREF** : Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts.
- **CEN** : Normes européennes .
- **CIB** : Cork Information Bureau.
- **CIPB** : Code International des Pratiques Bouchonnières.
- **Codiliège** : Le Groupement pour la Codification des mesures dans l'utilisation des bouchons de liège.
- **Corkassess** : Field Assesment and Modelling of Cork production and quality.
- **CQC** : Cork quality Council.
- **CREOAK.** : Conservation and Restoration of European Cork Oak Woodlands.
- **D.G.F** : Direction Générale des Forêts.
- **DGD.** : Direction Générale des Douanes.
- **Euforgen** : European Forest Genetic Resources Programme.
- **IAc** : Indice d'accroissement.
- **D.G.D** : Direction Générale des Douanes.
- **D.S.F.** : Département de la Santé des Forêts.
- **FAO** : Food and Agriculture Organization.
- **DIPA** : Digital Image Processing and Analysis.
- **Ecotechnics** : Revue en ligne d'information et d'analyses de l'économie algérienne.
- **ENL** : Entreprise Nationale du Liège.
- **EUTIST-IMV** : European Take-up of Essential Information Society Technologies - Integrated Machine Vision Cluster.
- **F.M.I.** : Font Monétaire International.
- **FFSL** : La Fédération Française des Syndicats du Liège.
- **FOSA** : The Forestry Outlook Study for Africa.
- **G.G.A.** : Gouvernement Général d'Algérie.
- **HACCP** : Hazard Analysis and Critical Control Points.
- **ICMC** : Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal.
- **INIA** : Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria .

- **INRF**: Institut National de la Recherche Forestière.
- **IPROCOR**: Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal.
- **ISO** : International Organization for Standardization.
- **JC** : Jesus Christ.
- **NF** : Normes Françaises.
- **NP** : Normes portugaises.
- **O.M.C** : Organisation Mondiale de Commerce.
- **O.N.T.F** : Office National des Travaux Forestiers.
- **ORDF** : Office Régionale du Développement Forestier.
- **PCRDT** : Protocole Commun, pour les échanges d'expériences sur des territoires.
- **PPDRI** : Programmes de Proximité de Développement Rural Intégré.
- **PRAXIS** : Sistema de Produção em Condições Substanciais.
- **Qx** : Quintal métrique.
- **ROI** : Région d'intérêt.
- **SGP Proda** : Productions animales.
- **SGP SGDA** : Service Gestion et Développement Agricole.
- **SNLB** : Société Nationale du Liège et du Bois.
- **SUBERNOVA** : Rénovation des Suberaies Incendiaées.
- **SYSTECODE** : Système de Certification de Conformité Internationale.
- **UPIC**: Unidad de Producción e Industria Corchera.
- *vr*: Versus.

---

## *Introduction générale*

---

## Introduction générale

Les forêts méditerranéennes couvrent environ 81 millions d'hectares (9,4% de la superficie forestière mondiale) et sont constituées d'une mosaïque d'essences forestières, principalement des feuillus (environ 60%) (Mugnossa et *al.*, 2000). La part des suberaies ne dépasse pas les 9% soit une superficie très restreinte de 2,7 millions d'hectares répartie autour de 7 pays : 33% au Portugal, 23% en Espagne, 1% en France, 10% en Italie, 15% au Maroc, 21% en Algérie et 3% en Tunisie (Aronson et *al.*, 2009)

Bien qu'elles constituent une source vitale de revenu pour plus de 100 000 populations, ces écosystèmes en supportent aussi un des plus importants formes de biodiversité parmi les habitats forestiers, y compris les espèces menacées d'extinction (Santiago et Moreno Domínguez, 2005).

D'un point de vue écologique, ces peuplements comptent parmi les immenses puits de carbone. Seules, les forêts de chêne-liège du Portugal séquestrent 4,8 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>/an, soit 5% des émissions du pays (Forgues, 2007).

Ces forêts produisent une grande quantité de liège (environ 300 millions de kg/an) dont 87% vient d'Europe (55% du Portugal, 28% d'Espagne, 1% de France et 3% d'Italie) et le reste de l'Afrique du Nord (4% du Maroc, 3% de Tunisie) (Lopes, 1996, Santos Pereira, 2008).

Traditionnellement subéricole (450 000 ha-35 000 tonnes), la part de l'Algérie dans ce marché ne constitue actuellement qu'un taux < 5%, soit une production annuelle moyenne de 10 000 tonnes selon une superficie productive de 220 000 ha (DGF, 2007).

En dépit de la variété des produits issus du liège, c'est du bouchon que dérive l'industrie du liège. Elle représente presque 70% de la valeur marchande du liège. La majeure partie de la production mondiale de bouchons en liège provient du Portugal, de l'Espagne, de l'Italie et des pays du Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie). La production mondiale est passée de 19,9 milliards à 16,5 milliards de bouchons entre 2000 et 2005 (Elena Rosselló, 2005).

Le caractère xérophytique de l'arbre est bien cité à travers les travaux de plusieurs auteurs (Oliveira et *al.* 1992 ; Molinas et Verdaguer, 1993 ; Caritat et *al.*, 1996 ; ). Tous ces auteurs confirment la résistance du chêne liège à la sécheresse et au stress hydrique.

Malheureusement, ces dernières décades cette résistance s'est fragilisée suite à la combinaison de plusieurs facteurs, très aggravés par les activités de l'homme. Depuis 1980, les scientifiques associent le déclin des suberaies méditerranéennes à la dégradation de l'état sanitaire des arbres ou appelé communément « dépérissement » (Mattson et Haak 1987 ; Becker et Becker, 1987).

Les dépérissements forestiers (feuillus et résineux) ne sont pas des phénomènes nouveaux ; les littératures européennes (notamment allemande et française) et nord américaine en rapportent depuis plus d'un siècle (Landmann, 1994).

Les premiers concepts lucides de ce phénomène environnemental sont récents, datent de 1960 avec les définitions de base établies par Sinclair (1964,1967) et Houston (1967) puis par Manion (1981). Ces auteurs ont développé le concept de « maladie déclenchée par un stress selon 3 échelons successifs de facteurs ; les facteurs prédisposants, les facteurs déclenchants et les facteurs aggravants ».

Delatour (1983), signale que les premières dégradations causées par le dépérissement dans le monde ont été signalées pour la première fois en 1924 par Falck, puis, plus tard, par de nombreux autres auteurs comme Chararas (1980) et Lohele (Sousa, 1996).

Ce phénomène a connu son apogée durant les années 1980 particulièrement en Europe et en Amérique du Nord suite à un déclin similaire qui a touché plusieurs essences forestières (*Quercus* spp., *Abies* spp., *Picea* spp., *Pinus* spp., *Fagus* spp., *Castanea sativa*) (Bonneau et Guy, 1985).

Depuis lors, deux préoccupations majeures retiennent l'attention des gestionnaires forestiers: la quantification du déclin et l'identification des facteurs responsables (Sousa, 2005).

Les suberaies méditerranéennes sont touchées par ce phénomène depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle (Natividade, 1956). Mais, il a commencé à prendre des dimensions relativement importantes à partir des années 1980-1990 au Portugal (Sousa *et al.*, 1995), en Italie (Marras *et al.*, 1995), en Espagne (Garolera 1988), en France ((Mirault,1996), au Maroc (Bakry et Abourouh, 1996), en Tunisie (Ben Jamaa et Hasnaoui,1996) et en Algérie (Bouhraoua *et al.*, 2002). Ce phénomène complexe est en relation avec divers facteurs d'intensités variables d'une région à l'autre : les changements climatiques, les mauvaises pratiques de gestion sylvicole, la mauvaise exploitation du liège, les incendies, les attaques parasitaires, l'abandon des peuplements, etc. (Amandier, 2006).

Les symptômes du dépérissement les plus caractéristiques sont les défoliations sévères, dessèchement des branches, la croissance anormale des bourgeons proventifs et l'apparition d'exsudations sur le tronc (Abdenbi ,2003)

De nombreux auteurs ont évoqué le processus de formation des accroissements annuels du liège et ont proposé une classification commerciale à chaque épaisseur du liège, analogue à chaque zone écologique et de production (Lamey, 1893 ; Saccardy, 1937 ; Boudy , 1950 et Natividade ,1956). D'autres se sont intéressés à la croissance de l'arbre en relation avec le milieu physique et le climat (Fritts, 1976 ; Fos *et al.*, 1994 ; Costa *et al.*,2002 ; Vázquez-Piqué *et al.*,2008). Certains se sont axés sur le rôle de la nutrition minérale sur la vitalité de l'arbre et sa production (Orgeas et Bonin ,1996 ; Courtois et Masson, 1999 a ). Très rares, sont les travaux qui s'intéressent à l'impact du dépérissement sur les accroissements annuels du liège et en particulier sur sa qualité.

Le liège produit annuellement par l'arbre de *Quercus suber* est un produit naturel qui, par sa nature et l'hétérogénéité des facteurs affectant sa production a une forte variabilité, d'où le concept de qualité est difficile à définir (Carrasquinho, 1987). Dans le liège, les caractères morphologiques sont des indicateurs de qualité par la relation étroite existante entre les propriétés du matériau, les caractéristiques et la disposition des tissus subéreux (Paixao, 1965).

Au cours du processus de sa formation, les perturbations qui surviennent affectent aussi bien sa croissance, sa couleur, sa texture, sa densité et la fréquence de sa porosité. Ces altérations peuvent limiter les applications du produit parce qu'elles sont considérées comme des défauts (Molinas et Oliva, 1990).

Dans la pratique, la valorisation de la qualité du liège s'appuie sur la morphologie et les décisions prises par vision, est basée sur la connaissance et l'expérience des experts, qui comportent des limitations importantes, notamment lorsqu'on veut appliquer des critères comparatifs (Barros et Pereira, 1987).

Cette contrainte de subjectivité, a eu une incidence négative sur l'estimation exacte du prix du liège au niveau des lieux de production et sur les marchés.

Des pays comme le Portugal, l'Espagne et l'Italie très conscients de l'importance économique et écologique de cette ressource naturelle renouvelable et non inépuisable ont surpassé la vision traditionnelle dans l'évaluation de la qualité du suber produite par l'arbre et délivrée vers la transformation industrielle. Le vocabulaire liège évoque aujourd'hui la notion de qualité dans un sens large, selon les normes ISO (ISO, 1993 et ISO, 2005).

Actuellement, au sein de l'industrie espagnole et portugaise du liège il ya des machines qui utilisent un système de vision artificiel et de reconnaissance des formes qui permet de sélectionner très rapidement les bouchons du liège. Ces machines simulent le processus rationnel de l'examen visuel et du classement des bouchons. Ce système utilise la technologie

de l'image vidéo-bichromie haute résolution associées à un micro ordinateur de traitement d'image (Compos et Molinas, 1999).

Cette haute technologie a donné une autre dimension au concept « qualité du liège ». En effet, ces deux pays monopolisent actuellement le commerce et l'industrie de cette matière avec des entrées annuelles dépassant 1 milliard d'euros (Elena Rosselló et Beltrán, 2008 ).

L'Algérie semble errer dans ce schéma numérisé. En effet, le liège souffre de prise en charge totale. Faisant le bonheur des industries françaises durant l'époque coloniale à cause de sa haute qualité, rivalisait crânement avec les gammes ibériques.

Durant cette époque, les dépôts du liège et les usines gorgeaient de trieurs et de viseurs de qualité qui se donnaient à eux seuls la maîtrise de ce domaine entaché d'expérience visuelle.

Actuellement, le terme qualité est secondaire dans le vocabulaire des gestionnaires forestiers. Par manque de spécialistes dans le classement commercial, notre liège s'exploite puis se vend à des prix souvent non conformes avec sa qualité puisqu'elle est déterminée sans aucun procédé objectif et scientifique. Les industriels le transforment (en bouchons surtout) et le vendent à des firmes étrangères dont européennes qui en retirent des gains ou des pertes économiques considérables. Ce schéma perpétue les plus graves atteintes aux peuplements de chêne-liège et à leur existence. Les suberaies algériennes souffrent cependant d'exploitation anarchique et répétée dans un laps de temps.

Récemment, la classification commerciale des planches de liège est devenue une opération digitalisée reposant sur des modèles mathématiques qui réduisent l'erreur humaine dans l'appréciation (Garcia de Céca, 2001). La méthode dichotomique « Calcor » proposée par cet auteur offre un outil de travail très puissant pour le personnel non expérimenté qui fait défaut ces dernières années en Algérie.

Plusieurs travaux ont abordé la thématique de l'évaluation de la porosité et les défauts par l'analyse d'image, notamment au Portugal (Lopes et Pereira (1997 ; Costa et Pereira, 2007), en Espagne (Campos et Molinas, 1999 ; Gonzalez-Adrados et Pereira, 1996), au Maroc (Benkirane et al. (2000), en Tunisie (Aloui et al., 2006). Ces auteurs se sont intéressés à la caractérisation morphométrique des pores à travers des paramètres très connus de mesures mais sans mettre la liaison avec l'état sanitaire des arbres.

En Algérie, les travaux sur le chêne liège et le liège en particulier sont peu nombreux et datent de la période coloniale. Les premières citations proprement scientifiques des suberaies algériennes remontent au XIX<sup>ème</sup> siècle avec les travaux de Rousset (1858) et de Lamey (1893), relatant l'exploitation, l'aménagement et la culture des forêts de chêne-liège. Les années 1930 furent contestablement la période des grandes publications sur l'espèce, nous citons en particulier le travail de Marc (1930) «*Notes sur les forêts d'Algérie* » relatif à l'aspect économique des suberaies en particulier le commerce du liège.

En ce qui concerne les aspects qualitatifs du liège, furent sans doute celles décrites par Saccardy (1937) dans ses notes sur le chêne liège et le liège en Algérie. Mais le travail le plus précieux, source inépuisable d'informations, demeure sans contredit celui de Boudy (1950). Le second tome de son ouvrage « *Economie forestière Nord-africaine* », réservé à la monographie et aux traitements des essences forestières (Feuillues), reste à ce jour une référence bibliographique de choix pour toute étude concernant le milieu forestier.

Après l'indépendance, la plus part des travaux se sont focalisés sur la phytosociologie, l'édaphologie, et la phénologie de l'espèce, nous citons en particulier les travaux de Zeraia (1981) et Yessad (2001) sur les données écologiques, phénologiques et de production de chêne liège. D'autres études ont évoqué les thématiques de l'écophysiologie et de la typologie des suberaies, particulièrement en région oranaise (Bouhraoua, 2003 ; Letreuch-Belarouci, 2010). Les caractéristiques physiques et chimiques du liège de reproduction ont été abordées à travers le travail de Metna (2003).

Les recherches caractérisant la technologie du liège algérien en générale et la qualité en particulier sont très limitées et fragmentées à l'échelle nationale, nous énumérons notamment les travaux de Dehane (2006) menés sur le liège oranais dans les suberaies de M'Sila (Oran) et Zariéffet (Tlemcen), Messaoudene et Metna (2010) (Tizi Ouzou), Bengana et Ali Ahmed (2006) (Jijel), Douzane et Ghzali (2008) (Tizi Ouzou), Gabis et Boukerb (2009) (El-Taref) et Roula (2010) (Jijel).

Par contre, l'étude de la technologie du liège (accroissements et qualité) en relation avec l'écophysiologie de l'arbre n'a jamais été abordée en Algérie. Elle demeure une discipline très ignorée comme ailleurs. Dans cette optique, la caractérisation de la qualité du liège, en reliant l'état sanitaire des arbres à la région d'origine, a une importance capitale sur la valorisation de ce produit, destiné essentiellement à l'industrie bouchonnière.

Le but principal du présent travail est de savoir dans quelle proportion la croissance annuelle, la porosité et les défauts du liège héritent des effets du déficit foliaire de la cime à travers les différentes situations sanitaires de l'arbre (sain, affaibli, dépérissant).

Notre étude a concerné deux zones de production du liège dans le nord-ouest algérien. Il s'agit des suberaies de M'Sila (Oran) et de Zariéffet (Tlemcen). Ces deux entités écologiques sont situées donc dans deux grandes divisions phytogéographiques différentes en fonction de l'influence maritime et de la structure géologique. Il s'agit des suberaies du secteur littoral au nord et les suberaies de montagne ou de l'Atlas tellien au sud (Boudy, 1955, Quézel, 2000).

Ces suberaies ne sont en réalité que des peuplements reliques et isolés coïncidant avec des taches de climat subhumide ou surtout semi-aride, couvrant une superficie ancienne de l'ordre de 9000 hectares (Thintoin, 1948). Auparavant, elles fournissaient un volume variable de liège (3000 qx/an, soit 1,3% du total national) et de qualité excellente, surtout celui provenant d'Oran (M'Sila) et de Tlemcen (Hafir) (Boudy, 1955).

Malheureusement, ces dernières décennies, cette situation s'est dégradée, avec un appauvrissement et une destruction du capital liège et arbres. En conséquence, la production régionale de liège a chuté considérablement pour atteindre 0,44% du volume total (soit beaucoup moins de 500 qx/an en moyenne). Les suberaies sont exploitées anarchiquement sans respect des règles sylvicoles en vigueur (période de rotation, coefficient d'écorçage, techniques de récolte, etc.). Les arbres mal écorcés et surexploités sont souvent épuisés et deviennent vulnérables aux agents de dépérissement. Cette exploitation inadaptée agit directement sur la vigueur de l'arbre et compromet par conséquent sa production annuelle en liège et peut-être la qualité du suber générée sur le tronc.

Notre travail de recherche a été mené sur le terrain de 2006 à 2009 et nous l'avons réparti sur 7 chapitres, scindés en 2 grandes parties.

La première partie est une synthèse bibliographique à base de récits, en majorité en langue espagnole et portugaise, portant une analyse complète sur la biogéographie du chêne liège, son écologie et sur sa diversité génétique. Elle se penche aussi de manière exhaustive sur le liège et les principes physiologiques de sa genèse sur l'arbre, ses propriétés macroscopiques, anatomiques et mécaniques. Cette partie a été structurée en quatre chapitres:

- Le premier chapitre traite l'origine du chêne liège et l'histoire des suberaies dans le monde depuis les premiers usages dans l'antiquité à l'heure actuelle. Il évoque la répartition et l'écologie de l'espèce, ses exigences édapho-climatiques et les différents traitements culturels qu'ils lui sont adéquats.
- Le deuxième chapitre s'intéresse aux suberaies algériennes. Il était question d'étaler sur l'historique mouvementée de la suberaie algérienne depuis les premières concessions coloniales jusqu'à la régie directe par l'état algérien. Ce chapitre relate aussi les fluctuations économiques du liège algérien depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle à nos jours. Une analyse du marché du liège, des fluctuations des productions et des exportations ont été

élaborées sous forme de tableaux et de graphes. Nous avons évoqué entre autre, l'industrie du liège en Algérie.

- Le troisième chapitre, le plus centré, décrit d'une manière exhaustive la formation du suber, la résultante de sa croissance (liège mâle et liège femelle), la structure du liège de reproduction, le cycle végétatif, les lois et particularités des accroissements annuels du liège ainsi que sa masse sur arbre. Nous avons aussi prêté attention aux propriétés physiques et mécaniques du liège de reproduction. Ce chapitre s'étale aussi sur la qualité du liège de reproduction, en particulier sur les aspects physiologiques de la formation de la porosité et l'apparition des défauts de dépréciation du liège. En revanche, il explique le principe de l'analyse d'image et les classes de qualité commerciale.

La deuxième partie expérimentale, englobe les différentes étapes expérimentales utilisées pour le suivi de l'état sanitaire des arbres dans les deux forêts. Elle décrit aussi la méthode appliquée pour l'extraction des échantillons du liège, les mesures effectuées et les résultats escomptés ainsi que la discussion. Cette partie est divisée en quatre chapitres :

- Le quatrième chapitre a été consacré à l'étude du milieu physique des deux suberaies en particulier le climat. Nous avons donné des aperçus sur chaque suberaie ainsi que leur potentialité productives passés et actuelles.
- Le cinquième chapitre concerne la méthodologie suivie pour l'élaboration de notre travail. Sur le terrain, cette démarche intéresse le control annuel du déficit foliaire des arbres échantillonnés ainsi que l'ensemble des arbres des parcelles d'observation du réseau de surveillance des suberaies. Elle accorde aussi une attention à la récolte des calas du liège durant la période de démasclage et la prise de l'ensemble des données dendrométriques et d'exploitation des arbres échantillons. Ce chapitre décrit d'une manière exhaustive, l'expérimentation réalisée au laboratoire pour les mesures des accroissements annuels du liège et les autres caractères macroscopiques. Par ailleurs, il développe, les techniques de l'analyse des qualités entretenues dans le laboratoire de l'INIA de Madrid.
- Le sixième chapitre évoque l'ensemble des résultats obtenus à travers l'étude de l'impact de l'état sanitaire sur les accroissements annuels et la qualité du liège dans les deux forêts.
- Le septième chapitre expose la discussion des différents résultats et hypothèses développées dans ce travail.
- Le document se termine par une conclusion générale et les perspectives de recherche futures.



---

## Chapitre I

### *Considérations générales sur le chêne liège*

---

## I.1- Systématique et origine

Le chêne liège (*Quercus suber* L.) décrit par LINNÉ en 1753 est rattaché au sous-genre *Cerris* qui regroupe les chênes à cupule chevelu (Gaffarel, 1883 ; Natividade, 1950 ; Montoya Oliver, 1988). C'est une essence qui appartient à l'ordre des Fagales et à la famille des Fagacées.

Les premiers arbres identifiés comme chêne-liège montrent que ceci existe depuis plusieurs millions d'années. Depuis lors, se sont succédés plusieurs épisodes de changement climatique qui ont affecté la végétation. Le Pléistocène est une période particulièrement intéressante, qui est survenue il y a environ 1,8 million d'années; c'est une période qui se caractérise par une alternance d'époques glaciales de froid extrême avec des états interglaciaires plus chauds. Ces événements ont eu une influence décisive sur la distribution géographique et la diversité génétique du chêne-liège. Le froid l'a obligé à se réfugier dans des zones au climat moins rude, tandis que la douceur interglaciaire a favorisé son expansion territoriale. Certaines études effectuées sur le pollen de l'essence suggèrent que le chêne liège a survécu de la dernière période glaciale dans le sud et sur les côtes de l'Ibérie et dans l'Afrique du Nord avec une possibilité de recolonisation post-glacial entre les deux zones (Carrion et *al.*, 2000 ; Santos Pereira et *al.*, 2008).

La pénétration en Afrique du Nord aurait eu lieu soit à travers la chaîne de montagnes, submergée à la fin du Pliocène, qui reliait la Sicile à la Tunisie, soit par le trait d'union Ibéro-Mauritanien qui se brisa définitivement au début de l'ère Quaternaire (Rothmaler, 1939; Peyrimhoff, 1941; Boudy, 1950; Natividade, 1956 ; Seigue, 1985 ; Azema, 2004).

Dans les Pyrénées Orientales, les traces témoignant de l'existence de cet arbre datent depuis 6500 et 9000 ans avant J.C (Dessain, 1992). D'autres études palynologiques affirment qu'il appartient à la flore européenne depuis l'ère tertiaire, ce qui lui donne une soixantaine de millions d'années d'existence. Il est probable que son centre de diffusion ait été la région actuellement recouverte par la Mer Tyrrhénienne et que la migration a été faite à travers la Cordillère qui, pendant le Miocène, unissait les terres aujourd'hui englouties par la Mer Egée à la péninsule Ibérique (Arambourg, 1952 ; Quezel, 2000).

## I.2-Biogéographie

Actuellement, deux groupes de peuplements de chêne liège génétiquement différents ont été identifiés correspondants à deux régions géographiquement distinctes : le premier groupe dans la péninsule Ibérique et s'attachant à la région française et le deuxième groupe dans l'Afrique du Nord, la Sicile, la Sardaigne, la Corse et la Provence (sud-est de la France) (Toumi et Lumaret, 1998).

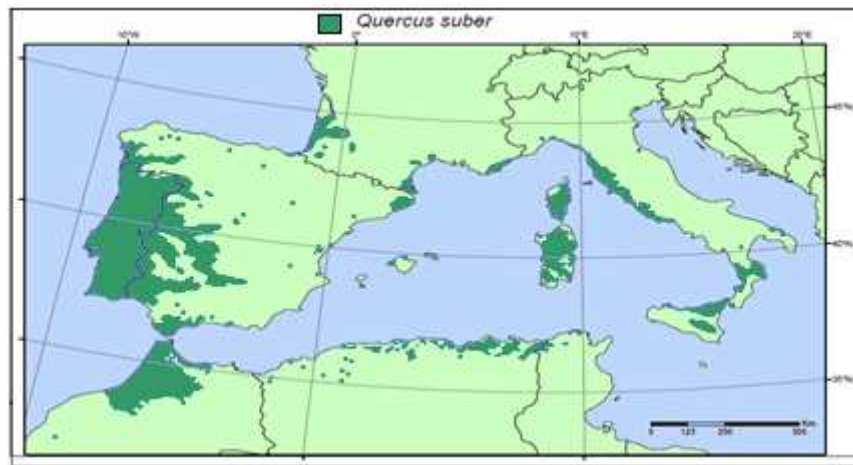
L'aire de végétation de cette essence est circonscrite à la région de la méditerranée occidentale, dans laquelle, sous l'influence de l'océan atlantique et de la mer méditerranée, se trouvent réunies les conditions climatiques qui conviennent à la végétation de cet arbre (fig.1)

Il existe quelques spécimens en Grèce, mais il faut considérer que la Sicile est la limite Est de l'espèce. La limite Nord en France se situe au 44<sup>ème</sup> parallèle (Bordeaux) et la limite Sud, le 33<sup>ème</sup> parallèle au Maroc (Casablanca) (Sigfried, 1943; Boudy, 1950 ; Quezel, 1976 ; Perez et Perez, 1996 ; Pausas, 1997 ; Fortes, 2004 ). Nous trouvons actuellement le *Quercus suber* :

-Au bord de la méditerranée : en Espagne (Catalogne, Andalousie), en France (Pyrénées orientales, Var, Alpes maritimes et Corses), en Italie (Sardaigne et Sicile), en Tunisie, en Algérie et au Maroc.

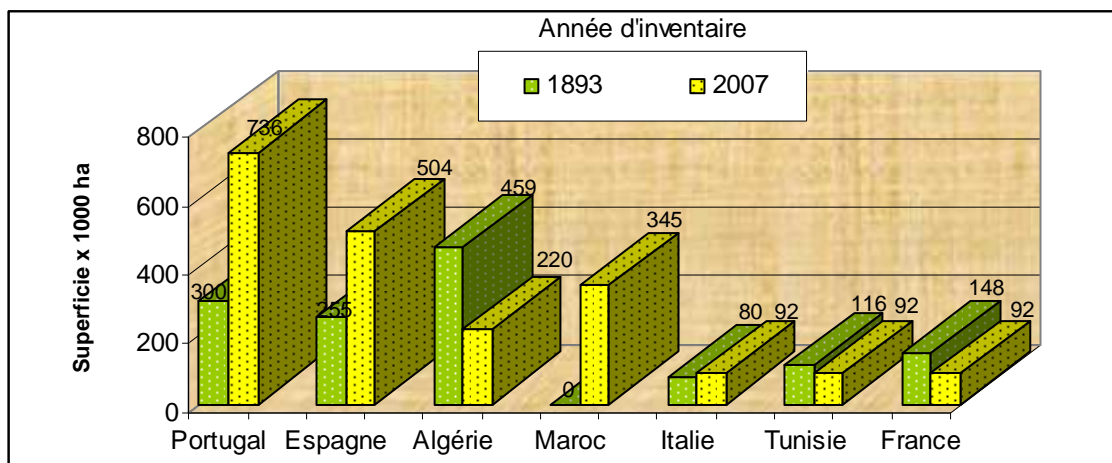
-Au bord de l'Atlantique: au Maroc, au Portugal et en Espagne.

En dehors de son aire naturelle, le chêne liège fut artificiellement introduit dans différents pays en raison des qualités industrielles du liège. De très bon résultats d'acclimatation mais sans production de liège furent obtenus en Bulgarie (Petrov et Genov, 2004), New Zeland (Macarthur, 1994), Sud de l'Australie, Chine, Russie, Californie et Japon (Aronson et *al.*, 2009).



**Figure1 : Distribution naturelle de l'aire géographique du chêne liège selon le réseau Euforgen (Web1)**

La figure 2 illustre les différentes estimations des superficies de la suberaie méditerranéenne.



**Figure 2 : Superficies du chêne liège inventoriées durant deux périodes et par pays**

La superficie au Maroc est archivée à partir de 1917 (Boissière, 2005).

Période 1893 (Lamey, 1893).

Période 2007 : Algérie (DGF, 2007),

Les autres pays (Santos Pereira et *al.*, 2008).

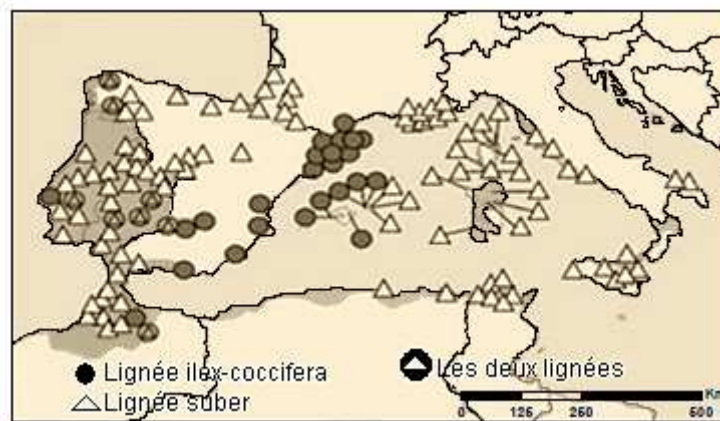
Durant plus d'un siècle, la superficie de la suberaie a connu une extension particulière au Portugal (70%) et en Espagne (50%), dépassant de loin les autres pays subéricoles.

## I.3-Caractères botaniques

### I.3.1-Les variétés

Le genre *Quercus* compte un grand nombre d'espèces, soit environ 550 d'après Warburg et Warburg (1933) et actuellement on en compte que 450 selon Belahbib et al. (2005). Les hauts niveaux morphologiques et la diversité phénotypique proviennent essentiellement de l'hybridation naturelle du chêne liège avec d'autres chênes en particulier le chêne vert (Mathey, 1908 ; Seigue, 1985). Le chêne-liège peut avoir le variant (ou haplotype) du chêne vert tout en restant bien différencié sur le plan morphologique. Le chêne-liège est relativement polymorphe et de nombreuses variétés ont été décrites.

Aime (1976), signale que le genre *Quercus* pose un problème polygénétique qui n'est toujours pas résolu, il met l'accent sur le problème posé par *Quercus suber* et les espèces voisines : *Quercus pseudo suber* et *Quercus cerris* (Fig.3).



**Figure 3 : Distribution des lignées basées sur le cpDNA, dans les peuplements de chêne liège (Web 2)**

Plusieurs botanistes ont évoqué la grande diversité des formes de chêne liège et se rejoignent sur l'existence de 40 populations groupées en quatre variétés ( Battandier et Trabut ,1893) ; Bauverie,1905; Mathey,1908 ; Coutinho ,1939 ; Vicioso,1950 ). La diversité maximale est observée dans la Péninsule Ibérique et dans les régions françaises adjacentes (Landes et Catalogne), alors qu'en Afrique du Nord, en Italie, en Corse et en Provence, cette diversité est moindre (Simeone et al., 2010).

En Afrique du Nord, il existe 14 formes ou races, dont les races marocaines et numidiennes (Peyerimhoff, 1941). Des études plus récentes basées sur l'utilisation des marqueurs nucléaires avec une couverture plus complète du génome, comme les AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) ont révélée l'existence de 3 groupes de population génétiquement différents localisés dans l'Ouest de la péninsule Ibérique puis le Maroc et ensuite l'Est de la péninsule Ibérique, l'Italie et la Provence (Lopes de Heredia et Gil,2006 ; Lopes de Heredia et al.,2007). Les variétés les plus connues sont les suivantes (Tab.1).

**Tableau 1: Variétés et forme botaniques de *Quercus suber* ( Natividade,1956)**

Variété	Forme	Caractéristiques botaniques
<i>Genuina</i> P.Cout	<i>vulgaris</i>	Feuilles petites (3-6 cm), serrées; fruit médiocres, assez saillant
	<i>subentigrifolia</i>	Feuilles petites (3-6 cm), sub-entière, obtuses
	<i>platyphylla</i>	Feuilles grandes (6-8 cm), arrondies à la base, peu serrées
	<i>microcarpa</i>	Fruit petit (1,2-1,5 cm); feuilles d'ordinaire petites et peu serrées
	<i>macrocarpa</i>	Fruits grands (3-4 cm)
	<i>subocultata</i>	Fruit presque inclus dans les cupules
	<i>clavata</i>	Fruit insensiblement atténué à la base
	<i>dulcis</i>	Fruits doux d'ordinaire grands
	<i>pendula</i>	Rameaux longs, tombants. Arbre ayant l'aspect du saule pleureur
<i>Occidentalis</i> (Gay)	<i>microphylla</i>	Feuilles petites (3-5cm), ovoïdes ou allongées serrées.
	<i>macrophylla</i>	Feuilles grandes (5-8 cm), ovales ou allongées, serrées
	<i>oleaefolia:</i>	Feuilles ovales à lancéolées, denticulées. Arbres ayant l'aspect d'un olivier
<i>Subcrinita</i> P.Cout	<i>parvifolia</i>	Feuilles petites (3-6 cm) ovoïdes ou allongées, serrées
	<i>grandifolia</i>	Feuilles grandes (6-9 cm) moins serrées.

### ***1.3.2- La description***

Le Chêne-liège est un arbre de grande taille, dépassant ordinairement 10 à 22 mètres. Son **port** est variable et en fonction de la densité du peuplement. La **cime** est largement étalée chez les sujets isolés dépassant 500 m<sup>2</sup> chez certains vieux arbres âgés de 150 et 200 ans. En peuplement serrés, elle est plutôt élancée (Saccardy, 1937 ; Pereira, 2007).

Le **tronc** est court et sa **circonférence** peut atteindre en général 70cm entre 30 et 40 ans selon les conditions de végétation (Yessad, 2001 ; Amandier ,2002). En revanche, dans les vieux peuplements, elle atteint jusqu'à 5m (Foucard, 1994) (Pl.1).



**Planche1 : Catégories de grandeur du tronc selon les conditions de végétation (A gauche : tronc large dans un peuplement ouvert (Zarieffet) . A droite : tronc réduit dans un peuplement serré (M'Sila)) ( Original)**

L'**écorce** est épaisse, peu combustible et isolante ; ne brûle que très superficiellement et protège les tissus conducteurs de la sève en même temps que l'assise génératrice du liège. Après un feu de forêt, des bourgeons dormants sous l'écorce se réveillent et donnent naissance à de nouvelles pousses. Cette protection permet au chêne-liège de reformer une couronne végétale environ vingt mois après le passage du feu (Natividade, 1956 ; Margot, 2006). Le **bois** est excellent pour le chauffage Il est lourd, compact, difficile à travailler et se crevasse profondément en séchant (Lamey, 1893).

Les **feuilles** sont très polymorphes, coriaces et arrondies, plus ou moins dentées ; elles sont d'un vert brillante au-dessus et pubescentes sur la face inférieure. Elles sont renouvelées au printemps. Leur taille varie de 3 à 6cm en longueur et de 2 à 4cm en largeur, le pétiole peut atteindre 2cm (Aime, 1976). L'arbre fructifie à partir de 15 à 20 ans et se poursuit au-delà de 100 ans (Boavida et Varela, 1999) .

Les **fleurs** mâles pendent en chatons à l'extrémité des rameaux de l'année (Fraval, 1991). Les fleurs femelles sont par contre solitaires ou groupées par trois, s'insérant à l'aisselle du rameau de l'année. La floraison se déroule au printemps et les fleurs fécondées donnent naissance à des glands qui se forment et mûrissent entre octobre et janvier (Natividade, 1956 ; Maire, 1961). Ils sont de taille variable, allongées à pointe courte et velue. La glandée la plus abondante est généralement observée sur les arbres de 30 à 40 ans. Elle est irrégulière et de bonne qualité environ tous les 2 à 4 ans (Boudy,1950) voire 5 ans en Mamora (Bouchafra et Fraval, 1991).

L'**enracinement** du chêne liège est pivotant ; il est constitué d'une grosse racine principale qui sert de support à l'arbre même dans les sols les plus rocheux. Il permet l'approvisionnement en eau et en éléments minéraux. Il peut s'emmêler avec les racines des arbres voisins et s'associer avec le mycélium de certains champignons qui favoriseront la capture des minéraux (Lepoutre, 1965 ; Molinas, 1991).

La **longévité** de l'arbre peut atteindre jusqu'à 250 à 300 ans mais les levées successives, les éventuels incendies et les conditions stationnelles, peuvent diminuer fortement cette longévité. En Algérie et au Maroc, les vieux arbres de 220 à 250 ans ne sont pas rares et la longévité moyenne est en général de l'ordre de 150 ans (Boudy, 1950 ; Vignes, 1990).

## **I.4-Ecologie**

### ***I.4.1--Exigences climatiques***

Le chêne-liège est une essence héliophile de pleine lumière. La cohabitation avec d'autres essences à cime peu compacte tels que le pin maritime ou le pin parasol est possible, mais c'est en peuplement pur, voire en lisière qu'il se développe le mieux. Pour avoir de bonnes conditions de végétation, l'arbre a besoin d'une exposition nord. En altitude, il s'accommode avec des expositions chaudes (sud) (Frochot et Levy., 1986, Bouchafra et Fraval, 1991, Caritat et *al.*, 1996).

Écologiquement, l'essence est plastique poussant sous des climats semi arides à humides à partir du niveau de la mer jusqu'à 2000 m, mais avec un optimum de croissance allant à 600 m (Mangenot,1942 ; Pereira,2007). Il craint les fortes gelées persistantes mais a besoin d'une période de sécheresse en été pour prospérer (Veillon, 1998). En outre, l'espèce est un arbre frileux exigeant une température moyenne oscillant entre 13° C et 19°C et que les minima ne dépassent pas les -9°C (Boudy, 1950, Ghouil et *al.*, 2003).

L'humidité est également un facteur limitant. Étant bien xérophile, le chêne-liège nécessite une humidité atmosphérique d'au moins 60 %, même en saison sèche et d'une pluviométrie allant de 400 à 1200 mm par an voire 1700 mm (Maire ,1926 ; De Beaucorps ,1956 ; Allili ,1983). Ces conditions ne se rencontrent que près du littoral en région méditerranéenne, et de 200 à 300 km à l'intérieur de la façade atlantique. Lorsque la pluviosité descend au dessous de 400 mm/an l'essence peut régresser et semble sortir de son aire culturale, la raison pour laquelle le chêne liège ne s'étend pas sous le climat sec des hauts plateaux particulièrement en Algérie.

Globalement, les suberaies maghrébines reçoivent par an une hauteur d'eau oscillant entre 350 et 2000 mm répartie sur 50 à 150 jours. Les régions les plus arrosées sont localisées dans les chaînes montagneuses du Rif (Maroc), le nord-est de l'Algérie et la Tunisie où les précipitations dépassent les 800mm et pouvant atteindre 1200mm (en Algérie) voire 2000mm (au Maroc). Les moins arrosées se trouvent par contre à l'ouest de l'Algérie où les pluies ne dépassent guère les 600mm par an (Bouhraoua, 2003).

### ***I.4.2-Les exigences édaphiques***

Le chêne liège est une espèce calcifuge stricte se plaisant sur tous les substrats siliceux et acides (schistes et grès) et craignant davantage l'hydromorphie permanente, les terrains salés et les argiles compactes. Il s'accommode à des sols peu fertiles, superficiels ou lourds, mais recherche plutôt des textures légères (sables), bien aérées et drainés riches en matière organique (Veillon, 1998). Il réclame les terrains meubles, profond, pas trop chargés en cailloux, au pH compris entre 4,8 et 7,0 (Seigue, 1987 ; Gogorcena et *al.*,2001). Selon Montoya (1980) et FAO (2006), le chêne-liège s'associe mieux aux Leptosols, Regosols, Cambisols et Luvisols voire les Podzols, Planosols, Acrisols et Alisols.

## **I.5 -Culture du chêne liège**

Comme pour la plus part des essences feuillues, le chêne-liège se régénère par deux méthodes, l'une naturelle (semis et rejets de souches) et l'autre artificielle.

La première méthode est très défailante en Afrique du Nord, particulièrement en Algérie, vu l'irrégularité des fructifications et le surpâturage et par endroit une forte densité de pieds dépassant 600 arbres adultes/ha (Nsibi et *al.*,2006). Une année de bonne glandée peut être suivie par une ou plusieurs années de mauvaise production de glands. En outre, cet état



est aggravé d'une part par la qualité de la glandée (glands de petites tailles, de faibles pouvoir germinatif) et d'autre part par la présence de piqûres dues aux attaques d'insectes comme la tordeuse des glands *Cydia triangulella* et les charançons du genre *Balaninus* et des insectes (Bouhraoua, 2003 ; Chouial, 2004).

La pérennité naturelle de l'essence peut être aussi assurée par rejets de souches. Cette méthode de régénération s'applique avec prudence aux peuplements ayant des souches de plus de 80 ans CEMAGREF (1983). C'est à cet âge que la vigueur de l'arbre commence à diminuer. Malheureusement cette méthode est peu utilisée en Algérie en raison du manque d'information sur ses possibilités de production (Belabbes, 1996).

Sur les terrains plats, la régénération dite assistée se fait soit par la technique de plantation ou soit par la technique de semis direct. Sur les terrains de faible et moyenne pentes, la méthode dite en bandes alternées est préconisée (Roula et Ramdane, 2004).

En Algérie, le problème majeur auquel les pépiniéristes sont confrontés demeure l'enroulement des racines latérales et la forte croissance du pivot qui provoque le problème de chignon lorsqu'il atteint le fond du sachet, avant même l'apparition de la tigelle dans les pépinières au sol (Letreuch-Belarouci, 1991). Selon Hachechena (1995), les plants de chêne-liège en conteneurs résistent mieux à la transplantation en forêt (avec un taux de réussite qui varie de 60 à 100 %) que les plants à racines nues (avec un taux qui varie entre 0 et 20 %).

## **I.6- Sylviculture et aménagement**

En raison de son tempérament délicat, le chêne liège est soumis à deux types de traitements complètement distincts. La subericulture qui le considère comme un arbre fruitier pour l'extraction du liège et la sylviculture qui au contraire le traite comme un arbre forestier. Afin d'assurer son éducation et sa régénération, la sylviculture repose sur deux aspects principales : les opérations sylvicoles et l'aménagement (Boudy, 1950). Le premier englobe les coupes de régénération, de dégagement et de nettoyage, le dépressage et le débroussaillage. Etant donné que les forêts en Algérie se trouvent rarement sous la forme équienne, l'aspect le plus dominant est la forme jardinée où s'entremêlent des sujets de divers âges et dimensions.

Le second aspect (l'aménagement) diffère du type de forêts (futaie pure ou mélangé, futaie claire avec un sous bois abondant). Le traitement en futaie jardinée pourrait être traité par bouquets, mais l'incendie limite son application. Par contre, le traitement en taillis simple s'impose quand il devient inutile de maintenir longtemps les sujets. Les arbres recépés à courte révolution (25 ans) donnent du liège mâle jeune de bonne qualité.

Actuellement, les suberaies sont plus modifiées par les phénomènes récurrents d'incendies, les notions de gestion et de rénovation surplacent tous procédé d'aménagement.

## **I.7-Association du chêne liège et végétation**

En Algérie le chêne-liège forme généralement des peuplements purs. Il peut être mélangé avec d'autres essences selon l'altitude, l'exposition, le climat et la nature du sol. La présence de certaines essences à caractère envahissant constitue cependant une sérieuse menace pour le chêne-liège.

En altitude et sur les expositions fraîches des étages bioclimatiques humides et sub-humides, ce sont les chênes à feuilles caduques comme le chêne afares (*Quercus afares*) qui dominant et plus rarement le cèdre sur les sols calcaires. Dans les régions orientale et occidentale, le chêne zeen (*Q.faginea*) parvient parfois à éliminer le chêne-liège en l'envahissant sur de grandes étendues.



Par contre, sur les expositions chaudes de l'étage semi-aride comme sur les terrains secs à tendance calcaire, le chêne vert et le thuya prennent la place par interpénétration. D'autres essences peuvent se trouver en mélange avec le chêne-liège en proportions variables ; comme c'est le cas du pin maritime (sur le littoral et en basse montagne), du chêne tauzin et du pin d'Alep (Quezel, 2000).

Les suberaies présentent par ailleurs, dans leur strate sous arbustive, des cortèges floristiques caractéristiques des terrains siliceux formant de très nombreux groupements végétaux et associations forestières. La composition floristique des sous-bois et son abondance varie selon la densité du peuplement et son stade de dégradation, l'étage bioclimatique et l'altitude.

Dans les peuplements de l'étage humide, se développe sur le littoral comme à basse altitude, un sous bois très dense parfois impénétrable. On y trouve essentiellement une végétation à caractère hygrophile telles que les Lianes (*Smilax aspersa*), le Lierre (*Hedera helix*), la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*) et le Laurier rose (*Nerium oleander*), mais aussi le myrte (*Myrtus communis*), la Bruyère arborescente (*Erica arborea*), l'arbousier (*Arbutus unedo*). En altitude, certains de ces végétaux disparaissent pour céder la place au cytise à 3 fleurs (*Cytisus triflorus*), au Calycotome épineux (*Calicotom spinosa*), à l'aubépine (*Crataegus monogyna*) et à diverses autres plantes. Dans les peuplements denses, ce sous bois est par contre moins développé.

En semi-aride, pousse un sous-bois à caractère plutôt xérophile composé essentiellement de Cistes (*Cistus salviiflorus*, *C. monspeliensis* et *C. ladaniferus*), de Lavandes (*Lavandula atlantica* et *L. stoechas*), de Doum (*Chamerops humilis*) et d'Hélianthèmes (*Helianthemum halimifolium*). Dans les stations dégradées, suite aux incendies surtout, un maquis abondant peut se développer, qui arrive souvent à supplanter le chêne-liège. On trouve en plus de cette végétation xérophile, le Calicotome velu (*Callicotom villosa*), la Bruyère à balai (*Erica scoparia*) et le Diss (*Ampilodesmos mauritanicus*), (Boudy, 1950 et 1952 ; Natividade, 1956 ; Zeraia, 1986 ; Jacamon, 1987 ; El yousfi, 1991 ; Leonardi et al., 1992 ; Hamrouni, 1994 ; Quezel, 2000 ; Sebei et al., 2001).

## **I.8-La Production des arbres de chêne liège**

A la différence du bois, pour lequel existent précédemment des tarifs et des tables de cubage, la production du liège sur arbre diffère d'une région à une autre. Elle varie plus ou moins selon la sylviculture appliquée, la densité du peuplement, les conditions stationnelles et les rotations de levé du liège (Remata Gete, 2008).

Le Portugal est le seul pays qui produit plus de liège à l'hectare (250 kg / ha / an). Le reste des pays du sud d'Europe (Espagne, France, Italie) détiennent une production de liège équilibré en relation avec la superficie de leur suberaies (220-225 kg / ha / an).

Les suberaies du Maghreb produisent moins de liège par hectare (50-100kg / ha / an) (Avila et Bernal, 1998 ; Montero et al., 1994).

Dans ce contexte, différents modèles et équations mathématiques (table de production) plus ajustés à la réalité de chaque pays furent établis par plusieurs auteurs en Espagne et au Portugal (Tab.2). Ces modèles dans le cas du liège se basent essentiellement sur la mesure de la circonférence à 1,30 m (CAP, en mètres), la hauteur d'écorçage (He en mètres) et par occasion sur le calibre (E, en centimètres) pour estimer la production en poids (P, en kilos).

**Tableau 2 : Equations proposées pour divers auteurs par zones spécifiques (Espagne, Portugal et Algérie) (Avila et Bernal ,1998)**

<b>Models mathématiques</b>				
Auteur	Année	Zone d'application	N. arbres	Equation
<i>Guerreiro et Gomes</i>	1951	Chamusca (Portugal)	170	$P=46,06 \times CAP + 12,2 \times He + 0,46 \times CB - 65,75$
Montero et Alves	1958	Carbonico (Portugal)	100	$P=49,52 \times CAP + 9,89 \times He - 47,91$
Montero et González	1980	San Pedro( Espagne)	1807	$P=10,69 \times CAP \times He$
Montero et González	1980	Badajoz (Espagne)	1083	$P=8,67 \times CAP \times He$
Montero et González	1980	Huelva (Espagne)	539	$P=9,07 \times CAP \times He$
Montero et González	1980	Cataluña (Espagne)	203	$P= 16,94 \times CAP \times He$
<b>Equations mathématiques</b>				
IML	2005	France		$m = (CAP - (\pi \times e)) \times He \times e \times d$
IPROCOR	1994	Espagne		$P= C \times He \times e / 100 \times P'$
Saccardy	1937	Algérie		$P= H \times C' \times e \times P'$

---

## **Chapitre II**

***Le chêne liège et le liège Algérien, entre le  
passé et le présent***

---

## II.1-La répartition géographique des suberaies algériennes

Le chêne-liège est une espèce forestière principale en Algérie, en raison des superficies qu'elle occupe et de son importance séculaire et économique. Il est disséminé à l'origine sur 470 000 hectares (Charlemagne,1894). Actuellement, il ne constitue de véritables suberaies productives que sur la moitié de cette superficie soit environ 229 000 hectares ( FOSA, 2007).

Les problèmes d'incendies, de dégradation multiple ainsi que l'absence d'aménagement sont à l'origine de l'estimation incorrecte de la suberaie algérienne. En effet, plusieurs auteurs divergent même sur la définition de la suberaie. Pour certains, la suberaie englobe aussi bien les peuplements forestiers de type dégradé synonyme de matorrals ou de maquis haut. Dans ce cadre, les estimations fournies par Zeraia (1981) entre 400 000 et 480 000 hectares ne s'éloignent pas de celles de Silva et Catry (2006) qui proposent une superficie notable de 410 000 hectares.

D'autres par contre, corrèlent leur évaluation à la physionomie régressive de ces peuplements. Les plus pessimistes avancent le chiffre de 200 000 hectares à l'instar de Khelifi (1987), Sampaio (1988) et Veuillon (1998). Les estimations officielles de la DGF (2007) font état de 220 000 hectares productifs.

Le chêne liège s'étend le long d'une bande côtière sur terrains siliceux faisant partie du littoral oriental « dite région à chêne liège » à climat sub-humide et humide. Il forme un bloc en un seul tenant de plus de 130 000 ha à partir de l'Est du pays (Bejaia, Jijel, Skikda, Annaba, Annaba, El Taref) jusqu' aux frontières tunisiennes. Un autre moins compacte dans le centre (Chlef, Alger, Delys,) et quelques îlots bien isolés dans le littoral occidental (Oran) (Fig.4).

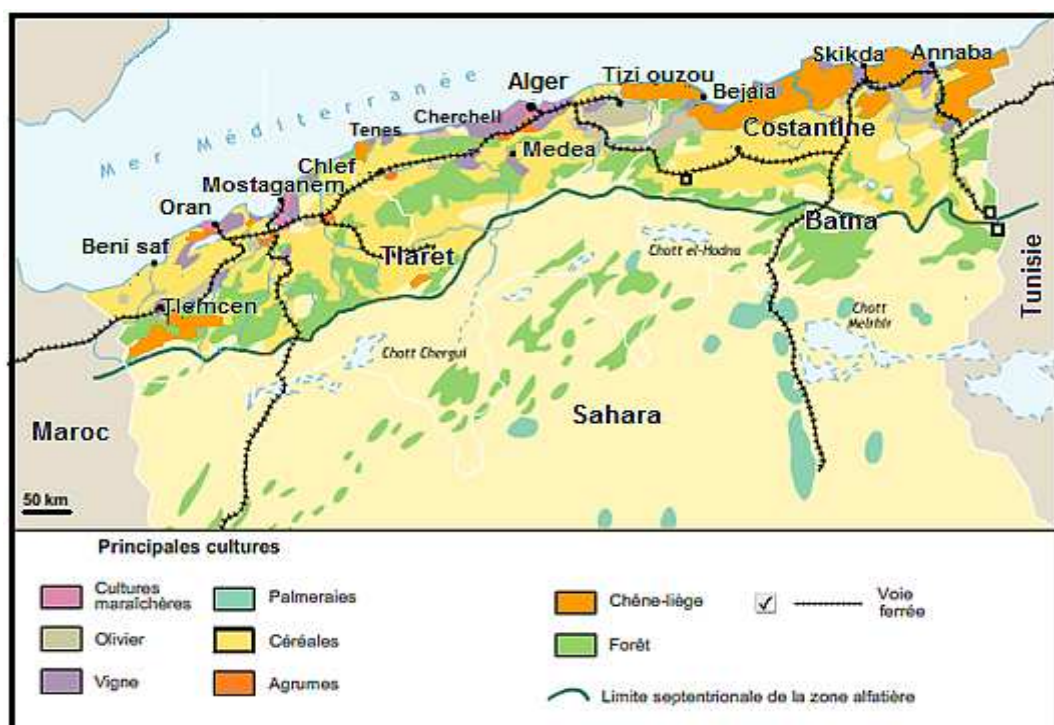


Figure 4 : Carte des ressources économiques d'Algérie du Nord (Pervillé, 2003)

L'essence fait aussi des incursions dans le tell sur une distance ne dépassant pas 100 km de largeur. Dans son facies oriental, il se localise à Souk Ahras, Guelma, El Milia et Constantine. Dans l'Algérois, on le rencontre sur terrains gréseux à Blida, Bouira, Tizi Ouzou, Tipaza, Médéa et Teniet El Had. Dans le montagnard occidental, il se cantonne

surtout à Tlemcen mais aussi à Mascara, Tiaret et Relizane (D'Hubert, 1902 ; Boudy, 1952 ; Yessad, 2001). Globalement, le chêne-liège se localise dans 22 wilayas.

## **II.2-Historique**

L'existence du chêne liège en Algérie était depuis fort longtemps façonnée par l'activité humaine. Cette essence a traversé au cours des siècles d'inébranlables vicissitudes. Son destin a suivi, avec un parallélisme presque parfait le destin de la population dont son mode de vie traditionnel était très fortement lié à cet arbre. Boudy dénombre au 1<sup>er</sup> janvier 1942 plus de 1.300.000 usagers forestiers, dont 870.000 dans le seul département de Constantine (Nouschi, 1959).

Depuis 4000 ans, l'histoire de cette forêt n'a été sereinement tissée que lorsqu'elle faisait partie d'un empire extérieur à elle. Sa pérennité était toujours conditionnée par les influences antagonistes de deux forces controversées et idéologiquement opposées : les désires expansionnistes du vainqueur et la résistance révoltée des vaincus.

Des événements les plus reculés dans l'histoire jusqu'aux derniers troubles liées à la récente conjoncture sécuritaire du pays, les suberaies algériennes ont subi des agressions et des préjudices les plus déplorables qui ont infligé à cette richesse une physionomie « toujours régressive ». Dans toute l'Algérie sylvatique, 10 millions d'hectares de forêts auraient été anéantis suite aux guerres et aux autres fléaux. Certains auteurs inculpent directement les responsabilités humaines comme étant la cause dans la destruction d'une couverture forestière qui représentait un taux de boisement évalué à 30 % avant l'époque romaine, tombée à 11 % dans les années 60-70 (Benchetrit, 1966 ; Sari, 1972) voire 4% dans notre ère (DGF, 2004).

### ***II.2.1-Epoque romaine : 46 avant JC- 429 après JC***

D'après une reconstitution de l'état des suberaies de l'Algérie durant la période romaine, Lefebvre (1900) en a conclu que le tell Constantinois devait se trouver à peu près dans le même état qu'aujourd'hui, mais que le littoral d'Alger et d'Oran était plus boisé. En effet, les envahisseurs ont toujours évité le littoral constantinois dont les boisements denses étaient d'un parcours difficile et recélaient de nombreux fauves constituant une menace permanente pour les troupeaux; c'est ainsi que les massifs de chêne-liège, en général, ont été respectés dans cette région.

L'occupation romaine de l'Algérie en l'an 46 avant JC parvenait de l'Est après la chute de Carthage et des chefs numides. Ces événements ont obligé la population autochtone à fuir vers les montagnes pour se réfugier dans les forêts de chêne liège très denses et éviter les pillages liés aux diverses attaques qui surgissent plus tard durant les invasions des Vandales.

Cette époque a prévalu à l'Algérie le nom de « Grenier de Rome ». D'autant plus que les romains forcés de se protéger contre une population insoumise des montagnes, ont contribué directement à la destruction de larges fractions de la couverture forestière pour la construction des grandes villes dont subsistent de glorieux vestiges. Le grand intérêt se portait essentiellement vers le chêne liège comme bois de construction et d'ébénisterie et de chauffage, pour la construction navale et le liège pour la fabrication de bouées de sauvetage, de flotteurs pour filets de pêche et de chaussures d'hiver pour les femmes d'après le naturaliste romain Pline (De Fontaine de Resbecq, 1837, Boudy ;1955, Bensaid et *al.*, 2006).

### ***II.2.2-L'époque Arabo-musulmane : 681-1300 après JC***

Selon certaines sources, c'est sans doute lors de l'invasion des Arabes de la tribu Hilalienne, que le déboisement a été le plus important, suite au développement de la vie

pastorale particulièrement dans le littoral d'Alger et d'Oran par faute de pénétration dans les massifs de l'Est du pays. Selon sur les récits de Ibn Khaldoun, suite au déferlement, par vagues successives, des tribus arabes (les Beni hilal et les Beni Soulaym) et de leurs troupeaux en l'an 1051, les forêts furent ruinées, pour des siècles, du fait des incendies et du surpâturage (Boudy, 1947). Certains auteurs admettent que la forêt de chêne liège ne représente actuellement que 40 % des suberaies de cette époque (Lapie, 1928 Boudy, 1948 ; Natividade, 1956).

### ***II.2.3-L'époque ottomane-précoloniale : 1529-1830***

« Les forêts, presque toutes composées de chêne-liège, n'offrent de loin qu'une teinte sombre et noire » ; c'est par ces propos que l'Abbé Poiret ( 1789 ), dans son ouvrage "Voyage en Barberie ou lettre écrite de l'ancienne Numidie" aborde la description des forêts de l'Algérie, en 1785-1786 .

Les grandes forêts de chêne liège n'étaient pas vraiment exploitées car la valeur du liège était inconnue. Durant l'époque Ottomane, la plus part des suberaies appartenaient au Beylick, quelques unes étaient la propriété des tribus des Makhzens, et un petit nombre seulement à l'apanage des familles privilégiés. En effet, les turcs ne s'étaient pas réservés la propriété exclusive de telle ou telle forêt, mais un droit de jouissance (Beit el Ganimet) leur était accordé, du fait de leur qualité de membres de la communauté musulmane, et ils prenaient, dans les forêts, les bois dont ils avaient besoin, sans aucune obligation de gestion.

Beaucoup d'auteurs s'accordent à dire que les suberaies de cette époque étaient mal administrées. Ces peuplements étaient surtout convoités à des fins de constructions navales. La construction et la réparation des galères, de mâts, d'avirons de la célèbre flotte ottomane se faisaient, pour les parties immergées, grâce au bois de chêne liège qui gardait toute sa solidité dans l'eau (Malherbe, 1839). Cela concernait, notamment, les forêts du nord-est algérien: Bejaia, Collo, Jijel (Elie de la Primaudaie, 1860 ; El Kairaouani, 1681 ; Féraud,1868 ; Féraud,1869 ).

Les forêts de chêne liège, étaient aussi exploitées pour les besoins des tribus voisines. Les arbres étaient abattus pour la confection du meilleur charbon parmi les bois. Ce charbon était destiné essentiellement au boulangers pour la cuisson du pain dans les villes et pour la métallurgie pour la confection des objets aratoires (socs de charrue, houes, pioches) (Nouschi, 1959).

Ces suberaies servaient en même temps de terres de culture par l'ouverture des enclaves dans les bois à l'aide du feu. On dépouillait préalablement les arbres de leurs branches qui sont brûlées avec les herbes et broussailles du sous-bois, les cendres fertilisantes permettaient d'obtenir une récolte plus importante que celle produite par les sols généralement pauvres des régions forestières. Le feu a un autre avantage : celui d'éloigner les bêtes sauvages (lions, panthères, sangliers) qui hantaient les forêts algériennes et constituaient une menace pour les cultures et les troupeaux à l'époque (Lapie, 1928; Nouschi, 1959). Sous l'empire ottoman, on estime que la forêt a perdu près de 30% de sa surface (Bensaid et *al.*, 2006).

### ***II.2.4-L'époque coloniale : 1830-1962***

D'après Sari (1972), en un siècle de colonisation française (1830-1930), la forêt est passée de 5 millions d'hectares à 3,2 millions d'hectares, soit la perte d'un tiers de sa surface.

Ces grandes déboires envers la forêts ont coïncidé en général avec des époques troubles (insurrections, période de guerre) ( Meddour Sahar et *al.*, 2008).

D'autres auteurs pro-colonialistes ont même colporté un nombre d'observations cruelles envers la population montagnarde « *Les populations manifestent pour les arbres une véritable*

*haine* » (Benchetrit, 1966). Par exemple, « *Partout où nous nous établissons en Algérie, les hommes fuient et les arbres disparaissent* » (Pellissier, 1836).

D'autres voient dans cette colonisation la fin des perturbations et des vicissitudes qui ont jalonné pendant des siècles ces étendues précieuses (Natividade, 1956). Les premières tentatives coloniales de reconnaissance et d'espionnage des richesses forestières Algériennes en particulier le chêne liège ont été improvisés en 1795 par un hardi naturaliste. "Desfontaines", après avoir étudié une partie de la vallée de la Summam, a du faire demi-tour lorsqu'il tenta de pénétrer dans le Djurjura. Le domaine forestier était donc tout entier à reconnaître (Lapie, 1928 ; Benchetrit, 1966).

Durant les premières années de la colonisation (1830-1837), les révoltes des populations empêchaient toute opération de reconnaissance des principaux massifs. Les grands contingents militaires installés en villes ne supportaient plus cette situation, il fallait d'importantes exploitations de bois pour construire et avancer d'avantage. Il devenait urgent de créer un service forestier en s'appuyant sur le code forestier français de 1827.

Globalement, l'histoire des suberaies durant la domination française peut être divisée en trois périodes :

- 1- La période d'organisation du service forestier.
- 2- La période de délimitation du domaine forestier, qui est aussi l'ère des concessions
- 3- La période des grands travaux forestiers ou de la mise en valeur par régie directe.
- 4- La période de guerre de libération nationale.

#### **II.2.4.1-La première période, 1838-1848 :**

Cette période très agitée fut marquée par la création en 1838 du premier service forestier en Algérie sous le commandement de l'inspecteur Victor Renou à peine sorti de l'École de Nancy en 1830. Cette agent forestier a eu l'honneur d'inspecter toutes les régions accessibles des trois provinces (Oran, Alger, Constantine), il connaît toutes les principales espèces ligneuses du pays et beaucoup d'essences secondaires. En 1842, il achèvera son compte rendu sur les possibilités que procurent la forêt Algérienne à l'administration militaire pour consolider l'occupation, particulièrement les peuplements de chêne-liège d'El Kala, Skikda et Annaba. Le gouvernement militaire parviendra même en 1847 a exporté 467 quintaux de liège vers la France (Lapie, 1928; Marc,1930 ; Saccardy,1937 ; Puyo,2006). Le rapport de Renou prescrit avec ferveur au gouverneur militaire l'exploitation de ces grands massifs pour la production du liège autant que cette matière précieuse commençaient déjà à manquer en Europe et que l'Algérie serait le gisement d'avenir (Lamey, 1893).

#### **II.2.4.2-La deuxième période, 1849- 1892 :**

Le 12 avril 1849 apparait une circulaire gouvernementale instituait des commissions forestières chargées d'instruire les demandes d'exploitation de forêts de chêne liège, en tenant compte des droits et des besoins de la population locale.

Sur le plan de l'aménagement et de la sylviculture des suberaies, les forestiers français introduisaient vainement en Algérie, dès les années 1850, la méthode d'aménagement des suberaies déjà appliquée aux suberaies françaises, dite méthode « des coupons réglés ».

A partir de 1863, la détermination des limites des forêts fut faite au cours des opérations d'application du sénatus-consulte la même année. Ces opérations, qui englobaient tout le territoire, furent suspendues en 1871 et remplacées par des délimitations forestières sous le

régime du décret du 27 septembre 1873. En 1888, l'application du sénatus-consulte fut reprise. A dater de 1883, l'Algérie est divisée en trois conservations.

Par la suite, le gouvernement militaire s'aperçoit bien vite la grande difficulté de la mise en valeur directe d'un domaine forestier aussi vaste, faute d'argent et de personnel, il décida de recourir au système des concessions via les privés (Marc, 1915 et 1930).

- **Le régime des concessions de 1847 à 1870 :**

Il était question d'un régime de concession avec redevance. Les premiers contrats avaient une redevance de 16 ans (Arrêté de 1846). Durant cette période, le concessionnaire était tenu d'effectuer le démasclage des forêts concédées sous la surveillance des membres du corps forestier des colons.

Les baux consentis, intéressaient quelques milliers d'hectares dans la région de Collo. Mais ils ne fournirent pas les résultats espérés et durent être résiliés. Pour éviter de nouveaux mécomptes, le gouvernement général rétablit par arrêté du 3 Mai 1849, un nouveau cahier des charges. La durée des baux fut donc portée de 16 à 40 ans. Les concessions devaient justifier d'un capital suffisant pour l'exécution des travaux de mise en valeur. Au 31 août 1861 : 101 680 hectares de chêne-liège étaient concédés et 144 678 hectares demandés en concession.

Vu le nombre important d'événements d'insurrection des populations des montagnes et les incendies dramatiques entre 1860-1862, les concessionnaires rencontrèrent de grosses difficultés d'installation ; un décret du 28 mai 1862 instaura le système des concessions de 90 ans avec une redevance minimale. La superficie des forêts de chêne-liège exploitées atteignait alors en 1864 les 155 203 hectares.

Après les incendies de 1863-1865 qui dévastèrent plus de 45 000 ha de chêne liège dans l'Est, les concessionnaires très affectés demandèrent avec exaltation la réparation des dommages causés ; le gouvernement impériale capitule et aliéna gratuitement aux concessionnaires les parties de forêts incendiées de 1863 à 1870 suite au décret du 7 août 1867 et celui du 2 février 1870. Près de 163 000 hectares (soit plus d'un tiers de la superficie totale en suberaies) passent au privé à des conditions très avantageuses (Lamey, 1893 ; Lapie, 1928 ; Saccardy, 1937 ; Puyo, 2006).

- **Les affermages de 14 ans :**

Vers 1885, l'aliénation des massifs de chêne-liège, dans les conditions qui viennent d'être rappelées avait réduit la contenance des forêts domaniales à 277 265 hectares environ. Toutefois, le service des forêts n'ayant pas les moyens nécessaires pour procéder, lui-même à une mise en valeur rapide et généralisée, songea alors à faire intervenir le savoir faire privé, mais uniquement pour réaliser l'opération coûteuse du démasclage.

Un décret du 27 juillet 1876, complétant celui du 9 août 1864, autorisa le gouvernement général civil à affermer par voie d'adjudication publique, et pour une durée maximale de l'exploitation des forêts de 18 ans. L'opération a pour objet la mise en valeur de la forêt au point de vue reproduction du liège. La durée du marché est de 14 ans. Durant les quatre premières années, l'adjudicataire doit opérer le démasclage de tous les arbres susceptibles d'être mis en production et effectuer les travaux de défense contre les incendies stipulés dans le cahier des charges. Pendant cette période, le démasclage a été pratiqué sur une superficie de 40 000 hectares. Après de nombreuses contestations, les fermages prirent fin le 31 décembre 1893 (Bourlier, 1893 ; Lamey, 1893 ; Charlemagne, 1894 ; Lefebvre, 1900 ; Boudy, 1952 ; Natividade, 1956).



### **II.2.4.3-La troisième période, 1892-1937 :**

Cette période a connu en 1903, l'application du premier code forestier attaché à la réalité forestière algérienne. L'exploitation des suberaies en régie directe débuta en 1892, c'est l'administration forestière qui pourvoyait directement au démasclage, à l'exécution des travaux de défense contre l'incendie, à l'ouverture des chemins. Mais elle procède aussi à la levée des lièges et à leur transport sur des places de dépôt voisines des gares ou tout au moins des voies carrossables. Ces écorces sont ensuite mises en vente au chef-lieu de la conservation.

Durant la période 1892-1901, 100 000 hectares de peuplements de chêne-liège ont été ainsi mis en valeur, soit 30 000 000 d'arbres mis en état de production. En l'occurrence, de 1902 à 1914 ce sont 7 250 000 chênes liège qui ont été démasclés.

Finalement, les opérations de mise en valeur furent achevées dans toutes les parties exploitables durant la période 1930-1937, soit une surface en production évaluée à 200 000 à 275 000 ha (Marc, 1915 et 1930 ; Gautier, 1930 ; Saccardy, 1937).

### **II.2.4.5-La quatrième période, 1954-1962 :**

Après une longue période de pacification (1900-1954), les événements frappèrent de nouveau le sort des suberaies. Durant la guerre de libération nationale (1954-1962) et à partir de 1955, les incendies de forêts se multiplièrent dans la région d'Annaba plus particulièrement ; le personnel forestier et la forêt elle-même n'en seront pas moins le secteur qui subira le plus gravement et le plus durablement les conséquences de la guerre (incendies volontaires suite à la politique de la terre brûlée, etc.). Les forêts algériennes, d'une superficie évaluée à 35 000 km<sup>2</sup> en 1954, sont brûlées à 75% (Anonyme, 1963).

Dès 1956, une série d'attentats de destructions de dépôts de liège furent éclatées, des incendies volontaires des suberaies et un ralentissement général de l'exploitation. La quantité des lièges produite furent chutée à 96 % de 1954 à 1956 (Lequy, 1970).

Le récapitulatif de ce mouvement contrasté de la suberaie algérienne durant 130 ans de colonisation est élucidé dans la figure 5 par superficie et par auteur.

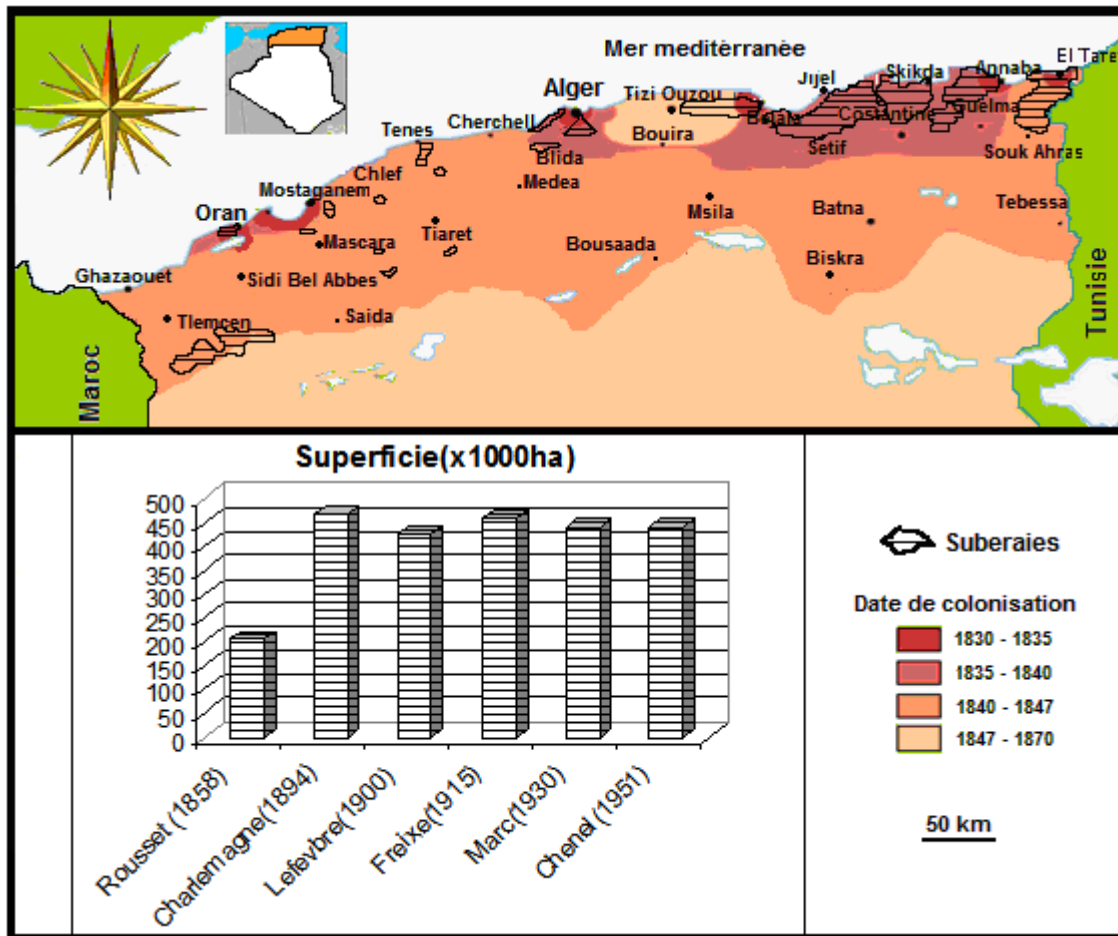


Figure 5 : Chronologie des suberaies Algériennes selon les récits établis par différents auteurs durant l'époque coloniale (Original)

### II.2.5-L'époque post- indépendance

A la veille de l'indépendance, l'Algérie a hérité de la colonisation un patrimoine forestier dévasté et des suberaies surexploitées et ruinées par les incendies de la période 1954-1961. Sur un espace forestier total de 437 354 hectares, la suberaie s'étendait que sur 206 800 hectares en 1962 (Tomas, 1977).

Cinquante ans après l'indépendance, le secteur subéricole se débat encore dans un marasme politico-économique stérile qui empêche la mise en place d'une politique efficace et même de relever le défi suite à l'absence d'une vision claire qui intègre la production forestière dans les grands agrégats de l'économie nationale.

La problématique de cette suberaie reste toujours posée. La faible régénération, le vieillissement des arbres, les incendies et le surpâturage sont d'actualité et le patrimoine forestier se disloque au gré des situations conjoncturelles :

- 1962-1986 : révolution agraire, substitution d'une rente naturelle supposée pérenne par une rente pétrolière non renouvelable, exode rural, industrialisation massive, etc.
- 1986-2005 : choc pétrolier, ouverture du marché, injonctions du F.M.I. (Font monétaire international), passage de la régie de l'état aux exploitants privés, conjoncture sécuritaire etc.

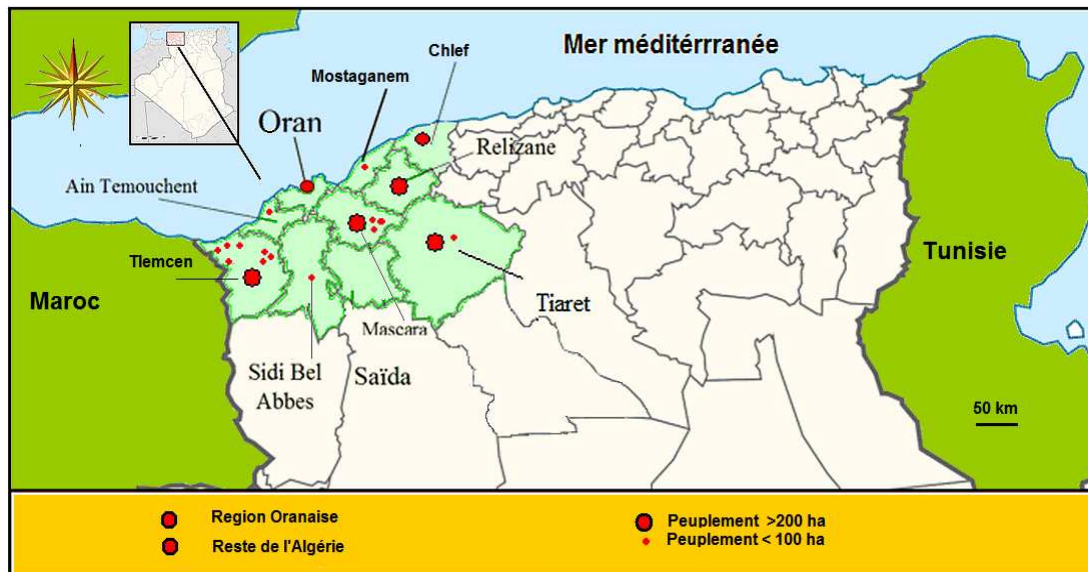
## II.3-Les suberaies de l'ouest Algérien

Citons simplement deux courtes notations des premiers explorateurs français qui ont parcouru le Tell Oranais au cours des trente premières années de l'occupation française (1841-1858) citée par Benchetrit (1966) :

- le baron Baude a écrit : « outre les essences utiles pour le chauffage, la charpente et la menuiserie, l'Algérie possède en abondance deux arbres forestiers d'un produit précieux et rares en France : ce sont le chêne à glands doux (chêne vert) et le chêne-liège »,

- MacCarthy a noté « le Tell de la province d'Oran ne le cède en rien aux deux autres, ni sous le rapport de la fertilité ni sous le rapport des eaux ».

Les subéraies de l'Oranie sont cotonnées à travers 7 wilayas du nord-ouest algérien. La plus grande superficie est localisée dans la wilaya de Tlemcen (Fig.6).



**Figure 6 : Répartition géographique du chêne-liège dans la région Oranaise (Original)**

A l'ouest Algérien notamment, la superficie occupée par la suberaie est passée de 4 128 ha en 1858 (Rousset, 1858) à 6000 ha en 1894 (Charlemagne, 1894) puis à 7 354 (Marc, 1930) voire 8 175 ha (G.G.A., 1927). Au début des années 2000, la superficie parcourue par cette essence est estimée beaucoup moins à 6000 ha (Bouhraoua, 2003). Les peuplements sont situés dans deux grandes divisions phytogéographiques différentes en fonction de l'influence maritime et de la structure géographique (Boudy, 1955). Nous distinguons :

- les suberaies du secteur littoral au nord englobant les sahels et les plaines,
- les suberaies de montagne au sud localisées dans l'Atlas tellien.

### II.3.1-Les subéraies littorales

Les subéraies de ce secteur se localisent essentiellement dans la wilaya d'Oran où il occupait autrefois une superficie de 3000 ha. Il n'en reste que 2080 ha (C.F.W.O., 1996). Nous les trouvons aussi à Mostaganem dans la forêt de Akboub (Charlemagne, 1894), mais actuellement il n'en reste que quelques sujets seulement. Sur le littoral Oranais se dégagent les suberaies suivantes :

-**M'Sila** s'étendant sur une superficie potentielle de 1068 ha. Elle a été soumise au régime forestier en 1867 (C.O.I.O, 1878). Après l'indépendance, on lui associé la forêt de Saint-Pierre (appelée communément « Cheikh Ben Khalifa ») sur une contenance totale de 500 ha.

-**Terziza** occupant une superficie de 1 504 ha dans le prolongement est de la forêt de M'Sila sur les flancs du Mardjado vers Misserghine (Boudy, 1955), le chêne liège repose sur des formations géologiques du Crétacé inférieur. C'est une futaie clairsemée, caractérisée par un sous bois dense.

-**Bissa** se situe à 45 km au nord-est de Chlef surplombant la mer. Elle s'étend sur une superficie domaniale de 1478 hectares composés essentiellement de chênes-lièges mais aussi de chêne-vert et de chênes zen (Yechkour, 2009). La suberaie plus particulièrement occupait à l'origine les 3/10 de cette superficie mais cette dernière est beaucoup plus réduite actuellement de presque de moitié (Boudy, 1956).

-**Guetarnia** dans la partie nord de la wilaya de Sidi Bel Abbas. Le peuplement du chêne-liège se trouve localiser dans le sud-ouest de la forêt de Guétarnia, qui compte 10 070 ha. Ce peuplement qui occupe environ 50 ha (Boudy, 1955) est concentré dans le canton de Béni Tellah et est issu d'un reboisement effectué par bande dans les années 50 à une densité de 150 à 400 pieds par hectare (O.N.T.F., 1981).

-**Beni Ouarsous** située dans la commune de Beni Ouarsous (Tlemcen). Les peuplements du chêne-liège s'étalent sur une superficie de 198 ha sur une altitude 690 m et couvrent tout le canton Menarah (Letreuch-Belarouci, 2009).

### ***II.3.2-Les subéraies de montagne***

Elles se localisent dans la série de chaînes montagneuses de l'Atlas tellien. Nous les rencontrons essentiellement dans les monts de Tlemcen où elles occupent une superficie allant de 4000 ha à 4500ha (Bouhraoua, 2003 ; Dahane, 2006 ). Parmi ces forêts nous citons :

-Le massif forestier de **Hafir-Zarieffet** qui couvre une superficie totale de 4462ha, soit 80% de la suberaie de montagne de l'ouest Algérien. Ces deux forêts sont constituées de vieilles futaies dépassant les 100 ans (Bouhraoua, 2003).

-**Yfri** : bénéficiant anciennement d'un climat sub-humide avec une tranche pluviométrique allant de 700 à 900mm d'eau par an, cette forêt de 1080 ha recèle 100 ha de chêne-liège (Boudy, 1955). La superficie était de 58 ha seulement en 1902 (D'Hubert, 1902). Dans le début des années 80, cette essence couvrait une superficie plus réduite de l'ordre de 24 ha (Gaouar, 1980).

-**Zerdeb** : cette forêt s'étend sur une contenance de 2380 ha, dominée principalement par le chêne vert et quelques tâches de thuya et de pin d'Alep. Le chêne liège occupe environ plus de 700 ha localisé à Djebel Miez et à Zerdeb-sud .La production en liège n'a commencé qu'en 1986 avec 392 qx puis 552 Qx en 1987 (C.F.W.T., 1996). Par ailleurs, les dernières exploitations ont été enregistrées en 1994-1995 où les quantités de liège enlevées sont de 460 Qx de liège mâle (C.F.W.T, 1996).

-**Aïn Essouk** : le chêne liège n'occupe que 260 ha. Ce peuplement bien venant dans le passé s'est transformé en bouquet rabougris de Lentisque, Cistes et Calycotome à cause des incendies répétés (C.F.W.T. 1996).

-**Sidi Hamza** : dans cette forêt le chêne- liège n'occupe qu'une superficie de 850ha sur 1245 ha que compte la forêt à dominance de chêne vert et Pin d'Alep.

-**Béni-Bousaïd** : Cette forêt d'environ 13 286 ha repose sur une formation géologique grésoschisteuse. Le sol argilo-calcaire est de profondeur variable (C.O.I.T., 1933 ; C.F.W.T, 1988). Le peuplement forestier est largement dominé par le chêne vert, le thuya et le genévrier mais on trouve également quelques reliques de chêne-liège formant 20 ha de taillis très fortement exploité mais bien régénéré, sur le plateau de Ras Asfour (près de la frontière marocaine) au Teniet Fernane (Thintoin, 1948 ; Boudy, 1955).

- **Nesmoth** (W. Mascara) : le chêne-liège occupe initialement une superficie de 1 368 à 1 400 ha (G.G.A., 1927 ; Boudy, 1955). La majeure partie du peuplement est localisée au sud de la forêt de Nesmoth. Une autre partie se trouve dans la forêt d'Aouf et de Nador ou Menaouer. Dans cette forêt de 550 ha, la subéraie couvre 80 ha répartis entre les cantons de Témaznia et Haboucha. C'est un peuplement artificiel planté en 1950 sur une pente douce (3 à 8%) à une densité moyenne de 560 pieds à l'hectare (C.F.W.M.,1990).

-**Tagdempt** (W. Tiaret) : dans cette forêt de 4 792 ha du canton Gamaout, se trouve le plus grand peuplement de chêne-liège qui atteint 600 ha. Cette vieille futaie en mélange avec le chêne vert a un âge avancé (150 à 200 ans) mais demeure bien venante car elle bénéficie d'un climat sub-humide et reçoit plus de 600 mm d'eau par an. (Bouhraoua, 2003).

-Le dernier peuplement oranais de chêne-liège se localise sur le versant nord de la forêt **d'Ammi Moussa** près de Relizane sur un terrain accidenté d'accès très difficile à 1 200 m d'altitude. Cette forêt, peu arrosée, reçoit environ 423 mm de pluies par an (Peyerimhoff, 1941).

## **II.4-La production du liège en Algérie**

La richesse naturelle du sol algérien était depuis l'antiquité la cause de vastes convoitises de différentes forces colonisatrices à l'égard des romains, les espagnoles et les français. Les potentialités végétales du pays étaient composées essentiellement de produits fars de l'économie et de l'industrie mondiale tels que le blé, l'alfa et l'olivier. Les relations économiques étroites qui reliaient l'Algérie ottomane à l'Angleterre depuis le XVII siècles se basaient essentiellement sur l'exportation de l'alfa. Cette matière si précieuse pour l'industrie du papier offrait au Royaume Unit le monopole mondial (Gautier, 1830). La situation ne plaisait guère à l'empire Français, qui après 100 expéditions de colonisation réussit à s'accaparer du sol Algérien en 1830 et s'épanouir d'une autre matière plus précieuse qui est le liège.

La France a fait en sorte que la terre d'Algérie lui revienne en tant que colonie compte tenu de sa richesse en matières premières afin d'impulser son économie qui avait un besoin urgent de se développer et d'être redynamisée, outre les revenus considérables engendrés et de l'exportation de ses produits pour lesquels elle n'arrivait pas à trouver de marchés. A ce propos, le général Bugeaud, père de la colonisation en Algérie avait dit : " L'Algérie va recourir, pendant une longue période, aux produits industriels de la France et l'Algérie pourra

fournir à la France des quantités considérables de matières premières nécessaires à l'industrie." (Bernard et Redon, 1906).

En effet, depuis le développement de l'industrie du verre en Europe et en Amérique au XVII<sup>e</sup> siècles, les appétits des forces économiques non productrices du liège ne cessaient de grandir pour servir la montée galopante des différents usages du liège notamment dans les industries navales, la fabrication de l'aggloméré, du linoléum et des explosifs (Meynier, 1981).

En Algérie française, la récolte du liège s'effectuait selon deux méthodes (Marc, 1930 ; Blottière, 1930 ; Gautier, 1930) :

- La méthode dite du jardinage consiste à parcourir chaque année la forêt en prenant ça et là les produit ayant atteint les dimensions marchands (Lamey, 1893)
- La méthode des coupons réglés (Saccardy, 1937 ; Puyo, 2006).

Il faut remarquer que notre analyse de la situation productive des suberaies colonisées se base essentiellement sur les chiffres présentés par les services forestiers de l'époque (Forêts domaniales). Ces statistiques ne présentent qu'une idée incomplète de la production totale. Sur une superficie de 440 000 ha de suberaies en date de la fin de la mise en valeur en 1937, l'état n'exploitait que 275 000 ha seulement. Le reste, a été concédé par l'état aux particuliers avant 1892 (Blottière, 1930).

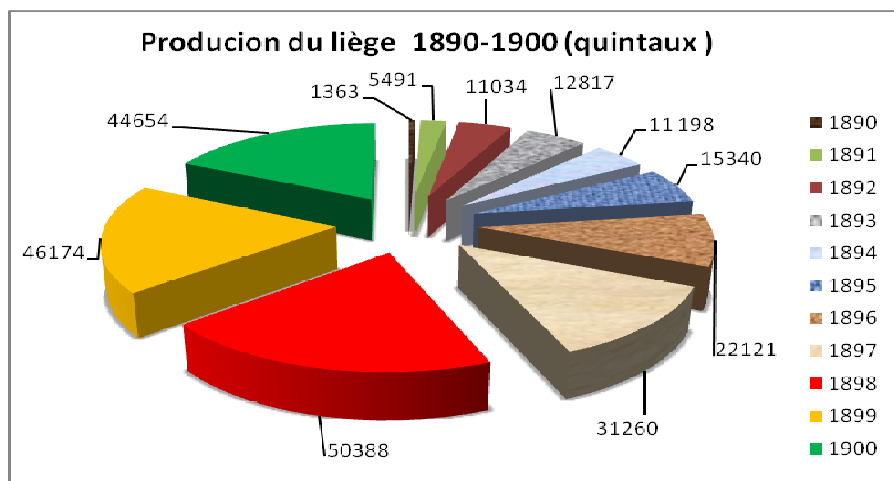
En revanche, il faut savoir aussi qu'entre forêts domaniales et forêts privées, il existe aussi une grosse différence de rendement : 60kg à l'hectare pour les premières, 160 kg pour les secondes. Les raisons de cette différence sont les suivantes (Marc, 1930) :

- 1- Les forêts aliénées par l'état ont été les meilleures à cause de l'exploitation intensive.
- 2- L'exploitation étatiste est plus organisée et est moins intense que l'exploitation privée.

#### ***II.4.1-Les productions de 1890 à 1900***

Les premières récoltes de la suberaies algérienne sous la domination française datent de 1847 et font état de 447 quintaux de liège brut suite aux premières reconnaissances des massifs d'El Kala, Skikda et Annaba (Lamey, 1893 ; Marc, 1930 ; Saccardy, 1937).

Après les résultats désastreuses des concessions sur la production du liège ; les prémices de la politique de la mise en valeur régie directement par les services forestiers avaient participé efficacement à l'organisation et à la mise en production régulière de 100 000 hectares entre 1892 à 1900. Grâce aux fonds alloués par l'état colonial, ces opérations ont permis de conduire les récoltes avec prudence et sans mutilation d'arbres et au respect des rotations. La récolte du liège dans les forêts domaniales, qui n'était en 1890 que de 1363 Qx, s'élevait dès 1892 à 11 034 Qx avec un top de 50 000 quintaux atteint en 1898 (Lamey, 1893 ; Lapie, 1928) (Fig.7).



**Figure 7: Production du liège tout venant en forêts domaniales entre les années 1890 – 1900**

Durant les premières années de mise en valeur, le poids moyen par arbre était évalué à 5,5 kg. Les fluctuations annuelles de production étaient souvent amputées aux incendies et aux baisses des cours de vente du liège. Durant cette période, 65 % de la production provenait des suberaies de l'Est (Département de Constantine) tandis que celle d'Oran ne fournissait que 2,4 % de la récolte totale (Freixe, 1915). La production moyenne du liège marchand s'évaluait à 34643,6 Qx alors que le rebut était aux alentours de 4275,8 Qx. Le tableau 3 retrace la production par année et par département de 1892 à 1900.

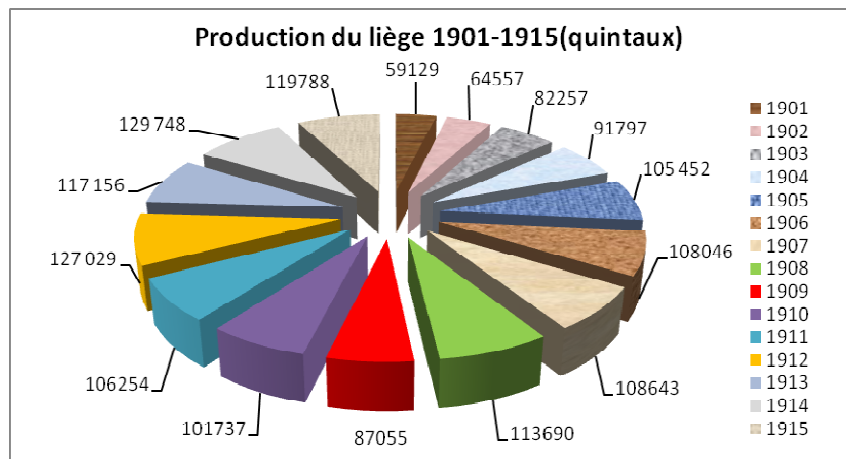
**Tableau 3 : Variation de la production du liège par année et par département durant la période 1892- 1900 (Lamey, 1893, Lapie, 1928)**

Poids récolté sur les forêts domaniales(Quintaux)				
Superficie Années	Alger 37 718 ha	Oran 7354 ha	Constantine 230 622 ha	Total 275 695ha
1892	3404	-----	-----	-----
1893	4240	-----	-----	-----
1894	5730	62	5406	11198
1895	6677	391	8272	15340
1896	6508	450	15613	22561
1897	7207	1975	23058	31240
1898	13230	176	35982	50388
1899	13967	670	31537	46174
1900	13967	1859	28828	44654

A travers ce tableau, on remarque qu'en dix ans, le taux de la production annuelle a augmenté de 75 % pour les suberaies d'Alger et de Constantine et dépassait les 90% pour le département d'Oran malgré l'incendie de 1898 qui a dévasté 7000 ha de forêts. Le nombre d'arbres mis en valeur était de l'ordre de 2 549 342 sujets pour des rotations de 8 à 12 ans (Lefebvre, 1900).

#### II.4.2-Les productions de 1901 à 1915

La politique de décentralisation envers Paris a procuré à l'Algérie un budget et des décisions autonomes dans le domaine forestier (Lapie,1928). En effet, de 1900 à 1915, la surface productive est passée de 200 000 hectares à 250 000 hectares avec un rendement moyen par unité de surface de l'ordre de 60 kg. En revanche, le nombre total d'arbres exploités s'élevait à 27 856 652 arbres. Les événements de la première guerre mondiale (1914-1918) causèrent beaucoup de préjudices sur le plan de vente que sur le plan d'exploitation du liège à cause de la fermeture des marchés Russes, Allemands et Autrichiens. Environ 204 197 Qx sont restés stockés sur dépôts et forcèrent les services forestiers à réduire le nombre d'arbre à exploiter (Marc, 1930 ; Meynier, 1981) (Fig.8).



**Figure 8: Production du liège tout venant en forêts domaniales entre les années 1901 - 1915**

Durant ces années, la production a connu un taux de croissance moyen de l'ordre de 3,2% à cause des incendies de 1902-1903 et 1913. Le volume moyen du liège marchand n'excédait pas à 79 552,13 Qx tandis que le rebut a atteint 20 489,6 Qx. Le tableau 4 élucide la production par année et par département entre 1901 et 1915.



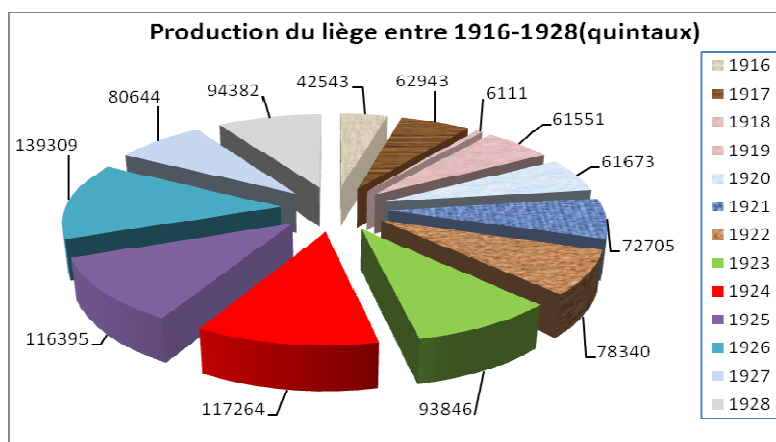
**Tableau 4: Variation de la production du liège par année et par département durant la période 1901 – 1915 ( Marc, 1915 et 1930)**

Poids récolté sur les forêts domaniales (Quintaux)				
Superficie Années	Alger 43 712 ha	Oran 6 000 ha	Constantine 231 690 ha	Total 275 402 ha
1901	9066	1758	48305	59129
1902	11622	1947	51188	64557
1903	16022	1844	64391	82257
1904	14501	2098	75198	91797
1905	12814	1223	91425	105462
1906	17398	1314	89334	108046
1907	27669	768	80197	108634
1908	22181	818	87594	110593
1909	25287	1674	63200	90161
1910	29525	1120	71087	101732
1911	26866	1182	78206	106254
1912	30603	1340	95086	127029
1913	31982	1172	84022	117176
1914	30918	1762	97068	129748
1915	26067	1951	91770	119788

D'après le tableau 4, nous constatons que sur une période de 15 ans (1901-1915) la production du liège a atteint un tonnage moyen de l'ordre de 10149,1±1047,5 tonnes tandis que le poids moyen par arbre s'est élevé à 5,5 kg. Le département de Constantine, détenait à lui seul 76,7% de la production.

#### II.4.3 - Les productions de 1916 à 1928

Durant la première guerre mondiale, la production du liège en Algérie s'est réduite de 95%. En effet, durant la séquence 1916-1918, la récolte a régressé de 47% en passant de 42498 Qx à 6111 Qx seulement. Le terrible accord commercial franco-espagnol du 7 mars 1918 a lésé gravement les intérêts du gouvernement général d'Algérie puisque à cette date 15 000 tonnes de liège pourrissaient dans les dépôts (Meynier, 1981) (Fig.9).



**Figure 9 : Production du liège tout venant en forêts domaniales entre 1916 et 1928**

Plus tard, le climat de pacification de l'Europe au cours des années 1920 a eu un grand avantage sur le développement industriel des agglomères et sur l'emploi croissant des lièges artificiels dans les constructions et appareillages modernes tels que les frigorifiques (Blottière, 1930). En parallèle, le rythme des exploitations s'intensifie au profit de la santé des arbres. La production moyenne par arbre est passée alors de 5,5 kg à 10 kg. La concurrence du rebut (29178,9 Qx) au liège de première qualité (60538,15 Qx) a dépassé tout les records, soit une majoration de 800 % tandis que celle du liège de reproduction seulement 6,3% (Marc, 1930). Le tableau 5 regroupe la production par année et par département entre 1916 et 1928

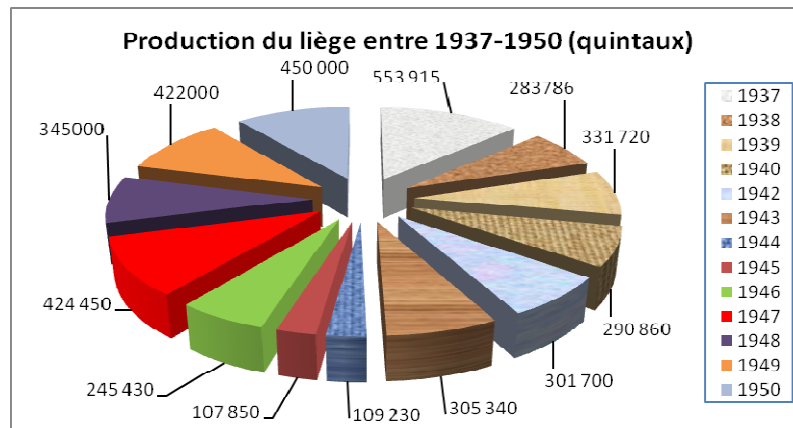
**Tableau 5: Répartition de la production annuelle du liège entre 1916 et 1928 (Marc, 1916 et 193)**

Poids récolté sur les forêts domaniales (Quintaux)				
Superficie Années	Alger 42 000 ha	Oran 7 000 ha	Constantine 250 000 ha	Total 292 000 ha
1916	8183	-----	34360	42543
1917	8274	1552	53117	62943
1918	32	-----	6079	6111
1919	21485	1432	38634	61551
1920	23175	1844	36654	61673
1921	25946	463	46296	72705
1922	23871	2500	45683	72054
1923	32117	2872	58857	93846
1924	30375	1174	85725	117274
1925	36941	1981	77473	116395
1926	41018	2100	93083	136201
1927	26392	1444	52808	80644
1928	22892	2063	69877	94832

A travers le tableau, nous remarquons que durant la période 1916-1928, la production globale du liège a atteint 10187,72 tonnes avec une participation minime du département d'Oran de l'ordre 194,25 tonne soit un taux de 19% seulement. Les treize années de pacification (1919-1928) ont permis à la colonie d'augmenter la production de 80%.

#### ***II.4.4- Les productions de 1937- 1950***

Durant les festivités du centenaire de l'occupation française à l'Algérie (1830-1930), les forêts de chêne-liège couvraient une superficie totale de 440 000 hectares, dont 250 000 appartenaient à l'état, 15 000 hectares aux communes et 175 000 ha aux particuliers. De 1931 à 1941, la production moyenne (domaniale, communale et privée) sur tout le territoire Algérien a été de 31 300 tonnes de liège de reproduction et 7 à 10 000 tonnes de liège mâle (Natividade, 1956) (Fig.10).



**Figure 10 : Production du liège tout venant (forêts domaniales, communales et privées) entre 1937 -1950**

A partir de 1937-1950, la production moyenne normale oscillait autour de 320 000 Qx par an, avec un record de 553 919 Qx en 1937 et dont 90% environ provenant du département de Constantine. Durant les années comprises entre 1930 et 1946, l'épuisement des arbres a chuté la production aux alentours de 22 500 tonnes ( Manjauze,1950 ). Le tableau 6 résume la fluctuation de la production par année et par département entre 1937 et 1950.

**Tableau 6 : Evolution de la production entre les années 1937 et 1950 (Chenel, 1951)**

Poids récolté sur les forêts domaniales communales et privés (Quintaux)			
Années	Forêts soumises au régime forestier (Domaine et communes)	Forêts non soumises au régime forestier	Total
1937	190 976	362 941	553 915
1938	166 546	216 740	283786
1939	142 500	179 180	331 720
1940	136 650	148 360	290 860
1942	140 820	165 650	301 700
1943	81 610	164 320	305 340
1944	69210	27 620	109 230
1945	115 630	38 640	107 850
1946	125 380	129 800	245 430
1947	135 000	299 670	424 450
1948	-----	214 860	345000
1949	-----	-----	422000
1950	-----	-----	450 000

Le tableau 6, montre que les peuplements de chêne liège soumis à l'état produisent moins par rapport à ceux des privés. A titre d'indication, au cours de la période 1937-1947, le tonnage moyen annuel de forêts aliénées a frôlé les 17 400 tonnes par rapport à celui étatique (13 000 tonnes).

#### II.4.5- Les productions de 1954- 1959

Entre les années comprises entre 1950 et 1954, la production forestière représentait 4 % de la production agricole totale. Les lièges concouraient à ce produit pour 45 %. **Le niveau moyen de la production de lièges s'établissait, pour la période 1949-1954 à 42 400 tonnes. Il tombe, au cours des années 1956-1959, à 3500 tonnes.** En 1954, la quantité des lièges passe cependant de 40170 tonnes à 13117 tonnes en 1955, puis à 2 200 tonnes en 1956 ce qui représente 4,5 % du chiffre atteint en 1954 (Manjauze,1950 ; Lequy,1970).

#### II.4.6- Les productions post indépendance

Trois ans après l'indépendance soit en 1965 (année de référence des potentialités moyennes de production de liège en Algérie), le service forestier algérien a repris l'exploitation des massifs de chêne-liège. En raison d'une absence d'exploitation durant la guerre de libération majorée par un stock important dans les dépôts, la production a atteint un pic jamais égalé soit 350 000 Qx

Durant 43 ans d'exploitation continue, la production du liège en Algérie a connu trois périodes funestes qui ont eu les conséquences les plus fâcheuses sur le rendement du liège.

##### ➤ Période 1965-1979

Durant cette période, les services forestiers ont hérité du régime coloniale un patrimoine subéricole éprouvé par l'exploitation intense des arbres à partir de 1920 (Lapie, 1928 ; Saccardy, 1937 ; Peyerimhoff, 1941). Certes, bien aménagés, la plus part des peuplements étaient vieux. L'étendue importante de la superficie handicapée par un manque terrible d'ingénieurs et de techniciens spécialisés a contribué à aggraver la situation. La gestion des suberaies est devenue très hasardeuse, les plans d'aménagement et d'exploitation tracés par les ingénieurs forestiers colonialistes ont disparu des programmes de gestion des forêts. Par voie de conséquence, on est passé du capitaliste colonialiste destructeur vers une administration centralisée très statique qui dépend des décisions du parti même dans la filière liège. Le taux de croissance annuel moyen de la production a régressé de 5,6% soit une chute de 41,7% de la production par rapport à 1965 (Fig.11).

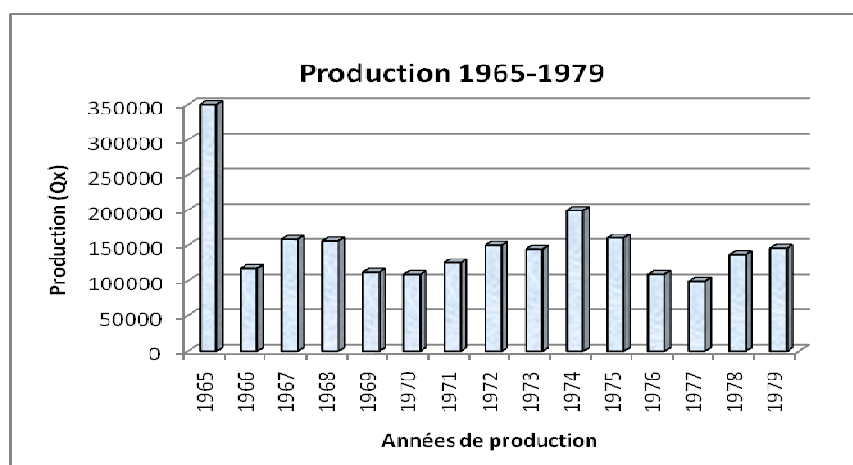
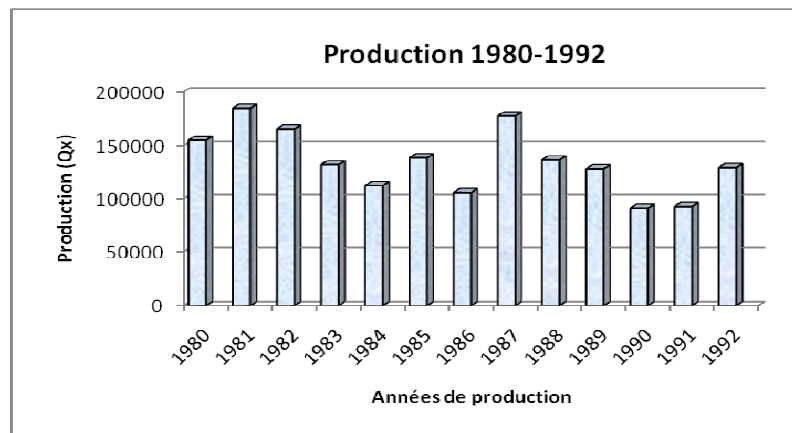


Figure 11: Fluctuation annuelle de la production nationale du liège entre 1965-1979

➤ **Période 1980-1992**

Cette période s'est caractérisée par l'abondance des terres agricoles et forestières et de l'exode rural massif de la part d'une population montagnarde très lésée par les programmes de développement de l'époque. La baisse du prix du pétrole en 1986 et par la suite la dévaluation du cours d'échange de la monnaie nationale ont contribué à minimiser les budgets de l'état en faveur des opérations qui accompagnent les mises en valeur des suberaies tels que les opérations sylvicoles, les programmes de reboisement et de repeuplements des suberaies incendiées et dépérissantes. L'inventaire forestier national établi par le BNEDER (1984), indique que sur les 230 000 hectares de chêne liège, 61 % sont représentés par de vieilles futaies, 37 % par de jeunes futaies, 1 % par des perchis et 1 % par des taillis. Les vieilles futaies sont les plus abondantes, ce qui explique la difficulté de la régénération naturelle.

Durant cette séquence, la production moyenne nationale ne dépassait guère les 13 400 tonnes. Le taux de croissance annuel moyen de la production aux alentours de 1,4% soit une chute de 38,3 % de la production par rapport à l'année 1965 (Fig.12).

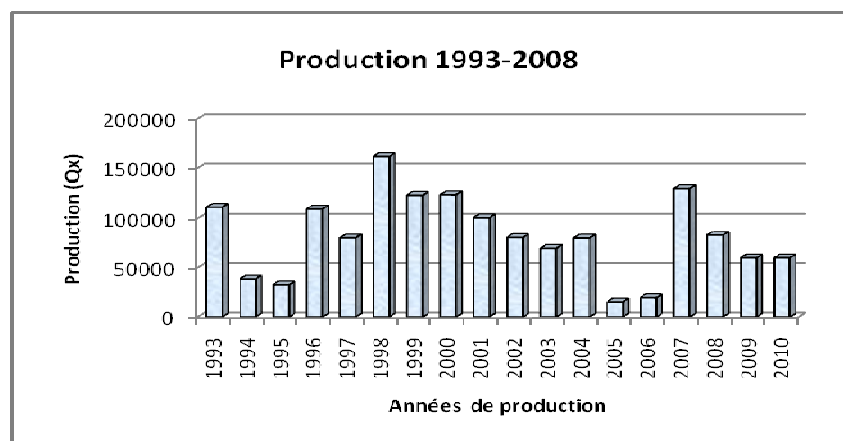


**Figure 12 : Fluctuation annuelle de la production nationale du liège entre 1980-1992**

➤ **Période 1993-2010**

La filière liège durant cette époque a connu des moments les plus douloureux. De 1993 à 1999, le désordre constitutionnel des structures étatiques, accablé par une situation conjoncturelle la plus épouvante dont le champ de bataille fût le domaine forestier ont occasionné une réduction alarmante de la superficie du chêne liège à cause des incendies criminels. Par la suite, on a assisté à la naissance d'une spirale de mœurs anti administratives favorisant l'exploitation illicite et prématurée des centaines d'hectares au profit personnel et des sociétés multi-nationales défailtantes de la matière brute et avides du liège algérien (Taferka,2008).

La production du liège a atteint des déceptions jamais reproduites depuis les premières concessions coloniales. A titre indicatif, en 1994 la production nationale n'a pas dépassé le seuil de 4000 tonnes puis elle a atteint subitement les 16 000 tonnes en 1998. Le taux de croissance moyen annuel de la production frôlait le 1,8% tandis que la production a baissé de 24,3% par rapport à celle de 1965. La figure 13 suivante résume les fluctuations de la production annuelle de la filière liège en Algérie entre 1993 et 2010.



**Figure 13 : Fluctuation annuelle de la production nationale du liège entre 1993-2010**

## II.5-L'industrie du liège en Algérie

### II.5.1-Durant l'époque coloniale

En Algérie, la naissance du tissu industriel spécialisé dans la transformation du liège est ancienne et remonte à l'année 1901. Durant cette époque, la politique économique coloniale visait essentiellement à tirer le maximum de profit de cette richesse en convergeant les capitaux et les investisseurs français vers l'installation d'une assise industrielle *in situ* pour la manutention sur place d'une partie au moins du liège récolté. Le but escompté était de pallier à la dominance portugaise et espagnole et de s'opposer aux autres pays consommateurs et non producteurs du liège qui par des combinaisons financières sévères de tarifications dictaient le prix de vente et imposaient le rythme de production. Dans cette sphère, l'administration coloniale de l'époque a initié un programme d'aide aux bouchonniers locaux sous forme de crédits et de subventions visant à encourager l'exportation du liège ouvré. Les premières exportations du liège ouvré sont passées de 940 quintaux à 2381 quintaux entre 1909 et 1912 (Marc, 1930 ; Gautier, 1930).

En 1908, des usines modernes et bien équipés ont été créés dans les principales villes du littoral algérien avoisinant les forêts de chêne liège : Oran, Alger, Jijel, Annaba, Skikda, Bejaia et Dellys. Le tableau 7 redresse le nombre de fabriques installées jusqu'à l'année 1902.

**Tableau 7 : Répartition des fabriques de transformation du liège durant l'année 1901(D'Hubert, 1902)**

	Région d'Oran	Région d'Alger	Région de Constantine
Nombre de fabriques	4	10	27
Production (Million de bouchons)	5	12	41

Durant l'année 1902, la production algérienne en bouchons était estimée à 67 millions unités, produit par 41 fabriques représentant 7300 quintaux de liège brut dont 30 millions utilisés en Algérie et 37 million exportés vers la France (D'Hubert, 1902)

Jusqu'à l'année 1930, la moitié de la production algérienne en liège estimait à 40 000 tonnes était mise en œuvre par l'industrie locale qui comptait plus de 80 ateliers situés à proximité des forêts et qui employaient 4 000 ouvriers. Certains des ces fabriques avaient l'envergure de grandes usines à l'instar de Annaba qui occupait 850 à 1000 personnes, d'Alger qui employait 300 et celle de Azazga (Tizi Ouzou) qui comptait 281 ouvriers (Marc, 1930 ; Blottière ,1930).

Vers l'année 1938, la production du liège ouvré avait atteint 41 000 quintaux répartie à travers 58 entreprises industrielles employant 3500 ouvriers. Ce nombre a presque doublé durant l'année 1950 pour atteindre 100 entreprises industrielles groupant 5 000 personnes.

Pendant cette période, la bouchonnerie algérienne fabriquait 1 200 000 000 de bouchons représentant 38 000 quintaux de liège œuvré (Chenel, 1951).

Le même auteur mentionne que l'essentiel de cette production était assuré par cinq grandes usines qui employait 100 ouvriers chacune : deux à Alger (Borgeaud et les Bouchonneries Internationales), une à Bejaia (Sofrali), une à Collo (S.F.L.O), une à Annaba (Soliepna), et un centre industriel important comportant plusieurs ateliers à Jijel ( Touya, Cie , Fergani, Calzada et Armstrong).

### ***II.5.2-L'industrie nationale***

Durant les 10 années qui ont précédé le départ des colons industriels français et étrangers (1962-1979), l'industrie du liège en Algérie est restée loin des programmes de planification de l'époque et bien nourrit entre les murs des petits fabriques rudimentaires héritées des colons ou appropriés depuis longtemps par des familles d'artisans bouchonniers.

Selon le rapport prospectif sur le secteur forestier en Algérie établi par la FOSA (2007), l'industrie du liège est quasi exclusivement du ressort de l'Entreprise Nationale des Lièges (ENL).

Cette entreprise fut créée en 1967 sous la tutelle du Ministère des Industries Légères par ordonnance n° 067.153 du 09/08/1967 suite à la nationalisation de la Compagnie Algérienne du Liège (CAL), entreprise privée coloniale.

En 1972, la S.N.L. fusionne avec la Société Nationale des Bois (SINB) prenant ainsi la dénomination de Société Nationale des Lièges et Bois (SNLB). A partir de l'année 1982, suite à la restructuration des entreprises, l'industrie est quasi exclusivement du ressort de l'Entreprise Nationale des Lièges (ENL) : entreprise publique économique (ayant repris les activités de l'ex SNLB .

Durant les premières années de son fonctionnement, l'ENL comptait 7 unités situées dans l'Est du pays, d'Alger à Annaba. Ces unités utilisaient environ 8 200 tonnes de liège par an. L'entreprise nationale des lièges (ENL) disposait d'atouts indéniables mais faisait face également à certaines contraintes qui entravaient son plein essor. La transformation du liège par l'ENL sous forme de produits finis ou semi-finis permettait à l'Algérie de répondre à sa propre demande et d'apporter plus de valeur ajoutée pour les excédents exportés. Les conséquences sur l'emploi sont importantes. La taille de l'ENL devrait lui permettre en outre de renforcer son poids en matière commerciale à l'exportation et de financer une part appréciable de recherche de marchés et de nouveaux produits.

En Algérie, le secteur du liège crée chaque année plus de 3000 emplois durant la campagne de récolte de liège, de juin à septembre et emploie près de 1400 travailleurs annuellement au niveau du secteur de la transformation (emplois permanents).

Actuellement, les unités de transformation de l'ENL ne tournent qu'à 50% de leur capacité théorique (30 000t/an)<sup>1</sup>.

Les causes de ce déclin sont purement administratifs imputés à une mauvaise vision dans la planification. En effet, l'ENL avait au début sa propre unité d'exploitation du liège brut. Selon les règles d'art, elle avait couvert pratiquement l'exploitation de toutes les forêts de chêne-liège et les besoins de l'industrie sont couverts correctement et les suberaies conservées. Par la suite, les vaines tentatives de restructuration ont fini par transférer cette unité très spécialisée vers l'ORDF (des offices qui ont été créés pour s'occuper du développement forestier et en même temps de l'exploitation du liège) puis vers des entreprises publiques appelées Safa et Emifor (Beldjenna, 2004). Depuis lors, l'ENL a subi les plus fâcheuses conséquences. La récolte ne fait que régresser d'année en année et les prix ne font qu'augmenter. Le secteur public qui employait plus de 1400 travailleurs emploie aujourd'hui à peine 700 personnes. Les usines ne tournent qu'à un niveau très faible, par l'absence de matière première (FOSA,2007).

En dehors du secteur public, les petites bouchonneries (une quinzaine) privées ne tournent qu'à 30% de leur capacité réelle par manque de matière première de qualité suffisante et les unités de trituration, vétustes, qu'à 60%.

Par contre, ce sont les autres grandes filiales privées de transformations du liège qui semblent tirées profit de cette situation anarchique du liège brut. Distribuées sur une dizaine de filiales, ces unités (S.A.T.L.) emploient plus de 200 ouvriers permanents. Bien encadrées par des subventions étrangères des principaux labels européens, lesdites unités s'adjudiquent plus 60% du produit vendu par les services forestiers et en bonne qualité.

Au début de l'année 2010, le gouvernement Algérien a pris une décision concernant les unités publiques industrielles spécialisées dans la transformation du liège. Il s'agit de leur affectation au ministère de l'Agriculture et du Développement rural. Cette opération s'inscrit dans le cadre de la décision prise par le conseil des participations de l'Etat à travers laquelle deux sociétés de gestion des participations, en l'occurrence, la SGP SGDA (gestion et développement agricole) et la SGP Proda (productions animales) ont été rattachées au ministère de l'Agriculture. L'exploitation de l'espace forestier, dont la production du liège, fait partie également des priorités de la politique du développement rural prônée ces dernières années à travers les PPDRI (programmes de proximité de développement rural intégré) (Naili, 2010).

## **II.6-Commerce du liège en Algérie**

### ***II.6.1-Durant l'époque coloniale***

Le liège algérien était pendant de nombreuses années, l'objet d'une dépréciation qui leur a porté beaucoup de tort. Elle provient en partie des négociations des autres nations productrices qui achetaient des lièges algériens, les mélangeaient à ceux de leur pays et les vendaient aux étrangers sans en indiquer la provenance et aussi des magouilles espagnoles qui incriminaient le liège algérien d'être infesté par la tâche jaune. Tout en trompant leurs correspondants ils dépréciaient les écorces d'Algérie pour les empêcher d'en acheter (d'Hubert, 1902). Malgré ces combinaisons commerciales, les suberaies algériennes de l'époque sont restées les maîtres de cette bataille en fournissant sans cesse un liège en quantité et en qualité. Faute d'une faible consommation locale, les 2/3 de la production

---

<sup>1</sup> Les réserves actuelles sur le terrain sont estimées à 300 000 quintaux/an, alors que les chiffres de l'exploitation effective sont très loin de ce potentiel.

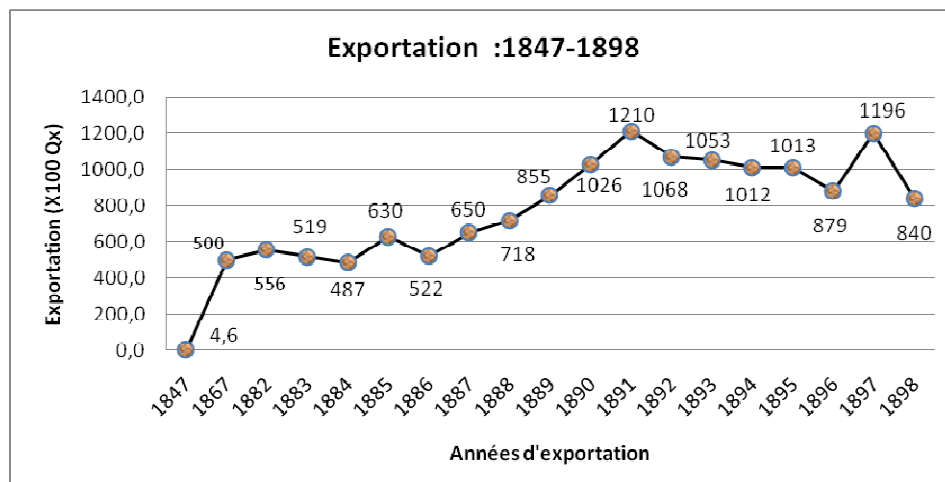


annuelle étaient exportés vers la France et le surplus vers les pays consommateurs et producteurs.

L'exportation du liège regroupait plusieurs types de liège (Lamey,1893) :

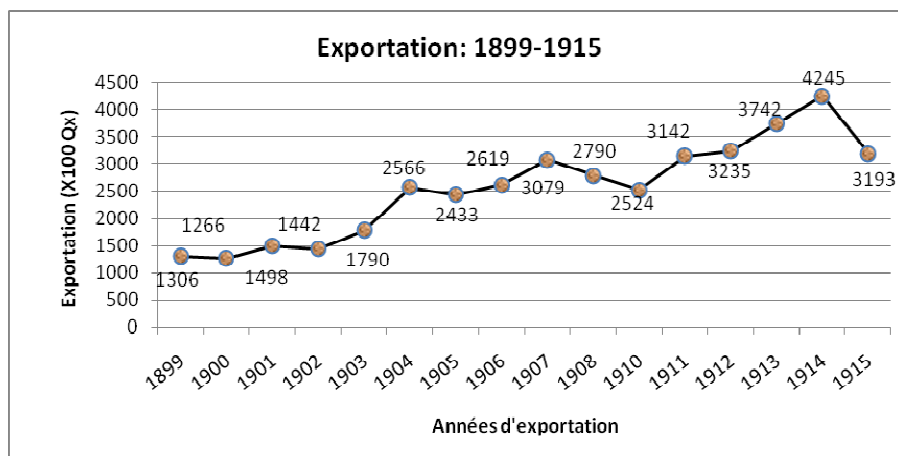
- Les écorces des lièges prévenants directement des propriétés des colons et des particuliers algériens (à l'état brut).
- Les planches ayant subi une certaine préparation (bouillage, raclage et visage).
- Les produits œuvrés issus des industries de transformations du liège.
- Les débris et déchets résultants de l'industrie.

Pendant **la période 1847-1898**, 50% de la marchandise était exportée vers la France et vers d'autres pays, spécialement la Russie, l'Angleterre, les Etats Unis d'Amérique et le Japon. Le liège brut représentait 70% des négociations (Freixe,1915, Marc,1930, Chenel, 1951 )(Fig.14).



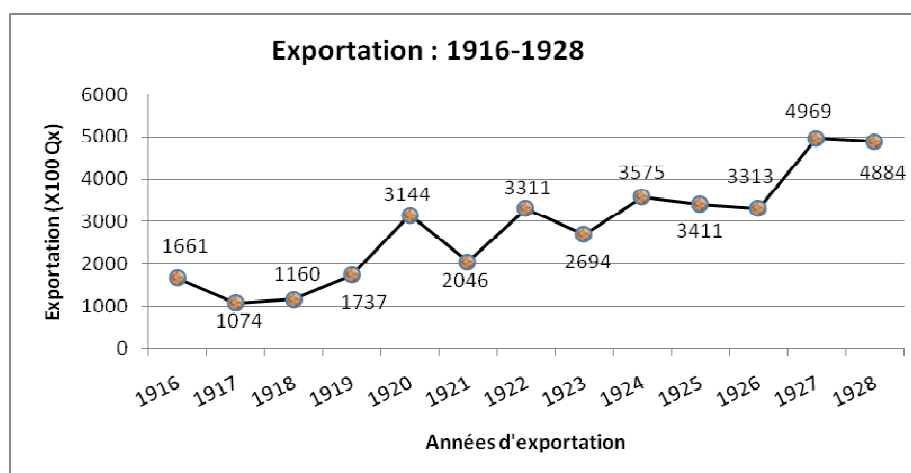
**Figure 14 : Exportation du liège brut et en planche durant la période 1847-1898**

Pour la période **1899-1915**, le liège Algérien était convoité par d'autres nations qui employaient et le transformaient dans ses usines à l'instar de l'Italie, l'Allemagne, la Hongrie, le Danemark et les Pays Bas. Dans l'ensemble, durant cette période les exportations sont passées de 8 à 50% vers ces pays soit un chiffre de 400 000 quintaux avant la guerre de 1914 (Marc,1930 ; Meynier,1981) (Fig.15).



**Figure 15: Exportation du liège œuvré et non œuvré durant la période 1899-1915**

La période de **1916-1928** fut très régressive sur l'économie du liège en Algérie. En effet, deux événements majeurs se sont interposés : les 117 000 ha ravagés par les incendies des suberaies de l'Est (1917-1919) ainsi que les énormes stocks de liège tout venant non commercialisés à cause de la première guerre mondiale et des taxes douanières (Marc, 1930). La figure 16 résume les cours des exportations durant cette période.

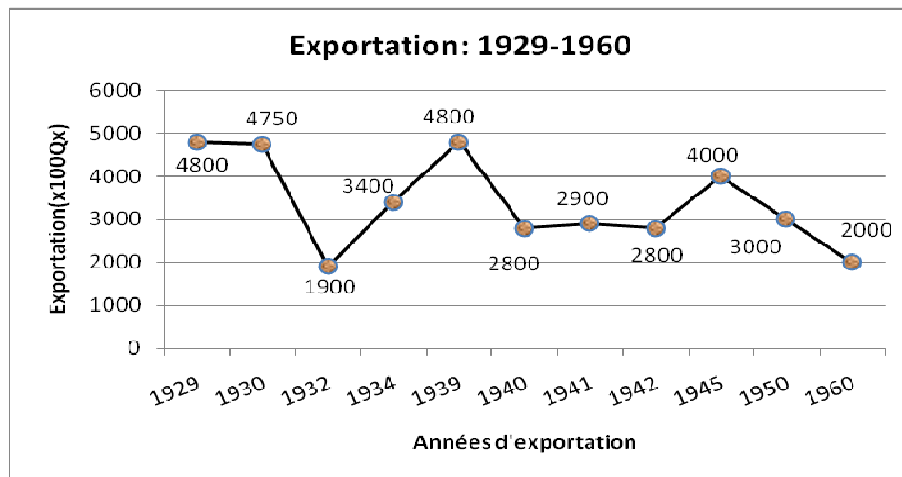


**Figure 16 : Exportation du liège œuvré et non œuvré durant la période 1916-1928**

Au regard des événements qui ont reculé l'économie mondiale après la première guerre (1914-1918), les exportations du liège ouvré et non ouvré sont restés passives pour tomber à 17 000 Qx durant l'année 1919. La reprise des marchés internationaux fut progressive à partir de 1920, les exportations ont suivis le tire avec 488 430 Qx en 1928 (spécialement avec le commerce fleurissant du linoléum en Europe et aux Etats Unis d'Amériques) (Marc, 1930).

La période de **1929-1960** fut marquée par l'échec de l'accord commercial franco-espagnol le 15 septembre 1945. Le marché français se trouvait réservé aux exportateurs de l'Algérie. Pas moins des 60% des 500 000 Qx stockés furent exportés vers la France et les autres pays Européens. Sur les 100 bouchons consommés par habitant et par an en France, 80 bouchons provenaient de l'Algérie (Chenel, 1951).

A partir de 1955, la situation politique opiniâtre entre la France et l'Algérie a entravé le bon processus des échanges entre les deux parties. Néanmoins, cette période a vu apparaître une petite révolution technique dans l'industrie des panneaux du liège : le procédé « Steam Baked » qui permet l'emploi du liège de ramassage, et les déchets de liège de toute nature. A partir de l'année 1960, d'importantes quantités de liège noir fut ramassées des arbres incendiés (Abric,1975). La figure 17 illustre les fluctuations des exportations durant cette période.



**Figure 17 : Exportation du liège brut et en planche durant la période 1929-1960**

### ***II.6.2-Durant la période actuelle :***

Le liège qui faisait naguère le noyau des exportations des produits forestiers de luxe vers l'étranger (pendant les années 1960 et 1970) a cessé depuis 1980 d'entrer dans l'agenda des prises de décisions économiques du pays. Un créneau tant prometteur et renouvelable, le marché mondial de la production de liège représente 1,5 milliards de dollars dont les deux tiers reviennent à l'industrie des bouchons (Elena Rosselló, 2005 )(Pl.2). Le reste étant constitué de matériaux d'isolation acoustique et thermique, de carrelage (revêtements muraux et décoratifs) et de pièces accessoires de certains dispositifs mécaniques. On estime le pourcentage du liège algérien éligible à l'exportation du point de vue de la qualité à 50% du total de la production (Nait Messaoud, 2010). A partir des années 1990, le marché mondiale du liège a connu un grand basculement caractérisé par une demande hissée des industries internationales de transformations ce qui a amené les exportateurs locaux et étrangers à se tourner vers le liège algérien.

Par défaut d'utilisation locale, la couverture du marché intérieur algérien en produits du liège (finis ou semi-finis) est assurée depuis longtemps par les différentes unités de transformation. La majeure production est exportée à travers le monde sous forme de liège brut ou ouvrages du liège comme suivant (FOSA, 2007) :

- Liège brut ou préparé, déchets de liège, liège concassé, granulé ou pulvérisé.
- Liège naturel, écoute ou équarri, en cube, plaques feuilles, bandes de forme carrée ou rectangulaire.
- Ouvrages en liège naturel (bouchons, rondelles)
- Liège aggloméré (avec ou sans liant) et ouvrage en liège aggloméré



**Planche 2 : Commerce du liège en Espagne ( La Almoraima) (Serrada Hierro,2006)**

Ce créneau semble être investi par de nombreux exportateurs, 18 au total, y compris des sociétés mixtes. Mais s'ils exportent tous des bouchons de liège, qui de loin est le marché le plus intéressant, on ne les retrouve pas systématiquement dans les autres produits.

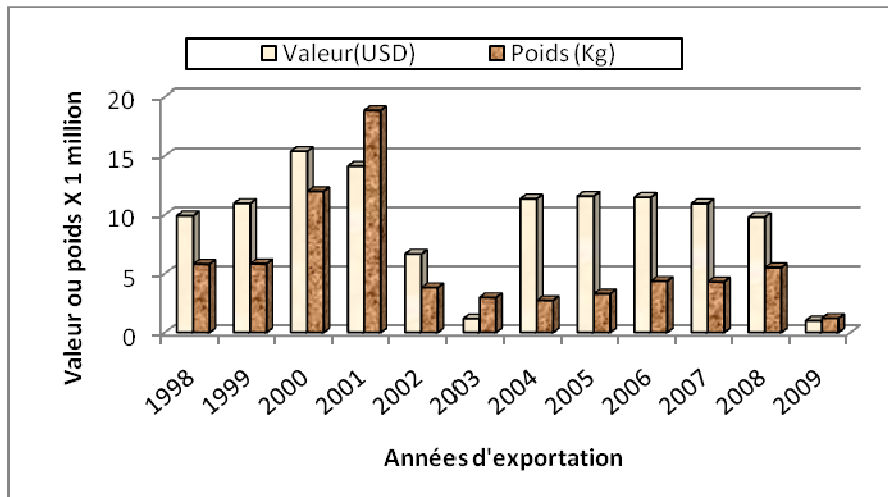
Pour les ouvrages en liège naturel, à l'exclusion des cubes, briques etc. il y a un seul exportateur, la société algéro-italienne précisément. Pour les cubes, briques et feuilles etc. il y a 11 exportateurs. Enfin pour le liège aggloméré il y a un seul exportateur. Les destinations sont exclusivement l'Italie, la France, l'Espagne et le Portugal pour les bouchons, l'Italie exclusivement pour les ouvrages en liège naturel à l'exclusion des cubes et briques etc. Pour les cubes, briques, plaques etc. il y a pas moins de 12 destinations. Enfin pour le liège aggloméré, il y a une seule destination (Ecotechnics, 2004 ) (Tab. 8).

**Tableau 8 : Exportations algériennes de liège naturel et de produits de la transformation du liège , valeur multipliée par milliers de Dollars (Ecotechnics, 2004)**

Position tarifaire	Intitulé	1997	2002
450110	Liège naturel brut ou simplement préparé.	1,8	18,0
450190	Déchets de liège; liège concassé, granulé.	0,3	5,4
450200	Liège naturel, écrouté ou simplement équarri.	0,1	245,3
450310	Bouchons de tous types en liège naturel.	3,1	4588,4
450390	Ouvrages en liège naturel.	0,0	229,4
450410	Cubes, briques, plaques, feuilles et bandes en liège.	0,0	1552,5
Total	Total liège et produits de la transformation du liège.	5,5	6664,8

Mêmes si ces exportations connaissent des taux de croissance très importants en 2002, en raison de leur faiblesse en 1997, la part dans les exportations mondiales est encore très basse, loin du potentiel réel reflété par les superficies consacrées au chêne liège ou celles qui lui étaient consacrées dans le passé.

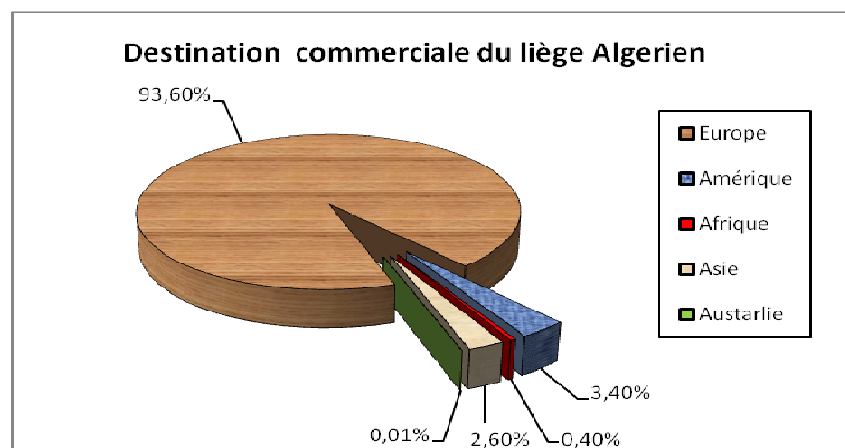
Depuis le début de la relance économique en 1998, les efforts de l'état Algérien convergent vers une augmentation des exportations hors hydrocarbures. En effet, durant 12 ans d'exportation, la balance commerciale de la vente du liège (tout produit confondu) a enregistré un chiffre d'affaire total de 114 384 097 de Dollars. Cette valeur n'exprime que 10% du potentiel théorique de ce secteur très prometteur étant donné que la production annuelle n'excède pas en moyenne 12 000 tonnes (Fig.18)



**Figure 18: Fluctuation annuelle des exportations totales du liège brut et ouvrages du liège, période 1998-2008 (Direction Générale des Douanes, 2009).**

Les principales nations importatrices du liège algérien appartiennent aux cinq continents: France, Espagne, Portugal, Italie, Allemagne, Etat unis, Argentine, Brésil, Egypte, Tunisie, Emirats arabes unis, Lybie, Chine, Australie (D.G.D., 2008)

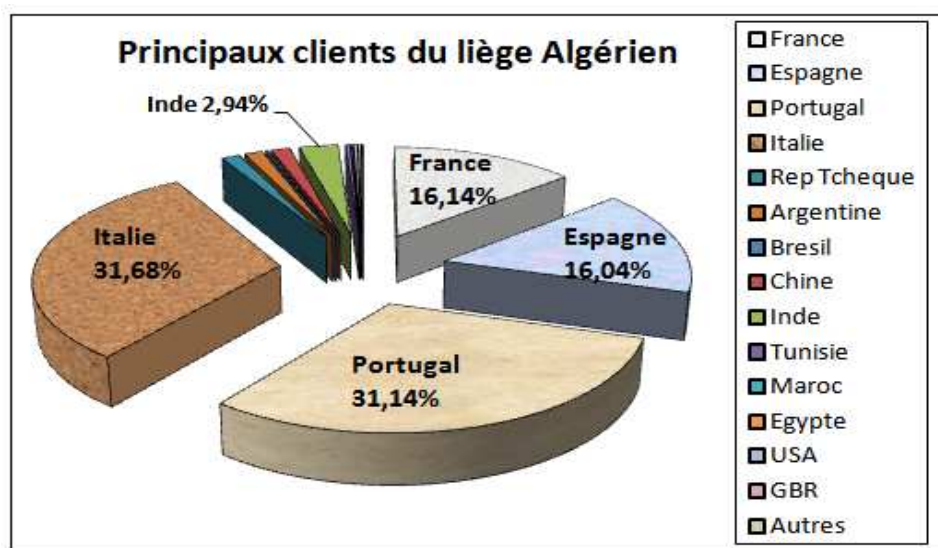
Plus de 93% des produits sont acheminés vers le vieux continent tandis que seulement 3,4% sont vendus dans l'Amérique du nord et du sud (Fig.19).



**Figure 19 : Répartition des exportations algériennes du liège par continent (1998-2008) (DGD, 2008).**

Les pays de l'Union Européen viennent en tête des consommateurs. L'Italie et le Portugal détiennent plus de 60% du marché algérien à cause de la forte concentration des principales industries de transformations dans ces deux pays. Les autres pays à l'instar de

l'Inde et de la Chine participent avec un taux de l'ordre de 4,3%. Les pays arabes ne s'intéressent au liège algérien qu'aux alentours de 0,5% (Fig.20)



**Figure 20: Les principaux clients des produits subericoles algériens (1998-2008) (DGD, 2008).**

---

**Chapitre III**

***La technologie du liège***

---



### III.1-Définition

Le nom de liège qui a été appliqué à cette substance vient, d'après les étymologistes les plus autorisés, du mot grec « *Phellos* » (flotter) puis du latin « *levis* », qui signifie léger. Une grande ressemblance, peut être constaté entre ces deux mots, la légèreté et la flottabilité étant l'un des principaux caractères, une des plus frappantes propriétés à première vue du liège (Eustache, 1817 ; Freixe, 1915).

### III.2- Formation du liège

Le liège est le revêtement externe du chêne liège (*Quercus suber L.*). Biologiquement, c'est un tissu non différencié englobant des cellules aux parois relativement fines, qui sont générées par un tissu méristématique (ayant la capacité de division cellulaire), désigné par le phellogène (Fortes et *al.*, 2004). Cette division cellulaire est strictement liée au cycle physiologique de l'arbre et aux conditions environnementales influençant. Durant la croissance de l'arbre, le liège se superpose toujours à deux assises :

- Une première, interne, appelée assise cambiale ou assise libéro-ligneuse donnant naissance vers l'intérieur à un bois très dur (chargé du transport de la sève brute) et vers l'extérieur à un liber mince et riche en tanin désigné par les liégeurs par le nom de la mère (chargé de la conduction de la sève élaboré qui vient des feuilles).

- Une seconde, externe, appelée assise subéro-phellogermique fournissant le liège vers l'extérieur et le phellogerm vers l'intérieur (Machado, 1935 ; Saccardy, 1937 ; Natividade, 1956 ; Pereira, 2007) (Fig.21).

Le tissu subéreux possède une origine différente qu'il s'agisse de liège mâle ou de reproduction.

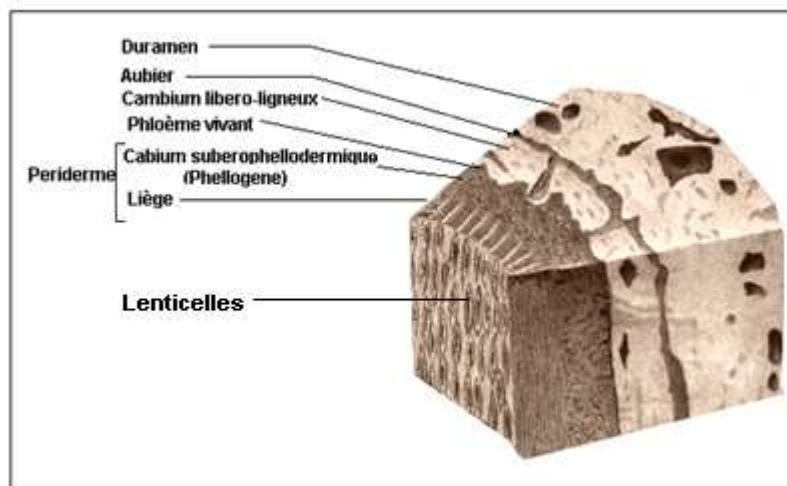
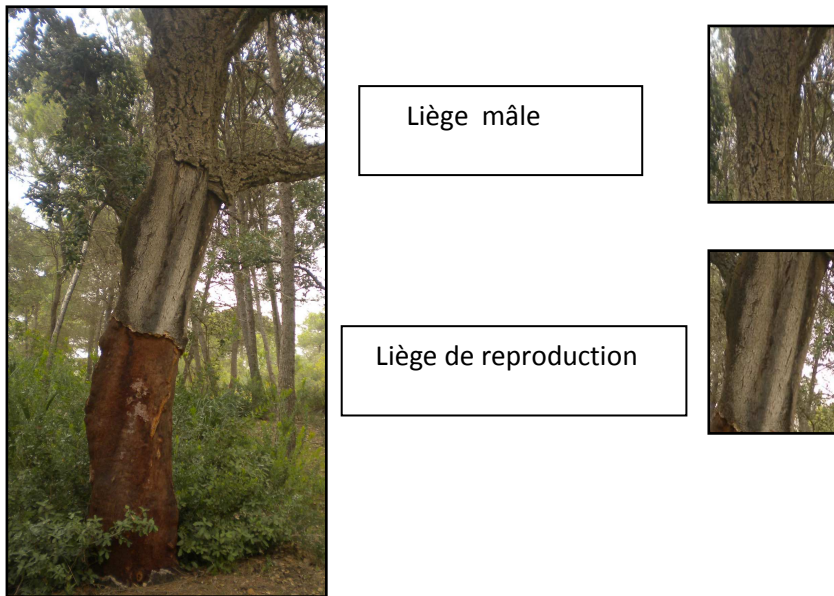


Figure 21: Coupe transversale sur un tronc de chêne liège ( De Candolle, 1852, modifiée)

#### III.2.1-Le liège mâle

Le liège que produit l'arbre naturellement est désigné sous le nom de liège mâle, liège vierge ou liège naturel (Pl.3). C'est un ensemble de cellules périphériques qui deviennent méristématiques ne se détachant jamais spontanément. Son épaisseur est toujours plus forte dans la partie basse que vers la couronne.





### Planche 3 : Différenciation entre le liège mâle et de reproduction sur un tronc (Original)

Chez les jeunes sujets, chaque année sa croissance augmente de 3 à 4 mm et les couches extérieures se distendent et se crevassent à leur tour. En l'occurrence l'épaisseur décroît à mesure que l'arbre vieillit lorsqu'il atteint 80 à 100 ans. Ce liège est dur, d'une élasticité médiocre, profondément crevassé et impropre à la plus part des usages industrielles, notamment la fabrication du bouchon à l'exception de l'aggloméré (G.G.A., 1927 ; Boudy, 1950 ; Natividade, 1956 ; Avila et Bernal, 1998)

L'opération de dépouillement de ce liège est appelée démasclage ou mise en valeur. Elle a pour but de fournir un autre type de liège dit « femelle ».

#### III.2.2-Le liège de reproduction

Après l'opération de mise en valeur, un nouveau liège se forme de qualité améliorée, c'est le liège de « première reproduction » ou liège « femelle ». Ce type de liège offre la même structure que celle du liège mâle, mais avec moins de crevasses et plus d'homogénéité. A partir de la troisième récolte, c'est le liège de reproduction, qui est de qualité excellente et le plus convoité pour le tubage des bouchons en liège naturel (Pl.3).

Plusieurs levées périodiques sur le même arbre peuvent avoir lieu, fournissant plusieurs récoltes de liège de reproduction, estimées en moyenne entre 6 à 9 récoltes voire 15 au maximum (Lombardini, 2008 )

La mise à nu de la mère passe un contraste de couleur, jaunâtre saumonée au début, elle devient par la suite de couleur rouille puis grise ou noirâtre, suite à l'oxydation des tanins (Pl.4).

La conséquence de la mise à nu du liber est toujours suivie d'une cicatrisation qui se déroule en deux phases :

-**Une phase passive** accompagnée de réaction d'ordre chimique (exsudation de sève). Le liber se dessèche, durcit et meurt sur une certaine épaisseur ce qui permet la protection de la partie encore vivante du tissu.

**-Une phase active :** à la faveur de cette protection, une nouvelle assise génératrice et un nouveau phellogène se différencient dans le liber resté vivant et fonctionne en donnant un nouveau liège qui assurera sa protection. Ainsi le liber primitif est séparé en deux couches : l'une vivante qui poursuit sa fonction spécifique et l'autre morte constamment repoussée vers l'extérieur et qui constitue la croûte (Boudy 1950 ; Natividade, 1956).



**Planche 4 : Variation de la couleur de la mère après écorçage (Original)**

En haut à M'Sila (de gauche à droite : juste après la récolte- après 2 mois- après 1 an- 2 ans- 3ans- 9 ans)

En bas en montagne (de gauche à droite : juste après exploitation, 2 mois après, une année, 2 années, plusieurs années)

### III.3.-L'apparence macroscopique du liège

#### III.3.1-Les accroissements

Une des particularités physiologique du chêne liège est que l'activité de l'assise subéro-phellodermique s'estompe en hiver pendant une période allant de quatre à cinq mois (du fin octobre-début novembre au fin avril). Le cycle végétatif complet qui produit le liège s'étend donc sur plus de six mois voire sept mois (Cochet, 1971). Partant de ce principe, le cycle végétatif du liège se divise en quatre phases (Dehane,2006) :

1. Phase printanière : Suberaie littorale : de mi- mars au fin mai.  
Suberaie de montagne : du début avril au fin mai.
2. Phase estivale : du juin à mi-août pour les 2 provenances.
3. Phase automnale : du fin août-début septembre au fin octobre.
4. Phase de repos : du début-novembre au fin mars-début avril.

Les couches subéreuses (accroissements annuels) formées au printemps sont plus larges de couleurs claires, alors que celles de l'automne et de l'été sont plus foncées et moins épaisses. En réalité, la formation du liège est précoce en zone littorale qu'en montagne. Dans cette dernière, la régénération du phellogène est imputable au printemps tardif et aux températures fraîches des mois d'avril et de mai (Costa et al., 2002).

En général, le cycle de la production périodique du liège correspond au nombre des accroissements complets produits chaque année auquel nous ajoutons les deux accroissements incomplets qui suivent ou précèdent la mise à nu du tronc de l'arbre (démasclage ou la levée du liège). Ces demis accroissements, dans la pratique sont considérés comme une unique couche annuelle ( Saccardy, 1937; Fereira et al.,2000) (Fig.22).

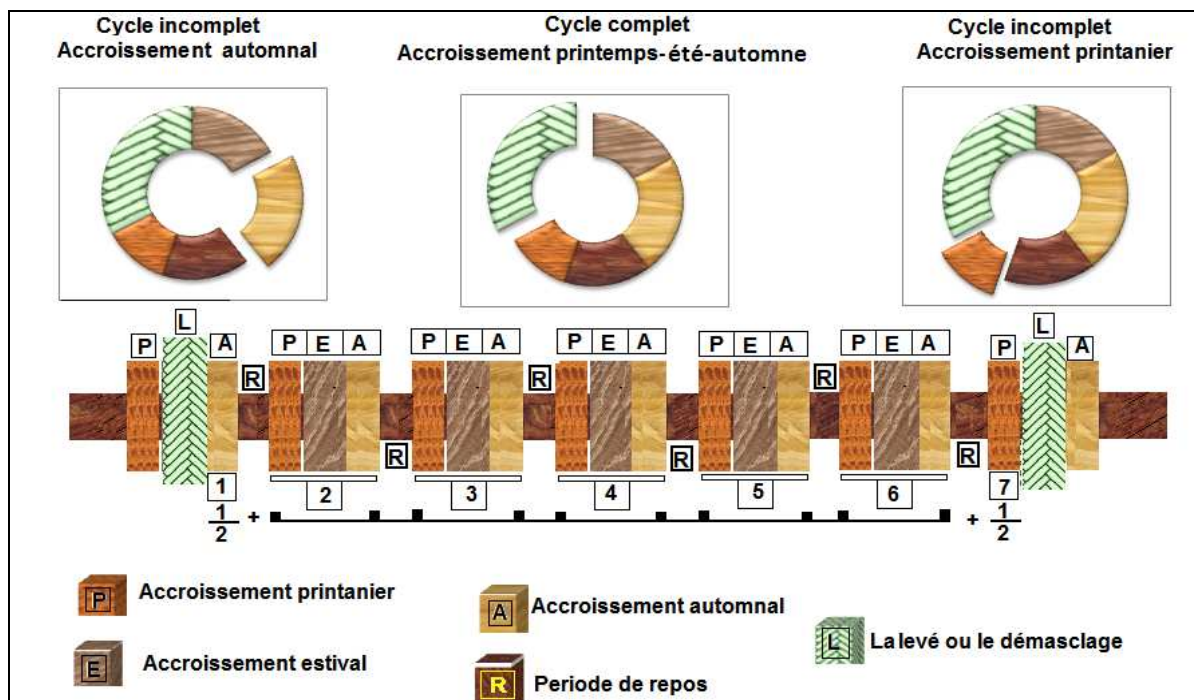
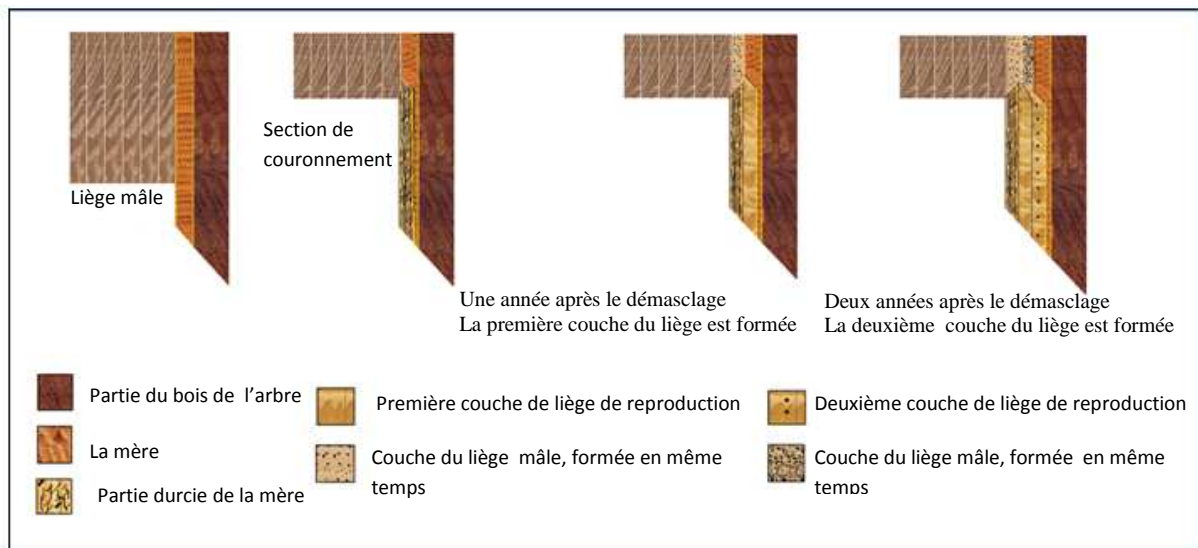


Figure 22 : Cycle végétatif d'un liège de reproduction (6 accroissements complets) (Original)

Théoriquement et d'après la figure 22, nous remarquons que les accroissements annuels du liège sont identiques et stables. Les différences enregistrées entre les épaisseurs des couches annuelles proviennent essentiellement des irrégularités climatiques (sécheresse prolongées), déficience physiologique, attaques d'insectes et mauvaise exploitation (Caritat et *al.*, 1996). Selon Poirot (1992), à des altitudes moyennes, les couches annuelles sont de 2 à 4 mm tandis que sur les sols fertiles et dans les fonds humides, les couches peuvent atteindre 5 à 8 mm.

Durant chaque année et après chaque récolte, une nouvelle couche de liège (cerne annuel) se forme en repoussant les plus anciennes vers l'extérieur (Fig.23). L'âge du liège est apprécié donc par le comptage de ces cernes ou accroissements annuels.

Cet accroissement du liège s'évalue par une simple mesure entre deux cernes correspondants aux lièges d'automne et de printemps. En Algérie, après le démasclage, l'accroissement du liège de reproduction peut atteindre 3,8 mm/an lors de la 2<sup>e</sup> année et diminue progressivement pour atteindre 1,5mm la 10<sup>e</sup> année (Saccardy, 1937). Au Portugal, l'accroissement est maximal l'année qui suit la récolte puis diminue rapidement (Natividade, 1956). Globalement, l'accroissement du liège est variable d'un pays à l'autre et d'une année à l'autre. Il dépend généralement des conditions de végétation des arbres.

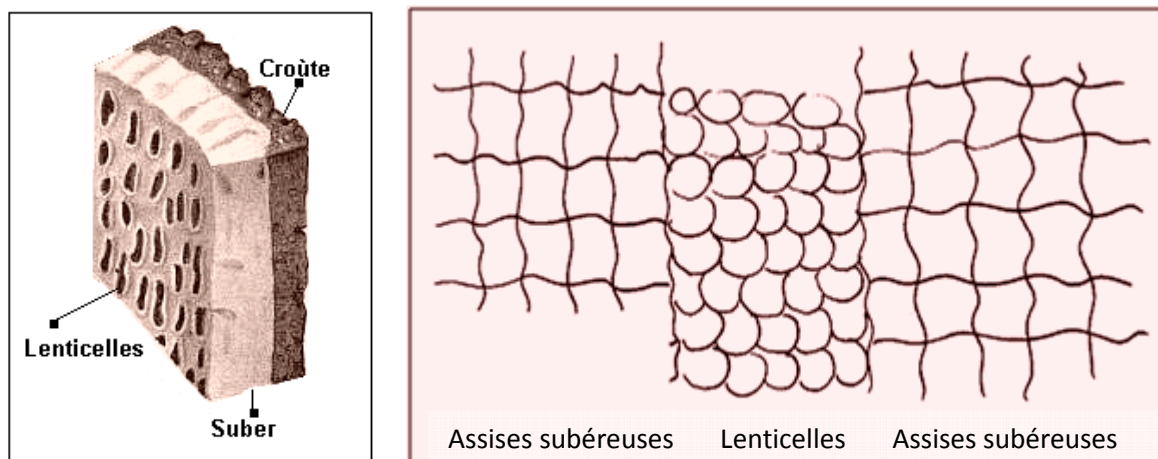


**Figure 23 : Chronologie de reproduction du liège naturel (Original)**

### ***III.3.2-Les pores (Lenticelles)***

Le liber ne peut être continu autour de la tige de l'arbre, il faut des ouvertures pour permettre la respiration des cellules (encore vivantes à l'intérieur de la tige) avec le milieu extérieur (Fig.24). Ces lacunes apparaissent sous forme de canaux ou pores traversant radialement la masse du suber dans toute son épaisseur de place en place. Leurs parois sont très lignifiées et remplies d'un tissu friable riche en tanins. La construction des lenticelles les rend perméables aux gaz, aux vapeurs et aux liquides (Amandier, 2002 ; Pereira et *al.*,1996 ; Bottin, 2008).





**Figure 24: Disposition macroscopique des lenticelles ainsi que leur représentation schématique dans un tissu subéreux (De candolle, 1852, modifiée)**

La disposition des pores résultent principalement de facteurs génétiques. Sur un même arbre, la porosité du liège diminue avec la hauteur du tronc. Cette réduction affecte surtout les dimensions des pores que leur nombre. Elle est strictement liée à la réduction des épaisseurs et par conséquent des accroissements du liège dans les niveaux élevés des arbres ( Fortunato et *al.*, 1997)

Ils existe de larges différences entre le nombre et les dimensions des pores entre échantillons et au sein de la même planche de liège (Pereira et *al.*,1996) ( Tab.9)

**Tableau 9 : Caractérisation générale de la porosité du liège dans la section tangentielle et transversale/radiale (Pereira et *al.*,1996)**

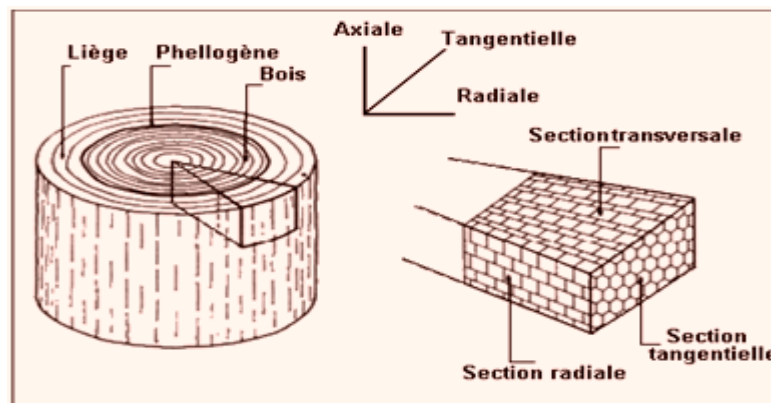
	Tangentielle	Transversale /radiale
Nombre de pores par 100 cm <sup>2</sup>	285- 1297	142 -508
Nombre de pores >0.8 mm <sup>2</sup> par 100cm <sup>2</sup>	13- 292	49 -170
Superficie moyenne des pores( mm <sup>2</sup> )	0,4-2,6	1,7-3,2
Superficie maximum des pores (mm <sup>2</sup> )	3,9-132,2	18,5-114,6
Coefficient de porosité (%)	1,1-18,9	2,1-16,4

### III.4-L'apparence microscopique du liège

Le chêne liège a joué depuis longtemps le rôle de pionnier dans l'histoire de l'anatomie végétale. Les premières observations microscopiques des cellules végétales ont été révélées par Robert Hook en 1664 sur un tissu de liège de reproduction (Pereira et *al.*1987). Récemment, des coupes manuelles de sections de liège établies par Antoni van Leeuwenhoek en 1774 furent découvertes et demeurent encore fiables pour l'observation microscopique (Ford,1982). Plus tard, d'autres auteurs se sont intéressés à l'anatomie du liège à l'instar de (Natividade ,1938 et 1950 ; Fos et *al.*,1994 ; Fortes , 2004).

La microscopie du liège se réfère à une nomenclature précise pour désigner les directions et les sections des planches du liège à analyser. Nous définissons trois sections ou directions principales perpendiculaires entre elles (Fig.25). Il s'agit des sections : radiale,

transversale et tangentielle. La première suit les rayons de l'arbre, la deuxième l'axe et la troisième tangente à la circonférence de l'arbre.

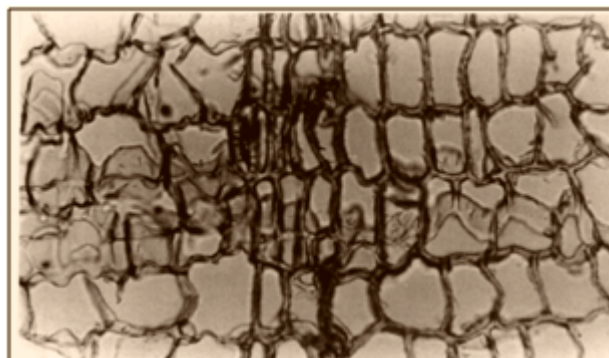


**Figure 25: Nomenclature de la description spatiale des directions et sections du liège (Fortes et al.,2004).**

La technique expérimentale la plus appropriée pour l'étude de la structure cellulaire du liège et de leurs défauts est l'utilisation du microscope électronique. Grâce à cet instrument les échantillons préparés en coupes très fines sont agrandis jusqu'à 20 000 fois. La grande résolution du microscope permet des observations à l'intérieur des cellules et des parois cellulaires.

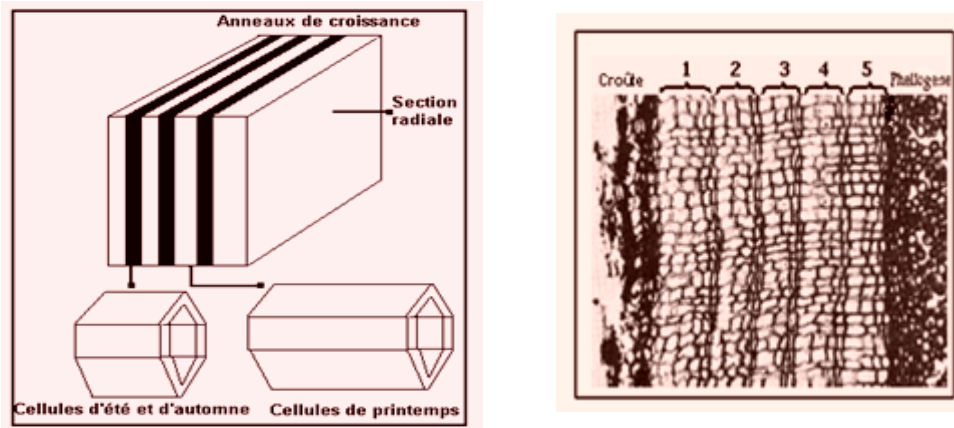
#### **III.4.1-Les assises subéreuses**

Le liège est un tissu homogène composé de cellules mortes, prismatique, disposés en rangées parallèles à l'axe radial de l'arbre et les bases disposées en différents niveaux. Les dimensions de la cellule varient selon la saison de croissance dans laquelle sont formées. Cela permet de distinguer, dans chaque anneau annuel, un liège de printemps, formé au début de la saison de croissance, et un liège d'automne, formé à la fin de celle-ci (Fig.26). La contribution de chaque type de liège dans les anneaux annuels est plus influencée par les facteurs environnementaux, principalement le climat et les facteurs génétiques (Pardos Carrion 1980; Fortes et Rosa, 1988; Montoya, 1980, 1988; Allu et Montero, 1990).



**Figure 26: Limite d'un anneau de croissance  
Différenciation des types de liège, automnal ( à droite) et printanier ( à gauche).  
(Gro.x 1000) ( Fos et al.,1994)**

Chaque cellule du phellogène produit 20 à 100 cellules de liège par année ce qui correspond à une épaisseur de 2 à 5 cm. En revanche la durée d'activité du phellogène diffère selon les stations et les régions. Pratiquement, elle est nulle en hiver et maximale au printemps. C'est pour cette raison que les dimensions des cellules et leurs parois ne sont pas les mêmes. Les cellules de printemps sont plus nombreuses et plus longues, de parois plus minces tandis que celles de l'été et de l'automne sont plus moins nombreuses mais aux parois épaisses (Gibson et Ashby., 1988; Kraemer et Wellons ,1973 ) (Fig. 27).

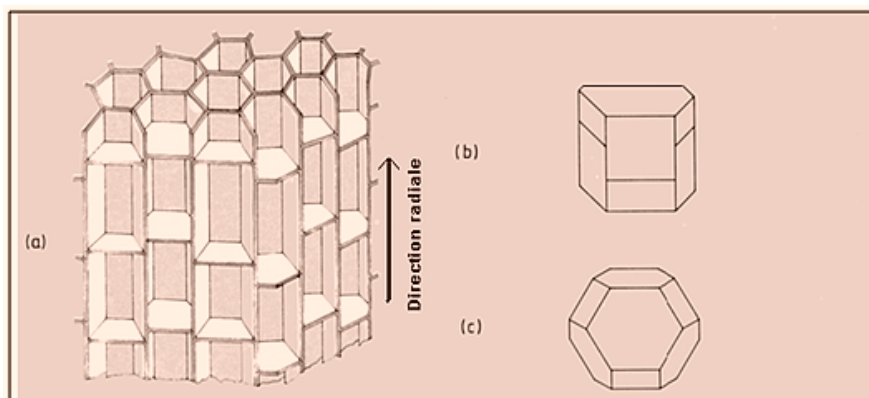


**Figure 27 : Forme de la cellule du liège selon les trois sections (Remata Gete ,2008)**

**A gauche : Alternance de plusieurs anneaux de croissance.**

**A droite : Section radiale comportant 6 années de croissance complète.**

Les cellules de liège sont prismatiques hexagonales, avec des faces latérales parallèles à la direction radiale et à bases perpendiculaires à cette direction. Les cellules disposées en colonnes parallèles à la direction radiale sont produites par la même cellule du phellogène. Chaque face latérale de la cellule est en contact avec deux cellules avoisinantes dans chaque base. Le nombre de cellules avoisinantes est de 14. Par conséquent chaque cellule présente 14 faces dont 8 ont 6 côtés et 6 ont 4 côtés. Typologiquement cette cellule est analogue au polyèdre de Kelvin4 ( Viera,1950 ; Fortes,1986) (Fig.28).



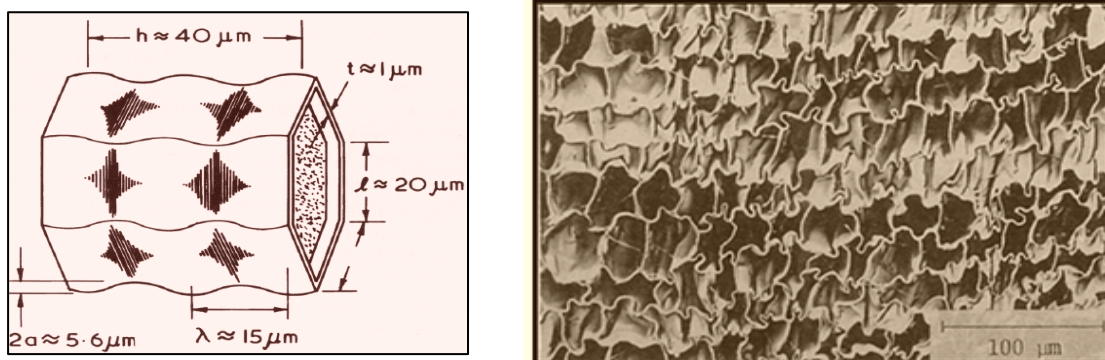
**Figure28 : Représentation en 3 dimensions d'une assise subéreuse (Fortes et al., 2004).**

**a) vue en perspective de cellules conjointes de liège ( en admettant que les cellules de liège sont toutes égales). b) Cellules isolée avec le bord supplémentaire où il y a contact avec les bases de cellules adjacentes. c) Chaque cellule a la même typologie du polyèdre de Kelvin aux 14 faces en en**

Autres irrégularités de la structure cellulaire du liège, proviennent des parois cellulaires (latérales et de bases). Les parois latérales sont en général ondulées, avec 1 à 3 ondulations (Gibson et *al.*,1981). Les parois de bases ne présentant pas d'ondulations, ne sont pas planes et se caractérisent par une courbure complexe. Les ondulations des parois latérales, schématisées dans la figure 32 jouent un rôle très important dans les propriétés mécaniques du liège ( Liese et *al.*,1983)

Le non rectitude des parois cellulaires provient précisément de leur genèse, plus précisément avec le fait que les nouvelles cellules doivent pousser d'avantage les cellules du liège déjà formées. Les tensions de la compression qui en résultent provoquent ce qu'on appelle un « bouclage des parois latérales » ( Fortes et *al.*, 2004).

En effet dans le liège de reproduction, ces ondulations sont plus présentes sur les cellules formées au début de la croissance annuelle du liège (printemps) que celles des autres périodes de l'année (été–automne). Dans ces dernières, la grande épaisseur des parois cellulaires ainsi que la hauteur réduite des prismes se montrent moins ondulées sur leurs parois latérales. Ceci est le résultat d'une rigidité et une résistance au stress mécanique généré lors du développement des cellules. Dans les cas extrêmes, les parois minces des cellules de printemps s'effondrent complètement sur les couches des cellules formées en automne (Fig.29). Cet effondrement des couches contribue probablement à une meilleur définition visuelle des anneaux de croissance, qui dans certains cas se montrent avec des pourtours pointus ( Sitte,1962 ; Pereira et *al.*,1982 ).



**Figure 29: Ondulation des parois cellulaires (Fortes et *al.*,2004)**

**A gauche : Dimension typique d'une cellule de printemps avec parois latérale ondulée**

**A droite : Section transversale d'un liège mâle avec des parois cellulaires fortement ondulées**

Les dimensions des cellules du liège sont identiques à celles des cellules végétales, typiquement de l'ordre de quelques dizaines de micromètres ( $\mu\text{m}$ ). Les moyennes des dimensions varient sensiblement selon la saison dans laquelle sont formées (cellules de printemps et de l'été/automne ) (Tab.10).

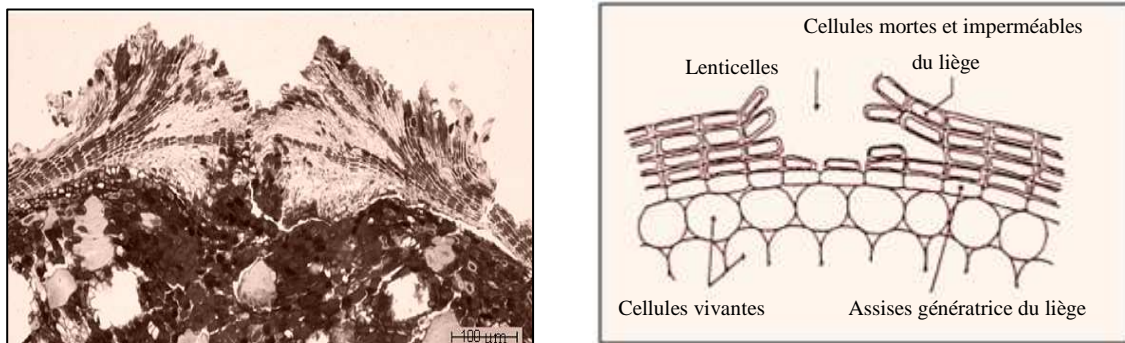
**Tableau 10 : Caractéristiques dimensionnelles des cellules de liège ( Pereira et *al.*,1987)**

	Liège de printemps	Liège été/automne
Hauteur du prisme	30-40 $\mu\text{m}$	10-15 $\mu\text{m}$
Bord de la base du prisme	13-15 $\mu\text{m}$	13-15 $\mu\text{m}$
Superficie moyenne de la base	$4 \times 10^{-6}$ à $6 \times 10^{-6}$ $\text{cm}^2$	$4 \times 10^{-6}$ à $6 \times 10^{-6}$ $\text{cm}^2$
Épaisseur des parois	1-1,5 $\mu\text{m}$	2-3 $\mu\text{m}$
Nombre de cellules par $\text{cm}^3$	$4 \times 10^7$ à $7 \times 10^7$	$10 \times 10^7$ à $20 \times 10^7$



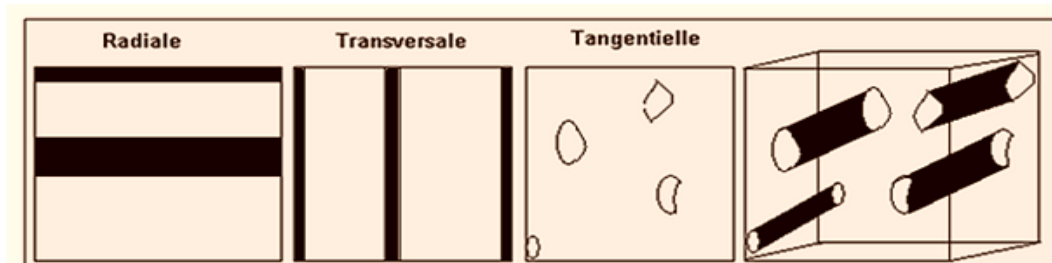
### III.4.2- Les lenticelles

Microscopiquement les cellules des lenticelles très turgescentes, ne sont pas subérifiées et apparaissent différentes des cellules du suber formées par les autres phellogènes. Au début de la première année de croissance du liège, la haute activité meristématique constitue un précurseur pour la formation du phellogène lenticellaire (Graca et Pereira, 1990). Ce dernier produit un nombre élevé de cellules qui causent le renflement du périoderme vers le haut résultant d'une fracture dans l'espace intercellulaire (Esau, 1977). (Fig. 30). Le tissu des lenticelles est composé essentiellement de cellules de forme polyédrique ou arrondie à parois assez minces, adhérant incomplètement les unes aux autres en laissant entre elles des méats.



**Figure 30: Schéma d'un canal lenticellaire âgé de trois ans fortement lignifié (Graca et Pereira, 2004)**

Dans la section tangentielle, les canaux lenticellaires apparaissent de forme presque circulaire; en section radiale leur disposition est plus large qu'en section transversale et se présentent sous forme de ligne traversant l'épaisseur du liège (Pereira, 2007) (Fig. 31).



**Figure 31: Représentation schématique des lenticelles à l'intérieur du liège selon les trois sections d'observation (Pereira, 2007)**

### III.5- Composition chimique et minérale du liège

Bien que plusieurs auteurs ont abordé la chimie du liège à l'égard de Brugnatelli en 1787 (Fortes et al. 2004) et Klauber en 1920 (Pereira, 2007), sa composition chimique converge toujours vers des résultats contradictoires. En effet, la complexité de la matière liège vient essentiellement de la variabilité de certains paramètres en particulier l'âge des proportions analysées, la provenance et l'habitat (Natividade, 1956 ; Bardají et Albesa Galtés, 2004).

Il est cependant admis que le liège est notamment constitué de composants structurels tels que la subérine (40% -50%), la lignine (22% 30%), les polysaccharides (cellulose et

hémicellulose) (20%-30%); les composés non structurels, nommés « extractibles » représentés par les cires et les polyphénols (15%-18%) et enfin les cendres (1%) (Pereira, 1988 ; Pereira, 2007 ; Cáceres Esteban et *al.*,2009).

- **La subérine** : c'est le constituant principal, responsable des propriétés élastiques et de l'imperméabilité du liège (Pereira, 1988). C'est une substance originale très complexe, sorte de polymère lipidique impossible de l'obtenir comme substance pure (Kollattukudy,1978 ; Bento et *al.*,1998). La structure macromoléculaire de la subérine n'est pas encore établie de façon définitive puisque son extraction ne peut se faire qu'après dépolymérisation par des méthodes d'hydrolyses alcalines (Cordeiro et *al.*, 1998 ; Graca et Pereira ,2000 ; Rocha et *al.*, 2001 ).
- **La lignine** : la lignine est responsable de la rigidité structurelle de cellules de liège et de la résistance à la compression (Cáceres Esteban et *al.*,2009). C'est un produit à masse moléculaire élevée, résultat du couplage de polymères polyphénoliques distribués de façon aléatoire (Zemmerman et *al.*,1985 ; Perra et *al.*,1995). Les trois unités monomères de la lignine sont l'alcool coniférylique, l'alcool para-hydroxycinnamique et l'alcool sinapylique (Marques et *al.*,1996 ;).
- **Les polysaccharides** : la cellulose inclus dans le liège est estimée à 10% (Pereira,1988). Elle résulte de la condensation exclusivement linéaire d'unités glucose unies entre elles par des liaisons  $\beta$  (1-4) (Riboulet et *al.*,1986). L'hémicellulose du liège (12%) est un polysaccharide hétéropolymère, les principaux constituants sont le xylane , principalement le 4-O-méthylglucuronoxylane isolée par solution alcaline (Asension,1987) .
- **Les matières extractibles** : la fraction est le constituant majeur (1% du liège) obtenu après extraction du liège au dichlorométhane. Cette molécule fait partie de la famille des oxytriterpènes de formule brute  $C_{30}H_{50}O_2$ . La bétuline (0,5%) ainsi que plusieurs acides gras : arachidique, cérotique, oxyarachidique, oléique et linoléique (Riboulet et *al.*, 1986 ; Castola et *al.*, 2002), sont présents dans les extraits. Quelques stéroïdes ont également été identifiés tels que le  $\beta$  sîstostérol et le campésterol (Pereira, 2007).
- **Les tanins** : ce sont les composés qui déterminent la couleur du liège, ils représentent la fraction extraite par l'eau après l'extraction préalable des cires et d'autres composés non polaires. Guillemonat (1960) indique une teneur en tanin du liège de 6% dans le liège. 16 % du poids de tanin peut être retiré par des extractions successives avec des solvants organiques et de l'eau (Pereira, 1982) .
- Le liège contient entre autre des éléments minéraux, ces macroéléments se présentent en teneurs variées : P : 0,04 % m.s, K : 0,14 % m.s, Ca : 2,45 % m.s, Mg : 0,01 % m.s, N : 0,36 % m.s (Leonardi, 1992 ; Orgeas et Bonin, 1997; Courtois et Masson ,1999).

### III.6-Principales propriétés physiques et mécaniques du liège

La proportion considérable de gaz comprimé hermétiquement par les parois souples explique les qualités mécaniques et physiques du liège. Sa valeur de bouchage réside dans cette composition cellulaire, elle en fait un matériau unique. Les propriétés spéciales du liège sont :

- **La densité** des membranes subérifiées est légèrement inférieure à celle des membranes des cellules ligneuses. Plusieurs auteurs ont étudiés la densité volumétrique du liège et se rejoignent tous sur le fait que la souplesse accompagne la faible densité et qu'inversement la dureté est en relation avec la forte densité ( Saccardy,1937 ; Natividade,1956 ; Fortes et Rosa,1988, Rosa et *al.*, 1990) . La grande variation de la densité

est en relation avec trois principaux facteurs (la taille des cellules, les inclusions ligneuses, l'ondulation de leurs parois et la porosité (canaux lenticulaires) (Gonzalez Adrados et al., 2000 ; Gonzalez Adrados et al., 2001 ; Fortes et al., 2004).

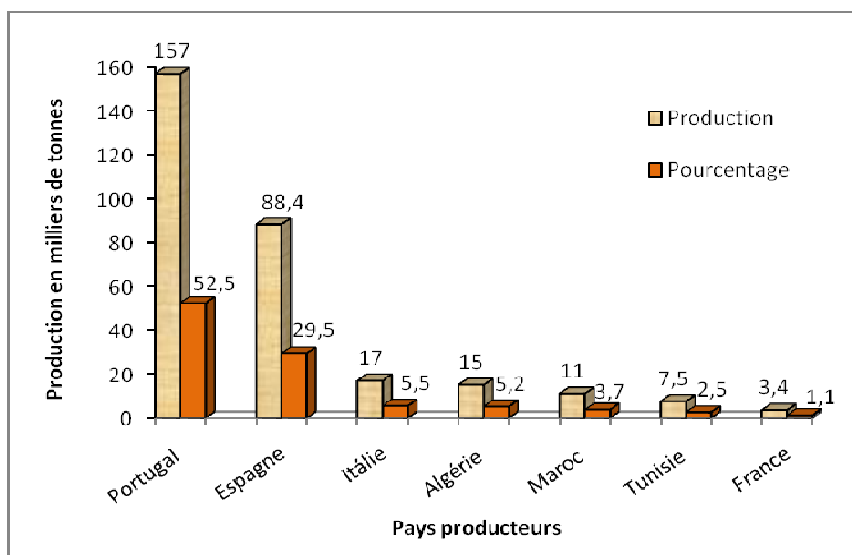
Les valeurs moyennes varient entre 150-160 kg m<sup>3</sup> et peuvent descendre en dessous de 120 kg m<sup>3</sup> et monter au dessus de 300 kg m<sup>3</sup> (Gonzalez Hernandez et al., 2000).

- **La compression du liège** s'effectue en deux phases distinctes. La première phase est caractérisée par une déformation proportionnelle à l'effort (jusqu'à 5 à 10% de longueur comprimée), durant laquelle le liège se déforme de manière sensiblement élastique. Si l'on interrompt l'effort à ce moment, le liège reprend ses dimensions initiales. Puis dans une seconde phase l'effort croît peu pour une déformation de plus en plus importante. Si la déformation imposée croît encore, l'effort devient de plus en plus important (Fortes et Nogueira, 1989).
- **L'élasticité et la flexion des parois** sont tributaires du gaz emprisonné à l'intérieur des cellules du liège. Quand le liège est soumis à une sollicitation, les parois cellulaires se plient, et ce plissement permet un grand changement de forme. En effet, le module d'élasticité est faible, à peu près cents fois moins que celui de la paroi cellulaire elle-même (Fortes et al., 2004). Le liège présente les mêmes constantes d'élasticité dans le module d'élasticité est plus important dans le sens radial que dans les deux directions transversale et tangentielle, tandis que le coefficient de poisson est nul par rapport aux autres directions, une fois le liège est soumis à une sollicitation dans le sens radial. Les valeurs moyennes données par le modèle de Young varient entre 14 MN/m<sup>2</sup> dans la direction radiale et 11 MN/m<sup>2</sup> dans la direction non-radiale.
- **Le gonflement volumétrique** provient d'un bouillage d'une heure à 100°C. Cette opération provoque le redressement des ondulations des parois cellulaires et le retrait des lenticelles à 50% (Cumbre et al., 2000). La dilatation radiale, parallèle aux lenticelles est beaucoup plus importante (10 à 15%) que les dilatations axiales et tangentielles, perpendiculaires aux lenticelles (5 à 7%). Ce traitement permet d'obtenir par un gonflement d'environ 10-30% en volume, une épaisseur suffisante pour le tubage du bouchon. Par conséquent les canons auront une forme plate et plus régulière (Rosa et al., 1990).

### **III.7- Importance économique**

#### ***III.7.1- Production mondiale***

La production mondiale du liège est faible, détenue seulement par sept pays producteurs. Durant les 2 dernières années (2008-2009), la production mondiale oscillait autour d'une moyenne de 340 000 tonnes dont 81% provient des pays de la rive nord (Portugal, Espagne, Italie, France) et 19% des pays de la rive sud, précisément maghrébins (Algérie, Maroc, Tunisie) (Santos Pereira et al., 2008 ; APCOR, 2009). Le Portugal détient 52,5% du marché mondial du liège avec 157 000 tonnes/an (Fig. 32).



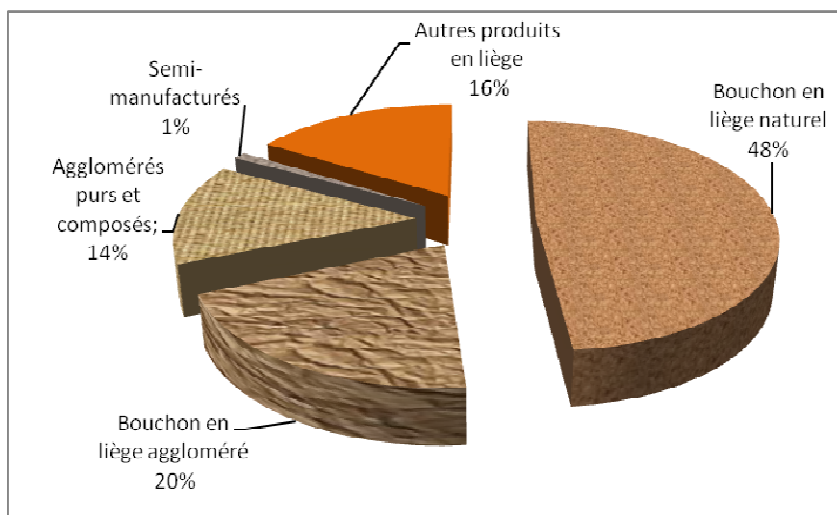
**Figure 32: Production mondiale du liège ( APCOR,2009)**

Depuis 2003, le prix du liège en pile est en baisse, il est fixé aujourd'hui à 27,70 € / par 15 kg (CIB ,2009) (Tab.11).

**Tableau 11: Évolution du prix de vente et coût d'écorçage du liège de reproduction (par arroba = 15 kg), valeurs en Euro (CIB ,2009)**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Prix de vente du liège sur l'arbre	34,94	36,54	38,80	42,89	36,24	30,51	33,13	31,80	31,40
Prix du liège sur la pile	43,29	44,06	41,98	44,80	39,87	36,02	33,50	32,80	31,00
Coût de l'écorçage /extraction du liège	2,99	3,71	4,01	4,03	4,17	4,23	4,00	4,30	4,00
Liège mâle	-	-	-	-	4,50	5,50	6,50	6,50	6,50
Liège brûlé	-	-	-	-	0,10	0,50	1,75	1,75	1,75
Morceaux	--	-	-	4,00	4,50	4,50	5,00	5,50	4,50

Les produits en liège se destinent principalement à l'industrie vinicole, qui absorbe 69 % sous forme de bouchons ; le deuxième secteur qui achète les produits en liège et celui du bâtiment représentant une part de 14% (APCOR, 2009) (Fig.33).



**Figure 33 : Digrammes des ventes de liège par type de produit (APCOR,2009)**

Le Portugal est leader mondial dans l'exportation de liège et de ses produits. Selon les dernières données de l'United Nations Statistics Division, le Portugal est au premier rang avec 60%, suivi de l'Espagne avec 18,21% (CIB ,2009) (Tab.12).

**Tableau 12: Principaux pays exportateurs de liège et de ses produits dans le monde (CIB ,2009)**

	Euros		%	
	2004	2005	2004	2005
Total monde	1480 123 960	1399 075 090	100	100
Portugal	875144 905	839 375 777	59,13	60
Espagne	262 623 211	254 821 055	17,74	18,21
France	51 482 518	46 888 466	3,48	3,35
Italie	46 238 348	43 661 753	3,12	3,12
EUA	36 405 437	40 991 753	2,46	2,93
Allemagne	35 403 226	33 829 032	2,39	2,42
Chine	111 146 57	16 300 443	0,75	0,94
Royaume Uni	6 570 662	6 298 295	0,36	0,36
Pays du Maghreb	51 295 086	27 281 477	3,33	1,12

### **III.7.2-Utilisation**

Les premières traces d'utilisation du liège remontent à l'époque ancienne, 3000 ans avant J.C. Le liège était déjà utilisé en Chine, en Egypte, en Babilonie et dans toute la Perse ; il servait à fabriquer des équipements et autres éléments employés dans la pêche. En Italie, les plus anciens vestiges datent du IV<sup>ème</sup> siècle avant J.C, on a trouvé des objets fabriqués en liège tels que les bouées, bondes pour obturer les barriques, chaussures de femme et morceaux de toitures de maisons.

Durant l'époque gréco-romaine ont été datées les premières références faites à « l'arbre écorce ». Notamment celles de Theophraste (philosophe grecque) et Pline l'ancien (Naturaliste

romain) : Ces deux auteurs du 1<sup>er</sup> siècle de notre ère étaient émerveillés des différents usages du liège à travers les différentes possessions romaines de l'époque (Grèce, Espagne, Afrique du Nord). Durant le règne de Vespasien (époque à laquelle vivait Pline) le liège ne faisait l'objet d'aucun commerce ; l'arbre écorce était très vénérée par les romains. Le chêne-liège était normalement consacré au Dieu Jupiter de l'Olympe, et que ses feuilles et ses branches servaient pour couronner les athlètes vainqueurs. Déjà dans la ville de Pompée (80 Après J.C.), la cité détruite par l'éruption du Vésuve, on a trouvé des amphores bouchées avec du liège. En Grèce antique, seuls les prêtres étaient permis de couper l'arbre de chêne liège, il représentait le symbole de la liberté et de l'honneur (Eustache,1817 ; Lamey,1893 ; Natividade,1956 Nouschi,1959 ; Apcor,2009).

Durant l'époque andalouse, les musulmans ont développé les métiers artisanaux du liège hérités des romains, y compris la fabrication de chaussures à semelles de liège. Ils ont fait du « *corco* » romaine une racine arabe « al qrq », la chaussure a été désignée qurq (pluriel de aqraq) qui a retourné à alcorque en langue castallin (Anderson, 1979).

Les Arabes de Fraxinet (La Garde Freinet) du mot arabe « Farakhshanit » (Massif des Maures actuellement) n'étaient pas simplement des guerriers et des conquérants; Ils enseignaient aux français comment faire des bouchons de liège pour les bouteilles tout en leur démontant l'exploitation des arbres tous les sept ans dans les forêts du massif des Maures. Aujourd'hui, l'industrie du liège est fleurissante dans la région (Eustache, 1817).

En Algérie, durant les époques ottomane et française, les populations qui vivaient à l'intérieur de ces forêts se contentaient d'utiliser le liège dans la confection des ruchers et de tablettes destinées aux dépôts de leur provision à l'intérieur de leur habitation et parfois pour la toiture. Les gourbis sont couverts d'écorce de liège, et entourés de clôture en bois, les champs eux-mêmes sont limités de clôtures boisées pour individualiser les parcelles. Le bois qui restait de l'arbre coupé et écorcé était utilisé pour la fabrication des cuillères, des grands plats (Guesa'a) tandis que les glands se transformaient en farine durant les années de disette, mêlée à celle du blé ou de l'orge (Lamey, 1893 ; Nouschi, 1959)

Par ailleurs, les massifs de chêne liège étaient plus utilisés comme parcours pour leur cheptel ovin et bovin, et ce pour la richesse de leurs sous-bois tant sur le plan quantitatif que qualitatif (Boudy, 1955).

Depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle, une autre ère s'est ouverte pour le liège, en plus de ces performances dans la bouchonnerie, il est utilisé dans l'aggloméré et la fabrication du linoleum ( Blottière, 1930).

Actuellement l'emploi du liège se généralise dans tous les domaines (Tab.13).

**Tableau 13 : Domaines d'utilisation du liège (Messali, 2003)**

Domaine	Description	Propriété
Cristallerie	Ponçage au liège	Abrasives du liège
Construction	Ponçage de marbre, granit Isolation d'espaces restreints Isolation thermique, phonique	Produit abrasif Encombrement réduit Pouvoir retardant au feu
Construction navale	Circuits de calorifugeage Gainages de ventilation Revêtement av. caoutchouc	Isolant thermique Antidérapant Imputrescible
Aérospatiale	Isolation épaisseur 3 - 15 mm	Ecran thermique

Mécanique	Jauge de flottaison Joints mixtes avec caoutchouc Joints d'étanchéité Joints paliers transmission	Flottabilité, résistance aux agents chimiques Elasticité Compressibilité
Maroquinerie	Sacs, nécessaire de bureau, portefeuilles.	-
Bouchage	Vins, champagne, pharmacie, Bouteilles d'huile, tonneaux.	-

### III.8-La qualité du liège

Plusieurs auteurs considèrent que l'évaluation de la qualité du liège est un des problèmes les plus complexes, non seulement pour le secteur industriel mais, spécialement, pour le domaine forestier et la recherche (Natividade, 1950 ; Paixao Correira, 1965 ; Liese Gunzerodt et Paramweswaran, 1983 ; Fortes et Rosa, 1988 ; Moulinas et Oliva, 1990). La complexité émane principalement de l'hétérogénéité du produit lui-même.

#### III.8.1-Sur le plan conceptuel

Selon la définition établie par la norme ISO 3534-2 : 1993 (ISO, 1993), la notion de «*Qualité*» exprime la capacité à atteindre les objectifs opérationnels visés. Il s'agit de fournir un produit avec «*Zéro défaut*» ou des services conformes aux attentes des clients afin de les fidéliser et satisfaire les besoins explicites ou implicites de la société. Le but principal serait d'améliorer sa part de marché et d'y répondre mieux que les concurrents. Cette définition se rattache directement à la notion de " responsabilité de la qualité " incombe à celui qui met le produit sur le marché, il devient responsable pénalement des défauts de qualité, même s'il n'a pas la compétence en la matière.

Dans un sens large, le concept qualité se scinde en deux formes dans le secteur subéricole :

**1-Une qualité interne** : correspondant à l'amélioration du fonctionnement interne des suberaies et du tissu industriel qu'il lui est rattaché, qui est directement responsable de la qualité finale du produit noble de la suberaie : le bouchon naturel. Dans ce contexte, Iprocor (1994) a mis en place le Code International de Bonnes Pratiques Subéricoles afin d'encourager le développement durable des suberaies, en favorisant l'augmentation de la production de liège en qualité et quantité.

**2-Une qualité externe** : dictée suite à une rude concurrence de la part des nouvelles industries du bouchon en plastique et enflammée par les récents problèmes d'ordre technologique révélés dans le domaine de l'œnologie «*Goût de bouchon*».

Dans ce cadre, les industriels européens du liège, très soucieux de cette menace qui guette leur fragile industrie et par conséquent ébranle le devenir des suberaies, ce sont organisés en groupe de travail avec des instituts de recherche de liège pour élaborer un ensemble de normes destinées à sécuriser la qualité des pratiques du secteur depuis la plantation du chêne liège au produit finit. Les principaux partisans de cette rénovation sont les suivants :

- **La Fédération Française des Syndicats du Liège (FFSL)** dont la vocation est d'assurer la recherche, l'étude et l'application de toute mesure nécessaire à la bonne

marche de la profession du liège susceptible de favoriser son essor, en particulier en matière de développement de la qualité. Elle est en particulier membre fondateur de la Confédération Européenne du Liège (C.E. Liège). La Fédération participe à l'élaboration des Normes Françaises NF, européennes CEN et internationales ISO, concernant le secteur.

- **La Confédération Européenne du Liège (C.E.Liège)** fondée en 1987, elle a comme principale activité le développement des études de recherche permettant de définir les règles générales et les normes internationales à adopter par l'industrie du liège. C'est une organisation constituée de 6 pays membres impliqués dans l'industrie du liège (production, fabrication et distribution).
- **Le groupement pour la codification des mesures dans l'utilisation des bouchons de liège (Codiliège)** est né de la volonté de plusieurs entreprises bouchonnières françaises de s'unir pour offrir davantage d'informations sur la qualité du liège et de sécurité en matière de bouchage. Leurs objectifs sont l'élaboration des méthodes d'analyses physiques et chimiques pour le contrôle des lots de bouchons. Les membres du Codiliège sont producteurs de bouchons en liège. Il s'agit des neuf entreprises françaises suivantes : Sabaté S.A., Barangé S.A, Groupe Bourrassé, Lafitte liège, Préteux Bourgeois S.A., Sagraera et Cie., groupe SIBEL. S. A, Société Française du liège, et Bouchons Trescases.

Les premiers fruits de cette association entre industriels et scientifiques du liège étaient l'adhérence en 1991 de plusieurs entreprises de transformation du liège aux normes ISO 633, ISO 9002 ; ISO 9001 (Qualité), ISO 14001 (Environnement). Plus récemment, la norme ISO 22000:2005 en matière de la sécurité alimentaire a été discernée pour la première fois à une entreprise du secteur bouchonnier par l'Association Portugaise de Certification (APCER).

La période de 1992-1996 était marquée par le lancement du « Projet Quercus » par C.E.Liège . Ce vaste programme de recherche sur le liège était financé à 50% par l'Union Européenne, réunissait sept pays européens et impliquait des centres recherche publics et des laboratoires privés, dans le but de mettre en place des méthodologies dans les industries de transformation du liège en bouchon, ainsi qu'une méthodologie de classification sensorielle afin de mieux distinguer les nuances du défaut organoleptique du liège.

En basant sur ses conclusions, C.E.Liège a publié en 1996 le Code International des Pratiques Bouchonnières « CIB ». Ce Code est devenu une référence internationale à partir de 1997 et a permis d'instaurer les normes de fabrication des bouchons et mettre à niveau la qualité dans le tout secteur.

Suite à cette révolte de qualité, a surgit en 1999, la première **certification de conformité internationale** « SISTECODE » sous la tutelle du Bureau Veritas<sup>2</sup>. Son objectif était de certifier et d'accréditer les entreprises de liège respectant les règles édictées dans le CIB. Il constitue une source de garantie de qualité et de fiabilité pour la filière liège et permet aux utilisateurs de connaître les critères de travail des fournisseurs. En résumé, il a pour but de garantir que les bouchons de liège sont fabriqués selon des critères, fruit de la connaissance scientifique. Le nombre d'entreprises accréditées dans le monde est passé de 78 à 446 durant la période 2000 – 2007 dont plus de 65% de sociétés certifiées sont portugaises.

Sur le plan de la sécurité et de l'hygiène, il a été édité en 1998 le Hazard Analysis and Critical Control Points ou HACCP; il s'agit d'un système complexe d'analyse de la sécurité

---

<sup>2</sup> Organisme créé en 1828, le Groupe Bureau Veritas est leader mondial en prestations de services ; son principal souci est l'évaluation de conformité appliquée aux domaines de la Qualité, de la santé et hygiène, de la sécurité, de l'environnement et de la responsabilité sociale. Cet organisme délivre le certificat SISTECODE du liège après des audits volontaires et confidentiels de son bureau.



alimentaire qui assure le contrôle de la qualité et de l'hygiène au long du processus productif des produits alimentaires (production, emballage...).

Ce système garantit que les sociétés détenant cette certification adoptent rigoureusement les critères d'hygiène et de sécurité chimique et microbiologique des aliments.

Concernant plus spécifiquement les aspects techniques, la **FFSL** a participé en 1999 et 2009 en collaboration avec les Bouchonniers-Liégeois du Syndicat des Bouchonniers, à l'élaboration d'un «Guide Qualité Bouchon Liège». Ce manuel regroupe tous les spécifications requises pour la confection d'un bouchon liège de qualité.

En 2001, la **FFSL** était l'initiateur à la création de la "Charte des Bouchonniers-Liégeois" pour permettre aux utilisateurs de Bouchons de bénéficier des connaissances et des études professionnelles réalisées à l'initiative des Bouchonniers-Liégeois ou des partenaires habituels de l'embouteillage.

### ***III.8.2-Sur le plan socio-économique***

Dans un sens étroit, il existe une grande dualité entre le développement durable des suberaies et la qualité du bouchon naturel mis en vente. Ce dernier n'est que la conséquence d'un processus compliqué d'autres formes de qualité. Il s'agit en effet, de la qualité de sa croissance en forêt, de la qualité de son levage et de la qualité de son stockage et de sa transformation (Lassalle, 2005). En d'autres termes, c'est à partir de la planche de liège extraite de l'arbre que vont se dérouler tous les enjeux économiques, sociaux et environnementaux des suberaies et de la filière liège. En effet, c'est la qualité qui détermine la valeur commerciale et conditionne la rentabilité économique soit du liège matière première ou manufacturé (Monterro et al., 1994; Campos et Molinas, 1999).

Economiquement, les spécialistes de la qualité du liège superposent trois niveaux de signification de la qualité quand ils évoquent une suberaie, une planche ou un bouchon. De ce dernier, la qualité se définit à son aptitude d'obstruer une bouteille de manière hermétique, cela dépendra principalement de la porosité, du nombre et de la forme des accroissements annuels. Au contraire, d'une planche ce qui est attendu est qu'elle fournit le plus grand nombre possible de bouchons de qualité, et la plus petite quantité de déchets possible. Dans une suberaie, ce qui est recherché est l'obtention de la quantité maximale de planches de calibre bouchonable et de bonne qualité, en diminuant la production du rebut (Avila et Bernal, 1998 ; Gonzalez Adrados, 1993).

### ***III.8.3-Sur le plan technique et scientifique***

Depuis longtemps, l'estimation de la qualité du liège était l'apanage d'un nombre restreint de personnes nommés les " professionnels du liège". Cette minorité de connaisseurs, monopolisait à toute seule le négoce du produit et fixait les modalités de sa levé et par conséquent les conditions de son commerce. Nous citons par ordre d'importance les premiers experts: les industriels bouchonniers et les acheteurs, et d'une moindre mesure les leveurs. Au milieu de l'échelle cohabitent les gestionnaires dont la connaissance se limite à une simple distinction entre liège mâle et femelle, plus quelques réserves superficiels et banales: liège brûlé, liège mince, liège surépais... Au bas de l'échelle viennent les propriétaires subériculteurs, souvent peu avertis, doivent ainsi se fier aux dires de l'acheteur, sans réel moyen de contestation lors de la négociation commerciale fixant le prix d'achat du liège. Cette tradition perdure des décennies (jusqu'aux années 1990) et l'évaluation de la qualité du liège restait anachronique eu égard au progrès réalisé dans le domaine technologique.

Dans le domaine de la recherche scientifique, le premier paramètre dans lequel on a obtenu des résultats plus concrets est le calibre (Gonzalez Fernandez, 1989; Reis, 1992; Gonzalez Adrados et al., 1993; Montero et al., 1994).

Par la suite, les travaux de recherche se sont intéressés aux autres paramètres habituellement en rapport avec la qualité et influençant le processus de classification (porosité, densité, présence/absence de défauts, croissance annuelle, etc..) (Barros et Pereira, 1987; Fortes et al., 1988; Gonzalez Adrados et Pereira, 1996; Beja et al., 1998; Pereira, 1998; Gonzalez Adrados et al., 2000; Lopes et Pereira, 1998 et 2000).

Actuellement, les efforts des chercheurs convergent vers la constitution d'une base de connaissance incluant en particulier l'influences des facteurs génétiques, environnementaux, sylvicoles et physiologiques sur la qualité du liège (Montero, 1987; Fereira et al., 2000; Chatonnet et Labadie, 2003).

### **III.8.4-Critères d'évaluation de la qualité du liège en planche**

Les critères d'évaluation de la qualité du liège passent inévitablement par la connaissance de l'ensemble des caractères et propriétés affectant sa capacité à se transformer en bouchons ou rondelles de liège naturel. Cette capacité lie conjointement deux facteurs : l'épaisseur de la planche et son aspect (Foucault, 1997).

#### **III.8.4.1-L'épaisseur :**

Appelée aussi « calibre », ce critère représente le côté quantitatif de la qualité (quantité de bouchons ou disques produit par kilogramme sur une planche de liège). Il conditionne en même temps, la durée du cycle de production en suberaie ( en se basant sur les accroissements annuels) et définit les classes d'épaisseurs admises couramment par le commerce.

Dans la plus part des régions productrices du liège dites de plaine ou du littoral, la durée du cycle est évaluée à 9 ans voire 10 ans pour obtenir une épaisseur suffisamment marchande, très convoitée par les exploitants et les transformateurs bouchonniers. Par contre dans les régions de montagne, cette durée s'étale jusqu'à 12 ans voire 15 ans au maximum sous défaut d'un accroissement annuel fin et très lent.

Qu'il s'agisse de liège de plaine ou de montagne, l'utilisation industrielle range habituellement les planches de liège en classes d'épaisseur commerciale suivante (Tab.14) (Saccardy, 1937 ; Iprocor, 1994).

**Tableau 14: Epaisseur commerciale pour le liège en planche (Saccardy, 1937 ; Iprocor, 1994).**

Classe commerciale	Epaisseur	
	en ligne*	en mm
Flotte	6-8	13-18
Mince	08-10	18-22
Bâtrd	10-12	22-27
Juste	12-14	27-32
Régulier	14-18	32-40
Demi épais	18-20	40-45
Epais	20-22	45-50
Sur-épais	>22	>54

\* :1ligne= 2,25mm

Les meilleures classes d'épaisseur aptes pour la production des bouchons se rangent entre les limites 27-40 mm (mesures sous croûte), parce qu'elles permettent un tubage aisé dans l'épaisseur de la planche et procure un grand rendement après bouillage (Pereira, 2007).

Les classes de calibres diffèrent considérablement de point de vue prix et sont sous la dépendance des calamités des marchés. En général, le prix (par kg) d'une planche de 27 -32 mm et 32-40 mm se range dans la même classe et serve de référence pour les autres classes. Selon Elena Rossello (2005), seulement 30% des levées sont transformées en bouchon naturels, le reste passe en résidus (croûte) ou trituration pour aggloméré (plaques ou autres types de bouchons avec disques). Sur les 30% de bouchons, 30 % seront de haute gamme et 70 % de moyenne et basse gamme dont le prix est trois fois supérieur à ceux des bouchons naturels avec disques. En ce qui concerne des planches de la classe 22-27mm, le prix constitue la moitié de la valeur de la classe de référence, le 1/3 pour les planches à liège mince <22 mm, et approximativement le 2/3 pour les planches épaisses de la classe 40-54 mm.

### III.8.4.2-L'aspect :

Si le critère « épaisseur » peut être mesuré avec précision, la quantification du deuxième attribut qui est « l'aspect » reste très subjectif du fait qu'il est évalué, d'une manière visuelle, par un opérateur humain expérimenté<sup>3</sup>.

Globalement, l'aspect est perceptible par un simple parcours visuel et un toucher du liège afin d'évaluer les deux variables suivantes :

#### III.8.4.2.1-La porosité :

En dépit de leur rôle physiologique dans l'arbre, les canaux lenticellaires ont une importance déterminante dans la classification du liège brut et préparé, avant et après bouillage. Une planche de liège de bonne qualité se traduit par l'absence relative des pores et se détermine par le coefficient de porosité (CP%). Selon la classification établie par Natividade (1956), c'est la surface occupée par les lenticelles dans la section tangentielle et par région d'intérêt) ( Tab.15) .

**Tableau 15 : Classification adopté par de la porosité (Natividade,1956)**

Pourcentage de porosité	Qualification
<1,5 %	Porosité basse
1,5<p<4 %	Porosité acceptable
4<p<6 %	Grande porosité
p>6 %	Porosité excessive

#### III.8.4.2.2- Les défauts

Ces anomalies accompagnent occasionnellement les lenticelles, se présentent sous différentes formes et tailles et affectent directement le rendement et la qualité du liège sur planche. Ils sont amputés à des causes diverses notamment génétiques, physiologiques, de croissance et phytopathologiques ( Gonzalez Adrados et *al.*,2000 et 2005). Leur évaluation est décrite selon les normes internationales établies par le vocabulaire liège (ISO, 2005) qui inclus tous ce qui

<sup>3</sup> Appelés " trieurs" sur les places de dépôts et "viseurs " ou "classeurs" en usine. En générale, il faut au moins 6 mois de formation pour avoir le minimum d'expérience.

influe sur la qualité du bouchon (F.F.S.L., 1992 ; Cork quality Council, 2004) selon le tableau 16 .

**Tableau16 : Anomalies du liège selon les normes ISO DIS 633 (Gonzalez Adrados et al.,2005)**

<b>Término ISO/DIS 633</b>	<b>Traducción al español</b>	<b>FNSL</b>	<b>CQC</b>
Liège terreux ou liège argileux	Corcho terroso	–	–
Liège vert frais	Corcho verde	oui	oui
Liège doublé	Corcho separado	oui	oui
Liège avec trou de vers	Corcho con galeria de culebrilla	oui	SI
Liège avec trou de fourmis	Corcho con galeria de hormigas	oui	oui
Liège ligneux	Corcho lenoso	–	–
	Corcho enmaderado	–	–
Liège avec tache jaune	Corcho con mancha amarilla	oui	–
Liège taché	Corcho manchado	–	–
Liège marbré ou liège jaspé	Corcho jaspeado	–	–
Liège soufflé	Corcho bufado	oui	oui
Fente	Grietas	oui	oui
Liège avec irrégularités du ventre	Corcho con irregularidades del vientre	oui	oui
		oui	oui
Liège boudeur ou liège dur	Corcho duro	–	–
Liège "plombé"	Corcho con plomo	–	–
Liège flambé	Corcho quemado	–	–
Liège troué par des oiseaux	Corcho con picaduras de aves	–	–

### ***III.8.5-Classification de la qualité du liège en planche***

Les planches de liège (toute section d'observation confondue) sont commercialement rangées par classes de qualité en combinant les classes d'épaisseurs à l'aspect. Généralement, la bibliographie cite 6 classes de qualité, de la 1<sup>er</sup> à la 6<sup>e</sup> et la classe de rebut (F.F.S.L. ,1992 ; (Radeva et al., 2002 ; Costa et Pereira, 2006 ; Pereira,2007).

Cette normalisation de la classification est venue pour palier aux grandes insuffisances qui entachent le classement manuel et visuel des experts, les statistiques n'enregistrent que 5,3% de coïncidence dans les classes intermédiaire d'un opérateur à autre. Par contre, dans les classes extrêmes (1<sup>ère</sup> classe et rebut), les divergences sont mineurs (100% de coïncidence) (Barros et Pereira, 1987; García de Ceca, 2001 ; Corkassess, 2001).

Dans la pratique, cette classification de six qualités (et le rebut) est rarement utilisée, les fabricants n'utilisent actuellement pas plus de quatre classes : 1<sup>er</sup>-3<sup>e</sup> (bonne qualité), 4<sup>e</sup>-5<sup>e</sup> (qualité moyenne) et 6<sup>e</sup> (qualité faible), le rebut correspondant aux planches de liège qui n'ont pas la qualité requise pour la production des bouchons (Amon et Simpson, 1986 ; Cork Quality Council, 2004).

Par ailleurs, chaque classe de qualité considérée manifeste de grandes variations et les différences entre les valeurs moyennes des classes contiguës ne sont pas statistiquement significatives. En effet, il a été constaté que la porosité et les dimensions des pores augmentent de la meilleure classe de qualité à la mauvaise classe de qualité (Tab.17) (Pereira et al. 1996).

**Tableau 17 : Paramètres moyens de la porosité mesurée sur planche de liège avec différente classe commerciale observée dans la section tangentielle (Pereira et al.,1996).**

Classe de qualité	Coefficient de porosité(%)	Nombre de pores / 100cm <sup>2</sup>	Nombre de pores >0,08 mm <sup>2</sup> /100cm <sup>2</sup>	Surface moyenne des pores (mm <sup>2</sup> )	Surface maximum des pores (mm <sup>2</sup> )
1 <sup>e</sup>	3.3 (1.2) a	568 (186) a	47 (18) a	0.58 (0.15) a	19.7 (18.2) a
1 <sup>er</sup> /3 <sup>e</sup>	4.5 (0.9) ab	584 (157) a	84 (30) ab	0.83 (0.28) a	23.1 (12.2) a
3 <sup>e</sup>	6.0 (0.8) bc	785 (234) b	111 (36) b	0.81 (0.21) a	21.1 (18.5) a
4 <sup>e</sup> /5 <sup>e</sup>	6.7 (2.0) c	860 (153) b	121 (52) b	0.79 (0.24) a	26.3 (15.0) a
6 <sup>e</sup>	12.4 (3.6) d	815 (194) b	176 (64) c	1.57 (0.53) b	82.0 (31.7) b

### **III.8.6-Automatisation de l'évaluation de la qualité du liège**

Les évaluations subjectives de la qualité du liège ont prouvé leurs grandes limitations, spécialement quand la quantification des observations s'impose (Barros et Pereira, 1987). Les récentes applications de la technologie numérique et de l'informatique dans le secteur subéricole ont permis aux chercheurs d'enrayer plusieurs difficultés techniques et d'encaisser un gain de temps considérable dans l'analyse du produit et surtout dans l'objectivité et la prise de décision (Fonseca et al., 1992).

Les premières applications de l'automatisme (dans la classification des planches de liège et par la suite les bouchons) ont vu le jour au Portugal et en Espagne à partir du début des années 1990. Ces deux pays leaders de la production du liège et très soucieux de l'importance économique de ce produit naturel, ont apprivoisé plusieurs techniques informatiques pour résoudre et optimiser le problème de classification du liège.

Parmi les systèmes automatiques performants pour l'évaluation et la classification des défauts de surfaces nous citons les capteurs (McMillin,1984, Connors et al.,1990; Soest et al., 1987; Kenway et al.,1989) :

- les capteurs ultrasoniques ;
- les capteurs optiques comme les caméras ;
- les capteurs optiques couplés à un générateur à rayons X ;
- les scanners lasers ;
- le microscope électronique à balayage (grossissements allant jusqu'à x5000);
- le microscope optique (grossissements allant jusqu'à x100).
- le Coveless pour l'estimation de la qualité du liège sur pied (IML, 2006)

Ces instruments d'analyse présentent un certain nombre d'avantages mais aussi des inconvénients, les plus pertinents semblent être ceux relatifs à l'analyse d'image.

Cette nouvelle science reste à ce jour la technique la plus fiable mais surtout celle donnant le plus d'informations (localisation, morphologie) et parfois présentent des degrés variés de difficultés qui ont parfois débouché sur le dépôt d'un brevet industriel dans le cadre de processus de contrôle de fabrication, la rédaction de rapport et d'articles pour publications. Elle se limite cependant à l'observation d'échantillons aux dimensions relativement petites, ce qui nécessite une réflexion sur l'échantillonnage (Mery, 2002 ; Ledru et *al.*, 2009).

### **III.8.7-Analyse d'image des surfaces du liège**

#### **III.8.7.1-Historique de la technique**

L'analyse d'images abordée par les mathématiques est très récente, elle date en 1967. Toutefois les possibilités de cette technique étaient pressenties depuis longtemps, puisque le géologue Delesse (1848) a créé la première méthode d'analyse d'images, en montrant que l'aire occupée par une section quelconque d'un agglomérat est égale au volume occupé par ce constituant dans la masse de roche.

Puis des auteurs comme Minkowski (1901) et Hadwiger (1957) continuent à travailler sur les coupes à 2 dimensions (images) en adoptant un modèle ensembliste pour aborder le problème mathématique. Simultanément, des chercheurs physiciens élaborent des méthodes d'analyse quantitative (Saltykov , 1958).

Depuis l'apparition de moyens informatiques qui ont ouvert la perspective d'images digitalisées, transformables avec une grande souplesse, la morphologie mathématique s'est développée grâce aux travaux de Matheron (1975), Serra (1967). Ces théories scientifiques sont en développement. Les différentes écoles n'ont pas encore harmonisé leurs travaux. Toutefois, Coster et Chermant (1989) ont réalisé un grand travail d'homogénéisation dans leur Précis d'Analyse d'Images. Depuis les années 90 à ce jours, plusieurs études se sont focalisées sur la numérisation proprement dite (Cocquerez et Philipp,1995; Gonzalez et Woods,2002; Le Maître,2003; Lingrand,2004).

#### **III.8.7.2-Principes fondamentaux**

Les principales étapes de l'analyse d'images sont les suivantes :

- La première étape expérimentale consiste à cibler et préparer les surfaces de l'échantillon à analyser. Il s'agit d'échantillons constitués par des éprouvettes de liège en plaque brut de dimensions réduites (3x5cm; 5cmx5cm; 12 cx12 cm, 15x15cm; 20x20cm) (Fonseca et *al.*, 1992; Campos et Molinas, 1993; Reis,1992) en provenance d'arbres ou bien des piles de liège brut, après bouillage.
- Acquisition d'images (des trois sections) à l'aide d'un équipement de microscopie, d'une caméra CCD ou d'un scanner haute définition après calibrage (le calibrage préalable permet d'obtenir les résultats comme valeurs réelles).
- Traitement de ces images à l'aide d'un logiciel adapté et extraction des informations souhaitées (Manzanera, 2008).
- Exportation des données à des feuilles de calcul pour traitement statistique.

#### **III.8.7.3-Application à la morphométrie du liège**

L'analyse d'images (Digital Image Processing and Analysis (DIPA) offre de nombreux avantages dans la classification des planches du liège ; elle permet entre autre d'obtenir différentes valeurs très précises sur les pores et les autres défauts (longueur, aire, périmètre, coefficient de géométrie, facteur de forme), d'évaluer et de quantifier les différents classes de porosité.

Dans l'analyse d'image l'échelle du gris varie du 0 (couleur noire, sans lumière) au 254 (lumière maximale) correspondant respectivement au blanc et au noir. Les tissus du liège possèdent un niveau de gris oscillant entre 100 et 120, pour les canaux lenticellaires. Ce niveau se range entre 170-220. Ce treshold peut être contrôlé aussi manuellement par l'opérateur (Campos et Molinas, 1999; Mery, 2002; Paniagua Paniagua et al., 2006a; Pereira, 2007).

Plusieurs travaux ont évoqué l'utilisation de la technique d'analyse d'image pour la quantification de la porosité, des défauts et des accroissements annuels dont nous citons particulièrement :

- Sur planche de liège ( Fonseca et al., 1992 ; Campos et Molinas, 1993 et 1999 ; Lopes et Pereira., 1994; Gonzalez-Adrados et Pereira, 1996 ; Pereira et al., 1996, Benkirane et al., 2000; Gonzalez-Adrados et al., 2000 ; Fereira et al., 2000).
- Pour les rondelles de liège (Lopes et Pereira , 2000) .
- Pour les bouchons du liège (Pech-Gourg et Jin-Kao Hao, 2001; Costa et Pereira, 2005 et 2006 ; Baniagua et al., 2006 a, 2006b, 2006c).
- Pour les défauts du liège (Gonzalez-Adrados et al., 2005).
- Pour les accroissements (Pereira et al., 1987; Neves 2001; Surovy' et al., 2009).

### III.8.8-Indice de qualité

La valeur du liège s'exprime toujours par la combinaison des paramètres épaisseurs et classe de qualité basée sur des critères commerciaux et des applications industrielles du liège. Cette combinaison se nomme "indice de qualité du liège" et s'exprime par la formule suivante (IPROCOR, 1994) :

$$Q = \sum_{k=1}^{nk} Q_k P_k = \frac{\sum_{i=1}^{ni} Q_i}{ni}$$

- Ou  $Q_k$  est l'indice de prix pour la qualité du liège des classes k,  
 $P_k$  , la proportion des unités d'échantillons dans la classe de qualité k  
 $n_k$  , le nombre des classes de qualité  
 $Q_i$ , est l'indice de prix de l'échantillon prélevé de l'arbre i  
 $ni$  , est le nombre totale des arbres échantillons.

L'indice de qualité est variable selon les pays et les régions où il est fréquent d'utiliser des systèmes distincts de classification. Il dépend essentiellement des opérations de l'offre et de la demande et des variations des transactions commerciales (Gonzalez Adrados et al., 2001; Pereira, 2007) (Tab.18).

**Tableau18 : Indice des prix pour différentes épaisseurs industrielles du liège et classes de qualité (Gonzalez Adrados et *al.*, 2001; Pereira, 2007)**

Calibre/qualité	1 <sup>a</sup> /3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup> /5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	Rebut
14-18 mm	22	10	7	7
18-22 mm	30	12	7	7
22-27mm	50	30	12	7
27-32mm	100	60	28	7
32-40mm	100	60	28	7
>40 mm	65	32	16	7



---

**Chapitre IV**

***Milieu physique***

---

## IV.1.-Choix des forêts

Parmi les forêts de chêne liège du tell oranais, faisant partie de l'ensemble paléogéographique « la Maseta Oranaise », nous avons retenu deux forêts aux contrastes écologiques et climatiques très marqués. Ces deux zones naturelles surplombant la chaîne littorale et la dépression sub-littorale, se définissent comme suivant :

- la zone littorale au nord représentée par la forêt de M'Sila
- la zone montagneuse au sud représentée par les forêts de Zarieffet.

## IV.2-Situation géographique

Les coordonnées géographiques relatifs aux deux forêts sont indiqués dans le tableau 19.

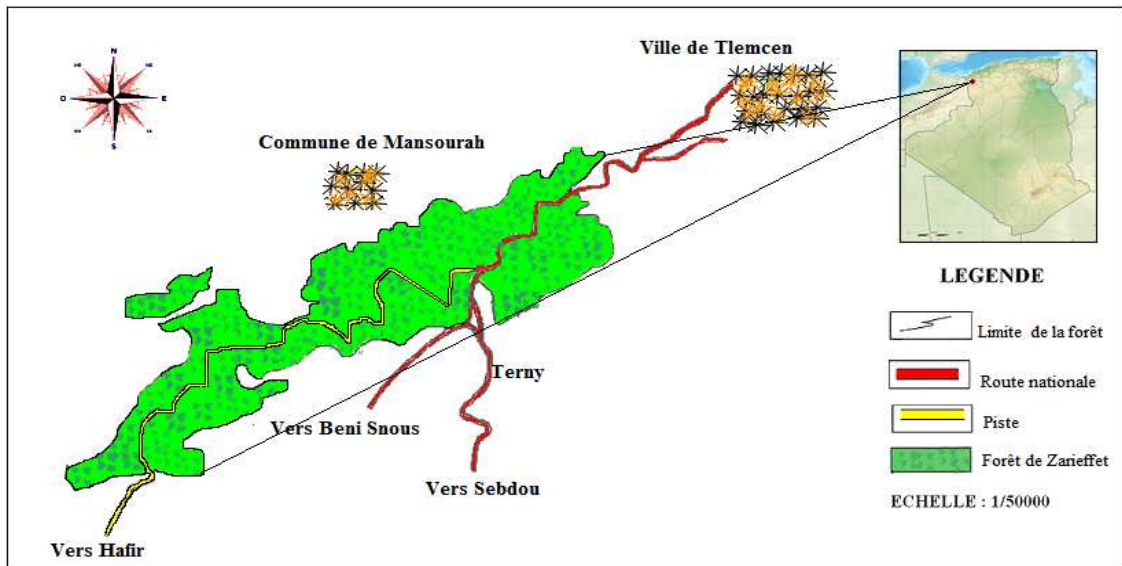
**Tableau 19 : Cordonnées géographiques des deux forêts**

Nom des forêts	Cordonnées Lambert		Distance de la mer	Carte d'Etat major
	X (km)	Y (km)		
<b>Zarieffet</b>	X1 :123,3 X2 :129,8	Y1 : 177 Y2 : 180,5	50	Terni feuille n°300
<b>M'Sila</b>	XI : 173,1 X2 :179,5	Y1 : 6,5 Y2 : 71,7	14	Andalouses Feuilles n°152,153

### IV.2.1-La forêt de Zarieffet

Elle occupe une superficie de 931 ha et se trouve à une altitude comprise entre 1000 et 1217m. Juridiquement, la forêt appartient au domaine public de l'état, sous la tutelle de la Conservation des Forêts et du Parc National de Tlemcen. Administrativement, elle est limitée :

- au Nord par les communes de Mansourah et Beni Mester,
- à l'Est par : Djebel Moudjet et la localité de Aï n Douz,
- à l'Ouest par : Aï El Mardjene et la forêt domaniale de Hafir,
- au Sud par : Dar Dis et la commune de Terny (Fig.34).



**Figure34: Situation géographique de la forêt domaniale de Zariéffet**  
(haut : Web3 ; bas : Dehane, 2006)

#### *IV.2.2-La forêt de M'Sila*

Cette forêt se situe à 30 km à l'ouest d'Oran (Fig.35). Elle couvre une superficie de 1570 ha et elle est divisée en six cantons y compris le canton Cheikh Ben Khalifa (C.F.W.O. ,1996). Administrativement la forêt relève des compétences territoriales de la wilaya d'Oran. Elle est limitée par les communes d'Aïn Kerma à l'ouest et de Messerghine à l'est, au nord par les communes d'El Ançor et les Andalouses, au sud par le peuplement de Terziza. Elle fait partie de la Circonscription Forestière d'Oran et du District de Boutlélis (C.F.W.O., 1996).

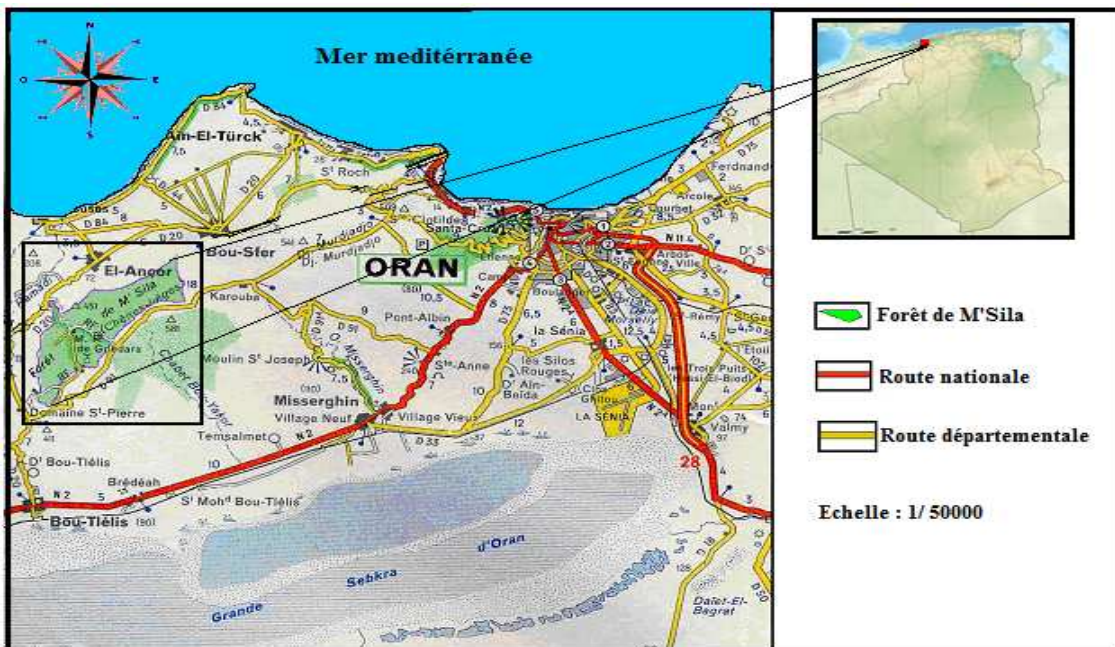


Figure 35 : Situation géographique de la forêt domaniale de M'Sila  
(Haut / Web4 ; Bas : Cartothèque d'Alger 1962)

### IV.3-Pédologie

Selon les travaux de plusieurs auteurs, la forêt de Zariéffet repose sur un sol superficiel (moins de 30cm de profondeur), traversé par des surfaces rocheuses et rocailleuses affleurant (Gaouar, 1980; Benest, 1985; Bensid, 1986).

La pédologie révèle que les sols sont en général de type brun forestier. Les principaux sols associés au chêne liège sont les suivants:

- Sols fersialitiques rouges : se sont des sols lourds et pauvres en réserve d'eau. Il existe deux types lessivés et non lessivés.

- les sols bruns fersiallitiques à tendance podzolique traduisant la perméabilité de la roche mère (grès séquanien).
- Sols fersiallitiques rouge et mosaïque sur dolomie.

Par ailleurs, la forêt de M'Sila s'élève sur un sol très profond (supérieur à 2m). Généralement, c'est un sol pauvre d'une texture argilo-siliceuse, provenant de la décomposition de schistes et quartzites néocomiens et de désagrégation des grès sableux pliocènes (Thintoin, 1948). Quatre types de sol ont été identifiés par Aime (1991): les sols rouges sur formation quartzique, les sols rouges décarbonatés sur grès calcaire, les sols rouges tirsifiés et les sols polycycliques.

#### **IV.4-Géologie**

La géologie de la région oranaise a été évoquée par de nombreux auteurs, nous citons en particulier les travaux de Bernard (1923), Aubert et Monjauze (1946), Lhénaff (1965), Thomas (1985), Blavoux et Collignon (1986), Quezel (2000), Fekraoui (2007). D'après ces auteurs la région comprend quatre grands ensembles :

- Le tell septentrional qui est marqué par la présence de formations paléozoïques et mésozoïques (calcaires et schistes) formant les massifs littoraux qui eux-mêmes sont recouverts parfois de croûtes calcaires, de limons et de dunes quaternaires.
- Plus au Sud, les vastes dépressions remplies de formations surtout détritiques, constituent les plaines de la M'léta et Habra. Ces dépressions rejoignent vers l'Est, la plaine du Chélif.
- Le tell méridional est constitué par une série de massifs qui forment les monts du Tessala, de Sebaa Echioukh, et les monts de Ouled Ali et Beni Chougrane. Ces massifs montagneux, constitués en majorité d'épaisses séries carbonatées du Paléozoïque, marquent la limite méridionale des nappes telliennes.
- Enfin, plus au sud, en bordure des hauts plateaux, les calcaires et dolomies du Lias et Malm forment les monts de Tlemcen, les monts Daïa et les monts de Saïda. Dans les monts Daïa, ces formations sont recouvertes par les séries crétacées où dominent marnes et grès .

Le substratum géologique de la forêt de Zariéffet est très rattaché à celui des Monts de Tlemcen. En effet, ces montagnes sont considérés comme un vaste ensemble découpé en panneaux par une série d'accidents subméridiens et constitués essentiellement de roches carbonatées, de marnes d'âge jurassique, ainsi que de dépôts souterrains récents ( Claire ,1973).

La forêt de Zariéffet s'installe sur un puissant massif datant du Jurassique supérieur à plissement Tertiaire. La roche mère est composée principalement des grès séquaniens, calcaires de Zariéffet, calcaires à échinides, dolomies du Kimméridgien et du Portlandien et des marnes en affleurements éparses (Thintoin, 1948; Elmi, 1970; Bensaoula et *al.*,2005; Gaouar, 1980; Dahmani,1984; Benest,1985; Bensalah, 2008) (Fig.36).



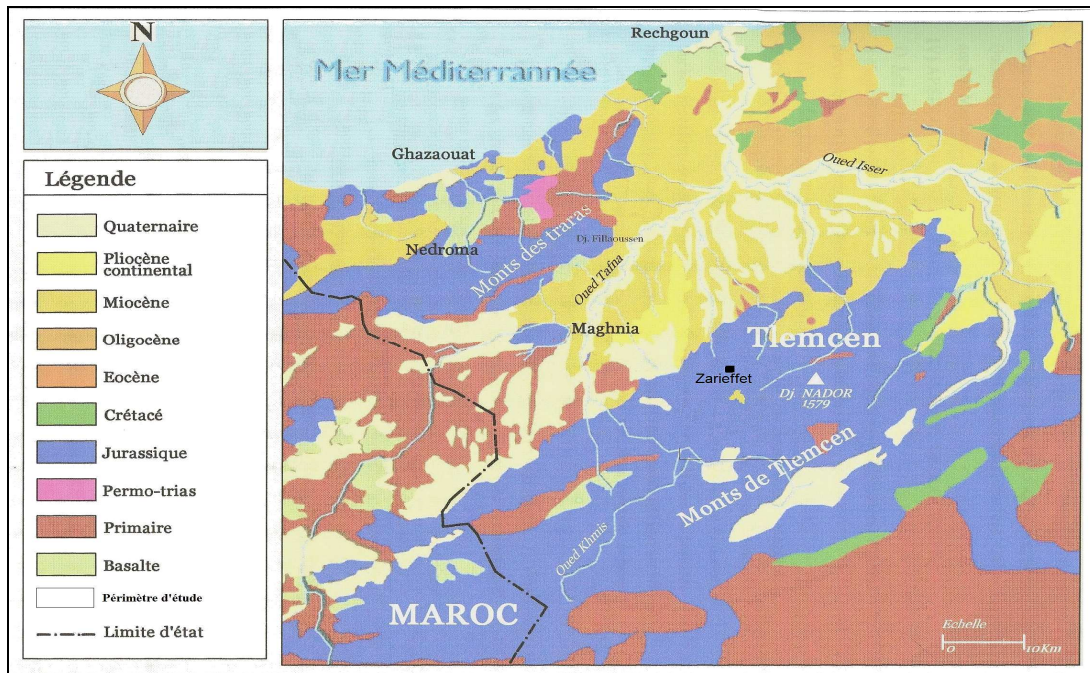


Figure 36 : Carte géologique du Nord-Ouest Algérien (Cornet, 1952)

La forêt de M'Sila couvre une ancienne surface d'abrasion Callabrienne encore localement couverte de dépôts marins ou dunaires (Gourinard, 1958). Ce même auteur note la présence d'une falaise morte correspond à l'extension de la mer Callabrienne, constituée de calcaire à Lithothamnies du Miocène supérieur dans quelques endroits. Les différents substrats géologiques caractéristiques de la forêt sont ; sable pliocène et des schistes jurassiques mis en place au Miocène moyen (Moussa, 2001) (Fig.37).

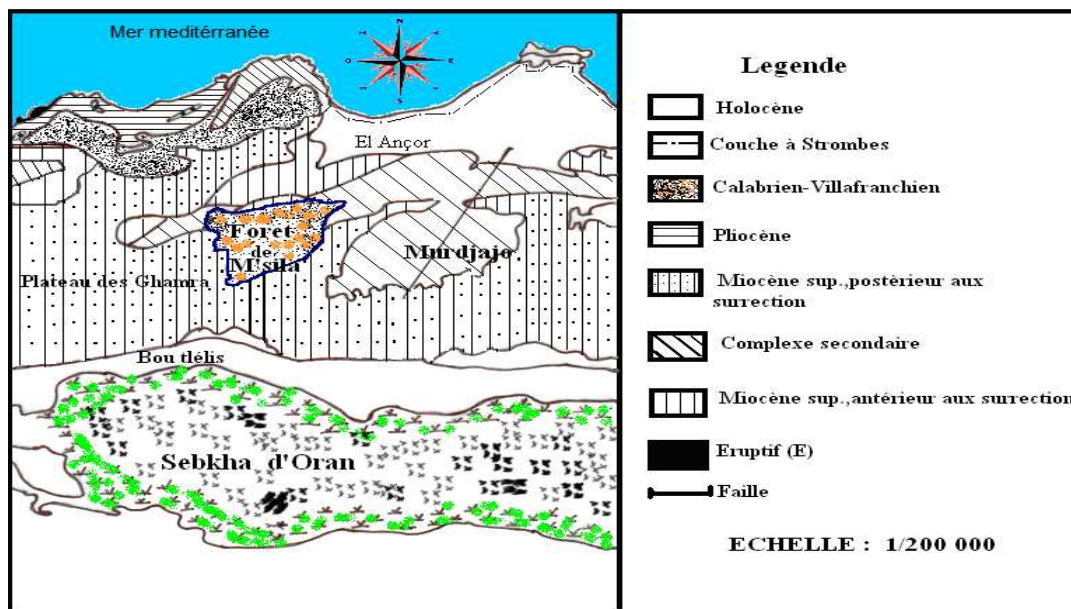


Figure 37: Extrait du schéma géologique du littoral Oranais (Gourinard, 1958 ; modifiée par Dehane, 2006)

## IV.5-Hydrographie

La forêt de M'Sila est caractérisée par un relief moins accidenté avec un terrain plat sans pentes abruptes (pentes inférieures à 3%). Dans certains endroits (au sud surtout), les ruptures de pentes (supérieures à 25%) entraînent souvent des phénomènes d'érosion. La presque totalité de la forêt dispose d'un plateau sans orientation particulière où domine les peuplements denses et clairs de chêne-liège. D'autres peuplements de moindre superficie existent également sur le versant nord. La forêt qui se trouve entre 260 m d'altitude au nord-est et 568m au sud-ouest se caractérise un important dénivelé d'environ 308 m (A.E.F.C.O ,1914). Le massif est drainé donc par un réseau hydrographique à orientation NE-NO comprenant 6 oueds (oued Guedara, oued N'Saris, oued Dith, oued Djorf Halia, oued Bensabia, oued Hassan et oued Seggai) et un seul ravin très profond qui coule dans la plaine de Bousfer.

La forêt de Zarieffet comporte un relief très accidenté avec des pentes variant entre 3 et plus de 50%. Le réseau hydrographique est moins important comportant trois oueds qui traversent la forêt. Ils sont généralement secs en été et à écoulement temporaire en hiver à cause de la sécheresse. Nous notons encore l'existence de 6 sources dont 2 situées en forêt (Aïn Baghdad et Aïn Dar Ghelem). Leur débit est respectivement moyen de 10 à 20 litres. L'existence de ces sources joue un rôle non négligeable dans l'alimentation des peuplements de chêne-liège en humidité et par voie de conséquence sur le rendement du liège, car elles contribuent à atténuer les excès de températures et de sécheresse (C.F.W.O., 1996).

## IV.6-Le climat

Le climat joue un rôle essentiel dans les déterminismes de la répartition des plantes; Emberger (1971) a particulièrement souligné ce rôle en ce qui concerne la végétation méditerranéenne. Ses recherches l'on conduit à une méthode originale de caractérisation de ce que nous appellerons : Le Bioclimat (Djellouli et Daget, 1988).

La notion du climat est à l'origine des caractères physiques fondamentaux, les termes pour désigner les zones géographiques : Tell, Steppe, Atlas Saharien, Sahara – désignent en réalité des faits climatiques, en règle générale on distingue 04 grandes zones climatiques en Algérie occidentale entre les deux limites (mer et désert) ( Alacaraz , 1969):

- La zone littorale : au climat chaud et humide, va du niveau de la mer jusqu'à 400 m d'altitude.
- La zone des montagnes telliennes est tempérée sur ses versants nord ; froide ou fraîche sur les autres versants et en altitudes.
- La zone des hauts plateaux et des hautes plaines sèches et arides est caractérisée par des extrêmes, marquées par des froids rigoureux et des chaleurs excessives.
- La zone saharienne se distingue par des pluies rares et irrégulières.

En effet, les contrastes climatiques de l'Oranie ont attiré depuis longtemps les chercheurs et les climatologues que ce soit dans un cadre méditerranéen ou purement locale ; nous citons en particulier: Seltzer (1946) ; Emberger (1930 ; 1971) ; Bagnouls et Gaussen ( 1953) ; Walter et *al.*(1960) et plus récemment : Quezel (1976) ; Le Houerou et *al.*(1977); Daget (1980) ; Alcaraz (1983) ; Djbaili (1984) ; Medail et Quezel (1997) ; Benabadji et Bouazza (2000).

Tous ces travaux cités s'alignent devant deux spécificités naturelles de la région oranaise :

- les perturbations climatiques se manifestent lorsque l'anticyclone des Açores occupe une position méridionale. Elles ne donnent fréquemment que des pluies médiocres pour trois raisons. Tout d'abord ce sont des perturbations lointaines qui ont traversé l'océan Atlantique où les contrastes thermiques sont atténués du fait du réchauffement de l'air polaire. Elles sont d'autre part bloquées pendant un certain temps par la dorsale montagneuse du Moyen Atlas et du Rif marocains. Enfin il existe parfois en altitude au dessus du Maroc et de l'Espagne, une crête chaude à courbure anticyclone qui freine les mouvements ascendants.
- Le mode de végétation est donc conditionné par la sécheresse. Cette dernière peut s'étaler assez longtemps dans le temps pouvant faire souffrir les formations végétales et générer le déclenchement des incendies qui sont le coup mortel pour ces végétaux.

#### **IV.6.1-Choix des stations météorologiques**

Etant donné que dans notre zone d'étude, les stations météorologiques sont rares et que les variations climatiques sont accusées à cause du relief et des expositions des versants, nous avons choisi des stations météorologiques qui se trouvent à la proximité des stations étudiées, dans un souci de bien cerner les influences climatiques zonales sur les conditions locales. Les caractéristiques de ces stations de référence et les périodes d'observation sont mentionnées dans le tableau 20 suivant :

**Tableau 20 : Caractéristiques des stations de référence et périodes d'observation**

Forêt	Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Situation	Distance à la forêt	Période d'observation
M'Sila	Misserghin	0°52'W	35°41'N	90	Ville	12 km	P (1971-2008) T (1971-2008) T (1913-1934) P (1913-1934)
Zarieffet	Mefrouche	1°16'W	34°51'N	1100	Barrage	2 km	P (1975-2008) T (1975-2008) P(1914-1938) T(1914-1938)

Dans notre étude nous avons recueilli les données climatiques relatives à deux périodes différentes, l'une ancienne s'étalant de 21 ans (1913-1934) à 26 ans (1914-1938), étude effectuée par Seltzer (1946) ; l'autre récente de 48 ans (1961- 2008), les données sont fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H).

#### **IV.6.2-Données climatiques (précipitations)**

L'un des traits originaux du climat en Oranie s'exprime par l'irrégularité des pluies le long de l'année : abondantes en automne et en hiver et parfois en printemps et presque nulles en été (Aubert et Monjauze, 1946). Par ailleurs les séquences pluvieuses courtes et espacées s'alternent souvent avec celles sèches. Les quantités de pluies varient suivant la disposition topographique de la forêt, son altitude et sa localisation géographique (Fig. 38)



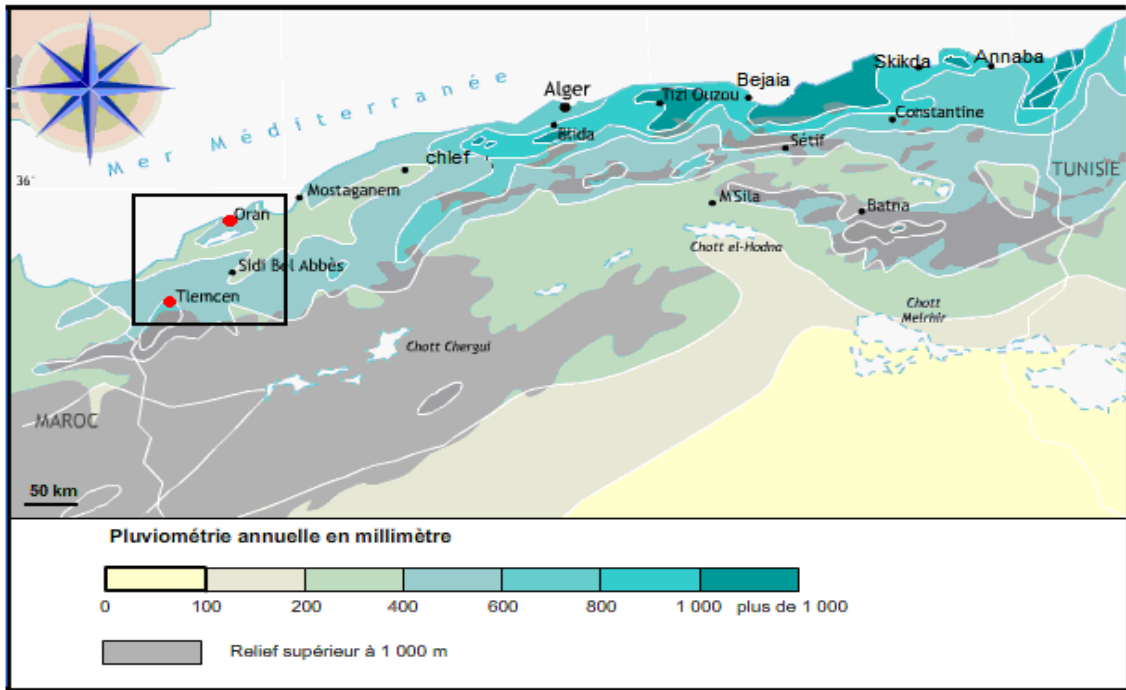
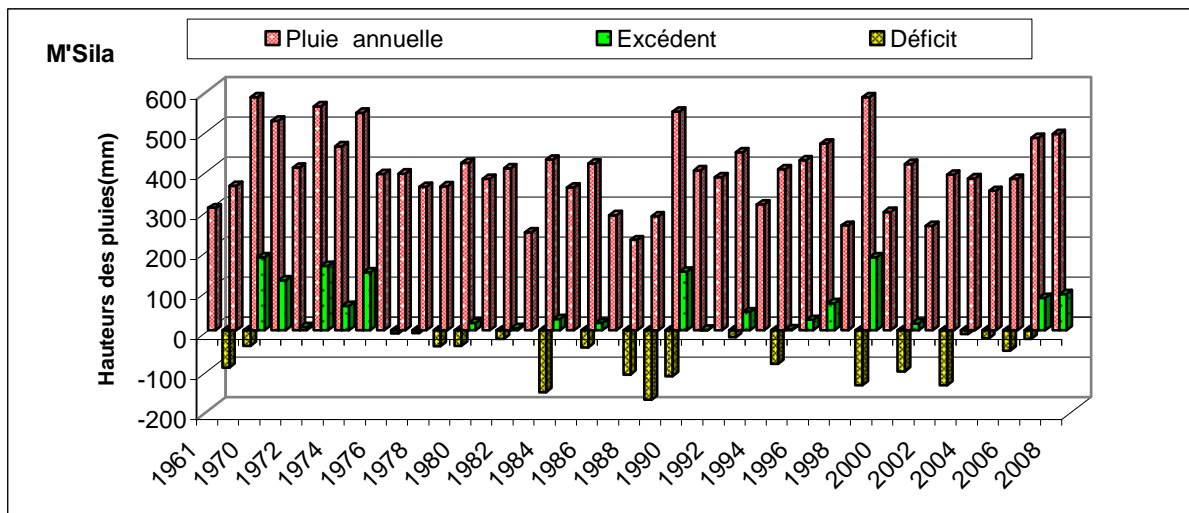
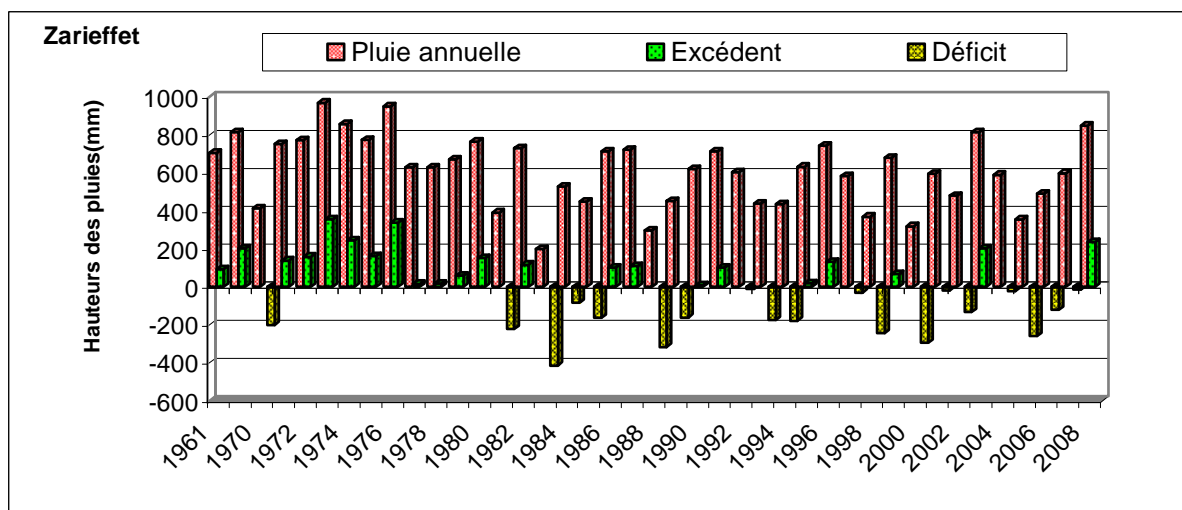


Figure 38: Carte pluviométrique de l'Algérie, la région d'étude est encadrée (Pervillé, 2003)

#### IV.6.2.1-Répartition annuelle des précipitations

La répartition annuelle de la pluviométrie enregistrée dans les 2 forêts durant la seconde période de référence est représentée dans la figure 39.





**Figure 39: Répartition annuelle de la pluviométrie dans les deux forêts (Période 1961-2008)**

L'examen de la figure 39, montre une variabilité interannuelle de distribution des précipitations dans les deux forêts. Cette variabilité est corroborée par un coefficient de variation de 29,9 % à Zarieffet et de 23 % à M'Sila.

En effet, le massif forestier de Zarieffet reçoit une moyenne pluviométrique de l'ordre de 613 mm (1961-2008). Cette moyenne était supérieure en ancienne période, de l'ordre de 710 mm (1914-1938). Ceci représente une baisse de 97 mm, correspondant à un déficit d'environ 13,6%. Les hauteurs extrêmes sont enregistrées en 1973 et 1976 soit respectivement 971 mm et 952 mm. Les années excédentaires concernent toute la succession 1971-1980 avec une moyenne de +165 mm ce qui atteste une période pluviométrique favorable propice au développement du chêne-liège. Par contre, les années très déficitaires marquent exceptionnellement les années 1983, 1988, 1998, 2000, 2005 : -414mm, -315mm, -214mm, -294mm, -257mm.

Dans la forêt de M'Sila, la moyenne enregistrée est de l'ordre de 397 mm (1961-2008) contre 501mm en période ancienne (1913-1934) ce qui représente une régression de 104 mm, soit un déficit de l'ordre de 21%. Les précipitations minimales sont observées en 1988 avec une tranche d'eau de 226 mm alors que les maximales de l'ordre de 582 mm sont notées en 1970 et 1999. Les années excédentaires en pluies sont localisées principalement en 1970 et 1999 avec une tranche de 183 mm chacune. Les séquences fortement déficitaires datent de 1988 et 2002 soit respectivement -135 mm et -170 mm.

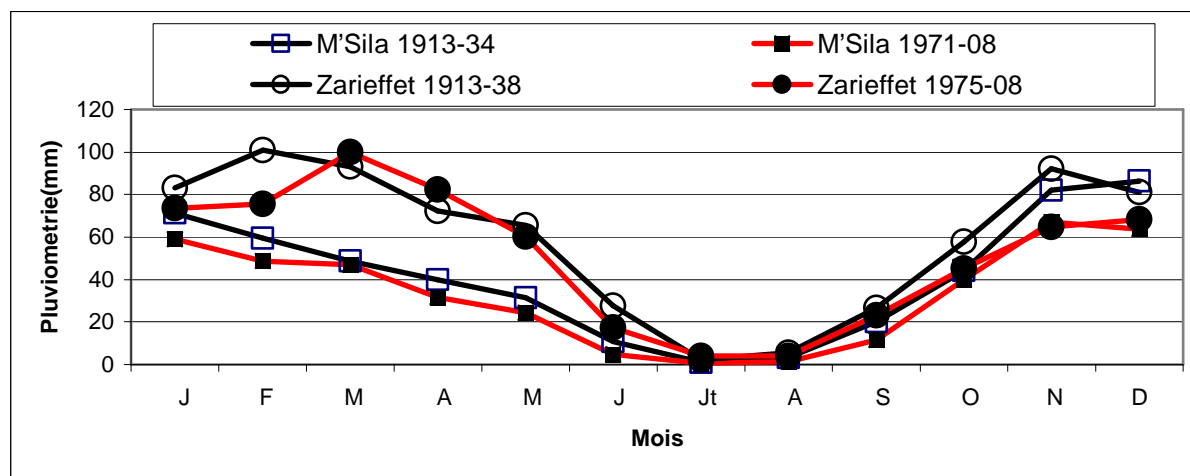
#### **IV.6.2.2-Répartition mensuelle moyenne des précipitations**

Zarco (1965) signale que « la pluviométrie a une importance de premier ordre. C'est la quantité d'eau qui tombe qui dépendra normalement l'approvisionnement en eau des arbres ». Les chutes de pluies moyennes mensuelles approvisionnant les arbres de chêne liège dans les deux forêts sont mentionnés dans le tableau 21 durant les deux périodes de référence.

**Tableau 21: Précipitation moyenne mensuelle (mm) pendant les deux périodes de référence**

Forêt	Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
M'Sila	1913-34	71,3	59,4	48,6	40	31,3	10,8	1,1	3,2	20,1	44,3	82,1	86,4	501
	1971-08	58,9	48,7	46,9	31,7	24,4	4,7	0,5	1,2	11,5	39,9	67,1	63,8	399,2
Zarieffet	1913-38	83,2	101	93,2	72,3	65,5	27,7	2,2	5,6	26,6	57,7	92,2	81	709
	1975-08	71,2	78,4	87,5	65,6	57,1	12,1	3,7	4,5	21,3	41,1	72,4	53,7	568

La lecture du tableau 21 montre que les valeurs moyennes des hauteurs mensuelles des pluies varient globalement d'une période à l'autre. Dans la forêt de M'Sila, le régime pluvial est plus intense durant les mois de novembre et décembre (>60mm). Les autres mois affichent des tranches pluviométriques moins accusées surtout entre mai et septembre ce qui indique un déficit hydrique important (Fig.40).



**Figure 40: Variation mensuelle des précipitations pour les deux forêts (ancienne et nouvelle période)**

Dans la forêt de Zarieffet, la saison pluviale démarre partiellement à partir du mois de septembre puis atteint son apogée durant les mois de décembre à mars (> 60mm). Les mois de juin à août restent toujours secs.

#### IV.6.2.3-Régime saisonnier des précipitations

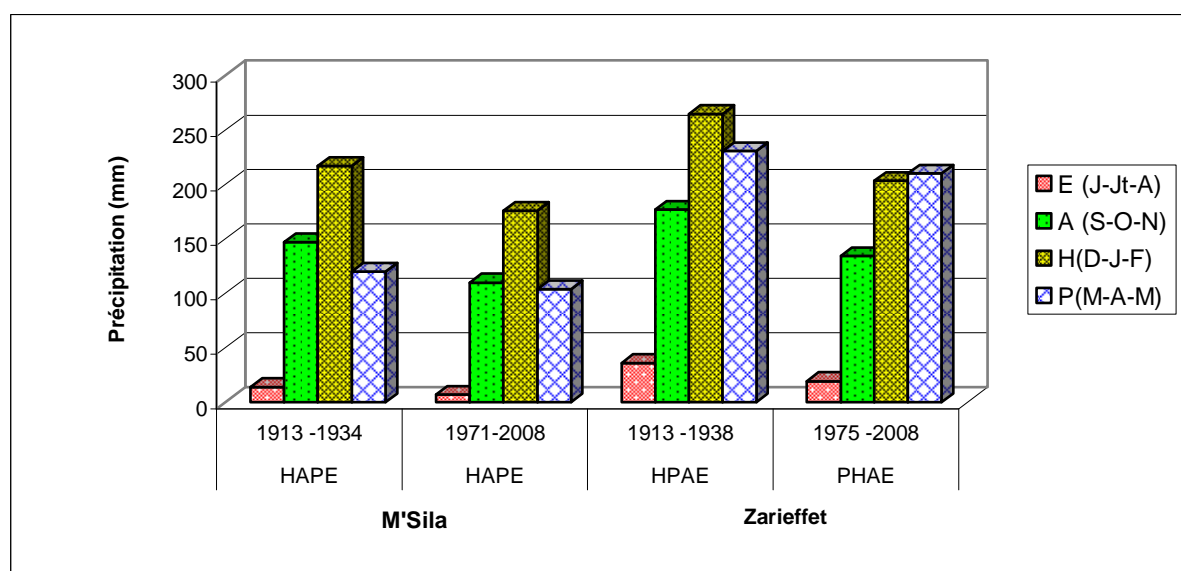
Musset (1935) a défini le premier la notion du régime saisonnier. Il a calculé la somme de précipitations par saison et a effectué le classement des saisons par ordre de pluviosité décroissante. Corre (1961), stipule que « si les pluies d'automne et de printemps sont suffisantes, elles seront florissantes ; si par contre la quantité tombée pendant ces deux saisons est faible, leur extension sera médiocre ». La distribution saisonnière des pluies dans nos deux forêts diffère d'une période de référence à une autre.

Globalement, les précipitations sont réparties inégalement durant les quatre saisons. Selon le tableau 22, nous remarquons que les précipitations saisonnières se concentrent en hiver, par rapport à celles de l'automne et du printemps, bien que ces dernières constituent un apport non négligeable.

**Tableau 22 : Répartition saisonnière des précipitations au niveau des deux forêts**

Forêt	Période /Saison	Eté (J-Jt-A)	Automne (S-O-N)	Hiver (D-J-F)	Printemps (M-A-M)
M'Sila	1913-1934	14	147	217	120
	1971-2008	6,94	110	176	104
Zarieffet	1913-1938	36	177	265	231
	1975-2008	19,4	134,4	203,37	210,25

A travers la figure 41, nous constatons que dans la forêt de M'Sila, le régime saisonnier des précipitations est de type HAPE pour les deux périodes. Selon la méthode Musset(1935), ce régime correspondant aux zones littorales, ou plutôt celles à influence maritime. Ceci explique que le maximum des pluies est concentré en hiver et en automne et avec un degré moindre en printemps. Ce type correspondant plus au moins à la bonne croissance des arbres et aux bons accroissements du liège.



**Figure 41 : Régime saisonnier des précipitations dans les deux forêts entre ancienne et nouvelle période**

En zone montagneuse, le régime étant de type HPAE pour l'ancienne période puis vire brutalement au régime PHAE pour la période récente, très influencé par les quantités de pluies tombées au printemps particulièrement. Ceci indique que l'hiver et le printemps restent toujours pluvieux mais avec un apport plus important des pluies en saison printanière. La saison estivale est toujours sèche et reçoit entre 3,5 % et 5% du total selon les périodes. Cette répartition des pluies permet au chêne liège d'acquérir une activité biologique optimale et procure à l'arbre les réserves hydriques dans le sol, très défaillant durant la saison.

### IV.6.3- Facteurs thermiques (Températures)

Les paramètres thermiques jouent un rôle déterminant dans la vie végétale. En effet la température est considérée comme le facteur écologique fondamental, elle intervient dans le déroulement de tous les processus biologiques. Elle contrôle la croissance, la reproduction, la survie et par conséquent la répartition géographique, générant les paysages les plus divers (Soltner, 1992).

La détermination du climat régional s'avère très corrélée aux températures moyennes annuelles « T » et aux valeurs moyennes des minima du mois le plus froid « m » et des maxima du mois le plus chaud « M ».

#### IV.6.3.1-Moyenne des minima du mois le plus froid « m »

Le tableau 23 illustre la répartition des températures moyennes minimales dans les deux forêts pendant les deux périodes de référence.

**Tableau 23 : Valeurs thermiques moyennes minimales en (°C) enregistrées dans les deux forêts**

Forêt	période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
M'Sila	1913-34	<b>8,3</b>	8,6	9,6	11,8	13,5	16,3	19	20	18,3	15	11,1	9,2	13,4
	1971-08	<b>6,7</b>	8,4	9,7	11,7	14,2	17,9	19,5	20,5	18,2	15,2	10,4	8,2	3,5
Zarieffet	1914-38	<b>1,9</b>	2,6	3,8	5,8	9,4	13	18,4	18,7	14,7	10,1	5,7	2,4	8,9
	1975-08	<b>2,5</b>	3,6	4,37	4,75	7,8	12,2	17	18,7	16,5	10,5	4,8	4,7	9

D'après le tableau 23, nous constatons que les contrastes des températures minimales sont visibles à chaque passage du littoral vers les zones d'altitude à cause de la croissance de la continentalité. Dans la forêt de M'Sila, soumise à l'influence régulatrice de la mer, les valeurs de « m » sont nettement supérieures à celles de Zarieffet pour les différentes périodes. Elles enregistrent respectivement au mois de janvier 8,3°C contre 1,9°C (ancienne période) et 6,7°C contre 2,5°C (période récente).

Cette différence est due essentiellement au bourrelet montagneux de l'Atlas Tellien qui diminue fortement le minima « m » en provoquant les gelées ( Seltzer,1946 ; Baldy,1965).

#### IV.6.3.2- Moyenne des maxima du mois le plus chaud « M»

Le tableau 24 laisse apparaître les différentes températures maximales enregistrées dans les des deux forêts pendant les deux périodes.

**Tableau 24 : Valeurs thermiques moyennes maximales (°C) enregistrées dans les deux forêts**

Forêt	période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy.
<b>M'Sila</b>	1913-34	13,9	14,7	16,1	18	20	23	26,5	<b>27</b>	24,9	21,3	17,5	14,8	19,9
	1971-08	17	17,9	19,3	22	22,5	26,5	29,6	<b>30</b>	28	24,7	19,7	16,6	22,5
<b>Zarieffet</b>	1914-38	9,9	11,5	13,8	16,7	20,9	26,3	32,4	<b>32,9</b>	27,4	21,8	14,5	11,2	20,1
	1975-08	12,9	16,3	19,7	20,7	26,7	31	31,2	<b>34,3</b>	28,5	25	16,6	13,2	23

Il ressort du tableau 24 que les maxima sont enregistrés au mois d'août pour les deux forêts. En littoral (M'Sila), les valeurs de 27,0°C et 30,0°C s'avèrent plus clémentes qu'à Zarieffet (32,9°C et 34,3°C). Cela est le fait de l'influence maritime qui compense en partie la menace de sécheresse en maintenant une atmosphère humide favorisant les phénomènes de condensations et de rosées.

Les moyennes annuelles dans les deux forêts sont de l'ordre de 22,5°C en littoral et 23°C en montagne, ce qui représente une différence nette de 2 °C.

#### **IV.6.3.3- Températures moyennes mensuelles et annuelles (T°C)**

Les températures moyennes mensuelles et annuelles sont consignées dans le tableau 25.

**Tableau 25: Températures moyennes mensuelles et annuelles T (°C) dans les deux forêts.**

Forêt	Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy.
<b>M'Sila</b>	1913-34	11,1	11,6	12,8	14,6	17	19,9	22,7	23,5	21,6	18,1	14,6	12	16,6
	1971-08	12	13,1	14,5	16,8	18,4	22,2	24,8	25	23,2	19,1	15	12,4	18,1
<b>Zarieffet</b>	1914-38	5,9	7,7	8,8	11,2	15,2	19,6	25,4	25,8	21,1	16	10,1	6,8	14,5
	1975-08	7,1	9,9	12,1	12,7	17,3	21,6	25,6	24,9	17,8	10,8	10,7	8,9	15,9

D'après le tableau 24, nous constatons que les températures moyennes annuelles en littoral sont de l'ordre de 18,1°C contre 15,9°C à Zarieffet. Le mois de janvier reste en général le mois le plus froid pour les deux forêts (12°C à M'Sila et 7°C à Zarieffet). Le mois le plus chaud est noté par contre en août avec 24,8°C pour la première zone et 25,6°C pour la seconde.

#### **IV.6.4-Synthèse climatique**

La synthèse des données climatiques, nous permet de décrire les caractéristiques du climat qui règne dans les deux forêts. Elle fait appel à plusieurs indices calculés à partir de deux principaux paramètres climatiques ; la température et les précipitations.

##### **IV.6.4.1-Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité :**

L'amplitude thermique extrême moyenne (M-m) est un facteur climatique permettant de définir l'indice de continentalité d'une région donnée et par conséquent définir si elle est sous influence maritime ou continentale. Il permet aussi, à travers ses valeurs, de caractériser le mode de croissance de certaines essences, telle que le chêne liège (Tab.26).

**Tableau 26: Indice de continentalité des deux forêts.**

Forêt	Période	M (°C)	m (°C)	M-m (°C)	Type de climat
Zarieffet	1914- 1938	32,9	1,9	31,0	Semi-continental
	1975- 2007	34,3	2,5	31,8	Semi-continental
M'Sila	1913- 1934	27	8,3	18,7	Littoral
	1971- 2008	30	6,7	23,3	Littoral

En se référant à la classification de Debrach (1953), il apparaît clair que notre zone d'étude jouit de deux types de climat. Le premier à Zarieffet, il est de type semi-continental ( $25^{\circ}\text{C} < \text{M-m} < 35^{\circ}\text{C}$ ) caractérisant la brutalité des contrastes thermiques, par contre à M'Sila est typiquement littoral ( $15^{\circ}\text{C} < \text{M-m} < 25^{\circ}\text{C}$ ) bénéficiant de la brise maritime durant l'année qui adoucit les températures de l'hiver (m) et de l'été (M).

#### IV.6.4.2-Indice de sécheresse estivale :

Cet indice s'exprime par le rapport entre les valeurs moyennes des précipitations estivales P (mm) et la moyenne des maxima du mois le plus chaud M(°C), selon la formule d'Emberger (1942) :

$$I.e = P.E / M$$

**Tableau 27: Indice de sécheresse estivale des deux forêts**

Forêt	Période	(P.E) Pluviosité estivale « mm »	M (°C)	I.e
Zarieffet	1914- 1938	36	32,9	1,1
	1975- 2008	19,4	34,3	0,56
M'Sila	1913- 1934	14	27	0,52
	1971- 2008	6,94	30	0,23

Il ressort du tableau 27 que l'indice de sécheresse est très inférieur à 5 pour les deux forêts. Ceci indique l'appartenance de ces forêts au climat méditerranéen selon la grille de Daget (1977) mais à sécheresse bien avancée.

#### IV.6.4.3-Etage de végétation ou zonation altitudinale

Selon les travaux d'Emberger (1930), Quezel (1976-2000), Rivas Martinez (1982) et M'hirit (1993) sur la répartition de la végétation méditerranéenne, les étages de végétation auxquels appartient chaque essence sont définis selon trois variables : les gradients thermiques T(°C), m(°C) et l'altitude m(°C) (Tab.28).

**Tableau 28: Etage de végétation du chêne liège dans les deux forêts**

Forêt	Période	T (°C)	m (°C)	Altitude moyenne (m)	Etage de végétation
Zarieffet	1914- 1938	14,5	1,9	1066	Mésoméditerranéen
	1975- 2008	15,9	2,5	1066	
M'Sila	1913- 1934	16,6	8,3	350	Thermoméditerranéen
	1971- 2008	18,1	6,7	350	

Le chêne liège de la forêt de Zarieffet correspond à l'étage mésoméditerranéen ( $0 < m < 3^{\circ}\text{C}$  ;  $12 < T < 16^{\circ}\text{C}$  et  $600 < \text{alt.} < 1200\text{m}$ ). En revanche, à M'Sila il s'intègre dans l'étage de végétation thermoméditerranéen ( $m > 3^{\circ}\text{C}$ ,  $T \geq 16^{\circ}\text{C}$  et  $\text{alt.} < 600\text{m}$ ).

#### IV.6.4.4-Indice de DE MARTONNE :

De Martonne (1926) a défini un indice d'aridité utile pour évaluer l'intensité de la sécheresse, exprimée par la relation suivante :

$$I = \frac{P}{(T + 10)}$$

P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Cet indice permet d'étudier spécialement les rapports du climat avec la végétation forestière et de positionner la station d'étude dans un climat précis (Tab.29).

**Tableau 29: Indice de De MARTONNE dans les deux forêts**

Forêt	Période	I (mm/°C)	Type de Climat
Zarieffet	1914- 1938	29,01	Zone tempérée à drainage extérieur
	1975- 2008	21,85	Zone tempérée à drainage extérieur
M'Sila	1913- 1934	18,83	Semi-aride sec à écoulement temporaire
	1971- 2008	14,04	Semi-aride sec à écoulement temporaire

A Zarieffet, l'indice de De Martonne se décline graduellement de 29 mm/°C durant l'ancienne période à 22 mm/°C durant la récente. Ceci, classe cette forêt comme une zone tempérée à drainage extérieur d'où l'existence de conditions plus favorables pour la végétation ligneuse.

En parallèle, à M'Sila, cet indice rétrograde de 18,83 à 14,04 mm/°C, il positionne cette zone sous un climat semi-aride sec à écoulement temporaire. Ce régime induit la présence de formations arbustives réduites ou reliques car le stress hydrique est important avec prédominance des formations herbacées annuelles et/ou vivaces (Fig.42).



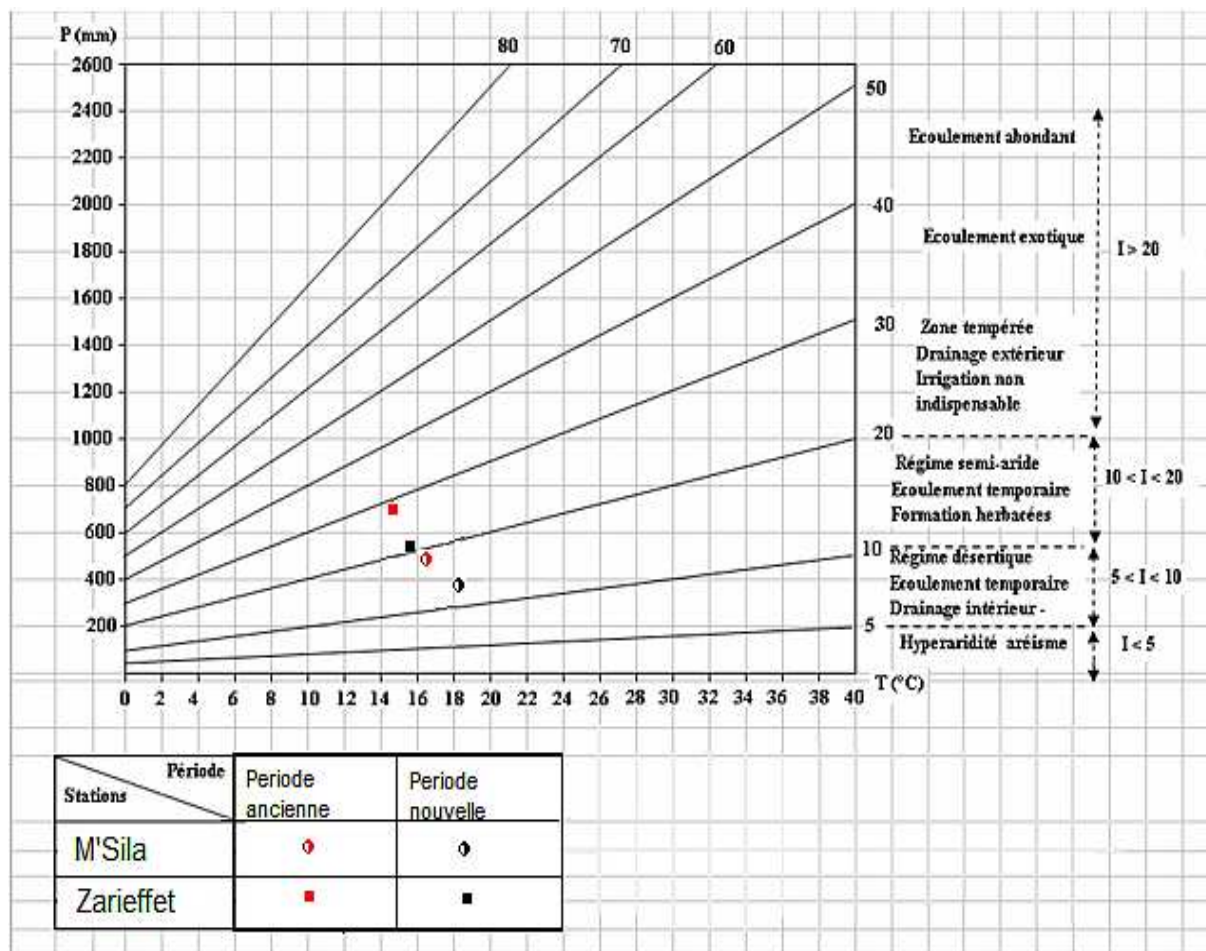


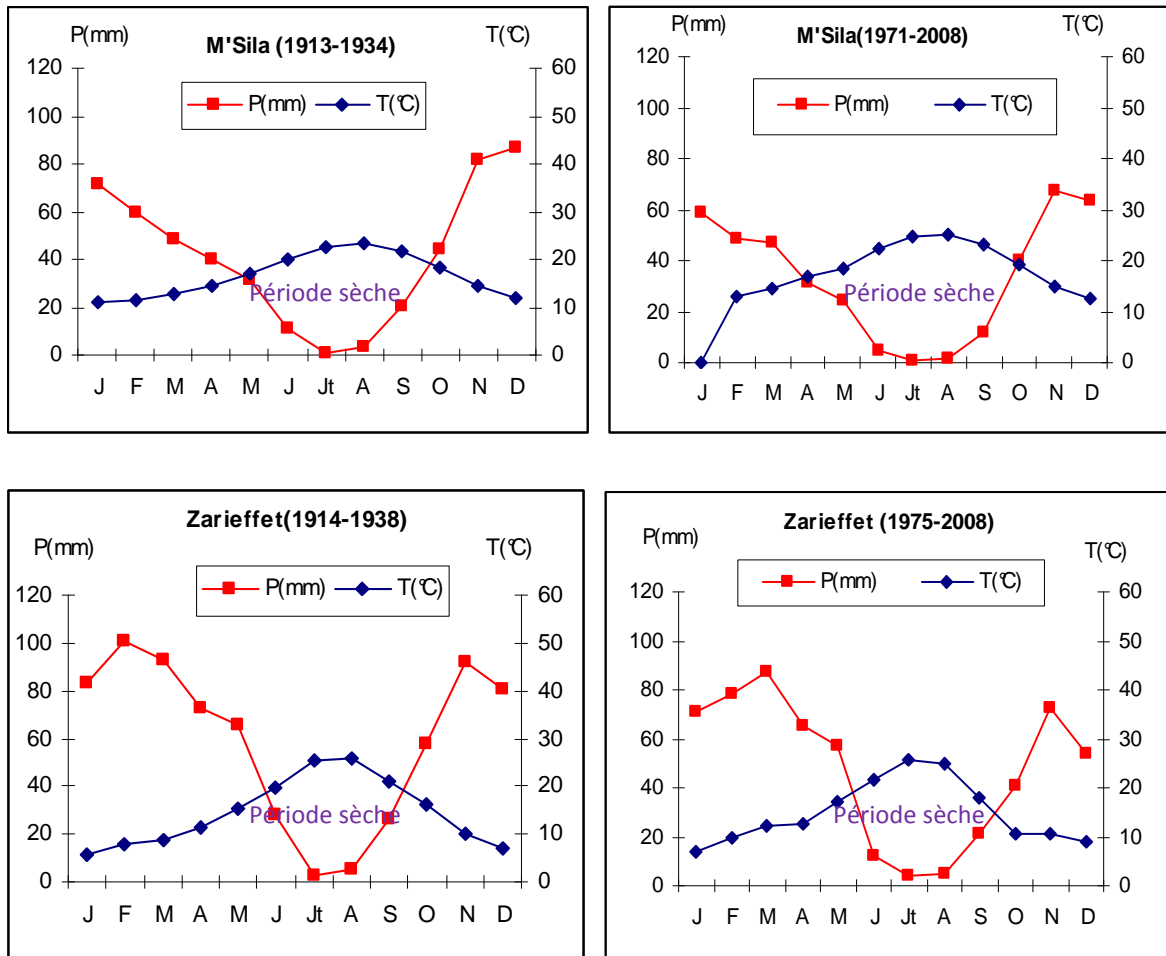
Figure 42 : Indice d'aridité de De Martonne pour les deux forêts

#### IV.6.4.5-Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen :

Gaussen et Bagnouls (1953) ont défini comme mois sec, celui où la somme des précipitations moyennes exprimées en (mm) est inférieure au double de la température moyenne de ce mois ( $P \leq 2T$ ).

Ils proposent un modèle de représentation graphique où ils juxtaposent les températures et les précipitations. La sécheresse se manifeste alors lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière (Fig.43).

A ce sujet, Emberger (1942) précise : « un climat peut être méditerranéen, possédant une courbe pluviométrique caractéristique de cette région, sans l'être écologiquement ni biologiquement, si la sécheresse estivale n'est pas accentuée ».



**Figure 43: Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен (1953) des deux forêts**

L'examen des diagrammes ombrothermiques montre que dans les deux zones d'étude la séquence sèche est bien marquée :

- Pour la période (1913-1938), la forêt de M'Sila accuse 5 mois de sécheresse (mai au début d'octobre), par contre pour la nouvelle période (1971-2008), la sécheresse perdure du mois d'avril au début d'octobre.

- A Zariéffet, la sécheresse comptabilise 4 mois, de juin à la mi-septembre (ancienne période) et du mi-mai à la mi-septembre (nouvelle période).

#### IV.6.4.6-Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger :

La classification la plus souvent utilisée pour caractériser le climat méditerranéen d'une localité a été élaborée par Emberger (1939). Celle-ci utilise un diagramme bidimensionnel dans lequel la valeur du « *Quotient pluviothermique* » est reportée en ordonnée et la moyenne du mois le plus froid « m » de l'année en abscisse.

La représentation d'un ensemble de stations de la région biogéographique méditerranéenne a permis de délimiter quatre zones climatiques : l'aride, semi-aride, sub-humide et humide. Le positionnement sur tel diagramme a été formulé de la façon suivante :

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

**P** : moyenne des précipitations annuelles (mm)

**M** : moyenne des maxima du mois le plus chaud ( $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.2$ )

**m** : moyenne des minima du mois le plus froid ( $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.2$ ).

Le calcul de ce quotient (Tab.30) nous a permis de positionner nos deux forêts dans les étages correspondants (Fig.44).

**Tableau 30: Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques des deux forêts**

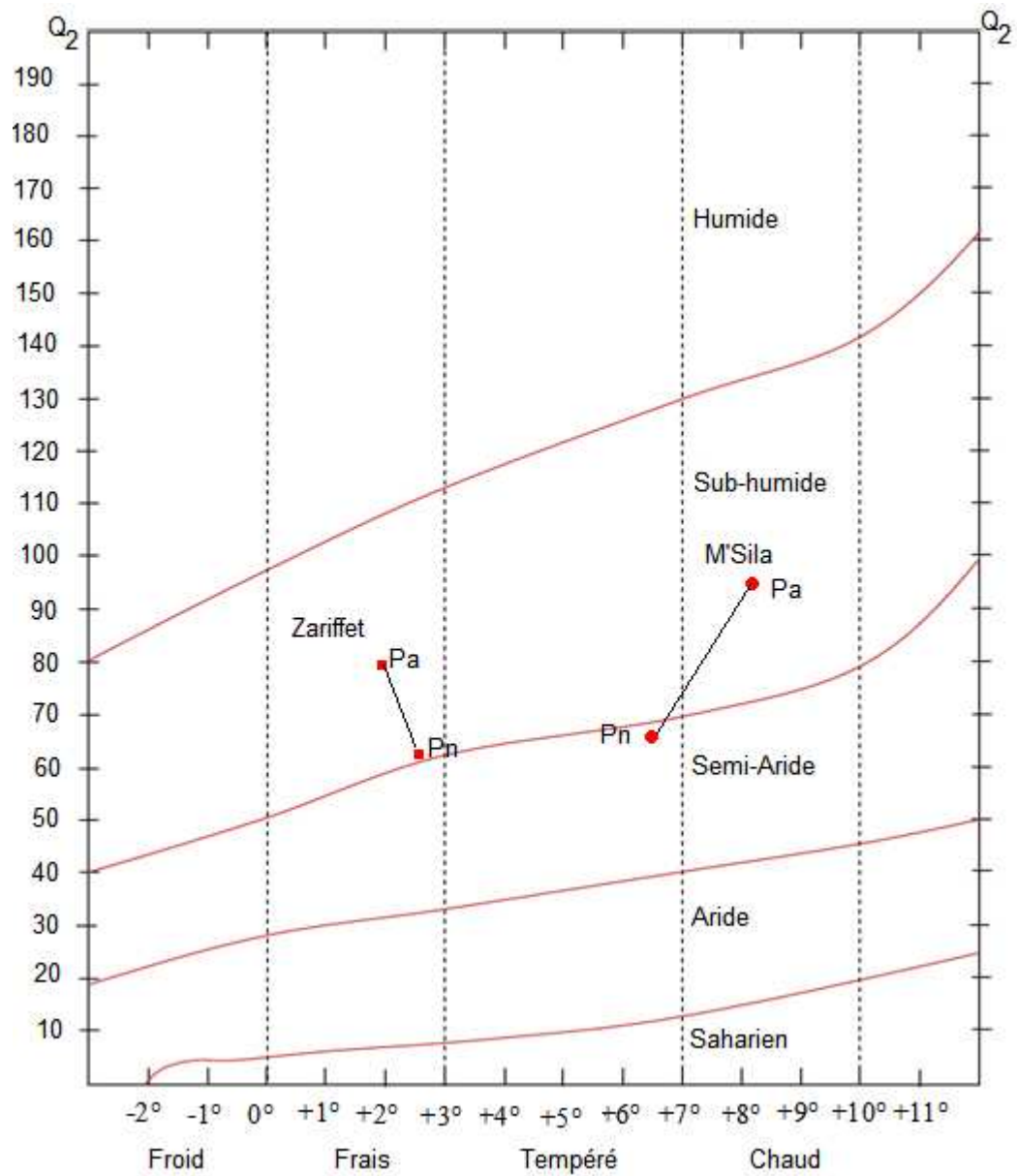
Forêt	Période	P mm	M ( $^{\circ}\text{C}$ )	m ( $^{\circ}\text{C}$ )	Q2	Etage bioclimatique	Variante thermique
Zarieffet	1914-1938	709,00	32,9	1,9	78,81	Sub- humide supérieur	Frais
	1975-2007	568,00	34,3	2,5	58,81	Sub- humide inférieur	Frais
M'Sila	1913 - 1934	501,00	27	8,3	92,11	Sub- humide inférieur	Chaud
	1971 - 2008	399,2	30	6,7	58,07	Semi-aride supérieur	Doux

Il ressort de ce climagramme que notre zone d'étude se distingue de deux types de bioclimat :

- un bioclimat ou ambiance bioclimatique **semi-aride** en littoral caractérisé par une hauteur pluviométrique variant entre 350 et 400 mm et une température moyenne moins élevée. En effet, sous l'influence de la sécheresse, la forêt de M'Sila est passée de l'étage bioclimatique sub-humide inférieur en période ancienne à l'étage semi-aride en période actuelle. L'hiver est doux favorisé par des températures minimales clémentes qui permettent de sauvegarder la vitalité des peuplements de chêne liège.

- un bioclimat **sub-humide** recevant plus d'eau que le précédent (>600mm). Dans ce massif, le climat converge actuellement vers un sous étage inférieur voire **semi-aride supérieur** avec des quantités annuelles de pluies oscillant entre 500 et 600mm. La température minimale est toujours inférieure à  $3^{\circ}\text{C}$  caractérisant un hiver frais.

D'une façon générale, nous constatons à travers cette analyse, que cette région a subi un changement bioclimatique notable par rapport à la période ancienne : les précipitations ont diminué de 10 à 20 % et les températures ont augmenté. Ce changement, déjà signalé par nombreux auteurs pour la région ouest (Quézel, 2000) a nettement accentué le caractère « aride » dominant dans cette région.



**Figure 44: Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger des deux forêts au cours de la période ancienne (Pa) et récente (Pn)**

## IV.7- Description forestière

La suberaie de M'Sila couvre actuellement 460 ha (C.F.W.O., 1996) alors qu'elle comptait jadis environ 1100 ha (Boudy, 1955), soit une réduction de 58 %.

Outre le chêne-liège, essence dominante, nous y trouvons aussi des peuplements purs de pin d'Alep issus de différents semis réalisés presque annuellement entre 1888 et 1898 à l'ouest du canton Guedara et d'autres essences secondaires telles que le cyprès (A.E.F.C.O, 1914), le pin maritime et l'eucalyptus, qui toutes proviennent de travaux de reboisement.

Les peuplements du chêne-liège sont actuellement localisés essentiellement dans les cantons de M'Sila, Cheikh Ben Khalifa et avec un degré moindre à Guedara, Belhadi (Djorf Halia), Messabiah et Oued Hassan (C.F.W.O., 1996).

C'est une vieille futaie naturelle, de structure jardinée, à un âge moyen supérieur à 120 ans. Les arbres de plus de deux siècles y sont assez fréquents. La densité du peuplement est variable. Elle varie en général de 100 à 200 sujets à l'hectare et parfois beaucoup moins (< 80 tiges/ha) par endroits à la suite des incendies. Les parcelles de forte densité (400 tiges/ha), sont issues de différents reboisements (Bouhraoua, 2003). Le cortège floristique accompagnant le chêne liège se compose essentiellement de :

*Pistacia lentiscus*, *Phillyrea angustifolia*, *Daphne gnidium*, *Ampelodesma mauritanica*, *Chamaerops humilis*, *Arbutus unedo*, *Asparagus acutifolius*, *Smilax aspera*, *Hedera helix*, *Lonicera implexa*

La forêt de Zarieffet couvrait initialement une superficie totale d'environ 990 ha dont près de la moitié (453 ha) était occupée par les essences principales (chêne-vert et chêne-liège) et le reste par des broussailles d'essences secondaires (246 ha) et les vides (291 ha) (A.E.F.C.O., 1914).

Elle est divisée en quatre cantons (Zarieffet, Aïn Mardjen, Guendouza et Fernana). Le chêne liège occupait la grande partie, soit 60%, (C.F.W.T., 1996).

Boudy (1955) attribuait une composition de 8/10 à des peuplements denses de chêne liège dépassant les 100 ans, issus de souches et de taillis médiocres et de chêne zéen (1/10) ainsi que de chêne vert (1/10).

Après l'indépendance, la forêt était sujette à de nombreux problèmes dictés surtout par l'homme ; sa physionomie régressive change périodiquement sous l'action des incendies. La régénération naturelle par semis est faible à inexistante partout, en raison de divers facteurs (absence de glands, sécheresse, abondance du maquis, incendie, etc.). Actuellement la forêt constitue un matorral clair riche en espèces épineuses et en arbustes de plus de 2 m de haut, recouvrant entre 25 et 50 % du sol. Elle bénéficie depuis 2002 d'un vaste programme de réhabilitation sur 500 ha (C.W.F.T., 2008).

Parmi le sous bois accompagnant le chêne liège, nous trouvons essentiellement : *Phillyrea angustifolia*, *Calycotome intermedia*, *Olea europea*, *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *Cistus ladaniferus*, *Cystisus triflorus*, *Cistus salvaefolius*, *Lavandula stoechas* et *Asphodelus microcarpus*.

## IV.8 - Production subéricole

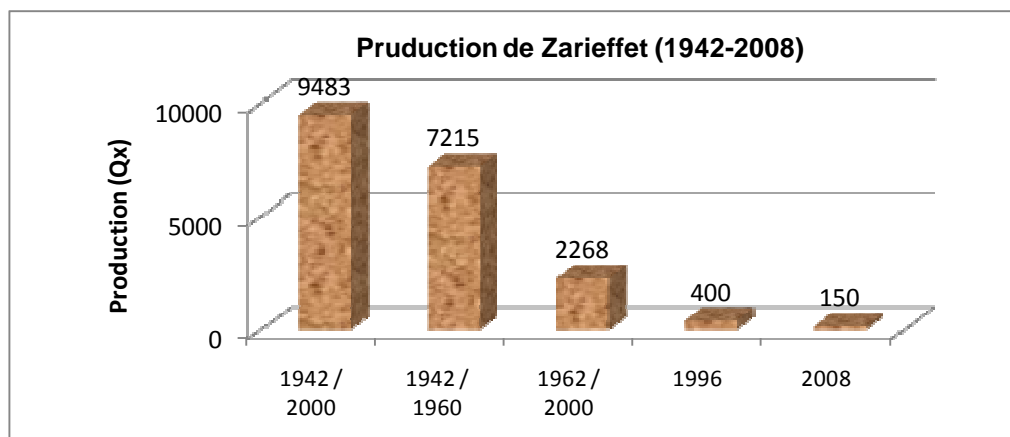
La production du liège en région oranaise a connu deux grandes périodes de fluctuation bien distinctes. La 1<sup>ère</sup>, coloniale, caractérise l'époque où le liège exploité était complètement exporté en France pour approvisionner leurs industries de transformation de liège. Durant cette période, ce produit était récolté à rotation régulière de 10 ans ou moins et avec

beaucoup de soins. Nous notons, en effet, une production annuelle moyenne d'environ 1 500 Qx entre 1898 et 1915 (soit 1,7 % du total national) pour passer à 3 000 Qx entre 1939 et 1951 (1,3% du total national). Les 4/5 de ce volume étaient représentés par le liège marchand. Chaque arbre donnait un poids moyen de liège sec de 7kg (Marc, 1916). Cette production abondante s'explique par les soins culturaux nécessaires apportés aux peuplements (travaux d'assainissement, débroussaillage, protection contre les incendies, extension du peuplement par reboisement, etc.).

La seconde, post indépendance, correspond à une situation qui a pris un itinéraire toute à fait inverse en raison de la chute spectaculaire de la production subéreuse. Les statistiques (1962 -2000) montrent alors un volume annuel moyen de l'ordre de 500 Qx. Nous tenons à signaler que les premières récoltes n'ont commencé, dans cette région, qu'au début des années 1970.

#### ***IV.8.1-La forêt de Zarieffet***

Cette forêt a fourni entre 1897 et 1996, soit en 99 ans, un volume total de liège de reproduction d'environ 28300 Qx. Cette production représente un rendement moyen annuel de 535 Qx. Les premières récoltes (1887-1913) résultant de la politique de mise en valeur adoptée par l'administration coloniale s'élevaient à 5320 Qx. Le maximum de la production a été atteint entre 1914 et 1938 avec un total de 12417 Qx. Ceci constitue 43 % du liège marchand récolté dans cette forêt. Durant cette période les quantités de liège mâle et rebut ne totalisaient respectivement que 907 Qx et 302 Qx. C'est au courant de la période de la seconde guerre mondiale et la guerre de la libération nationale que se sont produites les extrêmes de cette production : 1954 Qx en 1948 et 42 Qx en 1950. Le reste de la production (2767 Qx) est reparti entre le liège mâle (2020 Qx), le liège de rebut (747Qx) et le liège flambé (48 Qx) (Fig.45).



**Figure 45: Evolution périodique de la production du liège dans les deux forêts (C.W.F.T., 1996 et 2008)**

Après l'indépendance, les travaux d'exploitation ont repris en 1972 touchant 7197 arbres sur une superficie de 625ha. La production globale des lièges femelle et mâle avoisinait 750 Qx et 430 Qx respectivement. Depuis les années 80, la forêt n'a cessé d'enregistrer ses plus faibles volumes pour diverses causes (incendies fréquents et accidents climatiques). Durant les campagnes de 1981 à 1984 la production totale du liège de reproduction était de l'ordre de 1890 Qx.

Par ailleurs, la dernière année d'exploitation remontant à 1996 a fourni une quantité de l'ordre de 635 Qx de liège marchand et 85 Qx de liège mâle. Le reste de la récolte touché par l'incendie de 1994 a englobé un volume de 790 Qx de liège flambé.

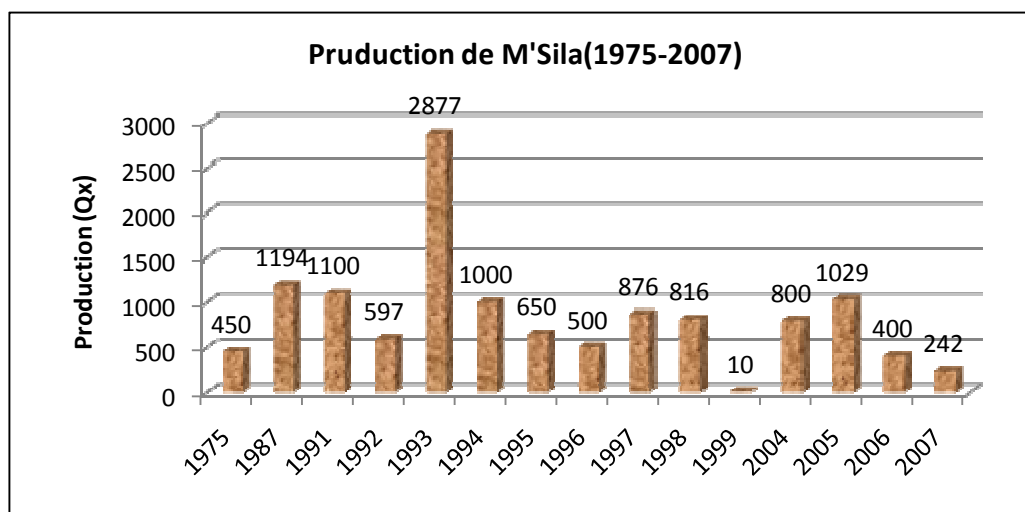
Les incendies qu'a vécu la forêt en 2007 ont influé négativement sur la production de liège ne dépassant guère 200 Qx de liège marchand. En 2008, l'exploitation du liège a fourni 400Qx de liège tout venant dont 150Qx de liège marchand (C.F.W.T., 2008).

#### **IV.8.2-La forêt de M'Sila**

De 1883 à 1960 (soit en 78 ans), la forêt de M'Sila a produit environ 35 000 Qx de liège (tout venant) en 68 campagnes soit une moyenne annuelle de 540 Qx et un rendement annuel de 0,9 Qx à l'hectare (Fig.50). Le démasclage a commencé en 1883 et s'est achevé en 1938 : Un total d'environ 4 900 Qx (11% du total) a été enlevé au cours de deux périodes bien distinctes (1883-1914 et 1927-1938) avec une moyenne de 150 Qx par an.

Le liège de reproduction, le plus recherché, a été levé au cours de 58 campagnes avec un volume moyen de 500 Qx par an. Le reste de la production (1900 Qx) provenait des différents autres lièges, rebut et déchets (1 648 Qx) fréquemment récoltés à partir de 1901 et du liège flambé (260 Qx) récolté en 1931, 1932, 1940 et 1945. Chaque récolte donnait alors une quantité moyenne de 45 Qx.

Après l'indépendance, les travaux d'exploitation du liège n'ont commencé qu'en 1975 avec une récolte de 450 Qx puis les opérations se sont suspendues à cause de la mortalité des arbres. Durant l'année 1987 la production a atteint 1194 Qx(Fig.46).



**Figure 46 : Evolution périodique de la production du liège dans la forêt de M'Sila (C.W.F.O., 2007)**

C'est à partir de 1991 jusqu'à 2007 que la production a pris un rythme régulier enregistrant un total liège de l'ordre de 10586 Qx dont 8026 Qx de liège femelle (C.W.F.O., 2007).

## **IV.9- Incendies**

Un climat générateur de sécheresse et d'aridité et une forte anthropisation humaine constituent deux principaux facteurs de déclenchement des incendies, notamment en suberaies Oranaises. Les données recueillies auprès des services des forêts des deux wilayas (C.W.F.O., 2007 et C.W.F.T. ,2008) fournissent peu d'informations au sujet des superficies de chêne-liège détruites par le feu.

A M'Sila, malgré sa localisation proche de certaines agglomérations, la forêt a été toujours à l'abri du danger des incendies. Les chiffres convoités près des services de forêts concernés font état de 365 ha incendiés entre 2001 à 2005 (M'Sila) et 500 ha entre 2001 à 2007 (Zarieffet).



---

**Chapitre V**  
***Methodologie du travail***

---

## V.1- Problématique et principaux objectifs de l'étude

L'actuelle tendance de l'économie nationale vers une économie de substitution de la rente pétrolière par d'autres secteurs plus rentables comme les produits issus de la forêt constituent un grand déficit pour les responsables, les industriels, les producteurs et les chercheurs spécialistes. Dans cette optique, le liège constitue depuis l'époque coloniale le seul produit soutenable de la forêt algérienne, aux convoitises toujours à la hausse à travers le monde. A titre d'indication, il détient 20,5% des exportations du Portugal (Quelinis, 2008).

La vocation subéricole de l'Algérie n'est plus à démontrer, longtemps classée en deuxième rang après le Portugal avec une production moyenne de 40000 tonnes/an (Natividade, 1956). Actuellement les efforts des responsables du secteur convergent vers une revitalisation de cette richesse afin d'atteindre les productions records des années 1965 soit un tonnage moyen annuel de 30000 tonnes (FOSA ,2007).

Cette revalorisation du patrimoine subéricole comme un produit forestier susceptible de stimuler le trésor public doit impérativement passer par la connaissance parfaite de cette précieuse matière. Dans ce contexte, l'arbre de chêne liège constitue le catalyseur de cette politique. Malheureusement, notre essence souffre de dépérissement, d'abondant et de mutilations à tous les niveaux, qui se sont traduits par une chute très marquée de la superficie, de la production et de la qualité. Pour les industriels et les transformateurs du liège, la suberaie doit fournir tous les années une quantité de liège de qualité permettant le fonctionnement continue de leurs unités de transformation. Pour le producteur et le scientifique, cette équation est tributaire de l'état de vigueur de l'arbre et des facteurs du milieu sur lesquels le sujet végète.

Entre ces deux tendances très contradictoires, s'insèrent une autre réalité, liée particulièrement à l'estimation qualitative de ce produit. Ce secteur comptabilise, un retard très important en matière de technologie du liège à travers ses deux variantes :

- Analyse qualitative du liège sur arbres et aux dépôts.
- Classification commerciale des planches avant la vente.

En effet, notre liège n'applique plus les normes de classification internationale ; des centaines de piles de liège sont vendus annuellement depuis les dépôts de stockage sans la moindre analyse de qualité. Les prix de vente entrent dans des surenchères infinies qui finissent soit par son stockage illimité dans les dépôts, ce qui va influencer de nouveau sur sa qualité soit par la vente de la récolte à des médiateurs à un prix bas et, somme toute, il atterrit aux dépôts des entreprises internationales de transformations , très protégées par une spirale de réseaux de certification et autres systèmes draconiens de contrôle de qualité .

Le rôle du scientifique ne peut être un simple observateur, il doit acquérir cette technologie et la maîtriser. La sauvegarde de l'essence passe avant tout par l'organisation de la filière liège depuis l'exploitation du produit en forêt à la sortie de l'usine. C'est un acheminement à bases scientifiques qui doit soutenir ces étapes à l'instar des autres pays producteurs (Portugal, Espagne et Italie). Le but visé est de contrôler le produit lui-même pour mieux définir son prix et faciliter sa commercialisation et par conséquent d'établir les notions de base de contrôle de la qualité du liège algérien.

L'objectif escompté de cette étude se base essentiellement sur l'identification et l'évaluation des causes éventuelles qui influent négativement sur les accroissements annuels du liège, et par conséquent la qualité du suber. Il s'agit particulièrement de la dégradation de l'état sanitaire des arbres, connu sous la notion de « dépérissement ».

## V.2-Plan d'échantillonnage

### V.2.1-Choix des parcelles

Le choix des parcelles de notre étude s'intègre déjà dans le réseau de surveillance de l'état sanitaire des suberaies installé depuis 1999 par Bouhraoua (2003) en région oranaise et en particulier dans les deux forêts (M'Sila et Zariéffet).

Ce système de monitoring des forêts et du phénomène du dépérissement des arbres existe dans de nombreux pays et concerne divers types de forêts et zones climatiques à travers 120 exemples mondiaux documentés (Jump et Peñuelas, 2006 ; Allen, 2009).

En région méditerranéenne, les exemples de contrôle avancé de la santé des chênes et du chêne liège en particulier existent partout, notamment en Espagne (Montoya Oliver et Meson Garcia, 1995), en France (Becker et Levy, 1983), en Sardaigne (Sechi *et al.*, 2002 ; Angelo Ruiu *et al.*, 2010), en Tunisie (Ben jamâa *et al.*, 2005) ; au Maroc (Assali, 2009), au Portugal (Conceição Barros *et al.*, 2002) et en Algérie (Bouhraoua, 2003).

Nous avons installé neuf parcelles dont six dans la forêt domaniale de M'Sila (P1 à P6) et trois dans la forêt domaniale de Zariéffet (P7 à P9). La superficie des parcelles varie entre 1 à 2,5 hectares (selon les corrections effectuées par le planimètre de Google), très conditionnée par le nombre d'arbres numérotés depuis 1999 et mis en valeurs (Fig.47). Ces derniers ont été choisis sans tenir compte de leur état sanitaire apparent.

En revanche, ce choix s'avère très représentatif par rapport aux divergences de ces parcelles de point de vue situation géographique, conditions climatiques et structures des peuplements.

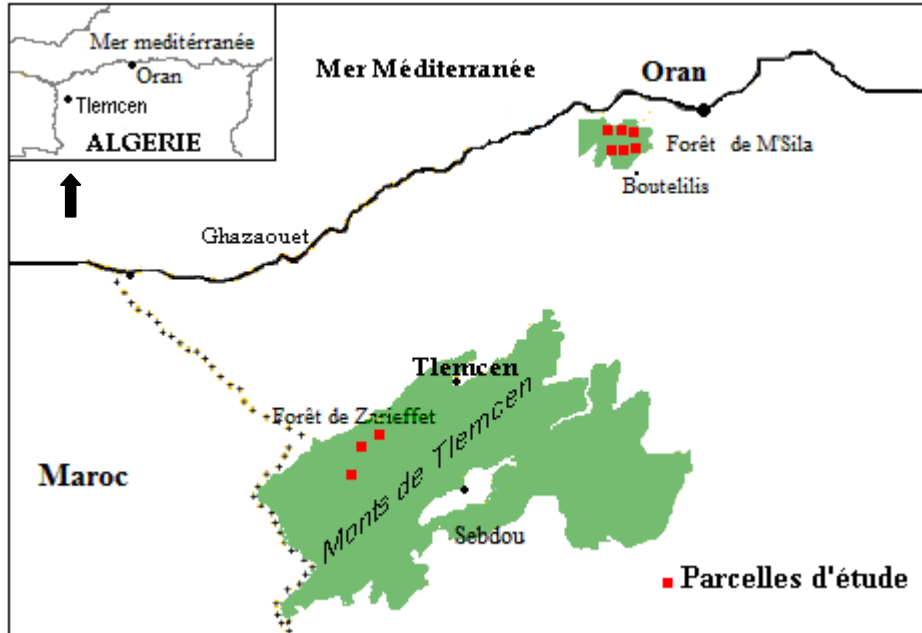


Figure 47: Répartition des parcelles d'étude dans le réseau régional de surveillance et de suivi de l'état de santé du chêne-liège (Original)

## V.2.2-Caractéristiques des parcelles d'étude

Afin de mieux caractériser nos parcelles, des paramètres d'ordre descriptif et dendrométrique ont été effectués, regroupant les relevés liés aux arbres d'une part et ceux des parcelles d'autres parts.

### V.2.2.1-Relevés géographiques et topographiques

Ils évoquent des informations précises sur la localisation des parcelles tels que le lieu dit du canton, les coordonnées Lambert, la distance à la mer, la topographie du terrain, l'exposition, la pente, l'altitude, etc.).

### V.2.2.2 -Relevés sylvicoles

Ils nous renseignent sur les différentes interventions marquées dans la forêt. Il s'agit des opérations sylvicoles, fréquentation humaine, régénération, aménagement etc. D'autres relevés sont notés sous forme de mesures ou d'observations visuelles (Tab.31).

**Tableau 31: Principaux descripteurs de relevés sylvicoles des parcelles**

Descripteurs	Notes
Age	1 (jeune : 40 ans à 70 ans, $\varnothing = <70\text{cm}$ ), 2 (adulte : 70 à 90 ans, $\varnothing = 70\text{-}109\text{cm}$ ) et 3 (vieux : $> 90$ ans, $\varnothing = >110\text{cm}$ ).
Sous-bois	1(nul) ,2(réduit) 3(moyen) ,4(dense mais pénétrable), 5(dense et impénétrable)
Régénération	1(aucune) ,2(rare) ,3(moyenne) ,4(forte)
Fréquent. humaine	1(nulle) ,2(faible) ,3 (moyenne) ,4(forte)
Pâturage	1(nul) ,2(faible) ,3(moyen) ,4(abondant)
Concurrence	1(nulle) ,2(faible) ,3(moyenne) ,4(forte)

### V.2.2.3- Relevés climatiques

L'étude de la relation entre les accroissements annuels du liège et les conditions climatiques (pluies) ne peuvent être mise en évidence que par une connaissance parfaite de la chronologie du climat qui a régné dans les deux forêts depuis la dernière exploitation du liège. A cet effet, les valeurs des hauteurs de pluies ainsi enregistrées concernent la période 1999/2008 pour les deux forêts. La pluviométrie coïncidant avec l'année des accroissements incomplets n'a pas été prise en compte pour l'ensemble des parcelles.

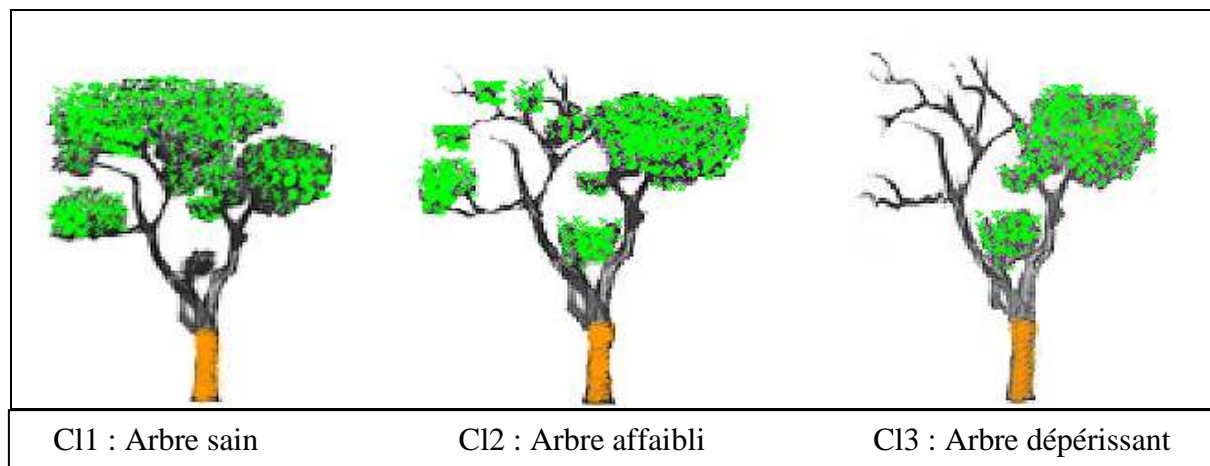
### V.2.2.4-Relevés sanitaire des parcelles d'études

La défoliation ou le « *déficit foliaire* » traduit la perte éventuelle de feuilles dans la partie fonctionnelle de la cime (Fig.48). C'est un indicateur largement employé en Europe pour évaluer l'état sanitaire des arbres forestiers (D.S.F., 1991). Elle est notée en saison estivale en examinant les ramifications de l'arbre en lui attribuant une des classes suivantes correspondant à une catégorie sanitaire (Bouhraoua & Villemant, 2002) :

- 1 : arbres sains (déficit foliaire  $< 25\%$ ),
- 2 : arbres affaiblis ( $25 < \text{déficit foliaire} < 60\%$ ),

- 3 : arbres dépérissants (déficit foliaire > 60%),
- 4 (100% arbres morts ou secs)

L'évaluation sanitaire de chaque arbre est effectuée sur la base d'un suivi annuel. Dans notre cas il s'étend de 1999 à 2008.



**Figure 48: Illustration explicative des classes de défoliation des arbres de chêne liège (Original)**

En revanche, la détermination de l'état de santé général des parcelles d'étude a été réalisée selon l'indice de santé « IS ». Cet indice a été déjà utilisé pour le sapin et l'épicéa par Bouvarel (1984) et modifié puis adapté au chêne-liège par Bouhraoua (2003). Il est calculé à partir de la formule suivante:

$$IS = \frac{(n_1 \cdot P_1) + (n_2 \cdot P_2) + (n_3 \cdot P_3) + (n_4 \cdot P_4) + (n_5 \cdot P_5)}{N}$$

$n_i$ : Nombre d'arbres de la classe  $i$  de défoliation

$P_i$ : Poids de la classe  $i$  (1 si  $i=1$  ; 2 si  $i=2$  etc.)

$N$ : Effectif total d'arbres observés dans la parcelle

Nous distinguons 4 niveaux d'état sanitaire en fonction des valeurs obtenues (Tab.32)

**Tableau 32: Principales catégories de santé du peuplement du chêne-liège prises en compte en fonction de « IS » (Bouhraoua, 2003)**

Indice de santé« IS»	Statut sanitaire du peuplement
Is <1,59	Non dépérissant ou sain
1,60<Is<2,0	En début de dépérissement
2,1<Is<2,59	En dépérissement assez grave
Is >2,60	En dépérissement grave ou fortement dépérissant

### ***V.2.3-Choix des arbres échantillons pour les prélèvements du liège***

Le choix des arbres échantillons formant la parcelle a été effectué d'une manière aléatoire. A partir du premier arbre (numéroté) rencontré dans le peuplement, le reste est sélectionné par la méthode du plus proche voisin sans tenir compte ni de leur l'état de santé et ni de leur taille (Bouhraoua, 2003).

Les arbres retenus pour le prélèvement du liège ont été choisis au hasard dans la parcelle. Ils sont subis un contrôle minutieux de leur partie basse à 1,30 m du sol. Nous avons pris en considération, la rectitude du tronc et l'absence d'anomalies de croissance sur le fût. Nous nous sommes intéressés aux seuls arbres ayant un liège mûre et potentiellement valorisables dont la hauteur de démasclage est  $\geq 1,30$  m et dont la croûte du liège se montre fissurée et moins lisse (Ferreira *et al.* 2000; Ruiu Pino *et al.*, 2002; Bouhraoua, 2003).

La conduite de l'échantillonnage (évaluation sanitaire et coupe de liège) s'est déroulée en période estivale, généralement en juillet, soit après la fin de la feuillaison selon les normes du Réseau Européen (Nageleisen *et al.*, 2000). Le tableau 33 résume le nombre d'arbres pris en considération durant les trois années d'échantillonnage (2006-2007-2008).

**Tableau 33: Nombre d'arbres retenus pour les prélèvements de liège dans les deux forêts entre 2006 et 2008**

Forêts	N° Parcelle	2006	2007	2008	Total
M'Sila	1	8	6	6	20
	2	5	8	7	20
	3	6	8	6	20
	4	7	6	7	20
	5	7	6	7	20
	6	7	6	7	20
	Total		40	40	40
Zarieffet	7	13	13	14	40
	8	13	14	13	40
	9	14	13	13	40
	Total		40	40	40
Total	9	80	80	80	240

Le nombre total des arbres échantillons englobe 240 sujets pris au hasard dans les 9 parcelles, soit 120 arbres par forêt représentant une moyenne de 80 arbres-échantillons par année.

### ***V.2.4- Relevés caractéristiques des arbres échantillons***

Les diverses mesures relatives aux arbres échantillons concernent en particuliers les mesures dendrométriques, les relevés d'exploitation du liège en plus de la détermination de l'état sanitaire des ces essences. Ces mesures sont réparties par classes et consignées dans le (Tab.34).

**Tableau34: Principales classes de relevés dendrométriques, d'exploitation et d'état sanitaire des arbres des échantillons**

Type de relevés	Description	Classe
Dendrométrique	Circonférence	1(<69 cm), 2(70-109 cm), 3(110-149 cm), 4 (150-189 cm), 5(>190 cm)
Exploitation	Hauteur d'écorçage	1(aucun), 2 (<1,5m), 3(1,5-2,4m), 4(2,5-3,5m), 5(>3,5 m)
	Nombre d'écorçage	1(aucun), 2(1écorçage), 3(2écorçages), 4(3écorçages), 5(4écorçage et plus)
	Ancienneté du dernier écorçage	1(aucun), 2(1992), 3(1993) , 4(1996), 5(1997), 6(1998)
	Coefficient d'écorçage	1(aucun), 2(<1,5 ), 3(1,5-2,4), 4(2,5-3,5), 5(>3,5)
Etat sanitaire	Défoliation	1 (<25% arbre sain), 2 (25-60% arbre affaibli), 3 (>60% arbre dépérissant).

#### V.2.4.1-Relevés dendrométriques :

Ils matérialisent les mesures des circonférences du tronc prises à 1,30 m du sol au moyen d'un mètre ruban et d'un compas forestier.

#### V.2.4.2-Relevés d'exploitation :

Ils permettent de décrire la qualité de l'exploitation du liège appliquée à chaque arbre. Nous considérons en général le nombre d'écorçage (à partir du nombre de couches du liège visibles sous le liège mâle), la hauteur d'écorçage (dernière levée), l'ancienneté du dernier écorçage (dernières années de l'exploitation sont tirées des archives forestiers), le coefficient d'écorçage « Cd » calculé à partir de la formule suivante (Boudy, 1950 ; Natividade ,1956) :

$$Cd = \frac{\text{Hauteur démasclée}}{\text{Circonférence à 1.30m}}$$

#### V.2.4.3- Relevés d'état sanitaire :

L'évaluation de l'état sanitaire final des arbres échantillons a été réalisée d'une manière séparée (intimement liée à l'année d'échantillonnage) puis complétée par les années antérieures de notations, depuis la première année de l'installation du réseau au niveau des deux forêts.

En effet, nous avons regroupé ces notations de défoliation en trois lots pour les deux provenances, selon l'ordre suivant :

- **Evaluation sanitaire durant l'année d'échantillonnage**
  - 1<sup>er</sup> lot : Notation des 80 arbres-échantillons de l'année 2006.
  - 2<sup>ème</sup> lot : Notation des 80 arbres-échantillons de l'année 2007.
  - 3<sup>ème</sup> lot : Notation des 80 arbres-échantillons de l'année 2008.

- **Etude de l'état sanitaire des arbres échantillons durant les années antérieures**  
 1<sup>er</sup> lot : Période 1999-2006.  
 2<sup>er</sup> lot : Période 1999-2007.  
 3<sup>er</sup> lot : Période 1999-2008.

### V.3-Etude de la technologie du liège

La technologie du liège est une branche très importante de la filière liège. Ce domaine s'intéresse de près aux différentes techniques visant à analyser macroscopiquement et microscopiquement le liège dans le but de cerner les diverses propriétés physiques et mécaniques qui règlent sa croissance et qui en même temps agissant sur sa qualité. Cette science fait appel à d'autres disciplines telles que l'anatomie, la physiologie végétale, les tests non destructives et l'analyse d'image.

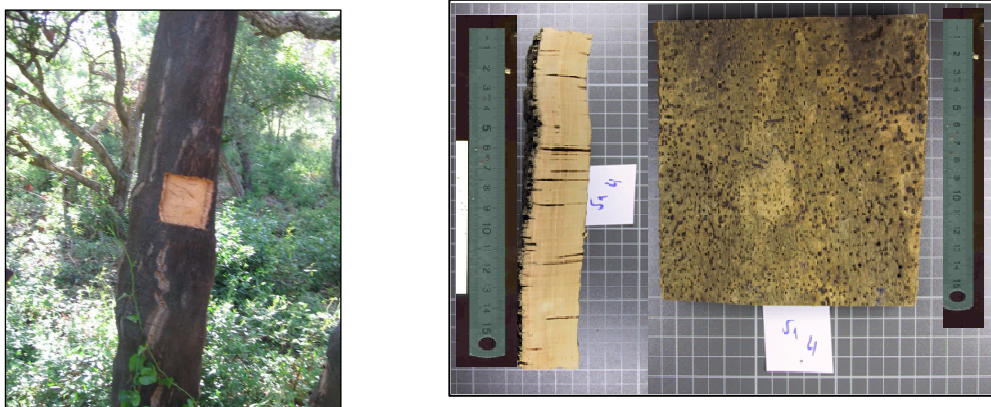
#### V.3.1-Sur le terrain

Conjointement à l'appréciation visuelle du déficit foliaire au niveau des cimes des arbres échantillons, nous avons opéré à l'extraction des échantillons du liège sur chaque arbre choisi au hasard dans l'ensemble des parcelles et durant les trois années d'échantillonnage.

Ces prélèvements ont été effectués selon la méthode adoptée par les services forestiers espagnoles (INIA-CIFOR) (Gonzalez-Adrados et *al.*, 2005). Durant la période d'écorçage, des petits calas (planches) de liège de reproduction de 18x18cm de cotés (256cm<sup>2</sup> de surface) sont extraits du tronc à 1,30m du sol à l'aide d'un couteau tranchant, sans blesser la mère. (Pl.5).

Sur chaque calas sont mentionnés respectivement le numéro de l'arbre et aussi la notation de son état sanitaire durant l'année de prélèvement.

Les différents échantillons de chaque forêt et parcelle sont conservés dans un sac en plastique puis ramenées au laboratoire pour des observations et mesures ultérieures.



**Planche 5 : Méthode d'extraction des calas de liège sur pied (Original)**



### V.3.2-Au laboratoire

Le protocole expérimental au laboratoire s'articule essentiellement sur le déroulement des opérations de mesures selon un ordre de priorité bien défini et sans recours aux tests destructifs. Il a été question en premier lieu de sauvegarder les calas du liège intacts pour d'autres études ultérieures et pour être réhabilités dans le futur Subérothèque du Laboratoire de Recherche « Gestion Conservatoire de l'eau, sol et forêts ».

Avant d'entamer l'ensemble des mesures, la période de repos des échantillons s'est déroulée conjointement avec le tri de chaque planche selon l'état de santé finale de l'arbre. Les échantillons de la classe1 (déficit foliaire < 25 % : arbres sains), de la classe2 (25% < déficit foliaire < 60% : arbres affaiblis) et enfin ceux de la classe3 (déficit foliaire > 60% : arbres dépérissants).

-Un arbre est considéré sain lorsqu'il abrite 70% des notations de la classe 1 et 30 % de la classe 2

-Un arbre est supposé affaibli lorsqu'il recèle 70 % des notations de la classe 2 et 30% de la classe1.

-Un arbre dépérissant détient 70% des notations de la classe3 et 30% de la classe 2.

#### V.3.2.1- Etude des accroissements annuels du liège

Notre protocole expérimental se scinde en deux phases : avant et après le bouillage. Il s'agit en effet, de relever les variations enregistrées entre les différents facteurs productifs notamment les accroissements annuels, le calibre et la densité superficielle.

**V.3.2.1.1- Avant bouillage :** La préparation des calas pour l'observation et les mesures macroscopiques a été réalisée par sectionnement volontaire de chaque échantillon d'une lame de 2 cm de largeur au moyen d'une découpeuse spéciale. Le reste de chaque calas (16 cm x 16 cm) a subi un autre découpage afin de les carrer à un côté de 15 cm (Fig.49). L'opération a été suivie par un ponçage des sections transversales des lames puis par un nettoyage à l'air comprimé. Sur les planches de 15 cm x 15 cm, plusieurs variables ont été mesurées :

- Mesure de la longueur et de la largeur de planches.
- Pesée des calas à l'aide d'une balance de précision 0,1g.
- Détermination de l'humidité d'équilibre selon les conditions du laboratoire.
- Mesure du calibre des sections transversales à l'aide d'un pied à coulisse.

Ces opérations permettent de réaliser les calculs suivants :

-La densité volumétrique répondant à la formule empirique suivante :

$$\text{Densité (kg/m}^3\text{)} = P/V$$

Avec V=Longueur\*largeur\*calibre (m<sup>3</sup>) et P : Poids de l'échantillon en kg.

-La productivité selon la formule :

$$\text{Productivité (kg/m}^2\text{)} = P/ S$$

Avec S = Longueur\*largeur (m<sup>2</sup>) et P : Poids de l'échantillon en kg.

- Les accroissements formants les sections transversales de chaque lame ont été minutieusement marqués en trois endroits à égale distance (3cm) à l'aide d'un stylo

hydrophobe de point 0.5, de façon à former trois lignes verticales (égales distances) aux accroissements. L'épaisseur de chaque cerne correspond à la moyenne de trois mesures. Les prises de mesures ont été élaborées à l'aide d'un micromètre digitale au 1/1000 mm sous une loupe binoculaire (stéréo microscope LEICA) reliée à un ordinateur équipé d'un système automatique d'enregistrement (TSAPWin) (disponible au niveau de la station INRF de Azazga (w.Tizi Ouzou))

- La détection puis la quantification des accroissements complets nous permettent de différencier au mieux l'âge nos échantillons. En effet, l'ensemble des planches prélevées sont réparties selon leurs classes d'âge. Il est à remarquer que lorsqu'il s'agit du calibre de la couche du liège, l'âge est déterminé en prenant en considération, en plus de tous les accroissements complets, les deux incomplets. Par contre, quand il s'agit des accroissements moyens annuels, l'âge est déterminé en faisant abstraction à ces deux accroissements incomplets.

**V.3.2.1.2- Après bouillage :** Les planches ont ensuite subi un bouillage dans un récipient en métal pendant 1heure à 100°C, suivant la pratique industrielle de préparation du liège. Le bouillage est une opération très importante qui permet d'une part, le nettoyage et la désinfection du liège, d'autre part, il favorise son expansion linéaire et volumétrique (Rosa et *al.*,1990 ; Cumbre et *al.*,2000). Une équilibration dans une chambre climatique (disponible dans le Laboratoire INIA(Madrid)) à la température ambiante de 20°C pendant 48 heures, nous a permis d'éliminer l'eau d'imbibition provenant de l'opération du bouillage. L'humidité d'équilibre des planches de liège ainsi séchée était en moyenne de 7 %.

L'humidité est donnée par la formule :

$$H(\%) = \frac{P_h - P_0}{P_h}$$

Où  $P_h$  et  $P_0$  désignent respectivement les poids aux états humide et anhydre. L'équilibre est atteint une fois la masse des éprouvettes (calas) devient pratiquement constante.

Les accroissements du liège après bouillage augmentent l'épaisseur ce qui facilite la quantification de l'expansion des anneaux de croissance à partir de leurs points initiaux marqués auparavant par le stylo. Cette deuxième opération de mesure des accroissements a été réalisée par la méthode d'analyse d'image.

L'étude de l'effet du bouillage sur l'expansion géométrique du liège (linéaire et volumétrique) a été délibérément omise du fait de l'absence totale d'un âge commun entre les échantillons. Les principaux calculs réalisés pour estimer l'expansion du liège intéressent essentiellement le taux de dilatation calibrée selon la formule suivante (Gonzalez et *al.*,2001) :

$$C (\%) = ( (\sum Ac_{ap} / \sum Ac_{av}) - 1 ) * 100$$

Où «  $Ac_{av}$  » et «  $Ac_{ap}$  » désignent simultanément les accroissements complets avant et après bouillage.

Toute la méthodologie de mesure (calibre, densité, productivité) effectuée sur les échantillons avant le bouillage s'applique intégralement aux mêmes échantillons après le bouillage (aux mêmes points marqués)

L'ensemble des mesures réalisées sur les 240 planches de liège durant ces deux phases sont réparties en 4 classes suivant le tableau 35 et 36.

**Tableau 35: Principales classes d'épaisseurs de la couche subéreuse et type de liège correspondant selon les normes internationales en cours (NP 298, 1993).**

Classes	Limites d'épaisseurs	Type de liège
1	<22 mm	Flotte
2	22-27 mm	Mince
3	27-32 mm	Juste
4	32-40 mm	Régulier

**Tableau 36 : Principales classes des accroissements moyens annuels du liège et type de liège correspondant (Lamey,1893 ; Boudy,1955 )**

classes	Limite d'accroissement	Type d'accroissement
1	0,8 -1,5 mm	Faible
2	1,51 -2 mm	Moyen
3	2,1 - 3 mm	Rapide
4	> 3 mm	Très rapide

#### **V.4-Etude de l'estimation du poids du liège sur pied selon l'état sanitaire des arbres**

L'estimation sur pied de la récolte d'un peuplement passe inévitablement par la quantification en poids d'un seul chêne liège. Cette estimation définit le rendement probable en argent et en matière de chaque type de peuplement.

Suivant le contexte de végétation et de croissance du liège de chaque pays, plusieurs auteurs ont proposé des modèles et des formules mathématiques pour l'estimation du poids du liège sur l'arbre. Ces équations se basent essentiellement en la mesure de la circonférence à 1,30 m (CAP, en mètres), la hauteur d'écorçage (He, en mètres) et sur le calibre (E, en centimètres) pour estimer la production en poids (P, en kilogrammes) (Lamey,1893; Charlemagne ,1894 ; Saccardy,1937 ; Ipocor,1994 ; Vázquez-Piqué et Pereira,2005 ) .

##### ***V.4.1-Choix des parcelles et des arbres***

La caractérisation des antécédents sanitaires des arbres à l'intérieur des parcelles d'étude du réseau nous a permis de définir au préalable l'état sanitaire des peuplements sur la base du calcul de l'indice de santé .

En effet, l'étude de la production du liège sur pied en fonction de l'état sanitaire dans la forêt de M'Sila a concerné particulièrement la parcelle saine P2 située dans le canton de

Cheikh Ben Khalifa et la parcelle déperissante P5 localisée dans le canton de M'Sila. A Zariéffet, notre attention s'est rapportée à la parcelle saine P9 et à la parcelle déperissante P7.

Les parcelles dont les peuplements en situation physiologique affaiblie ont été volontairement écartées à cause de leur situation sanitaire intermédiaire ou instable.

Le comptage des arbres à l'intérieur des 4 parcelles a été effectué selon un inventaire en plein.

Ce choix est strictement conditionné par le nombre d'arbres numérotés dans la parcelle d'expérimentation d'une part et par le nombre d'arbres mis en valeur proche de l'exploitation d'autre part. En général, nous avons retenu 234 arbres pour quantifier le poids du liège produit sur pieds sains et déperissants en littoral et en montagne (Tab.37)

**Tableau 37 : Nombre d'arbres inventoriés selon l'état sanitaire par parcelle et forêt**

Forêt		Etat sanitaire de la parcelle	Nombre d'arbres échantillonnées
M'Sila	P2	Saine	84
	P5	Déperissante	50
Zariéffet	P9	Saine	50
	P7	Déperissante	50

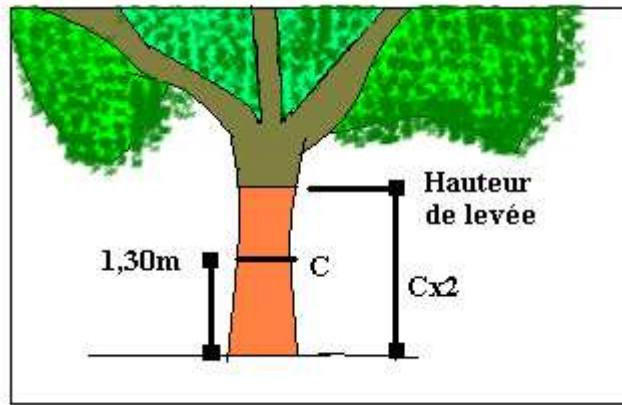
#### ***V.4.2-Technique de l'estimation d'une récolte sur pied***

##### **V.4.2.1-Sur le terrain**

Afin de mieux caractériser les arbres des 4 parcelles d'étude, des mesures dendrométriques et d'exploitation ont été réalisées. Chaque sujet a subi trois mesures prises sur un calepin à savoir (Fig.49) :

- 1- Mesure de la circonférence extérieure sur la croute du liège (C) au moyen d'un ruban forestier à 1,30 m du sol.
- 2- Mesure de la hauteur d'écorage.
- 3- Sondage de l'épaisseur du liège au moyen d'un jaugeur (sonde liège) en 6 points du tronc à 1,30m du sol : 2 au sommet, 2 au milieu et 2 dans la partie basse.

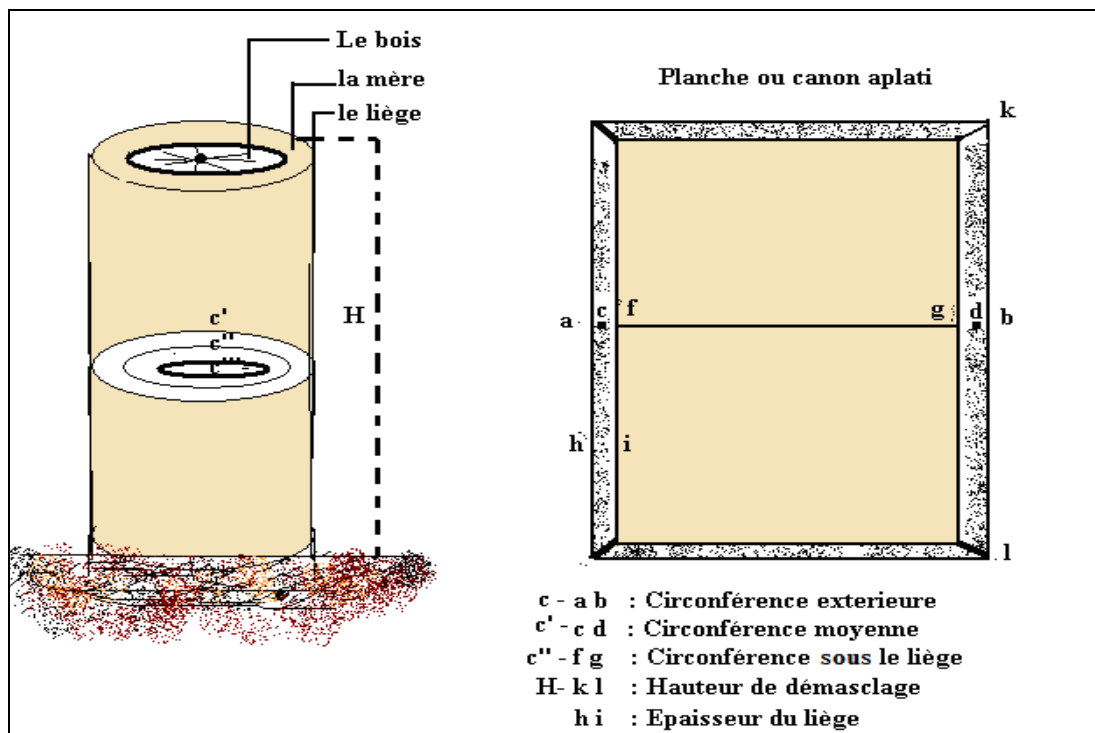
En effet, la longueur de la planche représente la hauteur du démasclage. L'épaisseur est celle prise à la sonde ou la jauge. La largeur est donnée approximativement par la circonférence de l'arbre à 1,30m du sol.



**Figure 49: Mesures effectuées sur les arbres échantillons (Original)**

L'estimation sur pied de la production du liège d'un seul chêne liège consiste à trouver le poids du liège qu'il porte. Nous l'obtenons en multipliant le volume du liège à récolter par le poids moyen du mètre cube de liège.

Pour calculer le volume, nous devons impérativement connaître la surface exploitable. Nous supposons que la levée donne un seul canon de liège (Fig.50). Ce dernier complètement aplati forme une planche dont le volume est égal au produit des trois dimensions (hauteur d'écorçage x circonférence x épaisseur).



**Figure 50: Méthode appliquée pour l'estimation du poids du liège de reproduction sur pied (Original)**

Il faut remarquer que le calcul de la production d'un arbre en se basant sur la circonférence extérieure du tronc conduit à des erreurs d'estimations. En effet la circonférence sur écorce étant plus grande que sa circonférence intérieure, le dos de la planche présente une surface plus grande que le ventre, pour obtenir la surface réelle nous devons prendre en considération la moyenne des deux circonférences.

#### V.4.2.2-Au laboratoire

A partir des mesures prises sur le terrain, d'autres paramètres de calculs sont élaborées de la manière suivante :

- Calcul de la circonférence supposée sur la mère ou le liber pour avoir la circonférence moyenne. En réalité, il est impossible de la mesurer directement sur l'arbre. Mais les calculs que proposent les mêmes auteurs (Lamey,1893; G.G.A. ,1927, Saccardy,1937) sur la production suberogène algérienne remédient à cette difficulté en réduisant la circonférence extérieure d'une quantité égale au produit de l'épaisseur du liège par le nombre de 3.14 selon les calculs suivants .

Soit : ' e ' l'épaisseur du liège (convertis en m),  
 ' C ' la circonférence extérieure sur liège à 1,30m du sol ( m),  
 ' h ' la hauteur d'écorçage ( m),

- La circonférence moyenne réelle sur l'arbre :  $C' = C - 3.14 * e$

- La circonférence sous le liège :  $C'' = C - C'$

- La surface moyenne exploitable à récolter sur l'arbre :  $S = C' * h$

d'où  $S = (C - 3.14 * e) * h$  mètre carré

-Le volume moyen exploitable à récolter sur l'arbre sera :  $V = C' * h * e$

d'où

$V = (C - 3.14 * e) * h * e$  metre cube

Exemple de la valeur de correction de la circonférence extérieure par « 3,14\*e »

{	0,04m si e= 13 à15 mm
	0,05m si e= 16 à 18 mm
	0,08m si e= 25 à 27 mm
	0,10m si e= 31 à 33 mm
	0,11m si e= 34 à 36 mm

Pour avoir aussi exactement que possible le volume de la planche, il faut diminuer la circonférence extérieure d'une certaine quantité dépendant de l'épaisseur du liège (Tab.38).

**Tableau 38 : Exemple de circonférences sur écorce, réduites suivant l'épaisseur du liège**

	Circonférences réduites pour les lièges ayant l'épaisseur de :									
	0,03m	0,04m	0,05m	0,06m	0,07m	0,08 m	0,09m	0,10m	0,11m	0,12m
<b>CAP 1,30m</b>	10-12 mm	13-15 mm	16-18 mm	19-21 mm	22-24 mm	25-27 mm	28-30 mm	31-33 mm	34-36 mm	37-38 mm
<b>0,5</b>	0,47	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42	0,41	0,4	0,39	0,38
<b>0,7</b>	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,6	0,59	0,58
<b>0,9</b>	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,8	0,79	0,78
<b>1,1</b>	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1	0,99	0,98
<b>1,3</b>	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21	1,2	1,19	1,18
<b>1,5</b>	1,47	1,46	1,45	1,44	1,43	1,42	1,41	1,4	1,39	1,38
<b>1,7</b>	1,67	1,66	1,65	1,64	1,63	1,62	1,61	1,6	1,59	1,58
<b>1,9</b>	1,87	1,86	1,85	1,84	1,83	1,82	1,81	1,8	1,79	1,78
<b>2,1</b>	2,07	2,06	2,05	2,04	2,03	2,02	2,01	2	1,99	1,98
<b>2,3</b>	2,27	2,26	2,25	2,24	2,23	2,22	2,21	2,2	2,19	2,18
<b>2,5</b>	2,47	2,46	2,45	2,44	2,43	2,42	2,41	2,4	2,39	2,38
<b>2,7</b>	2,67	2,66	2,65	2,64	2,63	2,62	2,61	2,6	2,59	2,58
<b>2,9</b>	2,87	2,86	2,85	2,84	2,83	2,82	2,81	2,8	2,79	2,78
<b>3</b>	2,97	2,96	2,95	2,94	2,93	2,92	2,91	2,9	2,89	2,88
<b>3,2</b>	3,17	3,16	3,15	3,14	3,13	3,12	3,11	3,1	3,09	3,08

Les formules proposées pour le calcul de l'estimation du poids d'un arbre selon l'état sanitaire en employant soit le volume ou la surface exploitables, sont les suivantes :

### 1- Production volumétrique (Pv)

$$\mathbf{Pv_{\text{arbre sain}} = C' * h * e * P \quad (Kg)}$$

ou

$$\mathbf{Pv_{\text{arbre dépérissant}} = C' * h * e * P \quad (Kg)}$$

### 2- Surface productive (Ps)

$$\mathbf{Ps_{\text{arbre sain}} = C' * h * P' \quad (Kg)}$$

ou

$$\mathbf{Ps_{\text{arbre dépérissant}} = (C - 3,14 * e) * h * P' \quad (Kg)}$$

**Où**

- Arbre sain= la note de perte foliaire de l'arbre durant le cycle de production du liège ou la rotation d'exploitation (70% des notations de la classe 1)

- Arbre dépérissant= la note de perte foliaire de l'arbre durant le cycle de production du liège ou la rotation d'exploitation (70% des notations de la classe 3 )
- h = hauteur de démasclage.
- C' = circonférence à 1,30m réduite (circonférence moyenne).
- e = épaisseur du liège ( en mm convertis en m).
- P = densité du mètre cube frais sur arbre (310 kg/m<sup>3</sup>).
- P' = densité du mètre carré frais sur arbre (8 kg/m<sup>2</sup>).

L'estimation du poids du liège sur arbre avec les formules précédentes répond d'une manière logique au contexte sylvicole, sanitaire et d'exploitation que traversent actuellement les suberaies algérienne. En effet, il est extrêmement difficile d'opérer dans un peuplement où toutes les nuances se rejoignent : peuplements très hétérogènes, non respect du cycle de production, de l'épaisseur et du coefficient de démasclage.

Notre formule prend en considération divers types d'épaisseurs du liège que peuvent supporter les troncs de chêne liège et ne se limite pas à l'unique critère de l'épaisseur commerciale (>27 mm) qu'il n'est pas fréquent d'intercepter. En effet, la croissance calibrable du liège durant une rotation tend à chuter remarquablement au sein des arbres aux troncs minces (circonférence<0,80m) et en même temps de ceux larges (circonférence>1,80m). Par contre elle se maintient d'une manière constante sur les sujets aux circonférences intermédiaires ( 0,80m<Circonférence>1,80) (Montero et Valejo,1990).

#### V.4.2.3- Récolte probable d'une parcelle ou placette selon l'état sanitaire

La récolte en poids d'un peuplement s'effectue par le comptage du nombre des arbres à récolter (N) par catégorie de circonférences, hauteurs moyennes exploitables et par l'épaisseur moyenne des lièges. Nous calculons ensuite le volume ou la surface exploitable de la production d'un arbre de chaque catégorie, puis on les multiplie par le nombre d'arbres de chaque **catégorie sanitaire** correspondante. Par conséquent, la somme de tous ces volumes ou surfaces multipliée par le poids moyen du mètre cube ou du mètre carré donne la production du peuplement :

D'où la production en masse d'une parcelle ou placette selon l'état sanitaire s'écrit :

$$P_{es} = \Sigma( P_v * C * F) \quad (Kg)$$

Où

$$P_{es} = \Sigma( P_s * C * F) \quad (Kg)$$

Où

- Pes = Poids du liège selon l'état sanitaire en kg.
- C= valeur de 1-2-3 représentant chaque classe d'état sanitaire (2 définit l'état des arbres affaiblis )
- F= Nombre d'individus en âge de levée de chaque classe d'état sanitaire.

Ainsi le rendement annuel en liège de reproduction (selon l'état sanitaire des arbres) d'une parcelle ou placette se calcule comme suivant :



$$\text{Res} = \frac{\Sigma S (\text{m}^2) \times P'}{10 \text{ ans ou } 12 \text{ ans}}$$

- Res : rendement annuel selon l'état sanitaire des arbres.
- S : surface exploitable totale des arbres en âge de levée selon la classe de l'état sanitaire.
- 10 ans : rotation moyenne d'exploitation du liège en littoral.
- 12 ans : rotation moyenne d'exploitation du liège en montagne.
- P' : densité du liège frais (8 kg/m<sup>2</sup>).

Par conséquent l'Indice de Masse (poids) pour un peuplement se définit comme suivant :

$$\text{Imas} = \Sigma(\text{Pv} * \text{C} * \text{F}) / \text{N}$$

Ou

$$\text{Imas} = \Sigma(\text{Ps} * \text{C} * \text{F}) / \text{N}$$

Où

- $\text{Pv} = \text{C}' \times \text{h} \times \text{e} \times \text{P}$
- $\text{Ps} = \text{C}' \times \text{h} \times \text{P}'$
- C= valeur de 1-2-3 représentant chaque classe d'état sanitaire (2 définit l'état des les arbres affaiblis)
- F= Nombre d'arbres de chaque classe d'état sanitaire.
- N= Nombre d'arbres en âge de levée inventoriés par parcelle ou placette.

## V.5- Etude de la qualité du liège

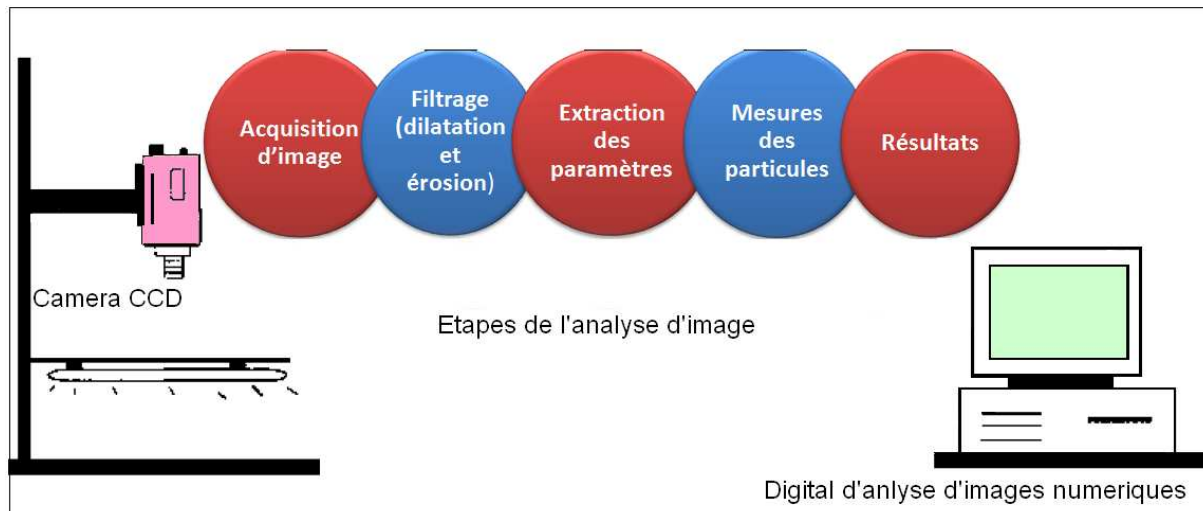
L'analyse et le traitement numérique des images (*Digital Image Processing and Analysis*) est une technique informatique qui permet à partir des capteurs la transformation des particules constituant une image en valeurs binaires qui peuvent être exportées directement sur des tableurs pour traitement statistique. Cette technique se base sur le réglage de l'intensité de la lumière et de la couleur (Serra, 1982 ; Marion ,1987 ; Compos et Molinas, 1999, Cáceres Esteban,2009). Cette variante importante de la technologie du liège permet efficacement de mesurer les accroissements, la porosité et les défauts du liège (Fonseca et al.,1992, Paniagua Paniagua et al.,2006a). Les principales étapes de cette technique sont les suivantes (Fig.51).

➤ **L'acquisition** de l'image consiste à convertir l'image réelle de chaque échantillon en une image numérique à l'aide d'un appareil photo (caméra CCD (Charge Coupled Device)).

➤ L'opération **de seuillage** permet l'extraction automatique des particules à mesurer présent dans l'échantillon analysé.

➤ **L'extraction des paramètres** est l'opération qui consiste à une caractérisation globale de toutes les particules extraites.

➤ L'opération **de classification** permet d'affecter chaque échantillon analysé à l'une des classes de qualité considérées.



**Figure 51: Les étapes d’analyse d’image d’un échantillon de liège(Original)**

### ***V.5.1-Application au liège :***

La majeure partie de l'expérimentation relative à la qualité du liège selon l'état sanitaire des arbres a été réalisée au Laboratoire de Technologie du Liège "INIA-CIFOR " de Madrid (Espagne) selon les étapes suivantes :

#### **V.5.1.1-Choix des échantillons**

Les critères objectifs de la classification du liège en planches selon leur paramètres qualitatifs, supposent que la totalité des échantillons soit du même âge, correspondant au moins au cycle de production du liège (Gonzalez et *al.*, 2001 ; Garcia de Ceca,2001 ; Gonzalez Adrados et *al.*,2005).

L'adoption de ce critère à l'ensemble des échantillons nous a obligé à éliminer tous les calas ne répondant pas à cette condition. En effet, sur les 240 planches de 15cmx15cm nous avons retenu seulement 80 échantillons remplissant les conditions d'analyse d'image à savoir l'âge homogène (10 ans), les deux provenances ( M'Sila et Zarieffet) et les trois état sanitaire ( sain, affaibli et dépérissant). Ce nombre d'échantillons parait plus représentative pour les deux régions et semble identique à celui proposé par Cumbre et *al.*(2000) ; Ferreira et *al.*(2000) pour le liège portugais et en même temps supérieur à celui proposé par Gonzalez Adrados et *al.*(2000 et 2009) pour le liège espagnol (60 échantillons).

#### **V.5.1-2-Digitalisation**

Les 80 planches de 15x15 cm<sup>2</sup> ont été préparées à nouveau par un ponçage léger des sections transversales pour éliminer les dernières impuretés et adoucir au maximum la surface du liège, l'opération de préparation s'est achevée par un nettoyage à l'air comprimé. L'acquisition d'images des deux sections transversales et la section tangentielle a été effectuée par un scanner laser spécialisé (marque HP Scanjet 5590P) dont on a déterminé l'échelle (Pl.6).



### **Planche 6 : Opération de ponçage et de scannage des échantillons**

La quantification de la porosité a été possible grâce à un digital d'analyse d'image relié à un ordinateur. Il s'agit du logiciel Olympus cell^D qui traite l'image scannée en détectant les pores par réglage de la région d'intérêt(ROI) et en définissant manuellement le threshold level set.

Le niveau de couleur du threshold réglé, se rangeait entre 75-100 pour la section tangentielle et entre 80-95 pour la section transversale. Les échantillons scannés sur la section tangentielle comptabilisaient une superficie de  $225\text{cm}^2$  (15 cm x15 cm) tandis que ceux de la section transversale avaient une longueur de 15 cm dont le maximum de la superficie était en relation avec le calibre de chaque échantillon sans la croûte .

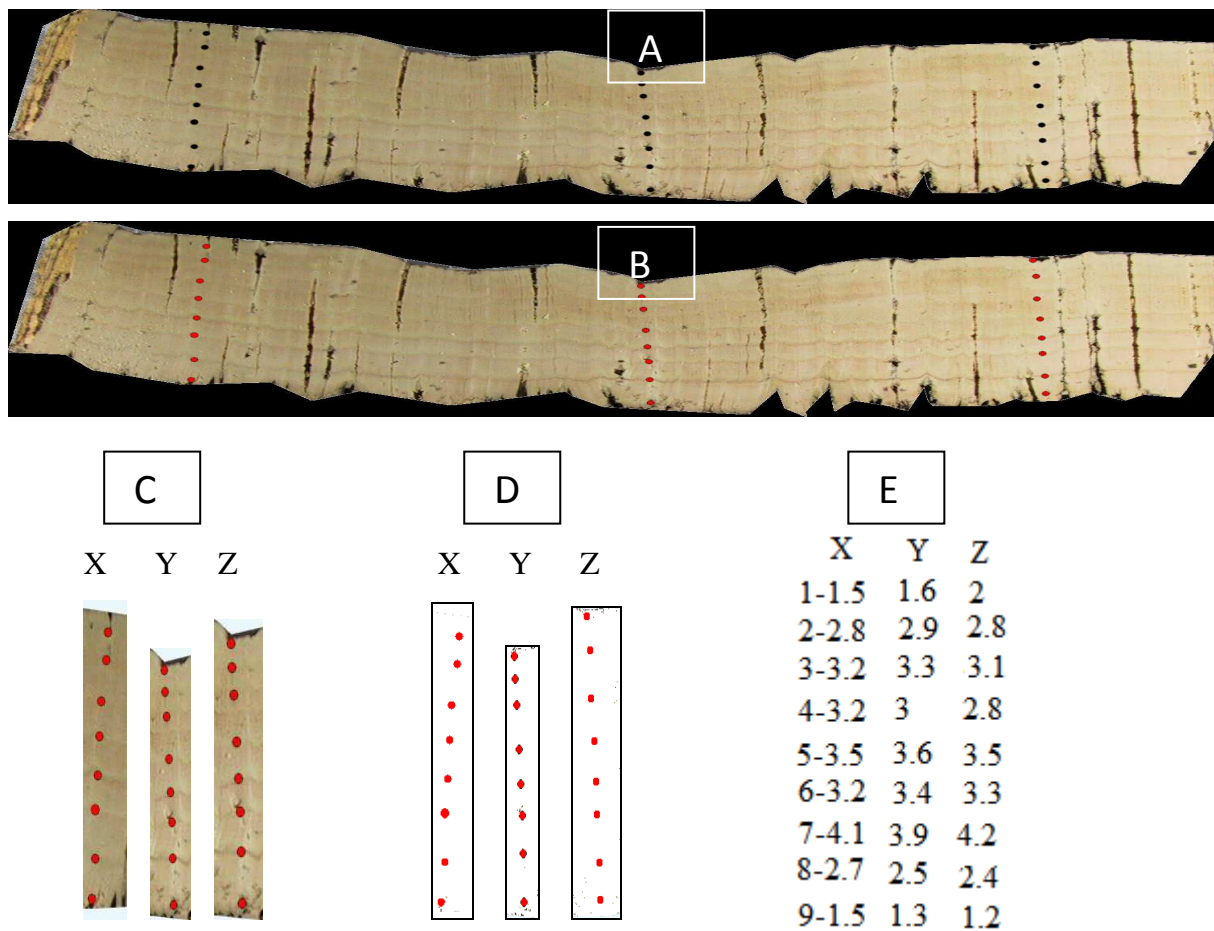
#### ***V.5.2 Technique de mesures***

Les mesures se rapportant à la qualité du liège des deux forêts sont effectués grâce à un procédé numérique très approprié. Le but principal était d'aligner la plus grande objectivité et précision dans les calculs.

##### **V.5.2.1- Les accroissements annuels du liège :**

Les points marqués au stylo sur les accroissements avant bouillage restent sauvegardés après le bouillage. Ces derniers subissent un seuillage (érosion et dilatation) puis un filtrage par le digital de façon qu'ils ne restent que des points codifiés binaires.

Ces codes sont immédiatement dénombrés par le logiciel et transformés en valeur réelles reflétant les valeurs exactes des accroissements mesurés (Pl.7).



**Planche 7: Procédé de mesure des accroissements annuels par l'analyse d'image**  
**A: image réelle. B: sélection des accroissements. C: image binaire seuillée. D: image filtrée. E: Résultats**

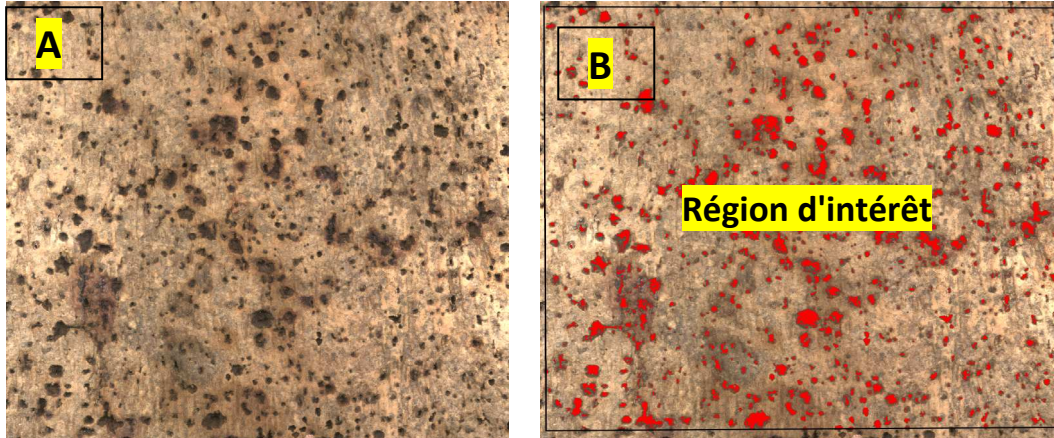
#### V.5.2.2-La porosité :

La coloration naturelle sombre des pores peut être facilement interceptée par le treshold du logiciel (Pereira et *al.*1996; Adrados Gonzalez et *al.*,2005).

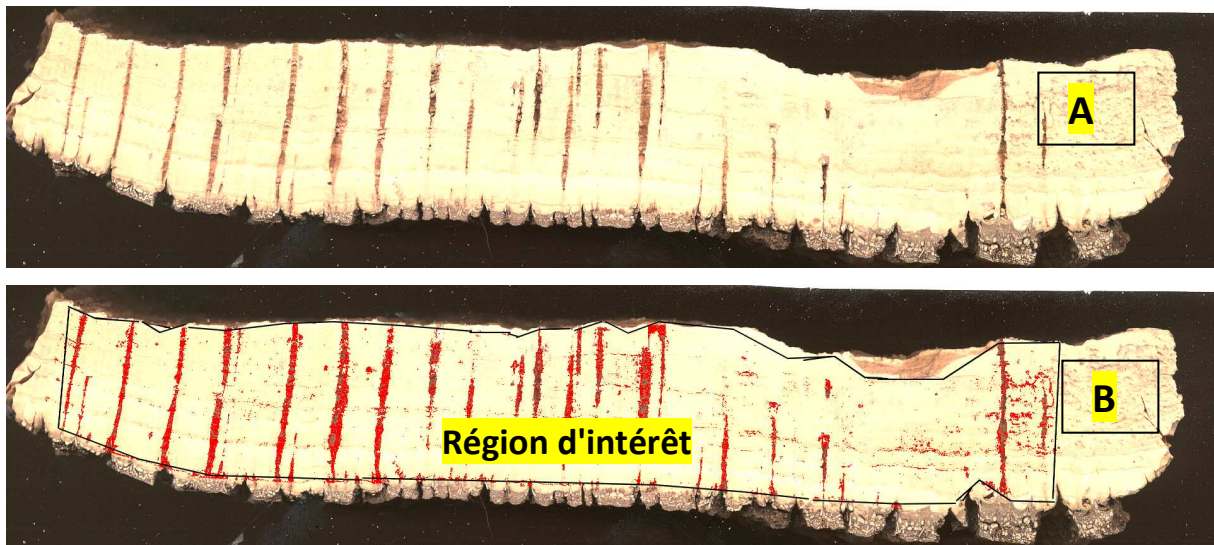
La binarisation des images est toujours précédée par l'adoption de l'opérateur de la région d'intérêt (Region Of Interest). Sur cette région vont se dérouler les opérations de seuillage et du dénombrement des pores par le digital. C'est à dire les quatre points qui limitent les 15 cm x 15 cm de la section tangentielle et 15 cm x épaisseurs de la section transversale (Pl.8).

Le seuillage (binarisation) de l'image sélectionnée permet de substituer seulement deux régions : les objets qui correspondent aux pores du liège et le fond qui correspond à la partie du liège restée intacte selon la forme suivante :





Section tangentielle

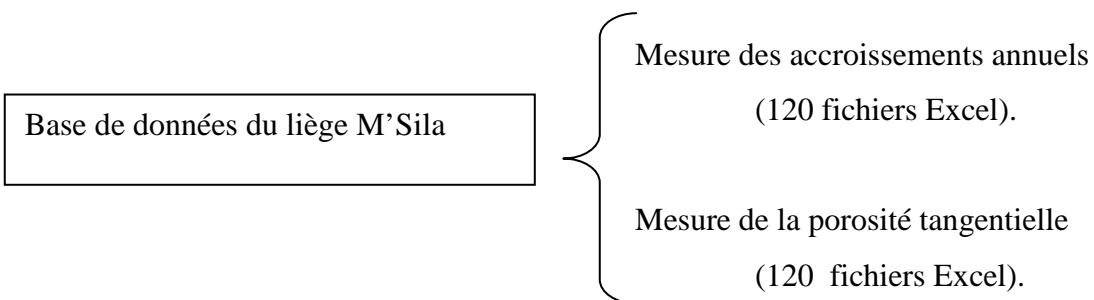


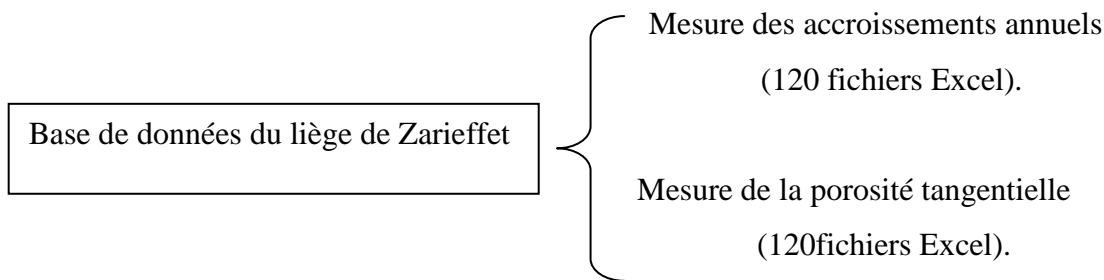
Section transversale

**Planche 8 : Procédé de mesure de la porosité par analyse d'image (A: Image réelle. B: Image binaire).**

Chaque pore détecté par le logiciel sur la région d'intérêt prend un code bien défini qui sera la clé du dénombrement total des lenticelles et par conséquent le coefficient de porosité.

Une fois tous les calculs réalisés puis exportés vers des fichiers Excel, nous obtenons deux grandes bases de données réparties comme suit :





Chaque coefficient de porosité comptabilisé est affecté à sa classe respective selon le tableau 39 :

**Tableau 39 : Classes de porosité (Ferreira et al. 1998)**

Classes de porosité	1	2	3	4	5	6	8
Coefficient de porosité	<2 %	2-4%	4-6%	6-8 %	8-10%	10-12%	>12%
Niveau de porosité	Porosité basse	Porosité acceptable	Porosité élevée				

La caractérisation de la porosité par l'analyse d'image intègre aussi d'autres variables en liaison directe avec la répartition spatiale des pores sur le liège. Ces derniers constituent la base de classification commerciale du liège d'une manière objective et purement scientifique. Ces variables regroupent les paramètres de calculs suivants (Fig.52 et 53) :

**1- Variables de dimensions principales :** Superficies des pores (moyenne-max-min), périmètres.






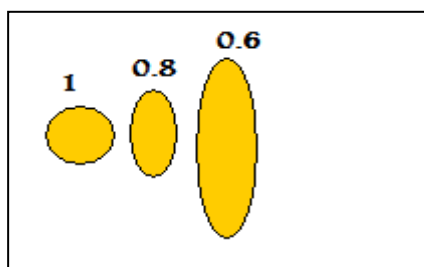
**Superficie (S) :**  $a \cdot b$  (mm<sup>2</sup>)

**Périmètre (P) :**  $2a + 2b$  (mm).

**Figure 52: Représentation géométrique des variables de dimensions (Original)**

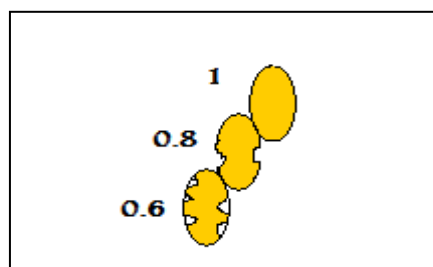
**2- Variables de forme** (facteur de forme, coefficient de géométrie, orientation angulaire (°), convexité, sphéricité)

 <p><b>Facteur de géométrie (b/a)</b></p>	 <p><b>Orientation angulaire</b></p>	 <p><b>Facteur de forme</b></p>
<p>Quotient entre le diamètre minimum et maximum (forme circulaire à la valeur 1 et linéaire 0)</p>	<p>L'angle entre la ligne correspondant au maximum du nuage de points décrivant l'échelle de l'objet mesuré et l'axe de X</p>	<p><math>F. f. = (4*3.14*S)/P^2</math>  1 pour un cercle  0 pour un objet très irrégulier</p>



**Sphéricité**

Décrit la rondeur de l'objet mesuré à l'aide des moments centraux



**Convexité**

Le quotient entre la superficie de l'objet mesuré et la superficie de son contour

**Figure 53 : Représentation géométrique des variables de formes (Original)**

**3- Variables de concentration :** Nombre de pores (bruts, corrigés, max et min, coefficient de porosité (moyen-max-min) :

- Nombre brut : c'est le nombre total de pores détectés sur l'échantillon.
- Nombre corrigé : c'est le nombre brut filtré par Excel (Pores < 0,8 mm<sup>2</sup> ne sont pas pris en considération).
- Coefficient de porosité : % de la superficie totale des pores dans la superficie totale du calas.
- Nombre des pores et superficie moyenne des pores classées par classes de superficie : < 1 mm<sup>2</sup>, 1-2 mm<sup>2</sup> et > 2 mm<sup>2</sup>, représentant respectivement les pores de petite, moyenne ou grande superficie .

### V.5.2.3-Les défauts du liège

Traditionnellement, la classification des planches du liège selon leur aspect est repérée par un opérateur expérimenté qui mêle la vision au toucher. Ces résultats peuvent varier d'un opérateur à l'autre, voire à l'échelle d'un même opérateur pour des évaluations successives (Melo et Pinto, 1994).

Actuellement, la détection des défauts du liège de reproduction repose des procédés numériques très pointus (Garcia de Ceca, 2001). Ces avancés technologiques facilitent le classement des planches de liège selon leurs anomalies pour les opérateurs non expérimentés et permettent en même temps la formation des futures trieurs et viseurs du liège dans un laps de temps.

Ce procédé se base essentiellement sur plusieurs interfaces (Photos de référence) représentant tous les types de défauts et dont l'évaluation est liée à plusieurs rangs, de façon que chaque défaut soit représenté par trois images pour chaque rang sauf pour les soufflures (porosité visuelle).

Les anomalies prises en considération sur la section transversale des planches sont selon les normes ISO DIS 633 et les critères de classification des bouchons publiés par la Fédération Nationale des Syndicats de liège et le Cork Quality Council.

#### V.5.2.3.1- Description des défauts sur l'ensemble des échantillons

Chaque échantillon de liège est apprécié à l'œil nu tout en mentionnant ces anomalies dans une fiche représentant une matrice de données de 80 lignes et 17 colonnes pour chaque suberaie (Fig.54).

ESTADILLO PARA LA ANOTACIÓN DE LAS ANOMALÍAS DEL CORCHO EN PLANCHAS																	
Fecha:	Operador:												Página de				
Observaciones:																	
Muestra n°	4/6	2/4	2/3	3	3/5	1/3	Ventre	Raspa	Verde	Mancha amarilla	Otras manch	Leño Hori.	Leño Vert.	Terroso	Rajado	Exfoliac	Insectos

**Figure 54 : Fiche de notation des anomalies selon le programme « CALCOR »**



Une fois les données des fiches introduites dans le programme informatique, on valide automatiquement la classe de chaque échantillon selon un model réduit composé de quatre classes (Pereira,1998 ; Ferreira et al., 2000 ; Gonzalez Adrados et al.,2005) (Tab.40)

**Tableau 40 : Classes de qualité de liège de reproduction définit par le programme Calcior**

Catégories	Classification par CALCOR	Qualité de liège
<b>1</b>	1 <sup>a</sup> - 3 <sup>a</sup>	Bonne
<b>2</b>	4 <sup>a</sup> - 5 <sup>a</sup>	Moyenne
<b>3</b>	6 <sup>a</sup>	Faible
<b>4</b>	Refugo	Rebut

1<sup>a</sup> - 3<sup>a</sup> : De la première à la troisième qualité.

4<sup>a</sup> - 5<sup>a</sup> : De la quatrième à la cinquième qualité.

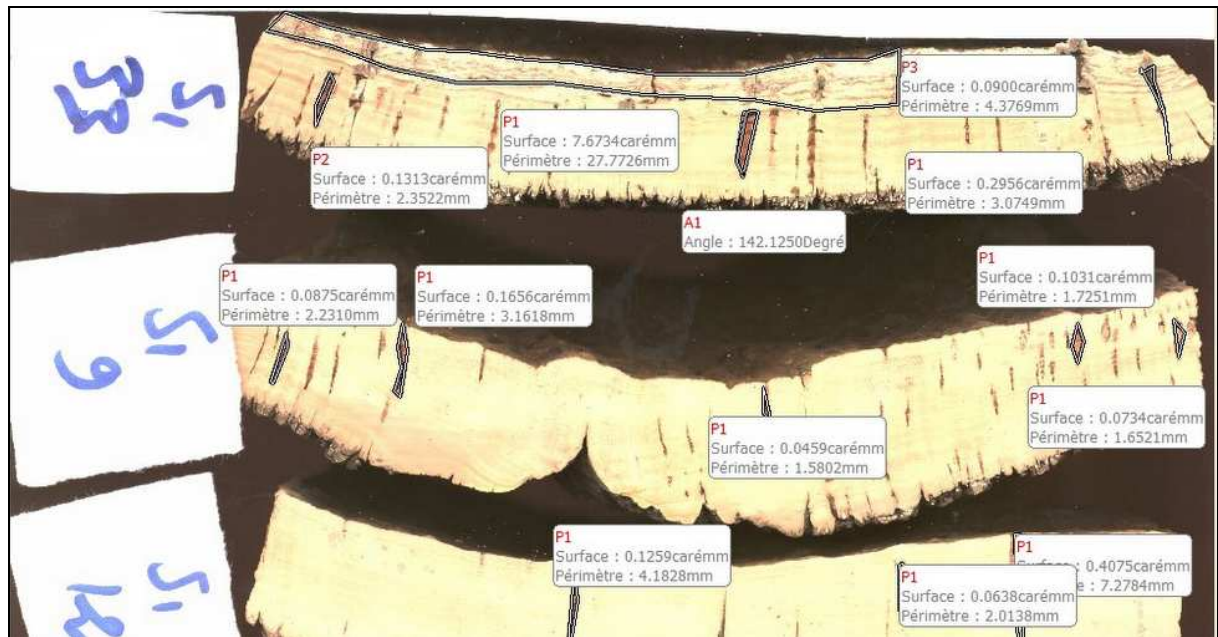
6<sup>a</sup> : Sixième qualité.

Rebut : Liège inutilisable, pour trituration seulement.

#### ***V.5.2.3.2-Quantification des défauts :***

A l'inverse, certaines anomalies telles que les soufflures, la lignification verticale et horizontale, les trous d'insectes et le liège terreux peuvent être quantifiées sur chaque échantillon représentant une classe commerciale respective. Il s'agit en effet de la méthode de calcul que nous avons établie en utilisant un digital Motic plus image 2.0 ML pour les variables suivantes (Pl.9):

- Superficie moyenne en mm<sup>2</sup>.
- Périmètre moyen en mm.
- Diamètre maximum en mm
- Diamètre minimum en mm
- Orientation angulaire en mm
- Facteur de forme :  $(4\pi * S) / P^2$  où  $S$  est la superficie et  $P$  le périmètre de l'objet ; ce paramètre mesure l'irrégularité du contour des pores (1 pour un cercle, 0 pour les objets très irréguliers).
- Facteur de géométrie : quotient entre les diamètres minimum et maximum (une forme circulaire a la valeur 1 et linéaire 0).



**Planche 9 : Exemple de la quantification numérique de la lignification verticale**

## V.6-TRAITEMENT STATISTIQUE :

Les différents résultats dégagés sont soumis à des statistiques univariés et multivariés.

- **Tests univariés** : Ce sont des tests simples qui regroupent certaines paramètres de position et dispersion (moyenne, écart type et coefficient de variation) ; (Dagnelie,1973).Ceux –ci nous permettent quantifier la variabilité de quelques mesures,dendrométriques et d’exploitation notamment, car elle intervient souvent de façon déterminante sur certaines caractéristiques sylvicoles des stations d’observation. Ce type de tests comprend également le test « Z » pour comparer l’égalité de deux moyennes, les corrélations de Bauvais -Pearson et l’analyse de variance à un facteur(ANOVA1) et l’analyse de variance à deux facteurs (ANOVA 2). Ces test ont été réalisés par deux logiciels ( SPSS 17.0 et Xlstat 2010 ).

- **Tests multivariés** : L’emploi des méthodes d’analyse multivariée permettent de tirer un maximum d’informations d’un tableau de données : les plus classiques sont l’analyse factorielle des correspondances simples (AFC). L’AFC a été très largement utilisé dans différents domaines par de nombreux auteurs depuis sa mise au point au début des années 70 par Benzecri (1973).

Cette méthode permet une présentation graphique des modalités de deux variables nominales, permettant une perception et une analyse visuelle de leurs interactions.

Les facteurs explicatifs de la dégradation de l’état de santé des arbres dans les deux régions et leur interaction envers les accroissements annuels du liège dans les 9 parcelles ont été soumis à des AFC basées sur trois paramètres pris individuellement. Il s’agit Il s’agit des facteurs d’ordre sylvicoles, climatiques et écologiques. Le tableau 41 regroupe l’ensemble des paramètres retenus pour ces analyses.

Dans le même contexte, une autre AFC a été réalisée pour définir l’ensemble des défauts existant sur le liège des deux provenances. Cette opération est rendue possible en

transformant les deux matrices de données en deux tableaux de contingence basés sur la présence des défauts (1) et leur absence (0), soit 17 colonnes et 40 lignes pour chaque tableau.

**Tableau 41: Principales variables retenues pour les AFC**

Accroissements - Paramètres écologiques			
Variabiles	Code	Nombre	Description des modalités
Indice de santé	IS	4	1:(Sain(<1,59); 2:affaibli(1,6-2,0); 3:dépérissent(2,1-2,5); 4:Fortement dépérissant(>2,5)
Nombre d'écorçage	Nç	5	1(aucun),2(1 écorçage),3(2 écorçages),4(3 écorçage),5(4écorçages et plus)
Hauteur d'écorçage	Hç	5	1(aucun),2 (<1.5m),3(1,5-2,4m), 4(2,5-3,5m) ,5(>3.5 m)
Coefficient d'écorçage	Cç	5	1(aucun),2(<1,5 ),3(1,5-2,4),4(2,5-3,5),5(>3,5)
Indice d'accroissement	IAC	4	1(au dessous de la stablité: >0,8), 2(moyennement stable: 0,81-0,9),3(stable:0,91-1),4(au dessus de la stabilité: >1)
Sous bois	Sbs	5	1(nul),2(réduit),3(moyen),4(dense mais pénétrable),5(dense et impénétrable)
Densité des arbres	Den	4	1 (claire), 2(moyenne), 3 (dense), 4 (très dense)
Incendies	Inc	2	1:pas de passage, 2: dernier passage visible
Concurrence	Con	4	1(nulle),2(faible),3(moyenne),4(forte)
Age	Ag	3	1 (jeune : 40 ans à 70 ans, Ø = < 70cm), 2 (adulte : 70 à 90 ans, Ø = 70-109cm) et 3 (vieux : > 90 ans, Ø = >110cm).
Etat sanitaire - Paramètres climatiques			
Variabiles	Code	Nombre	Description des modalités
Pluie annuelles moyenne	P	3	1:< 400 mm ; 2: 400- 500 mm; 3 : >500mm
Pluie printanière moyenne	Ps	4	1: mauvaise(<20mm ); 2: moyenne(20-30mm); 3: bonne (31-60mm);très bonne(>60mm)
Indice de santé	Is	4	1:(Sain(<1,59); 2 : affaibli (1,6-2,0); 3:dépérissent (2,1-2,5); 4:Fortement dépérissant(>2,5)
Etat sanitaire - Paramètres sylvicoles			
Variabiles	Code	Nombre	Description des modalités
Indice de santé	IS	4	1:(Sain(<1,59); 2: affaibli(1,6-2,0); 3: dépérissent(2,1-2,5); 4: Fortement dépérissant (>2,5)
Sous bois	Sbs	5	1(nul), 2(réduit), 3(moyen), 4(dense mais pénétrable), 5(dense et impénétrable)
Densité des arbres	Den	4	1 (claire), 2(moyenne), 3 (dense), 4 (très dense)
Incendies	Inc	2	1: pas de passage, 2: dernier passage visible
Concurrence	Con	4	1(nulle), 2(faible), 3(moyenne), 4(forte)
Age	Ag	3	1 (jeune : 40 ans à 70 ans, Ø = <70cm), 2 (adulte : 70 à 90 ans, Ø = 70-109cm) et 3 (vieux : > 90 ans, Ø = >110cm).

---

## **Chapitre VI**

***Résultats de l'incidence de l'état sanitaire des  
arbres sur les accroissements annuels et la  
qualité du liège***

---

# Résultats de l'incidence de l'état sanitaire des arbres sur les accroissements annuels et la qualité du liège

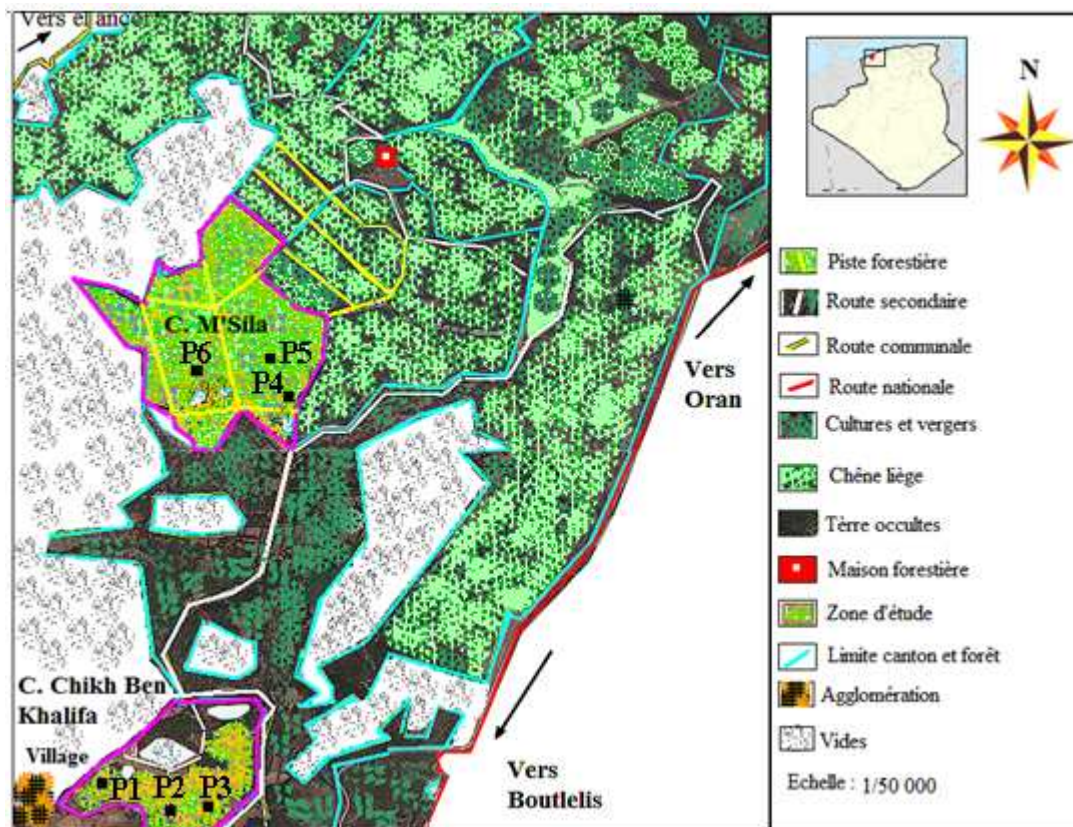
## VI.1.-Caractéristiques des parcelles

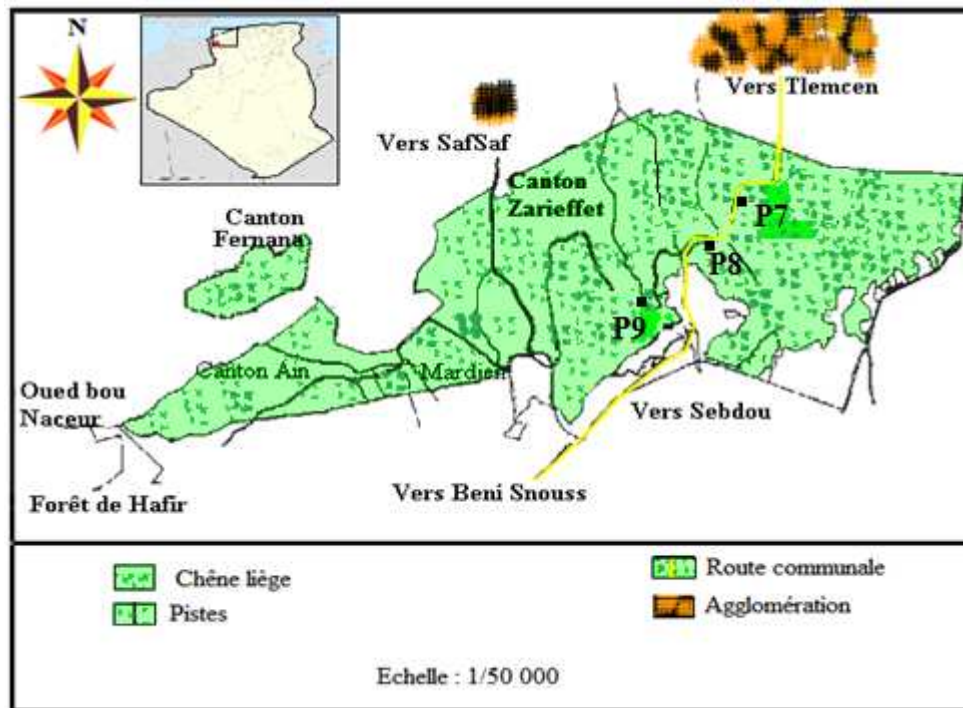
Les données géographiques et les caractéristiques topographiques de nos parcelles d'étude sont illustrées dans le tableau 42.

### VI.1.1.- Relevés géographiques et topographiques

Dans la forêt domaniale de M'Sila, les parcelles 1, 2 et 3 sont situées dans le canton Cheikh Ben Khalifa, tout près de l'agglomération du Domaine de M'Sila. En revanche, les trois autres parcelles 4,5,6 sont localisées dans le canton M'Sila. Elles font partie intégrante du projet du Parc Zoologique et de Loisirs. A Zarieffet les parcelles 7,8 et 9 appartiennent toutes au canton Zarieffet (Fig.55).

L'altitude est en moyenne de 350 m à M'Sila (littoral) présentant un vaste plateau sans expositions. En montagne, elle atteint 1060 m à Zarieffet avec une exposition à dominance Nord.





**Figure 55 : Localisation des parcelles d'étude dans la forêt domaniale de M'Sila (Haut) et dans la forêt domaniale de Zarieffet (Bas) (Original)**

En général, la pente est assez douce dans les parcelles de M'Sila entre 0% à 3%. Par contre, à Zarieffet le terrain est accidenté ayant une pente de 10 % à 30 %.

**Tableau 42: Données géographiques et topographiques des parcelles d'étude**

Forêts	M'Sila						Zarieffet		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lieu dit des cantons	Cheikh Ben Khalifa			M'Sila			Zarieffet		
Cordonnées Lambert	X= 174,5 à 174,8 Y= 63,8 à 64,2			X=117 à 176,3 Y= 65,8 à 66,4			X=127,4 Y=178,5	X=125,5 Y=179,9	X=128,9 Y=179,9
Altitudes (m) (moyenne)	325	250	325	380	380	380	1050	1080	1070
Topographie des terrains	Plateau (Haut versant)			Plateau (Haut versant)			Dépression H <sup>i</sup> Versant	Haut versant	
Expositions	-	-	-	-	-	-	Nord	Nord-Est Ouest	Nord
Pentes (%)	0	3	0	3	0	3	> 30	10	15
Distances à la mer (km)	14	14	14	2	12	12	53	53	53

## VI.1.2- Relevés sylvicoles

Les principaux descripteurs sylvicoles des deux forêts sont répertoriés dans le tableau 43.

**Tableau 43 : Caractéristiques sylvicoles des 9 parcelles d'étude**

Forêt	M'Sila						Zarieffet		
Descripteurs / Parcelles	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Origine du peuplement	Naturelle						Naturelle		
Structure des peuplements	Irrégulière ou jardinée			Irrégulière			Irrégulière		
Régime et traitement	Futaie Adulte			Futaie jeune			Futaie jeune	Futaie adulte	Taillis sous futaie
Age moyen approxima. ans)	90	90	90	70	70	70	60	90	>120
Nature du peuplement	Pur		Mélangé				Mélangé	Pur	Mélangé
Densité moyenne de la parcelle (souches/ha)	200	190	190	360	360	150	100	100	60
Régénération par semis	0	0	0	3	2	2	0	0	0
Fréquentation humaine	4	4	1	1	1	1	2	2	1
Pâturage	4	4	4	0	0	0	1	1	1
Concurrence	0	0	0	3	2	2	2	0	1
Incendies (dernier passage)	0	0	0	0	0	0	1994 2008	1994 2008	1994
Travaux sylvicoles	Néant		Débroussaillage				Néant		Assainissement
Aménagement	Néant						Néant		

Il ressort du tableau 43, que la plus part des peuplements de notre zone d'étude sont naturels. L'aspect est en général irrégulier et se présente sous une forme jardinée qui est la conséquence de l'écologie, de l'action de l'homme et des incendies.

La plus part de ces futaies sont mélangées, soit avec le pin d'Alep (cas des parcelles P4, P5 et P6), soit avec le chêne zeen dans la parcelle 8 ou le chêne vert dans la parcelle 7. En outre, l'âge de ces arbres est accusé de vieillissement avec des pieds excédant 80 ans et jusqu'à plus de 100 ans surtout dans les parcelles 1, 2, 3 et 9.

La densité diffère d'un peuplement à un autre. Elle est assez forte à M'Sila où elle peut aller de 360 souches/ha dans les parcelles 4 et 5 du canton M'Sila à 200 souches/ha dans la parcelle 1 du canton Cheikh Ben Khalifa. En revanche, à Zarieffet ce sont les parcelles 7 et 8 qui sont les plus moins denses avec 100 souches / ha.

La régénération naturelle par semis est très présente dans les parcelles 4, 5 et 6 du fait de la présence d'une clôture instaurant une mise en défend efficace contre le pâturage. Par contre dans les autres parcelles, la régénération est déficiente.

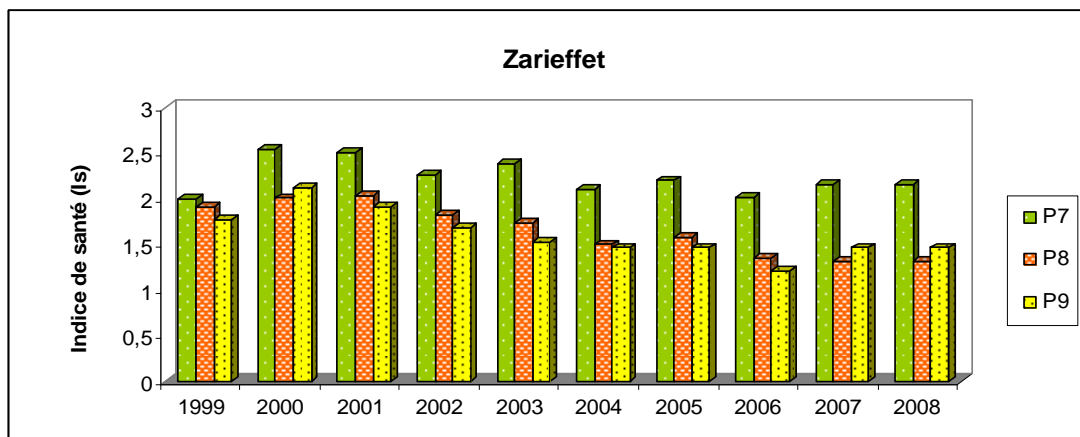
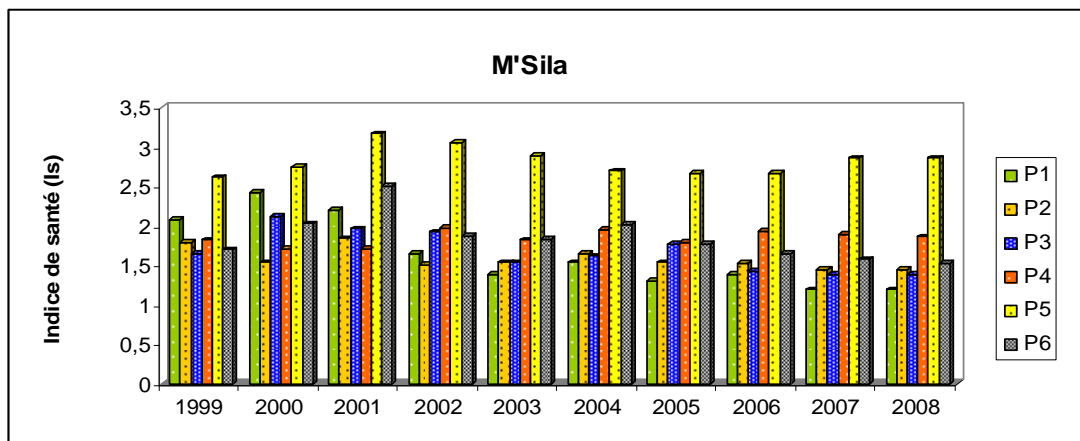


La fréquentation humaine est partout forte à l'exception dans les parcelles P4, P5 et P6. La proximité des peuplements de chêne-liège aux agglomérations et rassemblements urbains rend vaine tout effort de protection. La présence de l'homme perpétue divers dégâts comme les coupes illicites, les émondages excessifs, le déliégeage illicite, la récolte des glands, la coupe du sous bois et le parcours intense.

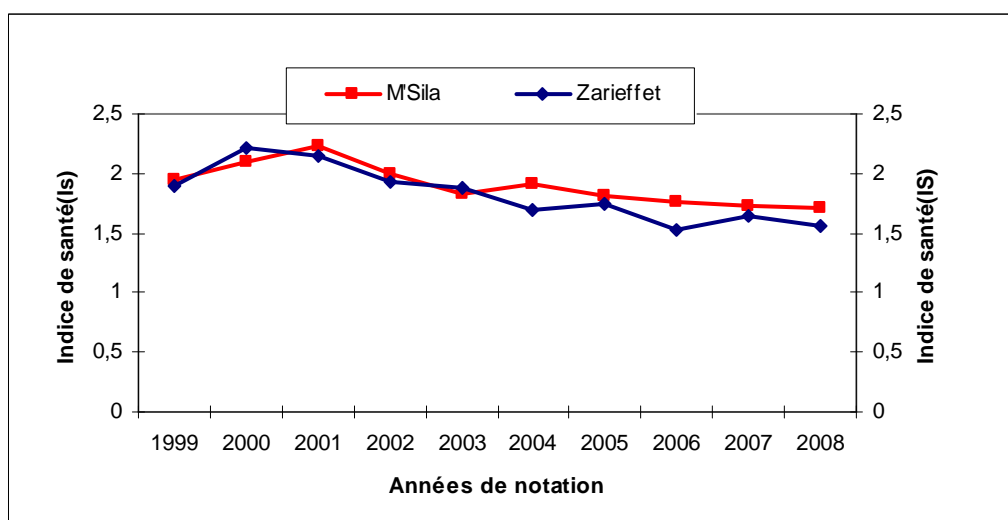
Les opérations sylvicoles sont partout absentes. Cette remarque concerne surtout les parcelles 4,5 et 6 où la concurrence respective du pin d'Alep et du sous-bois est très importante arrivant à expulser le chêne-liège de sa parcelle.

### VI.1.3-Relevés sanitaire des parcelles d'étude

Nos deux forêts sont touchées depuis longtemps par le phénomène de dépérissement, son intensité diffère d'une région à une autre (littorale et montagne). Les résultats des indices de santé « IS », calculés par parcelle et par forêt, pour la période d'observation 1999 -2008 sont illustrés dans la figure 56.







**Figure 56 : Evolution annuelle de l'indice de santé à l'échelle des parcelles et des deux forêts (1999 -2008)**

D'après la figure 56, nous constatons que les 292 arbres observés dans les peuplements de chêne liège de la forêt de M'Sila comptabilisent un état sanitaire très contrasté d'une année à une autre. En effet, les parcelles (P4, P5, P6) du canton de M'Sila semblent plus infectées par le dépérissement que celles du canton de Cheikh Ben Khalifa (P1, P2, P3) ( $IS= 2,17$  vs  $IS=1,63$ ) ( $X_{obs}= 2,18$ ,  $3ddl$ ,  $P<0,05$ ). Cette dégradation est plus prononcée au sein de la parcelle 5 qui est considérée comme fortement dépérissante ( $IS = 2,82$ ). Les années 1999-2003 demeurent les plus touchées par ce phénomène.

A Cheikh Ben Khalifa, les peuplements sont appréciés comme sains ou légèrement affaiblis ( $IS<1,59$ ). La parcelle 2 enregistre la plus petite altération soit un  $IS= 1,58$ . Les années 2000-2001 restent les plus dépérissantes ( $IS=2,03$  et  $IS=1,99$ ) puis attestent une nette amélioration au cours de la période 2002-2008.

A Zarieffet, les indices de santé calculés pour les 238 arbres des 3 parcelles (P7, P8, P9) révèlent un état sanitaire généralement virant vers un début de dépérissement ( $IS= 1,82$ ). La parcelle 9 comptabilise une bonne vigueur des ces sujets ( $IS=1,58$ ). La période 2000-2002 s'accompagne d'une altération très marquée (2,22-2,22-1,92).

Globalement, pour une période d'observation s'étalant à 10 ans, les deux forêts s'acheminent vers un début de dépérissement ( $1,60<IS<2,0$ ) plus sensible à M'Sila.

#### ***VI.1.4-Relevés caractéristiques des arbres échantillons***

Les résultats des relevés dendrométriques et d'exploitation des 240 arbres-échantillons sur lesquels nous avons prélevé le liège sont consignés dans le tableau 44 .

**Tableau 44: Valeurs moyennes des relevés dendrométriques et d'exploitation des arbres -échantillons des 9 parcelles**

Parcelles	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Descripteurs									
Circonférence (cm)	112,5±10	101±7,5	102±8,1	96±8,4	95±8,2	94±7,8	98±7,1	130±15,1	160±17,4
Hauteur d'écorçage(m)	2,4±0,1	2,3±0,15	2,4±0,17	1,4±0,13	2,8±0,2	2,5±0,14	2,2±0,14	2,8±0,15	4±0,3
Nombre d'écorçage (m)	2±0,15	2±0,12	2±0,17	2±0,13	2±0,20	2±0,14	2±0,18	2±0,14	3±0,27
Coefficient d'écorçage	2,1±0,2	2,3±0,14	2,4±0,17	1,5±0,12	2,3±0,14	2,7±0,18	2,3±0,14	2,2±0,23	2.5±0,3
Dernière année d'écorçage	92-93-96-98-2007	92-98-2007	92-98-2007	92-98-2007	92-98-2007	92-98-2007	96-2008	96-2008	96

En se référant au tableau 44, nous remarquons d'une manière générale que les moyennes des circonférences des arbres-échantillons varient de 94cm à 160cm. Les moyennes enregistrées dans les parcelles de Zarieffet (129 cm) sont plus élevées que celles de M'Sila (97cm). Cela signifie que les arbres sont plutôt âgés en montagne.

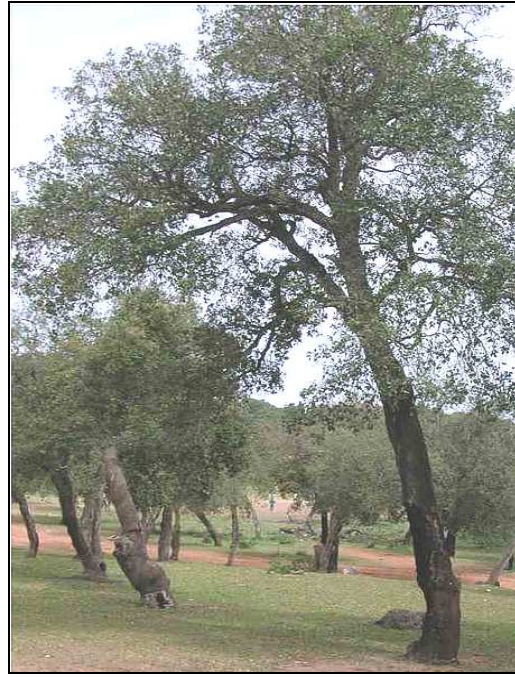
En ce qui concerne les autres descripteurs, nous remarquons que la moyenne des hauteurs d'écorçage ne dépasse pas 2,5m (M'Sila) et 3m (Zarieffet). En revanche, des coefficients d'écorçage plus au moins excessifs ont été appliqués aux arbres du littoral (1,5-2,7), contre une stabilité en montagne (2,2-2,5). En outre, l'ensemble des arbres ont subi plus d'un écorçage (>2). La dernière année d'exploitation change d'une parcelle à l'autre et au sein de la même forêt. A M'Sila, la disparité est plus prononcée et la majorité des arbres sont exploités à différentes rotations (1992-2007). A Zarieffet les arbres-échantillons ont été écorcés à deux reprises, la première date de 1996, et la récente en 2008.

## **VI.2- Distribution des arbres -échantillons par classe d'état sanitaire**

L'évaluation de l'état sanitaire d'un peuplement de chêne-liège, consiste essentiellement à examiner individuellement et minutieusement les cimes des arbres-échantillons sujettes au symptôme du déficit foliaire. Ce dernier exprime la réponse de l'arbre aux crises écologiques plus au moins graves et étendues dans le temps (Pl.10)



**Arbre sain (Zariéffet)**



**Arbre sain ( M'Sila)**



**Arbre affaibli (Zariéffet)**



**Arbre affaibli ( M'Sila)**





Arbre dépérissant(Zarieffet)

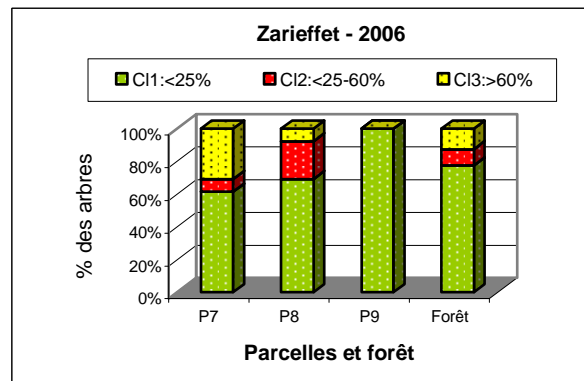
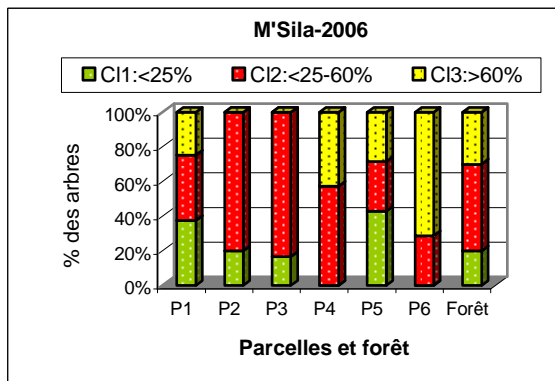


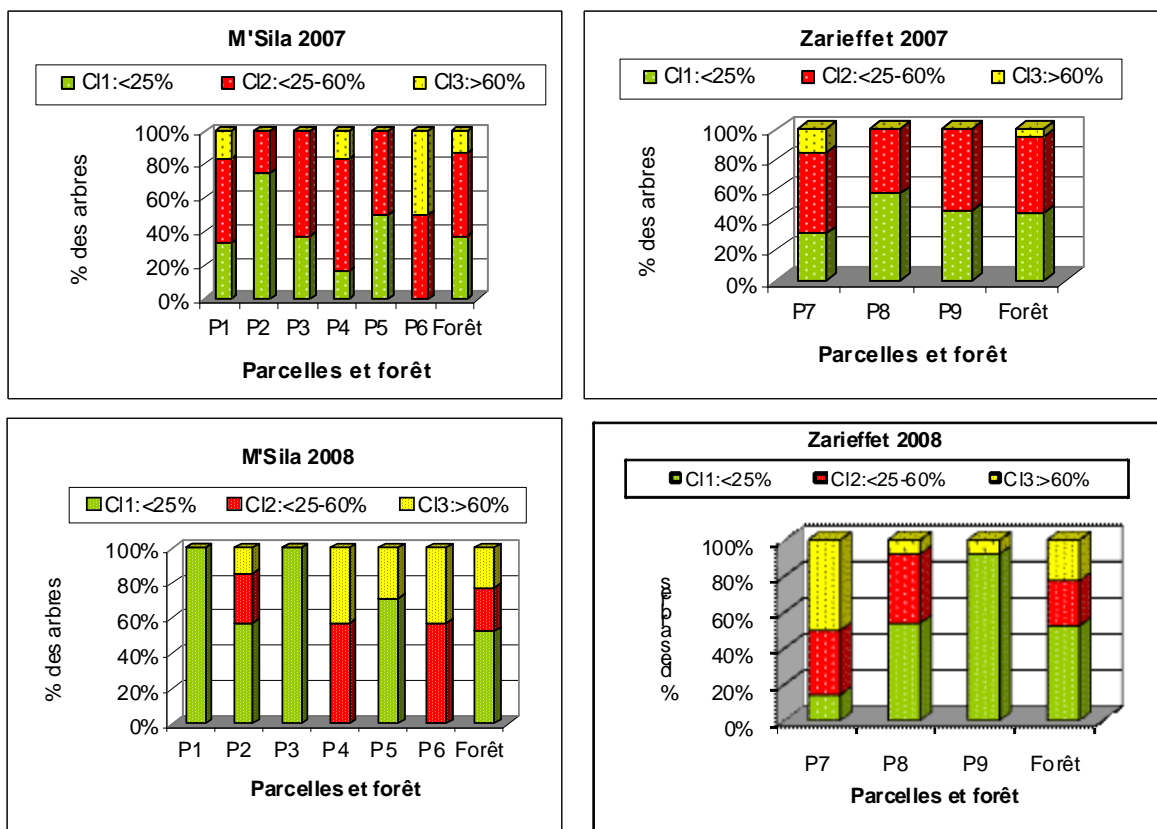
Arbre dépérissant (M'Sila)

Planche 10 : Différentes classes du déficit foliaire(Original)

### VI.2.1-Evaluation sanitaire durant l'année d'échantillonnage

Les résultats des inventaires de l'état sanitaire des arbres échantillons notés durant les années d'observation 2006-2007-2008 sont représentés dans la figure 57.





**Figure 57 : Etat sanitaire des arbres échantillons par parcelles et forêt durant les 3 années d'échantillonnage (2006-2008)**

### 1-Observation sanitaire de 2006

En se référant à la figure 57, nous constatons qu'à l'échelle de la forêt la proportion des sujets sains frôle les 77,5% à Zarieffet et 20% à M'Sila; à leur tour, les arbres affaiblis enregistrent respectivement 10% et 50%. En ce qui concerne les arbres dépérissants, nous comptabilisons un taux de 12,5% à Zarieffet et 30% à M'Sila..

A l'échelle des parcelles, le dépérissement est plus prononcé au niveau du canton de M'Sila (58,3%) alors qu'il est de l'ordre de 42 % dans les parcelles du canton de Cheikh Ben Khalifa. En revanche, la parcelle 6 demeure la plus dépérissante avec un taux de 71,4%. Par contre, les parcelles les plus saines sont représentées par P1 et P5 soit un taux respectif de l'ordre de 37,5% et 42,8%.

A Zarieffet c'est la parcelle 7 qui est la plus défoliée (57%) tandis qu'à P9 le degré de vitalité est de 100%.

### 2-Observation sanitaire de 2007

L'observation du déficit foliaire au cours de la saison estivale de 2007 témoigne d'une proportion importante d'arbre affaiblis de la classe 2 sur le littoral et en même temps en montagne soit un taux de 50% dans chaque forêt. Les arbres sains sont plus présents à Zarieffet qu'a M'Sila (45% vs 37,5%) tandis que les sujets dépérissants ne représentent qu'un pourcentage minime (12,5 % vs 5%).

Les parcelles de M'Sila sont caractérisées par une forte intensité d'arbre affaiblis (classe 2), plus élevées dans les parcelles 1,3,4 et 6 (> 50 %) que dans la parcelle 2 (25%). En revanche, les arbres dépérissants sont toujours l'apanage de la parcelle 6 (50%).

En montagne, les arbres échantillons de la parcelle 7 renferment moins d'arbres sains (30,7%) que dans les parcelles 8 (57,1%) et 9 (46,1%).

### 3-Observation sanitaire de 2008

Les appréciations visuelles de l'année 2008 se sont soldées par un état sanitaire satisfaisant à l'échelle des deux forêts. En effet, les arbres sains représentent 53% dans chaque suberaie tandis que les sujets dépérissants avoisinent 25% à M'Sila et 22,5% à Zariéffet.

Au niveau des parcelles, nous enregistrons deux pics de bonne vigueur en littoral, le premier concerne la parcelle 1 et le second la parcelle 2. Par contre, les parcelles 4 et 6 demeurent les plus minimisée sur le plan déficit foliaire soit un taux de 42,3 % chacune.

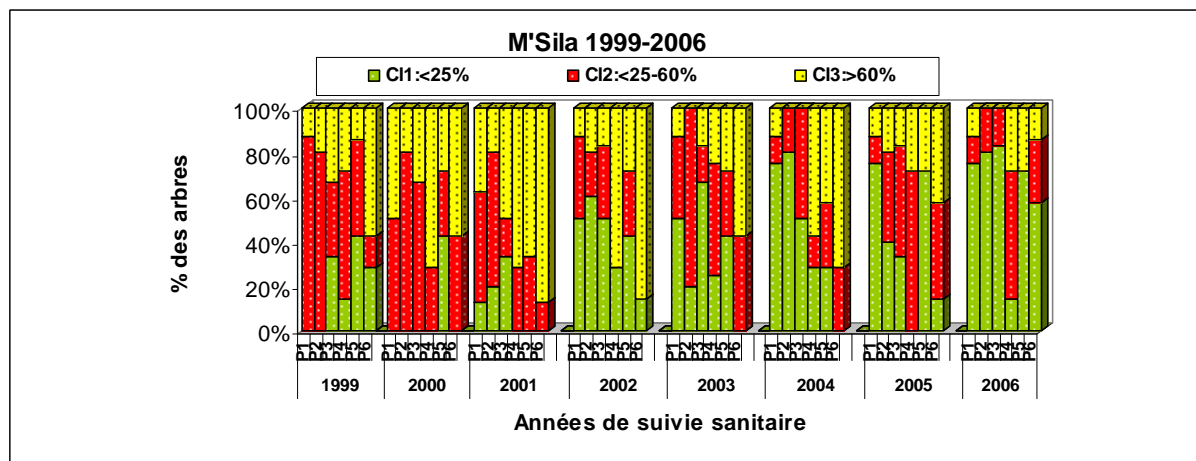
En montagne, la parcelle 9 recèle plus d'arbres sains de la classe 1 aux alentours de 92,3% par rapport à la parcelle 7 qui détient 50% d'arbres dépérissants de la classe 3.

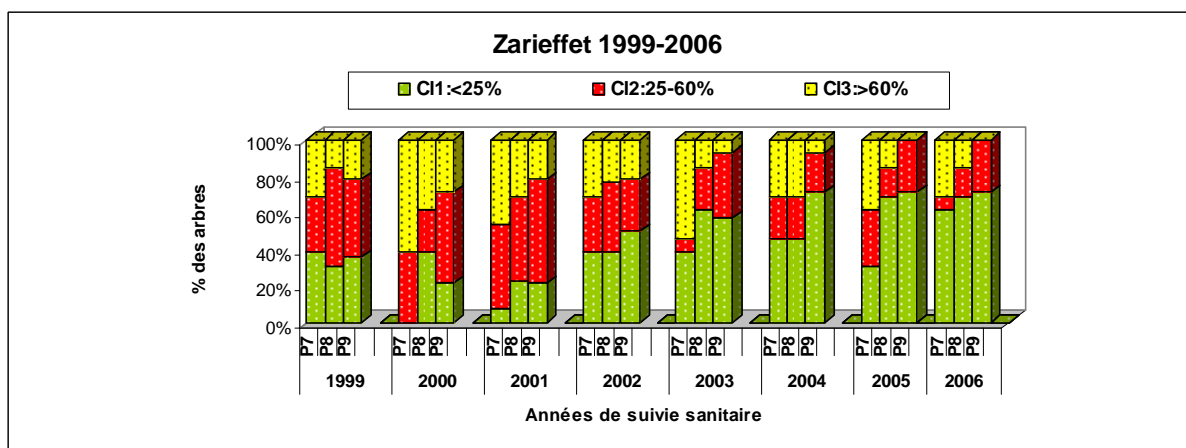
### VI.2.2-Etude de l'état sanitaire des arbres échantillons durant les années antérieures

Les bilans des inventaires de l'état sanitaire des arbres échantillons notés durant les années antérieures depuis la première année de mise en service du réseau de surveillance sont mentionnés dans les figures 58-60 .

#### VI.2.2.1-Période 1999-2006

L'évolution du déficit foliaire des 80 arbres-échantillons sur l'ensemble des parcelles montre une certaine fluctuation annuelle. En effet, la situation au cours des 8 dernières années est plus sévère en zone littorale qu'en montagne (Fig.58).





**Figure 58 : Evolution annuelle du déficit foliaire des arbres-échantillons durant la période 1999-2006**

A M'Sila, l'évaluation de la prise de notation des deux premières années (1999-2000) s'est particularisée par un état sanitaire généralement affaibli, avec plus de 50% de sujets appartenant à la classe 2 et 20% d'arbres à la classe 1 (sain). Au cours de cette période, les arbres des parcelles 1 et 2 occupent les taux les plus élevés soit respectivement 87,5% et 80% (1999), 50% et 80% (2000).

En revanche, en 2001 la situation s'est détériorée d'une manière assez brusque où les proportions d'arbres dépérissants de la classe 3 (>60%) dominaient avec un taux de l'ordre de 57% tandis que les arbres sains ne totalisaient que 10% seulement. Ce déclin concernait particulièrement les parcelles 4 (71,4%), 5 (66,6%) et 6 (87,5%).

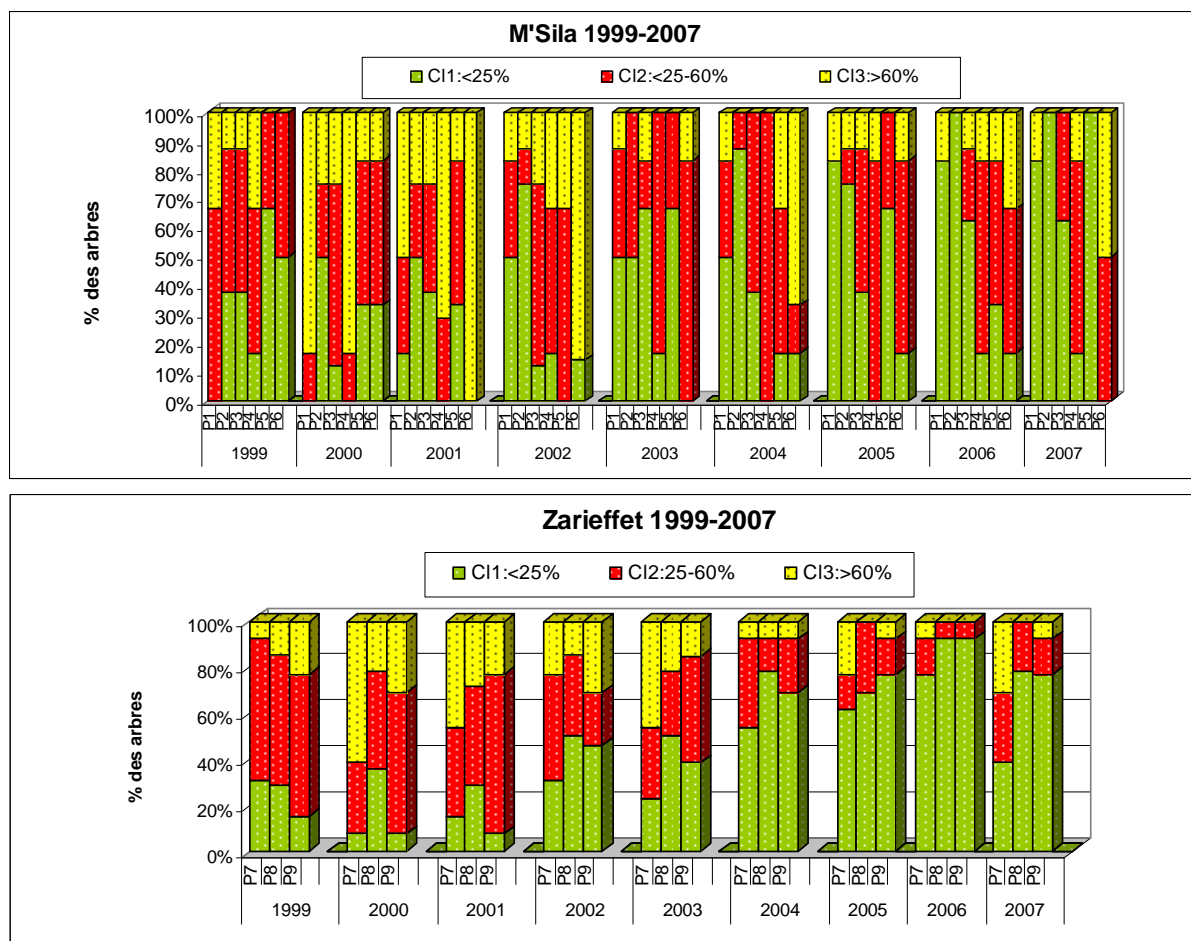
La période 2002-2006 a connu un net changement vers l'amélioration de l'état des cimes. En effet, environ 43,3% de sujets ont regagné la classe 1 (<25%) alors qu'ils ne représentaient de 12,5 % durant les années 1999-2001. Cette constatation se rapporte particulièrement à la parcelle 1 qui est passée de 0% (1999) à 50% (2002) puis 75% (2006).

A Zarieffet, durant les années 1999-2001, la proportion des arbres sains s'est manifestée par une présence minimale par rapport aux autres classes, soit respectivement des taux de 24,1% (sains), 43,33% (affaiblis) et 32,5% (dépérissants). Cette situation s'identifie particulièrement dans la parcelle 7 durant les années 2000(0%) et 2001(7%).

Par contre, une progression marquée de l'état sanitaire s'est amorcée à partir de 2002 où le pourcentage des arbres sains est passé de 42,5% à 67,5% en 2006 soit une amélioration globale de 55,5%. Ce statut concerne spécialement la parcelle 9 dont le taux des arbres sains est resté stable de 2004 à 2006 soit un pourcentage de 71,4%.

### VI.2.2.2-Période 1999-2007

Les bilans des différents inventaires de la deuxième année échantillonnage (80 arbres échantillons) de la période estivale 2007 s'expriment par une variation inter-annuelle du déficit foliaire d'une parcelle à une autre dans les deux régions (Fig.59).



**Figure 59: Evolution annuelle du déficit foliaire des arbres-échantillons dans la suberaie de M'Sila et de Zariéffet durant la période 1999-2007**

La figure 59 mis en évidence une forte présence d'arbre défoliés à plus de 25%, très représentative durant la période 1999-2002 (>70%). Parmi les parcelles qui enregistrent les taux les plus élevées d'arbre dépérissants, nous citons les parcelles 1 et 4 (33,3% et 83,33% chacune en 2009 et en 2000). Par contre, les sujets de la parcelle 6 marque les années 2001/2002 soit respectivement un taux de 100% et 85,5%.

La période 2003-2007 s'est distinguée d'une nette amélioration sanitaire des cimes. Cette progression est constatée suite à une diminution du pourcentage d'arbres de la classe 2 et même 3. En d'autres mots les sujets sains sont devenus majoritaires à 50 % dans les 6 parcelles. Cet état est plus marqué dans les parcelles 1(83,3% en 2006 et 2007) , 2 (100 % en 2006 en 2007) et 5(100% en 2007). D'autres part, la parcelle 6 s'est individualisée toujours d'un l'état sanitaire dégradé des ces arbres.

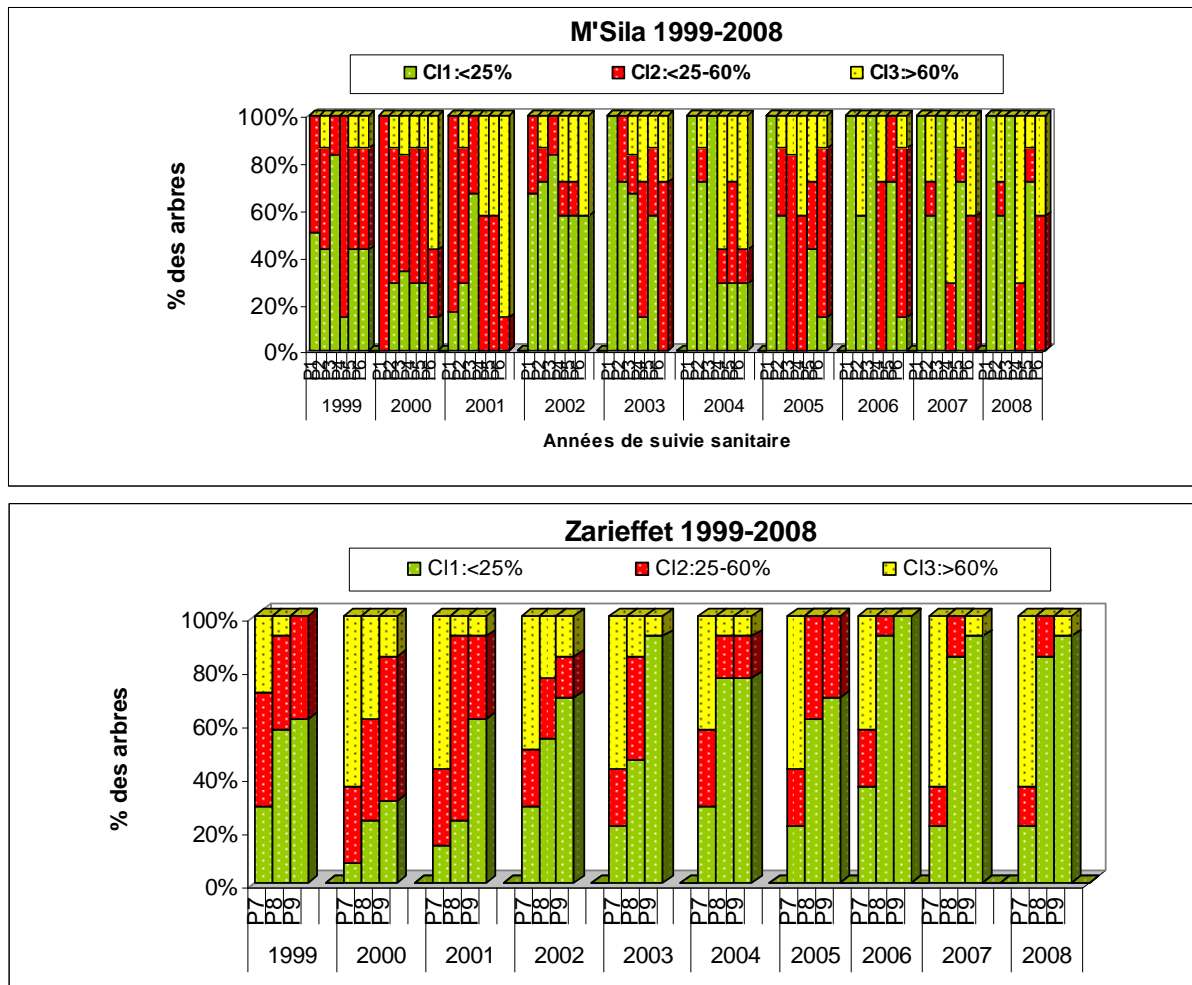
A Zariéffet, nous constatons une situation sanitaire plus atténuée durant la période 1999-2001 puis améliorée à partir de 2002-2007 (Fig.59). Durant la première période, le déficit foliaire concerne essentiellement les arbres de la classe 2 avec un taux de l'ordre de 50 %. En l'occurrence, c'est la parcelle 9 qui détient les proportions les plus élevées (60% en 1999, 50% en 2000 et 69,2% en 2001). En ce qui concerne l'état sanitaire dépérissant, nous remarquons qu'il est plus concentré durant l'année 2000-2001. Dans ce contexte, la parcelle 7 semble la plus représentative de cet état dégradé (61,1% en 2000 et 46,1 % en 2001).



La seconde période connaît moins de perturbation sanitaire et s'accompagne d'une translation importante des arbres affaiblis vers la classe 1 "sains". En effet, cette amélioration connaît son apogée durant l'année 2006 où les parcelles 8 et 9 détiennent respectivement 92,8% et 92,3% des arbres sains.

### VI.2.2.3- Période 1999-2008

L'antécédent sanitaire des arbres échantillons aux cours de 10 ans d'observation est parsemé d'un contraste annuel plus prononcé en littoral qu'en montagne (Fig.60).



**Figure 60: Evolution annuelle du déficit foliaire des arbres-échantillons durant la période 1999-2008**

L'observation attentive de la figure 60, fait ressortir une dégradation sanitaire tolérable au niveau des parcelles de M'Sila. Ce schéma est visible durant la période 2002-2008 où le taux des arbres sains dépassait 53%.

Les parcelles 1, 2,3 (canton de Cheikh Ben Khalifa) renferment moins d'arbres dépérissants que les parcelles 4,5,6 (canton de M'Sila) soit respectivement 29,7 % contre 43,5%. En l'occurrence, c'est la parcelle 1 qui s'individualise par son état de bonne santé très stable. Inversement, la dégradation sanitaire (classe 3) est plus présente au sein des parcelles 4 et 6 qui comptabilisent 28,5% chacune en 2003 pour atteindre 71,4 % et 42,8% en 2008.

Les arbres échantillons de Zarieffet connaissent une amélioration progressive à partir de 2001-2008, très marquée dans les parcelles 8 et 9. Au sein de ces deux dernières, le taux des arbres sains passe respectivement de 23% et 61,5% en 2001 à 84,6% et 92,3% en 2008.

Par ailleurs, pour la même période, la parcelle 7 a gardé toujours son statut d'état sanitaire dégradé (classe 3) à plus de 50%.

### VI.3-Caractérisation générale du matériel récolté

Etant un produit naturel, le liège est toujours parsemé par une grande variabilité de ces propriétés et de ces caractéristiques. Il est très connu que les applications industrielles du liège sont fortement associées aux paramètres de densité, d'expansion, de porosité etc. (Fortes et Rosa,1998 ; Gonzalez et al.,2000). En effet, l'amplification ou la minimisation de ces paramètres sont gouvernés par l'effet irréversible du bouillage.

#### VI.3.1-Avant le bouillage

Les principales caractéristiques du matériel récolté dans les 9 parcelles sont mentionnées dans les tableaux 45 et 46.

**Tableau 45: Valeurs moyennes et écart type du liège récolté par année d'échantillonnage (avant bouillage)**

Prov.	Echantillons	N	Epaisseur moyenne (mm)	Age du liège (année)	Productivité (kg-m <sup>2</sup> )	Densité (kg-m <sup>3</sup> )
M'Sila	2006	40	22,28(7,77)	7-8-10-13-14	7,28(1,32)	334(63,02)
	2007	40	19,65(7,80)	7-8-9-10-11-12-13-14	6,81(1,41)	297(64,36)
	2008	40	21,29(5,40)	10-9	7,34(1,27)	299(63,14)
	Total	120	21,06(7,10)	7-8-9-10-11-12-13-14	7,14(1,34)	296(63,15)
Zarieffet	2006	40	16,24(6,09)	9-10	6,92(1,37)	370(62,03)
	2007	40	19,72(6,19)	8-9-10-11-12-13	6,71(1,13)	350(56,60)
	2008	40	22,14(4,53)	10-11	6,97(1,28)	340(55,13)
	Total	120	19,36(6,11)	8-9-10-11-12-13	6,86(1,27)	352(58,62)
Total	2006	80	19,24(7,52)	7-8-10-13-14	7,10(1,36)	331(71,14)
	2007	80	19,68(6,96)	7-8-9-10-11-12-13-14	6,87(1,27)	295(62,94)
	2008	80	21,71(4,93)	9-10	7,15(1,28)	322(66,12)
	Total	240	20,21(6,65)	7-8-9-10-11-12-13-14	7,04(1,31)	316(68,58)

Prov. : Provenance

L'analyse du tableau 45, indique que les échantillons du liège (sans opération de bouillage) se caractérisent par une mosaïque d'âges reflétant avec pertinence que le cycle de production est rarement respecté sur tous les arbres du peuplement. En effet, les 240 échantillons abritent des âges très variés allant de 7 ans à 14 ans ; cette observation est très fréquente sur le liège de M'Sila.

L'existence des cycles de production différents ne permet pas de comparer directement les potentialités productives des deux provenances, ce qui nous oblige à rassembler les échantillons par âge similaire soit à l'échelle parcelle et forêt.

En ce qui concerne le calibre des planches, nous distinguons qu'il oscille entre 21,06 mm (M'Sila) et 19,36mm(Zarieffet) soit une valeur moyenne globale de 20,21mm.

Les deux autres variables en l'occurrence la densité et la productivité enregistrent à leur tour des valeurs contrastées : 296kg/m<sup>3</sup> et 7,14 kg/m<sup>2</sup> (M'Sila), 352kg/m<sup>3</sup> et 6,86 kg/m<sup>2</sup> (Zarieffet) .

### VI.3.2- Après bouillage

Le bouillage cause l'expansion du liège en agissant sur sa structure cellulaire en modifiant ces propriétés mécaniques en particulier l'élasticité et la résistance à la compression (Rosa et al., 1990).

Durant ce procédé, nous assistons à une expansion de l'épaisseur (accroissement distincts) dans tous les calas. Cette variabilité de dilatation inter et intra échantillons se superpose automatiquement aux valeurs initiales de l'avant bouillage. Les moyennes globales varient entre 23,21mm (M'Sila) et 21,16 mm(Zarieffet) (Tab.46).

**Tableau 46 : Valeurs moyennes et écart type du liège récolté par année d'échantillonnage**

Prov.	Echantillons	N	Epaisseur (mm)	Age du liège (année)	Productivité (kg-m <sup>2</sup> )	Densité (kg-m <sup>3</sup> )
M'Sila	2006	40	24,65(8,61)	7-8-10-13-14	6,60(1,46)	288(63,03)
	2007	40	21,51(8,63)	7-8-9-10-11-12-13-14	6,20(1,25)	249(64,21)
	2008	40	23,46(5,98)	10-9	6,34(1,25)	248(63,74)
	Total	120	23,21(6,86)	7-8-9-10-11-12-13-14	6,38(1,32)	262(63,49)
Zarieffet	2006	40	17,81(6,62)	9-10	6,88(1,37)	328(62,03)
	2007	40	21,60(6,07)	8-9-10-11-12-13	6,21(1,35)	315(56,6)
	2008	40	24,08(4,91)	10-11	6,94(1,29)	295(55,7)
	Total	120	21,16(5,86)	8-9-10-11-12-13	6,67(1,33)	313(58,4)
Total	2006	80	20,63(6,30)	7-8-10-13-14	6,74(1,41)	308(62,28)
	2007	80	21,56(7,35)	7-8-9-10-11-12-13-14	6,20(1,30)	282(59,91)
	2008	80	23,77(5,45)	9-10	6,64(1,27)	272(60,72)
	Total	240	21,99(6,36)	7-8-9-10-11-12-13-14	6,52(1,32)	287(60,96)

D'après le tableau 45, nous remarquons que le bouillage génère aussi une réduction notable de la densité et aussi de la productivité. Dans ce contexte, les 120 échantillons de M'Sila perdent globalement 11,5 % de leur densité en passant de 296 kg/m<sup>2</sup> (avant bouillage) à 262 kg/m<sup>2</sup> (après bouillage). Conjointement la productivité baisse moyennement de l'ordre de 7%, en diminuant de 7,14 kg/m<sup>3</sup> à 6,38 kg/m<sup>3</sup>.

La même remarque concerne aussi les 120 calas de Zarieffet qui passent de 352 à 313 kg/m<sup>3</sup> (densité) et 6,86 kg/m<sup>3</sup> à 6,67 kg/m<sup>2</sup> (productivité) soit une diminution respective de 11% et 6,7%.

A l'échelle des accroissements annuels complets (tous âge confondu) la dilatation du suber n'est pas homogène (Tab.47). La contribution relative de chaque anneau de croissance dans l'expansion totale diffère d'un échantillon à autre. Au sein des calas de M'Sila les extrêmes vont de 4 à 15 % tandis que ceux de Zarieffet oscillent entre 7 et 12%.

**Tableau47 : Valeurs moyenne (coefficient de variation) des épaisseurs et de leur taux de dilatation (accroissements complets)**

Prov,	Echantillons	N	Calibres moyens avant bouillage	Calibres moyens après bouillage	Taux de dilatation calibré
M'Sila	2006	40	22,28(34,90)	24,65(34,92)	10,02(18,20)
	2007	40	19,55(40,11)	21,51(40,11)	10,03(16,15)
	2008	40	21,28(25,35)	23,46(25,52)	10,03(17,05)
	Total	120	21,06(33,45)	23,21(33,52)	10,03(17,13)
Zarieffet	2006	40	14,39(40,96)	15,78(40,08)	9,82(23,29)
	2007	40	17,94(32,37)	19,37(31,96)	8,26(11,67)
	2008	40	20,63(20,52)	22,4(20,50)	8,73(11,03)
	Total	120	17,65(31,29)	19,20(30,85)	8,93(15,33)
Total	2006	80	18,33(31,12)	20,22(37,50)	10,00(23,44)
	2007	80	18,74(36,24)	20,44(36,04)	9,14(13,91)
	2008	80	20,96(22,93)	22,94(23,01)	9,38(14,04)
	Total	240	19,35(32,37)	21,21(32,18)	9,50(34,27)

D'après le tableau 47, nous constatons que les échantillons provenant du littoral s'accompagnent d'une expansion calibrée (accroissements complets) élevée que ceux de montagne soit un taux moyen global de 10,02% contre 8,93% en montagne. Les coefficients de variation exprimant le taux de dispersion de chaque dilatation au sein de chaque échantillon oscillent entre 17,13 % pour M'Sila et 15,33% pour Zarieffet.

### ***VI.3.3-Etude de la croissance du liège***

Le calibre ou l'épaisseur d'une planche de liège, est l'un des paramètres qui influe plus sur le rendement d'une suberaie et par conséquent conditionne les différentes applications industrielles de la matière première. A titre d'indication, la production minimale de bouchons (24 mm de diamètre) nécessite au moins une épaisseur supérieure ou égale à 27mm appelée communément « épaisseur commerciale » ce rendement serait majoré si le calibre oscillait entre 29 et 33mm. A l'inverse, un calibre inférieure à 27 mm, nous oblige à orienter la matière première vers la fabrication des produits de valeur mineure (rondelles), alors que les planches de calibre supérieur à 40 mm contiennent un taux élevé de perte (déchets). Cette situation ne peut être rectifiée que par une redistribution des planches par catégories ou classes d'épaisseur homogènes selon les normes industrielles en cours ( Gonzalez-Adrados et *al.*,2000).

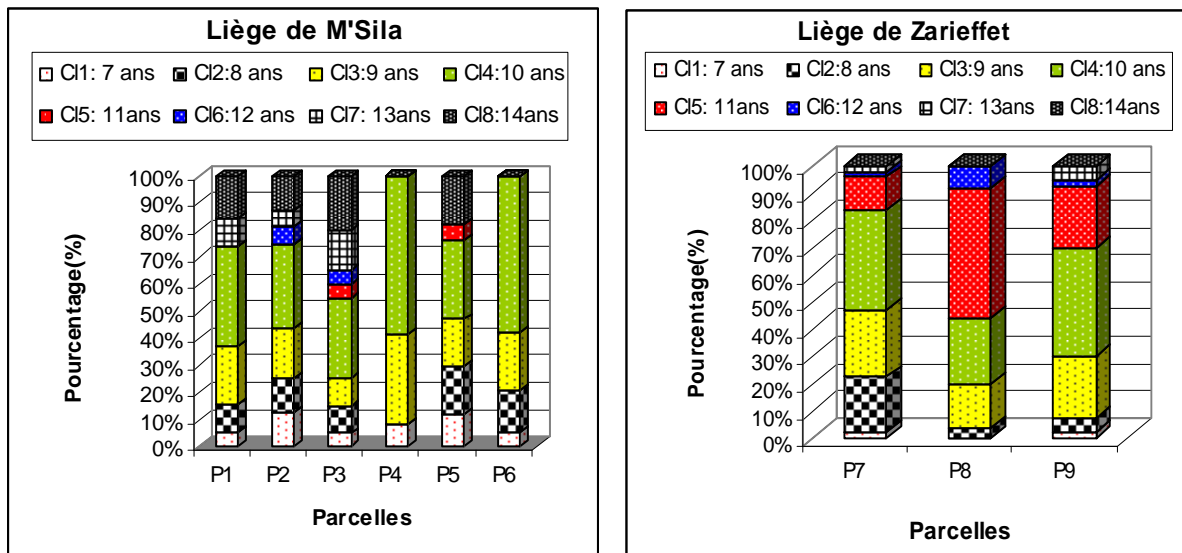
#### **VI.3.3.1-Distribution des échantillons selon leurs classes d'âge**

La figure 61, illustre clairement, l'existence d'une grande hétérogénéité entre l'âge du liège à l'échelle de chaque forêt. En effet, l'extraction du liège n'est pas réalisée la même année sur les arbres du même peuplement et par conséquent ne respecte pas la rotation prescrite pour chaque région : 9-10 ans pour les peuplements du littoral et 12-13 ans pour ceux de montagne (Lamey, 1893 ; Boudy, 1955).

L'âge relevé sur les calas provenant de M'Sila relate une variation assez marquée (CV=25,28%). Cette observation se concrétise particulièrement au niveau des 5 premières

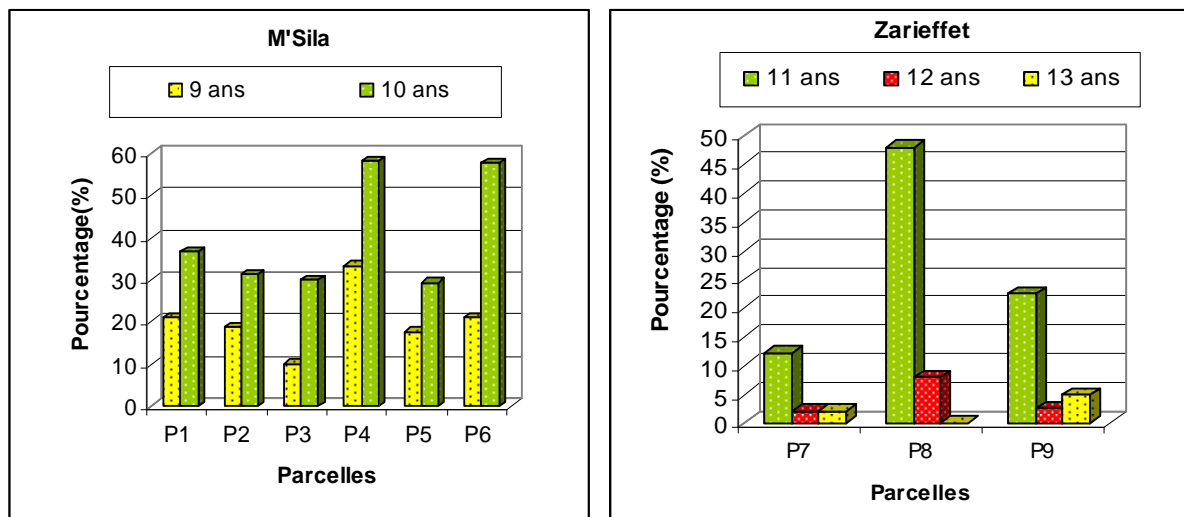
parcelles (P1-P5). En effet, ce déséquilibre est imputé à la présence d'une quantité notable d'un liège moins mure des classes 1 et 2 (19%) et d'un autre dépassant la maturité requise, il s'agit des classes 7 et 8 (17%). Les échantillons âgés de 10 ans sont de l'ordre de 40%.

A Zarieffet, cette anarchie de rotation est moins prononcée (C.V.=13%), le liège frôlant les 10 ans, enregistre un taux de l'ordre de 35% tandis que celui mure (âgé de 13ans) détient un taux de 2%. Par contre, le liège exploité hâtivement (7 ans et 8 ans) ne représente qu'un taux minime de 13% .



**Figure 61: Répartition des échantillons du liège selon leurs classes d'âge**

Le respect de la durée d'écorçage diffère d'une parcelle à une autre (Fig.62).



**Figure 62: Contribution relative des parcelles par rapport à l'âge préconisé dans l'exploitation du liège dans les deux forêts**

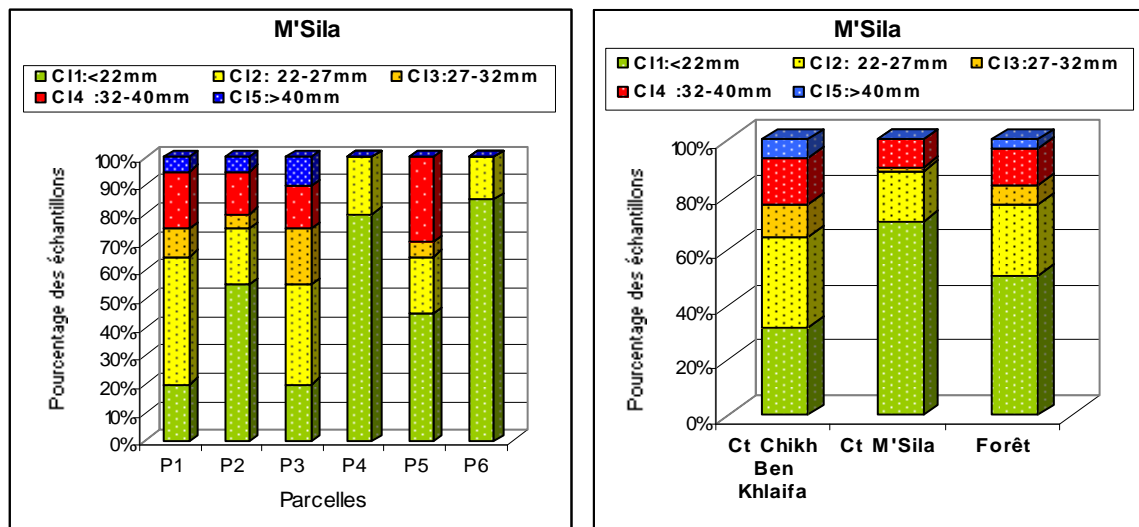
Les contributions relatives, les plus apparentes concernent les parcelles 1,4 et 6. A titre d'indication, 58% des calas de P4 sont âgés de 10 ans et 33% de 9 ans.

En montagne, cette harmonie entre opération d'écorçage et rotation est très visible au niveau des parcelles 8 et 9 où la maturité du liège de 12ans et 13 ans touche respectivement 8 et 5 %.

### VI.3.3.2-Distribution des échantillons par classes commerciales d'épaisseur

#### 1-Forêt de M'Sila

La distribution des échantillons par classes commerciales d'épaisseur est mentionnée dans la figure 63.



**Figure 63: Distribution des échantillons du liège selon les classes commerciales d'épaisseurs par parcelles et forêt.**

Le liège récolté dans la forêt de M'Sila durant les 3 années d'échantillonnage se distribue d'une manière irrégulière selon les classes commerciales. En effet, seulement 23% des calas sont en dessus de ce qui est convoité par l'industrie du bouchon (>27mm) le reste (77%) doit être utilisé dans la confection des rondelles.

A l'échelle des parcelles, nous constatons que les parcelles 1, 2, 3 s'individualisent des autres par un taux élevé de liège régulier de la classe 5 (>40mm) soit respectivement 5%, 5% et 10%.

Le liège flotte de la classe 1 (<22mm) semble bien répartie sur l'ensemble des parcelles mais plutôt marqué au sein des parcelles 4 et 6 avec des taux de l'ordre de 80 et 85%.

A l'échelle des cantons, la meilleure représentativité commerciale de point de calibre s'observe sur les arbres de Cheikh Ben Khalifa. Ces derniers produisent 35% de liège bouchonable (>27mm) qui est plus influencé par la classe 4 (32-40mm) aux alentours de 17%.

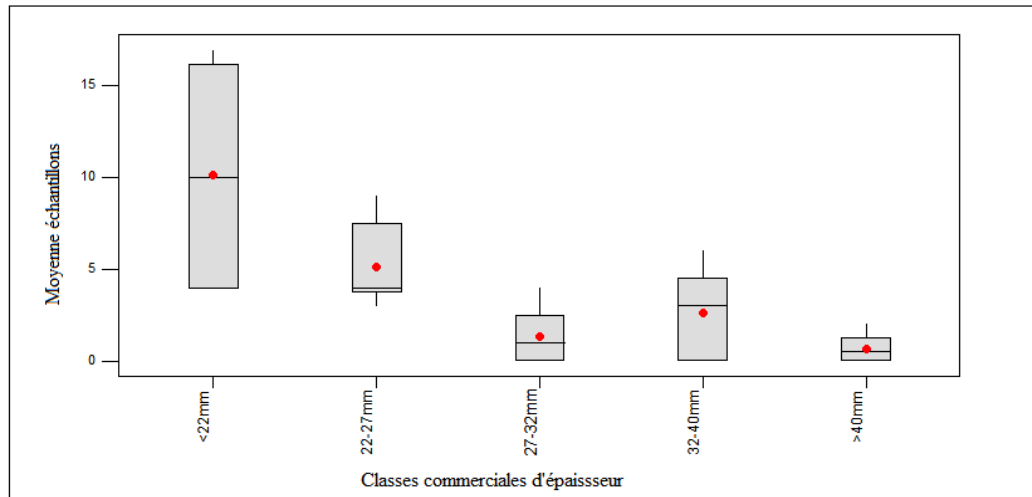
A l'inverse, nonobstant les 10% des calas de la classe 4, le canton de M'Sila est très lésé par rapport au canton précédent. Effectivement, les épaisseurs de la classe 1 dominent avec un taux de 70%.

La comparaison entre calas montre qu'il existe une différence significative entre les 5 classes commerciales inventoriées dans la suberaie M'Sila (Tab.48).

**Tableau 48: Analyse de variance de la variable épaisseur**

Effet (classe)	dl Effet	CM Effet	dl Erreur	CM Erreur	F	Niveau p
1	4	356,33	114	227,4	9,78	0,000

La plus part des calibres se concentrent dans la classe 1 et 2 avec respectivement une moyenne de 10 et 5 planches par parcelles (Fig.64).

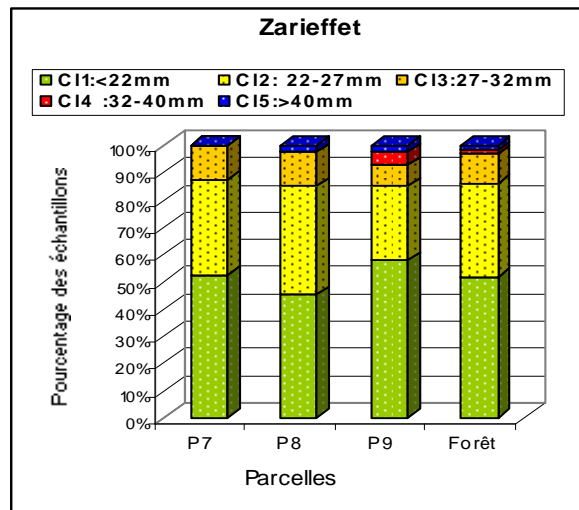


**Figure 64: Distribution des échantillons par classes commerciales (M'Sila)**

### *2-Forêt de Zariéffet*

Une des particularités du liège montagne qu'il renferme une quantité appréciable de liège moins épais (<24mm). Dans ce contexte, les calas émanant de la forêt de Zariéffet recèlent entre 52% de liège de type flotte appartenant à la classe 1 et 34% de type mince de la classe 2 (Fig.65).

Le liège répondant à l'épaisseur commerciale (> 27mm) ne dépasse pas les 15% et il très fréquent sur les arbres de la parcelle 8(15%) et 9 (22%), avec un degré moins dans la parcelle 7(12 ,5%).



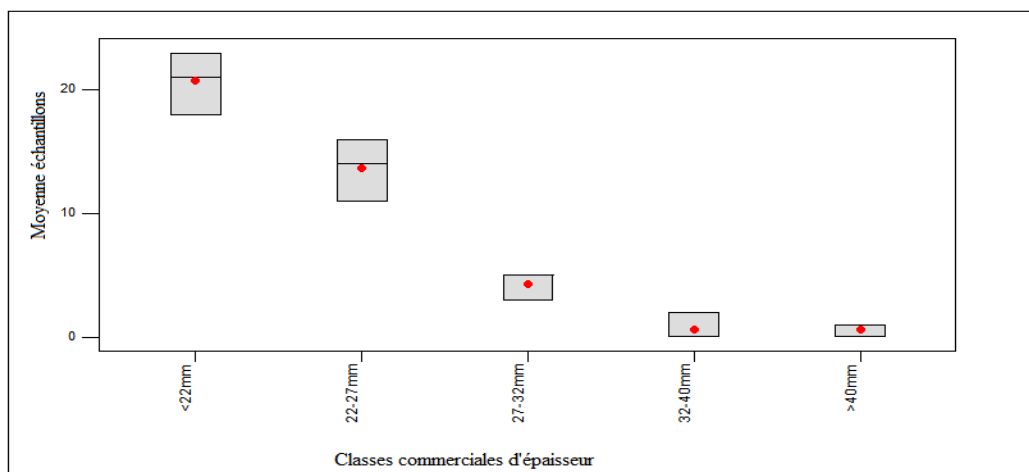
**Figure 65: Distribution des échantillons du liège selon les classes commerciales d'épaisseurs par parcelle et forêt**

L'analyse de variance à un facteur montre qu'il existe une différence hautement significative entre les 5 classes commerciales de Zarieffet (Tab.49).

**Tableau49 : Analyse de variance de la variable classe épaisseur**

Effet (Classe)	Dl Effet	CM Effet	Dl Erreur	CM Erreur	F	Niveau p
1	4	940,67	10	31,33	75,05	0,000

Le liège mince garde tous ces aspects dans cette forêt avec des classes 1 et 2 englobant respectivement entre 20 et 14 échantillons par parcelles (Fig.66).



**Figure 66: Distribution des échantillons par classes commerciales (Zarieffet)**



### VI.3.3.3-Etude des accroissements moyens annuels

L'accroissement annuel du liège est considéré comme un paramètre de valeur très importante parce qu'il régule les opérations d'exploitation et les utilisations ultérieures du liège. Cette quantité de suber produite durant 7 mois de chaque année n'est pas toujours stable, elle obéit aux calamités du milieu physique auquel sont sujets les arbres (Natividade, 1956 ; Ferreira et *al.*,1998).

#### VI.3.3.3.1-Selon l'année d'échantillonnage

L'existence de cycles de production de durée différente (âge) rend vaine toute tentative de comparaison des accroissements annuels entre parcelles et suberaies. Toutefois, cet obstacle a été surmonté en considérant seulement les 7 premières années de croissance complète qui sont communes dans 95% des échantillons. Sur un total de 240 échantillons provenant de deux suberaie nous avons retenu pour ce critère 107 calas pour le liège de M'Sila et 117 pour celui de Zariéffet.

#### 1-Forêt de M'Sila

Les différentes mesures des largeurs des cernes annuelles correspondants aux années de croissance complète par année d'échantillonnage sont mentionnées dans les tableaux 50-52.

**Tableau 50: Croissance annuelle du liège prélevé en 2006 dans les 6 parcelles de la forêt de M'Sila, comme moyenne annuelle un cycle de production de 8 ans (7ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle  $\pm$  l'intervalle de confiance.**

Echantillons (2006)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Forêt
Croissance moyenne annuel le (mm/an)	2,95 $\pm$ 0,49	3,44 $\pm$ 0,65	2,72 $\pm$ 0,56	1,88 $\pm$ 0,25	2,54 $\pm$ 0,62	1,99 $\pm$ 0,42	2,59 $\pm$ 0,50
	Accroissements moyens annuels (mm)						
1 <sup>ère</sup> année	3,24 $\pm$ 1,08	3,88 $\pm$ 1,14	4,12 $\pm$ 1,29	2,19 $\pm$ 0,56	3,01 $\pm$ 0,99	2,49 $\pm$ 1,19	3,16 $\pm$ 0,86
2 <sup>ème</sup> année	3,58 $\pm$ 0,80	4,23 $\pm$ 0,70	3,44 $\pm$ 1,17	2,22 $\pm$ 0,46	3,08 $\pm$ 0,83	2,24 $\pm$ 0,73	3,14 $\pm$ 0,84
3 <sup>ème</sup> année	3,74 $\pm$ 0,89	4,23 $\pm$ 0,80	2,84 $\pm$ 0,61	2,06 $\pm$ 0,47	2,74 $\pm$ 0,71	1,98 $\pm$ 0,40	2,94 $\pm$ 0,65
4 <sup>ème</sup> année	3,03 $\pm$ 0,51	4,07 $\pm$ 1,11	2,44 $\pm$ 0,40	1,78 $\pm$ 0,17	2,86 $\pm$ 0,94	2,12 $\pm$ 1,17	2,72 $\pm$ 0,89
5 <sup>ème</sup> année	2,63 $\pm$ 0,34	3,63 $\pm$ 1,69	2,26 $\pm$ 0,35	1,78 $\pm$ 0,19	2,57 $\pm$ 0,86	1,79 $\pm$ 0,26	2,45 $\pm$ 0,64
6 <sup>ème</sup> année	2,35 $\pm$ 0,25	2,04 $\pm$ 0,54	1,99 $\pm$ 0,43	1,56 $\pm$ 0,17	1,97 $\pm$ 0,32	1,77 $\pm$ 0,41	1,95 $\pm$ 0,70
7 <sup>ème</sup> année	2,05 $\pm$ 0,35	1,96 $\pm$ 0,52	1,92 $\pm$ 0,48	1,52 $\pm$ 0,16	1,57 $\pm$ 0,30	1,55 $\pm$ 0,40	1,77 $\pm$ 0,61

**Tableau 51 : Croissance annuelle du liège prélevé en 2007 dans les 6 parcelles de la forêt de M'Sila, comme moyenne annuelle un cycle de production de 8 ans (7 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle  $\pm$  l'intervalle de confiance.**

Echantillons (2007)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Forêt
Croissance moyenne annuelle (mm/an)	3,37 $\pm$ 0,45	2,29 $\pm$ 0,21	3,24 $\pm$ 0,61	1,69 $\pm$ 0,22	2,30 $\pm$ 0,41	1,93 $\pm$ 0,41	2,47 $\pm$ 0,33
	Accroissements moyens annuels (mm)						
1 <sup>ère</sup> année	4,10 $\pm$ 1,22	2,11 $\pm$ 0,42	4,50 $\pm$ 1,13	2,02 $\pm$ 0,85	3,15 $\pm$ 0,41	2,76 $\pm$ 1,64	3,11 $\pm$ 0,75
2 <sup>ème</sup> année	3,87 $\pm$ 1,09	2,62 $\pm$ 0,88	4,11 $\pm$ 1,30	2,04 $\pm$ 0,32	2,72 $\pm$ 0,98	2,03 $\pm$ 0,45	2,90 $\pm$ 0,66
3 <sup>ème</sup> année	3,82 $\pm$ 2,61	2,23 $\pm$ 0,47	3,49 $\pm$ 1,03	2,06 $\pm$ 0,47	2,25 $\pm$ 1,25	1,95 $\pm$ 0,25	2,59 $\pm$ 0,63
4 <sup>ème</sup> année	3,40 $\pm$ 1,66	2,76 $\pm$ 0,30	2,79 $\pm$ 0,75	1,79 $\pm$ 0,36	2,64 $\pm$ 1,64	1,87 $\pm$ 0,27	2,54 $\pm$ 0,45
5 <sup>ème</sup> année	3,08 $\pm$ 1,67	2,05 $\pm$ 0,41	2,90 $\pm$ 0,74	1,76 $\pm$ 0,29	1,89 $\pm$ 1,48	1,86 $\pm$ 0,31	2,22 $\pm$ 1,46
6 <sup>ème</sup> année	2,76 $\pm$ 1,37	2,09 $\pm$ 0,59	2,46 $\pm$ 0,90	1,22 $\pm$ 0,43	1,78 $\pm$ 1,18	1,57 $\pm$ 0,43	1,98 $\pm$ 0,42
7 <sup>ème</sup> année	2,49 $\pm$ 1,34	2,11 $\pm$ 0,97	2,38 $\pm$ 0,71	1,46 $\pm$ 0,53	1,65 $\pm$ 1,11	1,47 $\pm$ 0,50	1,93 $\pm$ 0,33

**Tableau 52: Croissance annuelle du liège prélevé en 2008 dans les 6 parcelles de la forêt de M'Sila, comme moyenne annuelle un cycle de production de 8 ans (7ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle  $\pm$  l'intervalle de confiance.**

Echantillons (2008)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Forêt
Croissance moyenne annuelle (mm/an)	2,76 $\pm$ 0,48	2,67 $\pm$ 0,32	3,08 $\pm$ 0,41	2,34 $\pm$ 0,27	3,31 $\pm$ 0,95	2,27 $\pm$ 0,17	2,58 $\pm$ 0,38
	Accroissements moyens annuels (mm)						
1 <sup>ère</sup> année	3,45 $\pm$ 0,64	3,03 $\pm$ 0,84	3,71 $\pm$ 1,43	2,78 $\pm$ 0,85	5,27 $\pm$ 2,02	2,28 $\pm$ 0,25	3,42 $\pm$ 0,86
2 <sup>ème</sup> année	3,54 $\pm$ 0,82	3,05 $\pm$ 0,74	3,87 $\pm$ 1,19	2,69 $\pm$ 0,39	5,27 $\pm$ 1,91	2,47 $\pm$ 0,27	3,14 $\pm$ 0,84
3 <sup>ème</sup> année	3,24 $\pm$ 0,40	3,13 $\pm$ 0,68	3,41 $\pm$ 0,58	2,66 $\pm$ 0,61	3,12 $\pm$ 0,96	2,61 $\pm$ 0,25	2,94 $\pm$ 0,65
4 <sup>ème</sup> année	2,84 $\pm$ 0,29	2,86 $\pm$ 0,59	3,04 $\pm$ 0,39	2,43 $\pm$ 0,49	2,65 $\pm$ 1,67	2,45 $\pm$ 0,32	2,72 $\pm$ 0,89
5 <sup>ème</sup> année	2,42 $\pm$ 0,38	2,52 $\pm$ 1,01	2,90 $\pm$ 0,43	2,10 $\pm$ 0,48	2,49 $\pm$ 0,46	2,14 $\pm$ 0,32	2,45 $\pm$ 0,64
6 <sup>ème</sup> année	2,10 $\pm$ 0,40	2,10 $\pm$ 0,42	2,50 $\pm$ 0,37	1,78 $\pm$ 0,37	2,21 $\pm$ 0,55	1,95 $\pm$ 0,25	1,95 $\pm$ 0,70
7 <sup>ème</sup> année	1,68 $\pm$ 0,14	1,96 $\pm$ 0,32	2,16 $\pm$ 0,29	1,95 $\pm$ 0,51	2,09 $\pm$ 0,33	1,98 $\pm$ 0,63	1,77 $\pm$ 0,61

En se référant aux tableaux 50,51 et 52, nous remarquons que les accroissements moyens annuels varient d'une parcelle à une autre et entre les arbres de la même parcelle.

En effet, durant l'échantillonnage de l'année 2006, pour un cycle de production de 7ans complets, l'accroissement moyen annuel dans la forêt de M'Sila était de l'ordre de 2,59 mm/an. Cette moyenne est très représentée au niveau des parcelles 1(2,95mm/an), 2( 3,44 mm/an), 3 (2,72 mm/an).

Les 6 parcelles sont significativement différents point de vue accroissements moyens annuels (Tab.53).

**Tableau 53: Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel (2006)**

Effet (Parcelle)	DI Effet	CM Effet	DI Erreur	CM Erreur	F	Niveau <i>p</i>
1	5	12,01	36	15,30	5,65	0,001

Par ailleurs, les échantillons récoltés en 2007 recelaient un accroissement moyen de l'ordre de 2,47mm/an. Se sont toujours les 3 parcelles de Cheikh Ben Khalifa qui détiennent

les grandes moyennes (P1(3,37mm/an) ; P2(2,29mm/an) ; P3(3,34mm/an)). Les 6 parcelles enregistrent une différence significative (Tab.54).

**Tableau54 : Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel (2007)**

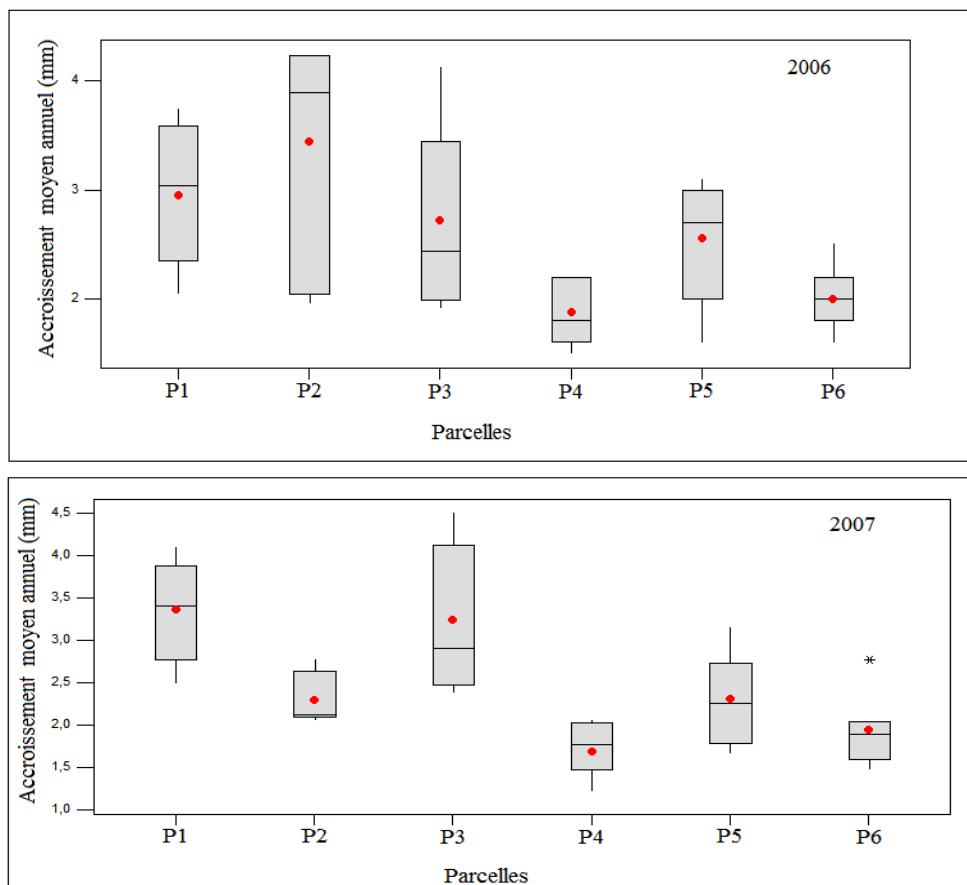
Effet (Parcelle)	Dl Effet	CM Effet	Dl Erreur	CM Erreur	F	Niveau p
1	5	16,48	36	10,25	11,58	0,000

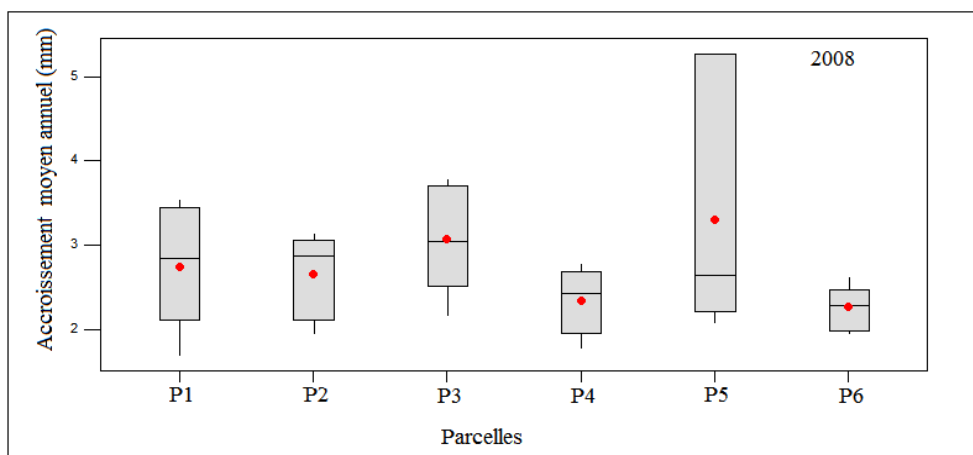
Enfin, les échantillons de 2008 se caractérisent par une croissance moyenne annuelle aux alentours de 2,58mm/an. La parcelle 5 comptabilise la moyenne annuelle la plus élevée de l'ordre de 3,31mm/an. La croissance moyenne annuelle est non significative au niveau des 6 parcelles(Tab.55).

**Tableau 55: Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel (2008)**

Effet (Parcelle)	Dl Effet	CM Effet	Dl Erreur	CM Erreur	F	Niveau p
1	5	19,68	36	25,09	2,11	0,087

La figure 67, relate la supériorité des accroissements moyens annuels au niveau des arbres échantillons des parcelles de Cheikh Ben Khalifa (P1,P2,P3).





**Figure 67: Accroissement moyen annuel enregistré au niveau des parcelles de la forêt de M'Sila et par année d'échantillonnage**

## 2-Forêt de Zariéffet

Les différentes mesures de la largeur des cernes correspondants aux années de croissance complète par année d'échantillonnage sont mentionnées dans les tableaux 55-57

**Tableau 56: Croissance annuelle du liège prélevé en 2006 dans les 3 parcelles de la forêt de Zariéffet, comme moyenne annuelle dans un cycle de production de 8 ans (7 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle  $\pm$  l'intervalle de confiance.**

Echantillons (2006)	P7	P8	P9	Forêt
Croissance moyenne annuelle (mm/an)	2,04 $\pm$ 0,36	1,87 $\pm$ 0,55	1,70 $\pm$ 0,42	1,87 $\pm$ 0,20
Accroissements annuels (mm)				
1 <sup>ère</sup> année	2,37 $\pm$ 0,54	1,99 $\pm$ 0,46	1,86 $\pm$ 0,54	2,07 $\pm$ 0,30
2 <sup>ème</sup> année	2,20 $\pm$ 0,38	1,99 $\pm$ 0,70	1,91 $\pm$ 0,49	2,03 $\pm$ 0,17
3 <sup>ème</sup> année	2,25 $\pm$ 0,32	1,92 $\pm$ 0,49	1,79 $\pm$ 0,49	1,98 $\pm$ 0,26
4 <sup>ème</sup> année	1,93 $\pm$ 0,36	1,82 $\pm$ 0,53	1,67 $\pm$ 0,47	1,80 $\pm$ 0,14
5 <sup>ème</sup> année	1,86 $\pm$ 0,32	1,78 $\pm$ 0,70	1,53 $\pm$ 0,36	1,72 $\pm$ 0,19
6 <sup>ème</sup> année	1,84 $\pm$ 0,33	1,72 $\pm$ 0,62	1,62 $\pm$ 0,26	1,72 $\pm$ 0,12
7 <sup>ème</sup> année	1,85 $\pm$ 0,29	1,85 $\pm$ 0,56	1,53 $\pm$ 0,28	1,74 $\pm$ 0,20

**Tableau 57 : Croissance annuelle du liège prélevé en 2007 dans les 3 parcelles de la forêt de Zariéffet, comme moyenne annuelle dans un cycle de production de 8 ans (7 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle  $\pm$  l'intervalle de confiance.**

Echantillons (2007)	P7	P8	P9	Forêt
Croissance moyenne annuelle (mm/an)	2,41 $\pm$ 0,41	2,15 $\pm$ 0,34	2,32 $\pm$ 0,62	2,29 $\pm$ 0,21
Accroissements annuels (mm)				
1 <sup>ère</sup> année	2,32 $\pm$ 0,38	2,05 $\pm$ 0,42	2,43 $\pm$ 0,76	2,27 $\pm$ 0,22
2 <sup>ème</sup> année	2,83 $\pm$ 0,52	2,59 $\pm$ 0,38	2,41 $\pm$ 0,50	2,61 $\pm$ 0,23
3 <sup>ème</sup> année	3,08 $\pm$ 0,54	2,45 $\pm$ 0,43	2,74 $\pm$ 0,65	2,76 $\pm$ 0,35

4 <sup>ème</sup> année	2,42±0,35	2,01±0,17	2,40±0,69	2,28±0,26
5 <sup>ème</sup> année	2,33±0,46	1,93±0,25	2,38±0,59	2,21±0,28
6 <sup>ème</sup> année	2,02±0,32	2,06±0,32	1,97±0,65	2,02±0,05
7 <sup>ème</sup> année	1,85±0,27	1,96±0,42	1,89±0,46	1,90±0,06

**Tableau 58 : Croissance annuelle du liège prélevé en 2008 dans les 3 parcelles de la forêt de Zariéffet, comme moyenne annuelle dans un cycle de production de 8 ans (7 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle ± l'intervalle de confiance.**

Echantillons (2008)	P7	P8	P9	Forêt
Croissance moyenne annuelle (mm/an)	2,17±0,31	2,52±0,27	2,73±0,33	2,60±0,14
Accroissements annuels (mm)				
1 <sup>ère</sup> année	2,13±0,31	2,36±0,39	2,75±0,42	2,50±0,26
2 <sup>ème</sup> année	2,24±0,32	2,60±0,18	3,14±0,42	2,79±0,35
3 <sup>ème</sup> année	2,71±0,40	3,13±0,27	3,12±0,40	3,13±0,01
4 <sup>ème</sup> année	2,34±0,34	2,65±0,32	2,86±0,26	2,72±0,14
5 <sup>ème</sup> année	2,06±0,46	2,57±0,24	2,67±0,29	2,61±0,06
6 <sup>ème</sup> année	1,87±0,25	2,21±0,25	2,43±0,27	2,29±0,14
7 <sup>ème</sup> année	1,84±0,29	2,14±0,24	2,17±0,23	2,15±0,02

Les 117 échantillons de Zariéffet englobent des accroissements moyens annuels réduits par rapport à ceux de M'Sila durant les mêmes années d'échantillonnage et pour le même nombre d'accroissements complets (7 ans complets).

Les calas de 2006 enregistrent un accroissement moyen annuel de l'ordre de 1,87m/an. Les 3 parcelles se montrent significativement différentes de point de vue croissance annuelle (Tab.59)

**Tableau 59 : Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel (2006)**

Effet (Parcelle)	Dl Effet	CM Effet	Dl Erreur	CM Erreur	F	Niveau p
1	2	0,40	18	0,50	7,27	0,005

En ce qui concerne l'année 2007, nous constatons une croissance moyenne annuelle de l'ordre de 2,29 mm. Les moyennes de la croissance annuelle l'échelle de trois parcelles (P7 (2,41mm/an), P8 (2,15mm/an) et P9 (2,32mm/an)) est d'allure non significative (Tab.60).

**Tableau 60 : Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel (2007)**

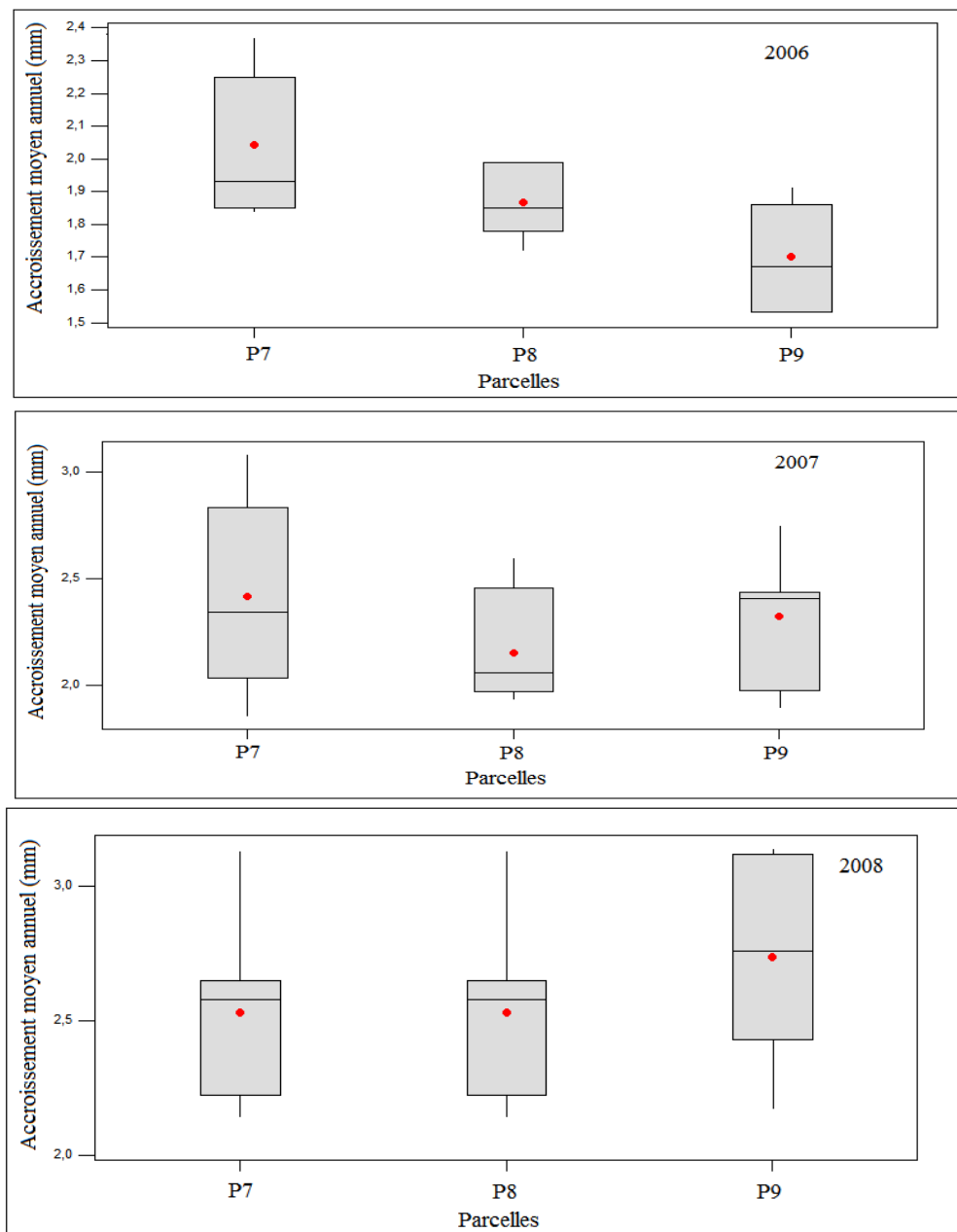
Effet (Parcelle)	Dl Effet	CM Effet	Dl Erreur	CM Erreur	F	Niveau p
1	2	0,24	18	2,02	1,08	0,35

Par ailleurs, en 2008, les accroissements au niveau de la même forêt réalisent une moyenne annuelle de 2,60 mm, plus marquée au niveau de la parcelle 9 (2,73mm/an) et 8 (2,52mm/an) mais sans pour autant être significativement différents (Tab.61).

**Tableau 61 : Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel(2008)**

Effet (Parcelle)	Dl Effet	CM Effet	Dl Erreur	CM Erreur	F	Niveau p
1	2	0,20	18	2,05	0,88	0,43

La figure 68 mis en évidence une variation maquée au niveau des parcelles 7 et 9 point de vue accroissements moyens annuels.



**Figure 68 : Accroissement moyen annuel enregistré au niveau des parcelles de la forêt de Zariéffet et par année d'échantillonnage**

### VI.3.3.3.2. Selon l'échantillonnage total

Les moyennes de mesures des accroissements annuels complets (7 ans complets) durant les trois années d'échantillonnage sont indiquées dans les tableaux 62 et 63.

**Tableau 62: Croissance annuelle du liège prélevé en 3 ans d'échantillonnage dans les 6 parcelles de la forêt de M'Sila, comme moyenne annuelle un cycle de production de 8 ans (7ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle  $\pm$  l'intervalle de confiance.**

Parcelles	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Forêt
Croissance moyenne annuelle (mm/an)	3,02 $\pm$ 0,47	2,79 $\pm$ 0,40	3,01 $\pm$ 0,54	1,96 $\pm$ 0,23	2,71 $\pm$ 0,58	2,06 $\pm$ 0,21	2,59 $\pm$ 0,39
	Accroissements annuels (mm)						
1 <sup>ère</sup> année	3,60 $\pm$ 0,45	3,01 $\pm$ 0,89	4,11 $\pm$ 0,44	2,33 $\pm$ 0,45	3,81 $\pm$ 1,43	2,52 $\pm$ 0,24	3,22 $\pm$ 0,58
2 <sup>ème</sup> année	3,67 $\pm$ 0,18	3,31 $\pm$ 0,83	3,78 $\pm$ 0,37	2,32 $\pm$ 0,33	3,70 $\pm$ 1,56	2,25 $\pm$ 0,24	3,17 $\pm$ 0,56
3 <sup>ème</sup> année	3,60 $\pm$ 0,31	3,20 $\pm$ 1,00	3,25 $\pm$ 0,39	2,17 $\pm$ 0,44	2,71 $\pm$ 0,49	2,18 $\pm$ 0,42	2,85 $\pm$ 0,47
4 <sup>ème</sup> année	3,10 $\pm$ 0,29	3,24 $\pm$ 0,72	2,76 $\pm$ 0,34	1,99 $\pm$ 0,38	2,72 $\pm$ 0,14	2,15 $\pm$ 0,32	2,65 $\pm$ 0,39
5 <sup>ème</sup> année	2,71 $\pm$ 0,34	2,74 $\pm$ 0,81	2,69 $\pm$ 0,42	1,80 $\pm$ 0,31	2,32 $\pm$ 0,41	1,94 $\pm$ 0,19	2,36 $\pm$ 0,33
6 <sup>ème</sup> année	2,41 $\pm$ 0,33	2,08 $\pm$ 0,04	2,32 $\pm$ 0,32	1,52 $\pm$ 0,28	1,99 $\pm$ 0,24	1,77 $\pm$ 0,21	2,01 $\pm$ 0,26
7 <sup>ème</sup> année	2,08 $\pm$ 0,40	2,01 $\pm$ 0,08	2,16 $\pm$ 0,26	1,65 $\pm$ 0,27	1,78 $\pm$ 0,31	1,67 $\pm$ 0,27	1,89 $\pm$ 0,17

**Tableau 63: Croissance annuelle du liège prélevé en 3 ans d'échantillonnage dans les 3 parcelles de la forêt de Zariéffet, comme moyenne annuelle un cycle de production de 8 ans (7 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque parcelle  $\pm$  l'intervalle de confiance.**

Parcelles(2008)	P7	P8	P9	Forêt
Croissance moyenne annuelle (mm/an)	2,18 $\pm$ 0,31	2,52 $\pm$ 0,27	2,73 $\pm$ 0,33	2,25 $\pm$ 0,10
	Accroissements annuels (mm)			
1 <sup>ère</sup> année	2,35 $\pm$ 0,02	2,14 $\pm$ 0,22	2,35 $\pm$ 0,51	2,28 $\pm$ 0,14
2 <sup>ème</sup> année	2,55 $\pm$ 0,36	2,39 $\pm$ 0,40	2,49 $\pm$ 0,70	2,47 $\pm$ 0,08
3 <sup>ème</sup> année	2,82 $\pm$ 0,56	2,50 $\pm$ 0,68	2,55 $\pm$ 0,77	2,62 $\pm$ 0,19
4 <sup>ème</sup> année	2,34 $\pm$ 0,42	2,16 $\pm$ 0,49	2,31 $\pm$ 0,67	2,27 $\pm$ 0,10
5 <sup>ème</sup> année	2,26 $\pm$ 0,41	2,10 $\pm$ 0,47	2,19 $\pm$ 0,67	2,18 $\pm$ 0,09
6 <sup>ème</sup> année	2,03 $\pm$ 0,21	2,00 $\pm$ 0,28	2,01 $\pm$ 0,46	2,01 $\pm$ 0,01
7 <sup>ème</sup> année	1,95 $\pm$ 0,19	1,98 $\pm$ 0,16	1,87 $\pm$ 0,36	1,93 $\pm$ 0,06

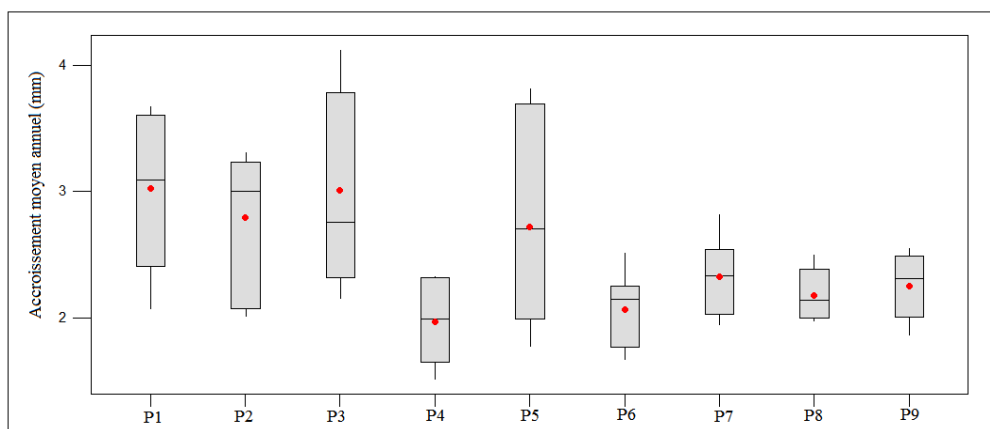
La lecture attentive du tableau 62, montre les arbres échantillons des trois parcelles du canton de Cheikh Ben Khalifa abritent un liège aux accroissements moyens annuels élevés par rapport à celui du canton M'Sila. En effet, les parcelles 1(3,02mm/an), 2(2,79mm/an), 3(3,01mm/an) se montrent statistiquement différentes de 4(1,96mm/an), 5(2,71mm/an) et de 6(2,06mm/an).

Dans la forêt de Zariéffet, les valeurs du tableau 63 indiquent que la parcelle 9 (2,73mm/an) et 8 (2,52mm/an) sont plus différenciées de la parcelle 7 (2,18mm).

Globalement, nous pouvons attester que pour un cycle de production homogène de 8ans (7 accroissements complets), les calas issus de la forêt de M'Sila génèrent une croissance moyenne annuelle supérieure à celle de Zarieffet soit une valeur moyenne de l'ordre de 2,59mm/an contre 2,25mm/an. Statistiquement, il existe une différence très significative au niveau des 9 parcelles (Tab.64 et Fig.69). Cette constatation vient confirmer la rapidité de croissance annuelle de liège du littoral à son homologue de montagne.

**Tableau 64 : Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel au niveau des 9 parcelles**

Effet (Parcelle)	DI Effet	CM Effet	DI Erreur	CM Erreur	F	Niveau p
1	8	9,31	189	13,48	4,66	0,000

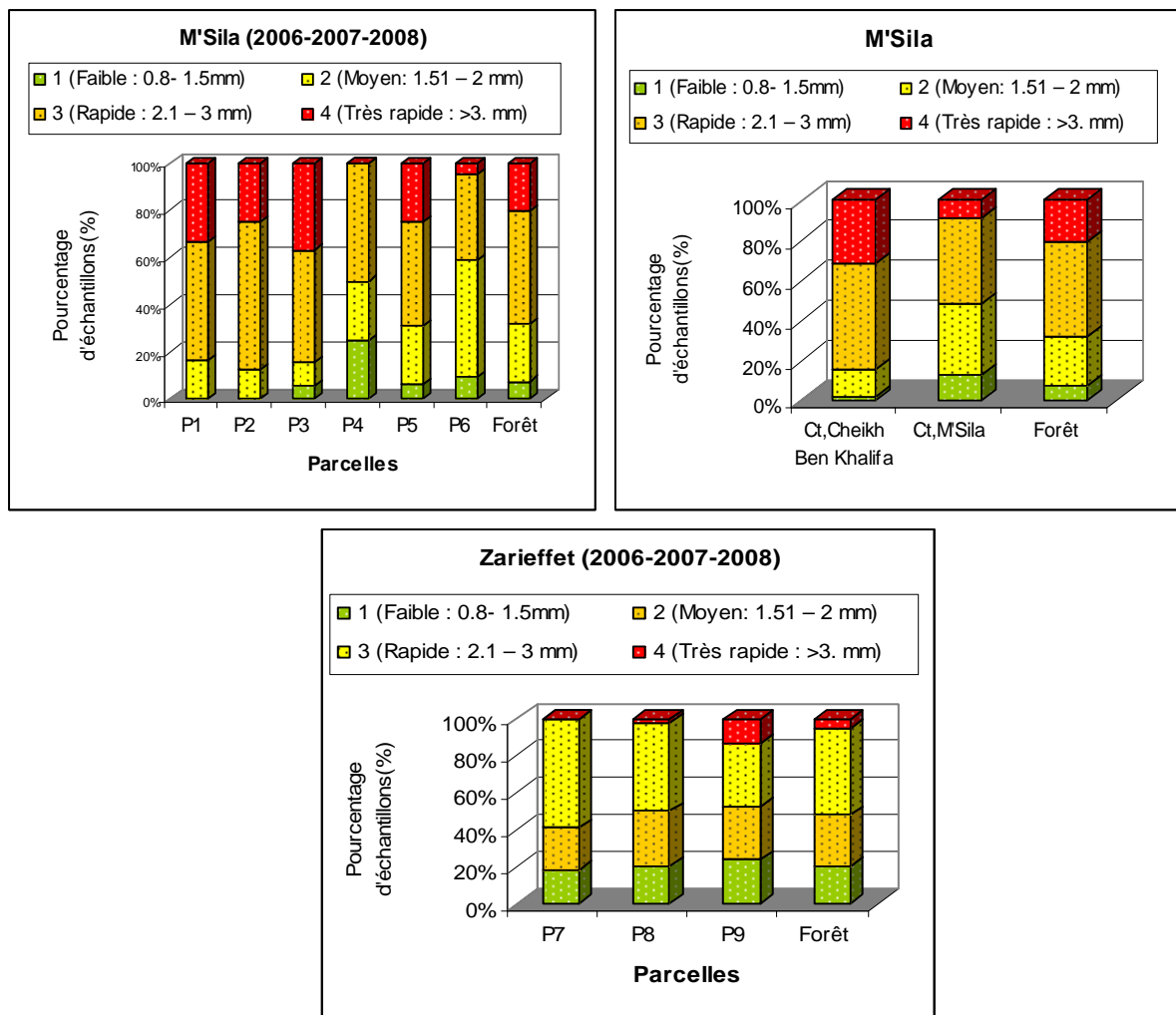


**Figure 69: Variation des accroissements moyens annuels au niveau des 9 parcelles**

### *VI.3.3.3- Selon leurs classes d'accroissements moyens annuels*

La répartition des 224 échantillons de liège par classes d'accroissements moyens annuels est présentée dans la figure 70.





**Figure 70: Distribution des accroissements moyens annuels selon leurs classes**

Au niveau des 6 parcelles de M'Sila, les arbres ayant produit des accroissements moyens annuels importants ( $>2,1\text{mm}$ ) sont représentés dans les classes 3 et 4. Celles-ci ont un taux respectif de l'ordre de 20,60% à 47,70%. Cette représentativité est très prononcée au niveau de la parcelle 1 (50% et 33%) et ensuite P3 (47% et 38%).

A Zariéffet, cette catégorie d'arbres est fréquente en P9 avec un taux de l'ordre de 34 % pour la classe 3 et 13% pour la classe 4. En l'occurrence, dans la parcelle 8 nous enregistrons 47,5% pour la classe 3 et seulement 2,5% pour la classe 4.

En ce qui concerne les faibles et moyens accroissements ( $<2,1\text{mm}$ ), nous constatons qu'ils représentent 32% dans les 6 parcelles. Ils sont bien fréquents dans la parcelle 4 avec un taux oscillant entre 25% chacun. En revanche, la parcelle 6 renferme respectivement pour les deux classes des taux de l'ordre de 9 et 50%.

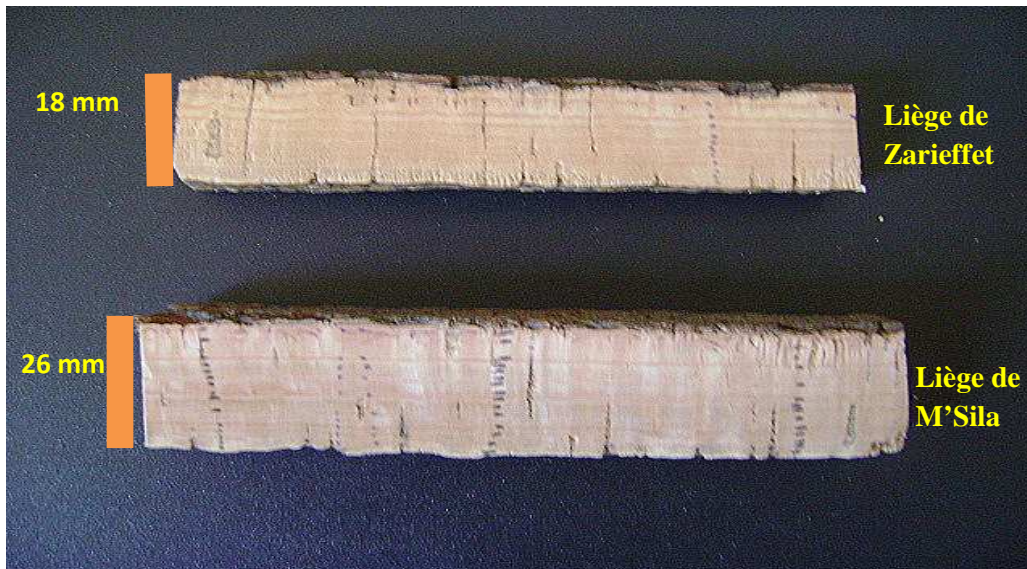
A Zariéffet, les lièges présentant ces accroissements atteignent 48%, enregistrés plus dans les parcelles 7 (50%) et 8 (41%).

A l'échelle des cantons, nous constatons que les arbres de Cheikh Ben Khalifa comptabilisent les meilleurs accroissements avec un taux de l'ordre de 85%. Dans le canton M'Sila, ces accroissements enregistrent des valeurs aux alentours de 51%.

### VI.3.4-Variation de la croissance du liège

Les arbres de chêne liège bénéficient d'une individualité très accrue en fournissant des accroissements annuels irréguliers où toutes les nuances intermédiaires peuvent exister durant un cycle de production de liège (Pl.11).

Sur la couche de liège produite chaque année, cette activité se chiffre par le pourcentage du suber de printemps formé au début de l'année végétative du liège à celui de l'automne, installé en fin de saison sur le même anneau ((Viera, 1950; Fortes et Rosa, 1988a; Caritat et *al.*, 1996 et 2000; Oliveira et *al.*, 1992).



**Planche 11 : Echantillons d'un liège mince âgé de 12 ans (Zariéffet) et de 9 ans (M'Sila) (Original)**

#### VI.3.4.1-Variation annuelle

L'étude des variations annuelles des accroissements du liège pour les deux provenances s'est rapportée à des échantillons de différents âges récoltés durant notre échantillonnage. Il était question de savoir comment l'amplitude de croissance varie dans un cycle production différent en se focalisant particulièrement sur les 7 accroissements complets similaires dans chaque échantillon considéré. En effet, sur ces 7 premiers anneaux s'exerce l'intensité maximale de la production subéreuse.

Pour se faire des courbes polynômiales de second degré sont ajustées aux différents cycles de production par la méthode des moindres carrés.

L'ajustement du modèle mathématique et de type  $y = ax^2 + bx + c$  où  $y$  représente l'accroissement et  $x$  le temps exprimé en année .

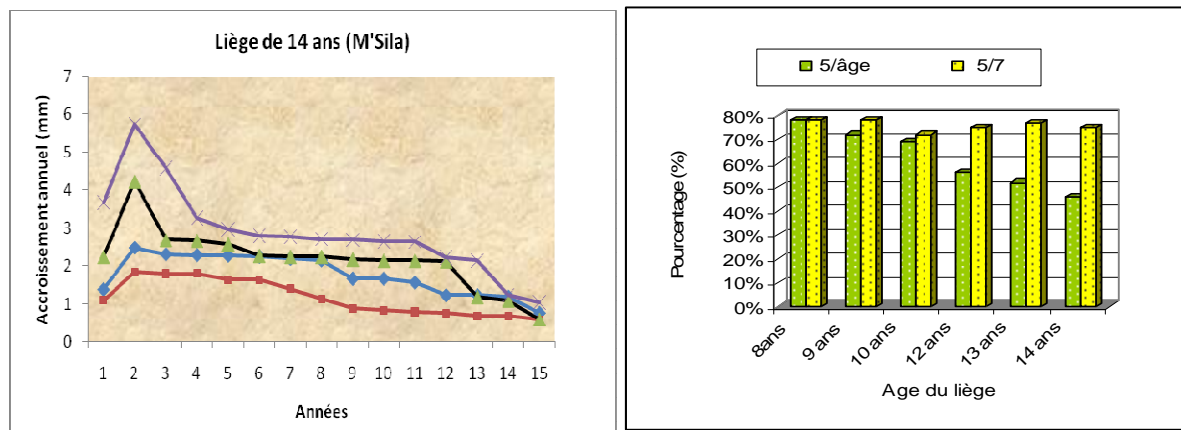
##### 1-Liège du Littoral (M'Sila)

Selon les figures 71 et 72, nous apercevons que la progression de croissance n'est pas la même à chaque passage du littoral vers la montagne. Les modèles ajustés aux accroissements annuels moyens s'accompagnent de coefficients de détermination forts et expliquent une

grande partie de la variation ( $R^2 = 0,41$  à  $0,87$ ). Globalement, le liège de M'Sila à croissance rapide progresse selon 2 phases :

**1<sup>ère</sup> phase** : Au cours de cette étape, le premier accroissement complet qui suit la levée caractérise l'anneau le plus épais. A partir de la deuxième année, la croissance du liège enregistre une régression progressive et lente jusqu'à la 5<sup>ème</sup> année.

Durant cette séquence, les cinq premiers accroissements complets détiennent les plus grands pourcentage de croissance dans chaque cycle de production qu'il s'agit de liège épais ou mince .



**Figure 71: Variation des accroissements annuels du liège de littoral**

A gauche : le premier accroissement complet est majoritaire

A droite : contribution des 5 premiers accroissements dans le cycle de production et dans les 7 premiers années complètes.

D'après la figure 71 , nous constatons que les plus fortes contributions caractérisent les calas âgés de 8 à 10 ans. Au sein de ces derniers, les 5 premières années de croissance complètes détiennent entre 78% à 69% de la croissance globale du cycle (5/âge). En revanche, elles dominent les 7 premiers anneaux(5/7) aux alentours de 78 à 72% pour les mêmes échantillons.

Avec l'augmentation de l'âge du liège, les fréquences des 5 premiers accroissements vont en descendant. Dans ce contexte, ils enregistrent respectivement pour des lièges âgés de 12 ans ,13 ans et 14 ans les contributions suivantes : 56 % , 52% et 46%. Par contre, leur participation sur les 7 premiers anneaux restent statique soit des taux de l'ordre de 72% ( Liège mince) à 77% (Liège épais).

**2<sup>ème</sup> phase** : Elle commence régulièrement à partir du 6<sup>ème</sup> accroissement et elle est presque toujours d'allure descendante. A partir de cette phase, la production du liège devient d'autant plus faible que le cycle est plus long.

Globalement, nous pouvons avancer que le liège du littoral qui est régulièrement exploité à 9 ans acquiert 70% de sa maturité au cours des 5 premiers accroissements. D'ailleurs, il est très fréquent dans la forêt de M'Sila d'apercevoir des planches de 27 mm âgé de 5 ans. Vu l'aspect dégradé des arbres, ces résultats se rejoignent à ceux obtenus par les

trois auteurs Lamey (1893), Saccardy (1937) et Boudy (1950) sur les accroissements réguliers d'un liège de provenance d'Algérie poussant dans des conditions normales de végétation. Ces auteurs proposent une contribution de 75% sur un liège âgé de 9 ans et 66% sur un liège de 12 ans.

En l'occurrence, ces résultats se concorderaient parfaitement avec ceux de Ferreira et *al.*(2000) si on avait pris en considération seulement la contribution des 3 premiers accroissements qui représentent en moyenne 48 %.

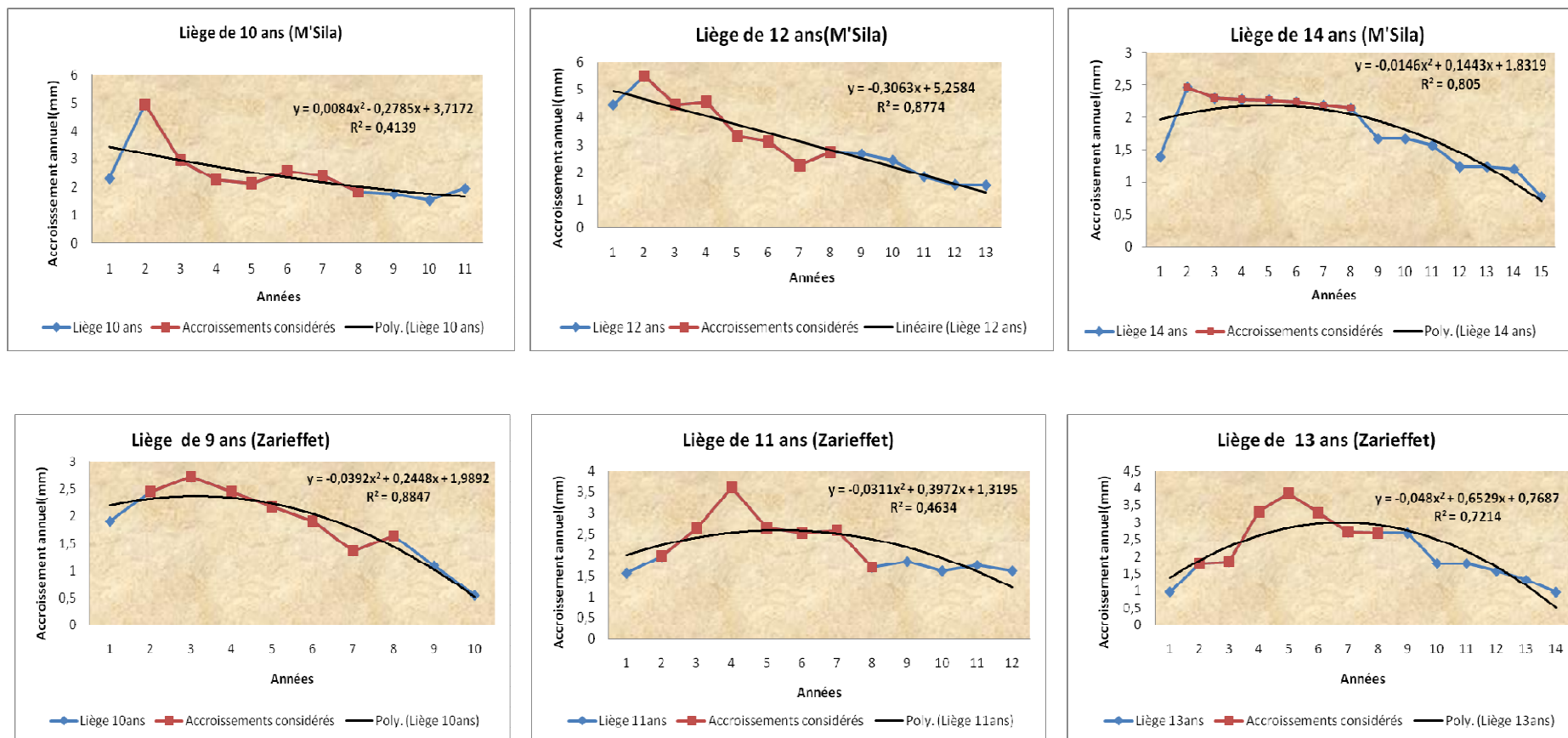
## **2-Liège de montagne (Zarieffet)**

Le liège de montagne progresse selon une courbe gaussienne en trois phases distinctes (Fig.72). Les modèles ajustés aux accroissements annuels moyens s'accompagnent de coefficients de détermination forts et expliquent une grande partie de la variation ( $R^2 = 0,46$  à  $0,88$ ).


**La 1<sup>ère</sup> phase** débute lentement et d'une manière ascendante à partir de la première année complète et atteint son apogée entre le 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> accroissement. Au cours de cette séquence, le liège dépasse rarement les 9 mm.

**La 2<sup>ème</sup> phase** s'accompagne d'un rythme de croissance descendant et très lent à partir du 4<sup>ème</sup> jusqu'au 7<sup>ème</sup> accroissement. Cette stabilité de croissance génère des accroissements annuels moyens variant entre 1,50 et 1,90 mm.

**La 3<sup>ème</sup> phase** caractérise le début de la maturité du liège de montagne. Cette séquence s'étendant entre le 8<sup>ème</sup> et le 12<sup>ème</sup> accroissement est très stable de point de vue croissance et par conséquent comptabilise des accroissements mineurs entre 1,5 et 0,8 mm. A la fin de cette phase le liège acquiert entre 22 et 26 mm d'épaisseur exceptionnellement plus.



**Figure 72: Variation annuelle des accroissements complets selon l'âge du liège**

 Courbe de l'expérience

 Le meilleur modèle d'ajustement déterminé par la méthode des moindres carrés

### VI.3.4.2-Croissance cumulée

La croissance cumulée des accroissements annuels détermine la maturité du liège et fixe les délais de rotation adéquats à chaque arbre et peuplement. Les différents types de croissance accumulée sur nos calas sont représentés dans les figures 73 et 74.

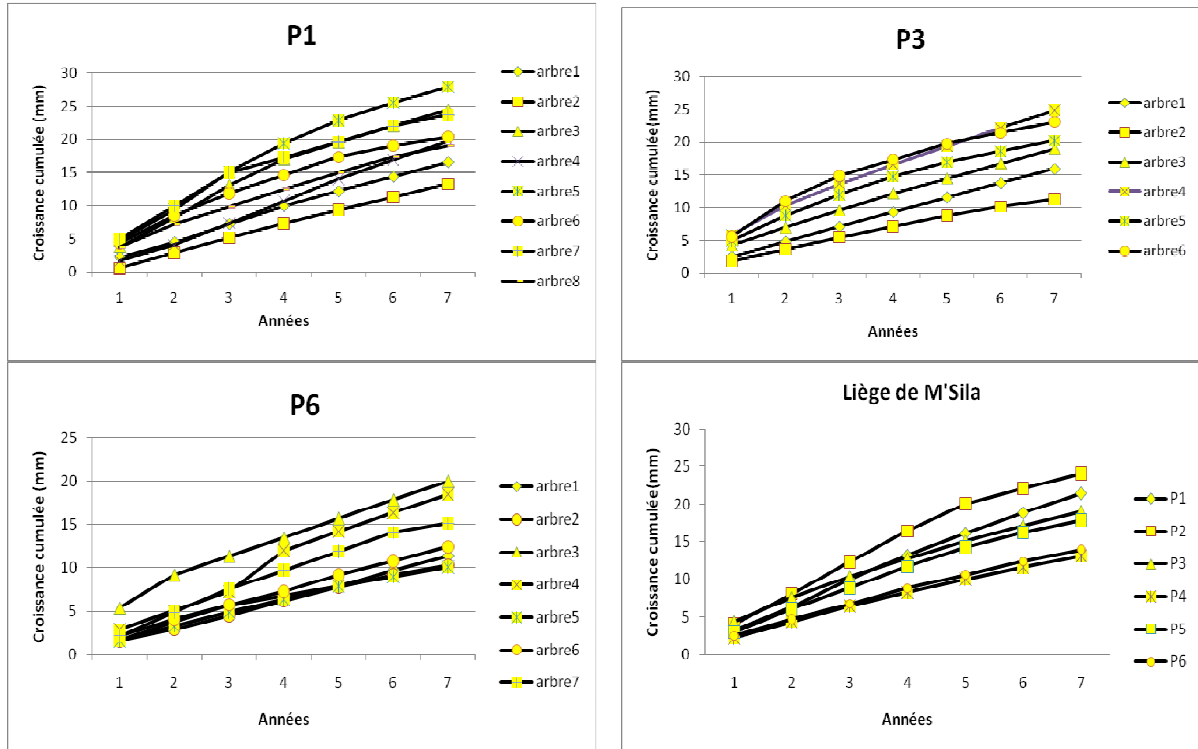


Figure 73: Exemples de la croissance cumulée du liège de M'Sila, échantillonnage 2008

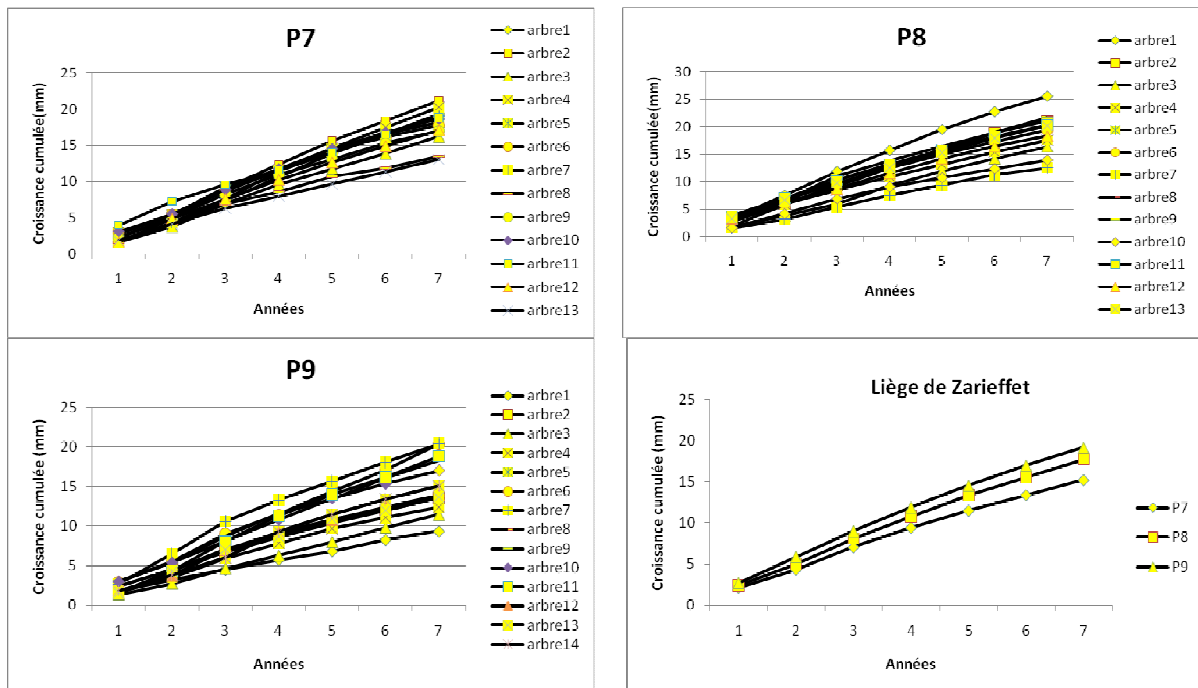


Figure 74: Exemples de la croissance cumulée du liège de Zarieffet, échantillonnage 2008

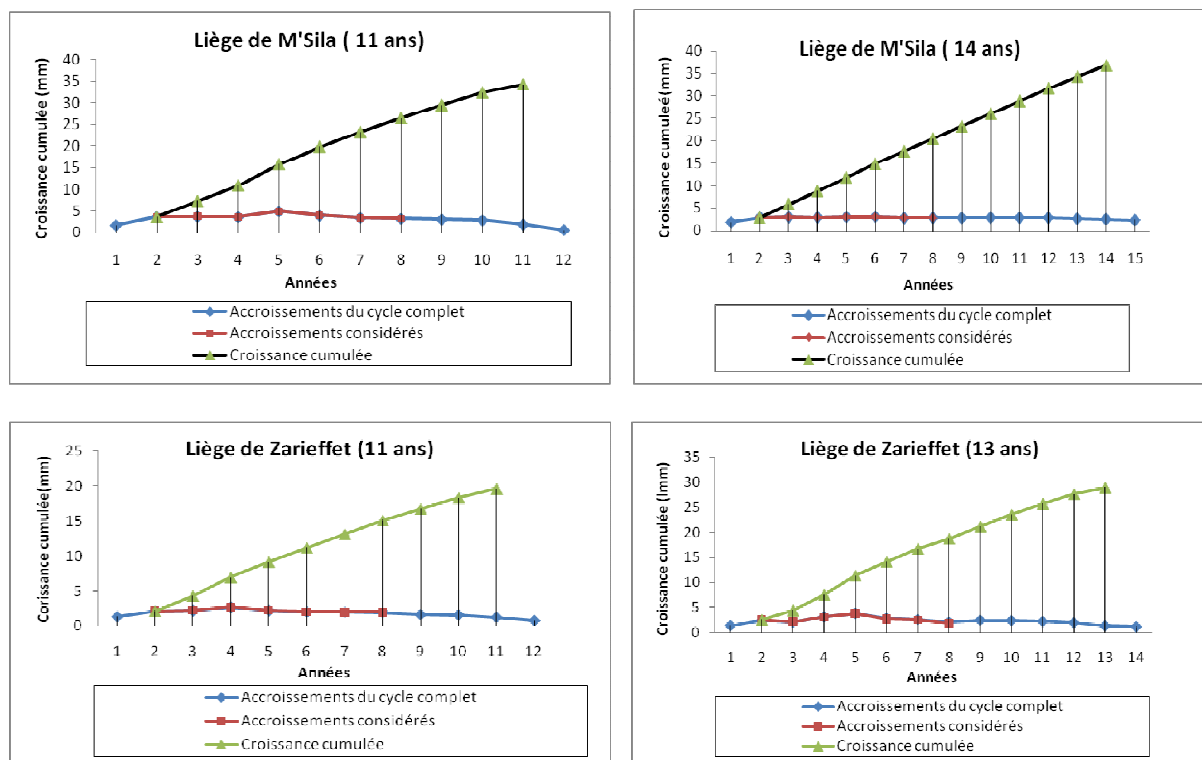


En se référant aux figures 73 et 74, nous constatons que la croissance cumulée pour un cycle de production commun de 8 ans (7 accroissements complets) suit la même tendance dans les deux forêts. En effet, à M'Sila, les courbes de croissance du liège pour chaque parcelle prennent l'aspect d'un amas de branches dispersées caractérisant la grande diversité de croissance du liège du littoral.

A Zarieffet, ces courbes s'identifient autour d'un point centrique caractérisant la stabilité de croissance et par conséquent la grande minceur des accroissements annuels en montagne. Les courbes prennent l'allure d'un seul amas de branches.

D'autre part, pour un cycle de production différent, nous remarquons que la croissance cumulée des années complètes (accroissement annuel) progresse graduellement à l'intérieure du cycle selon la même droite ascendante. Cette progression est strictement corrélée à l'augmentation de l'âge du liège et indépendante de la réduction ou de la majoration des accroissements annuels (Fig.75)

Au sein des deux provenances, les 7 premiers anneaux détiennent 80 % de la croissance cumulée pour un liège de 9 ans et 75 % pour un liège de 10 ans.



**Figure75 : Variation de l'accroissement annuel et accumulé durant le cycle de production**

## VI.4-Caractérisation du matériau récolté selon l'état sanitaire des arbres échantillons

L'évaluation annuelle de l'état de santé des arbres des 9 parcelles (depuis 1999) nous a permis de comptabiliser une base de données suffisante pour décrire de quelle façon le liège du littoral et celui de montagne se forment des arbres ayant des vigueur différentes.

Dans ce contexte, l'étude de la relation état sanitaire de l'arbre- accroissements annuels du liège s'est basée sur les 7 années de croissance complètes analogues au début de notation du déficit foliaire jusqu'à l'année d'échantillonnage.

### VI.4.1-Distribution des échantillons par classe d'état sanitaire

La distribution des 224 échantillons selon les 3 classes d'état sanitaire est représentée dans la figure 76 .

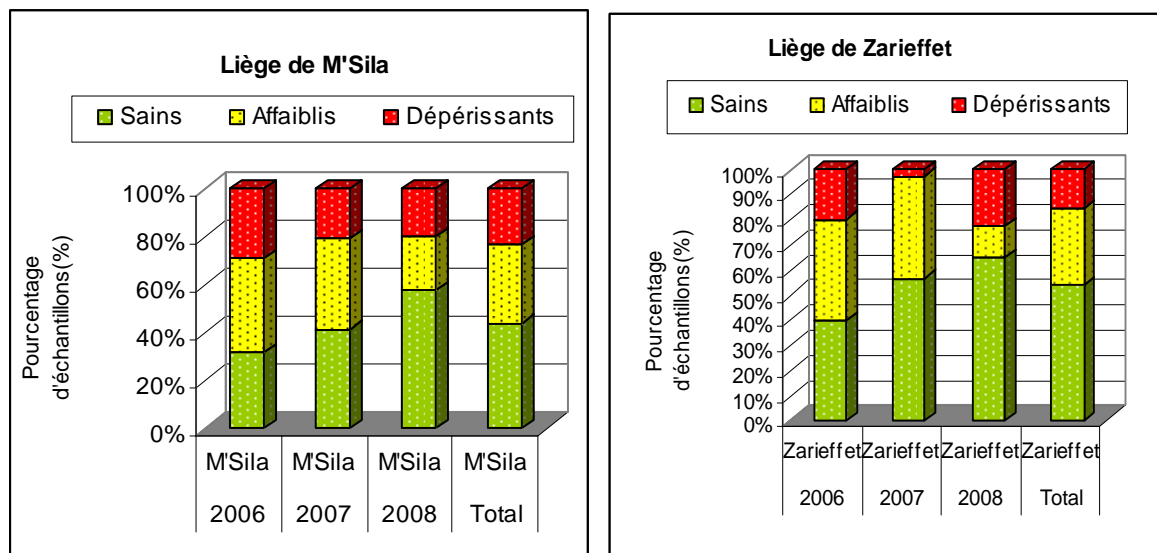


Figure 76: Distribution des échantillons selon les classes d'état sanitaire des arbres

La lecture de la figure 76, nous révèle que les calas issus des arbres sains dominent avec un taux de l'ordre de 43% à M'Sila et 54% à Zariéffet.

Les échantillons générés par les arbres affaiblis représentent 33% en littoral et 31% en montagne. En revanche, les échantillons prélevés des arbres dépérissants sont minoritaires seulement 24% à M'Sila et 15% à Zariéffet.

### VI.4.2-Distribution des échantillons par classe d'accroissements moyens annuels

La distribution des calas selon les différentes classes des accroissements moyens annuels et l'état sanitaire des arbres permettent de définir le rythme de l'activité subéreuse conjointement avec la variation physiologique que traverse l'arbre dans la même durée et dans deux entités écologiques très controversée.



### 1-Liège de M'Sila

Les résultats de la distribution des accroissements moyens annuels selon l'état sanitaire des arbres sont illustrés dans le tableau 65 et la figure 77.

**Tableau 65: Statistique descriptive de la variable accroissement moyen annuel par état sanitaire et par parcelle**

Etat sanitaire	Parcelles	Accroissement moyen annuel (mm)	Ecart type	Type d'accroissement	N	Intervalle de confiance
1	P1	<b>2,32</b>	0,46	Rapide	14	0,24
	P2	<b>2,39</b>	0,50	Rapide	10	0,31
	P3	<b>4,05</b>	1,33	Très rapide	11	0,79
	P4	2,22	.	Rapide	1	
	P5	2,65	0,98	Rapide	10	0,61
	Total	<b>2,82</b>	1,09	Rapide	46	0,32
2	P1	2,80	.	Rapide	1	
	P2	2,92	1,33	Rapide	4	1,30
	P3	2,03	0,68	Moyen	6	0,54
	P4	1,63	0,50	Moyen	9	0,33
	P5	2,25	0,74	Rapide	4	0,73
	P6	2,23	0,58	Rapide	11	0,34
	Total	<b>2,14</b>	0,77	Rapide	35	0,25
3	P1	2,91	1,41	Rapide	3	1,60
	P2	2,31	0,46	Rapide	2	0,64
	P3	1,61	1,10	Moyen	2	1,52
	P4	1,79	0,44	Moyen	6	0,35
	P5	1,57	0,69	Moyen	4	0,68
	P6	1,83	0,28	Moyen	9	0,19
	Total	<b>1,92</b>	0,71	Moyen	26	0,27
Total	P1	2,44	0,67	Rapide	18	0,31
	P2	2,51	0,76	Rapide	16	0,37
	P3	3,15	1,53	Très rapide	19	0,69
	P4	1,73	0,47	Moyen	16	0,23
	P5	2,32	0,94	Rapide	18	0,44
	P6	2,05	0,51	Moyen	20	0,22
	Total	<b>2,38</b>	0,98	Rapide	107	0,19

Le tableau 64, montre éloquentement que les calas de liège extraits dans la forêt de M'Sila abritent en général des accroissements moyens annuels de type rapide (2,38mm/an). Ces derniers sont bien caractérisés au niveau des arbres sains et particulièrement dans les trois parcelles de Cheikh Ben Khalifa (P1,P2,P3) qui représentent 72% de l'effectif vigoureux. Les

dites parcelles comptabilisent respectivement les meilleurs accroissements ( $2,32 \text{ mm}\cdot\text{an}^{-1}$ ,  $2,39 \text{ mm}\cdot\text{an}^{-1}$  et  $4,05 \text{ mm}\cdot\text{an}^{-1}$ ) soit des anneaux annuels de type très rapide à rapide.

En effet, cette dominance est bien visible dans les calas de la parcelle 3 qui englobe 73% d'accroissements de type très rapide de la classe 4 ( $>3\text{mm}\cdot\text{an}^{-1}$ ). Les deux autres parcelles (P2, P3) se singularisent d'un taux élevé d'accroissement de type rapide soit 79% et 60% (Fig.77d).

Par ailleurs, les calas issus des arbres sains du canton M'Sila s'identifient dans la parcelle 5 dont 40% des accroissements annuels sont de la classe 4. Par contre, la parcelle 4 détient un pourcentage important de la classe 3(100%). En fin, la parcelle 6 semble diminuée significativement de sujets sains.

A leur tour les arbres en déficience physiologique transitoire (affaiblis) favorisent aussi un liège aux accroissements annuels de type rapide ( $2,14\text{mm}\cdot\text{an}^{-1}$ ) mais d'intensité atténuée par rapport à ceux des arbres sains ( $2,82 \text{ mm}\cdot\text{an}^{-1}$ ) (Tab.65). Cette régression est plus influencée par une fréquence importante d'accroissements de type moyen de la classe 2 émanant de 43% d'arbres de la même catégorie sanitaire(Fig.77d)

Mathématiquement, cette chute de croissance est d'allure faible voire réversible sur les arbres affaiblis des parcelles du canton Cheikh Ben Khalifa qui comptabilisent des accroissements moyens annuels de l'ordre de  $2,58\text{mm}$ , et qui convergent plus vers ceux des sujets sains. Ce schéma est visible sur le liège des parcelles 3 et 2 qui accumulent entre 50 et 17% d'accroissement de type très rapide. La parcelle 1 participe significativement avec un liège aux accroissements tout à fait rapides.

Par contre, la régression semble plus prononcée à l'échelle des arbres du canton M'Sila dont les accroissements moyens annuels enregistrent une moyenne de  $2,04\text{mm}\cdot\text{an}^{-1}$  et convergent plutôt vers une dégradation irréversible proche des arbres dépérissants.

Cette situation se manifeste particulièrement au niveau de la parcelle 4 qui détient 71% d'accroissements de type faible (Fig.77d).

L'activité subéreuse des arbres dépérissants suit la même orientation que les arbres affaiblis mais avec une régression générale plus rapide en offrant un liège aux anneaux de croissance de type moyen ( $1,92\text{mm}\cdot\text{an}^{-1}$ ) (Tab.65).

Sur les arbres du canton de Cheikh Ben Khalifa, la croissance annuelle du liège s'amenuise d'une manière lente est reste fidèle au rythme rapide des accroissements annuels de ces arbres du littoral ( $2,27\text{mm}\cdot\text{an}^{-1}$ ).

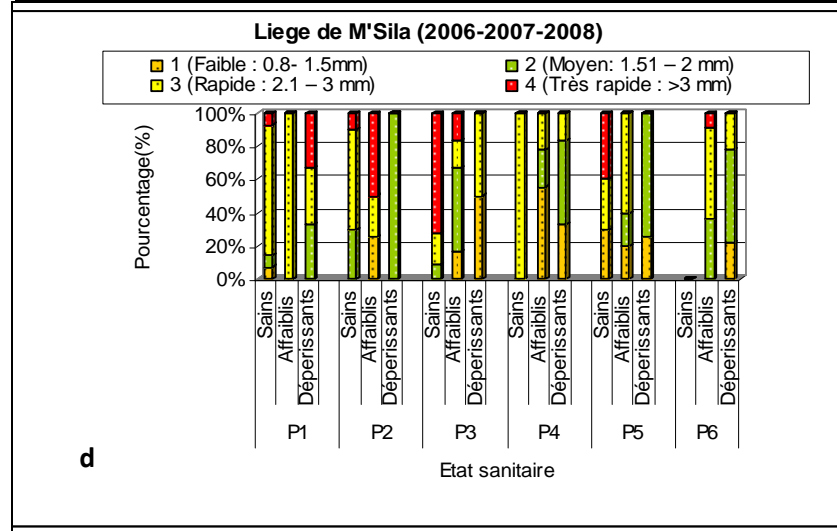
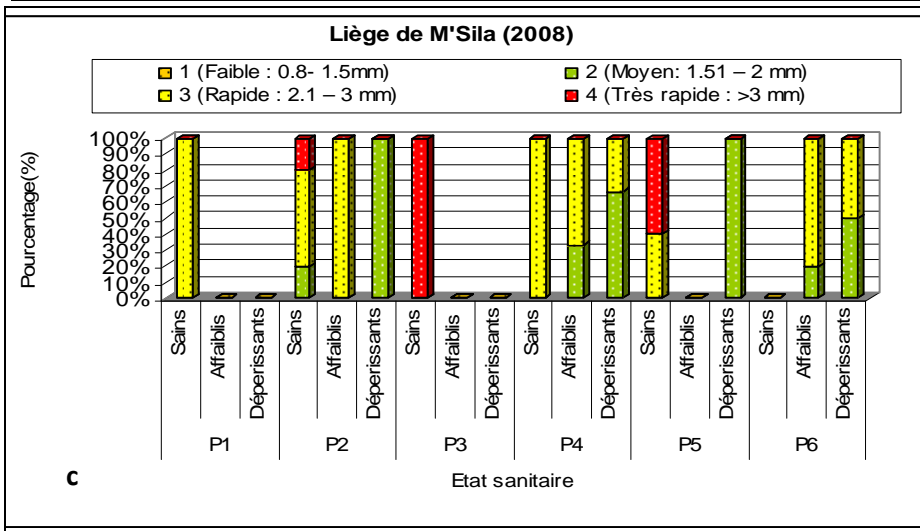
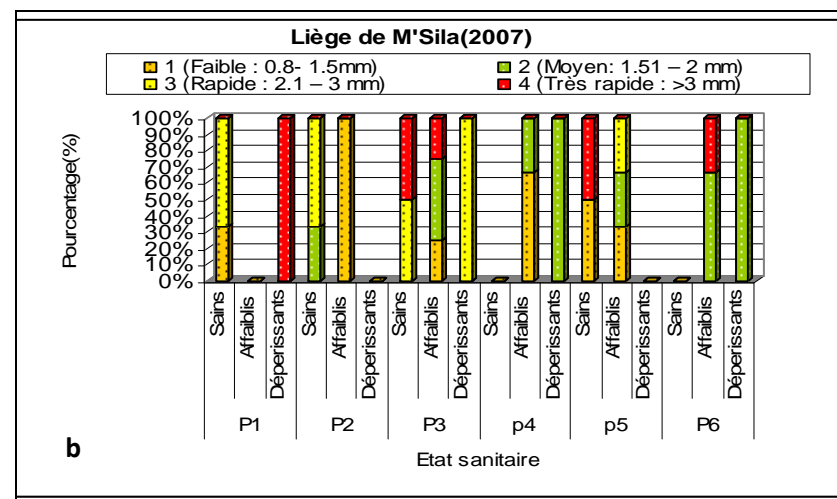
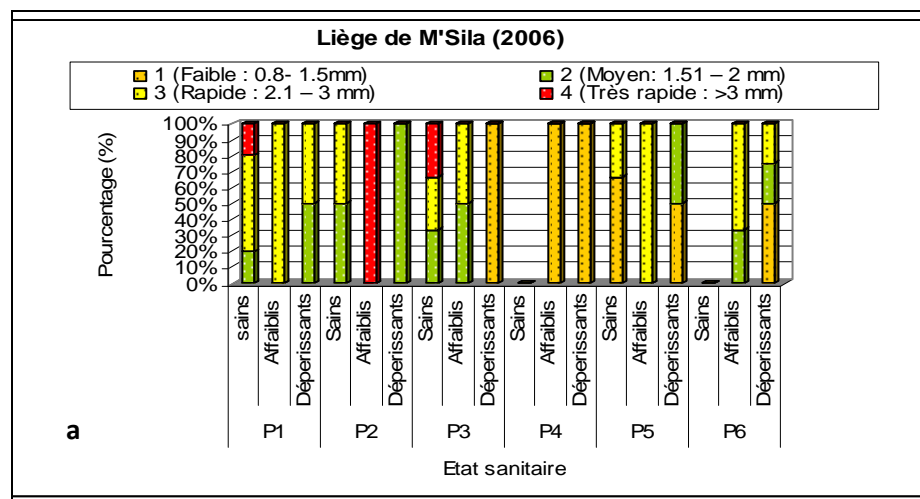
Cette constatation s'accomplit au niveau des sujets de la parcelle 1 et 2 qui renferment respectivement 33,3% d'accroissements de type très rapide et 50% de type rapide.

A l'inverse, au sein des sujets du canton de M'Sila, la dégradation sanitaire des arbres semble générer une croissance moyenne annuelle plus réduite de l'ordre de  $1,73\text{mm}\cdot\text{an}^{-1}$ .

En effet, dans ce canton, les parcelles 5 et 6 se classent en dernière position, plus affectées par les accroissements moyens annuels de type moyens à faible aux alentours de 100% et 77%(Fig.77d).

Globalement, nous pouvons dire que la croissance annuelle du liège au niveau des parcelles de M'Sila se scinde entre deux tendances relatives au canton de Cheikh Ben Khalifa et celui de M'Sila.

En situation sanitaire satisfaisante (saine) les arbres du premier canton l'emportent sur ceux du second par une production importante d'accroissements de type très rapide supérieure à 50% très caractéristique du liège du littoral.



**Figure 77: Distribution des échantillons par classe d'accroissements moyens annuels (M'Sila)  
a : échantillons 2006, b : échantillons 2007, c : échantillons 2008 , d : récapulatif**

En revanche, même en situation sanitaire affaiblie des arbres, la régression de la croissance s'avère plus lente sur le liège du premier canton et se trouve plus influencée par la fréquence importante des accroissements de type rapide aux alentours de 25%.

Par contre, cette régression est d'allure rapide au niveau du deuxième canton où la fréquence des accroissements de type moyens à faibles est présente à 40% .

Avec la dégradation proprement dite, les accroissements moyens annuels fléchissent de la même manière que les arbres affaiblis mais avec une intensité plus aigue restant fidèle aux rythme originale de croissance des arbres. Cette observation concerne surtout les effectifs du canton de M'Sila qui hébergent des accroissements moyens annuels de type faibles à moyens de l'ordre de 60%.

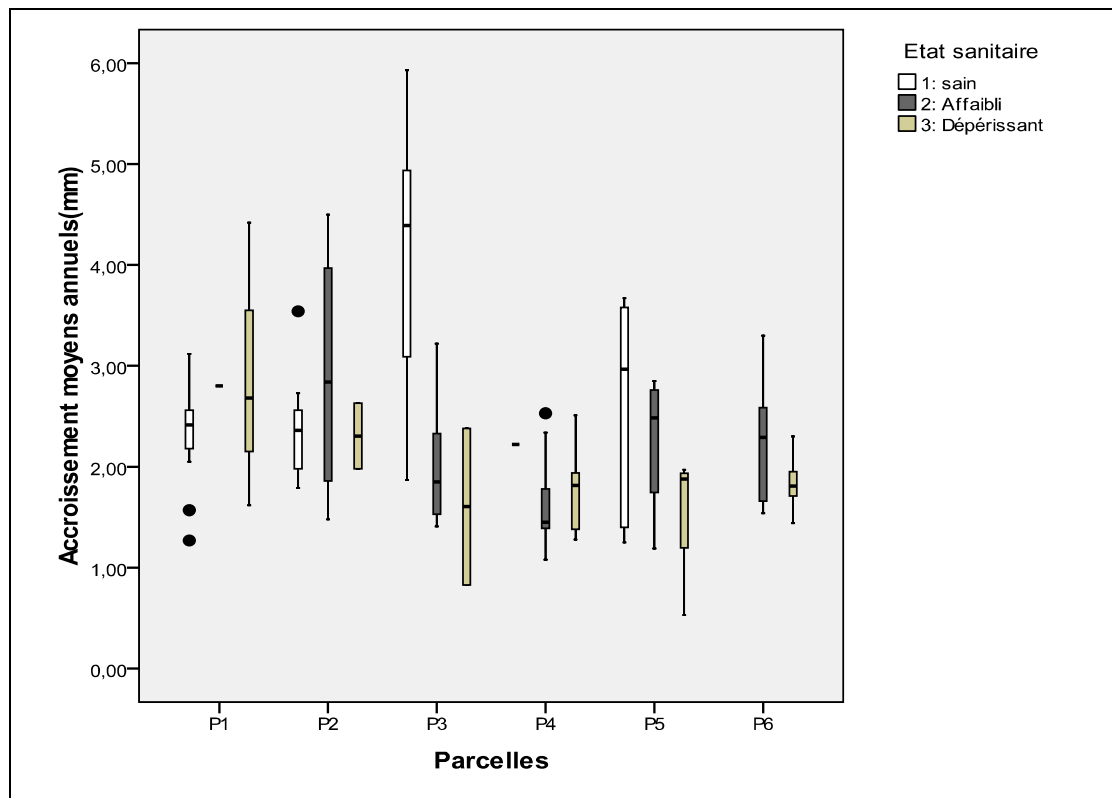
Afin d'approfondir nos constatations, nous avons réalisé une analyse uni-variable de la variance (ANOVA) pour connaître l'influence de l'état sanitaire et des parcelles sur les accroissements moyens annuels. Les résultats de cette analyse sont illustrés dans le tableau 66 ; la figure 78 résume la distribution de ces deux variables selon les classes considérées.

**Tableau 66 : Test entre les effets inter-sujets pour les accroissements moyens annuels**

Source	Somme des carrés Type III	dl	Moyenne des carrés	F	Sig.
Model corrigé	48,316 <sup>a</sup>	16	3,020	4,996	0,000
Intersection	327,557	1	327,557	541,915	0,000
Parcelle	3,695	5	0,739	1,223	0,305
Etat sanitaire	4,252	2	2,126	3,518	0,034
Parcelle* Etat sanitaire	20,525	9	2,281	3,773	0,000
Erreur	54,400	90	0,604		
Total	707,950	107			
Total corrigé	102,715	106			

a. R carré = 0,470 (R carré ajusté = 0,376)

D'après le tableau 66, nous remarquons que l'état sanitaire des arbres à une influence prépondérante significative sur les accroissements annuels du liège au niveau des 6 parcelles de la forêt de M'Sila ( $p > 0,05$ ). Par contre, l'effet parcelle semble mineur sur la croissance annuelle du liège ( $p > 0,05$ ). En l'occurrence, l'inter-action entre ces deux facteurs est hautement significative ( $p < 0,0001$ ) dans les parcelles du canton Cheikh Ben Khalifa et M'Sila. Le model proposé explique une partie de cette variation ( $R^2 = 0,376$ ).



**Figure 78 : Distribution de la variable “accroissement moyen annuel” par état sanitaire et par parcelles dans la forêt de M’Sila**

La figure 78 témoigne d’une tendance générale à la réduction des accroissements moyens annuels du liège suite à la déficience physiologique des arbres. Les arbres en situation sanitaire affaiblie sont instables et se dotent d’une croissance subéreuse contrastée très intime au rythme original de croissance du liège propre à chaque arbre. L’amélioration de l’état de santé induit une augmentation notable des accroissements.

### *2-Liège de Zariéffet*

Les résultats de la distribution des accroissements moyens annuels selon l’état sanitaire des arbres et les parcelles sont illustrés dans le tableau 67 et la figure 79.

**Tableau 67: Statistique descriptive de la variable accroissement moyen annuel par état sanitaire et par parcelle**

Etat sanitaire	Parcelles	Accroissement moyen (mm)	Type d'accroissement	Ecart type	N	Intervalle de confiance
1	P7	2,09	Moyen	0,703	14	0,37
	P8	1,94	Moyen	0,687	31	0,24
	P9	2,15	Rapide	0,750	20	0,33
	Total	<b>2,04</b>	Moyen	0,706	65	0,17
2	P7	1,89	Moyen	0,314	14	0,16
	P8	1,90	Moyen	0,345	13	0,19
	P9	1,52	Moyen	0,456	8	0,32
	Total	<b>1,81</b>	Moyen	0,384	35	0,13
3	P7	1,67	Moyen	0,459	12	0,26
	P8	1,23	Faible	0,355	3	0,40
	P9	1,33	Faible	0,205	2	0,28
	Total	<b>1,55</b>	Moyen	0,445	17	0,21
Total	P7	1,89	Moyen	0,536	40	0,17
	P8	1,88	Moyen	0,611	47	0,17
	P9	1,93	Moyen	0,724	30	0,26
	Total	<b>1,90</b>	Moyen	0,613	117	0,11

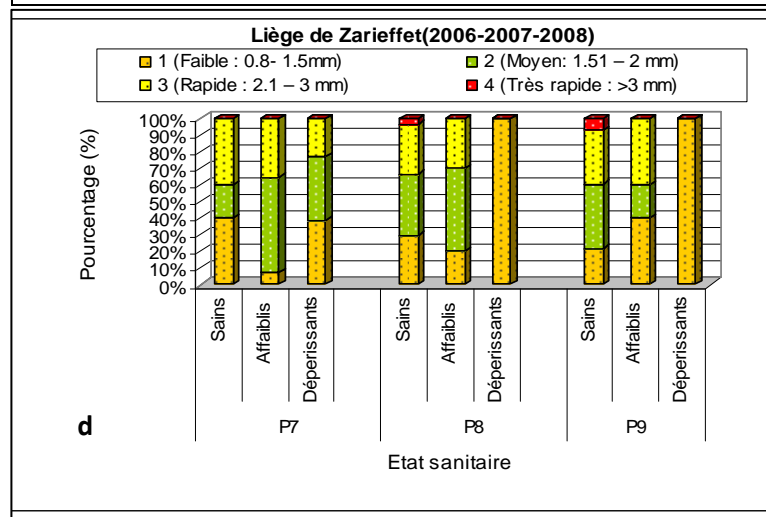
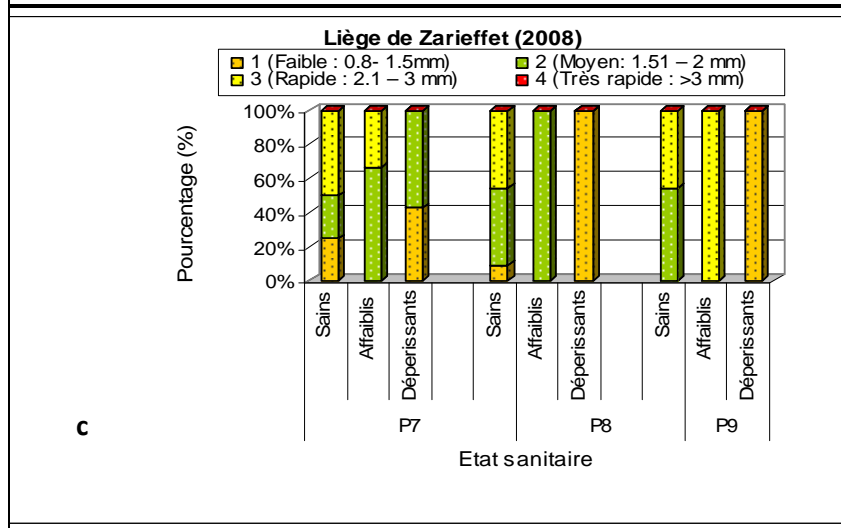
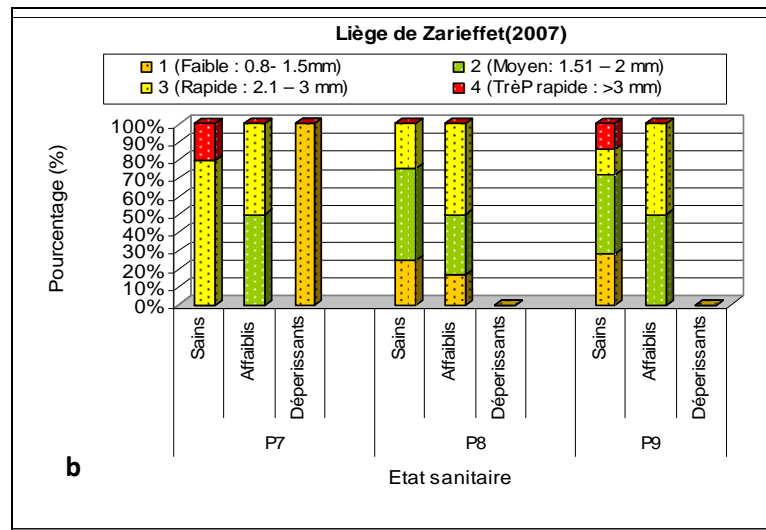
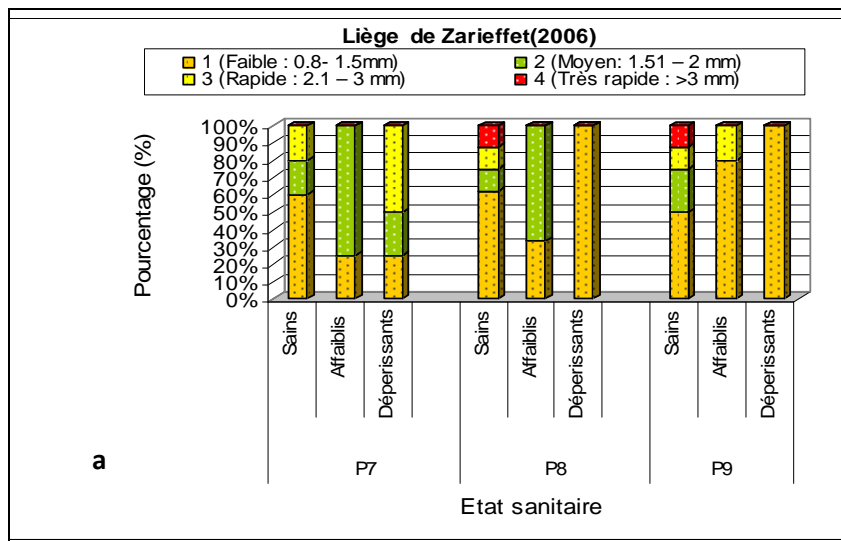
D'après le tableau 66, nous constatons que le matériau récolté durant les trois années d'échantillonnage recèle en générale un liège aux accroissements moyen annuels de type moyens ( $1,90\text{mm}\cdot\text{an}^{-1}$ )

En effet, les arbres sains dominant avec un taux de l'ordre de 55% en comptabilisant une moyenne d'accroissements annuels de l'ordre de 2,04mm. Cette représentativité est plus marquée au niveau de la parcelle 9 où 31% des échantillons enregistrent une moyenne d'accroissements annuels de 2,15mm soit un liège de type rapide. Cette moyenne de croissance se repartie différemment entre les 4 classes d'accroissements moyens annuels soit respectivement 21% (classe1), 39%(classe2), 32% (classe3) et 7% (classe 4) (Fig.79d)

En l'occurrence, les deux autres parcelles (P7, P8) renferment respectivement 22% et 47% de sujets sains générant un liège de type moyen soit une moyenne de croissance de 2,09 mm/ an et 1,94mm/an.

Assurément, la parcelle 7 s'individualise par des accroissements de type faible ( 40 %) à rapide (40%) que les accroissements de type moyen (20%).

Par ailleurs, la parcelle 8 semble plus équilibrée que la précédente en donnant des accroissements de type très rapide aux alentours de 4%, les autres classes se stabilisent sur des taux très proches (entre 30% et 37%) (Fig.79d).



**Figure 79: Distribution des échantillons par classes d'accroissements moyens annuels(Zariéffet)  
A : échantillons 2006, b : échantillons 2007, c : échantillons 2008, d : récapulatif**

D'autre part l'état physiologique affaibli se concrétise dans 35% des arbres en accumulant une moyenne d'accroissement annuels de l'ordre de 1,81mm soit un liège de type moyen. Cette croissance est bien identifiée au niveau des parcelles 7(40%) et 8(37%) où les accroissements de la classe 2 (type moyen) dominent simultanément avec 62 et 50%. Par contre, les accroissements de type rapide affichent seulement 38 et 30% (Fig.79d).

La participation des sujets dépérissants ne dépasse pas les 14% et s'accompagne d'un liège de type moyen engendrant une moyenne d'accroissements annuels proche du faible (1,55mm) (Tab.63). Cette vulnérabilité est plus atténuée au niveau de la parcelle P7 qui donne une moyenne de croissance de l'ordre de 1,67mm/an plus élevée que les deux autres parcelles (P8(1,23mm/an), P9(1,33mm/an)). En effet, la parcelle 7 recèle 25% de liège aux accroissements de type rapide tandis que les parcelles 8 et 9 ne présentent que les accroissements quasiment de type faible de la classe 1(<1,5mm)

Globalement, nous pouvons confirmer que le liège de montagne se caractérise par des accroissements annuels de type moyen (<2mm). Ces derniers se trouvent influencer directement par l'état sanitaire des arbres. En d'autres mots, l'assise génératrice produit les meilleurs accroissements en situation sanitaire satisfaisante (arbres sains) avec un pourcentage omniprésent d'accroissements de type très rapide (<10%). En revanche, avec la dégradation physiologique des arbres, nous assistons à une chute de la croissance annuelle plus au moins prononcée chez les arbres dépérissants qu'affaiblis. Dans ces deux catégories, le pourcentage des accroissements de type moyen à faible est très caractéristique.

Les résultats de l'analyse de variance de l'influence de l'état sanitaire des arbres et des parcelles sur les accroissements moyens annuels sont illustrés dans le tableau 68; la figure 80 résume la distribution de ces deux variables selon les classes considérées.

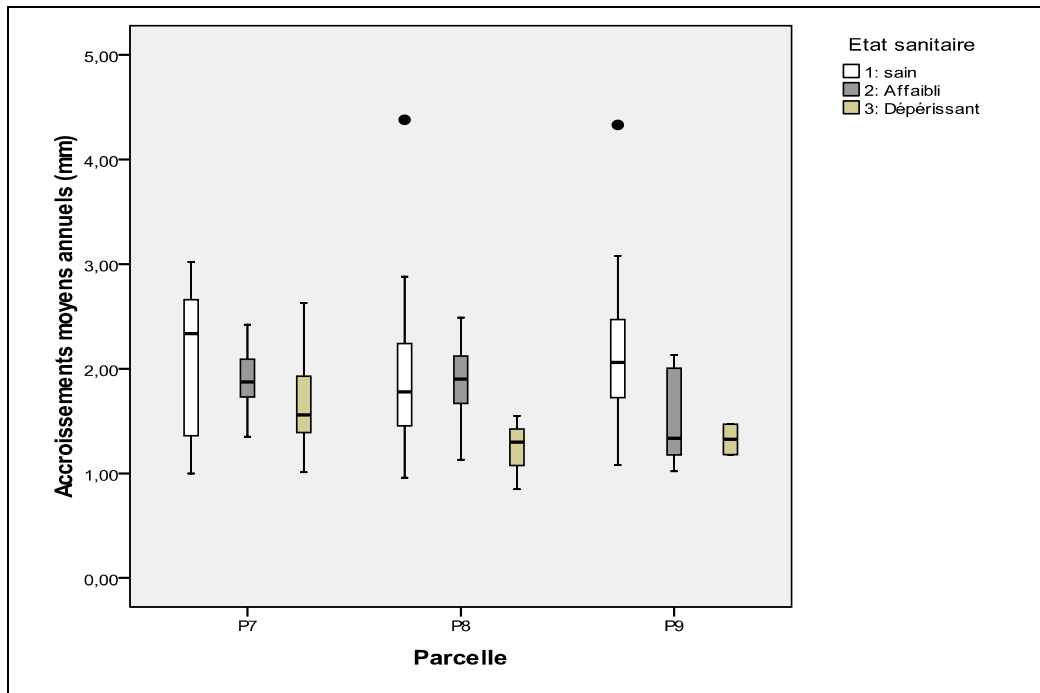
**Tableau 68 : Test entre les effets inter-sujets pour les accroissements moyens annuels**

Source	Somme des carrés Type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Sig.
Model corrigé	5,593 <sup>a</sup>	8	0,699	1,986	0,055
Intersection	183,593	1	183,593	521,484	0,000
Etat sanitaire	4,422	2	2,211	6,280	0,003
Parcelle	0,744	2	0,372	1,056	0,351
Etat sanitaire * Parcelle	1,506	4	0,377	1,070	0,375
Erreur	38,022	108	0,352		
Total	464,353	117			
Total corrigé	43,615	116			

a.Rcarré = 0,128 (R carré ajusté = 0,064)

Les résultats du tableau 68 prouvent que l'état sanitaire des arbres ( $p < 0,01$ ) et non la parcelle ( $p > 0,05$ ) a une influence significative sur les accroissements moyens annuels du liège. Par conséquent l'interaction entre ces deux facteurs n'est pas envisageable ( $p > 0,05$ ). Le modèle appliqué n'explique qu'une partie de la variation ( $R^2$  corrigé=0,064).





**Figure 80 : Distribution de la variable “accroissement moyen annuel” par état sanitaire et par parcelles dans la forêt de Zariéffet**

La distribution présentée dans la figure 80, reflète une tendance à la diminution des accroissements moyens annuels suite à la dégradation de la santé de l’arbre particulièrement entre les arbres sains et dépérissants. Par ailleurs, les arbres affaiblis renforcent leur statut transitoire soit en se translatant soit vers les arbres sains ou vers les dépérissants. Les deux valeurs atypiques présentes dans le liège des arbres sains de la parcelle 8 et 9 concernent les accroissements moyens annuels dépassants les 4 mm/an.

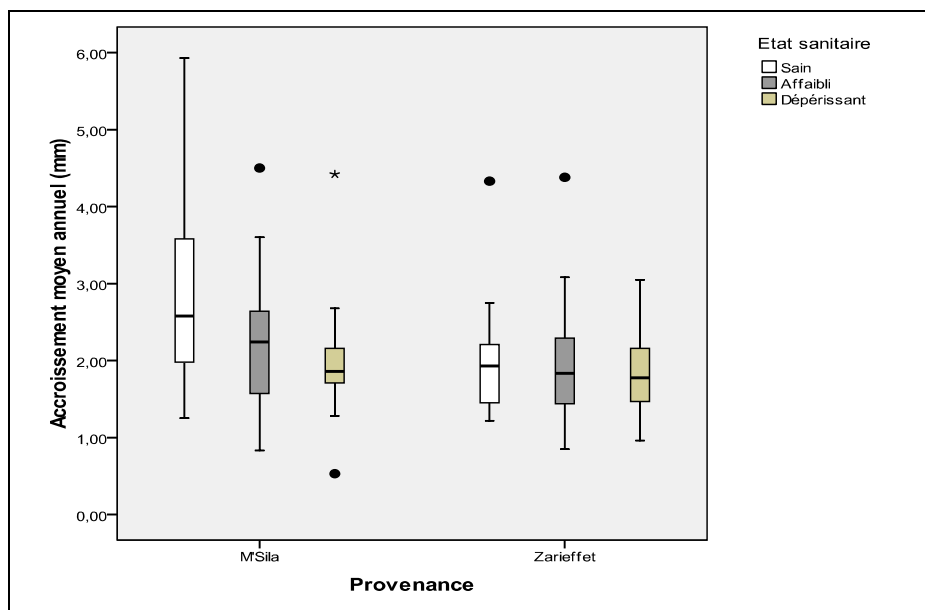
L’étude statistique qui vient d’être élaborée pour chaque forêt pour la seule composante physiologique de l’arbre ne peut être mise en évidence que par la connaissance parfaite du rôle de la zone naturelle d’origine dans cette équation qui est les accroissements annuels du liège. Pour se faire une deuxième analyse de variance uni-variable a été réalisée en regroupant la variable dépendante (accroissement moyen annuel) aux deux autres variables explicatives qui sont la provenance et l’état sanitaire. Les résultats de cette analyse sont regroupés dans le tableau 69 et la figure 81.

**Tableau 69: Test entre les effets inter-sujets**

Source	Somme des carrés Type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Sig.
Model corrigé	28,116 <sup>a</sup>	5	5,623	9,343	0,000
Intersection	942,367	1	942,367	1565,847	0,000
Provenance	11,793	1	11,793	19,596	0,000
Etat sanitaire	9,347	2	4,674	7,766	0,001
Provenance * Etat sanitaire	6,894	2	3,447	5,728	0,004
Erreur	131,198	218	0,602		
Total	1172,344	224			
Total corrigé	159,314	223			

a. R carré =0,176 (R carré Ajusté = 0,158)

Le tableau 69, exhibe à quel point la vigueur des arbres (saine, affaiblie et dépérissante) et la zone naturelle (littorale-montagne) interviennent dans les variabilités des accroissements annuels des couches subéreuses. En effet, leur effet est très significatif sur les accroissements annuels (  $F= 19,59$  ;  $p< 0,001$  ) et ( $F=7,76$  ;  $p<0,01$ ). L'influence de l'état sanitaire des arbres touche aussi bien les anneaux de croissance rapides du liège du littoral que ceux lents du liège de montagne. Cette atteinte à l'activité subéreuse est plus prononcée à l'échelle de la zone écologique côtière que continentale (  $F= 5,72$  ;  $p< 0,01$ )(Fig.81) .



**Figure 81: Distribution de la variable “accroissement moyen annuel” par état sanitaire et par provenance**

D'après la figure 81, nous observons que dans les deux provenances, la diminution de l'activité subéreuse se corrèle à une diminution de la vigueur des arbres. Ce fait naturel est plus agressif dans la forêt de M'Sila et plus atténué voire proche du stable dans la forêt de Zariéffet.

#### **VI.4.3-Evolution annuelle des accroissements selon l'état sanitaire des arbres**

Au sein des deux provenances, l'évolution annuelle des accroissements en fonction de l'état sanitaire des arbres générateurs du liège s'est basée sur des échantillons d'âge mûr et présentant la plus grande fréquence entre les 120 calas de chaque provenance. Le principe de base vise à connaître le processus de croissance en mêlant l'aspect physiologique des arbres à une production subéreuse liée à un cycle de production tout à fait différent entre le littoral et la montagne.

A Zariéffet, on s'est rapporté un liège âgé de 11 ans (10 accroissement complets) ; à M'Sila c'est un liège âgé de 9 ans (8 accroissement complets).

##### **1-Liège de Zariéffet**

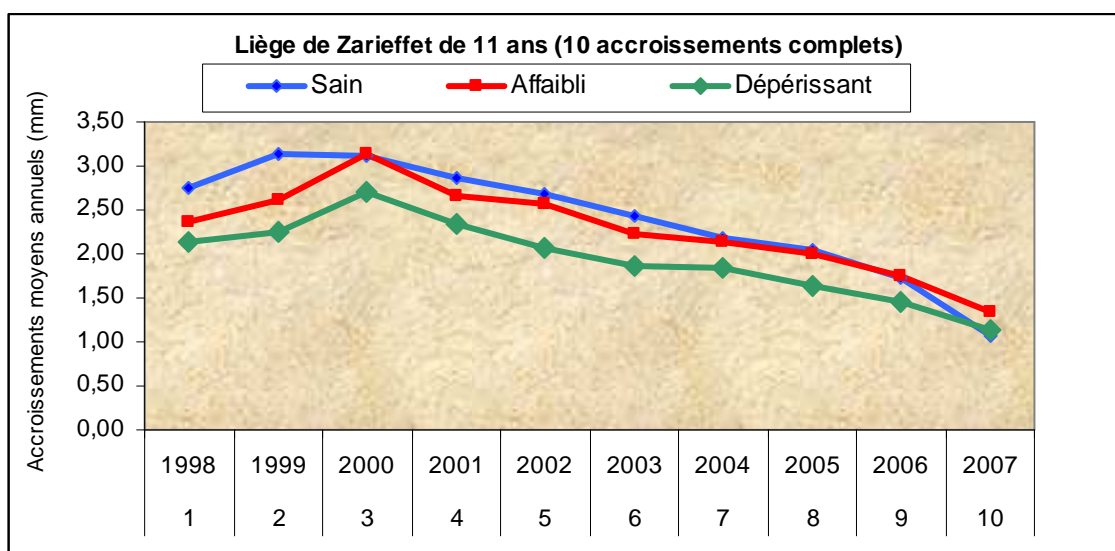
Les résultats des mesures des 11 accroissements annuels complets du liège de montagne selon l'état de vigueur des arbres correspondants sont illustrés dans le tableau 70.

**Tableau 70 : Mesures des 10 accroissements moyens annuels du liège de montagne selon l'état de santé des arbres (n=40)**

Etat sanitaire	N	Accroissement moyen (mm)	Type d'accroissement	% de réduction
1	13	2,40±0,85	Rapide	
2	13	2,28±0,65	Rapide	5
3	14	1,95±0,59	Moyen	19

En montagne, un arbre sain âgé de 11 ans produit des accroissements annuels moyens de l'ordre 2,4mm correspondant à un type « rapide ». Dans le même registre, un arbre affaibli perd seulement 5% de cette vitesse en produisant des anneaux annuels de 2,28 mm. Enfin, chez les arbres dépérissants, la vitesse de formation du liège diminue de 19 % en générant des accroissements moyens de l'ordre de 1,95mm.

Au sein des 3 catégories sanitaires, la formation du liège suit une allure naturelle de type gaussienne où on distingue 3 phases de durées et de largeurs variables selon l'état de santé des arbres (Fig.82) :



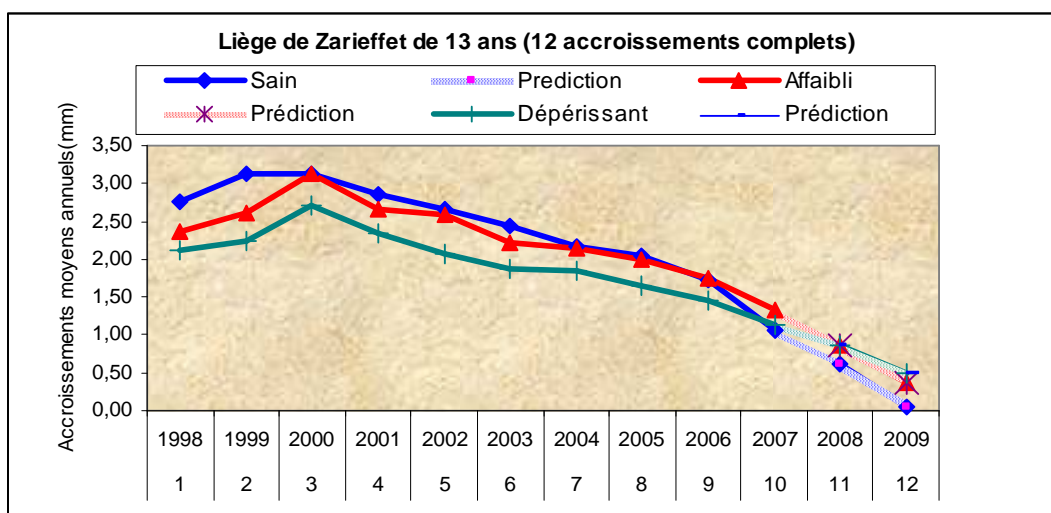
**Figure 82 : Evolution annuelle des accroissements du liège de 11 ans selon l'état sanitaire des arbres**

**1-Une première phase** caractérisée par une évolution annuelle progressive maximale de la formation du liège. Elle dure environ 3 années pour les trois catégories sanitaires. Nous enregistrons respectivement (2,76-3,12 mm) pour les arbres sains, (2,37-3,13mm) pour les arbres affaiblis et (2,13-2,71mm) pour les arbres dépérissants.

**2-Une seconde phase** correspond à une croissance descendante du liège entre le 4<sup>ème</sup> et le 7<sup>ème</sup> accroissement. Elle est d'allure lente pour les sujets sains et affaiblis (2,86 - 2,17mm, 2,65- 2,14mm) et plus prononcée pour ceux dépérissants (2,35-1,84mm).

**3-Une troisième phase** correspond à la régression proprement dite des épaisseurs des cernes et coïncidant avec le début de la maturité du liège de montagne. Cette séquence s'étendant entre le 8<sup>ème</sup> et le 10<sup>ème</sup> accroissement, est très stable de point de vue croissance et par conséquent perpétue des accroissements mineurs : (2,04-1,06 mm) arbres sains, (2-1,34mm) arbre affaiblis et (1,64-1,14mm) arbres dépérissants.

Par ailleurs, cette phase de déclin des accroissements se poursuit d'une manière intense et jusqu'à la fin du cycle de production ( 12 à 14 ans) et reste indifférent à l'état sanitaire des arbres comme témoigne la prédiction établie par les modèles mathématiques suivants pour la 11<sup>ème</sup> et la 12<sup>ème</sup> année (Fig.83)



**Figure 83 : Evolution annuelle des accroissements d'un liège de 13 ans selon l'état sanitaire des arbres et pour une prédiction de 2 années**

L'ajustement du modèle mathématique et de type  $y = ax^2 + bx + c$  où  $y$  représente l'épaisseur de l'accroissement et  $x$  le temps exprimé en année.

Les expressions des modèles des accroissements issus des arbres sains, affaiblis et dépérissants sont mentionnés le tableau 71.

**Tableau 71 : Modèles mathématiques des accroissements moyens annuels selon l'état sanitaire des arbres**

	Modèle mathématique	$R^2$
Arbres sains	Ep.sain = $-0,03an^2 + 0,13an + 2,82$	$R^2 = 98\%$
Arbres affaiblis	Ep. affaibli = $-0,029an^2 + 0,187an + 2,38$	$R^2 = 95\%$
Arbres dépérissants	Ep.dépérissant = $-0,01an^2 + 0,08an + 2,23$	$R^2 = 95\%$

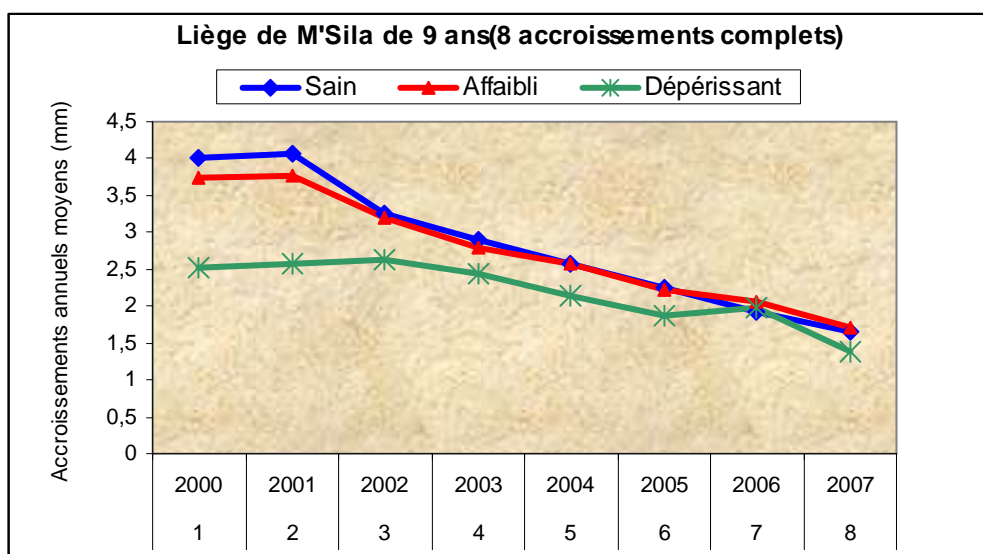
## 2-Liège de M Sila

Les résultats des mesures des 8 accroissements annuels complets du liège de littoral (M'Sila) selon l'état de vigueur des arbres correspondants sont illustrés dans le tableau 72.

**Tableau 72 : Mesures des 8 accroissements moyens annuels du liège de montagne selon l'état de santé des arbres (n=40)**

Etat sanitaire	N	Accroissement moyen (mm)	Type d'accroissement	% de réduction
1	14	2,82±0,62	Rapide	
2	12	2,76±0,53	Rapide	2
3	14	2,19±0,30	Rapide	23

En littoral, un arbre sain âgé de 8 ans élabore des accroissements moyens annuels de l'ordre de 2,82mm faisant état d'un liège de type « rapide ». Dans le même contexte, un arbre affaibli perd seulement 2% de ce rythme en produisant des accroissements annuels aux alentours de 2,76 mm. En l'occurrence, chez l'arbre déperissant, cette vitesse de croissance se réduit lentement pour atteindre 2,19mm, en gardant toujours l'aspect rapide de ces accroissements annuels. Par voie de conséquence, l'évolution annuelle des accroissements d'un liège de littoral selon l'état sanitaire prend un cheminement selon les 2 phases (Fig.84)



**Figure 84 : Evolution annuelle des accroissements du liège de 8 ans selon l'état sanitaire des arbres**

La 1<sup>ère</sup> phase abrite fréquemment le premier accroissement le plus épais soit 4,06mm pour celui de l'arbre sain, 3,78 mm pour l'affaibli et 2,63mm pour le déperissant.

A partir de la deuxième année, la croissance du liège enregistre une régression progressive et lente jusqu'à la 5<sup>ème</sup> année. Nous notons respectivement pour les trois classes sanitaires (1 : (Ac1-Ac5 : 4-2,55mm)), (2 : (Ac1-Ac5 :3,74-2,58mm)) et (3 : (Ac2-Ac5 : 2,58-2,12mm))

Durant cette sequence, les cinq premiers accroissements complets détiennent 72 % de la croissance dans le cycle de production qu'il s'agit de liège issus d'arbres sains , affaiblis et dépérissants .

La 2<sup>ème</sup> phase débute régulièrement à partir du 6<sup>ème</sup> au 8<sup>ème</sup> accroissement et elle est presque toujours d'allure descendante. Durant cette partie, l'activité subéreuse devient d'autant plus faible que le cycle est plus long. Elle est de rythme lent pour les échantillons sains et affaiblis (2,24 -1,65mm), (2,21- 1,71mm) et plus rapide pour ceux dépérissants (1,97-1,37mm).

Par ailleurs, cette phase de déclin des accroissements se perpétue d'une manière intense et jusqu'à la fin du cycle de production préconisée pour ce type de liège (9 à 10 ans). Cependant, ce schéma reste indifférent à l'état sanitaire des arbres comme le relate la prédiction établie par les modèles mathématiques suivants pour la 9<sup>ème</sup> et la 10<sup>ème</sup> année (Fig.85)

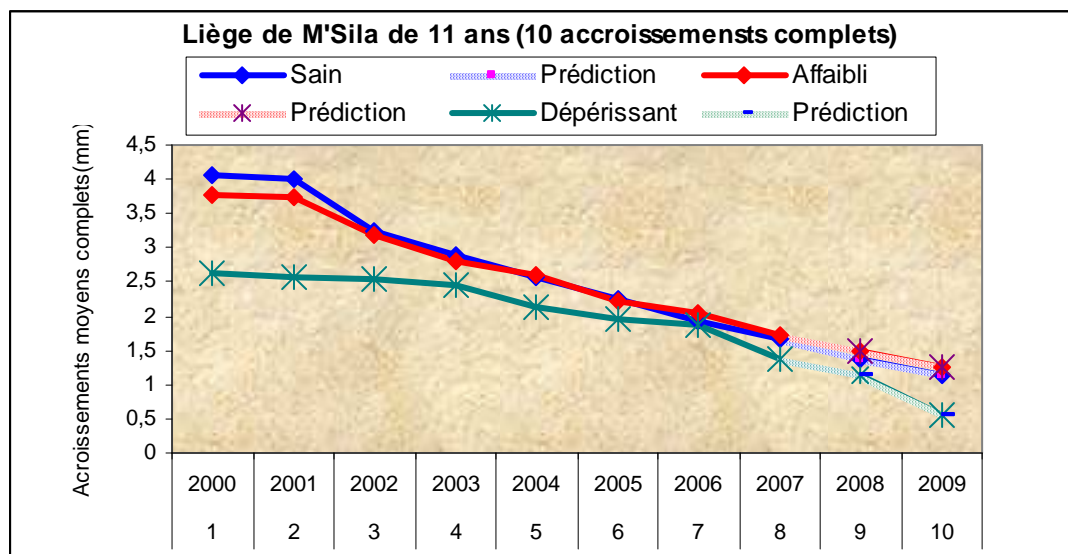


Figure 85: Evolution annuelle des accroissements d'un liège de 10 ans selon l'état sanitaire des arbres et pour une prédiction de 2 années

L'ajustement du modèle mathématique et de type  $y = ax^2 + bx + c$  où  $y$  représente l'épaisseur de l'accroissement et  $x$  le temps exprimé en année.

Les expressions des modèles des accroissements issus des arbres sains, affaiblis et dépérissants sont mentionnées dans le tableau 73.

**Tableau 73: Modèles mathématiques des accroissements moyens annuels selon l'état sanitaire des arbres**

	Modèle mathématique	R <sup>2</sup>
Arbres sains	Ep.sain = $0,012an^2 - 0,47an + 4,65$	R <sup>2</sup> = 98%
Arbres affaiblis	Ep. affaibli = $0,007an^2 + 0,37an + 4,26$	R <sup>2</sup> = 98%
Arbres dépérissants	Ep.dépérissant = $-0,022an^2 + 0,03an + 2,62$	R <sup>2</sup> = 97%

### VI.5-Etude de l'estimation du poids du liège sur pied selon l'état sanitaire des arbres

L'étude du suivi de l'état sanitaire des arbres dans les deux forêts, durant une période 10 ans, nous a permis de situer d'une manière rapprochée l'indice de santé de chaque peuplement et par conséquent les performances productives des arbres pris en considération.

Les résultats étalés dans ce travail, expriment les premières données mises en lumière sur la masse du liège produite par les arbres sains et dépérissants dans les suberaies.

#### VI.5.1-*Caractérisation générale des quatre parcelles*

Les mesures des relevés dendrométriques et d'exploitation des arbres des 4 parcelles sont illustrées dans le tableau 74.

**Tableau 74: Valeurs moyennes et intervalle de confiance des mesures dendrométriques et d'exploitation des arbres sains et dépérissants dans les quatre parcelles**

Parcelles	Etat sanitaire	N	Circonférence (m)	Hauteur de démasclage (m)	Epaisseur (m)	Coefficient de démasclage
M'Sila	Saine	84	1,21±0,07	2,11±0,13	0,025±0,001	1,91±0,15
	Dépérissante	50	1,19±0,13	2,12±0,18	0,020±0,001	1,80±0,14
	Total	134	1,2±0,09	2,12±0,14	0,022±0,001	1,86±0,53
Zarieffet	Saine	50	1,33±0,14	2,28±0,15	0,019±0,001	1,71±1,11
	Dépérissante	50	1,04±0,1	2,06±0,13	0,017±0,001	2,05±0,13
	Total	100	1,18±0,11	2,15±0,13	0,018±0,001	1,97±0,57
Total	Saine	134	1,27±0,10	2,20±0,13	0,022±0,001	1,84±0,58
	Dépérissante	100	1,18±0,11	2,15±0,13	0,019±0,001	1,97±0,57
	Total	234	1,23±0,07	2,17±0,09	0,020±0,001	1,90±0,57



D'après le tableau 74, nous remarquons les circonférences et les épaisseurs du liège présentent des différences significatives (Tab.75) entre état sanitaire et parcelles, oscillant respectivement entre 1,21m– 25mm (M'Sila, saine) et 1,04m- 17mm (Zarieffet, dépérissante). Par contre, les hauteurs d'écorçage se montrent de la même grandeur dans les 4 parcelles, entre 2,11m (M'Sila, saine) et 2,06m (Zarieffet, saine).

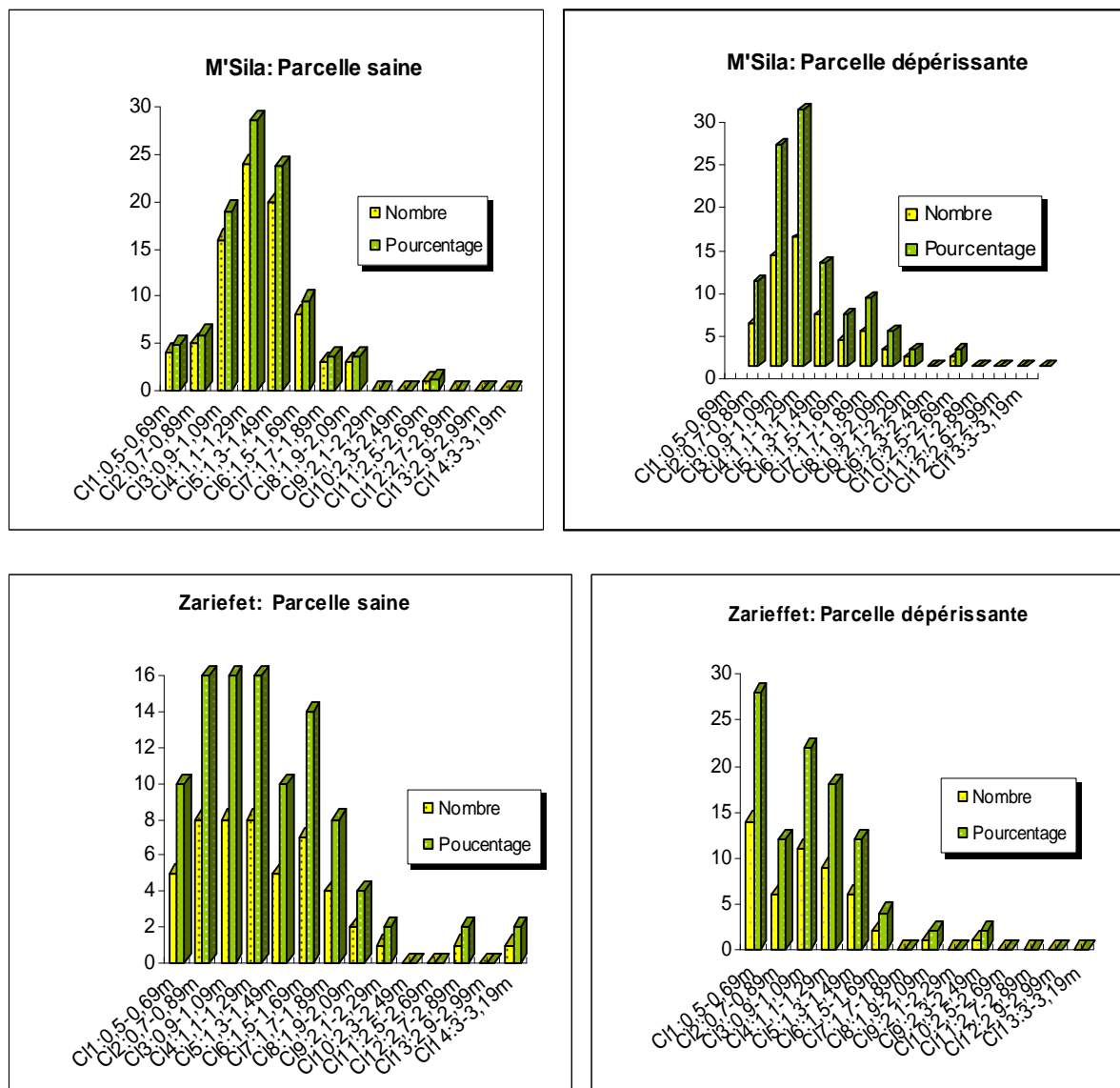
D'autre part, le coefficient de démasclage appliqué pour l'ensemble des arbres est en dessous de 2, plus important sur les sujets dépérissants de Zarieffet (2,05) et atténué sur ceux de M'Sila(1,80).

**Tableau75: Analyse de variance des mesures dendrométriques et d'exploitation**

	Somme des carrés	dl	Moyenne des carrés	F	Sig.
<b>Circonférence</b>					
Entre parcelles	1,192	1	1,192	6,721	0,01
Entre arbres	35,114	232	0,177		
Total	36,306	233			
<b>Hauteur de démasclage</b>					
Entre parcelles	0,78	1	0,78	2,542	0,112
Entre arbres	60,762	232	0,307		
Total	61,542	233			
<b>Epaisseur</b>					
Entre parcelles	0,000	1	0,000	13,696	0,000
Entre arbres	0,006	232	0,000		
Total	0,007	233			
<b>Coefficient de démasclage</b>					
Entre parcelles	1,027	1	1,027	3,387	0,067
Entre arbres	60,058	232	0,303		
Total	61,085	233			

## VI.5.2-Distribution des arbres échantillons par classes de circonférence à 1,30 m

La répartition des arbres selon leurs circonférences est représentée dans la figure 86.



**Figure 86 : Répartition des arbres des quatre parcelles par classes de circonférences**

La figure 86, nous enseigne que les circonférences se répartissent d'une manière irrégulière entre les arbres des quatre parcelles. Dans la parcelle saine de M'Sila, les arbres s'identifient plus dans la classe 4 et 5 avec des taux respectifs de l'ordre de 30 et 24%. Les arbres aux grosseurs importantes se limitent seulement à la classe 8 et ne représente que 3%.

Au sein des arbres dépérissant (P5) dominent les circonférences de la classe 2 et 3 avec un pourcentage de 26 et 30%. Les sujets trop âgés de la classe 9 ne participent qu'avec un taux minimale de 2%.

Dans la forêt de Zarieffet, les arbres sains sont plus dominés par les circonférences de des classes 3,4 et 5 avec un taux similaire de 16 %. Les arbres au tronc large dépassant les 3 m de circonférence participent avec un pourcentage de 2% et son très localisés dans les bas

fonds humides. Par ailleurs, les arbres dépérissants sont moins jeunes et renferment plus les circonférences de la classe 1 et 3 soit un taux de 28% et 22%.

### VI.5.3 -Distribution des arbres échantillons par classes d'épaisseur

La répartition des arbres selon leurs classes d'épaisseurs est illustrée dans la figure 87.

La distribution des épaisseurs dans les parcelles de M'Sila respecte en général la tendance du liège de littoral. En effet les arbres sains détiennent une forte représentativité des épaisseurs du liège épais de la classe 7(28-30 mm) soit un taux de 28%. Le liège commercial proprement dit de la classe 6 (25-27 mm) est aux alentours de 18%. En revanche le liège mince des classes 3, 4 et 5 frôle en moyenne les 9 %.

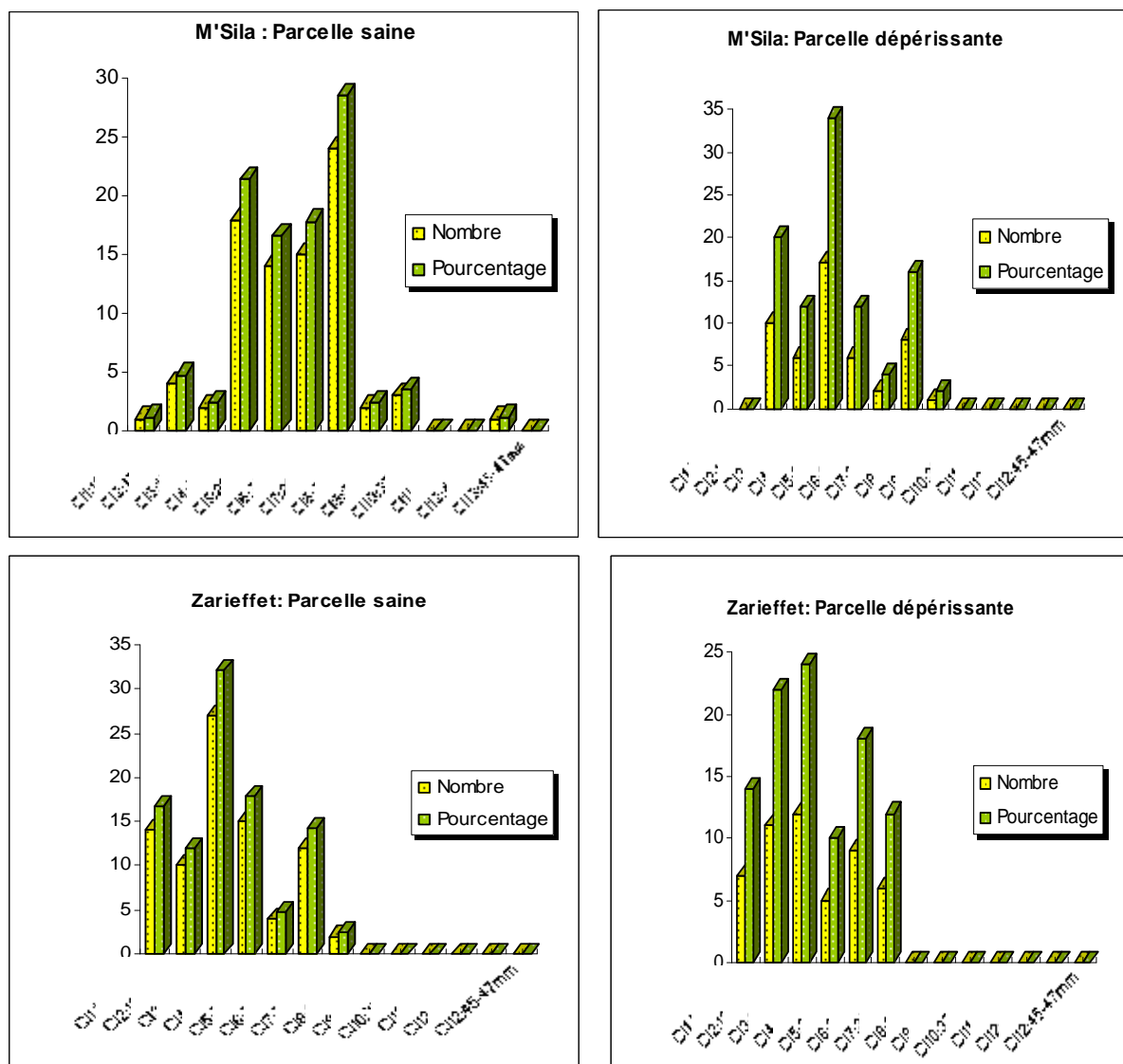


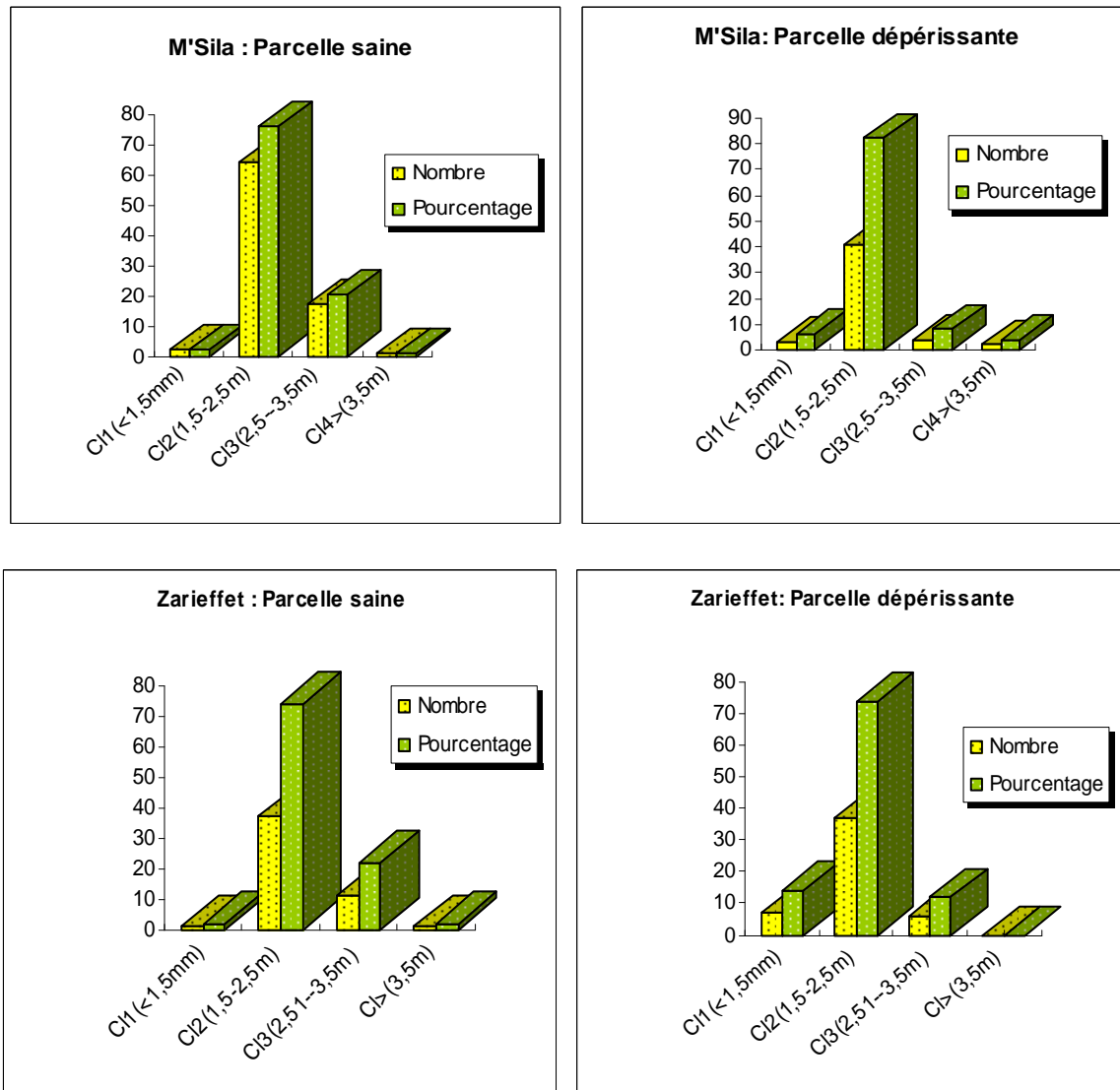
Figure 87: Répartition des arbres des deux forêts par classes d'épaisseur

Chez les arbres altérés, le liège de type mince totalise 12% alors que celui ordinaire et épais (classe 6, 7 et 8) ne participent qu'avec un taux de 22%.

Dans la suberaie de montagne de Zariéffet, les arbres sains détronent ceux dépérissants par une proportion supplémentaire des calibres de la classe 6 et 7 de l'ordre 14 et 2 %. Les arbres dépérissant abritent plus le liège de la classe 3 avec taux de 24%.

#### VI.5.4-Distribution des arbres échantillons par classes des hauteurs d'écorçage

La répartition des arbres selon les classes des hauteurs d'écorçage est représentée dans la figure 88.



**Figure 88 : Répartition des arbres des deux forêts par classes des hauteurs d'écorçage**

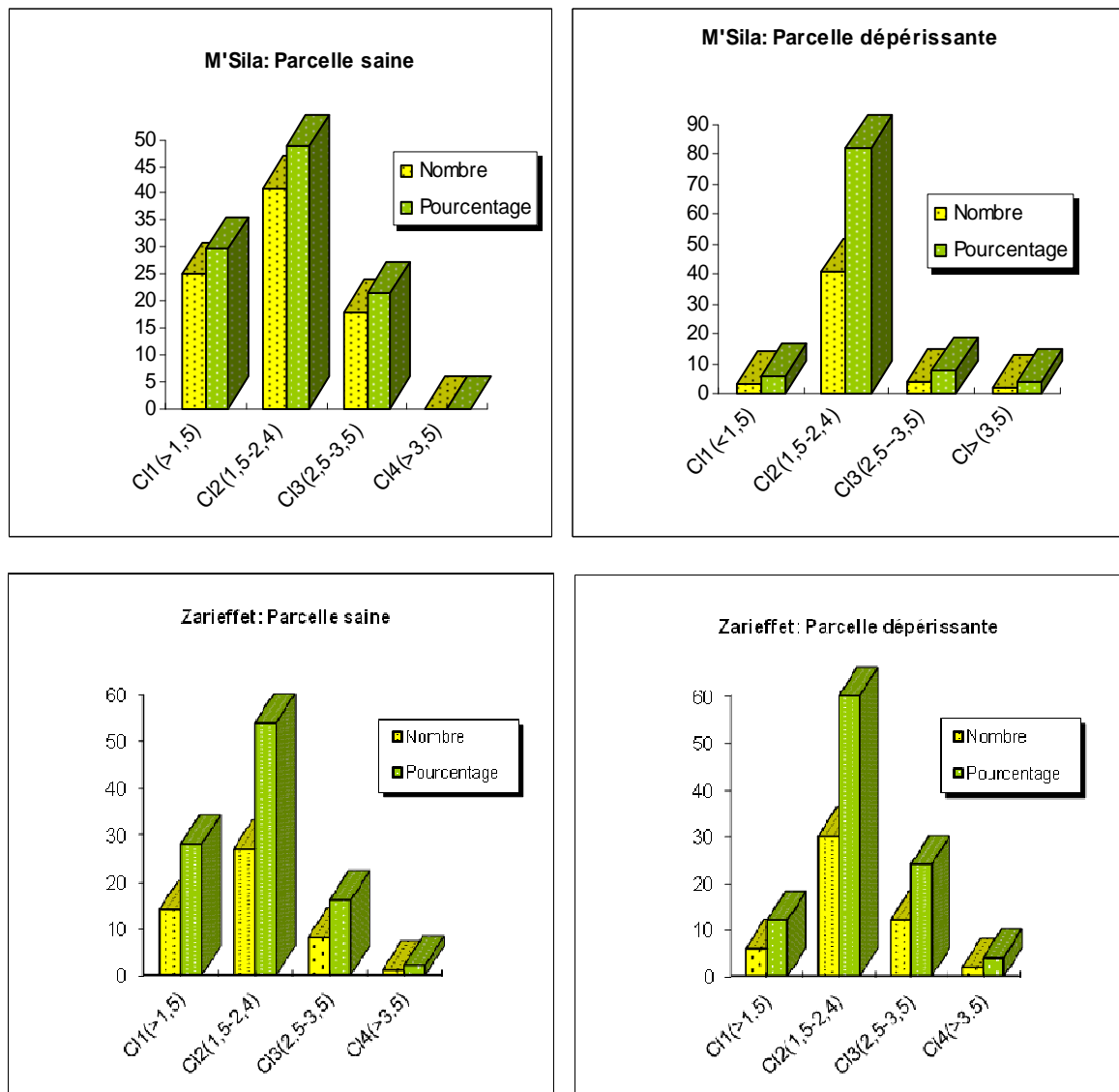
Dans les deux parcelles de M'Sila, plus de 70% des arbres sont écorcés à une hauteur comprise entre 1,5m et 2,5 m. Les arbres écorcés au dessous de 1,50 sont minoritaires avec un taux de 5%. Les sujet fortement écorcés de la classe 3 sont plus présents sur les arbres sains à un taux équivalent à 20%.

Chez les arbres sains et dépérissants de Zariéffet, la hauteur d'extraction du liège est aussi plus orientée vers la calsse3 avec un pourcentage similaire de74%. En revanche, la

classe 3 dépassants 2,5 m de hauteur est plus appliquée sur les sujets sains aux alentours de 22%.

### VI.5.5-Distribution des arbres échantillons par classes de Coefficient de démasclage

La répartition des arbres selon les classes de coefficient de démasclage est représentée dans la figure 89 .



**Figure 89: Répartition des arbres des deux forêts par classes de coefficient d'écorçage**

Selon la figure 89, le coefficient le plus admis à M'Sila concerne la classe 2 (1,5-2,4) soit un pourcentage de 49% pour les arbres sains et 81% pour les dépérissants. En revanche, 4% des sujets défaillantes sont sujets à un coefficient d'écorçage très excessif > 3,5. Par contre, 29% des pieds sains leur est adopté un coefficient plutôt adéquat.

Le même critère d'exploitation des arbres est soumis au chêne liège de montagne, plus de 55% des troncs leurs sont exercés un coefficient régulier de la classe 2. Les arbres dépérissants, semblent plus concernés par un coefficient dépassant 3,5m que ceux sains soit respectivement 4% contre 2%.

### VI.5.6-Calcul de la production du liège sur pied

Les résultats de la production en poids (kg) selon l'état sanitaire des arbres dans les deux forêts sont évoqués selon deux paramètres de calcul :

- Le volume et la surface exploitable.
- Le volume et surface productifs.

#### VI.5.6.1-Par volume et surface exploitables

Le tableau 76 résume les valeurs moyennes obtenues pour chaque peuplement par catégorie sanitaire.

**Tableau 76: Valeurs moyennes et extrêmes de la production du liège par volume et surface exploitables des arbres sains et dépérissants**

Parcelles Paramètres	M'Sila		Zarieffet	
	Saine	Saine	Dépérissante	Dépérissante
Nombre d'échantillons	84	50	50	50
Moyenne (m <sup>3</sup> ) *	0,07±0,006*	0,05±0,01*	0,05±0,01*	0,03±0,01*
Moyenne (m <sup>2</sup> )**	2,55±0,22**	2,52±0,46**	3,06±0,84**	2,16±0,6**
Valeurs extrêmes (m <sup>3</sup> )*	0,006- 0,20	0,012-0,26	0,01-0,18	0,01-0,14
Valeurs extrêmes (m <sup>2</sup> )**	1,11-10,02	0,43-8,40	0,99-9,42	0,55-5,82
C.V.(%)	51*-46**	81*-66**	65*-60**	61,7*-56,3**

\*Volume exploitable

\*\* Surface exploitable

Le tableau 76, nous indique clairement la distinction entre les différents paramètres de la production du liège sur pied. En effet le volume exploitable du liège exprimé en m<sup>3</sup> et au bénéfice des arbres sains de M'Sila avec une moyenne volumétrique de 0,07 m<sup>3</sup>/arbre. En montagne, les arbres sains s'exploitent moyennement sur un volume de 0,05m<sup>3</sup>/arbre.

En ce qui concerne la surface exploitable par arbre et état sanitaire saine, nous constatons qu'elle est plus marquée à Zarieffet (3,06 m<sup>2</sup>/ arbre) qu'à M'Sila (2,77 m<sup>2</sup>/ arbre). Sur les arbres dépérissants de M'Sila, le volume exploitable est de l'ordre de 0,05m<sup>3</sup>/arbre alors qu'il est aux alentours de 0,03m<sup>3</sup>/arbre sur les sujets de Zarieffet.

A son tour la surface exploitable suit le même cheminement : de 2,52 m<sup>2</sup>/arbre sur les arbres échantillons dépérissants de M'Sila elle passe à 2,16 m<sup>2</sup>/arbre sur ceux de Zarieffet.

#### VI.5.6.2-Par volume productif

Les valeurs moyennes et la statistique descriptive de la masse du liège produite par parcelles et catégorie sanitaire sont regroupées dans le tableau 77.

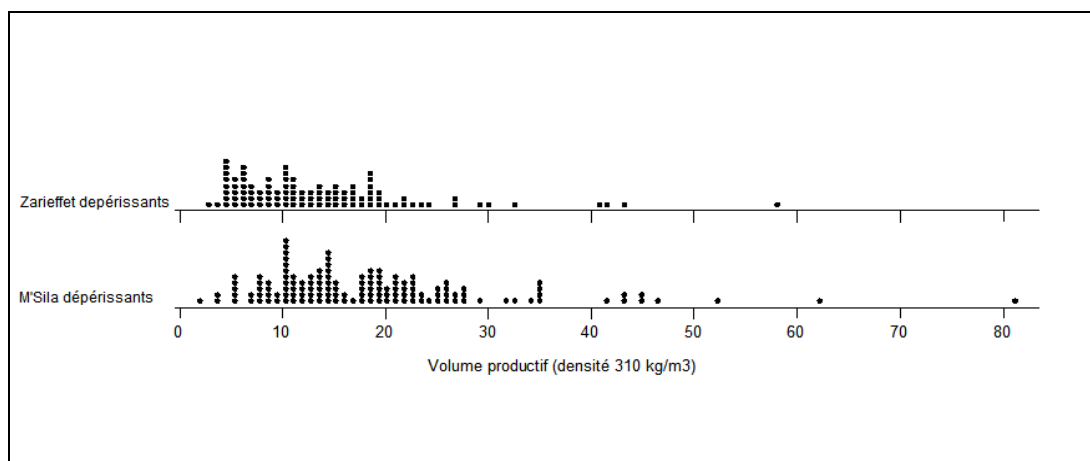
**Tableau 77 : Valeurs moyennes et extrêmes de la production du liège par volume (productif) des arbres sains et déperissants**

Parcelles	M'Sila	Zarieffet	M'Sila	Zarieffet
	Saine	Saine	Déperissante	Déperissante
Nombre d'échantillons	84	50	50	50
Moyennes (kg)	20,32 ±2,23	16,50±4,57	16,56±3,70	11,53±1,97
Valeurs extrêmes (kg)	5,49-62,18	4,84-58,37	3,82-80,76	3,07-43,29
C.V(%)	51,36	65,28	80,72	61,75
Test de comparaison des moyennes (Test- Z)	$Z_{obs} = 3,17 ; Z_{thé} = 1,96 ; p=0,002$		$F_{obs} = 2,34 ; F_{thé} = 1,96 ; p=0,019$	

Le volume productif du liège brut (densité de 310kg/m<sup>3</sup>) sur chaque arbre manifeste un clivage vers les arbres sains du littoral. En effet, le poids moyen produit est de l'ordre de 20,32 kg à M'Sila et de 16,50 kg à Zarieffet. Le test d'égalité des moyennes ( Test-Z) montre qu'il existe une différence très significative entre les deux provenances (Tab.77).

En situation sanitaire déficiente, ce même volume est toujours tributaire de l'ambiance littorale. Les arbres déperissants produisent en moyenne 16,56 kg de liège brut. En montagne, les sujets déficients ne fournissent qu'une moyenne de 11,5 kg de liège brut. Le test statistique indique une différence significative entre les arbres des deux provenances.

La concentration des différentes valeurs des masses du liège selon le volume produit par état sanitaire est représentée dans la figure 90.



**Figure 90 : Diagramme à points du volume productif des arbres sains et déperissants de Zarieffet et de M'Sila**

D'après la figure 90, nous constatons que les poids du liège produits par volume exploitable des arbres sains se rangent entre 14 – 20 kg (M'Sila) et 5-14 kg (Zarieffet). Chez

les arbres dépérissants, la majorité des poids se range entre 10kg-16 kg (M'Sila) et 5kg-10kg (Zarieffet).

### VI.5.6.3-Par surface productive

Les valeurs moyennes et la statistique descriptive de la masse du liège produite par parcelles et catégorie sanitaire sont regroupées dans le tableau 78.

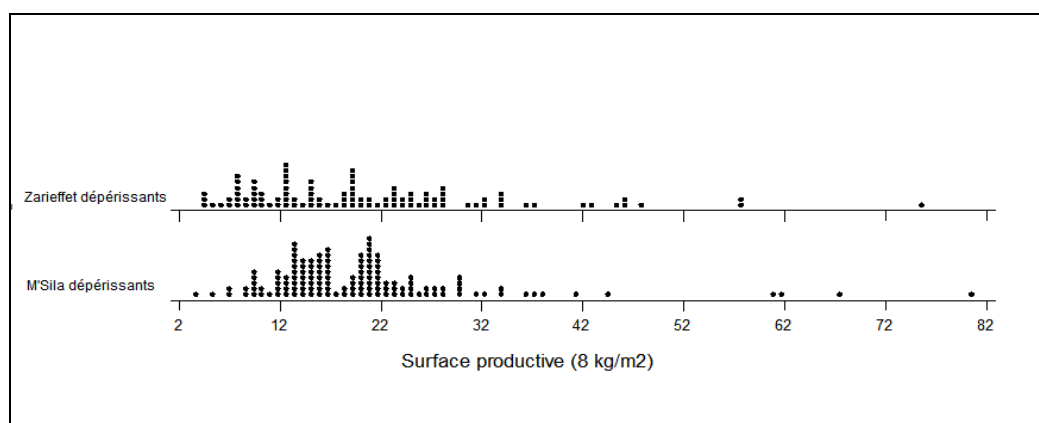
**Tableau 78 : Valeurs moyennes et extrêmes de la production du liège par surface (productive) des arbres sains et dépérissants**

Parcelles Paramètres	M'Sila	Zarieffet	M'Sila	Zarieffet
	Saine	Saine	Dépérissante	Dépérissante
Nombre d'échantillons	84	50	50	50
Moyennes (kg)	20,56±2,23	24,51±6,51	20,18±3,72	17,33±4,80
Valeurs extrêmes (kg)	3,45-80,23	7,14-75,39	5,19-67,23	4,41-46,55
Ecart-type	9,53	14,32	13,44	9,76
C.V(%)	46,38	59,67	66,60	56,36
Test d'égalité des moyennes (Test-Z)	F <sub>obs</sub> = 2,35 ; F <sub>thé</sub> = 1,62 ; p=0,001		F <sub>obs</sub> = 1,89; F <sub>thé</sub> = 1,76 ; p=0,027).	

Le calcul de la surface productive moyenne du liège brut (densité de 8 kg/m<sup>2</sup>) entre arbres sains des deux provenances semble au porté des arbres de montagne. Nous enregistrons un poids moyen de liège de l'ordre de 24,51 kg. A M'Sila, en situation sanitaire similaire, les arbres ne produisent que 20,56kg. Le test statistique révèle une différence très significative entre les deux paramètres (Tab.78).

En ce qui concerne les arbres dépérissants des parcelles, le poids moyen produit par arbre est au bénéfice des sujets de M'Sila de l'ordre de 20,18 kg contre 17,33 kg à Zarieffet. Le test statistique révèle une différence peu significative entre les deux entités.

La concentration des différentes valeurs des masses du liège selon la surface produite par état sanitaire sont représentées dans la figure 91.





**Figure 91: Diagramme à points de la surface productive des arbres sains et déperissants de Zariéffet et de M'Sila**

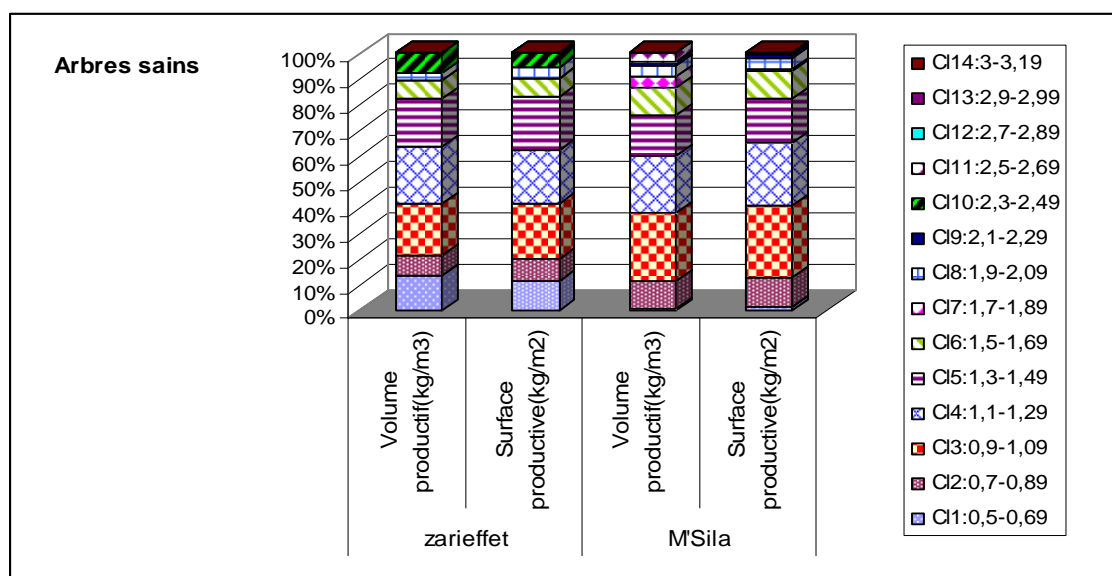
Le poids fournis par les arbres sains se rangent entre les intervalles 12-19kg à M'Sila et 12-21kg à Zariéffet. En revanche, les arbres déperissants s'alignent entre les intervalles 13-15kg(Littoral) et 8-16kg (montagne).

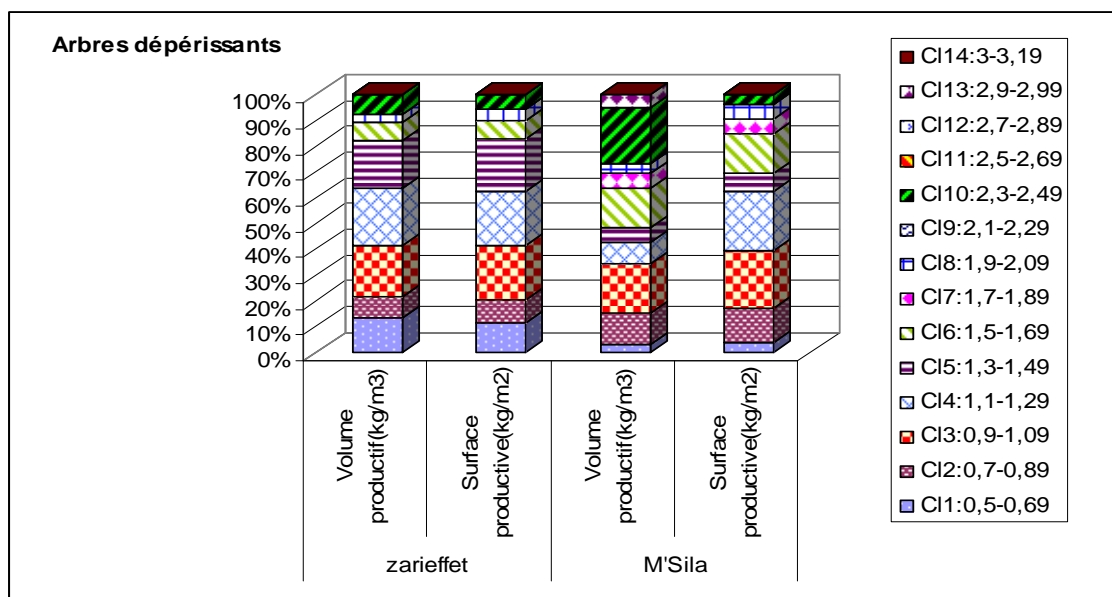
### VI.5.7-*Caractérisation du volume et de la surface productifs des arbres*

La production liégeoise (volume ou surface) diffère d'un peuplement à l'autre et d'une parcelle à l'autre. Cette variation est strictement imputée à deux variables, essentiellement les grosseurs des arbres d'une part (circonférences) et au calibre de la matière portée (épaisseur du liège) d'autres part.

#### VI.5.7.1-Par classes de circonférences

Les variations des volumes et surfaces productifs par classe d'état sanitaire selon les catégories de circonférences sont représentées dans la figure 92.





**Figure 92 : Répartition de la production sur pieds sains par surface (8kg/m<sup>2</sup>) et par volume (310Kg/m<sup>3</sup>) selon les classes de circonférences (parcelle saine et dépérissante)**

### *1-Arbres de la parcelle saine*

Au sein des arbres sains de M'Sila, ce sont les circonférences de la classe 3(0,9-1,09m) qui dominent avec un taux de 27% soit un volume productif de l'ordre de 452 kg. L'infime production de 15,5 kg est amputée à la classe 1(0,5-0,69m) avec 0,9% seulement. Chez les arbres de Zariéffet en situation sanitaire satisfaisante, ce taux avoisine 19,31% pour un volume productif de 260 kg (classe 7(1,7-1,28m)). En revanche, la production minimale de 28 kg/m<sup>3</sup> concerne la classe 9 (2.1-2,29-m) avec taux de l'ordre de 2,06%.

En ce qui concerne la surface productive, son taux maximal de 28% provient des circonférences de la classe 3(0,9-1,09m) avec 445 kg (M'Sila). En revanche, le minimum de 0,5% ( 8 kg) est enregistré chez les circonférences de la classe 11 (2,5-2,69 m).

A Zariéffet, c'est la classe7 (1,7-1,89m) qui domine avec une production de 381 kg soit un taux de 19,4%. La plus faible production de 57 kg est celle de la classe 9 (2,1-2,29m) soit un pourcentage de 2,93%.

### *2-Arbres de la parcelle dépérissante*

En situation sanitaire dégradante, le poids brut de liège produit par mètre cube relate de la classe 10 (2,3-2,49m) avec un poids cumulé de 217 kg soit un taux maximale de 21% (M'Sila). Par contre, nous enregistrons un taux minime de 2,7% (27,9 kg) au sein de la classe1 (0,5-0,69m)

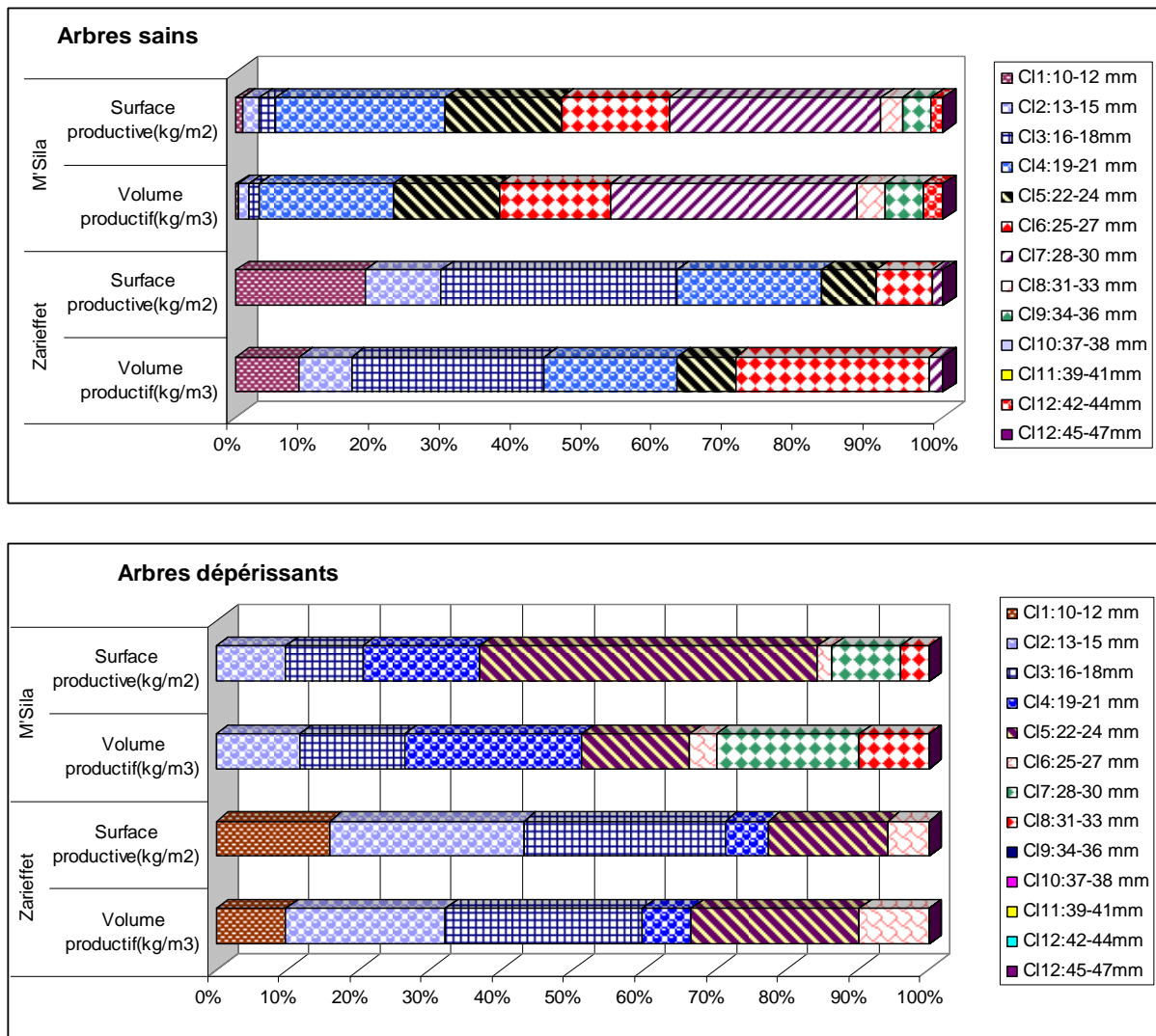
Les arbres dépérissants de Zariéffet produisent mieux dans la classe 4 (130 kg) soit un taux 22,7%. Le faible pourcentage de 2,46 % (18,6 kg) est enregistré au sein de la classe 8 (1,9-2,09 m) .

Le taux le plus élevé du poids au mètre carré avoisine 23,24% (248 kg) dans la classe 4 (M'Sila). Le minimum de 3,52% (37 kg) concerne la classe 10.

A Zariéffet, c'est la classe 3 qui détient la plus haute production par surface du liège 180 kg (21,41%). Ce poids devient très faible (36 kg) au sein de la classe 8 avec 4,27% seulement.

### VI.5.7.2-Par classes d'épaisseurs

La répartition du volume et de la surface productifs des arbres selon les classes d'épaisseurs sont illustrées dans la figure 93.



**Figure 93 : Répartition de la production sur pied par surface productive (8kg/m<sup>2</sup>) et par volume productif (310kg/m<sup>3</sup>) selon les classes d'épaisseurs (parcelle saine et dépérissante)**

#### *1-Arbres de la parcelle saine*

Les arbres sains de M'Sila englobent un volume maximale de 552 kg au sein de la classe 7(28-30 mm) soit un taux de l'ordre de 35% (Fig.93). Le minimum produit de 5,7 kg émane des épaisseurs de la classe 1(10-12mm) totalisant un pourcentage de 0,36 %. A Zariéffet, la plus forte production volumétrique de 458 kg concerne les calibres des classes

3(16-18mm) et 6 (25-27mm) avec un taux de 27% chacune. La faible production de 34 kg ne constitue que 2% de l'ensemble des arbres (classe 7).

En revanche, à M'Sila, la surface productive enregistre son maximum de 489,5 kg dans la classe 7(28-30mm) avec un taux de l'ordre de 30%. L'infime taux de 0,9% de la classe 1 représente une surface productive de 14,8 kg/m<sup>2</sup> seulement. Au sein des arbres sains de Zariéffet, cette production est majoritaire de 33,3% suite aux calibres de la classe 3 (666,9 kg). Par contre, elle semble faible à travers les épaisseurs de la classe 7(34 kg).

### ***2-Arbres de la parcelle déperissante***

En situation sanitaire déficiente (Fig.93), la production des arbres de M'Sila par ordre d'épaisseurs du liège enregistre son maximum chez la classe 4(19-21mm). En l'occurrence un taux de 24,9% pour une production volumétrique de 204,6 kg. Le minimum de 31 kg est détenu par la classe 6(25-27mm) soit un taux de 3,77%. A Zariéffet, c'est la classe 3(16-18 mm) qui se montre dominante avec une production de 149 kg soit un taux de 27,6%. Par ailleurs, le minimum du volume du liège produit (37 kg) est lié à la classe 4(19-21mm) avec un taux de 6,89%.

A M'Sila, la surface productive est maximale chez les épaisseurs de la classe 5(22-24mm) avec un taux de l'ordre de 47% soit une surface productive de 782 kg. Elle est d'effet faible dans la classe 5 (25-27 mm) soit une production minimale de 33,4 kg pour un taux de 2%. A Zariéffet, c'est la classe 3(16-18mm) qui détient la plus haute surface productive (229 kg) avec un taux de 28,19%. En revanche, c'est la classe 6 (25-27 mm) qui fournit la plus faible production aux environs de 48 kg pour un taux de 5,8%.

## VI.6-Etude de la qualite du liege selon l'etat sanitaire

L'évaluation de la qualité du liège est actuellement une des étapes les plus importantes dans le cycle de production des bouchons et autres. Cette évaluation s'initie en premier lieu avec la classification des planches en rangs de qualité avant le procédé industriel et en deuxième lieu s'opère avant la sortie final du bouchon. Actuellement, cette opération de classification s'appuie sur des procédés automatiques basés sur des modèles mathématiques qui augmentent significativement le taux d'objectivité (Barros et Pereira,1987 ; Melo et Pinto,1989 ;Carrasco et al.,1997 ; Gonzalez Adrados et al.,2005).

### VI.6.1- Estimation de la porosité

l'existence de cycles de production très hétérogènes au sein de la même parcelle s'est soldée durant l'étude de la qualité, par l'élimination d'un nombre important de calas dont l'âge n'est pas majoritaire, particulièrement d'origine littoral.

#### VI.6.1.1- Caractérisation générale des variables productives

Les résultats obtenus pour chaque variable obtenue sont illustrés dans le tableau 79.

**Tableau 79: Valeur moyennes (intervalle de confiance) des variables mesurés (N=80)**

Provenance	Etat sanitaire	N	Calibre (mm)	Densité (kg.m <sup>-3</sup> )	Productivité (kg.m <sup>-2</sup> )	Porosité (%)	Densité des pores (l/cm <sup>2</sup> )	Epaisseur de la croûte (mm)
M'Sila	1	21	23,68±1,96	0,29±0,02	6,34±0,60	3,79±0,84	5,61±1,15	4,29±0,72
	2	10	20,44±3,56	0,29±0,02	5,96±1,07	4,34±1,14	7,37±1,74	4,24±1,20
	3	9	20,55±3,22	0,30±0,02	6,03±0,87	8,11±1,91	10,40±1,56	4,24±1,10
	Total	40	21,11±1,51	0,29±0,02	6,17±0,04	4,90±0,86	7,13±1,02	4,27±0,52
Zarieffet	1	21	21,97±1,48	0,39±0,02	8,13±0,45	3,96±0,76	6,12±0,94	5,62±0,94
	2	10	19,57±1,64	0,31±0,02	7,04±0,58	5,67±2,62	4,77±0,88	4,76±1,01
	3	9	18,67±3,72	0,37±0,05	6,57±0,72	4,77±1,77	8,45±4,07	4,91±1,47
	Total	40	20,10±1,21	0,38±0,02	7,50±0,39	4,57±0,86	6,32±0,10	5,25±0,65
Total	1	42	21,32±1,22	0,34±0,02	7,23±0,47	3,87±0,56	5,87±0,74	4,96±0,62
	2	20	20,00±1,92	0,32±0,02	6,50±0,64	5,00±1,42	6,07±2,66	4,51±0,70
	3	18	19,61±2,43	0,34±0,04	6,30±0,56	6,44±1,49	9,45±2,16	4,58±0,88
	Total	80	20,61±0,97	0,34±0,02	6,84±0,32	4,73±0,60	6,72±1,47	4,76±0,42

D'après le tableau 79, nous apercevons que les accroissements moyens annuels sont en dessous de 3mm (2,12mm) pour les deux provenances (2,30mm à M'Sila et 2,21 mm à Zarieffet). Par ordre de grandeur, les échantillons des arbres sains des deux provenances offrent les valeurs les plus élevées par rapport aux dépérissants : 2,60 mm contre 2,06 mm (M'Sila) et 2,45 mm contre 2,04 mm (Zarieffet).

Les débouchés industriels des échantillons (tous état sanitaire confondu) attestent un clivage vers la confection des disques pour bouchons aux alentours de 87,5% (M'Sila) et 98%

(Zarieffet) (<27mm). En revanche, l'épaisseur commerciale bouchonnable (> 27 mm) ne représente que 12,5% en littoral et 2,5% en montagne.

L'analyse de variance permet d'expliquer au mieux l'effet de la région d'origine et de l'état sanitaire sur les variables prises en considération. Le tableau 80, regroupe les résultats de l'ANOVA pour l'ensemble des variables.

**Tableau 80: Test des effets inter-sujets des variables dépendantes : Accroissement, densité, productivité, porosité, densité des pores, calibre et épaisseur de la croute.**  
**p<0,001% ; p<0,01% ; p<0,05%**

Origine		Provenance	Etat sanitaire	Prov.* état sanitaire
Calibre	F	1,144	1,160	0,122
	p	0,385	0,325	0,680
Densité	F	25,015	0,585	0,638
	p	0,000	0,560	0,531
Productivité	F	13,166	4,072	1,555
	p	0,001	0,021	0,218
Porosité	F	1,047	6,821	4,577
	p	0,310	0,002	0,013
Densité des pores	F	1,418	5,871	1,588
	p	0,237	0,004	0,211
Epaisseur de la croute	F	4,333	0,804	0,030
	p	0,041	0,451	0,970

Le tableau 80, nous explique que l'effet le plus intense entre les variables est en relation avec la présence des pores (porosité, densité de pores). Ces deux éléments semblent affectés par l'état sanitaire et non par la provenance ( $p=0,002$  ;  $p=0,004$ ). Dans le cas du coefficient de porosité, il existe une interaction significative entre les deux paramètres ( $p=0,013$ ) (Tab.81).

**Tableau 81: Tests des effets inter-sujets (Variable dépendante: Tg\_CP (%))**

Source	Somme des carrés Type III	dl	Moyenne des carrés	F	Sig.
Model corrigé	143,984 <sup>a</sup>	5	28,797	4,629	0,001
Intersection	1814,790	1	1814,790	291,700	0,000
Provenance	6,511	1	6,511	1,047	0,310
Etat sanitaire	84,867	2	42,434	6,821	0,002
Provenance * Etat sanitaire	56,948	2	28,474	4,577	0,013
Erreur	460,386	74	6,221		
Total	2398,309	80			
Total corrigé	604,370	79			

a. R carré = 0,238 (R carré ajusté = 0,187)

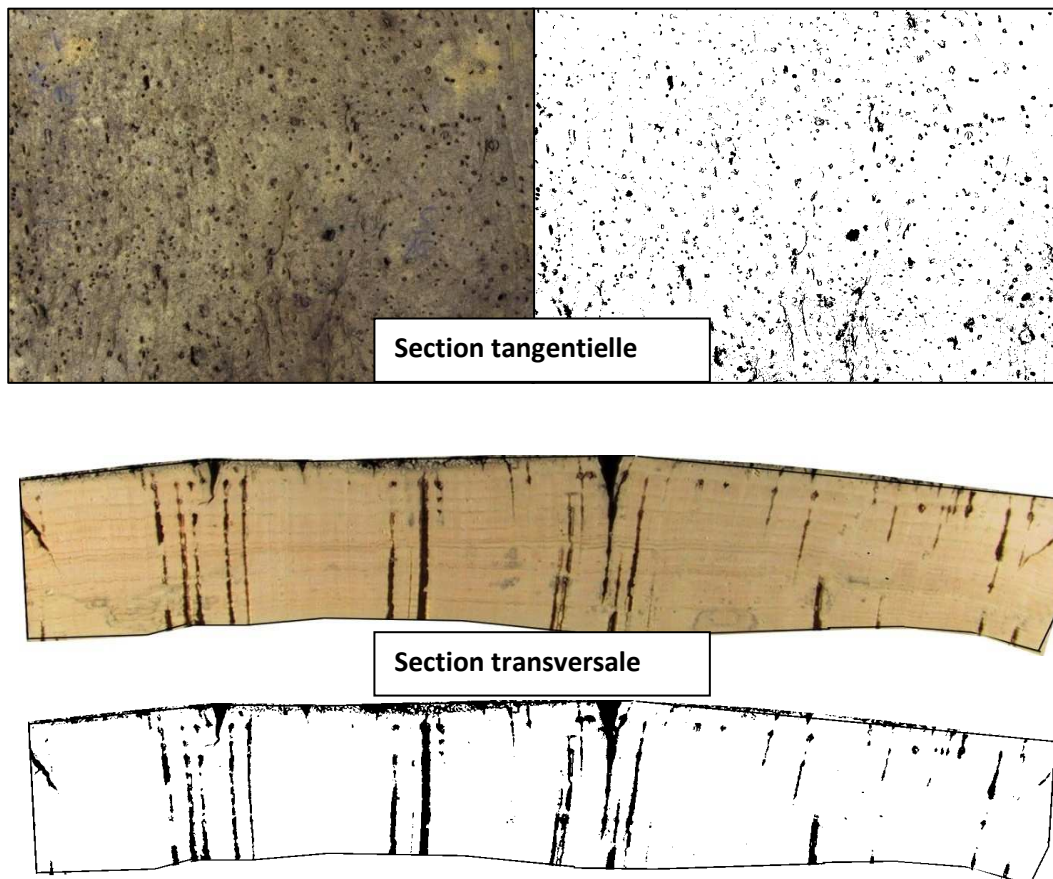
En ce qui concerne les autres variables (densité, épaisseur de la croûte) semblent clairement affectées par l'origine géographique des échantillons que par l'état sanitaire ( $p < 0,001$ ). Les valeurs du tableau 76 montrent comment la densité du liège produite en zone de montagne ( $0,38 \pm 0,02 \text{ kg.m}^{-3}$ ) est significativement supérieure à celle de la zone littorale ( $0,29 \pm 0,02 \text{ kg.m}^{-3}$ ).

La productivité paraît aussi influencée par la provenance et avec un degré moindre l'état de santé des arbres ( $p = 0,001$  ;  $p = 0,021$ ). L'effet de ce dernier facteur est le même dans les deux zones (pas d'interaction ( $p = 0,218$ )). Les différences sont plus marquées entre les arbres sains et dépérissants à Zariéffet ( $8,13 \pm 0,45$  vs  $6,57 \pm 0,72 \text{ kg.m}^{-2}$ ) qu'à M'Sila ( $6,34 \pm 0,60$  vs  $5,96 \pm 1,07 \text{ kg.m}^{-2}$ ) (Tab.81).

#### **VI.6.1.2-Variation des paramètres de la porosité selon l'état sanitaire des arbres :**

La vision artificielle se base essentiellement sur la transformation de l'image réelle en une image binaire où seuls les attributs de la région d'intérêt sont quantifiés et exportés à part, sous forme de tableaux d'analyse (Pl. 12).

Les mesures détaillées de l'estimation des différents paramètres de la porosité par la méthode d'analyse d'image sont mentionnés dans le tableau 78 .



**Planche 12: Passage de l'image réelle à l'image binaire (Original)**

### VI. 6.1.2.1. Variables de dimension et concentration

Les variables de dimensions et de concentration expriment le degré de grandeur des pores infligé au liège durant son cycle de croissance. En outre, ces variables déterminent avec précision le coefficient de porosité en se basant sur le nombre de pores brut puis corrigé (intercepté par l'œil humain). La production habituelle des pores sur le ventre de la planche du liège de reproduction est chiffrée entre des limites très éloignées. L'influence de la vigueur de l'arbre sur la production des lenticelles offre peu d'information et se montre très indépendant à la réduction ou à la majoration des nombres de pores produit chaque année.

Les résultats obtenus à travers le comptage laborieux de 68372 pores sont illustrés dans le tableau 82 par provenance et état sanitaire.

**Tableau 82: Moyennes des variables de dimension et de concentration des pores, mesurées sur la section tangentielle du liège des deux provenances**

Variable de dimension et concentration	M'Sila			Zarieffet		
	Sains	Affaiblis	Dépérissants	Sains	Affaiblis	Dépérissants
<b>Par le ROI</b>						
Superficie moyenne d'observation (mm <sup>2</sup> )	19408	19047,3	20198,2	20833,01	20289,02	18461,65
Superficie totale de pores (mm <sup>2</sup> )/ROI	747,0	786,7	1500,6	759	1183,20	1025,53
Nombre total de pore /ROI	1119	1392	1927	1271	966	1646
Nombre de pore (>0,8mm <sup>2</sup> )/ROI	168	209	298	191	148	247
Superficie totale de pores (>0,8mm <sup>2</sup> )/ROI	335,0	354,0	675,3	341,96	532,44	461,49
Superficie moyenne de pores (mm <sup>2</sup> )/ROI	0,7	0,6	0,8	0,61	1,19	0,74
CP% /ROI	3,79	4,34	8,11	3,96	5,67	4,77
<b>Par 100 cm<sup>2</sup></b>						
Nombre de pores/100cm <sup>2</sup>	570	737	1040	612	480	900
Nombre de pore >0,8mm <sup>2</sup> /100cm <sup>2</sup>	86	110	156	92	72	135
Superficie totale (>0,8 mm <sup>2</sup> )/100cm <sup>2</sup>	173,4	187,0	364,9	164,69	264,32	250,25
Superficie moyenne de pore >0,8 mm <sup>2</sup> )	2,2	1,8	2,5	1,85	1,77	1,19
CP %/100cm <sup>2</sup>	1,73	1,87	3,64	1,64	2,64	2,50

La lecture attentive du tableau 82 montre éloquemment que les valeurs moyennes de la superficie totale des pores sont instables et augmentent au fur et à mesure de la dégradation sanitaire de l'arbre ; cette constatation est visiblement significative sur les calas émanant du littoral et non de montagne (Tab.83 et Fig.95).

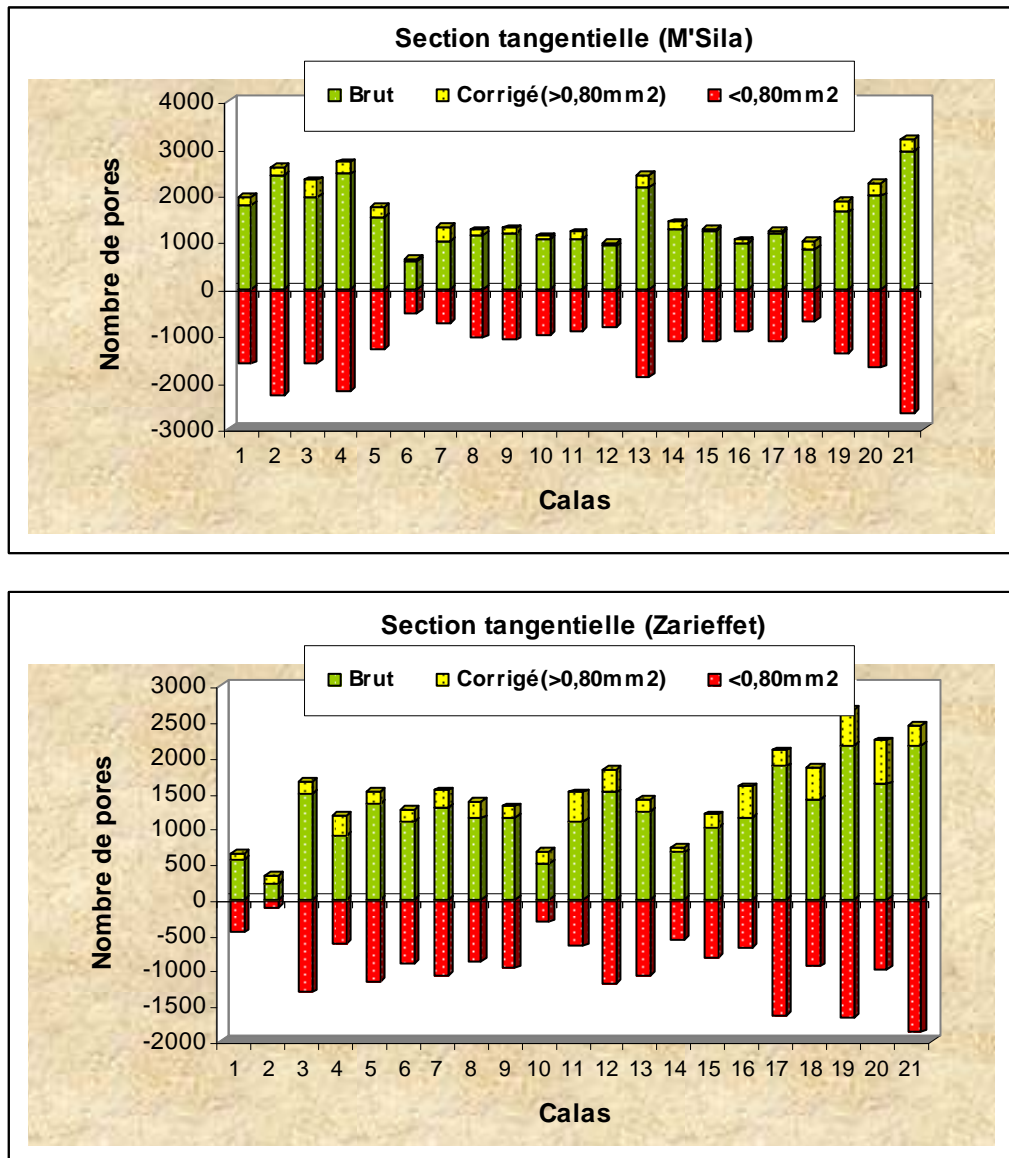
**Tableau 83: Analyse de variance entre l'état sanitaire et les superficies totale de pores**

Effet	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Etat sanitaire (M'Sila)	2	1363924,737	681962,368	8,067	0,001
Etat sanitaire (Zarieffet)	2	861001,380	430500,690	3,041	0,06

En effet, ces superficies gardent leur ordre de grandeur soit à l'état brute ou soit après l'application d'un filtrage de 0,8mm<sup>2</sup> (Fig.94). Au sein du liège de M'Sila et pour une superficie normalisée de la région d'intérêt (100 cm<sup>2</sup>), nous enregistrons une moyenne de 173,4 mm<sup>2</sup> sur les échantillons des arbres sains contre 364,9 mm<sup>2</sup> pour ceux des arbres



dépérissants. A Zarieffet, ces moyennes passent respectivement de 164,69 mm<sup>2</sup> à 250,25 mm<sup>2</sup>.



**Figure 94: Variation du nombre de pores durant l'opération du filtrage pour les deux types de liège (Section tangentielle : arbres sains )**

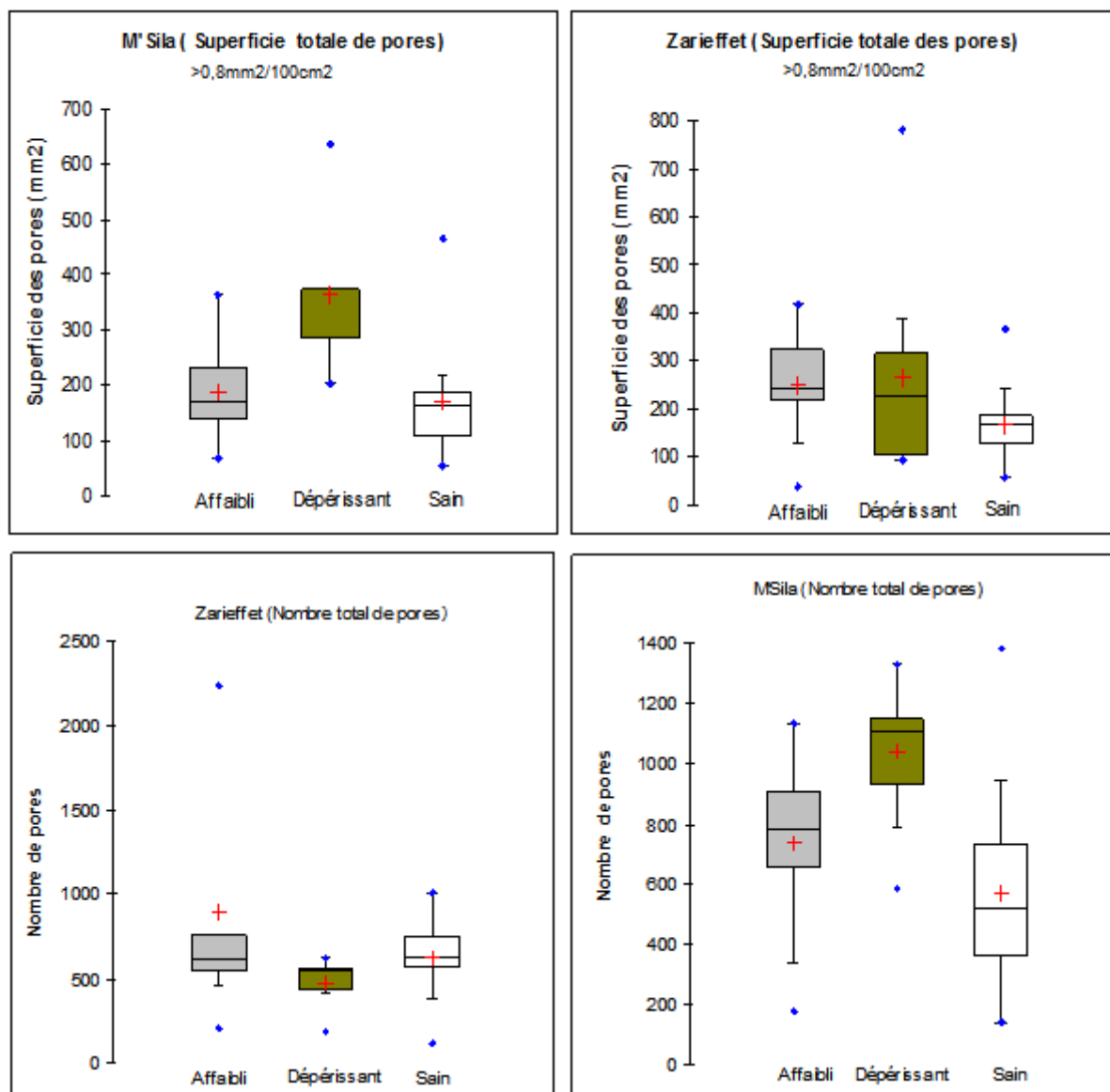
Le filtrage permet d'éliminer un taux important de pores minuscules (<0,8mm<sup>2</sup>) non interceptés par l'œil humain qui n'ont pas d'incidences majeures sur la qualité du liège mais qui peuvent majorer le coefficient de porosité de chaque planche.

En effet et à titre d'indication, l'application d'un filtre de 0,8 mm<sup>2</sup> pour les deux types de suber issus d'arbres sains nous a permis d'omettre 88 % de pores non visuels à l'œil nu sur le liège du littoral contre 85% sur celui de montagne . Ces pores (<0,8mm<sup>2</sup>) représentent une moyenne de 54 % du total des surfaces de pores de l'échantillon.

En ce qui concerne les variables de concentration, nous remarquons que le nombre des pores brute occupe des valeurs plus élevées à M'Sila qu'à Zariéffet pour les trois états de déficience de l'arbre. Le statu quo est conservé même après l'adoption du filtrage ( $>0,8\text{mm}^2$ ). L'analyse de variance montre qu'il existe seulement une différence très significative entre les calas du littoral (Tab.84. et Fig.95).

**Tableau 84 : Analyse de variance entre l'état sanitaire et le nombre totale de pores**

Effet	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Etat sanitaire (M'Sila)	2	247391,805	123695,903	11,11	0,000
Etat sanitaire (Zariéffet)	2	77056,891	38528,446	2,22	0,123



**Figure 95 : Valeurs moyennes des variables de dimension et de concentration des pores selon l'état sanitaire des arbres**

Les distributions présentées dans la figure 98 reflètent une tendance d'augmentation de la superficie des pores et de leur nombre sur les échantillons dépérissants de M'Sila.

#### VI.6.1.2.2-Variables de forme :

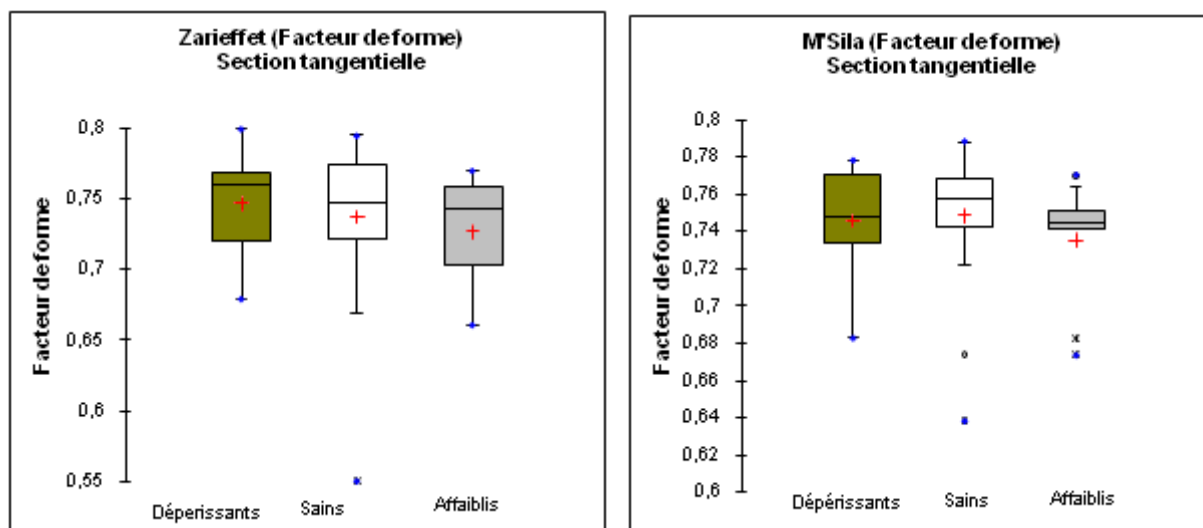
Les variables de forme expriment les formes géométriques générées lors de la genèse des pores sur la couche du liège. Les variations des variables de forme des pores selon l'état sanitaire des arbres sont répertoriées dans les tableaux 85 et les figures 96 - 97.

**Tableau 85: Moyenne et écart- type des variables de forme de la section tangentielle**

Variable de forme	M'Sila			Zarieffet		
	Sains	Affaiblis	Dépérissants	Sains	Affaiblis	Dépérissants
Facteur de forme	0,74(0,05)	0,74(0,05)	0,73(0,05)	0,74(0,03)	0,73(0,03)	0,72(0,03)
Coefficient de géométrie	1,13(0,08)	1,12(0,08)	1,15(0,08)	1,19(0,07)	1,22(0,07)	1,15(0,07)
Orientation angulaire (°)	87,5(3,49)	87,5(3,49)	87,5(3,49)	88,29(5,26)	88,29(5,26)	88,29(5,26)
Convexité	0,8(0,03)	0,8(0,03)	0,8(0,03)	0,81(0,03)	0,81(0,03)	0,81(0,03)
Sphéricité	0,3(0,04)	0,3(0,04)	0,3(0,04)	0,33(0,04)	0,33(0,04)	0,33(0,04)

D'après le tableau 85, nous constatons que les valeurs des variables de forme se caractérisent par une stabilité à travers les trois situations de la vigueur des arbres. En section tangentielle, les pores du suber de M'Sila et de Zarieffet sont d'allure moins irrégulière proche du cercle (0,7 - 0,8). Les coefficients de géométrie de leur coté sont circulaires (1,1-1,22).

Par ailleurs, le caractère convexe semble présent sur tous les pores, toute catégorie sanitaire confondue (entre 0,7 et 0,8). En l'occurrence, la forme sphérique est absente sur tous les pores (0,2 - 0,3).



**Figure 96: Valeurs moyennes des facteurs de forme des deux lièges selon l'état sanitaire**

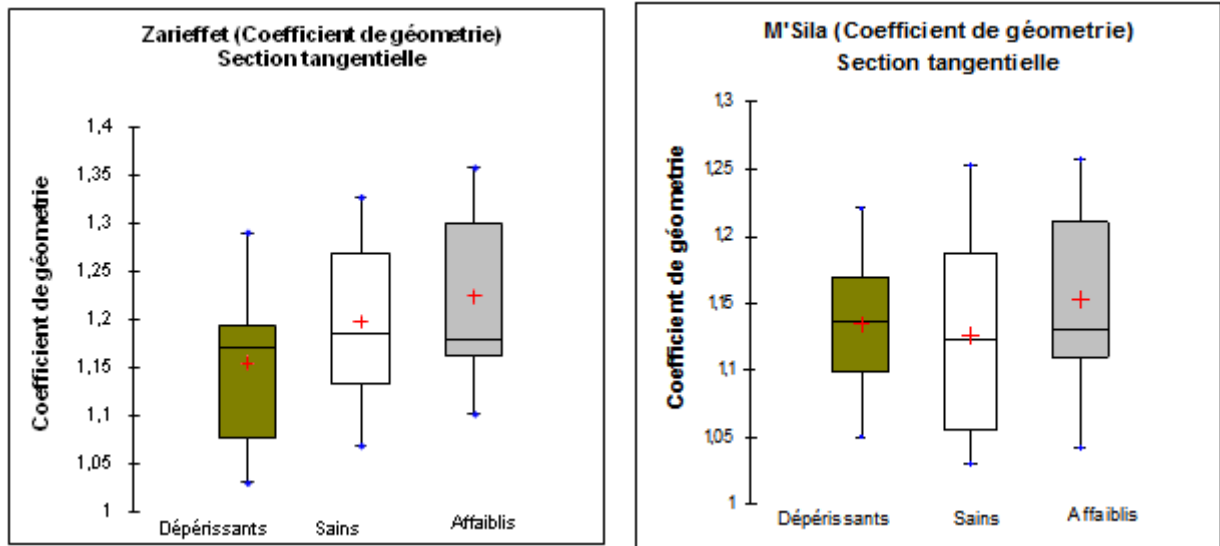


Figure 97 : Valeurs moyennes des facteurs de géométrie des deux lièges selon l'état sanitaire

L'orientation angulaire des pores pour les deux types de liège correspond à une orientation verticale. A M'Sila, elle est en moyenne de l'ordre  $103,96^{\circ} \pm 22,40^{\circ}$  ; à Zarieffet elle frôle  $94,03^{\circ} \pm 22,62^{\circ}$  (Fig.98).

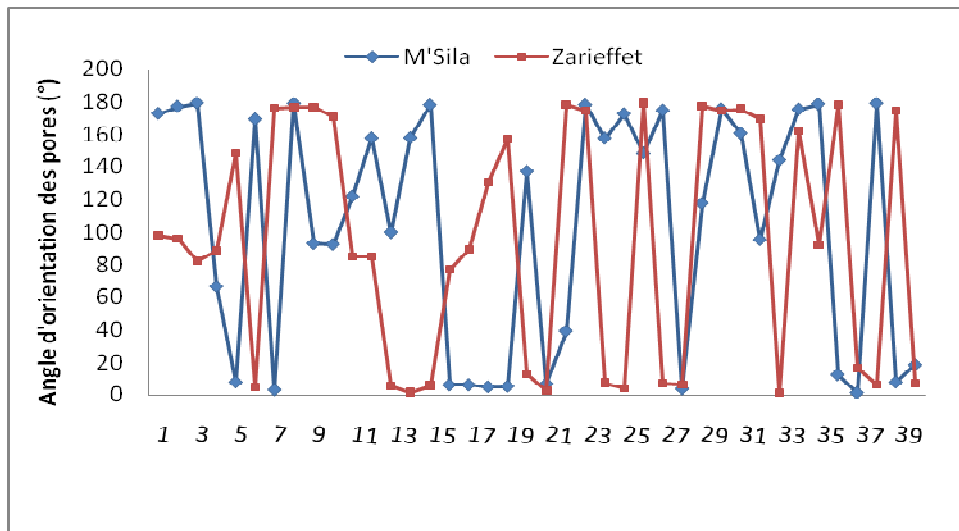


Figure 98: Variation de l'orientation angulaire des pores selon la section tangentielle (N=80)

### VI.6.1.3-Variation de la porosité par classes de surfaces des pores :

La distribution des pores selon leurs classes de surfaces nous renseigne sur les calibres des perforations qui traversent radialement le ventre du liège dans toute son épaisseur. Cette classification joue un rôle primordial dans l'affectation des échantillons selon leur classe commerciale. La répartition des pores par classes de surfaces sont mentionnées dans le tableau 86 et la figure 99.

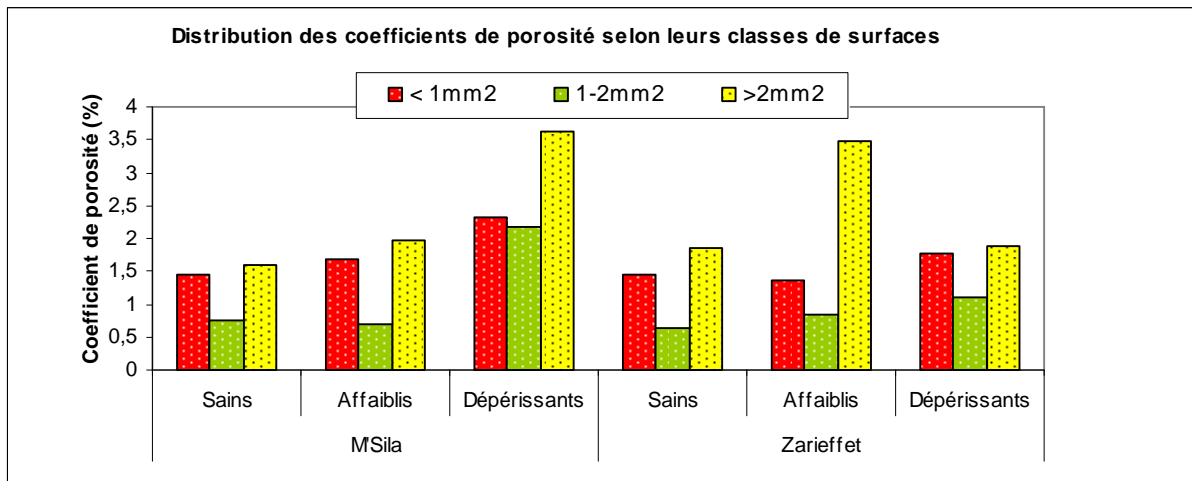
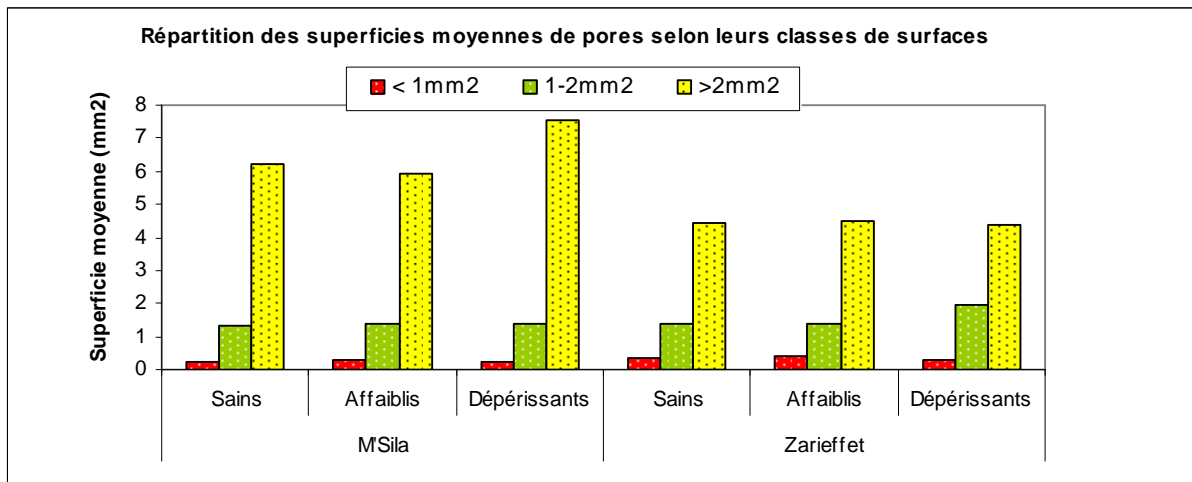
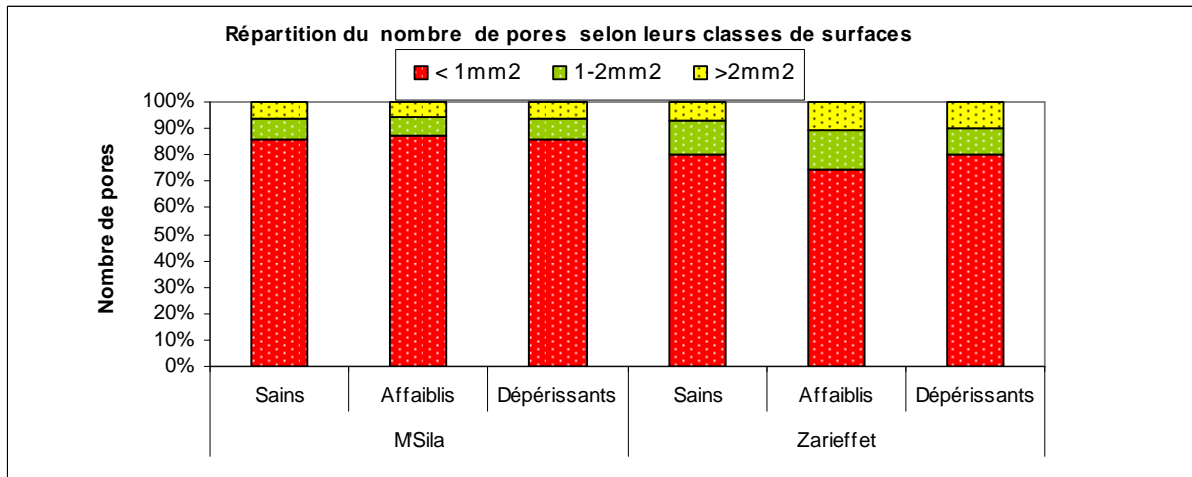
**Tableau 86 : Distribution des pores des échantillons de liège par classes de surfaces (< 1 mm<sup>2</sup>, 1 – 2 mm<sup>2</sup>, > 2 mm<sup>2</sup> ). Moyenne de 40 arbres pour chaque suberaie (N=80)**

		M'Sila			Zarieffet		
		Sains	Affaiblis	Dépérissants	Sains	Affaiblis	Dépérissants
Nombre de pores (% du total)	< 1mm <sup>2</sup>	85,8%	86,97%	85,94%	81%	79,88	83,85
	1-2mm <sup>2</sup>	7,56%	7,35%	7,66%	12,50%	15,62%	10,29%
	>2mm <sup>2</sup>	6,64%	5,68%	6,4%	7,40%	11,65%	10,35%
Surface moyenne (mm <sup>2</sup> )	< 1mm <sup>2</sup>	0,24	0,29	0,25	0,35	0,40	0,31
	1-2mm <sup>2</sup>	1,33	1,36	1,41	1,36	1,38	1,96
	>2mm <sup>2</sup>	6,2	5,9	7,56	4,45	4,50	4,39
Coefficient de porosité (%)	< 1mm <sup>2</sup>	1,45	1,69	2,32	1,46	1,36	1,78
	1-2mm <sup>2</sup>	0,75	0,70	2,16	0,65	0,84	1,1
	>2mm <sup>2</sup>	1,59	1,96	3,63	1,85	3,47	1,89

L'opération pénible du filtrage des pores nous permet de caractériser au mieux la densité des lenticelles dans chaque planche. Point de vue nombre, les trois catégories sanitaires des arbres des deux provenances génèrent un liège à forte densité de pores appartenant à la classe <1 mm<sup>2</sup>. Ces derniers se répartissent d'une manière équitable entre les trois classes d'état sanitaire de chaque provenance, soit un taux de 86,5% du total des pores sur le liège M'Sila et 82% sur celui de Zarieffet.

En l'occurrence, cette classe occupe seulement une superficie moyenne de 0,26 mm<sup>2</sup> (littoral) et 0,35 mm<sup>2</sup> (montagne), ce qui représente 35% de la porosité totale.

De point de vue porosité, ce sont les pores >2 mm<sup>2</sup> qui ont la forte représentativité au sein de tous les calas, soit un taux de l'ordre de 50% de la porosité totale (Fig.99)

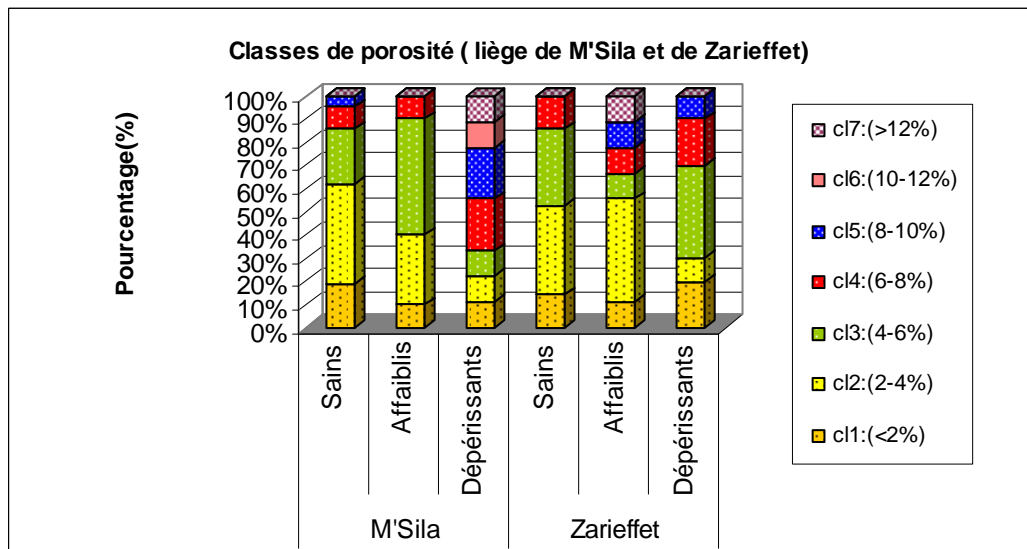


**Figure 99 : Distribution des pores des échantillons par classes de surfaces (<1mm<sup>2</sup>, 1-2mm<sup>2</sup>, >2mm<sup>2</sup>) (N=80)**

La figure 99, mis en évidence une distribution non significative ( $p < 0,05$ ) des pores entre les trois classes de dimensions de la seule classe d'état sanitaire malgré la fréquence des pores  $> 2\text{mm}^2$ . Cette observation est valable pour le suber de littoral comme de montagne.

#### VI.6.1.4- Distribution des échantillons par classes de porosité :

La répartition des échantillons par classe de porosité selon l'état sanitaire des arbres génératrice du liège est mentionnée dans la figure 100.

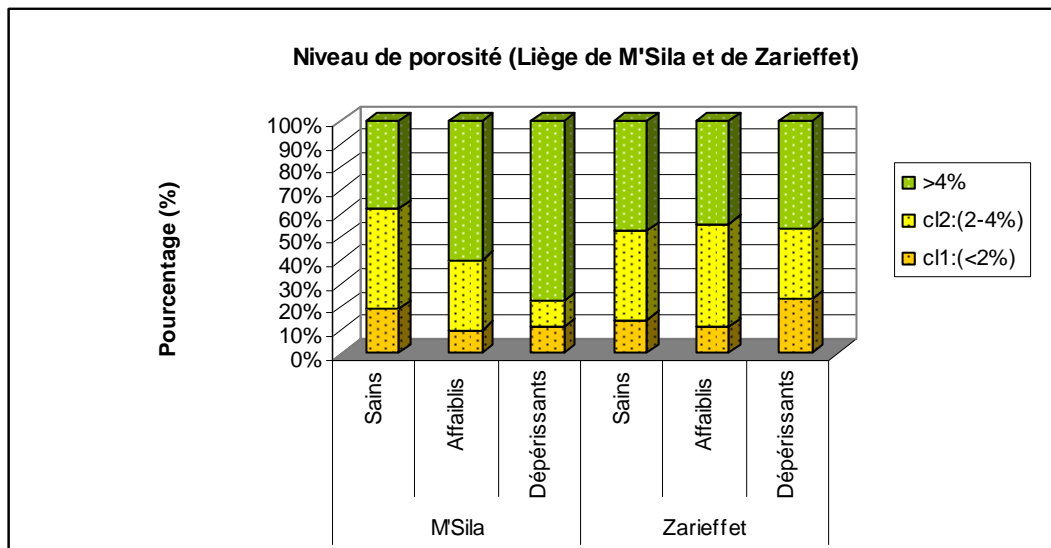


**Figure 100: Répartition des échantillons par classes de porosité et état sanitaire (M'Sila)(N=80)**

D'après la figure 100, nous constatons que les deux types du liège abritent toutes les classes de porosité. En effet, la raréfaction de la porosité est quasiment indépendante de la bonne vigueur de l'arbre et vis versa (Pl.13).

Le passage d'un état sanitaire à un autre s'accompagne d'une production permanente de pores de différentes dimensions. La présence de la porosité basse de la classe1 (CP<2%) synonyme d'un liège de bonne qualité s'identifie à travers les trois états sanitaires sans autant différencier un état d'un autre. Par contre, la porosité moyennement élevée des classes 2 et 3 cèdent progressivement la place à une porosité excessivement élevée des classes 3,4 et 5. Celles-ci semblent plus accommodée avec l'état dégradé des arbres à M'Sila ( $F=7,07$ ;  $p = 0,02$ ) et non à Zariéffet ( $F=1,20$  ;  $p = 0,31$ ).

En d'autres mots, le niveau de la porosité est sensible à la recrudescence de l'altération physiologique de l'arbre en littoral et s'avère moins attentif à cette altération en montagne (Fig.101)

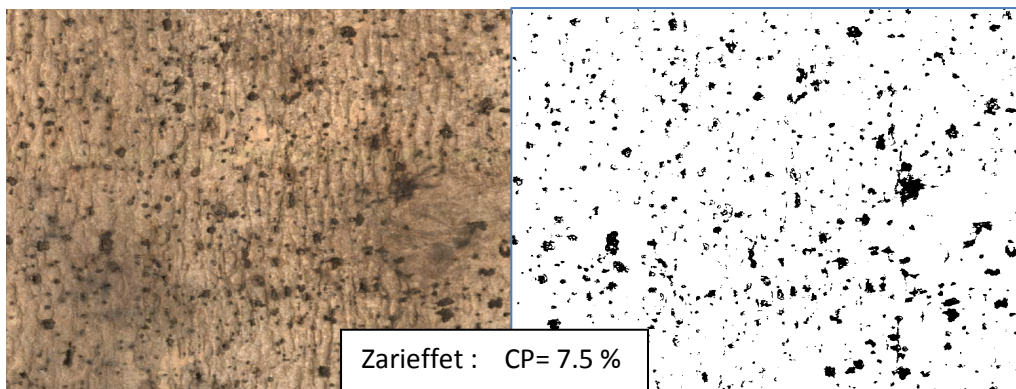
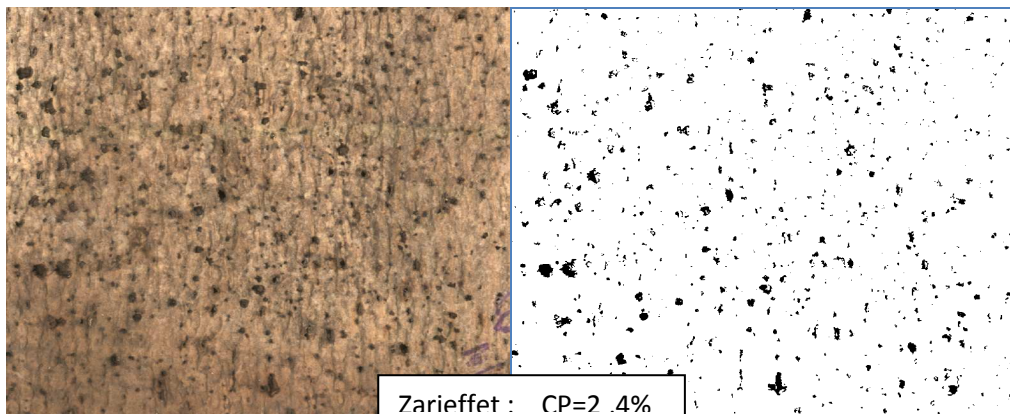
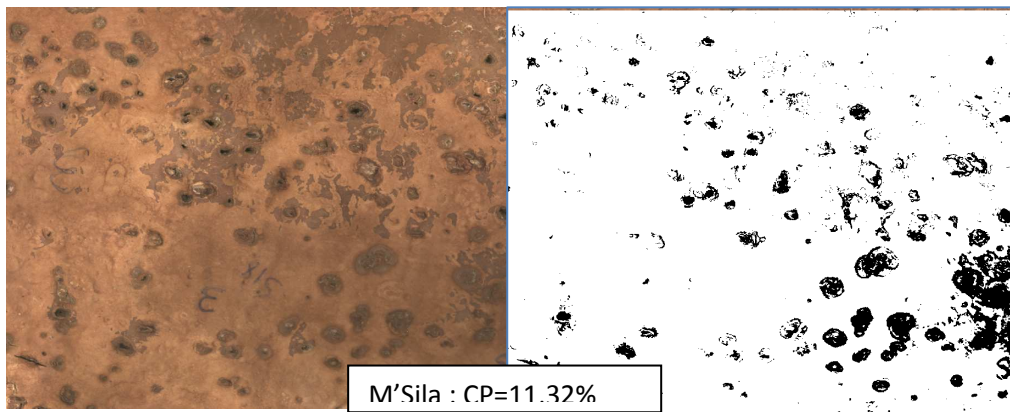
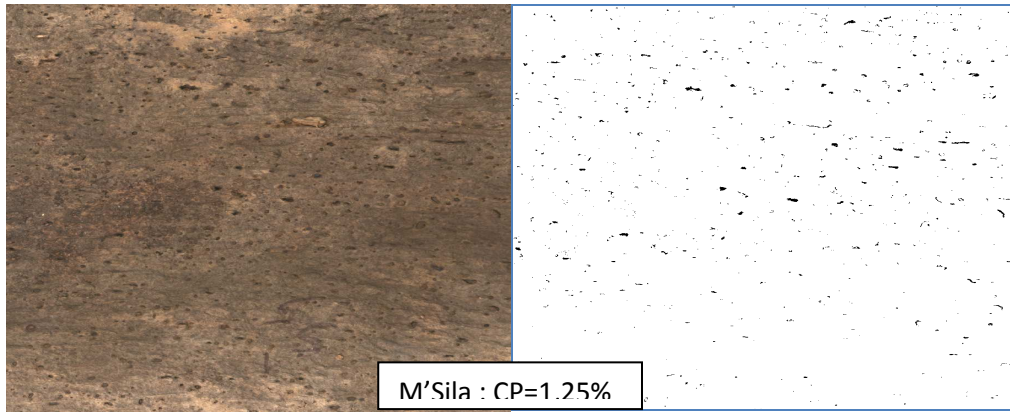


**Figure 101: Niveau de porosité mesuré sur les échantillons des deux forêts et par état sanitaire**

La figure 102, nous révèle que chaque groupe d'état sanitaire renferme une fraction mineure de liège de la classe de porosité basse (<2%) et en même temps une fraction majeure de porosité élevée >4%. A titre d'indication, chez les arbres sains de M'Sila, nous enregistrons 19% et 38% respectivement pour les deux fractions de la porosité. A leur tour, les sujets dépérissants comptabilisent plus la porosité élevée (>4%) soit un taux de 77%.

Ce déphasage est atténué sur le liège de Zarieffet, la fraction moyenne de la classe (2-4%) semble contribuer vivement à la stabilité du taux de porosité dans les trois classes d'état sanitaire.





**Planche 13: Image digitalisée de la section tangentielle**  
( A gauche : photographie. A droite : image binaire après sélection d'un treshold adéquat)

## VI.6.2- Identification des défauts

Les lièges sont classés essentiellement d'après les qualités de texture appréciées à l'œil nu et au toucher (Courtois et Masson, 1998). Le caractère naturel de ce matériau rend difficile toute normalisation et objectivité ; seule l'expérience des professionnels permet de mieux cerner les variables permettant de préciser sa qualité. Cette dernière est tributaire de la présence ou l'absence des défauts.

En effet, la quantité de liège générée durant un cycle de production n'est que la résultante d'un long processus où se combine la génétique de l'arbre aux facteurs du milieu (sol, climat, âge de l'arbre, état sanitaire et paramètres sylvicoles). Au cours du processus de formation du liège, des changements surviennent, affectant aussi bien sa croissance, sa couleur, sa texture, sa densité et sa porosité. Ces altérations peuvent limiter les applications du produit parce qu'elles sont considérées comme des anomalies (Molinas et Oliva, 1990).

Visiblement, c'est la première fois à l'échelle nationale que la qualité commerciale du liège algérien est appréciée, non seulement point de vue porosité mais aussi par rapport à la quantification numérique l'intensité des défauts.

Les anomalies détectées sur la section transversale de nos échantillons sont identifiées par rapport à leur appellation établies selon le vocabulaire liège, des normes ISO DIS 633 (ISO, 2005).

### VI.6.2.1-Caractérisation générale

Le contrôle minutieux de chaque calas, nous a permis d'identifier 11 type de défauts d'origine diverses en plus de la porosité visuelle de Roldao (1987). Ces anomalies se répartissent d'une manière irrégulière sur l'ensemble des échantillons et se concentrent d'une provenance à une autre.

#### VI.6.2.1.1-Par type de défaut

La répartition(%) des défauts selon leur appellation est mentionnée dans la figure 102.

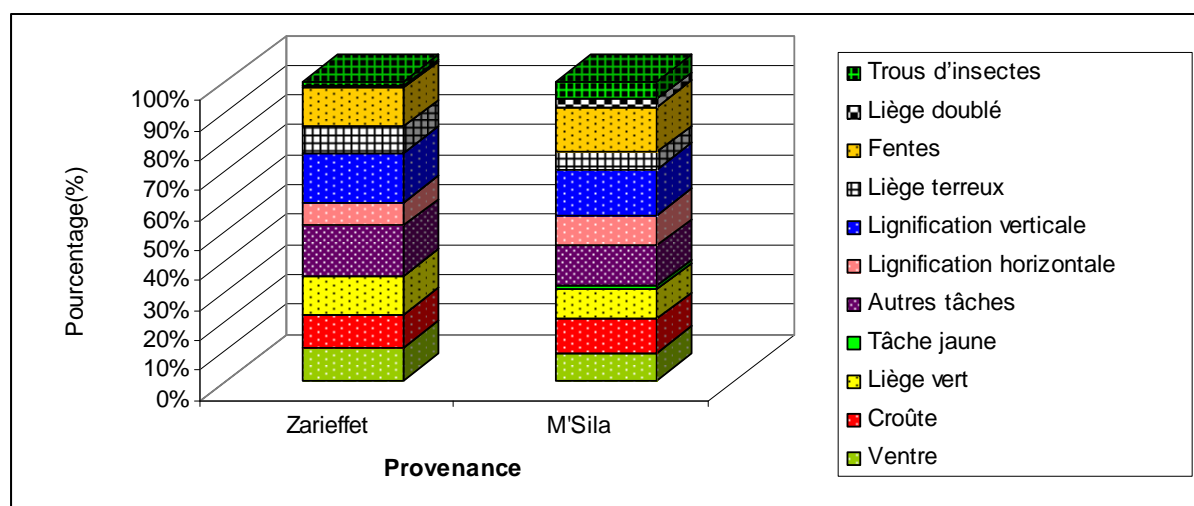


Figure 102 : Taux des défauts du liège par provenance (N=80)

Hormis le défaut de la porosité qui reste naturellement ancré au suber, nous constatons que les 80 échantillons abritent l'ensemble des anomalies connues habituellement sur le liège de reproduction. Un premier coup d'œil sur la figure 104, fait état d'une forte représentativité de défauts proprement liés à la lignification verticale. Cette dureté, se loge dans 17% des calas de Zarieffet contre 15,25% dans ceux de M'Sila.

Autres défauts récurrents, nous citons particulièrement les irrégularités au niveau du ventre des planches, la croûte épaisse et les autres tâches tels que les diverses colorations (bleu, marron, ocre et persille). Ces trois inconvénients occupent respectivement 11,5%, 11,1%, 16,67% (Zarieffet) et 9,14%, 11,43% et 13,14% (M'Sila).

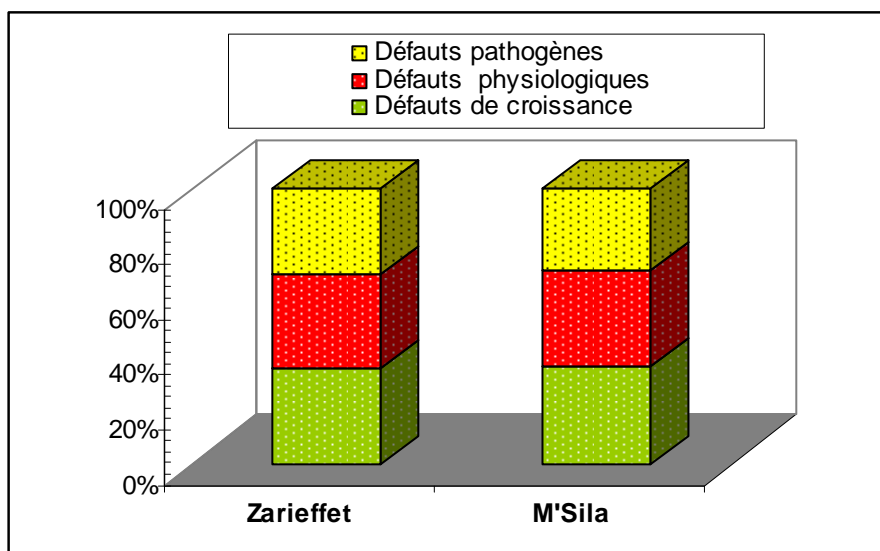
Les défauts accidentels tels que les trous d'insectes et le liège doublé, s'identifient plus sur le liège du littoral, en s'accaparant respectivement de 2,86 et 5,71% de calas du littoral contre 0,56 et 1,67% sur ceux de montagne.

#### VI.6.2.1.2-Par origine de défaut

Certains auteurs classent les anomalies du liège selon leurs précurseurs (Correia,1965 ; Gonzalez Adrados et *al.*,2000). Ils distinguent :

- Les défauts de croissance, regroupant l'irrégularité du ventre, la croûte, les fentes.
- Les défauts physiologiques tels que la lignification verticale et horizontale, le liège terreux, le liège doublé.
- les défauts phytopathologiques comme la tâche verte et la tâche jaune et entomologique comme les trous d'insectes (la fourmi du liège) ;
- les défauts génétiques liés à la porosité.

Les origines des anomalies affectant l'ensemble des calas sont illustrées dans la figure 103 .



**Figure 103: Répartition des défauts selon leur origine (N=80)**

A travers la figure 104, nous remarquons que les défauts de croissance dominent en se concrétisant dans 35% des échantillons dans chaque type de liège. En revanche, les défauts

physiologiques et phyto-pathogènes participent respectivement avec 34 % et 30% dans chaque provenance.

#### **VI.6.2.2-Caractérisation de la porosité visuelle ou les soufflures**

L'aspect visuel du liège est caractérisé par la présence permanente de la porosité sur la section transversale, ces pores traversent radialement la couche du liège de l'intérieur vers l'extérieur sous forme de canaux lenticellaires, de couleur brun rouge sombre (Pereira et al.,1996). Leur nombre et leur superficie constituent la base fondamentale pour la classification du liège par classes de qualité.

Dans notre travail, nous évoquons un deuxième type de porosité qui n'est pas quantifié comme la porosité ordinaire mais apprécié à l'œil nu en forme de cavités, selon la classification de Natividade (1956) et de Roldao (1987). Ce défaut se distribue en six classes de porosité, ordonnées comme suit : 4/6, 2/4, 2/3, 3, 3/5 et 1/3.

La répartition des 80 échantillons selon leurs classes de soufflures est indiquée dans le tableau 87 et la figure 105.

**Tableau 87: Fréquences des soufflures par provenance (N=80)**

<b>Classes</b>	<b>Zarieffet (%)</b>	<b>M'Sila (%)</b>	<b>Signification</b>
<b>4/6</b>	10	7,5	Pores très fins
<b>2/4</b>	25	12,5	Pores moyennement fins
<b>2/3</b>	40	42,5	Pores ouverts non dentés
<b>3</b>	15	25	Pores ouverts dentés
<b>3/5</b>	5	5	Pores ouvert coniques
<b>1/3</b>	5	7,5	Pores spongieux

L'appréciation de la porosité visuelle montre que les échantillons du littoral sont propices à une ouverture des pores plus que ceux de montagne. En effet, les soufflures très fines (de type 4/6) sont minimales dans les deux lièges soit un taux respectif de 10 et 7,5% (Zarieffet et M'Sila). En revanche, les cavités moyennement fines (de type 2/4) sont en faveur du liège de montagne avec un taux de l'ordre de 25 %.

Par ailleurs, les canaux lenticellaires de dépréciation de type 3 - 3/5 - 1/3 sont fréquents chez les deux genres mais plus accentué en littoral, à l'égard des pores ouverts dentés et spongieux (25 et 7,5%) (Fig., 104).

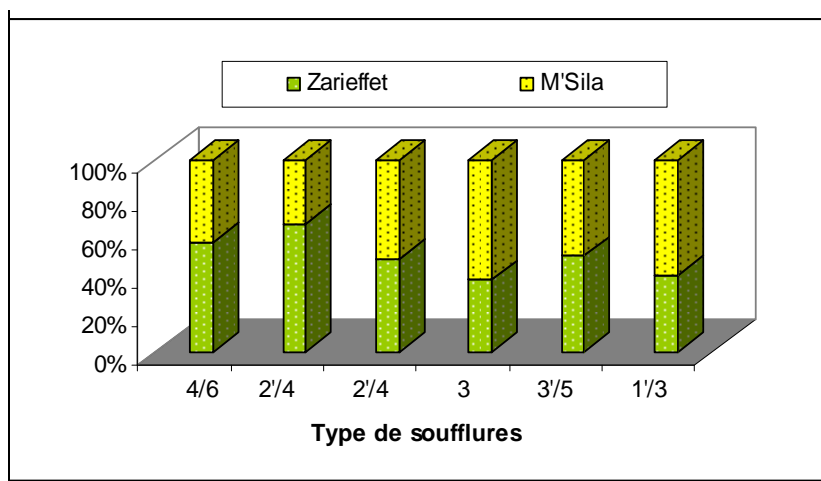


Figure104 : Variation des anomalies de soufflures dans les deux lièges (N=80)

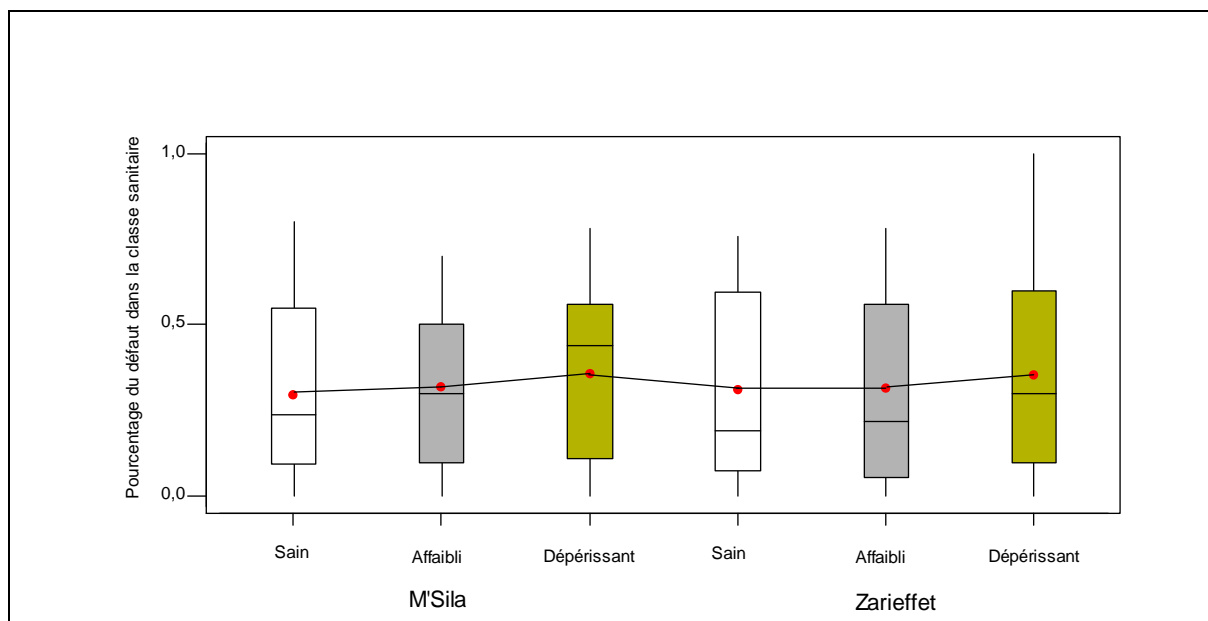
### VI.6.2.3-Caractérisation des anomalies selon l'état sanitaires des arbres

Les premières visualisations du liège algérien par ordre de défauts et selon l'état sanitaire des arbres sont mentionnées dans le tableau 88 et les planches 14-24.

Tableau 88 : Intensité des anomalies du liège de M'Sila et de Zariéffet par classe d'état sanitaire

	Etat sanitaire	N	Porosité visuelle						Ventre	Croute	Lignification horizontale	Lignification verticale	Liège doublé	trous insectes	Fentes	Liège vert	Liège terreux	Tâche jaune	Autres taches
			4/6	2/4	2/3	3	3/5	1/3											
M'Sila	1	21	0,1	0,1	0,6	0,1	0,0	0,1	0,3	0,5	0,2	0,7	0,0	0,3	0,8	0,3	0,1	0,1	0,6
	2	10	0,1	0,3	0,1	0,4	0,1	0,0	0,5	0,5	0,7	0,7	0,2	0,1	0,5	0,5	0,2	0,0	0,5
	3	9	0,0	0,0	0,6	0,2	0,1	0,1	0,4	0,3	0,7	0,8	0,2	0,4	0,4	0,7	0,6	0,0	0,6
Zariéffet	1	21	0,0	0,1	0,4	0,2	0,1	0,0	0,7	0,6	0,3	0,8	0,0	0,1	0,5	0,7	0,1	0,0	0,6
	2	10	0,1	0,0	0,2	0,1	0,6	0,0	0,1	0,4	0,6	0,8	0,1	0,0	0,4	0,6	0,6	0,0	0,8
	3	9	0,0	0,1	0,1	0,1	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,7	0,0	0,1	0,8	0,4	0,8	0,0	1,0

D'après le tableau 88, nous constatons que les anomalies se distribuent irrégulièrement sur l'ensemble des échantillons. L'état sanitaire des arbres semble jouer un rôle mineur dans la disparition totale des défauts entre les 3 classes d'état sanitaire et à l'intérieur de chaque classe. L'effet vigueur est non significative sur la présence ou l'absence des défauts ( $F=0,14$  p-value 0,98) (Fig.105).



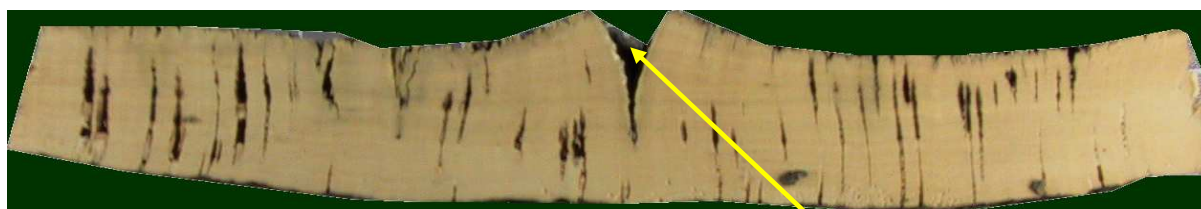
**Figure 105: Distribution des défauts par classe d'état sanitaire et provenance**



Trous de fourmis

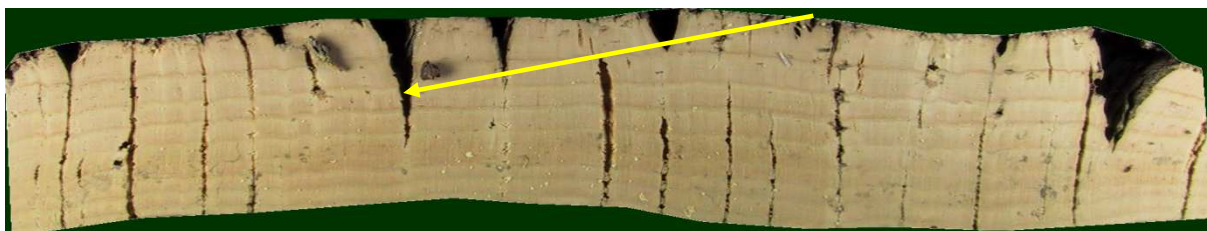


**Planche 14: Défauts phyto-pathogène (trous de fourmis), cliché DEHANE**



Fentes





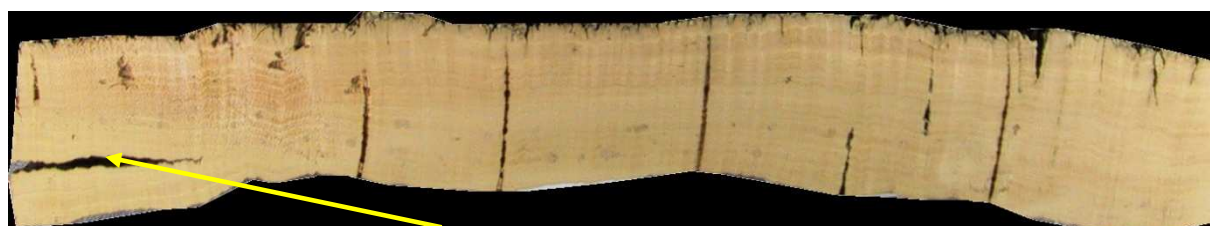
**Planche 15: Défauts de croissance ( fentes), cliché DEHANE**



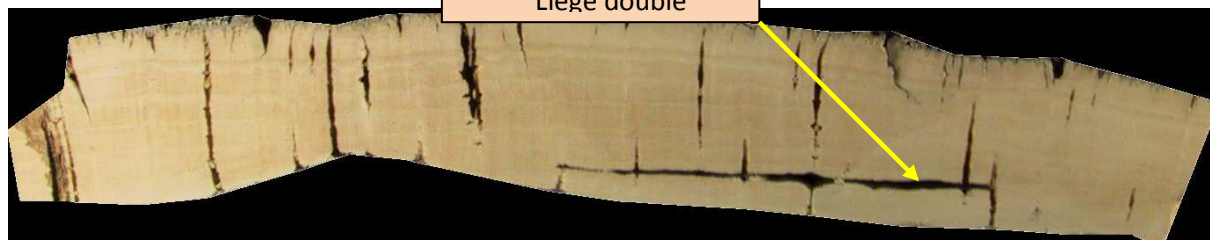
Tâche verte



**Planche 16 : Défauts phyto-pathogènes ( tâche verte) ,cliché DEHANE**



Liège doublé



**Planche 17 : Défauts phyto-pathogènes ( tâche verte), cliché DEHANE**



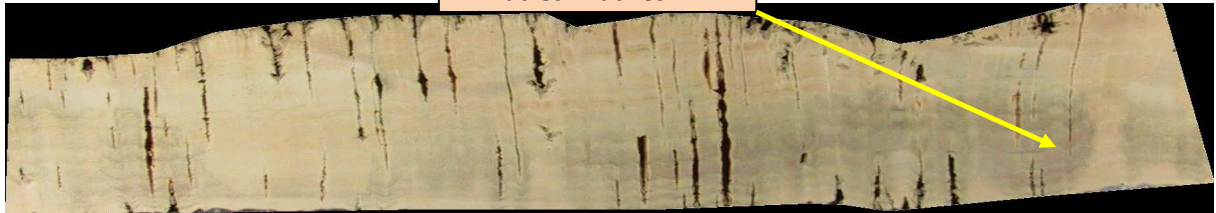
Tâche jaune



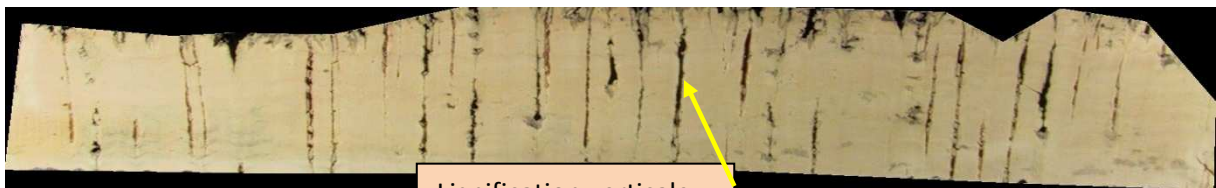
**Planche18 : Défauts phyto-pathogènes ( tâche jaune) ,cliché DEHANE**



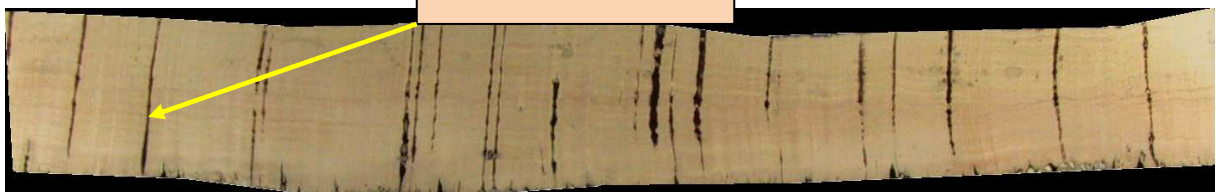
Autres Tâches



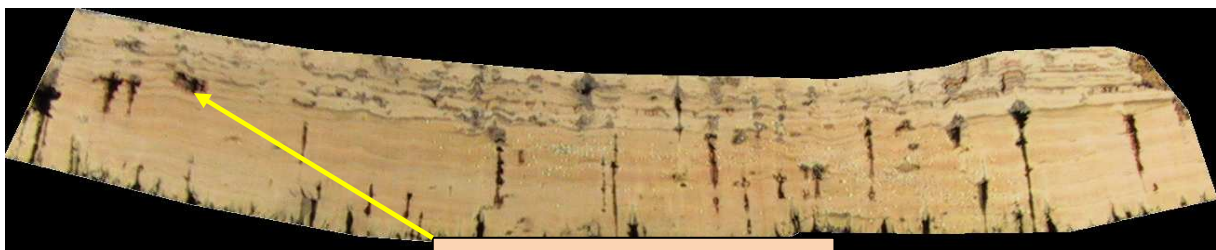
**Planche 19: Défauts phyto-pathogènes (autres tâches ) ,cliché DEHANE**



Lignification verticale

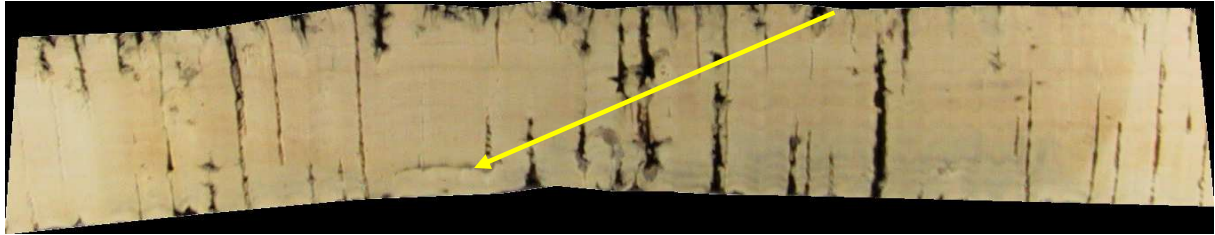


**Planche 20 : Défauts physiologiques (lignification verticale), cliché DEHANE**

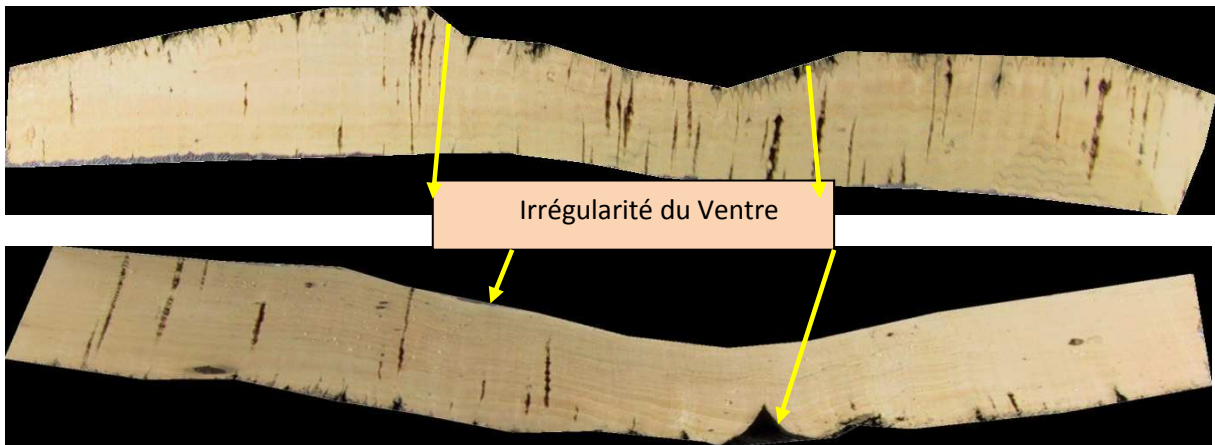


Lignification horizontale

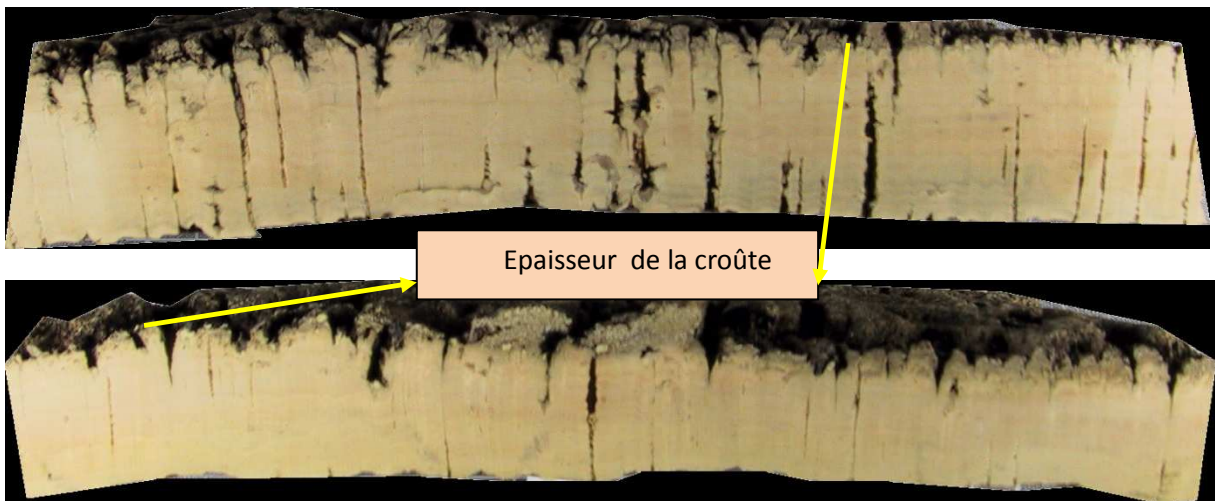




**Planche 21: Défauts physiologiques (lignification horizontale) , cliché DEHANE**



**Planche 22 : Défauts de croissance (ventre irrégulier), cliché DEHANE**



**Planche 23: Défauts de croissance (épaisseur de la croûte), cliché DEHANE**

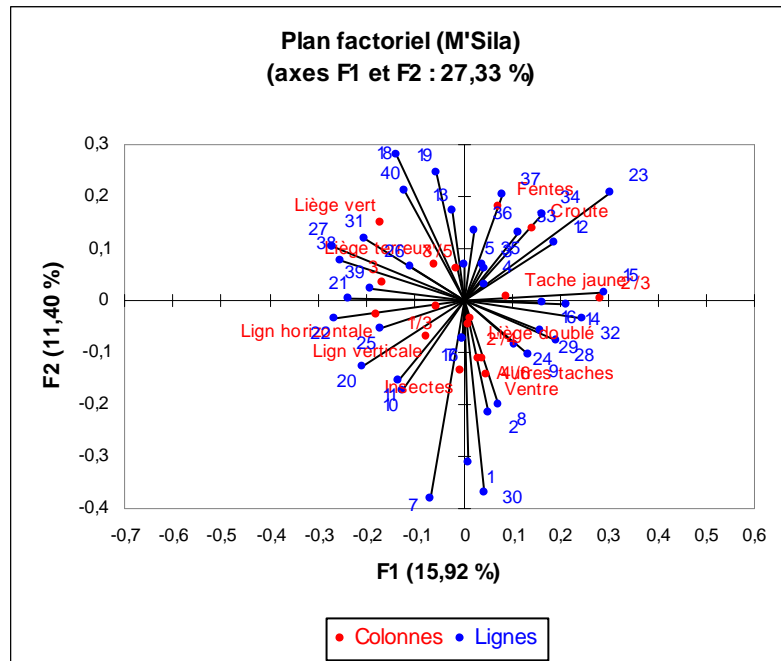


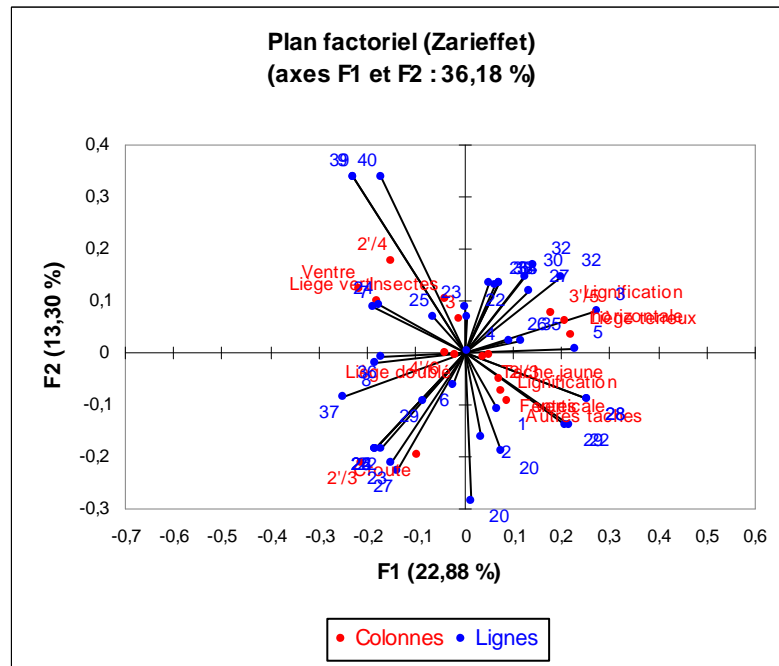


Planche 24: Défauts physiologiques (liège terreux), cliché DEHANE

#### VI.6.2.4-Interprétation statistique

Les résultats obtenus à travers la réalisation d'une AFC (Analyse factorielle de correspondance) nous a permis d'obtenir une matrice de 17 colonnes (défauts) et 40 lignes (échantillons) pour chaque provenance (Fig.106).





**Figure 106: Représentation des défauts par échantillons sur le plan factoriel F1 et F2 (M'Sila et Zariefet)**

### *1-Liège de M'Sila*

Cibois (1987), insiste sur le fait que l'ordre d'information donnée par les axes factoriels est toujours décroissant, par conséquent le premier axe fournit le plus d'information, le second n'est qu'une correction du précédent et ainsi de suite.

Le tableau 89 regroupe l'essentiel des informations recueillies pour les trois premiers axes, les valeurs propres et les taux d'inertie.

**Tableau 89: Valeurs propres et taux d'inertie des 3 premiers axes factoriels (M'Sila)**

Axes factoriels	A1	A2	A3
Valeur propre	0,014	0,010	0,010
Taux d'inertie %	15,923	11,404	11,017
Pourcentage cumulé %	15,923	27,327	38,344

La première lecture de ce tableau montre que les deux premières valeurs propres totalisent 27,32 % de la variance totale et commencent s'affaiblir à partir du troisième axe. Pour l'étude de chaque axe, nous avons pris en compte seulement les points (échantillons et défauts) ayant des C.T.R. (contributions totales relatives), les plus élevés (Tab.90).

**Tableau 90 : Contributions absolues des défauts et échantillons sur le principal plan factoriel**

Principaux axes	Contribution des défauts		Principaux Axes	Contribution des échantillons	
	A1 (15,92%)	A2 (11,40%)		A1	A2
2/3	0,282	0,005	23	0,232	0,136
Croûte	0,142	0,137	32	0,179	-0,021
Tache jaune	0,090	0,007	34	0,117	0,101
Fentes	0,071	0,181	12	0,139	0,070
Liège vert	-0,173	0,151	37	0,059	0,126
3	-0,166	0,033	35	0,031	0,047
Lign. horizontale	-0,182	-0,026	11	-0,100	-0,095
Lign. verticale	-0,078	-0,071	10	-0,094	-0,107
Liège terreux	-0,060	0,068	40	-0,087	0,126
1/3	-0,057	-0,013	7	-0,051	-0,236
Insectes	-0,008	-0,134	30	0,031	-0,229

En examinant la distribution des échantillons dans le plan 1-2 et en prenant compte des défauts ayant des CTR significatives, nous relevons une opposition suivant l'axe 1, entre trois groupes de défauts (Fig.108)

Dans la partie positive de l'axe1 se localisent les échantillons aux défauts de porosité mineure (2/3), les défauts de fente, de croûte et de la tâche jaune.

Dans la partie négative, nous retrouvons les échantillons aux défauts de porosité majeur(3), le liège vert, le liège terreux.

Il apparait clair que les échantillons à pores ouverts non dentés (2/3) s'opposent à ceux aux pores ouverts dentés et que les défauts de croissance ne s'accordent pas aux anomalies phytopathologiques et entomologiques.

Sur la partie négative de l'axe 2 (avec 11,40% % d'inertie), nous trouvons les défauts physiologiques représentés par le liège doublé et les deux lignifications très associés à une porosité très aigue (1/3) (liège spongieux). Cette information renforce l'hypothèse de la grande porosité du liège du littoral. A l'opposé, les échantillons au liège vert s'individualisent.

#### **VI.6.2.4.2-Liège de Zarieffet :**

L'ensemble de l'information recueillie sur le plan factoriels des échantillons de Zarieffet son consignées dans les tableaux 91,92.

**Tableau 91 : Valeurs propres et taux d'inertie des 3 premiers axes factoriels (Zarieffet)**

Axes factoriels	A1	A2	A3
Valeur propre	0,019	0,011	0,009
Taux d'inertie %	23,374	13,566	11,075
Pourcentage cumulé%	23,374	36,940	48,015

A travers le tableau 91, nous remarquons que les deux premières valeurs propres totalisent 36,94 % de la variance totale et commencent s'affaiblir à partir du troisième axe. Les contributions totales relatives des principaux variables influant sont représentées dans le tableau 92.

**Tableau 92: Défaut et échantillons à forte contribution relative « CTR » pour l'axe 1**

Côté négatif (A1 (23,37%))				Côté positif (A1(23,37%))			
Défauts	CTR	Echa.	CTR	Défauts	CTR	Echa.	CTR
Ventre	-0,215	39	-0,215	Liège terreux	0,224	3	0,240
Liège vert	-0,177	9	-0,215	Lign. horizontale	0,211	5	0,193
2/4	-0,149	40	-0,164	3/5	0,182	28	0,216
Insectes	-0,036	7	-0,163	Autres tâches	0,091	29	0,177
Tâche jaune	-0,027	24	-0,155	Lign. verticale	0,076	32	0,121

Le tableau 92 et la figure 108, nous renseignent que sur l'axe 1 (avec 23,37% d'inertie) la partie négative abrite plus les défauts phytopathologiques à l'égard de la tache jaune, le liège vert, les trous de d'insectes.

Sur la partie positive du même axe, les fortes contributions sont liées à la lignification horizontale et le liège terreux. Nous pouvons dire que sur cet axe que le groupe de défauts phyto-pathogènes s'oppose aux groupes de défauts physiologiques.

**Tableau 93 : Défaut et échantillons à forte contribution relative « CTR » pour l'axe 2**

Côté négatif (A2 (13,56%))				Côté positif (A2 (13,56%))			
Défauts	CTR	Echa	CTR	Défauts	CTR	Echa	CTR
2/3	-0,213	13	-0,142	2/4	0,178	39	0,239
Croûte	-0,199	27	-0,151	Ventre	0,122	9	0,241
Autres taches	-0,092	25	-0,121	Liège vert	0,099	40	0,239

L'axe 2 détient 13,56% d'information, sur son coté négatif, les fortes contributions émanent des défauts de la porosité (2/3) et de la croûte. Cela est lié à la croissance lente du liège de montagne qui imprime au suber une porosité à faible denture et une croute épaisse.

Sur le coté positif de l'axe 2, nous notons la présence des anomalies du ventre irrégulier et de la porosité fine et du liège vert.

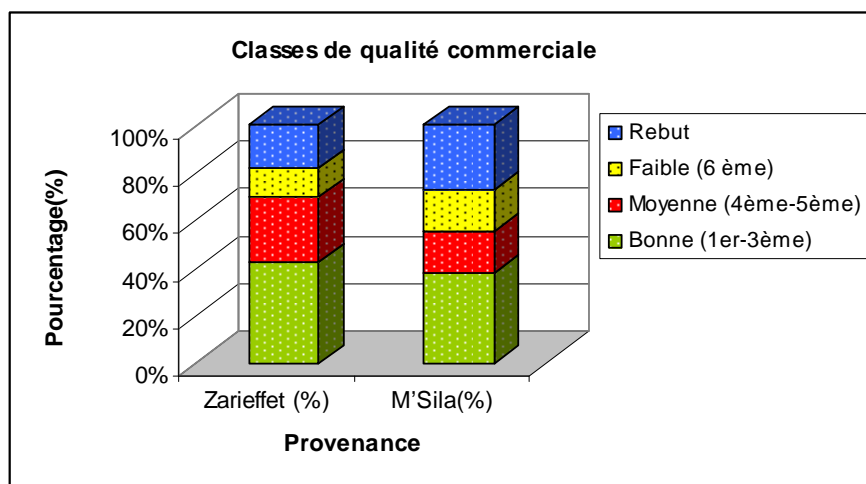
### ***VI.6.3-Détermination des classes de qualité commerciale***

La classification commerciale du liège est établie d'après le croisement des deux critères que sont l'épaisseur et l'aspect du liège (Iprocor,1994). Le critère « calibre » peut être mesuré avec précision, par contre la quantification du deuxième attribut reste très subjectif du fait qu'il est évalué, d'une manière visuelle, par un opérateur humain (Benkirane et *al.*,2000). Dans notre travail, la détermination des classes a été possible grâce au programme algorithmique « Calcor ». Le tableau 94 regroupe les quatre classes mixtes du liège des deux provenances.

**Tableau 94 : Distribution des échantillons par classes de qualité commerciale, en % du total**

	Zarieffet (%)	M'Sila(%)
Bonne (1 <sup>er</sup> -3 <sup>e</sup> eme)	42,5	37,5
Moyenne (4 <sup>eme</sup> -5 <sup>eme</sup> )	27,5	17,5
Faible (6 <sup>eme</sup> )	12	18
Rebut	18	27
C.V.(%)	53,19	37,62

Les 80 échantillons du liège (tout état sanitaire confondu) produisent tous les types de qualité du liège. Cette variabilité est très marquée entre arbres et pas entre suberaies. A Zarieffet, la variation est accrue soit un CV de l'ordre de 53,19%. Les résultats proposés par le programme digital « Calcor » montrent que le liège de montagne renferme 42,5% de liège de bonne qualité contre 37,5% en littoral. La quantité du rebut est plus importante à M'Sila, affectant 27% des échantillons (Fig.107). Le test Z confirme une différence non significative entre les deux provenances point de vue classes de qualité commerciale ( $Z_{obs}=1,12$  ;  $p=0,26$ ).



**Figure 107: Répartition des échantillons selon leurs classes de qualité commerciale**

### VI.6.3.1- Quantification des principales anomalies selon les classes commerciales

L'identification visuelle des anomalies formant les classes de qualité commerciales du liège des deux provenances peut être aussi quantifiée d'une manière précise et objective. Cette opération est rendue possible par la méthode d'analyse d'image. Le but escompté était de confirmer les différences entre les classes point de vue mensuration des formes géométriques tracées par les principales anomalies quantifiables. Il s'agit en effet, des défauts de soufflures, lignification verticale et horizontale, trous d'insectes, liège terreux. Les résultats obtenus

pour chaque provenance sont ordonnés selon leur superficie (mm<sup>2</sup>), périmètre (mm) et variables de forme.

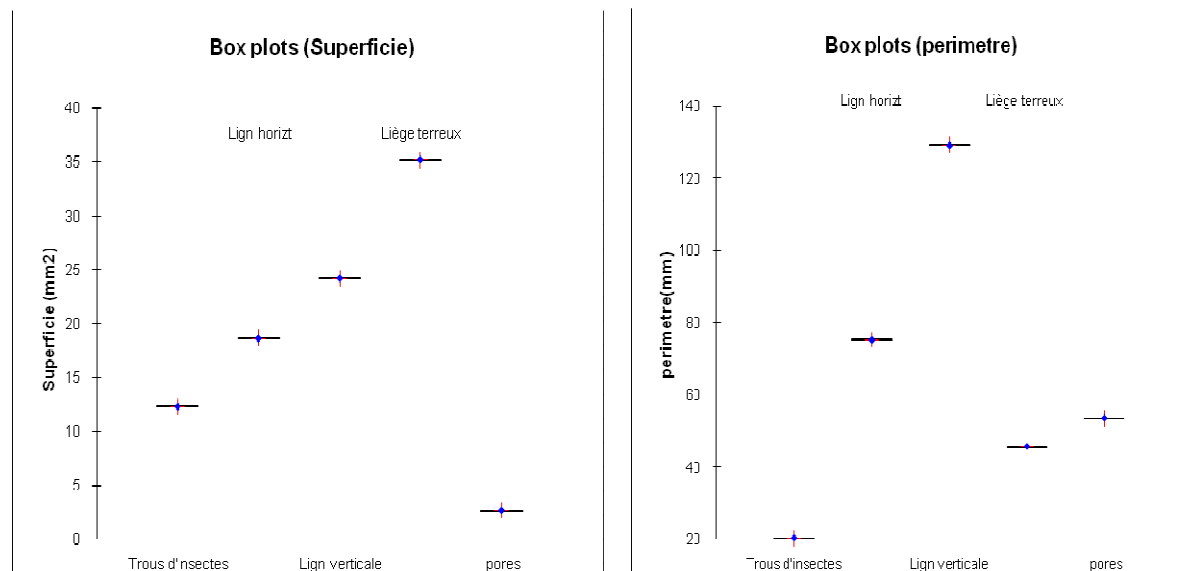
### VI.6.3.1.1-Classe de bonne qualité (1<sup>er</sup>-3<sup>ème</sup>) :

Les principales mesures réalisées sur la section transversale des échantillons de la classe de qualité commerciale « bonne » sont mentionnées dans le tableau 95.

**Tableau 95 : Moyenne et analyse de variance des variables de mesures présentes dans les anomalies des deux types de liège (Z : Zariéffet ; M : M'Sila) (1<sup>er</sup>-3<sup>ème</sup>)**

Effet	Soufflures		Lign. Vert.		Lign. Hor.		Trous d'insectes		Terreux		Anova (F)	
	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M
Superficie moyenne(mm <sup>2</sup> )	2,5	2,7	26,3	24,2	15,4	18,6	8,9	6,3	38	35,2	0,8	0,92
Perimetre moyen(mm)	4,5	5,43	45	41,3	32	35,6	18	20,3	48,6	45,6	1,2	1,07
Diam. max.(mm)	2,3	2,5	8,5	10,7	4,5	6,2	10,2	4,3	5,6	5,3	1,8	1,57
Diam.min.(mm)	2,2	2,4	2,6	3,4	2,6	2,7	2,3	1,1	5,5	4,5	0,75	0,88
Facteur de forme	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6	1,2	1,06
Coefficient de géométrie	0,6	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4	0,6	0,8	1,5	2,3	1,4	1,32
Orientation(°)	90	88,4	88	87	90	90,3	87	86,9	88	85,4		

Le tableau 95, fait état d'une grande différence entre les pores et les autres défauts. A titre d'indication, les lenticelles issues du littoral sont plus petites avec une superficie moyenne de l'ordre de 2,7 à mm<sup>2</sup> en comparaison avec 18,6 mm<sup>2</sup> et 24,2 mm<sup>2</sup> des inclusions ligneuses ou 35,2mm<sup>2</sup> du liège terreux (Fig.108). Les défauts de cette classe commerciale ont une forme presque régulière et une géométrie circulaire.



**Figure108 : Distribution de la superficie sur les des défauts du liège de M'Sila classe (1<sup>er</sup>-3<sup>ème</sup>)**

Les défauts formant cette classe se caractérisent par une différence non significative ( $P > 0,05$ ) entre échantillons (Tab. 96).

**Tableau 96 : Test de Levene de comparaison des variances (1<sup>er</sup>-3<sup>ème</sup>)**

F (Valeur observée)		F (Valeur critique)	ddl	p-value	alpha
M'Sila	1,081	2,690	4	0,383	0,05
Zarieffet	1,780	2,690	4	0,480	0,05

**VI.6.3.1.2-Classe de qualité moyenne (4<sup>ème</sup>-5<sup>ème</sup>) :**

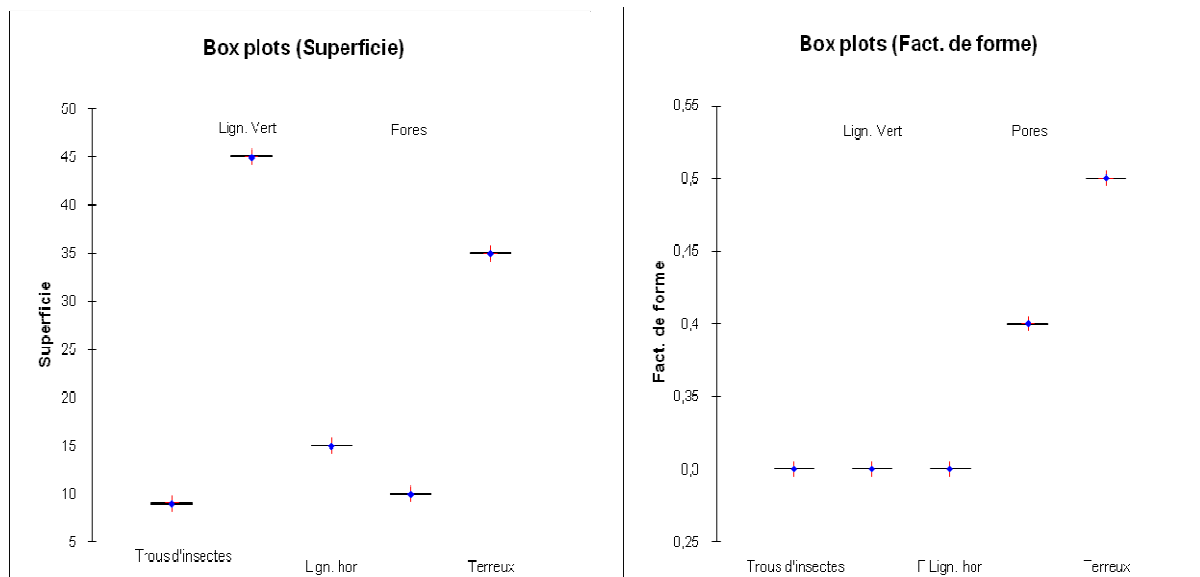
Les principales mesures réalisées sur la section transversale des échantillons de la classe de qualité commerciale « moyenne » sont illustrées dans le tableau 97.

**Tableau 97: Moyenne et analyse de variance des variables de mesures présentes dans les anomalies des deux types de liège (Z : Zarieffet ; M : M'Sila) (4<sup>ème</sup>-5<sup>ème</sup>)**

Effets	Pores		Lign. Vert.		Lign. Hor.		Trous insecte		Terreux		Anova (F)	
	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M
Superficie moy..(mm <sup>2</sup> )	10	12	45	42	15	40	9	31	35	31	1,5	1,3
Perimetre Moy.(mm)	35	29	56	35	35,1	75,3	14	46	42,1	27	7,4	6,5
Diam. max.(mm)	3,2	4,1	4,8	4,9	4,2	6,2	4,4	4,4	13,2	12	0,8	0,4
Diam.min.(mm)	1,5	1,7	2,2	2,4	2,1	2,7	3,2	3,0	3,2	3,1	0,3	0,4
Fact. de forme	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	1,5	1,5
Coef. de géométrie	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3	1,5	1,5
Orientation(°)	97	93	88	56	87	90	101	106	88,1	118		

Le tableau 97 nous renseigne que les défauts des échantillons de la classe de qualité commerciale moyenne sont marqués par des périmètres importants par rapport à ceux de la première classe (F=6,5 et F=7,4) (Fig.109). A leur tour les superficies sont plus larges tandis que le contour est régulier. Les mêmes observations peuvent être exprimées sur tous les autres paramètres de mesures de cette classe.





**Figure 109 : Distribution des variables quantifiables des défauts du liège de la classe (4<sup>ème</sup>-5<sup>ème</sup>) (A droite : M'Sila, à gauche : Zarieffet)**

Les principaux défauts quantifiables sur la section transversale des échantillons de la classe de qualité commerciale « moyenne » enregistrent par une différence non significative ( $P>0,05$ ) entre échantillons (Tab. 98).

**Tableau 98: Test de Levene de comparaison des variances (4<sup>ème</sup>-5<sup>ème</sup>)**

F (Valeur observée)		F (Valeur critique)	ddl	p-value	alpha
M'Sila	0,701	2,690	4	0,597	0,05
Zarieffet	0,780	2,690	4	0,045	0,05

### VI.6.3.1.3-Classe de qualité faible (6<sup>ème</sup>):

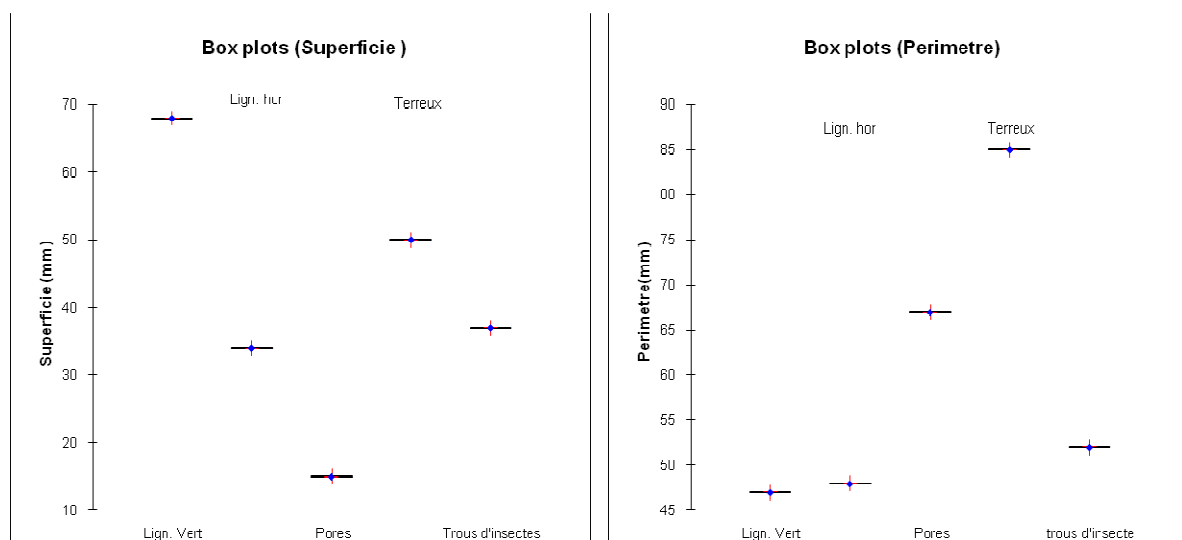
Les principales mesures réalisées sur la section transversale des échantillons de la classe de qualité commerciale « faible » sont mentionnées dans le tableau 99.

**Tableau 99: Moyenne et analyse de variance des principales variables de mesures présentes dans les anomalies des deux types de liège ((Z : Zarieffet ; M : M'Sila) (6<sup>ème</sup>)**

Effets	Pores		Lign. Vert		Lign. hor		Trous insecte		Terreux		Anova (F)	
	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M
Superficie moy..(mm <sup>2</sup> )	15,5	20	75	68	24	34	23	37	38	50	11,2	13,4
Perimetre Moy.(mm)	34	38	98	77	42	57	44	56	35	40	5,6	7,3
Diam. max.(mm)	6,4	6,3	5,6	7,8	5,6	5,2	5	5,1	6,4	6,8	5,7	6,2
Diam.min.(mm)	3,1	2,1	1,5	2,6	2,4	1,7	1,1	1,7	3,2	3,4	3,4	4,1
Fact. de forme	0,4	0,7	0,3	0,3	0,7	1,0	0,7	0,8	0,7	1,0	6,1	6,3

Coef. de géométrie	0,5	0,5	0,5	0,4	1,2	0,7	0,6	0,4	0,3	0,6	6,7	6,9
Orientation(°)	98	89	88	5	78	100	75	59	88	93		

Les valeurs moyennes du tableau 99, montrent que les échantillons de la classe de qualité commerciale « faible » sont marqués par des périmètres et des superficies plus élevés au niveau des inclusions ligneuses et les trous d'insectes par rapport aux deux classes précédentes. Le paramètre ayant la variabilité élevée est la superficie (F=13,4 et F= 11,2). Les mêmes représentations peuvent être effectuées avec tous les autres paramètres de mesures de cette classe.



**Figure 110 : Distribution des variables quantifiables des défauts du liège de la classe (6<sup>ème</sup>) (A droite : M'Sila, à gauche : Zarieffet)**

Les principaux défauts quantifiables sur la section transversale des échantillons de la classe de qualité commerciale « faible » se caractérisent par une différence non significative ( $P > 0,05$ ) entre échantillons (Tab. 100).

**Tableau 100: Test de Levene de comparaison des variances (6<sup>ème</sup>)**

F (Valeur observée)		F (Valeur critique)	ddl	p-value	alpha
M'Sila	0,222	2,690	4	0,624	0,05
Zarieffet	0,420	2,690	4	0,580	0,05

#### VI.6.3.1.4-Classe de Rebut

Les principales mesures appliquées à la section transversale des échantillons de la classe de qualité commerciale « rebut » sont mentionnées dans le tableau 101.

**Tableau 101: Moyenne et analyse de variance des principales variables de mesures présentes dans les anomalies des deux types de liège ((Z : Zarieffet ; M : M'Sila)(Rebut)**

Effets	Pores		Lign. Vert		Lign. hor		Trous insecte		Terreux		Anova (F)	
	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M
Superficie moy.(mm <sup>2</sup> )	25	33	45,2	44	21,2	37	15,2	25	48	56	6,8	7,2
Perimetre moy.(mm)	52	67	75,2	47	41,2	48	38,4	52	75	85	3,78	4,01
Diam. max.(mm)	3,5	1	8,9	9,5	5,4	4,9	7,1	6,6	5,4	5,3	6,87	7,6
Diam.min.(mm)	1,5	4,5	4,5	2,4	1,2	1,6	2,3	1,3	1,4	1,3	10,2	10,9
Fact. de forme	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	1,4	1,4
Coef. de géométrie	0,6	0,5	0,5	0,3	0,5	0,4	0,6	0,6	0,4	0,3	1,78	2,7
Orientation(°)	87	85	78	64	75	68	98	133	87	89		

Dans cette classe, les défauts sont d'importance secondaire du fait que c'est un produit destiné à la trituration. Cette classe est très caractéristique d'une quantité accrue de liège terreux. Les superficies moyennes de ce défaut varient entre 56mm<sup>2</sup> (M'Sila) et 48 mm<sup>2</sup> (Zarieffet). Dans la même optique, les superficies suivent le même cheminement. L'analyse de variance pour les deux provenances enregistre une différence très significative ( $p < 0,001$ ) entre les paramètres de mesure de chaque défaut.

Les principaux défauts quantifiables sur la section transversale des échantillons de la classe de qualité commerciale « rebut » se caractérisent par une différence non significative ( $P > 0,05$ ) entre échantillons (Tab. 102).

**Tableau 102 : Test de Levene de comparaison des variances (Rebut)**

F (Valeur observée)		F (Valeur critique)	ddl	p-value	alpha
M'Sila	0,75	2,690	4	0,564	0,05
Zarieffet	0,78	2,690	4	0,786	0,05

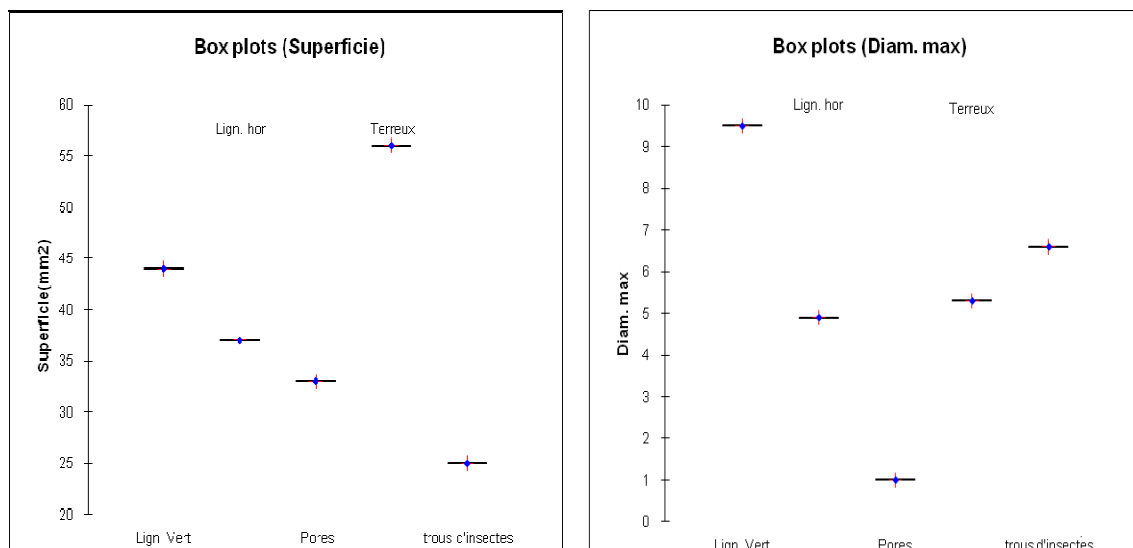


Figure 111: Distribution des variables quantifiables des défauts du liège de la classe (Rebut) (A droite : M'Sila, à gauche : Zariéffet)

### VI.6.3.2-Distribution des classes commerciales selon l'état sanitaire

En section transversale, la meilleure qualité du liège se traduit par son homogénéité et sa propreté (moins de pores) mais aussi par l'absence de défauts visibles. Ces derniers détériorent facilement la qualité des planches du liège à la vente en les rendant impropre à la fabrication des bouchons de qualité requise. La répartition des classes de qualité commerciale des échantillons du liège des deux provenances selon l'état sanitaire des arbres est illustrée dans la figure 112.

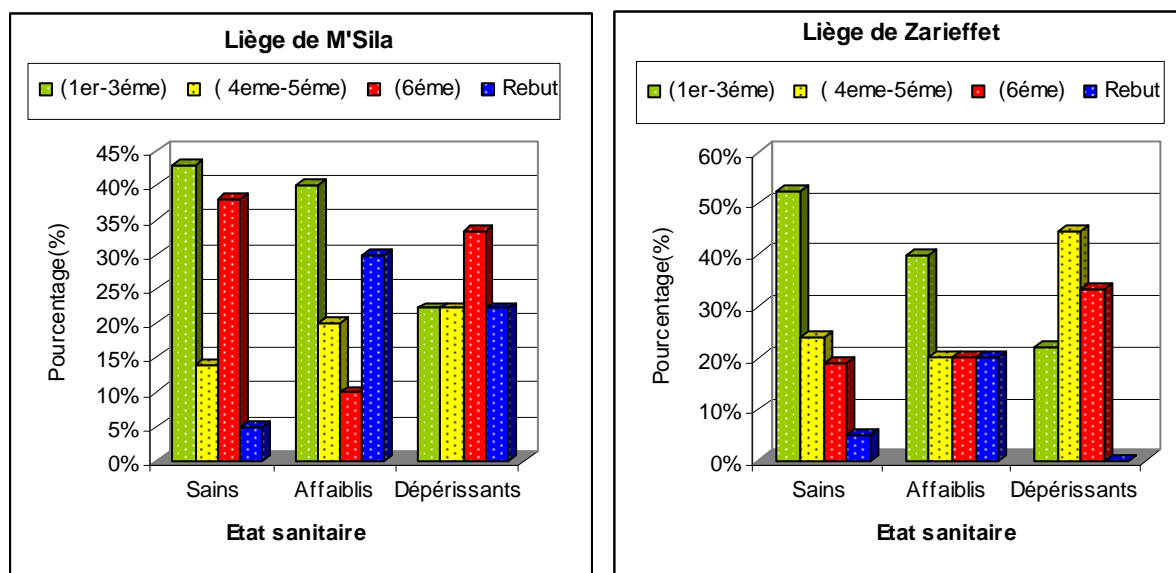


Figure 112 : Distribution des échantillons par classes de qualité commerciale selon l'état sanitaire

Le liège de bonne qualité appartenant aux trois premières classes commerciales (1<sup>er</sup>-3<sup>ème</sup>) s'individualise à travers les deux premières catégories sanitaires des arbres des

deux régions. En effet, les arbres sains dominant avec des taux élevés allant de 43% (M'Sila : sains) à 52% (Zarieffet : sains). Mais l'altération physiologique de l'arbre ne s'accompagne pas forcément d'une éradication totale du liège de bonne qualité mais plutôt d'une réduction progressive selon l'intensité de dépérissement. Les arbres défaillants des deux entités produisent une quantité notable de liège de première qualité aux alentours de 22% chacune. L'analyse de variance à seul facteur enregistre une différence non significative entre les trois états de vigueur pour les deux provenances, point de vue classe de qualité commerciale (M'Sila :  $F= 0,64$  ;  $p= 0,53$ ) et (Zarieffet :  $0,58$  ;  $p=0,56$ ).

---

## **Chapitre VII**

***Le mécanisme général d'affaiblissement des arbres dans la région oranaise et son impact sur la croissance et la qualité du liège***

---

## **Le mécanisme général d'affaiblissement des arbres dans la région oranaise et son impact sur la croissance et la qualité du liège**

### **VII.1-Age du liège**

A partir des résultats obtenus, nous remarquons que l'âge du liège varie d'un échantillon à l'autre. Ceci explique que le mode d'exploitation actuel du liège est de nature anarchique et n'obéit pas aux normes de levées réfléchies et organisées. Cette situation complique davantage tout type d'échantillonnage et exige un nombre très élevé de calas de liège pour bien représenter tous les âges de la parcelle d'étude, opération très abhorrée par les services forestiers.

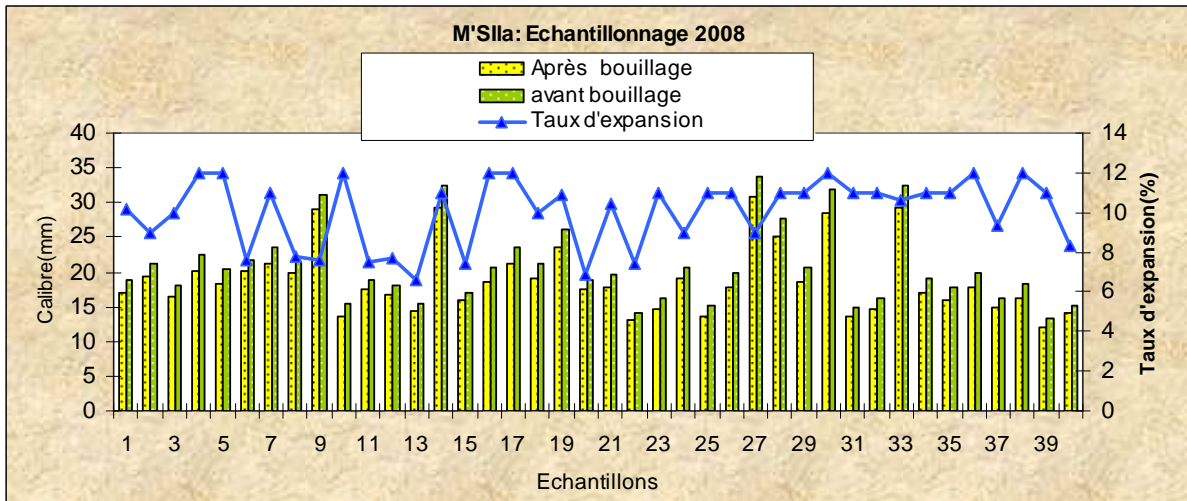
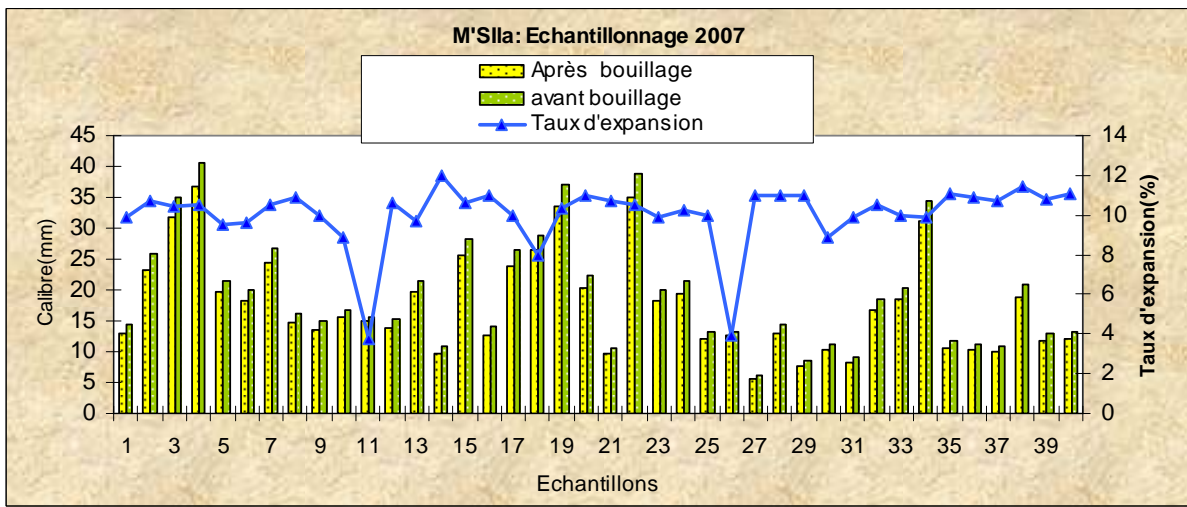
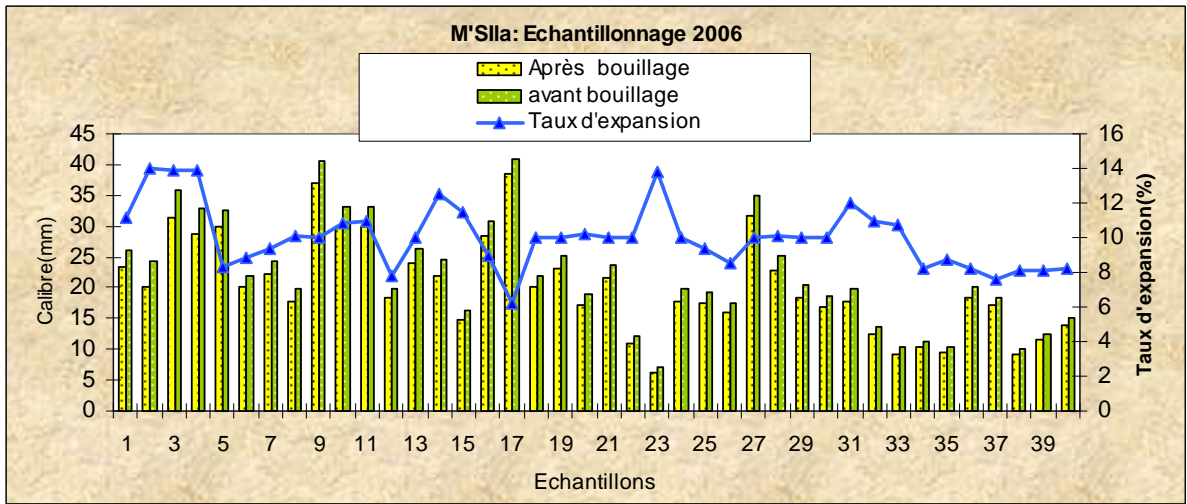
En effet, dans la suberaie de M'Sila au liège à maturité précoce (5 ans à 7 ans) l'exploitation du produit n'est pas réglée (par coupons), c'est à dire opérée la même année et sur tous les arbres de la parcelle. Cette exploitation hasardeuse ne peut être expliquée que par le manque de qualification et de compétences du personnel leveur. D'après Yessad (2001), cette opération qui est simple en théorie demande beaucoup de soins et ne devrait jamais être confiée à des ouvriers non expérimentés. C'est un travail technique qui demande un savoir-faire, une dextérité et un respect de l'arbre. Le personnel forestier doit impérativement savoir le nombre d'arbres à lever en les numérotant tout en mentionnant l'année d'écorçage sur chaque sujet levé. En effet, un liège qui colle ne devrait jamais être levé de force (arrachage de la mère avec le liège).

Dans la forêt de Zariéffet au liège à croissance lente et fine, cette nuance des âges est tributaire dans une même parcelle de l'exposition, de la profondeur et de l'humidité du sol, ce qui leur procure un régime d'exploitation de jardinage et non des coupons (Boudy, 1955). Par contre, cette situation se trouve aggraver par d'autres mœurs néfastes portant préjudices aux arbres. Le liège mince de cette forêt s'exploite fréquemment pour des rotations de 9 à 10 ans ce qui aurait pour effet direct de réduire l'âge de survie des arbres et donc de réduire la rentabilité des peuplements. Globalement, l'âge de nos échantillons variait de 7 ans à 14 ans pour des épaisseurs très contrastées.

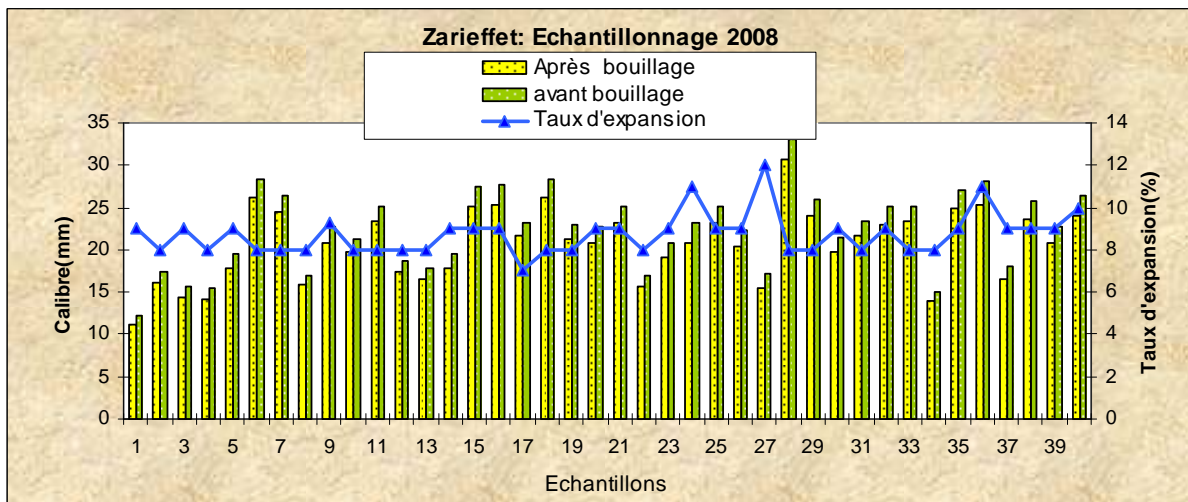
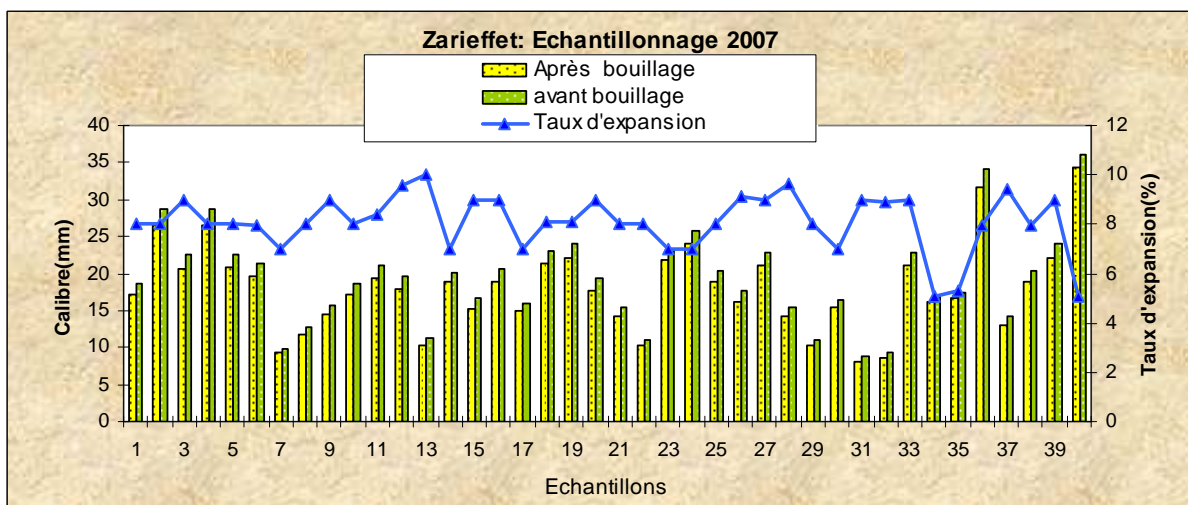
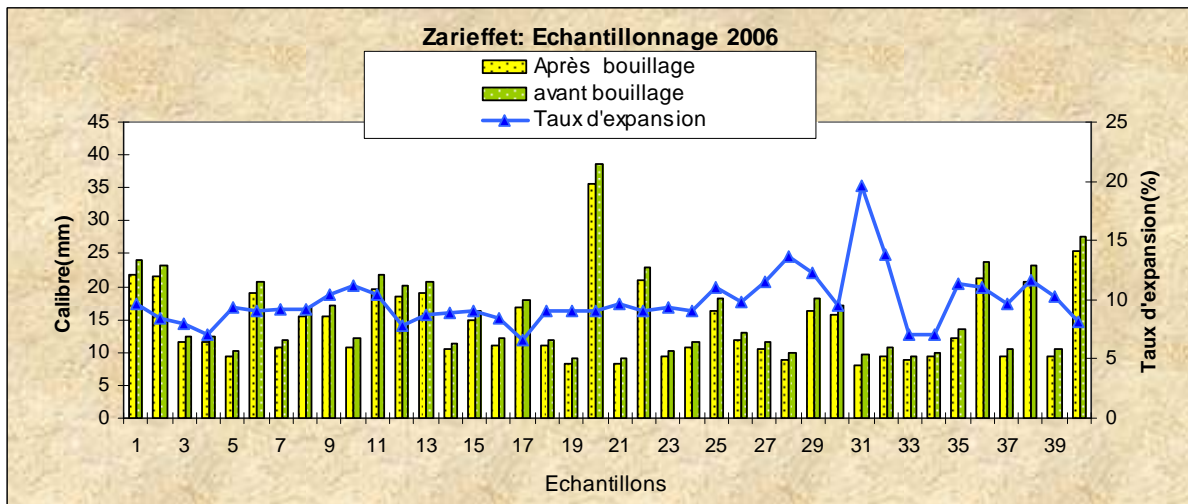
### **VII.2-Le bouillage**

Les mesures effectuées sur les anneaux de croissance annuels (avant bouillage) ont montré que les accroissements annuels du liège de M'Sila sont à dominance moyens à rapides. Ils sont cependant supérieurs à ceux de Zariéffet qui sont faibles à moyens. Ceci explique que la vitesse et le rythme de croissance de la couche annuelle du liège sont plus accentués au littoral qu'en montagne (Dahane, 2006 ; Dehane et *al.*, 2010). Cette observation semble justifiée à travers les résultats obtenus par Natividade (1956) sur le liège portugais de types épais et mince.

Après le bouillage, nous assistons à une expansion des calibres au sein de tous les échantillons de différents âges (Fig.113). La dilatation de la section transversale est au bénéfice du liège de M'Sila, soit un taux moyen global de 10,02% contre 8,93% à Zariéffet. Ces résultats se rapprochent de ceux avancés par Gonzalez et *al.* (2001) pour liège de la région Herguijuela dans le sud-ouest de l'Espagne. Ce dernier propose une expansion calibrable de l'ordre de 10,5%.





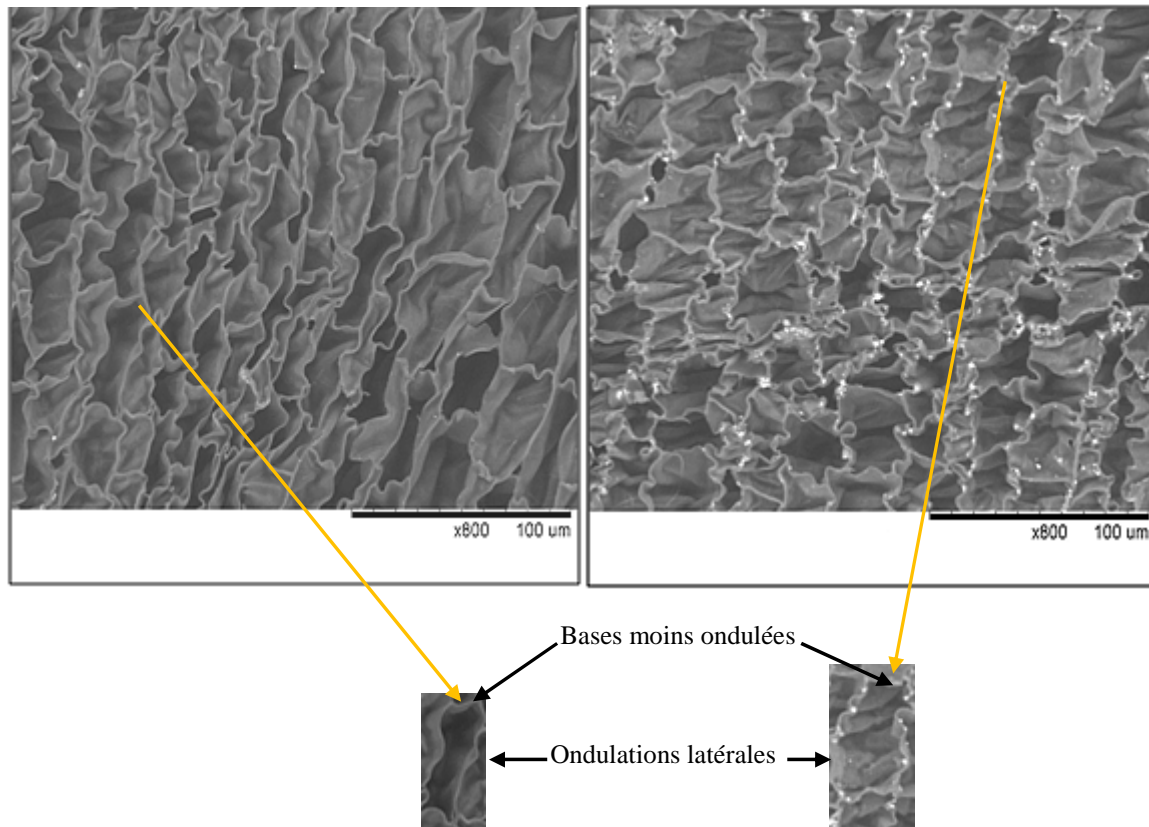


**Figure 113 : Expansion calibré du liège de M'Sila et de Zarieffet selon l'année d'échantillonnage (2006-2007-2008)**

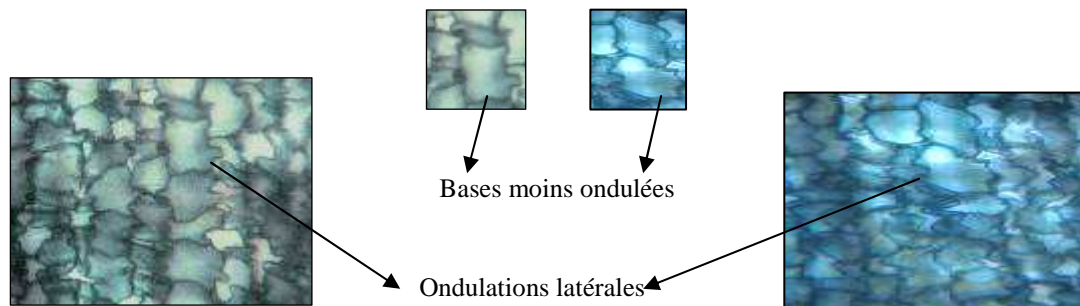
Physiquement, l'expansion du liège après bouillage s'opère au niveau des tissus subéreux par les changements structurels au niveau des cellules subéreuses (Pl.24). En effet, cela est dû à la réduction des ondulations sur les parois cellulaires. Cette observation trouve son appui par les résultats dégagés par Dehane (2006) sur les deux types de liège ; le liège de

M'Sila renferme 60% de cellules à parois mince contre 40% épaisses. Entre autre, le liège de Zarieffet contient 93% d'assises épaisses et seulement 7% minces. Durant le bouillage, l'atténuation des ondulations des parois cellulaires s'exprime mieux au sein du liège de littoral et par conséquent l'expansion de point vue calibre est plus importante que celle du liège de montagne (Pl.25- Pl.28).

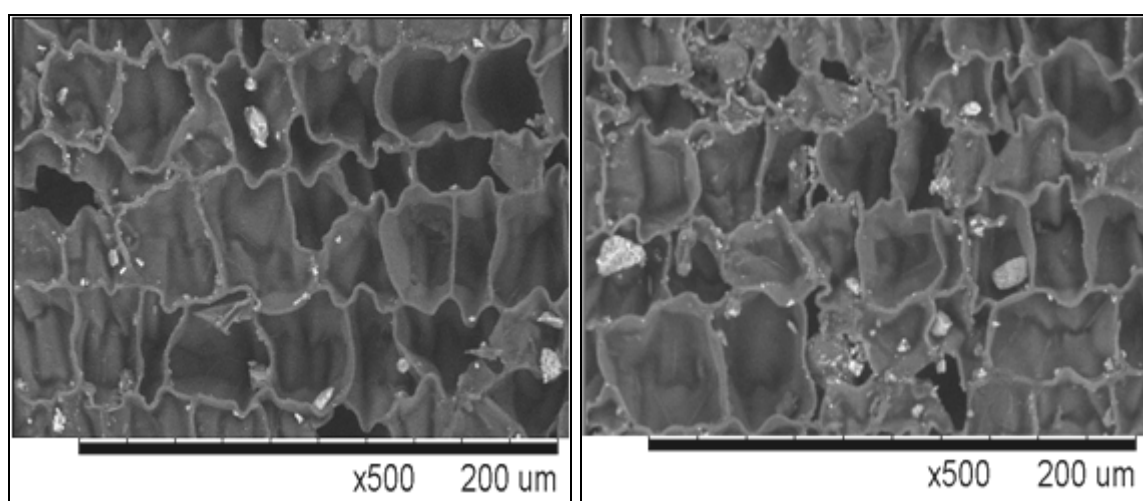
Ces ondulations proviennent essentiellement du stress de croissance qui prend d'ampleur lorsque de nouvelles assises subéreuses sont poussées contre d'autres cellules et viennent heurter les boucles des parois latérales (Pereira et *al.*1987; Rosa et Fortes, 1988).



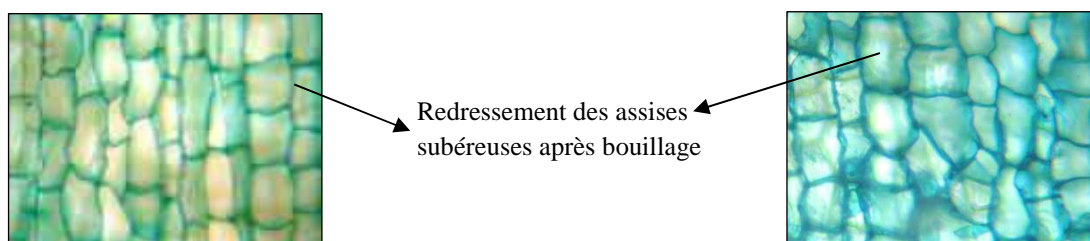
**Planche 25 :** Cellules subéreuses de la section transversale fortement ondulées avant le bouillage (Montage direct sous microscope à balayage) (à gauche : liège de M'Sila ; à droite : liège Zarieffet ; Gros.x800) (Original)



**Planche 26:** Forme géométrique des cellules de liège avant bouillage (à gauche : M'Sila ; à droite Zariéffet ; Gros. x40) (Montage avec protocole expérimental)



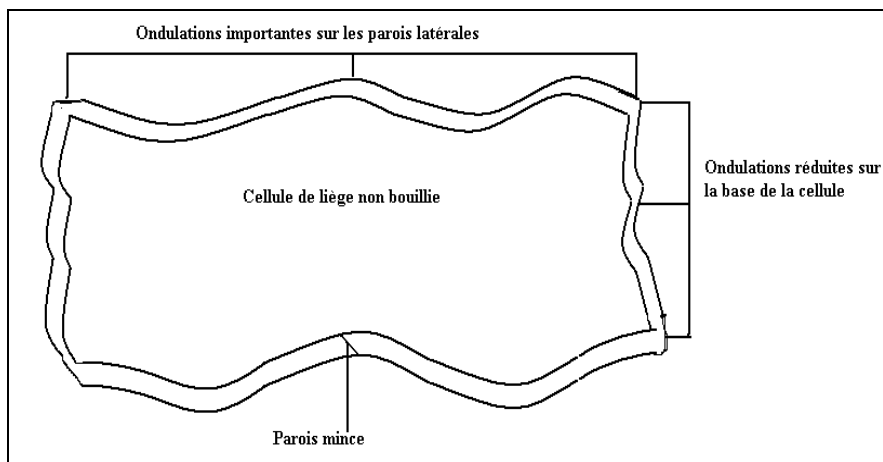
**Planche 27 :** Cellules subéreuses de la section transversale moins ondulées après le bouillage (A gauche : liège de M'Sila ; à droite : liège Zariéffet ; Gros.x500) (Original)  
(Montage direct sous microscope à balayage)



**Planche 28:** Forme géométrique des cellules de liège après bouillage ( à gauche : M'Sila ; à droite Zariéffet ; Gros.x40) (Montage avec protocole expérimental )

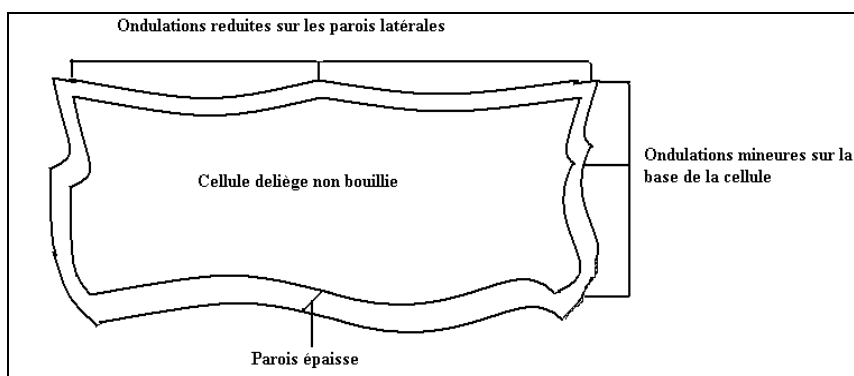
En général, la fréquence des ces ondulations s'avèrent très caractéristiques des cellules du liège de M'Sila. Assurément, les accroissements rapides et précoces de ce liège dont la plus part s'effectuent au printemps renferment un pourcentage important de cellules aux parois minces. A cet effet, les parois latérales de ces cellules sont plus propices à supporter la pression continue de la croissance de liège comme témoigne l'aspect serpenté de leurs parois

(Fig. 114 et 115). Cette observation est confirmée par les hauteurs supérieures des cellules dans la section transversale et radiale ainsi que les épaisseurs minces ( Dehane ,2006).



**Figure 114 : Forme de la cellule du liège de littoral avant bouillage**

Par contre, sur le parenchyme subéreux de Zariéffet aux accroissements lents et tardifs, le processus de fonctionnement de l'assise subero-phellodermique augmente graduellement au printemps et n'atteint son optimum qu'en fin été et début automne. Cette situation est à l'origine de la formation d'un nombre important d'assises à parois épaisses. Cette observation est confirmée dans notre cas par les valeurs supérieures des épaisseurs de parois dans les trois sections d'observation. Ainsi, les parois latérales de ces cellules s'ondulent difficilement et gardent la majorité de leur hauteur et de leur largeur (Fig.115). Ceci est confirmé par le rapport H/L supérieur à celui des cellules de M'Sila ( Dehane et *al.*,2010).



**Figure 115 : Forme de la cellule du liège de montagne avant bouillage**

Durant le bouillage, l'absorption d'eau pendant l'ébullition ramollit les parois cellulaires, alors que les différences de pression entre les cellules adjacentes induisent des contraintes de traction assez haut pour redresser les parois (Rosa et *al.*, 1990). Le bouillage est considéré comme un traitement de soulagement au stress en éliminant la légère courbature des bords du liège. Par ailleurs, en dehors des normes industrielles de préparation du liège, il a été constaté que le redressement optimal s'opère à une température au dessus de 250°C (Fortes et Rosa, 1988).

Globalement, au sein du liège du littoral aux accroissements moyens à rapides dominant les cellules de printemps aux parois latérales et aux bases longues et minces. Cette situation favorise la rectitude des parois et imprime aux cellules leur droiture et par conséquent cause l'atténuation des ondulations lors du bouillage. En revanche, sur le suber de Zariéffet, aux accroissements faibles à moyens, dominant les cellules d'automne aux parois latérales et aux bases courtes et épaisses. Ce schéma à faible ondulation s'accompagne lors du bouillage que d'une faible proportion d'expansion de leurs parois. Ces affirmations se rejoignent avec ceux proposées par Fos et Barreno (1994) sur un liège de montagne d'origine castellan et un autre littoral d'origine Catalan.

### VII.3-La densité

Les valeurs moyennes de la densité dégagées sur les échantillons de deux forêts attestent que le liège de M'Sila ( $229-262 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$ ) est moins dense que celui de Zariéffet ( $313-380 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$ ).

Ces résultats se rapprochent à ceux proposés par Gonzalez Hernandez et *al.*(2000) pour le liège de la région de la Catalogne et de l'Andalousie (Espagne) ( $257,2-212,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$ ) et ceux de Ferreira et *al.*,(1998) pour la région de Alcacer do Sol, au Portugal ( $315-320 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$ ). Par ailleurs, ces valeurs s'alignent aussi à celles présentées par Aloui et *al.*,(2006) pour le liège tunisien ( $237,9 - 268,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$ ) et celles de Roula (2010) pour le liège Algérien, de la région de Jijel ( $27,04-312,22 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$ ). Par contre, les moyennes évoquées par Metna (2003) pour les suberaies orientales de Tizi Ouzou ( $172,86-207,89 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$ ) semblent inférieures.

Plusieurs auteurs se rejoignent sur le fait que la variation de la densité du liège est affectée par de nombreux facteurs tels que l'origine géographique et la présence d'anomalies (Neto 1997 ; González-Adrados et *al.*, 2000; Forteset *al.*, 2004).

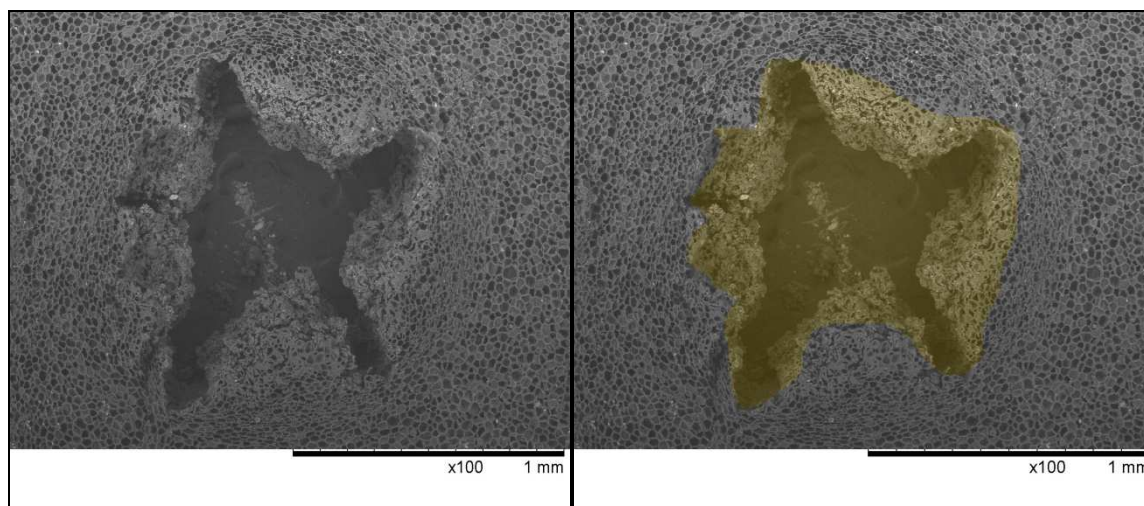
En l'occurrence, la variation de la densité avec l'origine géographique est principalement due à la variabilité de l'épaisseur de la croissance annuelle de liège, qui dépend d'un certain nombre de facteurs qui incluent les conditions environnementales (climat, sol, altitude) (Sánchez Gonzalez et *al.* 2007). Il est impérativement connu que la densité du liège augmentent du littoral vers la montagne (Cáceres Esteban et *al.*,2009). Cette constatation s'applique au liège des deux forêts.

Effectivement, l'effet de la provenance sur la densité est significatif au sein des échantillons de Zariéffet. Sur ce genre de liège se corrélient deux variables au facteur temps : La lenteur de croissance du liège de montagne s'accompagne d'une épaisseur accrue de la croûte ( $>4 \text{ mm}$ ) causant sa lourdeur d'une part et d'une concentration importante du liège d'été-automne aux cellules de petites dimensions et aux parois épaisses d'autre part. Ces deux variables augmentent la densité et par conséquent lui imprime une élasticité excessive.

En ce qui concerne l'état sanitaire, nous pouvons avancer que ce paramètre n'agit pas d'une manière directe sur l'augmentation ou l'atténuation de la densité. L'influence de la région géographique semble prendre le dessus sur tous les autres facteurs.

A M'Sila, le caractère poreux du tissu subéreux participe d'une manière marquée sur la densité malgré la grande taille des cellules et la minceur de leur parois. Pereira(2007), stipule que les inclusions ligneuses autours des pores augmentent la densité du liège à des valeurs supérieures à  $300 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$ . Cette observation est présente sur les échantillons des arbres dépérissants dont la densité moyenne ( $>300\text{kg}\cdot\text{m}^3$ ) suite à une porosité moyenne excessive de l'ordre de 8% (Pl.29).





**Planche 29 : Contour d'un pore fortement lignifié (Liège de M'Sila ; Gros.x100) (Original)**

## VII.4-La productivité

La productivité moyenne de  $6,52 \text{ kg.m}^{-2}$  obtenu pour l'ensemble des échantillons s'approche de la moyenne admise pour le liège algérien ( $6,5 \text{ kg.m}^{-2}$ ) (Saccardy, 1937).

En l'occurrence, les valeurs moyennes (tout état sanitaire confondu) enregistrées pour chaque forêt ( $6,67\text{-}7,50 \text{ kg.m}^{-2}$  (Zarieffet) ;  $6,17\text{-}6,38 \text{ kg.m}^{-2}$  (M'Sila)) se rangent entre les limites proposées pour le liège espagnol ( $5,9\text{-}9,0 \text{ kg.m}^{-2}$ ) (Gonzalez, Adrados et *al.*, 1997 ; Gonzalez, Adrados et Gonzalez Hernandez, 1997) et le liège portugais ( $7,5 - 9,7 \text{ kg.m}^{-2}$ ) (Pereira, 2007 ; Aronson et *al.* 2009).

La productivité du liège oranais est nettement inférieure en allant vers l'Est du pays, soit une moyenne de  $8,34 \text{ kg.m}^{-2}$  pour le liège de Jijel (Roula, 2010) et  $7,2 \text{ kg.m}^{-2}$  pour celui de Ain Draham (Tunisie) (Aloui et *al.*, 2006).

## VII.5-La croissance du liège

L'appartenance des deux suberaies à deux zones écologiquement et climatiquement controversés lui ont prévalu la production d'une mosaïque de calibres, marquée à M'Sila (CV= 5 %).

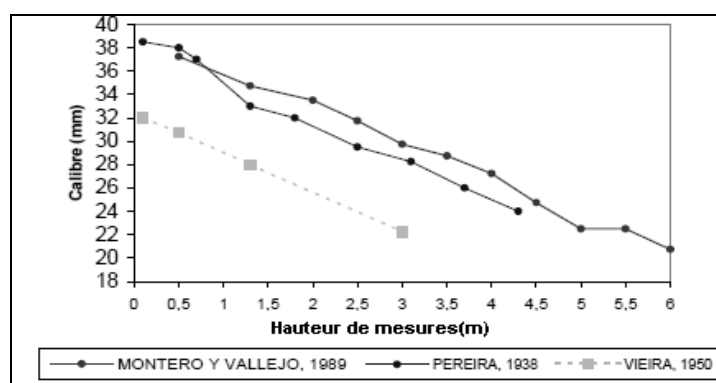
De telle variation d'épaisseurs, n'est que la résultante de l'influence du milieu d'origine sur lequel les arbres croissent (aire écologique du chêne liège). Selon plusieurs auteurs, cette variation du calibre est liée aux facteurs suivants :

- la qualité de la station : le calibre est meilleur dans les stations à climat humide et aux sols fertiles que celles à climat sec et aux sols pauvres (Montero, 1987; Montoya Oliver, 1988; Caritat et *al.*, 2000).
- Caractères intrinsèques des arbres : il est connu que la calibre de liège varie fortement entre les arbres ayant les mêmes caractéristiques phénotypiques et dont les conditions de croissance sont similaires (UPIC, 1990).
- La hauteur d'écorçage : l'épaisseur du liège est décroissante dans la partie supérieure du tronc (elle baisse de 25 mm au-delà de 4m de hauteur) que dans sa partie inférieure (Montero et Vallejo, 1990) (Fig.116).

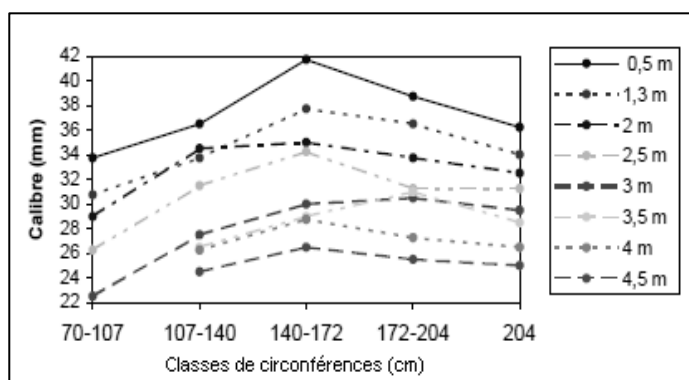
▪ Classe de circonférences : les meilleures épaisseurs sont obtenues dans les classes de circonférences centrales (107-140cm) à (172-204cm) (Vieira, 1950; Montero et Vallejo, 1990) (Fig.117).

- L'âge des arbres : à un âge avancé des arbres, le calibre des planches ayant 9 à 10 ans diminue fortement de telle sorte que l'exploitation du liège ne présente plus d'intérêts (Natividade, 1956).

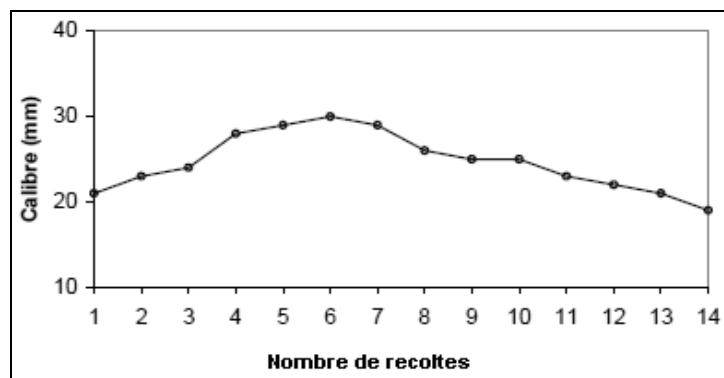
- Nombre des récoltes : le calibre du liège augmente progressivement jusqu'à la 6<sup>ème</sup> et la 7<sup>ème</sup> récolte puis fléchit de 25 mm à partir de la 10<sup>ème</sup> récolte et ne rentre plus dans la l'icône du liège bouchonable (Montero et Cañellas, 1999) (Fig.118).



**Figure 116 : Variation du calibre du liège mesuré à différents niveaux de la hauteur (Montero et Vallejo, 1989 ; Pereira, 1938 ;Viera, 1950)**



**Figure 117 : Variation de l'épaisseur moyenne mesurée à différentes hauteurs en fonction de la circonférence normale (Montero et Vallejo, 1990)**



**Figura 118 : Variation du calibre produit par le même arbre durant 14 récoltes successives (Viera, 1950)**

Dans les conditions propices à la bonne croissance du chêne liège, ces arbres se caractérisent en montagne par la production des lièges minces à très minces (flotte) où il est fréquemment connu de n'apercevoir que les calibres entre 18 et 26 mm. Le liège marchand de 27 mm n'est atteint qu'après l'âge de 12 ans voire 15 ans en moyenne (Dehane et *al.*, 2011).

En littoral, suite à une humidité maritime très élevée durant toute l'année, ce liège dépasse le premier par une quantité variable de calibre juste épais (>27mm) aux alentours de 15%. Les calibres des subéraies de l'ouest sont remarquablement réduits par rapport à ceux du Centre et du l'Est du pays, soit respectivement une moyenne 26,8 à 33,7 mm (Tizi Ouzou) (Messaoudenne et Metna, 2010) et 27,30-30,82 mm (Jijel) Roula, 2010).

Les valeurs moyennes des accroissements annuels complets enregistrés sur le liège des deux forêts : 2,59 mm et 2,25 mm sont similaires à celles citées dans le Projet de Recherche Européen (Corkassess, 2001), dans le cas du liège d'Andalousie et de la Catalogne (Espagne), se rangeant entre les limites de 2,0 - 4,8mm et dans le cas du liège de la Sardaigne entre les limites de 2,3 - 2,8 mm.

## **VII.6. Facteurs explicatifs de la dégradation de l'état de santé des arbres**

Les subéraies oranaises ont joué depuis jadis un rôle non seulement écologique, paysager et touristique, mais aussi économique et social. Le liège constitue l'unique produit naturel tiré directement de ces forêts afin d'alimenter en qualité un tissu industriel qui ne cesse d'augmenter à travers le pays et assurant l'emploi de plusieurs centaines de personnes. La chute alarmante de la production subéricole à l'échelle de ces zones est une affirmation des difficultés rencontrées par l'espèce à assurer non seulement une production quantitative et qualitative stable mais aussi la conservation même de la pérennité des arbres et des peuplements.

La diminution continue des accroissements annuels du liège est liée à plusieurs facteurs du milieu dans lequel évoluent les arbres. Parmi les principaux éléments retenus dans notre étude et qui s'avèrent responsables de la réduction de la production subéreuse des arbres et des peuplements, nous citons particulièrement le phénomène du déclin de l'état sanitaire des arbres ou dépérissement.

Ce phénomène environnemental touche les deux forêts étudiées depuis longtemps à l'égard des autres pays de la méditerranée occidentale. La bibliographie relate peu d'engouement des scientifiques pour de tels faits dans la région. Les premières dégradations datent de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle (A.E.F.C.O., 1961).



Dans la région nord-ouest de l'Algérie, ce phénomène n'a été que peu étudié, le seul travail exhaustif, a été réalisé par Bouhraoua (2003) notamment dans les deux forêts.

En littoral, particulièrement à M'Sila, des dépérissements d'arbres (cas isolés ou dépérissement diffus par tâches) ont été signalés pour la première fois en 1891. D'autres vagues de ce phénomène ont été enregistrées ensuite entre 1913 et 1926 (Bouhraoua, 2003). Depuis lors et jusqu'en 1960, aucun dépérissement nécessitant des travaux d'assainissement ou de recépage n'a été relaté dans les archives forestières ce qui suggère que le phénomène avait nettement régressé.

Ce n'est qu'en 1975 (date de la première exploitation de liège après l'indépendance), que le dépérissement a attiré l'attention des forestiers locaux mais les réels travaux de diagnostic et de détermination des causes éventuelles n'ont commencé qu'à partir des années 80. Plusieurs missions ont alors été organisées sur place entre 1983 et 1995 (Lanier et *al.*, 1986 ; Aici et Abbas, 1988 ; Aici et *al.*, 1994 ). Pendant cette période, une progression nette du dépérissement a été constatée sous forme de taches apparaissant à travers tous les peuplements.

La dégradation de l'état sanitaire de la subéraie à Zariéffet, a commencé dès le début du 20<sup>ème</sup> siècle et s'est prolongée durant un siècle. Une forte mortalité des arbres a été observée à la fin des années 80 sur environ 720 ha (A.E.F.C.O., 1994).

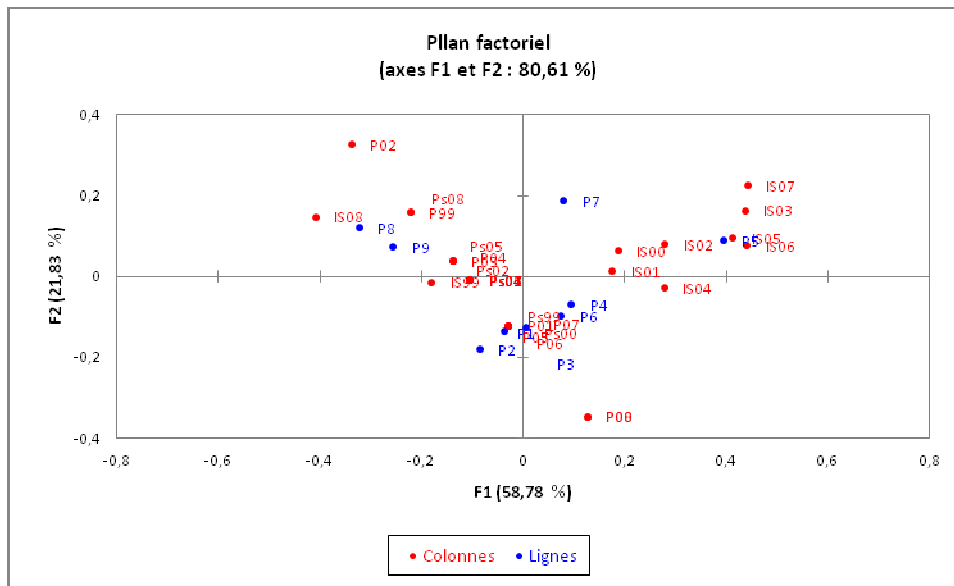
### ***VII.6.1- Les différents facteurs de dégradation de l'état sanitaire***

Après des décennies de constations, plusieurs auteurs se rejoignent aujourd'hui sur un seul concept pour expliquer la complexité du phénomène. Les évaluations partielles qui prennent en considération un seul facteur associé à la perte de vigueur ne sont plus d'actualité.

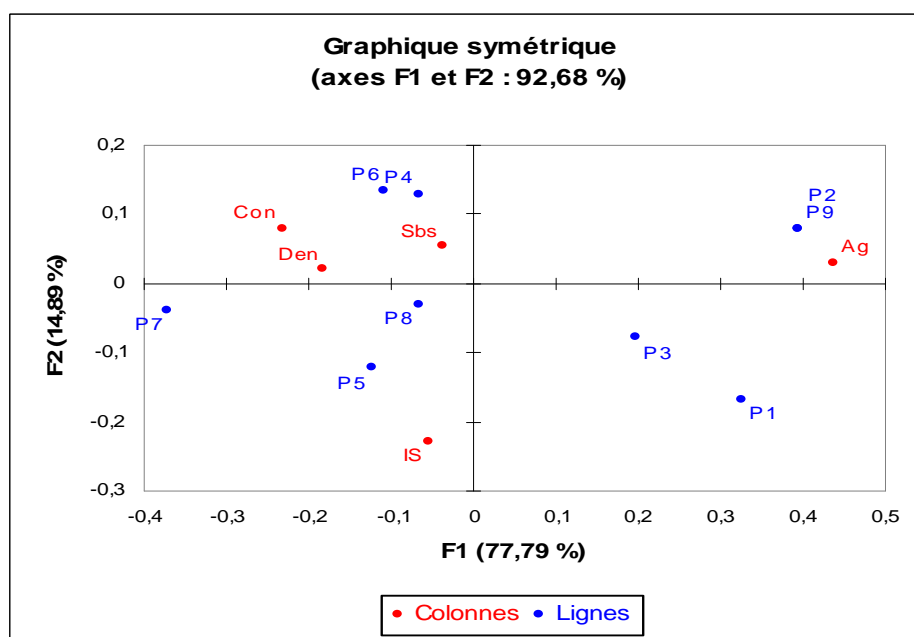
Les dépérissements sont définis comme des phénomènes causés par un ensemble de facteurs interagissant et se succédant de façon particulière, et qui entraînent une détérioration générale (portant notamment sur l'aspect et la croissance) et graduelle, se terminant par la mort de l'arbre selon trois échelons successifs, les facteurs prédisposants, les facteurs déclenchants et les facteurs aggravants (Sinclair, 1964 et 1967 ; Houston, 1967 ; Manion, 1981 ; Sousa et Atay kadiri, 2005).

#### **VII.6.1.1-Facteurs prédisposants :**

Ce sont les facteurs permanents contribuant à l'affaiblissement général de l'arbre sans pour autant provoquer l'apparition de symptômes (Changement climatiques à long terme, pollution chronique, réduction de vigueur liée à l'âge (Landmann, 1994). Parmi les facteurs pesant sur l'essence dans les deux forêts, nous citons les facteurs climatiques, l'anthropisation et les facteurs sylvicoles. Le rôle de chacun de ces facteurs est apprécié à partir des résultats de l'AFC consignés dans les figures 1119 et 120 les tableaux 103 et 104.

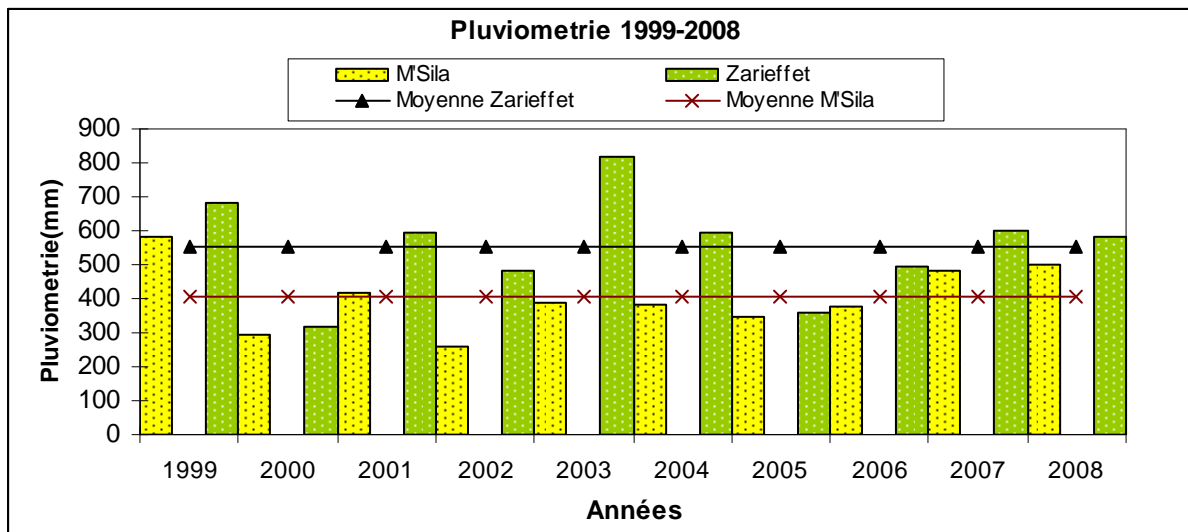


**Figure 119: Représentation dans le plan factoriel F1 x F2 des facteurs climatiques agissant sur les peuplements des deux forêts**



**Figure 120: Représentation dans le plan factoriel F1 x F2 des facteurs sylvicoles agissant sur les peuplements des deux forêts**

**1-Les facteurs climatiques :** Ils sont presque toujours impliqués comme des facteurs prédisposants, les plus souvent invoqués sont les sécheresses (Auclair et *al.*,1992). Dans notre région, la synthèse climatique a montré que le climat est généralement favorable à Zariéffet, moyennement favorable à M'Sila(Fig.121). Les précipitations qui jouent un rôle primordial dans l'alimentation hydrique des arbres sont souvent les premiers facteurs mis en évidence dans de nombreux travaux de recherche pour expliquer ce processus. Pour de nombreux auteurs, la déficience hydrique du sol est la conséquence d'une réduction des précipitations printanières (Oliveira et *al.*, 1992 ; David et *al.*, 1992 ; Méthy et *al.*, 1996; Bouhraoua,2003).



**Figure 121: Variation de la pluviométrie annuelle dans les deux forêts durant la période 1999-2008**

D'après la figure 121, nous constatons que les retombées pluviales sont favorables en montagne (>500mm) alors qu'elles sont moyennement favorables en littoral (~400mm). Toutefois, dans cette région l'élévation de l'hygrométrie de l'air intervient souvent pour maintenir l'équilibre hydrique en compensant le déficit pluviométrique.

Les résultats d'analyse représentés dans la figure 120 et le tableau 103 mettent en évidence l'action de 3 principaux paramètres sur la vigueur des arbres. Il s'agit de la pluviométrie annuelle, la pluviométrie saisonnière entre mars et juin et l'indice de santé.

**Tableau 103: Contributions absolues des parcelles et variables sanitaires et climatiques sur le principal plan factoriel. Les valeurs en gras indiquent les contributions fortes sur l'axe correspondant**

Contribution des parcelles			Contribution des variables		
Principaux axes	F1(58,78%)	F2(21,83%)	Principaux axes	F1	F2
P1	-0,036	<b>-0,136</b>	IS99	-0,181	-0,014
P2	-0,086	<b>-0,179</b>	IS00	<b>0,187</b>	0,065
P3	0,006	<b>-0,126</b>	IS01	<b>0,175</b>	0,012
P4	0,095	-0,070	IS02	<b>0,279</b>	0,079
P5	<b>0,394</b>	0,089	IS03	<b>0,437</b>	0,163
P6	0,074	-0,098	IS04	<b>0,277</b>	-0,029
P7	0,079	<b>0,186</b>	IS05	<b>0,413</b>	0,095
P8	<b>-0,323</b>	0,122	IS06	<b>0,441</b>	0,076
P9	<b>-0,257</b>	0,074	IS07	<b>0,442</b>	0,226
			IS08	<b>-0,409</b>	0,148
			P99	<b>-0,222</b>	0,159
			P00	<b>0,126</b>	-0,347

P01	-0,028	-0,122
P02	<b>-0,338</b>	0,327
P03	<b>-0,139</b>	0,039
P04	<b>-0,139</b>	0,039
P05	-0,028	-0,122
P06	-0,028	-0,122
P07	-0,028	-0,122
P08	0,126	-0,347
Ps99	-0,028	-0,122
Ps00	-0,028	-0,122
Ps01	-0,106	-0,010
Ps02	-0,139	0,039
Ps03	-0,106	-0,010
Ps04	-0,106	-0,010
Ps05	-0,139	0,039
Ps06	-0,106	-0,010
Ps07	-0,106	-0,010
Ps08	-0,222	0,159

D'après le tableau 103, nous remarquons que le premier axe fournit 59 % de l'information. Les parcelles très dépérissantes de M'Sila s'opposent à celles saines de Zariéffet. Les indices de santé semblent avoir une relation positive faible vis-à-vis de la pluviométrie annuelle et saisonnière (entre janvier et juin). La parcelle 5 s'individualise des autres parcelles par un indice de santé très dégradé surtout durant les années 2003,2005 et 2006. A Zariéffet, les fortes contributions négatives de P8 et P9 sont liées à des indices de santé très bas ( $IS < 1,50$ ) suite à une pluviométrie favorable. Dans les autres parcelles, la liaison entre l'état sanitaire et le climat semble très faible et parfois indifférente. Toute amélioration /dégradation des pluies a entraîné une légère amélioration/dégradation de l'état sanitaire des peuplements.

Sur l'axe 2 (avec 22 % d'inertie), la parcelle 2 acquérant la plus forte contribution négative est la plus saine s'oppose complètement à la parcelle 7. Cette dernière est la plus dégradée et se montre indifférente aux variations annuelles et saisonnières des pluies.

Globalement, nous pouvons avancer que l'impact direct et immédiat de la pluviométrie sur l'état sanitaire des arbres dans les deux forêts semble dérisoire. Selon certains auteurs, se sont les longues périodes de sécheresse très sévères qui portent préjudices aux plantes, y compris qui sont réputées par leur résistance (Houston et *al.*, 1992).

**2-Les facteurs sylvicoles :** La résistance remarquée du chêne-liège à la sécheresse semble fragilisée par d'autres facteurs tels que les conditions sylvicoles défavorables (âge des arbres, densité, embroussaillement, enrésinement, élimination totale du sous-bois, anthropisation) (Letreuch-Belarouci et *al.*,2010). L'impact de l'homme et de son troupeau. Leurs traces étant perceptibles partout à travers la forêt ( Benabdeli,1996).

Les arbres soumis à de telles conditions sont rabougris et sont plus souvent attaqués par des insectes et des champignons. Ceux-ci sont à l'origine de défoliations souvent totales qui conduisent à de graves déséquilibres physiologiques (Nageleisen, 1994 ;Sechi et *al.*,2002 ; ).

Les résultats d'analyse illustrés dans le tableau 104 mettent en évidence l'action des trois principaux paramètres sur la vigueur des peuplements. Il s'agit de l'embroussaillement, la concurrence et l'âge des arbres.

**Tableau 104:** Contributions absolues des parcelles et variables sanitaires et sylvicoles sur le principal plan factoriel. Les valeurs en gras indiquent les contributions fortes sur l'axe correspondant

Contribution des parcelles			Contribution des variables		
Principaux axes	F1(77,79%)	F2(14,89%)	Principaux axes	F1	F2
P1	<b>0,148</b>	0,204	Con	0,008	<b>0,798</b>
P2	<b>0,192</b>	0,041	IS	<b>0,191</b>	<b>0,116</b>
P3	0,061	0,047	Den	0,089	0,006
P4	0,010	0,202	Ag	<b>0,706</b>	0,017
P5	0,041	0,210	Sbs	0,006	0,064
P6	0,030	0,229			
P7	<b>0,319</b>	0,018			
P8	0,007	0,008			
P9	<b>0,192</b>	0,041			

D'après le tableau 104, nous constatons que le premier axe détient 77,79 % de l'inertie totale. Les trois parcelles de Cheikh Ben Khalifa (P1,P2, P3) et la parcelle 9 de Zariéffet (faiblement embroussaillées) s'opposent aux autres parcelles à sous bois dense. Dans ces parcelles les arbres sont âgés et dépourvus de sous-bois, l'intensité du dépérissement diminue fortement.

Les indices de vigueur des arbres et des peuplements ne se corrèlent pas à l'abondance du sous-bois et la forte densité. Ces variables caractérisent les parcelles (à fortes contributions) telles que P5, P4 et P7 un degré moindre la parcelle 6.

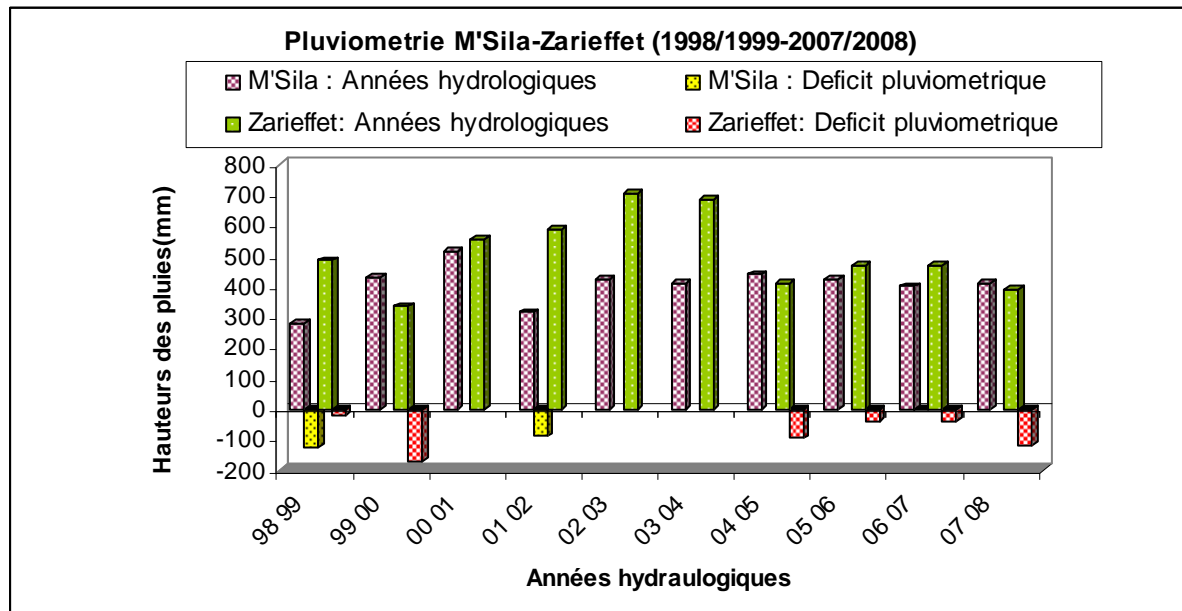
Sur l'axe 2, fournissant 14,84% de l'information, la concurrence augmente la compétition entre les arbres. Cette concurrence s'observe plus dans les parcelles 4, 5 et 7 et même 3 et 4 aux arbres moins âgés. Sur cet axe, la concurrence du sous bois intervient d'une manière plus au moins marquée sur la santé des arbres. Certains auteurs, affirment que le chêne liège se montre plus sensible que le chêne vert et le chêne pubescent aux effets négatifs dus à l'augmentation de la compétition entre les arbres, surtout par rapport aux ressources hydriques et les éléments minéraux (Ruiu et *al.*, 2005).

#### VII.6.1.2-Les facteurs déclenchants

Les facteurs déclenchants souvent relatés dans la description de l'altération sanitaire du chêne liège correspondent assez nettement aux régions où se conjuguent des précipitations annuelles faibles, des températures estivales fortes, une réserve utile en eau du sol limitée. En effet, le fonctionnement physiologique de l'arbre est fréquemment perturbé par les épisodes secs de longue durée qui entraînent le dépérissement et finalement la mort de l'arbre. Cette vulnérabilité réduit la capacité de défense des arbres et crée ainsi des conditions favorables à l'action des facteurs d'accélération (tels que les attaques de certaines espèces de faiblesse de champignons et d'insectes) (Sousa et Atay Kadiri ,2005 ; Rachedi, 2008).

**1-La sécheresse :** La figure 122 montre que les peuplements de chêne-liège ont subi pendant 10 ans d'observation une variation contrastée de la pluviométrie qui s'est accompagnée par

des années sèches aggravées par des températures estivales anormalement élevées. A M'Sila, ce schéma a été particulièrement observé durant les années hydrologiques 1998/1999 et 2001/2000 où le déficit pluviométrique accusé était respectivement de l'ordre de 125mm et 90 mm soit une baisse de 31% et 22%. A Zarieffet, la situation était plus accentuée, le déficit pluviométrique a connu une succession d'années sèches (23mm :1998/1999), (174mm : 1999/2000) et (96-117mm : 2004/2005 - 2007/2008). Ces quantités correspondent à un déficit pluviométrique de plus de 50 % par rapport à la moyenne.



**Figure122 : Situation pluviométrique dans les deux forêts analogues aux notations de l'état sanitaire (1999-2008).**

Selon la synthèse établie par Bouhraoua (2003), le phénomène récurrent de la sécheresse n'est pas nouveau dans les deux régions. A Zarieffet, plusieurs vagues de sécheresses plus ou moins prononcées (400 à 500 mm de pluies) ont été enregistrées depuis le début du siècle dernier avec une périodicité variable de 2 à 5 ans parfois même d'une décennie. La plus forte remonte en 1929 où 105 mm seulement de pluies ont été enregistrées. A cours des années 60, la sécheresse n'est apparue qu'en 1966 mais elle est devenue plus fréquente (8 événements) durant ces 2 dernières décennies (1981, 83, 85, 88, 93, 94 et 98), soit une fréquence de 3 ans en moyenne.

Sur le littoral, la sécheresse remonte aussi au début du siècle dernier. Deux principales grandes périodes de sécheresse ont été enregistrées, l'une entre 1901 et 1922 avec des séquences de sécheresse presque tous les ans (14 événements) et l'autre entre 1967 et 1998.

Selon certain auteurs, ce déficit pluviométrique chronique favorise le stress hydrique et collabore au déficit hydrique de façon à nuire au processus physiologique de l'arbre. Il en résulte une perte considérable par transpiration dépassant l'absorption de l'eau par les racines et une diminution de taux de photosynthèse et une augmentation de l'activité respiratoire. Cette réduction de la photosynthèse peut causer une diminution de la croissance des racines et une atrophie (Bonneau, 1985). Globalement, ce déséquilibre est provoqué par un blocage de transmission de l'eau du sol vers les racines, suite à une perturbation du mouvement de l'eau dans le sol causé par le tassement du sol. Il peut être aussi causé par un sol de faible capacité de rétention en eau suite à une faible profondeur ou résultant d'un processus d'érosion (Abdenbi, 2003 ; Martinez-Vilalta et al., 2003).

**2- L'embroussaillage** : Parmi les conséquences de la mauvaise gestion des suberaies algérienne et en particulier oranaises sont l'abandon et l'absence quasi totale des soins culturaux portés aux suberaies ce qui conduit à leur embroussaillage excessif et à la concurrence avec d'autres essences à l'égard du pin d'Alep. Selon Ruiu et *al.* (2005), les peuplements embroussaillés et non pâturés présentent un indice de dépérissement significativement élevé que les peuplements débroussaillés et pâturés. Cette situation est plus présente dans les parcelles 4,5 et de 6 de M'Sila où la texture sablonneuse du sol à faible rétention en eau supporte un sous bois très dense qui entre en concurrence avec le chêne liège pour leur besoin vitaux notamment l'eau. A Zariéffet, l'embroussaillage, se manifeste d'une manière accrue dans la parcelle dépérissante 7 .

**3- Les incendies** : La disparition de la strate arbustive du chêne liège suite aux incendies répétés favorise une augmentation de l'ensoleillement au niveau du sol et conduit à leur dégradation ; par la suite accélère le phénomène de l'érosion et par conséquent la disparition de la fertilité du sol qui est liée essentiellement à la matière organique et à l'activité biologique du sol (Bouazza et Mahboubi,2000). Ce schéma crée une atmosphère sèche défavorable au chêne liège. Les arbres touchés directement par le feu perdent irréversiblement leur feuillage, les rescapés le régénèrent avec des symptômes d'altération des rameaux et une architecture modifiée du houppier par la chute de la masse foliaire (Nageleisen, 1994). En effet, les peuplements de Zariéffet ont été sujets à plusieurs reprises aux incendies en particuliers les parcelles 7 et 8. Les plus catastrophiques sont ceux des années 1983,1994 et 2008 coïncidant avec un stress hydrique intense. D'après Silva et Catry (2006), les arbres plus âgés supportant un liège mince avec un sous-bois dense, sont particulièrement sensibles au feu. A M'Sila ce phénomène est très rare.

**4- Les agents biotiques** : Ils interviennent d'une manière directe sur l'apparition des symptômes de dépérissement. Les facteurs biotiques associés au déclin du chêne liège sont essentiellement les insectes ravageurs (Chadigan 1990, Villemant & Fraval, 1991, Hamdaoui, 1994; Sousa, 1995) ou des maladies cryptogamiques (Brasier et *al.*, 1992; Franceschini et *al.*, 1993 ; Bakry & Abourouh,1995).

Dans la région méditerranéenne, les insectes phytophages primaires représentés par les défoliateurs sont les plus souvent évoqués dans la littérature ( El Antry, 1994, ; Luciano et Prota, 1995). Ils sont très impliqués dans le processus affaiblissement et de réduction de la croissance des arbres, mais sans pour autant causé la mort (Ferreira & Ferreira (1989). Toutefois, les chenilles de *Lymantria dispar* ont provoqué des défoliations partielles très limitées dans le temps (1896) à M'Sila et n'ayant aucune incidence sur l'état actuel d'affaiblissement des peuplements (Bouhraoua, 2003).

Par contre, le dépérissement semble très liés à la présence de divers coléoptères xylophages particulièrement *Platypus cylindrus* causant la mort directe de 7% des cas dans un jeune peuplement de M'Sila ( Belhoucine,2008).

#### **VII.6.1.3-Les facteurs aggravants :**

Ces facteurs agissent sur les arbres affaiblis, les empêchant de retrouver leur vitalité initiale (résilience) et précipitant ainsi leur mort. Un stress hydrique prolongé dû à plusieurs années de sécheresse qui suivent l'évènement déclenchant peut aggraver l'état sanitaire de l'arbre (Rachedi, 2008)

Les facteurs d'accélération sont en générale liés à la présence des insectes xylophages et xylomycétophages, champignons pathogènes de faiblesse et de blessures (Griffin et *al.* (1992, Cherubini et *al.* 2002).

Dans les deux forêts, les travaux réalisés par Bouhraoua (2003) et Belhoucine (2008) évoque la présence d'un cortège assez riche de xylophages opportunistes s'installant dans les arbres préalablement affaibli en particuliers *Platypus cylindrus* *Lichenophanes numida*, *Acmaeodera degener*, *Stromatium fulvum*, et *Leptura oblongomaculata*. Parmi les champignons de faiblesse on note *Hypoxylon mediterraneum*, *Raffaelea ambrosiae* Arx & Henneb, *Fusarium* sp. et *Graphium* sp.

## VII.6.2-Mécanisme de la dégradation sanitaire des arbres dans les deux suberaies

L'étude d'un dépérissement forestier passe inévitablement par une analyse des différents paramètres de l'écosystème qui peut influencer sur la vitalité des arbres : contexte climatique, contexte stationnel, contexte sylvicole et facteurs biotiques. Cette analyse permet de mettre en évidence un cortège de facteurs actifs dans le processus du dépérissement. Dans ce contexte, les premières constatations visibles de ce phénomène environnemental se distinguent par l'apparition de deux symptômes macroscopiques particuliers qui sont la défoliation et le jaunissement du feuillage (Landmann et *al.*, 1987)

En région méditerranéenne, Les premiers constats en rapport avec les suberaies datent des années 1960, mais le phénomène est apparu plus nettement dans les années 1980/1990 et semble s'accélérer depuis les années 2000 (Sousa et *al.*2007).

les résultats semblent refléter une situation similaire dans la plus part des pays touchés par ce phénomène, comme l'Espagne (Gotarredona 1992, Jacobs et *al.*, 1992), France (Mirault, 1996), Italie (Francheschini et *al.*, 1999) Maroc (Yousfi, 1995 ; Harrachi, 1996) et la Tunisie (Benjamaa et Hasnaoui, 1996). Dans cette optique, Graf et *al.* (1992) rapporte que les forêts du nord-ouest du Maroc ont subi une réduction de leur superficie d'environ 30% durant les quinze dernières années.

La majorité des auteurs considèrent que les altérations liées au dépérissement des arbres de chêne liège sont des conséquences de l'interaction d'un stress abiotique et biotique (Fig.124). Le passage d'un état sain à un état de stress, ainsi que celui d'un état de stress à un état de dépérissement sont réversibles. Dans cette équation, le stress hydrique intense résultant d'une longue période de sécheresse semble le premier catalyseur (Cellerino et Gennaro, 2000).

Selon Houston (1992), dans l'état normal des choses, les longues périodes de sécheresse très sévères portent préjudices aux plantes, y compris qui sont réputées par leur résistance.

En effet, les arbres sains de chêne liège deviennent vulnérables au stress hydrique quand les pertes par transpiration dépassent l'absorption de l'eau par les racines. Ce schéma s'intensifie particulièrement chez les jeunes arbres récemment démasclés. Plusieurs auteurs se rejoignent sur le fait que le chêne liège possède une des racines pivotante les plus lentes en croissance de profondeur (Natividade,1934 ; Sousa et *al.*,2007). Les jeunes chênes lièges <80 ans, dont l'apex racinaire et la racine pivotante sont réduites n'atteignent rarement les eaux des profondeurs > 10 m, pendant les périodes de grande chaleur et de sécheresse (Cooper et *al.*,2003). En Algérie, les mécanismes de la dégradation sanitaire des arbres du chêne liège ont été élucidés par Bouhraoua et Villemant (2005).

Ce déficit hydrique incite l'arbre à l'adoption d'une stratégie de résistance par une série de modification morphologique et physiologique (Fig.123) :



### 1- Cas d'un stress réversible avec atténuation des facteurs abiotiques

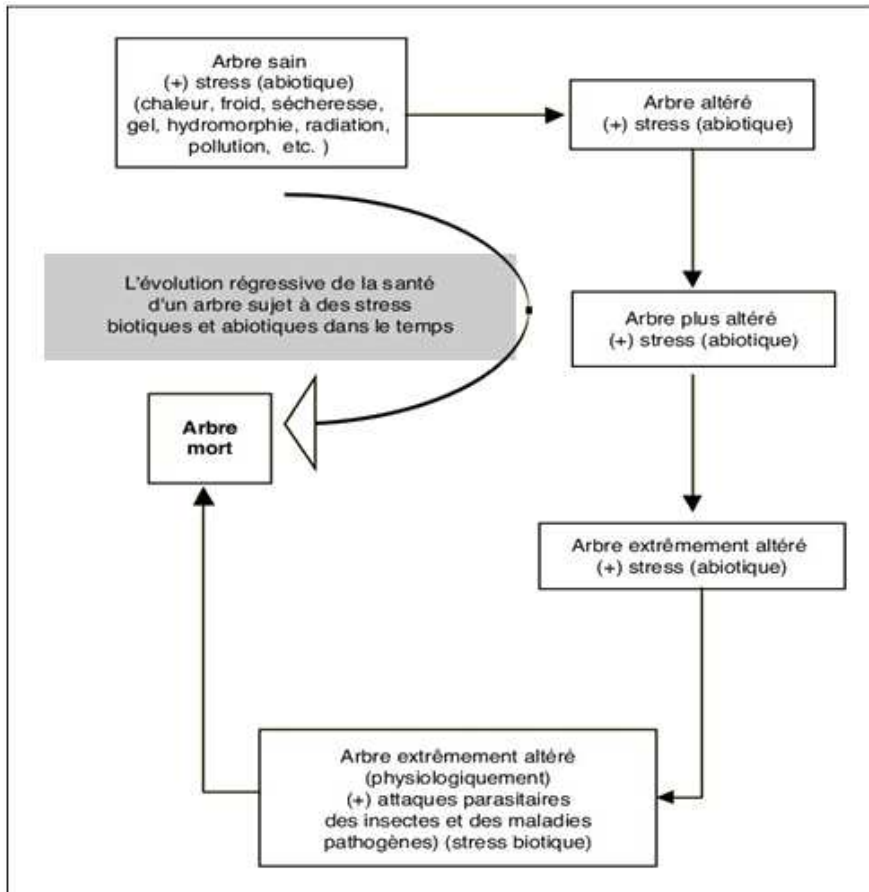
- Fermeture momentanée des stomates.
- Baisse de la surface foliaire, augmentation de la surface racines.
- Défense positive de l'arbre.

### 2- Cas d'un stress hydrique irréversible avec accentuation des facteurs abiotiques

- Perte d'eaux plus importantes que la réserve disponible dans le sol.
- Relâchement total des stomates.
- Dessèchement des tissus par une perte excessive de l'eau.
- Perte de conductivité hydrique à cause de la perturbation du mouvement de l'eau dans les vaisseaux par cavitation et embolisme.
- Perte volontaire des feuilles.
- Baisse de défense et affaiblissement des arbres.

### 3- Cas d'un stress hydrique irréversible avec une accentuation intense des facteurs abiotiques

- Dessèchement des rameaux et des branches.
- Arrêt prolongé de la croissance.
- Vulnérabilité des arbres envers les facteurs déclenchant avec une faible résistance
  - A la concurrence,
  - aux vagues de chaleurs intenses (Sirocco)
  - à l'érosion,
  - aux incendies,
  - au débroussaillage excessif,
  - à la mauvaise levée du liège,
  - au froid et au gel,
  - aux attaques des défoliateurs et d'autres coléoptères.
  - aux attaques de champignons de faiblesse et aux simples blessures.
- Dépérissement de l'arbre.
- Absence total de défense de l'arbre
- Installation des insectes sous corticaux et xylophages et d'autres champignons pathogènes d'achèvement.
- Mort de l'arbre.



**Figure 123 :-Le modèle de dépérissement des arbres forestiers (Abdenbi, 2003)**

## **VII.7-Impact de la santé des arbres sur les accroissements annuels du liège**

L'aspect de la cime et la croissance sont deux paramètres les plus souvent retenus pour décrire la vitalité des arbres forestiers. Cette théorie a été déjà appliquée pour la première fois au sapin (dans le jura, en France ) pour évaluer la relation entre aspect des cimes, croissance radiale et station (Becker,1991). En ce qui concerne le chêne liège, c'est la première fois que la croissance annuelle du liège soit directement mêlée à la défoliation, par l'application de deux attributs qui sont l'indice d'accroissement du liège et l'indice de santé des peuplements.

En effet, l'étude des accroissements annuels du liège selon la vigueur des arbres est une opération très dure et de longue haleine qui fait appelle à la notion de temporisation entre la croissance naturelle du liège et les contraintes physiques qui régulent la végétation de l'arbre sur lesquels il pousse. Cette dualité ne peut être épiloguée que grâce à une meilleure connaissance de l'antécédent sanitaire de l'arbre échantillonné, dans un vecteur qui est le temps.

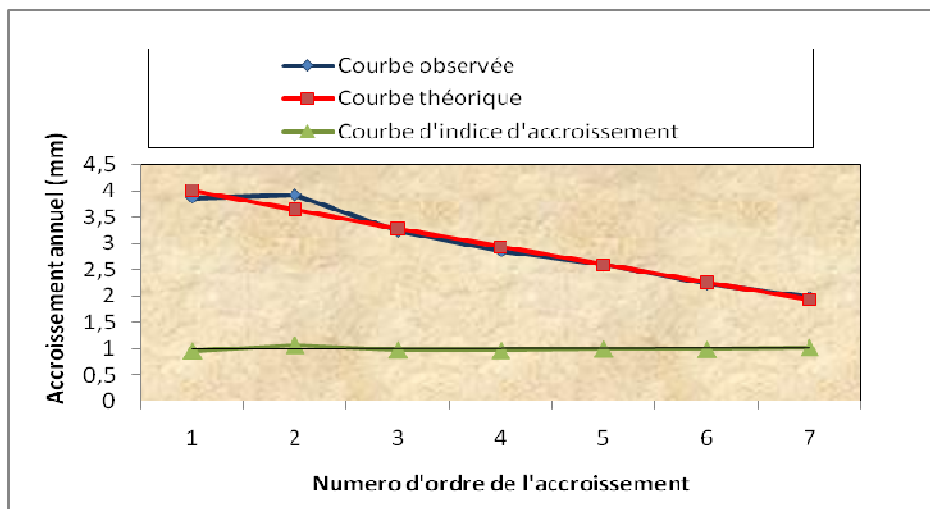
L'étude de l'impact de l'état sanitaire des arbres sur les accroissements annuels du liège ne peut être mise en œuvre que grâce à la connaissance des performances de l'un par rapport à l'autre. Cette relation s'identifie à l'échelle d'un peuplement en faisant appel aux notions d'indice d'accroissement et d'indice de santé.

L'indice d'accroissement annuel est obtenu en traçant pour chaque liège (échantillon) une courbe de croissance analogue aux variations annuelles des cernes complètes ( $Y_{obs}$ ).

Sur chaque courbe observée (courbe expérimentale) est ajustée une courbe polynomiale de second degré par la méthode des moindres carrés ( $Y_{theo}$ )

Cette courbe théorique constitue la valeur estimée d'un accroissement théorique qui se serait développé à l'année  $t$  du liège indépendamment de son âge. L'ajustement du modèle mathématique est de type  $Y = a + bx + cx^2$  où «  $Y$  » représente l'épaisseur de l'accroissement et «  $x$  » l'âge ou le numéro d'ordre de l'accroissement (Fig.124)

L'indice d'accroissement «  $I_{ac}$  » se définit donc comme le quotient entre la valeur observée et la valeur théorique ( $Y_{obs} / Y_{theo}$ ) qui représente aussi la variation entre la valeur réelle et la valeur estimée de la variable dépendante (épaisseur des accroissements complets). A chaque fois que l'indice se rapproche de la valeur 1, moins serait la différence entre la valeur estimée et la valeur théorique.



**Figure 124: Passage des valeurs réelles aux valeurs théoriques du liège pour le calcul de l'indice d'accroissement**

D'après la figure 124, nous distinguons que l'indice d'accroissement est toujours proche du « 1 » témoignant d'un équilibre entre la courbe observée et la courbe théorique.

En réalité ces courbes théoriques permettent d'éliminer l'effet du vieillissement sur la chute des accroissements annuels du liège. Partons du principe de Lamey (1893) et de Saccardy (1937) que le liège perd son activité subéreuse après la septième année et qu'il est peu fréquemment exploité au-delà de 12 ans. La formule proposée précédemment nous procure une prédiction exacte du scénario sur lequel vont progresser les accroissements, c'est-à-dire du 8<sup>ème</sup> au 12<sup>ème</sup> accroissement comme suivant (Fig.125):

L'indice d'accroissement du 7<sup>ème</sup> anneau s'écrit :  $I_{ac7} = Y_{obs} / Y_{theo}$

L'indice d'accroissement du 8<sup>ème</sup> anneau s'écrit :

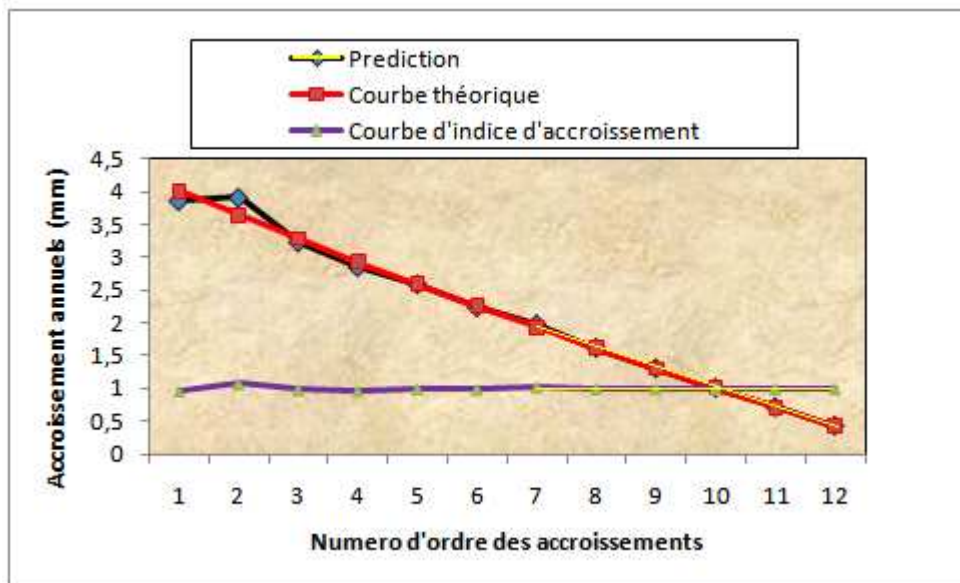
$$I_{ac} = \frac{Y_{obs} (8^{ème} \text{ accroissement})}{Y_{theo} (8^{ème} \text{ accroissement})}$$



$$Y_{\text{obs}}(8^{\text{eme}} \text{ accroissement}) = Y_{\text{theo}}(8^{\text{eme}} \text{ accroissement}) * Iac$$

$$\text{Avec } \begin{cases} Iac = \Sigma (Iac1 + Iac2 \dots Iac7) / \text{nombre d'accroissement (constante)} \\ Y_{\text{theo}}(8^{\text{eme}} \text{ accroissement}) = a + bx + cx^2 \text{ (variable)} \end{cases}$$

De la même façon, le calcul s'effectuera pour le 9<sup>eme</sup>, 10<sup>eme</sup>, 11<sup>eme</sup> et 12<sup>eme</sup> accroissement.



**Figure 125: Prédiction des accroissements annuels du liège pour un cycle de production de 12 ans**

D'après la figure 50, nous constatons que la croissance du liège s'incline progressivement à partir du 7<sup>eme</sup> accroissement puis significativement à partir du 12<sup>eme</sup> accroissement tandis que l'indice d'accroissement prend une forme très statique.

Dans le même contexte, l'étude de la relation indice d'accroissement annuel / indice de santé ne peut être élaborée d'une manière logique que par la correction de l'indice de santé de la même manière que l'indice d'accroissement :

$$\text{Indice de santé « Is »} = Y_{\text{obs}} / Y_{\text{theo}}$$

Avec «  $Y_{\text{obs}} / Y_{\text{theo}}$  » représentant aussi la variation entre la valeur réelle et la valeur estimée de la variable dépendante (Indice de santé).

Le but escompté de cette étude est d'avoir la même échelle de valeurs entre les deux indices lors du calcul des corrélations entre ces deux variables.

L'emploi des corrélations entre les deux indices révèle un intérêt particulier pour valider la relation entre les arbres et le liège dans les deux forêts.

### VII.7.1-Liège de Zariéffet

D'après la figure 126, nous constatons que la lenteur de croissance du liège de montagne imprime aux indices d'accroissements un schéma général aux oscillations stables proche du 1. En revanche, cette stabilité de croissance s'accompagne d'une fluctuation annuelle de l'indice de santé exprimant respectivement l'état « sain, affaibli et dépérissant».

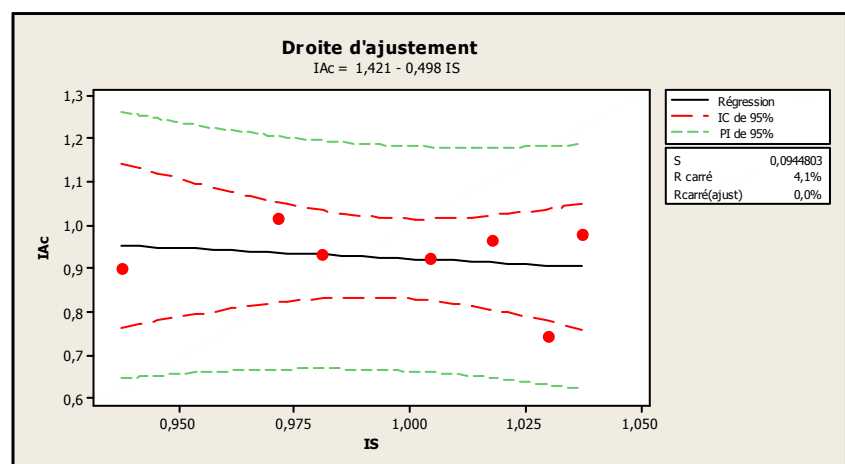
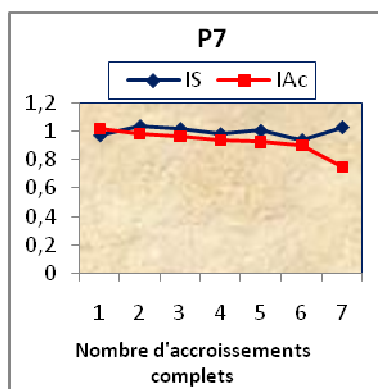
En effet, à travers les multiples corrélations établies entre les deux variables dans les trois peuplements, s'est dégagée une relation négative très forte ( $r = -0,85$ ). L'indice d'accroissement tend à progresser quand l'indice de santé régresse et très juste dans le cas contraire.

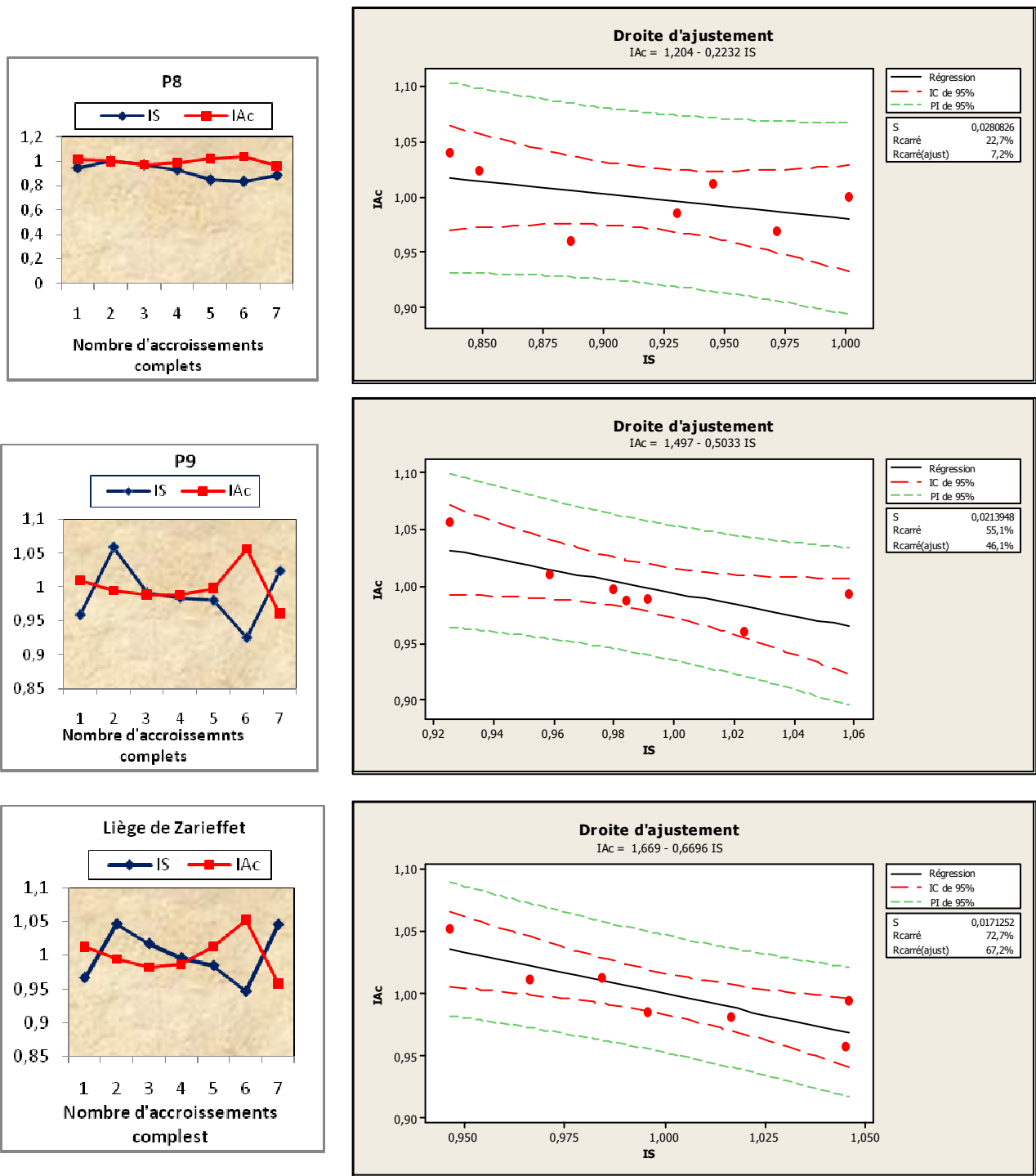
Dans un peuplement supposé vigoureux (P9), caractérisé par une forte présence d'arbres sains, la corrélation demeure toujours fortement négative ( $r = -0,74$ ). La relation enregistre deux pics bien distincts, au sein du premier, les arbres dont l'indice de santé est le plus dégradé (IS=1,89) produit un indice d'accroissement  $< 1$ . Parallèlement, les sujets les plus sains (IS=1,30) s'identifient dans un IAc $>1$ . En revanche, la relation connaît une stabilité de croissance entre ces deux pics avec un indice d'accroissement proche du 1.

En d'autres mots, dans un peuplement supposé sain, les prémices d'un bon ajustement sanitaire s'expriment rapidement par une augmentation de l'indice d'accroissement à l'échelle des sujets sains. Au sein des arbres physiologiquement dégradés, cette amélioration reste stable en progressant et en régressant faiblement.

Dans un peuplement affaibli (P8) où prédominent les sujets de la classe 2 que les arbres sains, la relation est d'allure négative et stable ( $r = -0,48$ ). L'amélioration sanitaire des arbres s'accompagne d'une amélioration de l'indice de croissance du liège et reste statique chez les arbres affaiblis. Cela induit que le caractère altéré de la physiologie de l'arbre disloque faiblement les indices d'accroissements. Par contre, avec l'atténuation du dépérissement, la bonne vigueur s'accompagne toujours d'une amélioration de la production subéreuse (IAc $>1$ ).

Enfin, dans un peuplement dépérissant (P7) dominé par les arbres de la classes 3 et 2, la relation entre les deux variables est négative mais très faible ( $r = -0,20$ ). En effet, l'accentuation de la dégradation implique des indices d'accroissements  $< 1$  (0,92) mais pas significativement différents entre les arbres affaiblis ou dépérissants.





**Figure 126: Relation directe entre l'indice d'accroissement (IAC) et l'indice de santé (IS) à Zariéffet**

### VII.7.2- Liège de M'Sila

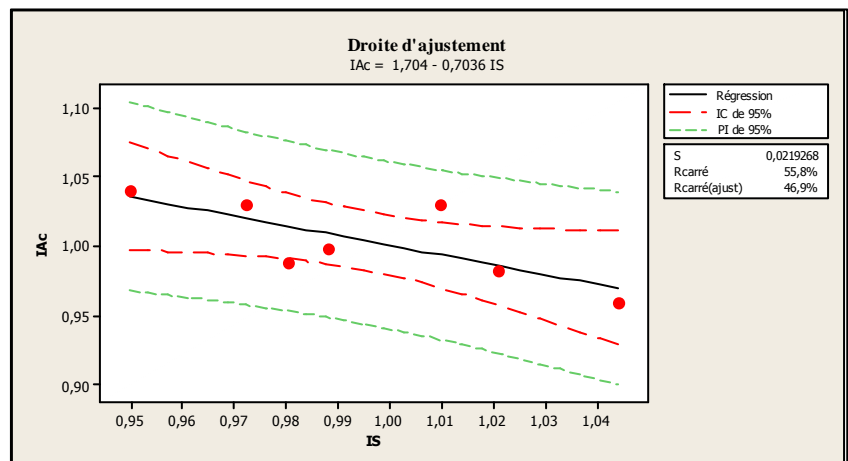
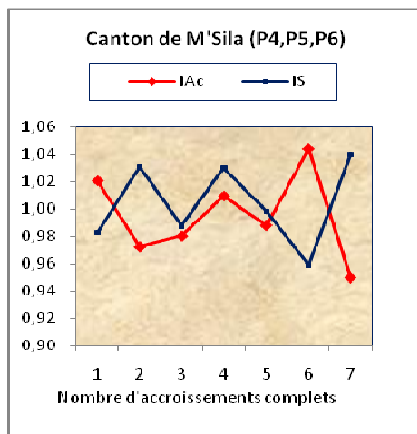
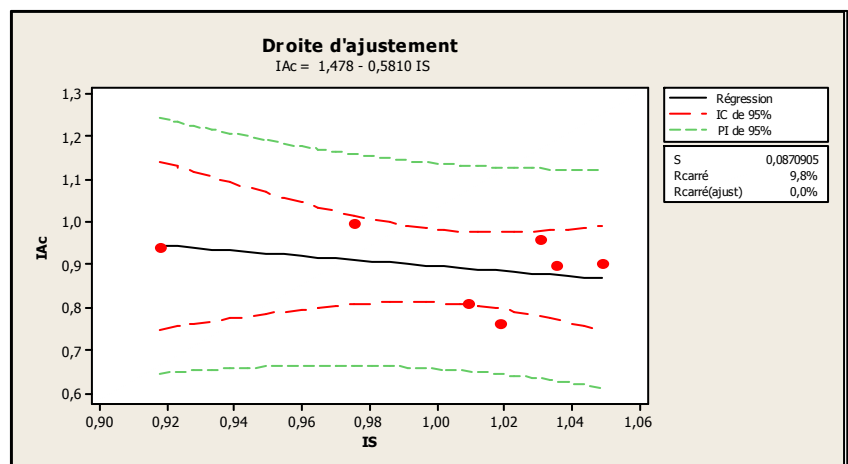
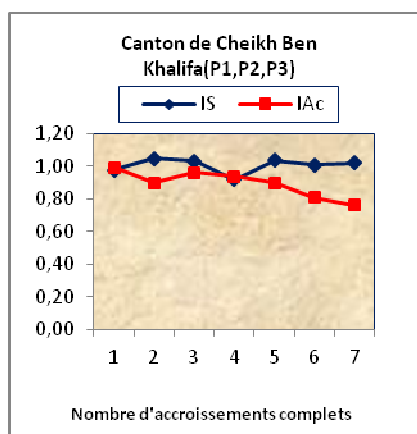
Le scénario qui vient d'être décrit pour les peuplements de Zariéffet, englobe deux parties bien distinctes à M'Sila. L'indice d'accroissement tend à fléchir quand l'indice de santé augmente et très juste dans le cas contraire (Fig.127).

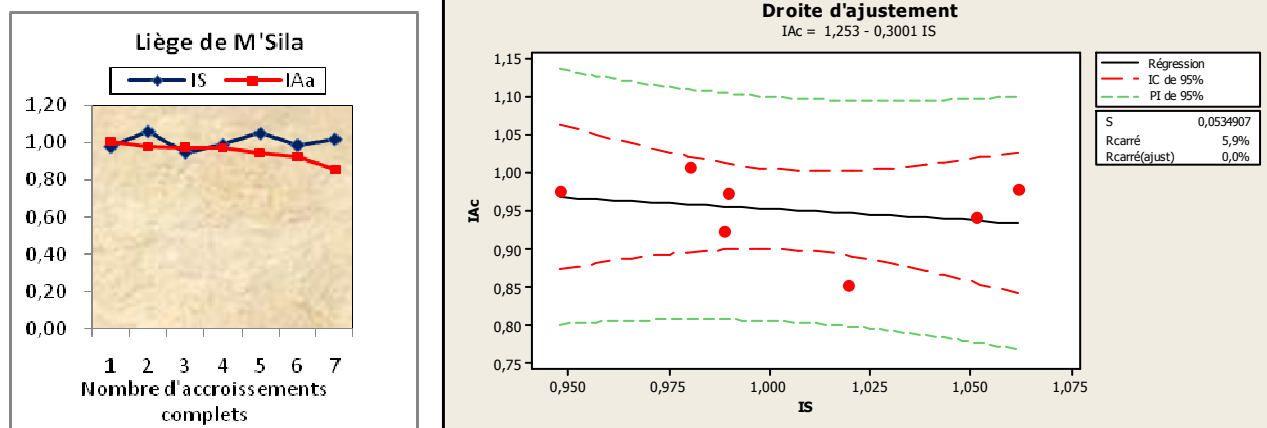
Au sein des peuplements du canton Cheikh Ben Khalifa (P1, P2, P3) caractérisés par une dominance des arbres sains ( $IS < 1,5$ ) de l'ordre de 60%, la corrélation est d'allure négative faible ( $r = -0,31$ ). En d'autres mots, toute amélioration/dégradation sanitaire des

arbres ne s'accompagnent que d'une très négligeable augmentation ou baisse des indices d'accroissement qui demeurent toujours proche du 1.

En revanche, les peuplements du canton de M'Sila (P4, P5, P6) en situation sanitaire défaillante (dépérissante) ( $IS > 2,1$ ) dominés par les arbres de la classe 3 et 2, la relation est fortement négative ( $r = -0,74$ ). Cela explique que les indices d'accroissement régressent et progressent significativement à toute amélioration et atténuation de l'indice de santé.

Globalement, nous pouvons avancer qu'en littoral, la relation « indice de santé/indice d'accroissement annuel » varie significativement entre les deux cantons. A Cheikh Ben Khalifa, la bonne vigueur des arbres convergent les indices d'accroissements plus vers la stabilité. Dans le canton de M'Sila, l'altération des arbres rend les indices d'accroissement très sensibles aux variations annuelles de l'indice de santé.





**Figure 127: Relation directe entre l'indice d'accroissement (IAC) et l'indice de santé (IS) à M'Sila**

En général, le problème du déclin des accroissements annuels du liège semble une opération complexe. En effet, à travers les relations dégagées entre l'état sanitaire des arbres échantillons et les accroissements annuels du liège, nous pouvons estimer que suite à un déficit foliaire irréversible (>60%), l'arbre partiellement s'affaibli physiologiquement et perd sa biomasse photosynthétique. Par conséquent, la circulation de la sève s'entrave.

A l'inverse, les accroissements du liège de l'année restent moins influencés et continuent à s'accroître. Ces derniers suivent alors la tendance du rythme des accroissements annuels propre à chaque arbre, peuplement ou zone écologique. C'est-à-dire pour une subéraie du littoral (M'Sila) dont les accroissements moyens annuels ont un rythme de croissance moyen à rapide, l'arbre dépérissant continue à produire du liège dans ce sens, il en est de même pour la subéraie de Zariéffet à liège mince.

Par contre, lorsque la défoliation naturelle se perpétue d'une année à l'autre indépendamment du cycle d'exploitation du liège, la santé de l'arbre se détériore et l'espèce ne produit alors que du liège aux accroissements annuels faibles, avec des proportions minimales d'accroissements de type moyen à rapide. C'est au courant de cette période de dégradation que les pertes de production sont visibles.

## VII.8-Impact du climat sur les accroissements annuels du liège

Sous les conditions climatiques contrastées, prévalant dans la plus part des suberaies, la croissance du liège s'initie à partir de mars et s'achève en novembre avec les premiers froids. Il est impérativement connu que les 2/3 de la croissance annuelle subéreuse se réalisent de mars à juin (Natividade, 1956).

Durant le cycle de production du liège marchand, généralement de 9 ans, il existe une tendance de diminution de la largeur des cernes avec l'augmentation de l'âge du liège. Au cours de ce cycle, la rectitude de la courbe de croissance du suber peut être modifiée par l'action de divers facteurs qu'il est souvent difficile de distinguer ou de quantifier leur importance relative. Parmi les éléments qui peuvent altérer la croissance du suber, nous pouvons distinguer : les contrastes climatiques d'année en année, principalement les



précipitations, la durée de la saison estivale, la rétention du sol en eau et le déficit foliaire (Fereira et al., 1998).

Le problème de la distribution saisonnière de la pluviométrie est majeur dans notre zone d'étude. La saison humide qui précède la saison de croissance du liège est caractérisé par l'accumulation d'une certaine quantité de pluies pendant une période plus au moins longue. Cette distribution est variable selon les années. Il y a des années où la pluviométrie est assez bien répartie et d'autres où elle est soit concentrée au début soit à la fin de la saison (Bamouh, 1998).

L'influence des précipitations sur les variations annuelles des accroissements a été possible grâce à une analyse de corrélation entre l'indice d'accroissement annuel (propre pour chaque année d'échantillonnage et analogues aux nombres d'accroissement complets) et la pluviométrie mensuelle cumulée durant différentes période de l'année (t) et l'année (t-1). Les résultats de cette analyse sont mentionnés dans le tableau 105 et les figure 128-130.

**Tableau 105: Coefficients de corrélation entre l'indice d'accroissement moyen annuel et les précipitations accumulées durant différents mois de l'année pour la période 1999-2008**

Précipitation mensuelles accumulées	Indice d'accroissement moyen annuel(IAc)					
	M'Sila			Zarieffet		
Année antérieure (t-1)-année courante(t)	2006	2007	2008	2006	2007	2008
Octobre(t-1)-Septembre(t)	-0,77	-0,11	0,07	-0,70	-0,32	0,16
Novembre(t-1)-Septembre(t)	-0,69	0,13	0,41	-0,82	-0,38	0,16
Novembre(t-1)-Avril(t)	-0,66	0,15	0,49	-0,82	-0,30	-0,30
Novembre(t-1)-Juin(t)	-0,61	0,17	0,41	-0,84	-0,43	0,15
Année courante(t)						
Janvier-Juin	-0,29	0,35	0,40	-0,79	-0,29	-0,02
Mars -Septembre	-0,45	-0,49	-0,71	-0,49	-0,13	-0,26
Janvier-Décembre	0,47	0,35	0,30	-0,77	-0,34	0,04

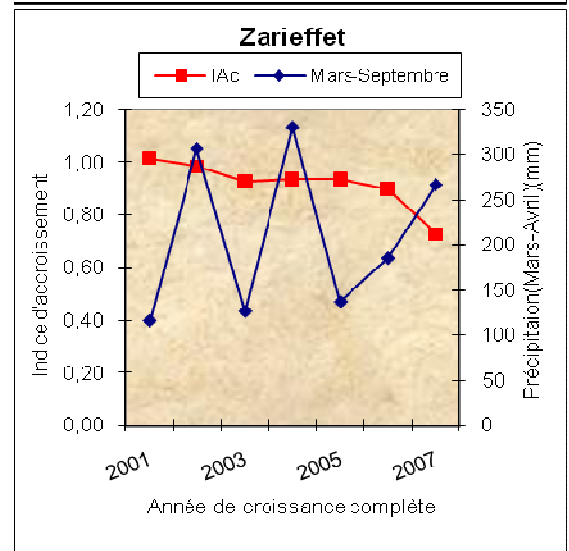
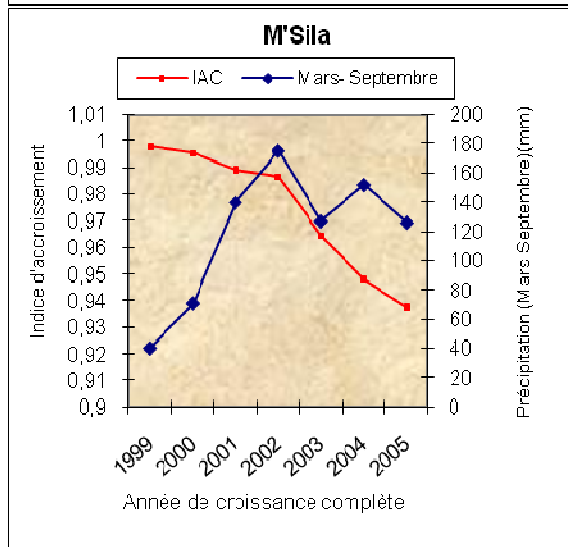
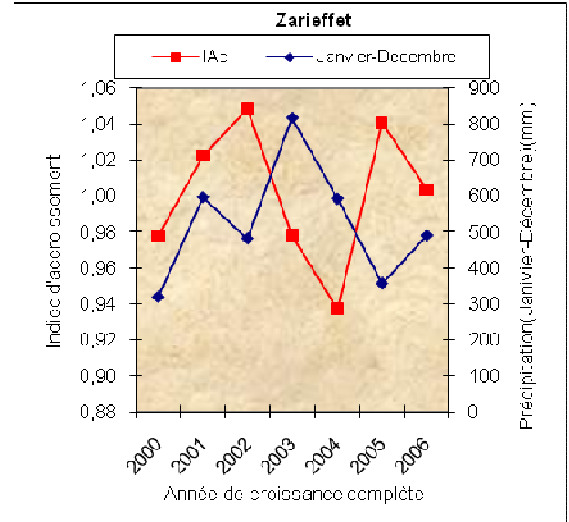
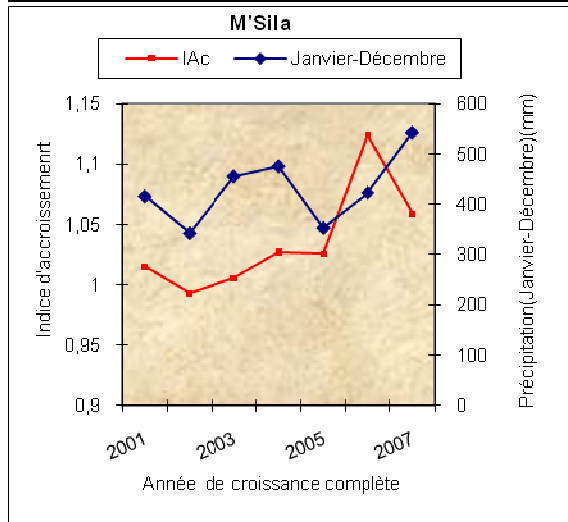
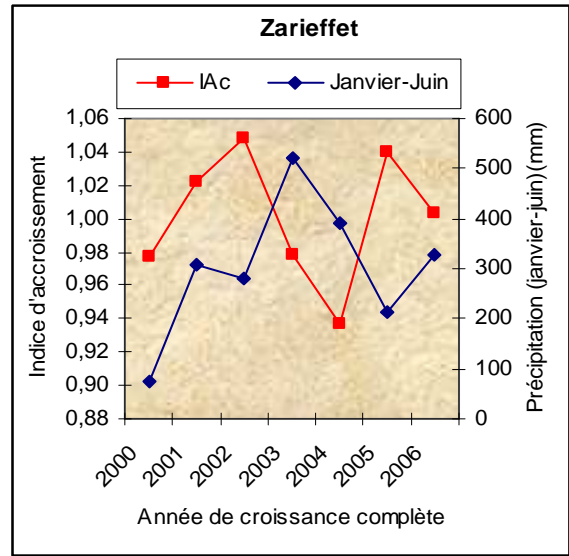
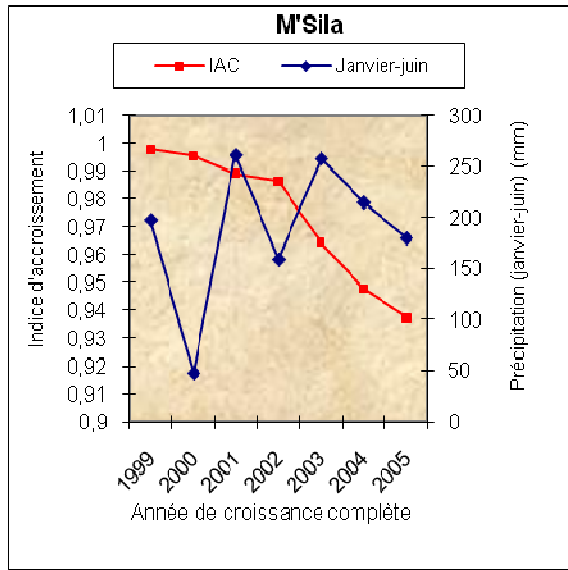
Le tableau 105, nous révèle que la relation directe entre l'indice d'accroissement moyen annuel et la pluviométrie est d'allure très faible aussi bien sur le liège de littoral que celui de montagne voire aussi bien pendant la période végétative que celle de repos.

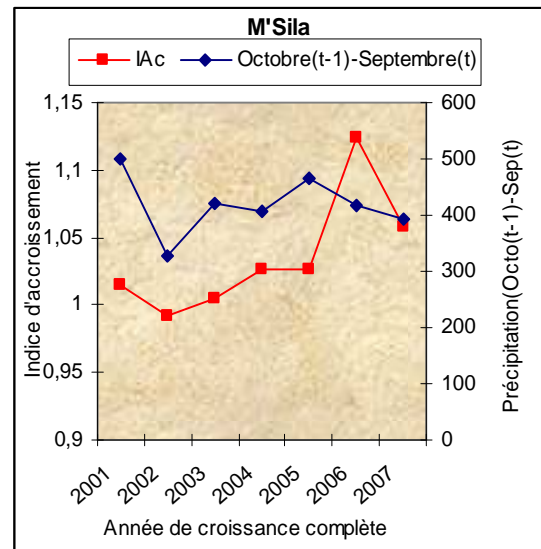
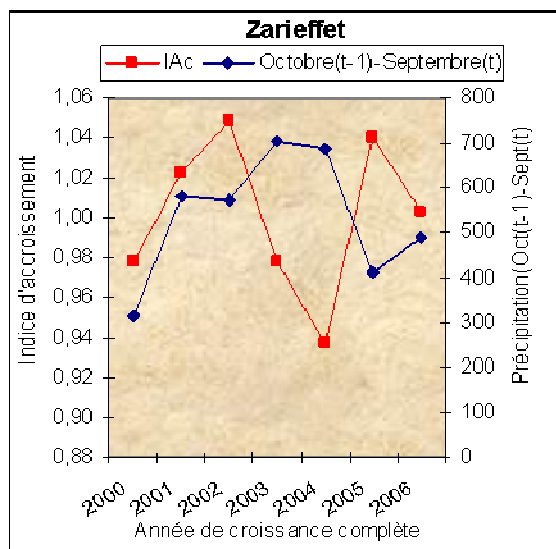
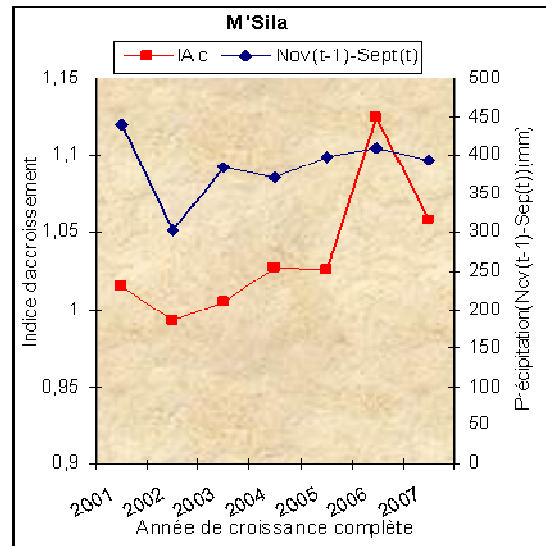
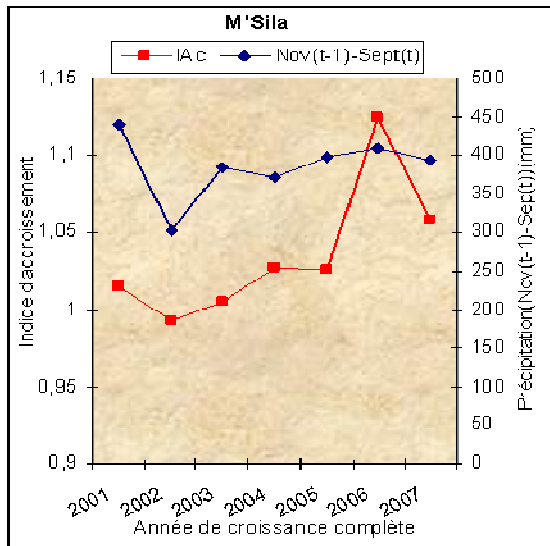
En effet, les précipitations accumulées durant l'hiver et le début été (Janvier-Juin) et celle du printemps et de l'été (Mars-Septembre) s'expriment par des coefficients de corrélation très négatifs et faibles à M'Sila ( $r = -0,29$  ;  $r = -0,45$ ) et positifs et faibles à Zarieffet ( $r = 0,16$  ;  $r = 0,03$ ).

Dans la même optique, les précipitations accumulées durant les mois antérieurs (t-1) ont un effet nul sur les accroissements annuels de M'Sila et agissent d'une manière très faibles sur les anneaux annuels du liège de Zarieffet.

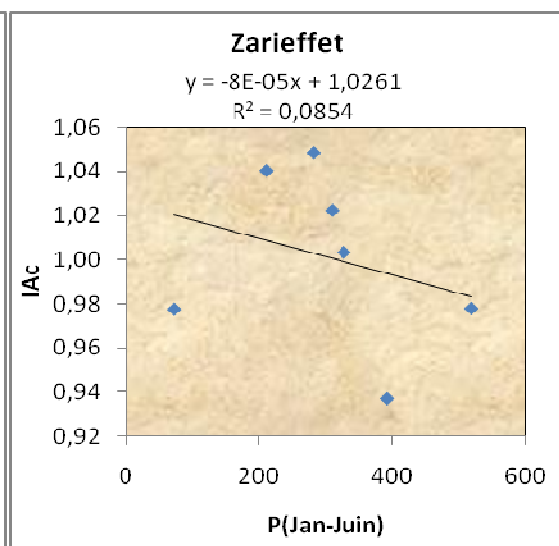
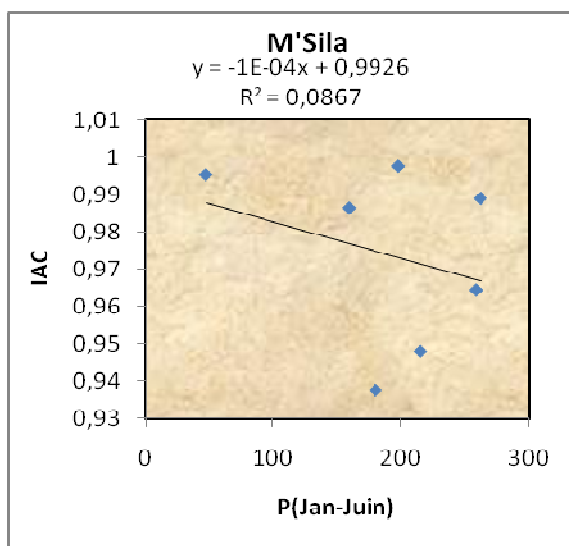
Par contre la seule corrélation possible et toujours faible concerne les pluies enregistrées durant l'année (t) dans la forêt de M'Sila (Janvier -Décembre  $r = 0,30$ ).

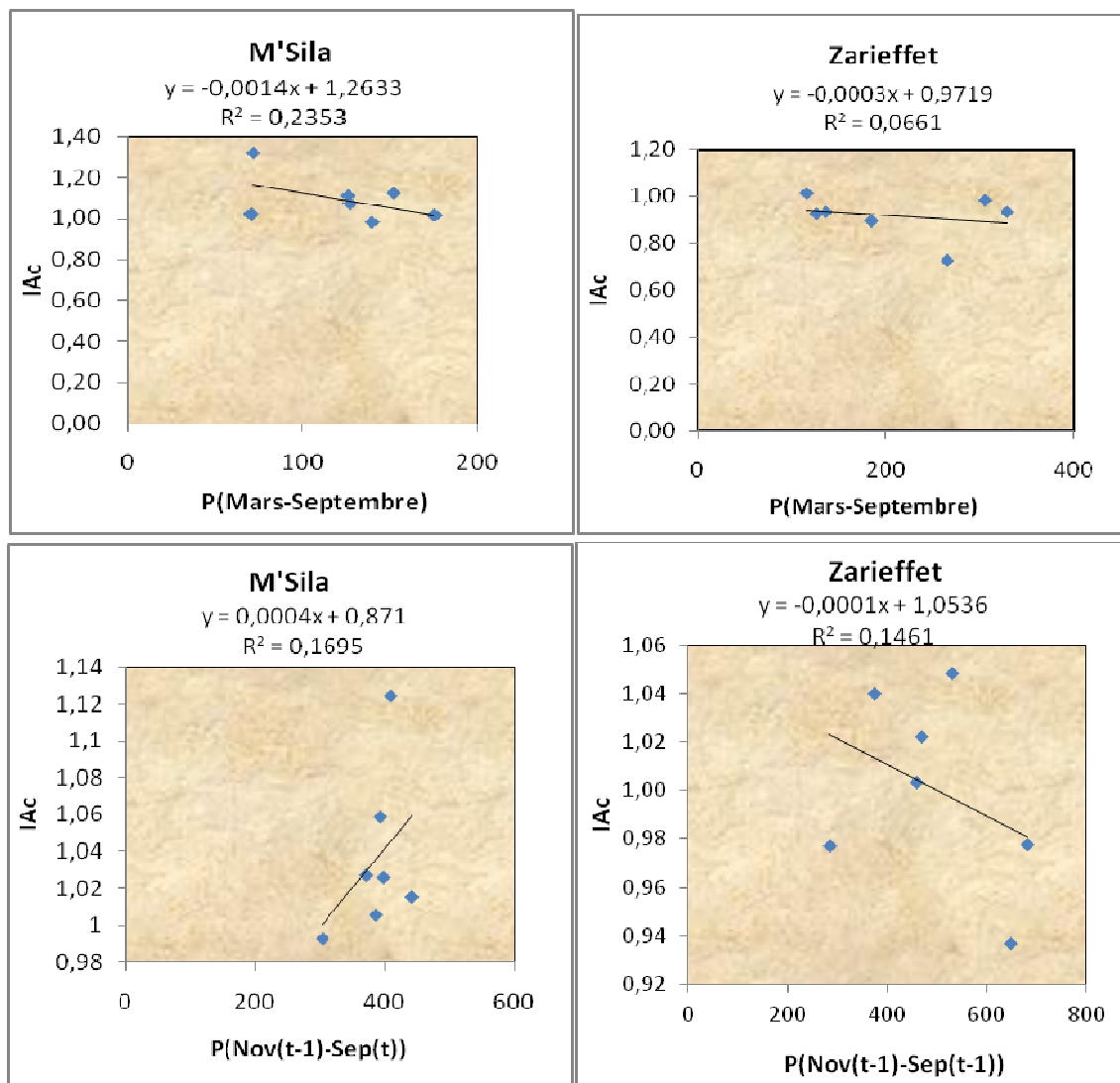
Globalement, nous pouvons estimer que la croissance annuelle du liège dans les deux forêts se montre indifférente aux régimes des précipitations.





**Figure 128: Exemples de courbes d'indice d'accroissement /précipitations accumulées (Janvier-Juin, Mars-Septembre, Janvier-Décembre, Octobre(t-1)-Septembre(t), (Novembre(t-1) - Septembre(t))**





**Figure 129 : Exemples de relation directe entre l'indice d'accroissement du liège de M'Sila et Zariéffet et les précipitations accumulées pour différents mois de l'année (Janvier-Juin, Mars-Septembre, (Novembre(t-1)-Septembre(t))).**

Plusieurs auteurs se rejoignent sur le fait que l'eau est un facteur déterminant dans le développement des forêts. Elle constitue généralement 85 % à 90 % du poids frais total des arbres et des plantes en général; ses particularité physico- chimique lui permettent d'être le milieu des processus métaboliques et à la base de la structure morphologique de la plante (Fritts, 1976 ; Bradford et Hsiao, 1982).

D'après Caritat et *al.*(2000), la pluviométrie exerce une influence positive large sur la croissance du liège tandis que la sécheresse est un facteur limitant ce qui indique l'importance des réserves hydriques du sol. En effet, il faut faire la part des choses entre un chêne liège jeune (30-50 ans) et un autre âgé >80 ans

C'est l'arbre réagit à un manque d'eau sévère et longue ou à une température excessive par une réduction de la croissance puis le cycle végétatif reprend par l'amélioration des conditions hydriques.

Dans le même contexte, Natividade (1956) signale que le tempérament xérophyte du chêne liège fait qu'un minimum de conditions lui est nécessaire pour vivre, en dehors desquelles les arbres entrent en régression.

En effet, selon l'apparence externe des arbres des deux forêts « ce strict minimum naturel » de conditions de croissance est bien conservé ; avec une pluviométrie moyenne annuelle > 400 mm, les peuplements arrivent à maintenir cet équilibre entre l'activité subéreuse et la croissance radiale indépendamment de la vigueur de l'arbre.

Autrement dit, les discordances enregistrés entre les retombés pluviales et l'activité du phellogène durant la saison végétative de l'arbre semblent d'effet mineur sur le processus de formation annuelle du suber.

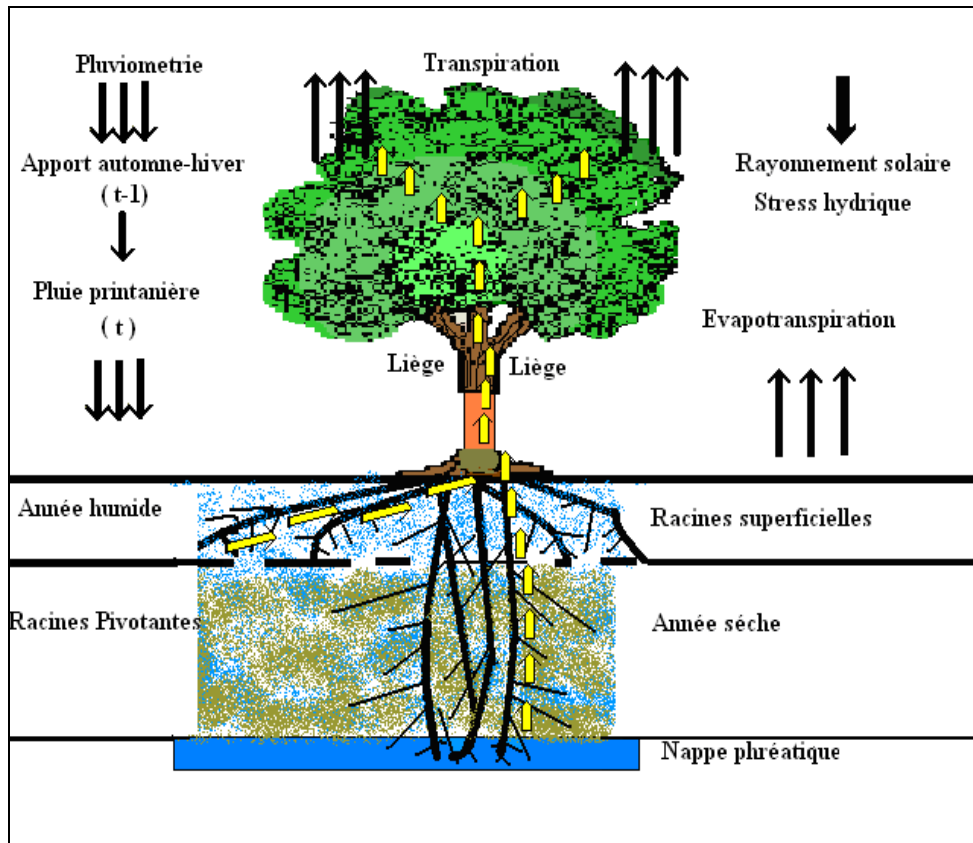
Par contre, sous des conditions extrêmes et négatives de croissance (sécheresse aigue), l'arbre n'a d'autres issues que de puiser ses réserves hydriques comptabilisées durant les années antérieures. Des études menées au Portugal ont montré que pendant les périodes sans pluies avec chaleur excessive, 72 % des eaux transpirées par le chêne liège émanent de l'eau stockée dans le sol (David et *al.*, 2004).

Cette situation s'explique par le fait qu'il y a chez le chêne-liège un système de compensation qui réduit les pertes d'évapotranspiration due à une ou plusieurs saisons faiblement pluvieuses. Dans ce schéma l'arbre réagit de deux manières (Fig.130) :

- En premier, elle protège les organes les plus sensibles et les tissus par la fermeture des stomates au niveau des feuilles, ce qui permet de réduire les pertes en eau.

-En second lieu, les racines pivotantes contribuent à maintenir la circulation de la sève brute en puisant les éléments minéraux et l'eau de profondeur quand les horizons supérieures sont secs (Pereira et *al.* , 2006).

Il a été constaté que les racines du chêne liège agissent à deux niveaux dans le sol. Une partie des racines se trouve entre 50 à 100 cm et procurent à l'arbre l'eau et les nutriments pendant la saison humide. Les autres racines se manifestent en profondeur (15-20 m) et garantissent l'eau des nappes phréatiques, quand les horizons supérieurs connaissent une dessiccation sévère pendant la période de sècheresse (Otieno et *al.*, 2006).



**Figure130 : Réponse physiologique du chêne liège vis-à-vis des fluctuations pluviométriques et aux rabattements des eaux souterraines (Original)**

D'une manière générale, c'est l'air écologique ou le comportement éco physiologique du chêne liège qui va déterminer le processus de production annuelle de la couche du liège. Qu'il pleut 300 mm/an à M'Sila ou 1000 mm/an à Zariéffet, le rythme de croissance annuel du liège est toujours d'allure moyen à rapide en littoral et faible à moyen en montagne, caractérisant respectivement le liège épais de M'Sila et celui mince de Zariéffet. C'est ce que Lamey (1893) appelle la constance productive de l'arbre « indépendamment des conditions du milieu ». Les sujets qui donnent pour la première récolte un liège épais continueront à produire ce type de liège, et on ne récoltera que du liège mince des arbres à croissance lente.

Enfin, nous pouvons dire que l'abondance ou la rarefaction des pluies n'influent pas directement sur les accroissements moyens annuels du liège dans les deux forêts. Ces résultats semblent en accord avec ceux trouvés par Ferreira *et al.* (1998) dans les régions de Grandola et Palma (Sud du Portugal) et aussi avec ceux de Costa (2002) dans la région de Benavente (Centre –Ouest du Portugal).

## VII.9-Impact des facteurs écologiques et forestiers sur les accroissements annuels du liège

La régression spectaculaire de la production nationale de liège durant les dernières vingt années est due essentiellement à une réduction de la superficie de la subéraie (50 %) mais aussi à d'autres facteurs d'ordre humain et naturels dont nous citons particulièrement :

- Exploitation excessive de liège, déliègeages illicites et qualité médiocre de l'exploitation.
- Sécheresse continue, incendies répétés.
- Absence d'interventions sylvicoles appropriées contre l'embroussaillage, l'enrésinement, le vieillissement des arbres (plus de 61 % des peuplements sont âgés),
- Absence quasi-totale de régénération naturelle.
- Problèmes sanitaires (dépérissement caractérisé par l'incapacité des arbres à reconstituer leur feuillage, leur cime deviennent plus clair à surface photosynthétique réduite).

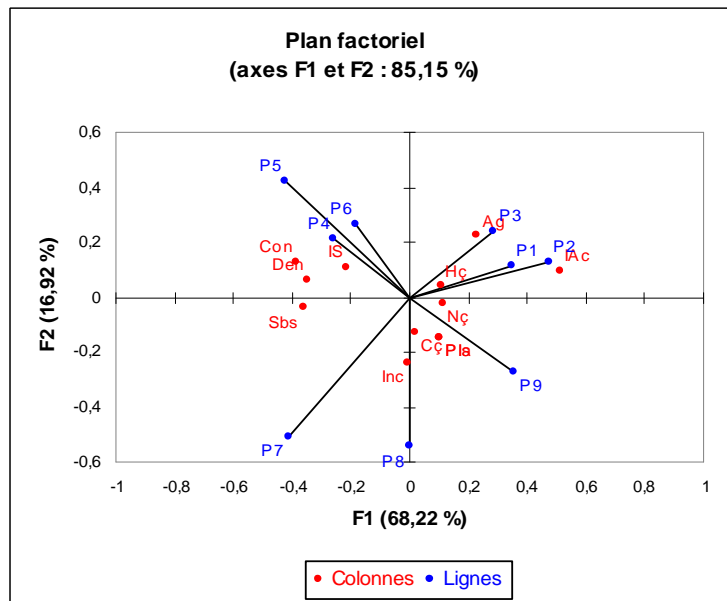
Dans un sens large, l'évaluation juste et logique du problème de la réduction des accroissements ne peut s'articuler sur un seul facteur associé au dépérissement. En effet, la chute de la croissance annuelle du liège suppose que c'est un processus graduel où s'interfèrent plusieurs facteurs d'une manière séquentielle et synchronique (Landmann, 1988 ; Sousa et Atay Kadiri, 2005).

L'analyse multi variée représentée dans le tableau 106 ,107 et la figure 131, tente de mettre en évidence les principaux facteurs associés au déclin des accroissements annuels du liège dans les deux forêts.

**Tableau106: Valeurs propres et pourcentages d'inertie :**

	F1	F2	F3
Valeur propre	0,064	0,016	0,007
Inertie (%)	68,223	16,923	6,997
% cumulé	68,223	85,146	92,143

Il ressort du tableau 106 que les 2 premiers principaux axes représentent 85,14 % de l'inertie totale, avec 68,22 % pour le premier axe. Ces deux axes expliquent la majeure partie de la variation du nuage de points (9 parcelles et 12 variables).



**Figure 131 : Représentation dans le plan factoriel F1 x F2 des facteurs écologiques et forestiers des parcelles agissant sur les accroissements annuels du liège dans les deux forêts**

**Tableau107: Contributions absolues des principales parcelles et variables sur le plan factoriel. Les valeurs en gras indiquent les contributions fortes sur l'axe correspondant**

Contribution des parcelles			Contribution des variables		
Principaux axes	F1(68,22%)	F2(16,92%)	Principaux axes	F1	F2
P1	<b>1,145</b>	0,380	IS	-0,851	<b>0,860</b>
P2	<b>1,594</b>	0,433	IAc	<b>2,036</b>	0,768
P3	<b>0,898</b>	<b>0,751</b>	Inc	-0,027	-1,900
P4	-0,751	<b>0,603</b>	Con	-1,537	<b>1,030</b>
P5	-1,212	<b>1,207</b>	Sbs	-1,414	-0,312
P6	-0,531	<b>0,757</b>	Den	-1,362	0,478
P7	-1,144	-1,415	Pla	0,393	-1,184
P8	-0,008	-1,552	Pls	0,393	-1,184
P9	<b>1,087</b>	-0,832	Ag	<b>0,909</b>	<b>1,776</b>
			Hç	<b>0,427</b>	0,328
			Nç	<b>0,450</b>	-0,205
			Cç	0,085	-1,029

La figure 131, montre que sur le premier axe, les parcelles saines (P1, P2, P3) de M'Sila (canton de Cheikh Ben Khalifa) et de Zarieffet (P9) s'opposent à l'ensemble des autres et contribuent donc le plus fortement à la variabilité de cet axe. Celles-ci renfermant des sujets adultes et non embroussaillés, ayant subi plusieurs opérations de démasclage (entre 3 et 4 opérations) et dont les hauteurs d'écorçage se trouvent en équilibre avec les circonférences des troncs (surface génératrice). Ces peuplements génèrent des indices d'accroissement moyen annuel élevés voire stables ( $\geq 1$ )



Ces conditions favorables de croissance s'harmonisent avec des indices de santé plus atténués. En effet, le dépérissement agit d'une manière faible sur les arbres âgés et démasclés en pleine production.

Selon Ruiu et *al.* (2005), les arbres démasclés dont le diamètre est grand, l'indice de santé apparaît significativement plus faible. D'autre part, certains auteurs à l'instar de Saccardy (1937), Natividade (1956) se rejoignent sur le fait que la croissance du liège reste à peu près constante pour les 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> récoltes et semble décliner à partir de la 6<sup>e</sup> ou la 7<sup>e</sup>.

Dans le même contexte, sur les parcelles (P4, P5, P6 et P7) aux arbres jeunes et proches de la maturité se superposent aussi bien une intensité d'écorçage sur une surface de démasclage excessive, que la concurrence accrue avec le sous bois et d'autres espèces en particulier le pin d'Alep.

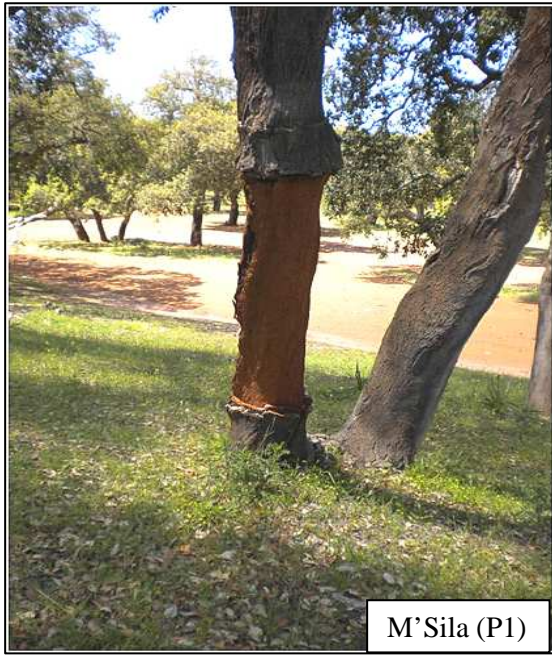
Dans ce schéma, le dépérissement prévaut, ces arbres déjà éprouvés, se fragilisent davantage à chaque exploitation et le liber se dissèque au moindre vent et coup de soleil. Autrement dit, ces sujets se trouveront amoindries point de vue épaisseur de liège d'où des indices d'accroissement moins stables et réduits (<1).

D'après Monterro et canéllas (2003), la mise à nue de la mère présente une surface d'évapotranspiration importante, réduisant le potentiel hydrique de l'arbre l'année de l'exploitation. Ainsi, le démasclage prématuré d'un chêne liège peut avoir des conséquences déterminantes sur l'extension du dépérissement d'une part et sur la survie de l'arbre d'autre part, du fait de la diminution des anneaux ligneux lors des récoltes qui suivent.

En revanche sur l'axe 2, ce sont les parcelles de M'Sila qui s'opposent complètement à celles de Zariéffet. L'humidité maritime compense le déficit pluviométrique en favorisant un sous bois intense dans les peuplements du littoral auquel s'ajoute le problème de concurrence et de densité ; par conséquent ces peuplements se trouvent très sensible au dépérissement (P4, P5, P6).

La bonne vigueur des arbres des parcelles 1, 2,3 cachent d'autres altérations liés à la mauvaise application des normes d'exploitation et aux blessures causées à la mère d'où une vulnérabilité accrue des arbres durant les années qui suivent (ces blessures prédisposent l'arbre aux infections de dangereux agents de faiblesse et par conséquent au dépérissement).

Sur les parcelles de Zariéffet, malgré une pluviométrie favorable, les sujets se trouvent fragiliser par les incendies répétés surtout dans les parcelles 7 et 8 (plus embroussaillées). Selon Montero et Grau (1986), le passage successif de 3 incendies altère l'activité végétative et subéreuse des arbres déficients.



**Planche 30: Peuplement fortement ouvert, conséquence de l'anthropisation (M'Sila) et des incendies (Zarieffet) (Original)**



**Planche 31 : Jeune sujet enrésiné (M'Sila) ; arbre jeune mort après incendie (Zarieffet) (Original)**





M'Sila (P6)



Zarieffet(P8)

**Planche 32 : Exploitation défaillante dans les deux forêts (Original)**



M'Sila



Zarieffet



**Planche 33 : Risque de contamination du liège par les champignons (Stockage hors norme) (Original)**

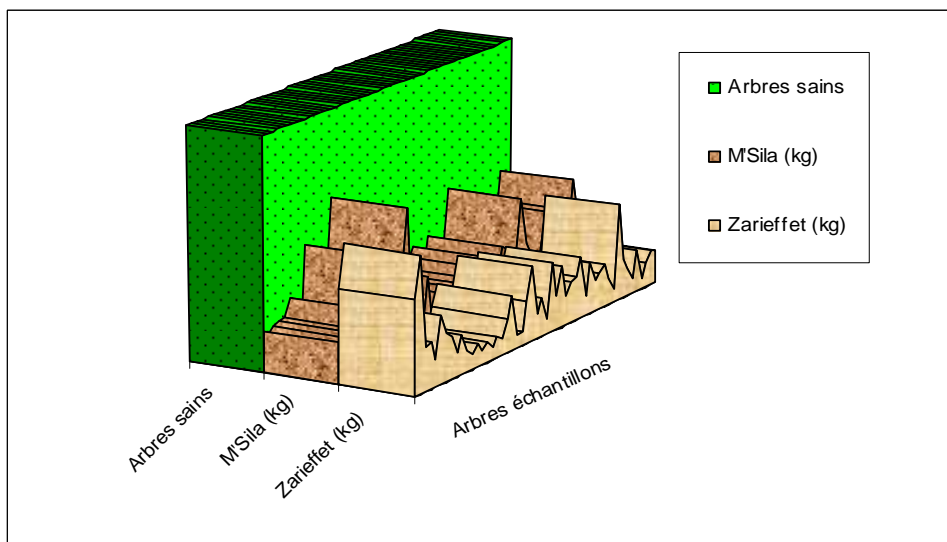
## VII.10-Conséquence de l'état sanitaire sur la production de l'arbre

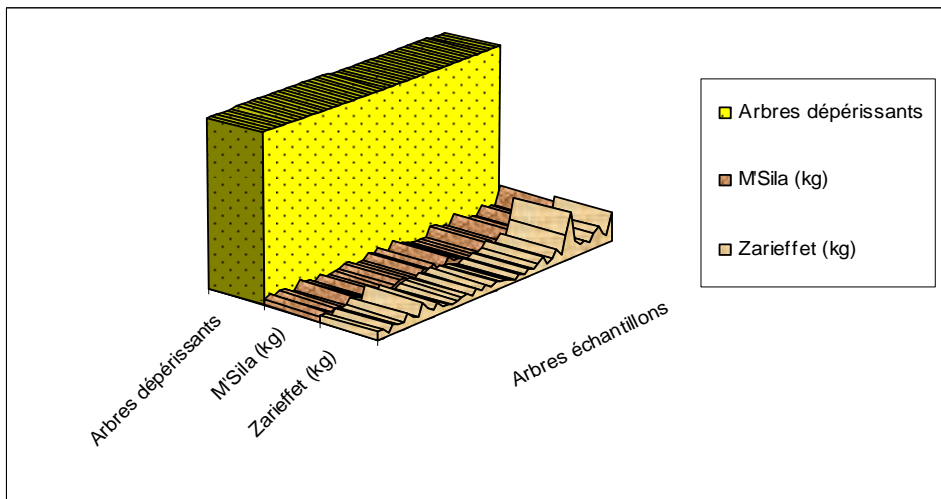
De nombreuses recherches ont ainsi estimé les conséquences des changements globaux sur la productivité des arbres forestiers (Duchesneau, 2006, Legay, 2007, Mortier, 1995), mais peu d'études ont analysé leurs effets sur le liège.

Selon Luciano et *al.* (2005), le dépérissement perçu par la perte visible du feuillage au niveau des cimes (déficit foliaire) génère des conditions dramatiques dans la survie de l'arbre et de la forêt. Il s'agit d'un processus graduel substituant plusieurs atteintes, de façon séquentielle ou simultanée de la manière suivante :

- Altère les conditions physiologiques des arbres.
- Réduit ou annule la biomasse photosynthétique.
- Interfère avec la transpiration et la distribution des éléments élaborés.
- Influence l'activité du cambium et la formation des organes reproductifs.
- Détermine des changements dans les chaînes trophiques de l'écosystème.
- Réduit la croissance en hauteur de 63% et la largeur des anneaux du bois de 45%.
- Les pertes de production du liège sont évaluées entre 50 et 60% pour une défoliation totale.

Les figures 132 et 133, montrent à quel point la vigueur des arbres (sains et dépérissants) et la zone géographique (littoral-montagne) interviennent dans les variabilités de la production subérogène.



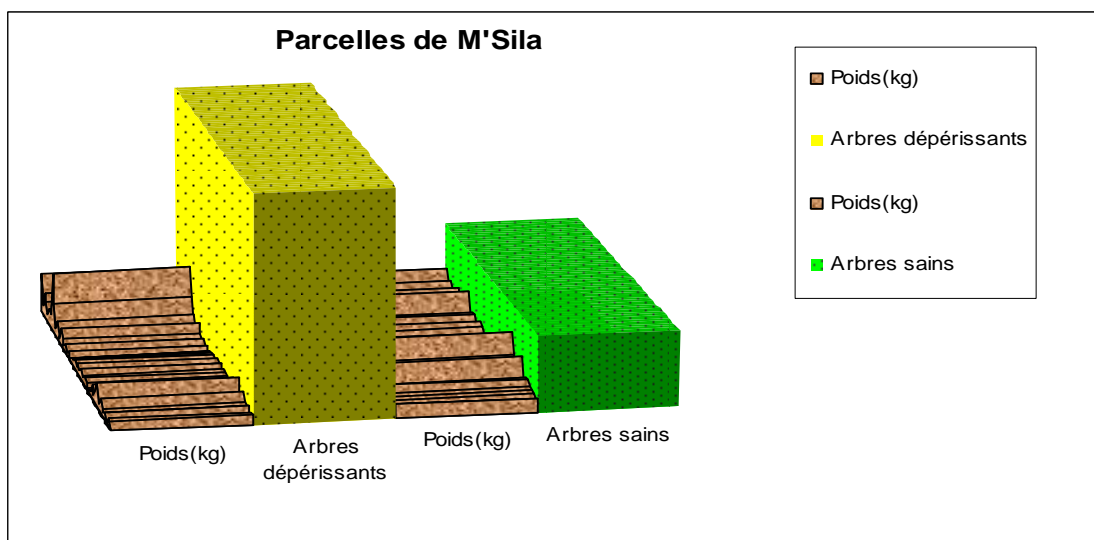
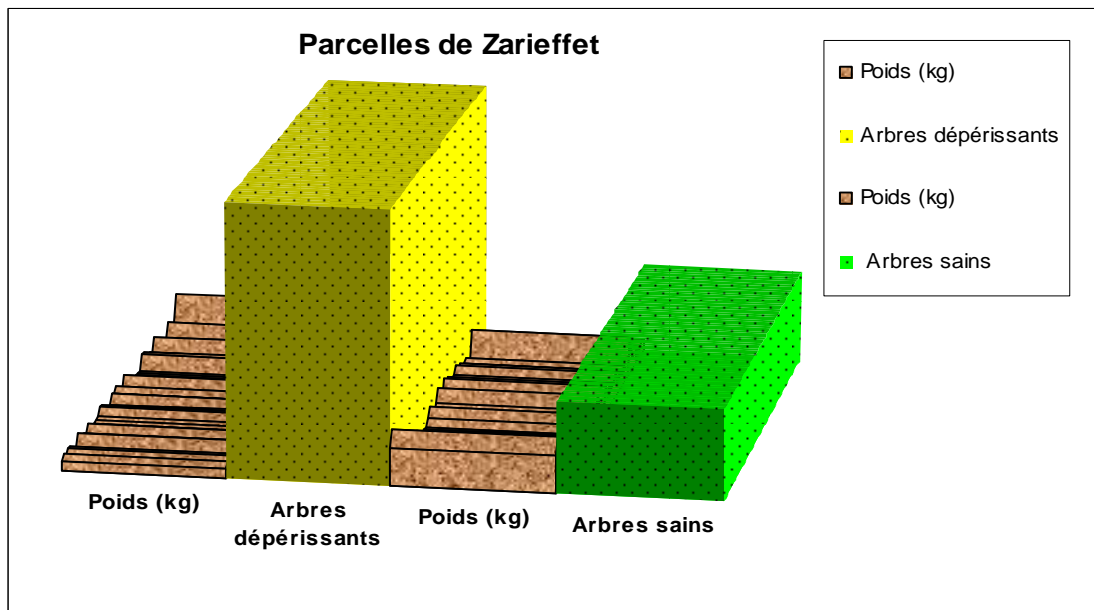


**Figure 132: Représentation en 3 dimensions de la production du liège sur pied selon l'état sanitaire des arbres et par provenance (densité 310 kg/m<sup>3</sup>)**

Il ressort de cette figure, que durant un cycle de production de 10 ans, 50% des arbres de la parcelle saine de M'Sila produisent au dessus de la moyenne de 20,32kg (densité 310 kg/m<sup>3</sup>) tandis que 30 % seulement au dessus de 16,50 kg à Zarieffet.

Cela s'explique par le fait que la production subéreuse sur pied n'est que la résultante du rythme des accroissements annuels générés sur la couche du liège pendant une rotation. Selon Dahane (2006), en situation stationnelle et sanitaire adéquates, les anneaux de croissance du liège des arbres vigoureux sont rapides à très rapides à M'Sila ( $> 2,5 \text{ mm an}^{-1}$ ) alors qu'ils sont moyens à faibles à Zarieffet ( $< 2,5 \text{ mm an}^{-1}$ ).

En situation sanitaire déficiente, caractérisée par l'interférence réunie ou séparée de plusieurs facteurs (texture du sol, sécheresse prolongée, concurrence du sous bois et d'autres essences, mauvaise exploitation et attaque d'insectes xylophage et défoliateurs) l'arbre perd ses capacités physiologiques à satisfaire ses différents organes productifs à savoir le cambium, le phellogène, les bourgeons adventifs et terminaux. Etant donné que la production du liège détient 70% de la croissance du chêne liège durant le cycle végétatif de l'arbre, l'essence réagit négativement en diminuant les épaisseurs des anneaux subéreux au profit des autres organes (Costa et al.2002). Cette diminution est plus visible sur le liège du littoral que de montagne. Elle coïncide avec l'activité du phellogène au printemps où la production des cellules de grande taille est à son optimum. Il s'ensuit alors une chute marquée de l'épaisseur des accroissements suite à la dominance des cellules d'été et d'automne de petite taille.



**Figure133 : Représentation en 3 dimensions de la production du liège sur pied selon l'état sanitaire des arbres dans les quatre parcelles (densité 310Kg/m<sup>3</sup>)**

### ***VII.10.1-La production subérogène***

Dans les conditions normales de végétation, la production du liège au sein d'une même forêt varie d'un peuplement à un autre et d'un arbre à un autre. Elle dépend essentiellement de plusieurs facteurs intrinsèques à l'arbre et aussi au respect des règles d'exploitation. Il s'agit en effet de :

- la rapidité ou la lenteur de la formation de l'épaisseur de la couche du liège,
- la densité du suber,
- les facteurs du milieu extérieur (climat, sol, altitude, attaque parasitaire, exposition, développement du sou bois, densité des arbres, etc.).

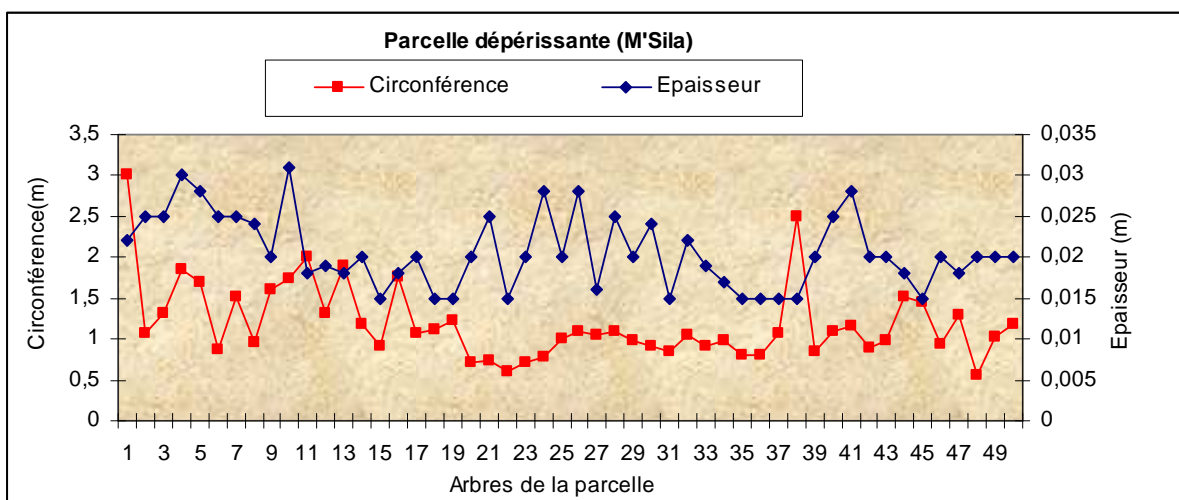
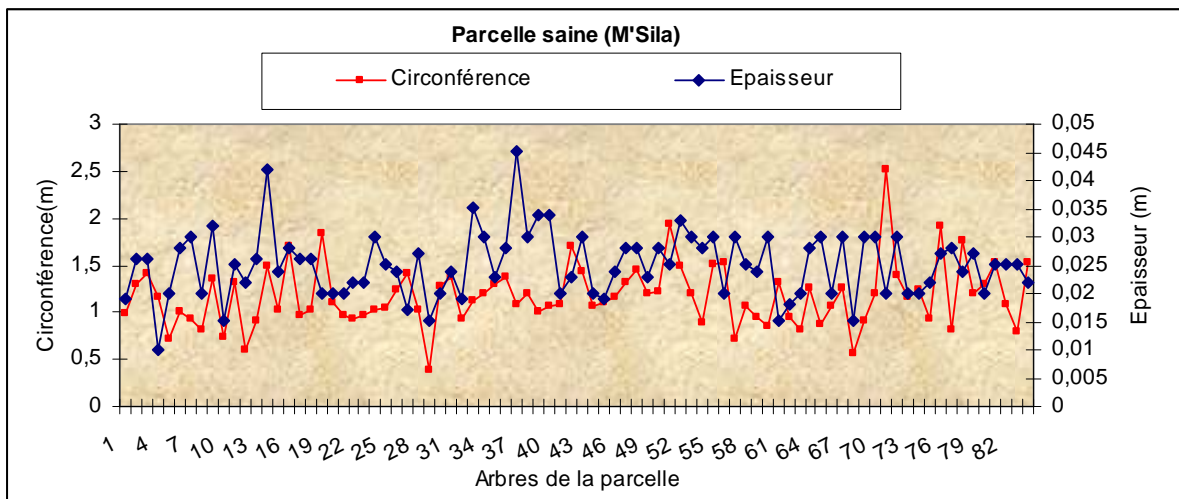


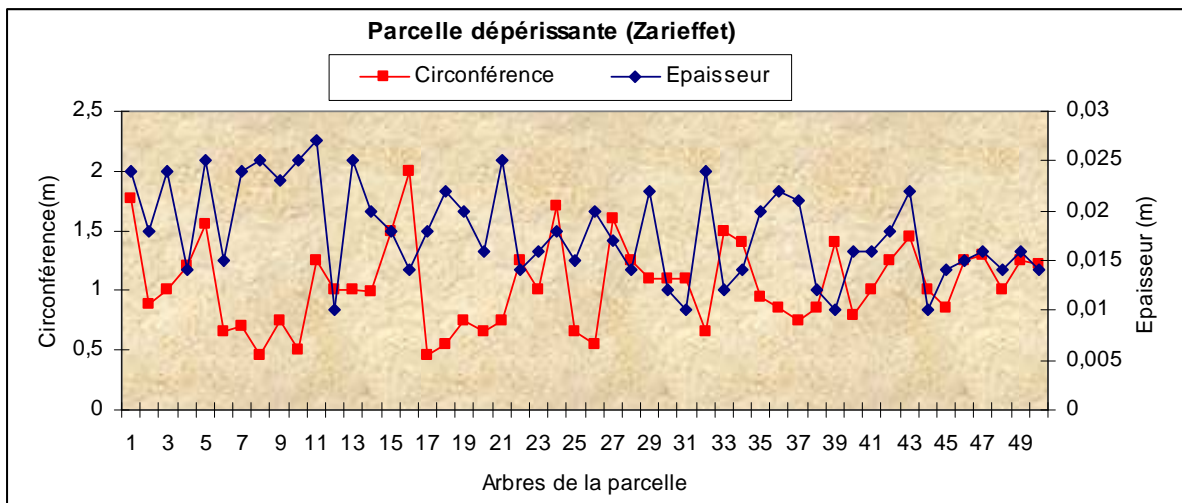
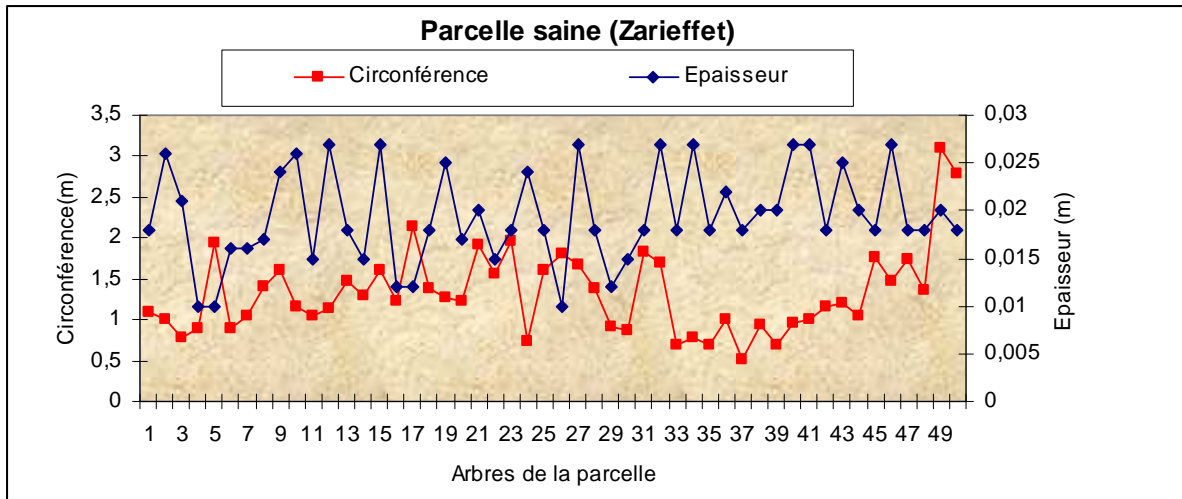
- Le coefficient de démasclage suivant l'état de végétation de l'arbre.

La discordance entre ces facteurs entraînent une perturbation physiologique dans la réponse de l'arbre et par voie de conséquence dans la rapidité de la production du liège, ou, en d'autres termes, dans le temps que mettent les écorces à atteindre une épaisseur déterminée.

Les fluctuations de la masse de liège produite sur les troncs de l'arbre se sont montrées très liées aux grandeurs des circonférences et des épaisseurs. En effet, il s'est avéré que les calibres tendent à se mincir avec l'augmentation des circonférences dans les deux forêts et à travers les deux états sanitaires (sains et dépérissants). Cette situation est très marquée sur les arbres âgés des deux entités, dépassant 180 cm de circonférence. Paradoxalement, le même schéma se présente au niveau des arbres jeunes dont la circonférence <90 cm. Par contre, les épaisseurs enregistrent des valeurs élevées au sein des circonférences intermédiaires (90 cm > Epaisseur < 180 cm) (Fig.134).

Ces résultats se rejoignent avec ceux proposés par Monterro et *al.*(1990 ) sur le liège de Malaga dans le sud de l'Espagne.





**Figure 134: Fluctuations de la masse de liège produite selon grandeurs des circonférences et des épaisseurs**

### VII.10.1.1-Indépendamment du dépérissement

La dominance du liège mince (<24mm) imprime au facteur correctif (Epaisseur \*3.14) une influence légère et stable sur les circonférences moyennes des arbres sains de Zarieffet lors des calculs. A ce fait se superposent les grandeurs des hauteurs d'écorçage qui se corrént à la grosseur des troncs. En d'autres mots, les surfaces génératrices du liège sur les arbres sains de Zarieffet sont supérieures à celles de M'Sila (Tab.108). Par voie de conséquence, la surface productive suit le même cheminement (24,51 kg contre 20,56 kg).

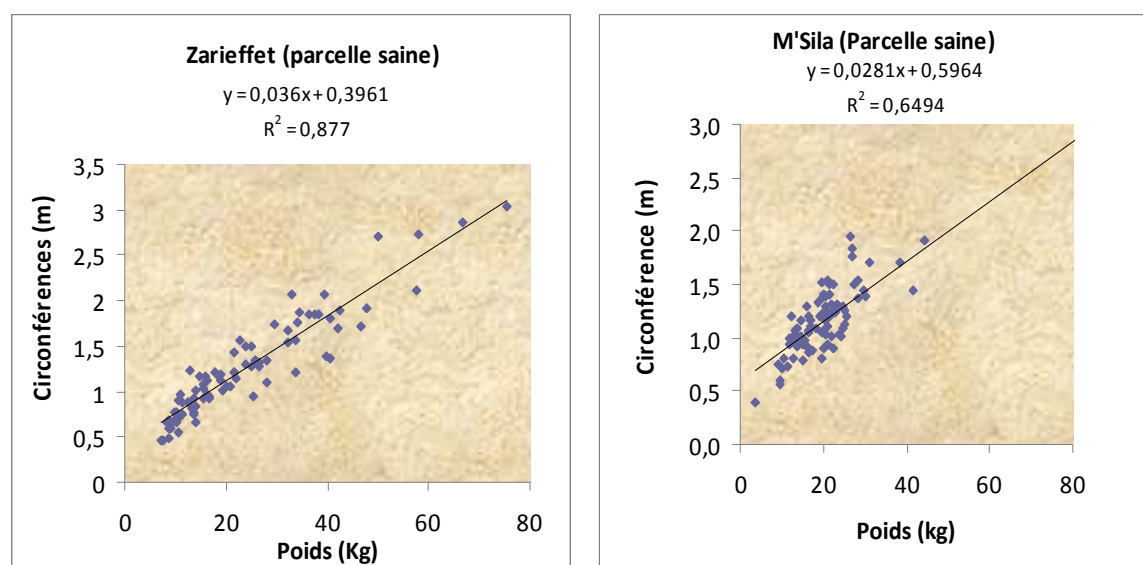


**Tableau 108: Coefficient de Pearson entre la surface productive des arbres et les différents paramètres d'exploitation**

Surface productive	Arbres sains		Arbres dépérissants	
	P(kg) M'Sila	P(kg)Zarieffet	P(kg) M'Sila	P(kg)Zarieffet
Circonférence(m)	$r= 0,80(R^2=0,64)$	$r= 0,93(R^2=0,87)$	$r=0,84(R^2=0,70)$	$r= 0,95(R^2=0,90)$
Hauteur d'écorçage (m)	$r= 0,70(R^2=0,49)$	$r= 0,72(R^2 =0,51))$	$r= 0,81(R^2=0,65)$	$r= 0,85(R^2=0,72)$

Selon le tableau 108, nous constatons que se sont les circonférences qui influencent plus la production. Le model appliqué, explique une grande partie de la corrélation ( $R^2=0,87$ ) chez les arbres sains de montagne et un degré moindre en littoral ( $R^2=0,64$ ) (Fig.135).

Chez les arbres sains de M'Sila, c'est le fait opposé qui se produit, le facteur correctif influe négativement sur les grandeurs des circonférences moyennes particulièrement au sein des arbres adultes (90 cm-180cm) qui supportent les calibres supérieures à 24 mm. Par conséquent, la surface productive chute malgré la corrélation avec les hauteurs d'écorçage.

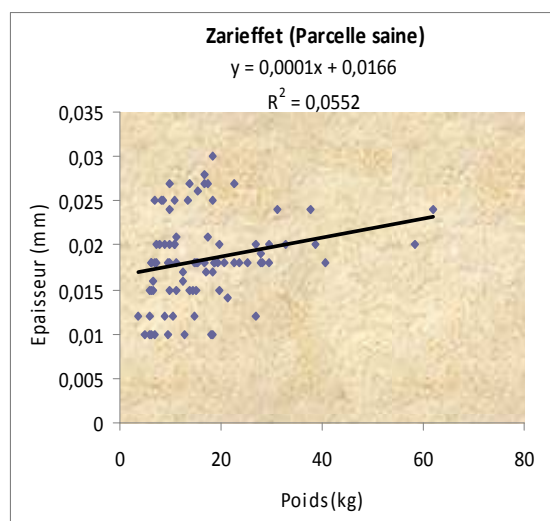
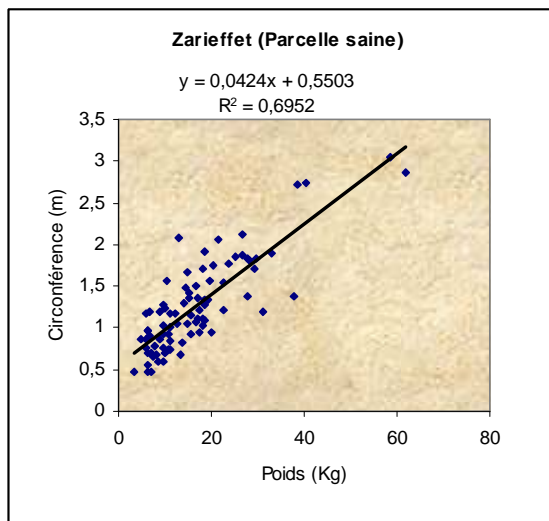
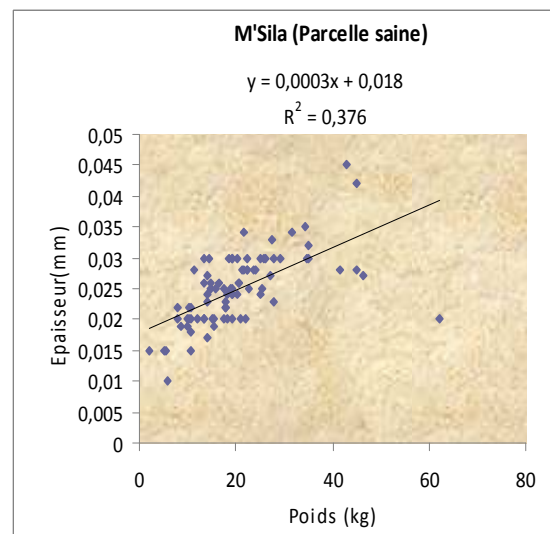
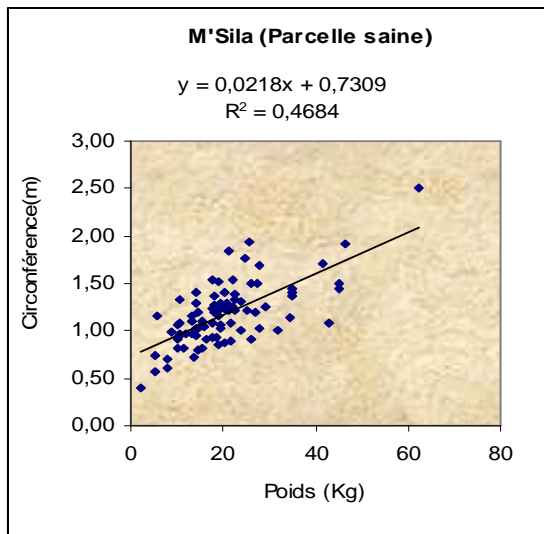


**Figure 135: Courbe de régression de la surface productive / circonférence des arbres sains (M'Sila et Zarieffet)**

Par ailleurs, le volume exploitable semble plus affecté à Zarieffet à cause de la grande minceur du liège de montagne (Tab.108). Malgré le coefficient de corrélation très élevé entre la production et les circonférences (surface génératrice) ( $r= 0,83$  ;  $R^2= 0,69$ ), l'apport des épaisseurs reste minime ( $r= 0,23$  ;  $R^2= 0,05$ ). En d'autres mots, les planches du liège produites sont plus légères et minces malgré leur volume important. C'est pour cette raison qu'on remédie à cette situation on laissant croitre ce type de liège jusqu'à 12 ans voire 15 ans pour augmenter la production volumétrique (Fig.136).

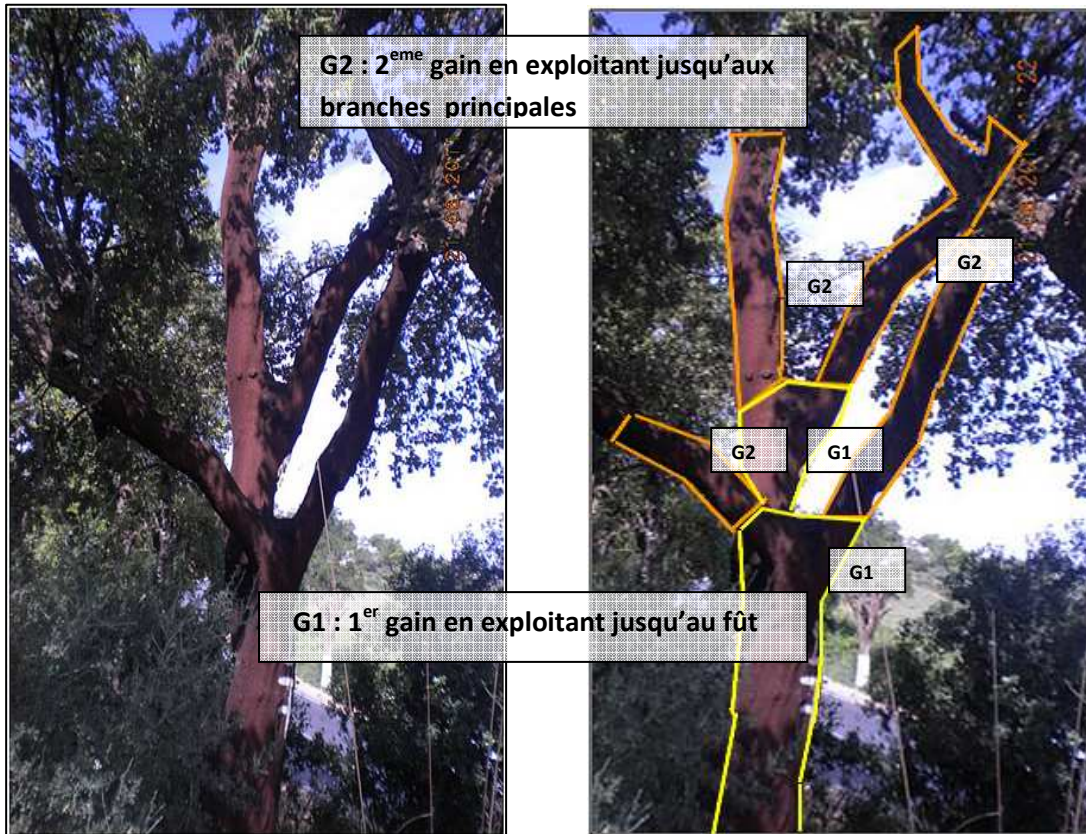
**Tableau109: Coefficient de Pearson entre la production volumétrique des arbres et les différents paramètres d'exploitation**

Volume productif	Arbres sains		Arbres dépérissants	
	P(kg) M'Sila	P(kg)Zarieffet	P(kg) M'Sila	P(kg)Zarieffet
Circonférence(m)	$r = 0,68 (R^2 = 0,46)$	$r = 0,83 (R^2 = 0,37)$	$r = 0,72 (R^2 = 0,51)$	$r = 0,88 (R^2 = 0,77)$
Epaisseur (mm)	$r = 0,61 (R^2 = 0,69)$	$r = 0,23 (R^2 = 0,05)$	$r = 0,47 (R^2 = 0,22)$	$r = 0,19 (R^2 = 0,03)$

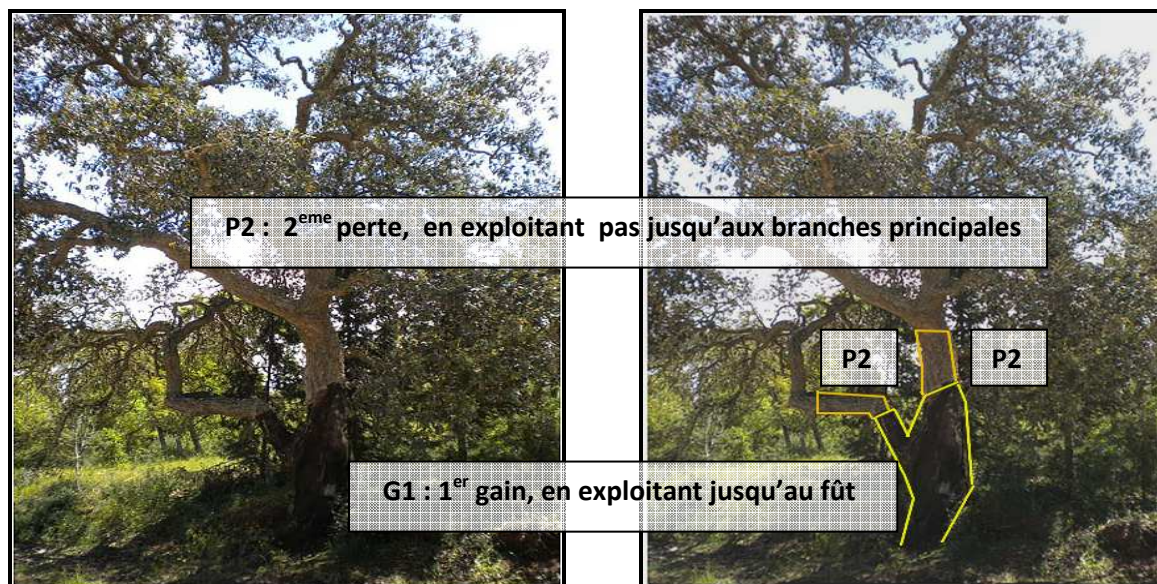


**Figure136 : Courbe de régression de la production volumétrique / épaisseur du liège et circonférence du tronc des arbres sains (M'Sila et Zarieffet)**





**Planche 34 : Arbre témoin (sain) d'une exploitation raisonnée englobant fût et branches et sans risque sur l'état sanitaire de l'arbre P8 (Zarieffet) (Original)**



**Planche 35: Arbre témoin (sain) d'une exploitation non raisonnée (M'Sila) (Original)**

### **VII.10.1.2-Sous l'influence du dépérissement**

Avec la dégradation physiologique de l'arbre, le dépérissement agit plus sur les jeunes sujets aux petites circonférences supportant des épaisseurs minces que les sujets aux tailles intermédiaires (adultes) et aux calibres élevés. Effectivement, le poids moyen du liège produit sur ces sujets ne s'éloigne pas de ceux des arbres sains. Cette constatation est visible sur la surface productive du liège de M'Sila ( 1 : 20,56 kg contre 20,18 : 3) ( $R^2 = 0,7$ ).

Dans le même contexte, chez les arbres de Zarieffet (P7), la dominance totale des calibres minces sur des circonférences réduites (<100 cm) sont sensibles au dépérissement et baissent significativement la surface productive moyenne de 24,51kg (arbres sains) à 17,31 kg (arbres dépérissants) soit une chute 29% ( $R^2 = 0,95$ ).

Le même scénario se réalise pour la production volumétrique, le dépérissement agit aussi sur les calibres réduits des petites circonférences (arbres jeunes) et se trouvent majoré en même temps par la chute naturelle des calibres au niveau des arbres âgés de grande taille. Autrement dit, le poids volumétrique subit deux pertes au sein des arbres dépérissants, une émanant du l'effet récurrent du dépérissement et une autre suite au vieillissement des arbres. Cette observation concerne surtout les arbres défaillants de M'Sila soit une chute de 18% ( $R^2 = 0,51$ ).

En montagne, la chute de la production volumétrique est plus amputée aux hauteurs d'écorçage réduites au sein des jeunes arbres et un degré moindre aux épaisseurs minces ( $R^2 = 0,03$ ) soit une chute de 30% par rapport au sains.

## **VII.11-La qualité du liège de la suberaie de M'Sila et de Zarieffet**

Les opérateurs très avertis de la filière liège lient la qualité du suber à la présence et à l'existence des discontinuités dans le tissu subéreux, qui en même temps affectent sa performance et son apparence visuelle. Dans la réalité, la majeure partie de ces discontinuités sont d'origine naturelle nommées porosité (canaux lenticulaires), d'autres sont d'origine accidentelle, à l'instar des fentes et des galeries d'insectes (Costa et Pereira, 2007).

Ces protubérances qui parsèment habituellement le liège étaient identifiées dans le passé par une simple inspection visuelle par les ouvriers chevronnés mais sans autant prêtés attention au caractère subjectif qui accompagne les opérations de classement du liège par ordre de qualité.

De nos jours, des procédés automatiques (scanners et caméras spécialisés) sont utilisés pour l'analyse de l'image de la surface du liège, basés essentiellement sur la précision de la quantification de la porosité et la rapidité de décision dans le classement.

L'application de cette technique numérisée pour la première fois au liège des deux régions nous a permis la quantification exacte de ces irrégularités et par conséquent l'affiliation de chaque type de liège à sa classe commerciale respective.

### **VII.11.1-La porosité**

A travers les résultats dégagés, il s'est avéré que les trois classes d'état sanitaire des arbres supportent une mosaïque de coefficient de porosité. Cette variabilité s'étend de l'échantillon le moins poreux au plus poreux (Zarieffet : 0,94%-15,7%), (M'Sila : 1,25%-14,09%), soit respectivement des coefficients variation oscillant entre 48,50% et 50,79%.

Cette constatation est en accord avec celles proposées par Ferreira et *al.* (2000) et Pereira (2007) et Roula(2010), confirmant une grande variabilité de la porosité entre suberaies et

entre les arbres du même site. Dans notre opinion, la variabilité entre arbres n'est pas exclue aussi en interférant le facteur état sanitaire de l'arbre.

Cela s'explique par le fait que ces arbres se caractérisent par un grand polymorphisme à l'intérieur d'une faible population. C'est ce que Natividade (1934,1954) considère « une forme botanique différente pour chaque arbre de chêne liège ».

Puisqu'il s'agit d'une espèce monoïque dont l'allogamie s'aggrave davantage par l'occurrence fréquente des phénomènes d'hybridation interspécifiques, le chêne-liège est fortement hétérozygote. De là provient la variabilité des plants issus de semis, qui manifestent une intensité toute à fait spéciale sur la vigueur et l'arborescence des arbres, la productivité (bois et liège), les traits caractéristiques du tissu subéreux, la forme et les dimensions des fruits et d'autres caractères de plus ou moins à grand intérêt économique (Varela,2000).

Dans le même contexte, des études génétiques et phylogéographiques récentes sur l'essence ont permis de confirmer l'existence des variations de l'ADN chloroplastique chez le chêne-liège dans l'ensemble de son aire de répartition (Lopez-Aljornaz et al., 2005 ; Lumaret et al., 2005).

D'après Simeone et al. (2009), une telle situation est particulièrement forte en Algérie, particulièrement dans la région nord-ouest. Cette variation génétique est liée essentiellement à deux phénomènes dont l'un naturel, du à l'introgression génétique entre le *Quercus ilex* et le *Quercus suber*, l'autre économique, une conséquence du transport international des semences de différentes régions (principalement en raison des programmes de boisement français au cours du siècle dernier). Le même auteur met l'accent sur la présence d'un lien de parenté directe entre certains modèles de lignées de peuplements de la forêt de M'Sila et particulièrement les régions biogéographiques ouest du Maroc.

D'autre part, les coefficients élevés de porosité, calculés sur les échantillons des deux forêts ont enregistré un net clivage vers les arbres dépérissants de M'Sila en nombre et en densité (dépérissants : 8,11%) que moyennement poreux (sains : 3,79%).

Ce résultat semble en accord avec celui proposé par Natividade (1956). L'auteur étaye sur le fait que l'état dégradé du feuillage de l'arbre suite à une faible humidité du sol et un manque de matière organique augmentent la porosité mais sans estomper de manière définitive les accroissements annuels du liège. Ce résultat s'aligne aussi à celui avancé par Montoya (1988), qui lie la baisse de la qualité (porosité) du liège à la dégradation de l'état sanitaire des arbres. Par ailleurs, selon Bossuet (1988), une trop grande concurrence à l'intérieur des suberaies entraînerait une forte compétition des arbres entre eux, un faible état végétatif avec un faible accroissement du bois et du liège et une mauvaise qualité du liège.

Effectivement, cette situation se présente au niveau des parcelles de M'Sila : des peuplements fortement embroussaillés dans le canton de M'Sila et sols très tassés dans le celui de Cheikh Ben Khalifa. Dans les deux cas de figure, ces deux faits (embroussaillage et tassement du sol) agissent de manière négative sur la teneur en eau du sol et sur la stabilité des réserves hydriques suite à la concurrence permanente des autres végétaux et au ruissellement des eaux de pluies. Autrement dit, l'alimentation minérale n'atteint pas les optimums qui influent positivement sur le processus végétatif de l'arbre.

Des études menées sur la nutrition minérale du chêne liège ont montré que le potassium « K » est le seul élément minéral dont la teneur semble avoir une influence significative sur la qualité du liège quelque soit la forêt étudiée (Courtois et Masson, 1999a).

Certains auteurs à l'instar de Orgeas et al., (1996), placent « K » comme l'activateur général du métabolisme ; il joue un rôle positif dans les divisions cellulaires et les phénomènes de croissances des végétaux. Martin-Prevel (1978), le lie à la croissance en épaisseur du liège en cas de fortes teneurs.

Robert *et al.* (1996) et Robert (1997), confirment le rôle prépondérant du K dans la formation de la porosité en favorisant le bon fonctionnement du phellogène.

D'autre part, Marschner (1995) mis en évidence la liaison entre la résistance du chêne liège au stress hydrique (par la fermeture des stomates des feuilles) et la forte teneur de cet élément dans le sol. Ainsi une meilleure alimentation hydrique serait synonyme de bonne qualité du liège. A l'inverse, les faibles teneurs en K du sol suite à la sécheresse engendreraient une qualité moins bonne du liège et une baisse de la performance des arbres.

En effet, le caractère individuel des arbres de chêne liège dans la même parcelle suppose une adaptation individuelle de chaque sujet aux facteurs abiotiques notamment la nutrition minérale.

Qualitativement, cette haute diversité génétique des arbres est conforme à la haute variabilité de la porosité (qualité) et les autres facteurs de la production de chêne liège. Des études avancées au Portugal partent dans le même sens, tout en affirmant l'implication du caractère individuel de l'arbre sur la qualité du liège (Brás *et al.*, 2001).

Autrement dit, la bonne vigueur des arbres s'accompagne fréquemment d'une croissance annuelle régulière du liège suivant l'aire écologique de chaque entité. Dans l'aire du liège mince (montagne) on ne rencontrera que le matériel mince (exception faite sur les fonds humides), et dans son homologue épais (littoral) cohabite une mosaïque de calibres (humidité constante et absence de pentes). Sur ces deux intervalles se maintient une porosité permanente dont le degré d'intensité est très intime à l'aptitude de chaque arbre (origine génétique). Cette origine confère à chaque sujet une résistance individuelle aux facteurs environnementaux (stress hydrique, faible nutrition minérale, etc.). Certains pieds affichent une indifférence totale aux contraintes du milieu physique et produisent soit un liège poreux ou moins poreux (la plus grande masse des arbres de Zariéffet (arbres âgés)), d'autres au contraire, la moindre altération se concrétise sur la performance de l'arbre, la croissance et la qualité de leur produit (une partie des arbres de M'Sila).

Par contre, cette situation naturelle peut Chambarder régressivement (chute de la qualité) par certaines décisions et mœurs irréfléchis, en liaison avec la gestion des suberaies algériennes. Il s'agit notamment, de l'âge avancé des arbres, l'absence des travaux sylvicoles et des traitements culturaux et spécialement la mauvaise exploitation. Il est impérativement connu que la qualité du liège s'améliore en général avec l'augmentation de la durée de la rotation de déliègeage. Cela est dû à l'augmentation progressive du calibre et à l'amélioration de la relation entre le liège de printemps et le liège d'automne dans les dernières couches de liège produites. De plus, la qualité du liège tend à s'améliorer avec les déliègeages successifs et donc avec l'âge jusqu'à une certaine limite. Dans les arbres trop âgés, l'accumulation de blessures et de cicatrices et la réduction de croissance du bois et du liège avec l'âge, conduit à une nette baisse de la qualité (porosité) du liège obtenu (Montoya, 1988 ; Courtois et Masson, 1999b).

En relation avec les dimensions et les formes de pores produits au sein du liège des deux forêts, les valeurs moyennes de la porosité obtenues par la méthode d'analyse d'image se sont montrées différents d'un état sanitaire à un autre. Globalement, la moyenne des coefficients de porosité dans les deux suberaies ( 4,73%) semble atténuée à celles calculées par Roula (2010) pour le liège de Jijel (11,23%) et de Aloui *et al.*(2006), en Tunisie (9,13%).

**1-Les variables de dimension:** Sur la section tangentielle, les superficies totales des pores des échantillons de M'Sila se sont montrées très corrélés à l'intensité du dépérissement pour une surface de vision uniforme de 100 cm<sup>2</sup> et pour un filtrage de 0,8mm<sup>2</sup>. En effet, ces superficies augmentent de 47% d'un état sain vers un état dépérisant. A Zariéffet, cette corrélation est entravée à cause d'une stabilité entre les superficies des pores des arbres affaiblis et dépérisants.

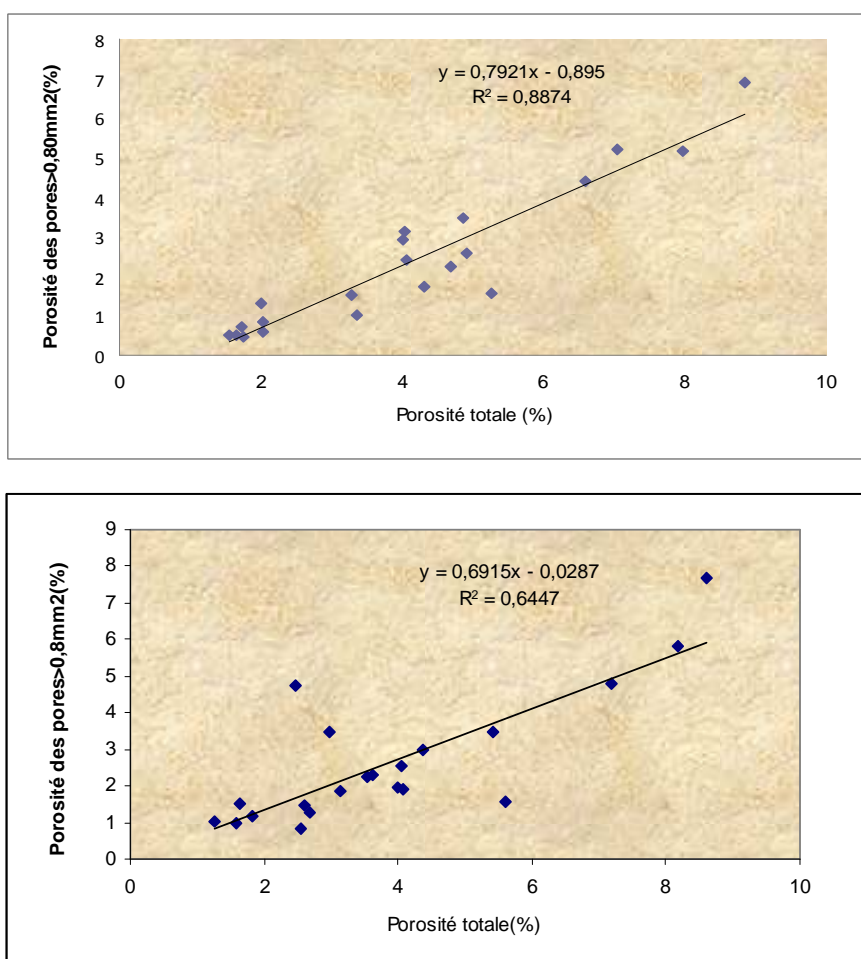


**2-Les variables de concentration :** Malgré l'augmentation croissante du nombre de pores entre les 3 classes d'état sanitaire sur les deux types de liège, les moyennes enregistrées sont similaires à celles évoquées dans la bibliographie (Pereira et *al.*, 1996 ; Costa et Pereira, 2005).

Les valeurs moyennes pour un ROI de  $100 \text{ cm}^2$  : 570(1), 737(2), 1040(3) (M'Sila) et 612(1), 480(2), 900(3) (Zarieffet) s'insèrent entre les limites établies par ces auteurs pour un minimum de 285 pores et un maximum de 1297 dans  $100 \text{ cm}^2$  de la section tangentielle.

En l'occurrence, la même remarque s'applique pour les valeurs moyennes pour un filtrage  $>0,8 \text{ mm}^2/100 \text{ cm}^2$ . Nos valeurs de 86(1), 110(2), 156(2)(M'Sila) et 92(1), 72(2), 135(3) (Zarieffet) s'intègrent aussi entre les extrêmes proposées par les mêmes auteurs, soit un minimum de 13 pores et un maximum de 292 pores ( $>0,8 \text{ mm}^2/100 \text{ cm}^2$ ).

L'application d'un filtrage de  $0,8 \text{ mm}^2$  sur chaque échantillon a montré une relation significative entre les coefficients de porosité totale de l'échantillon et la porosité quand on considère seulement le nombre de pores supérieur à  $0,8 \text{ mm}^2$  à travers les trois états sanitaires ( $r > 0,80$ ) (Fig.137).



**Figure 137: Porosité des calas d'arbres sains en considérant seulement les pores  $>0,8 \text{ mm}^2$  et la porosité totale (%) (Haut : M'Sila ; bas : Zarieffet)**

**3-Les variables de forme :** Les différentes formes de pores qui se tracent sur la section tangentielle du liège des deux suberaies manifestent une indifférence totale vis à vis l'amélioration ou la dégradation sanitaire des arbres. Le facteur de forme ou coefficient de

géométrie restent statiques du point de vue grandeurs. En ce qui concerne l'orientation angulaire, les pores se dressent selon un angle presque droit  $\sim 90^\circ$  quelque soit l'état de santé du sujet. Ce sont pratiquement les mêmes formes qu'on aperçoit sur les différents types de liège d'origine espagnole, portugaise et tunisienne (Gonzalez Adrados et al. 2000 ; Pereira et al. 1996, Aloui et al. 2006 ; Roula,2010).

### VI.11.2-Les défauts

En relation avec les critères de classification des planches de liège par ordre de qualité, les arbres du littoral favorisent plus certaines anomalies de dépréciation (Natividade, 1956). En effet, les fentes, le liège doublé, les soufflures (caractérisant les cavités de porosité) et la tâche jaune sont plus présents sur la section transversale des échantillons de M'Sila.

Plusieurs auteurs à l'instar de GGA(1927), Saccardy (1937), Natividade(1956) , Garcia de Ceca et al. (2001), Gonzalez Adrados et al., (2005) , Pereira (2007) se rejoignent sur le fait que :

- **Les fentes** du liège sont plus larges et profondes quand la rapidité de la croissance radiale et subéreuse se réunit dans un jeune arbre. Dans cette situation, le développement rapide des accroissements du bois suite à la division des cellules du cambium s'ajustent progressivement sur la circonférence de l'arbre mais il est mal suivi par la croûte et les parties externes (l'écorce) qui se crevassent longitudinalement. Ces informations trouvent appui sur le liège des arbres de M'Sila dont la circonférence est plus petit que celles de Zariéff et dont la tension exercée par la formation rapide des accroissements du liège est supérieure (Dahane, 2006 et al.,2011 ; Abou, 2008 ; Hadji, 2010).
- **Le liège doublé** est causé par un arrêt définitif dans le fonctionnement du phellogène. Il se produit une séparation entre les tissus du liège préalablement formés et les tissus de néo formation. Cette lame mal soudée est attribuée à plusieurs causes notamment le dépérissement, les attaques de *Lymantria dispar* sur le feuillage de l'arbre ou soit à un excès de chaleur (sirocco) ou à un passage d'incendie. En effet, les deux premières causes semblent bien justifiées dans cette suberaie (C.F.W.O., 1996).
- **Les soufflures** synonymes de pores larges et ouverts sont d'autant fréquentes que les accroissements du liège sont rapides. Pour Courtois et Masson(1999), il n'y a pas de relation simple entre l'épaisseur et la porosité du liège. Ainsi, des planches de faible épaisseur peuvent fournir du liège de mauvaise qualité et des planches de forte épaisseur du liège de bonne qualité. D' ailleurs, il est connu que les lièges épais sont moins denses et plus faciles à comprimer que les lièges minces.  
La présence des soufflures en nombre et en forme sont variables d'un échantillon à un autre. Ces déchirures sont produites sous la double action de la tension des couches subéreuses et du retrait imposé au liège par la dessiccation.
- **La tâche jaune** est l'altération la plus fâcheuse que pu subir le liège. En effet, le liège de reproduction restant des années sur l'arbre sous des conditions d'humidité excessive peut être attaqué par des champignons. Ils se forment alors des taches grises claires à jaunâtres sur la croûte vers l'intérieur, en particuliers dans les fentes. Le liège prend une odeur de moisi. Bien que sa présence est minime dans les échantillons de M'Sila (1,14%), il faut bien signaler l'exploitation anarchique du liège dans cette forêt d'autant que sur certains arbres le liège persiste au de la de 12 ans.



D'une manière générale, l'analyse qualitative des principaux défauts du liège de M'Sila semble avoir une incidence majeure sur sa destination industrielle (Tab.110)

**Tableau 110: Incidence des anomalies sur l'utilisation du liège du littoral**

Défauts	Origine	Incidence sur la transformation industrielle
Fentes	Croissance	Inaptes pour le tubage des bouchons
Liège doublé	Physiologique	Déchirures rapides à la moindre résistance
Soufflures	Génétiques	Travaux supplémentaires de colmatage
Tâche jaune	Phyto-pathogène	T.C.A (goût du moisi de bouchon)

Sur les échantillons de Zariéffet, la minceur du calibre aux accroissements lents s'oppose à la formation de certaines anomalies. Sur ce type de liège nous évoquons plus la lignification verticale du suber ainsi que l'épaisseur de la croûte (> 2mm) et le liège terreux.

- **La lignification verticale** est synonyme d'excès de densité. En effet, le liège apparaît boisé ou ligneux à cause du développement excessif des éléments de sclérenchymes inclus dans le suber. Cette dureté transmise au liège une très grande élasticité pouvant même briser le goulot lors du bouchage. Ce défaut est dû généralement à la prédominance de cellules d'été et d'automne de hauteur réduite et à parois épaisses (Dahane, 2006).
- L'épaisseur de **la croûte**, très fréquente sur le liège de montagne, est due à la lenteur de croissance du liège sur l'arbre. Son épaisseur influe sur le prix du liège mis en vente et présente un poids mort lors des opérations de tarage. Cela est d'autant vrai que ce liège mince est léger.
- **Le liège terreux** synonyme de liège argileux dont les causes sont inconnues, présente des canaux lenticulaires coniques remplis de matières pulvérulentes de couleur rougeâtres ou terreuses sur de petites surfaces. Ce trouble de fonctionnement du phellogène supprime les cellules subéreuses au profit des lenticelles fortement sclérifiées.
- **Le liège vert** est dû à une forte imbibition d'eau de la part des tissus du liège. Ces lièges proches de la base de l'arbre se caractérisent par une couleur olivâtre et translucide. Ces tâches l'œuvre de certains champignons, favorisés par des printemps très pluvieux et sur les arbres végétant sur des terrains périodiquement labourés. Cela est justifié par le fait que certains de nos échantillons ont été extraits des bas fonds humides.

Le tableau 111 regroupe les principaux défauts du liège de montagne et leurs incidences sur l'industrie du liège.

**Tableau 111 : Incidence des anomalies sur l'utilisation du liège de montagne**

Défauts	Origine	Incidence sur la transformation industrielle
Lignification verticale	Physiologique	Impropre pour le bouchage
Liège crouteux	Croissance	Charges supplémentaires durant le raclage
Liège terreux	Physiologique	Inutilisable
Liège vert	Phytopathologique	Forte perméabilité et retrait lors du bouillage

### VII.11.3-Les classes de qualité commerciales

Le classement du liège par classes de qualité commerciale montre que les deux lièges abritent une panoplie d'anomalies qui portent préjudices à l'homogénéité du tissu subéreux et à ses caractères physiques et mécaniques. Ces altérations sont globalement d'origine génétique, physiologique et d'agents extérieurs. Ils se traduisent sur la couche du liège par un excès de porosité sous forme de soufflures et par une dureté exagérée par la présence de nodule de sclérenchymes et par des tâches aux couleurs variés que même le bouillage ne peut effacer. Dans ce contexte, l'appréciation visuelle des défauts et leur validation par un programme digital de pointe « Calcor » nous a permis de réduire la subjectivité et le risque d'erreur qui entache traditionnellement cette opération de classement. Nos résultats s'approchent de ceux dégagés par Ferreira et *al.* (2000) dans cinq suberaies portugaises (de montagne et d'influence atlantique).

La classe de qualité commerciale « bonne » se concrétise dans 42,5% d'échantillons de liège de montagne contre 37,5% de ceux du littoral. Dans cette classe, la porosité quantifiée ne dépasse pas les 2% et les autres défauts sont réduits comme le liège terreux, les fentes et les taches. Cette catégorie regroupe les planches du 1<sup>er</sup> choix au 3<sup>ème</sup> choix.

La classe de qualité commerciale « moyenne » est en faveur du liège de montagne aux alentours de 27,5% contre 17,5% sur celui de littoral. En effet, dans ce dernier, le liège se fragilise par les cavités poreuses importantes dont les superficies dépassent en moyenne 12 mm<sup>2</sup> et dont le pourtour est horizontalement sclérifiés. En montagne, le tissu subéreux est parsemé de protubérances granuleuses qui occupent une moyenne spatiale de l'ordre de 31 mm<sup>2</sup>. Ces défauts sont de grande envergure pour l'industrie du bouchon. Cette catégorie regroupe les calas du 4<sup>ème</sup> au 5<sup>ème</sup> choix.

La classe de qualité commerciale « faible » regroupe les planches du 6<sup>ème</sup> choix (entre 12% et 18% des calas). La couche subéreuse gorge de soufflures aux cavités très larges dont la superficie dépasse en moyenne 15 à 20 mm<sup>2</sup>. Dans ce type de liège, il est très fréquent de rencontrer en masse les trous d'insectes (fourmis et autres). C'est un liège entaché de nodules sclérifiés (entre 34 et 24 mm<sup>2</sup> de superficie) et dont le bouillage est difficile à cause de son retrait rapide après séchage. Divers tâches peuvent l'imprégner et le rendent moins convoité dans la confection du bouchon naturel et de la fabrication du papier issu du liège par exemple.

Enfin, la classe de rebut renferme la catégorie médiocre du liège (entre 18 % et 27%). Ce suber est impropre à toute utilisation, sauf à la trituration. Son contour est très crevassé, très poreux (25 à 33 mm<sup>2</sup> de superficie moyenne), très lignifié (44 à 45 mm<sup>2</sup>) et parsemé de tâches.

La distribution des anomalies selon l'état sanitaire des arbres productrice du liège de reproduction n'est pas évoquée en bibliographie, hormis un bref récit de Saccardy (1937) et de Natividade (1956) du rôle de la défoliation dans la formation du liège doublé.

La plus part des auteurs espagnols et portugais contemporains se sont intéressés à l'aspect mathématiques-statistiques visant à offrir à l'industrie des modèles mathématiques fiables dans l'identification et le classement automatique du liège (planches, bouchons) (Gonzalez Adrados et *al.*, 2000 et 2005 ; Costa et Pereira, 2007).

En effet, nous pouvons estimer qu'un peuplement de chêne liège (littoral ou de montagne) favorable à une variation de l'état sanitaire de ces arbres, comporte à la fois, une diversité génétique entre les populations de chaque classe de vigueur et entre les mêmes classes. Cette haute diversité génétique est conforme à la haute variabilité de la qualité et de la production de liège par les chênes-lièges. La fréquence des défauts tiendrait, donc, pour une grande part, au caractère individuel de l'arbre qui le porte. Ils sont exclus de ce schéma, les anomalies phytopathologiques dues aux attaques occasionnelles des champignons et entomologiques en particulier la fourmi du liège *Crematogaster scutellaris*.

En d'autres mots, ce sont les paramètres intrinsèques propres à chaque arbre qui vont dicter l'abondance ou la raréfaction des anomalies physiologiques et de croissance.

**CONCLUSION GENERALE**

---

**ET PERSPECTIVES**

## Conclusion générale et perspectives

Les travaux de recherches que nous avons menés durant quatre ans (2006-2009) se sont heurtés inlassablement à des difficultés d'échantillonnage, dont la nature précise variait d'une région à une autre.

Le premier constat, d'ordre gestionnel, intéresse la forêt de M'Sila. En effet, malgré que cette suberaie conserve plus au moins sa physionomie d'origine, les opérations d'exploitation du liège de reproduction n'ont rien de périodique. L'absence de pentes et de dépressions n'a pas été suivie d'une exploitation rationnelle et régulière du liège, même sur des petites surfaces. La situation empirait, d'autant plus le nombre limité d'arbres mis en valeurs dans chaque parcelle.

Le deuxième constat, d'ordre structurel, inflige à la forêt de Zariéffet, une physionomie toujours régressive, une maturation façonnée par les incendies et l'anthropisation. L'état de dégradation de cette suberaie est assez avancé, exprimant une structure architecturale altérée sur la quasi-totalité de sa superficie. La rareté de la régénération naturelle du chêne-liège n'arrive pas à combler la disparition annuelle d'un nombre important d'arbres du réseau de surveillance, comme témoigne l'incendie de 2008.

Globalement des 1693 hectares de chêne-liège qui existaient au début du siècle dernier dans les deux forêts sous forme de peuplements naturels souvent bien venants, seul 960 ha environ de superficie demeure actuellement productif dont une partie se trouve dans un état de dégradation avancée. La production du liège marchand a connu le même sort ; à partir d'un rendement moyen annuel de 0,78 Qx /ha en période coloniale elle n'enregistre que 0,44 Qx /ha actuellement soit une chute de 34%.

Ces pertes économiques en argent, en capital chêne liège et liège ne peuvent être attribuées à un seul agent causal mais à différents facteurs qui se propagent sur une grande échelle temporelle et spatiale induisant une réduction notable de la vigueur d'un grand nombre d'arbres vivant côte à côte dans de mêmes conditions stationnelles.

L'objet majeur de ce premier travail à l'échelle nationale, vise en premier lieu à comptabiliser le maximum d'informations et de données fiables entre deux thématiques complexes, qui sont l'écophysiologie du chêne liège et la technologie du liège. La présence de plus d'une décennie du réseau de surveillance et de suivi de l'état sanitaire des suberaies nous a permis de superposer au premier indicateur « déficit foliaire » un deuxième critère très valable qui est l'échantillonnage de « calas » du liège sur arbre. Cet indicateur naturel, n'est en réalité qu'un fruit généré sur l'arbre durant une rotation (>10 ans) et sur lequel vont s'emmagasiner toutes les épisodes et les informations vécues par le sujet et qui expliquent en même temps une partie du fonctionnement de ce système forestier si complexe qui est la suberaie.

La caractérisation de l'état sanitaire des parcelles d'études ainsi que les arbres échantillons nous a permis de conclure que :

- La perte de vigueur des peuplements dans la forêt de M'Sila et de Zariéffet progresse lentement parfois devient très localisée, non associée systématiquement à un insecte ou à un autre pathogène spécifique comme ailleurs dans d'autres suberaies méditerranéennes (Mamora au Maroc, Sardaigne).
- L'architecture des cimes des arbres en dehors de la stabilité change constamment d'une année à l'autre entre deux variantes : amélioration ou dégradation. La résilience est un concept très fréquent entre les sujets des deux entités (passage de la classe1 vers la classe3 et de la classe 3 vers la classe1).

- La dégradation de l'état sanitaire des arbres est très ancienne (antérieure à la date des observations) mais réversible, plus prononcée dans la forêt de M'Sila qu'à Zarieffet. C'est un dépérissement de type « chronique ».
- L'indice de santé « IS » calculé pour l'ensemble des parcelles atteste un début de dépérissement ( $1,60 < IS < 2,0$ ). Dans les parcelles de M'Sila, il varie entre le canton de Cheikh Ben Khalifa et de M'Sila soit respectivement  $IS = 2,17$  vs.  $IS = 1,63$ .
- Les principales causes de cette variation sont dues essentiellement à des conditions stationnelles défavorables propres à chaque forêt. En effet, dans les parcelles du canton de M'Sila, par manque de travaux sylvicoles efficaces, les arbres de différents âges sont maintenus à un niveau de concurrence élevé avec d'autres espèces ligneuses pour les réserves hydriques et minérales. Les perturbations physiologiques dues au stress intense sont plus visibles sur les jeunes sujets que les plus âgés. En revanche, dans les parcelles du canton de Cheikh Ben Khalifa, l'absence totale du sous bois est aggravée par un tassement important du sol, dû à la fréquentation humaine et animale. Cette structure superficielle (argilo-limoneuse) compacte, altère le mouvement de l'eau dans le sol et réduit sa fertilité. Les perturbations physiologiques surviennent suite à la vulnérabilité de la mère des sujets lors des exploitations du liège. Par ailleurs, dans la forêt de Zarieffet, la perte de vigueur des arbres est accélérée par les changements profonds de sa structure suite aux incendies récurrents et rapprochés dans le temps. La plus part des arbres sont des anciens pieds qui ont résisté plus au moins aux flammes grâce à leur liège. La dominance des groupements de matorrals entre les sujets fragilise les arbres (concurrence) et réduit leur survie point de vue croissance radiale et subéreuse (liège très mince). La situation est d'autant catastrophique par le non respect des règles d'exploitation du liège, notamment la rotation  $> 12$  ans.

La caractérisation de la croissance annuelle du liège pour des cycles de production différentes a montré que l'épaisseur des 240 calas varie d'un arbre à l'autre. La condition sinequanon pour l'étude technologique du liège est l'opération du bouillage. Lors de cette étape, les échantillons provenant du littoral étaient propices à une expansion calibrable globale de l'ordre de 10,02% contre 8,93% en montagne. Le déséquilibre de la structure anatomique des tissus subéreux était plus accentué dans le liège du littoral entre les cellules de printemps et celles d'automne.

L'adoption d'un cycle de production cohérent de 8ans (7 accroissements complets) pour les 224 calas, a prouvé que les échantillons issues de la forêt de M'Sila offrent une croissance élevée à celle de Zarieffet soit une valeur moyenne de l'ordre de  $2,59\text{mm}\cdot\text{an}^{-1}$  contre  $2,25\text{mm}\cdot\text{an}^{-1}$ . Cette constatation est une confirmation de la rapidité de croissance annuelle de liège du littoral à son homologue de montagne.

La variation annuelle des accroissements au sein du même cycle de production converge le produit du littoral plus vers un liège aux dispositions naturelles proches à celles du liège à ambiance atlantique. Le premier accroissement complet semble majoritaire, d'autant plus que la majeure partie de la croissance (70%) s'effectue durant les 5 premières années.

Au sein du liège de montagne, la croissance lente adopte plutôt un schéma gaussien. Le début de la maturité du liège est tributaire du temps, entre le 8<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> accroissement, puis ce rythme se poursuit jusqu'à la 12<sup>ème</sup> année.

La caractérisation du liège selon l'état sanitaire des arbres a montré que la croissance annuelle du liège au niveau des parcelles de M'Sila se scinde entre deux tendances, relatives au canton de Cheikh Ben Khalifa et celui de M'Sila.

- En situation sanitaire satisfaisante (saine) les arbres du premier canton l'emportent sur ceux du second par une production importante d'accroissements de type très rapide supérieure à 50%. En situation sanitaire affaiblie, la régression de la croissance s'avère plus lente sur le liège du premier canton et se trouve plus influencée par la fréquence importante des accroissements de type rapide aux alentours de 25%. Par contre, cette régression est d'allure rapide au niveau du deuxième canton où la fréquence des accroissements de type moyens à faibles est présente à 40%.

L'analyse de variance à 2 critères soutient la haute signification de l'inter-action entre les deux cantons et l'état sanitaire sur les accroissements annuels du liège ( $p < 0,0001$ ).

▪ En montagne, le liège s'identifie par des accroissements annuels de type moyen ( $< 2\text{mm}$ ). En situation sanitaire satisfaisante (saine), les arbres se caractérisent par un pourcentage omniprésent d'accroissements de type très rapide ( $< 10\%$ ). En revanche, avec la dégradation physiologique des arbres, nous assistons à une chute de la croissance annuelle plus au moins prononcée chez les arbres dépérissants qu'affaiblis. Dans ces deux catégories, le pourcentage des accroissements de type moyen à faible est très caractéristique.

▪ L'analyse de variance à 2 critères appuie la grande signification de l'état sanitaire sur les arbres ( $p < 0,01$ ), l'inter-action entre les 3 parcelles et l'état sanitaire est à effet très mineur ( $p > 0,05$ ).

▪ Dans un sens large, l'influence de la vigueur des arbres subordonnée à la zone naturelle d'origine (zone géographique) s'est soldée par une inter-action très significative ( $p < 0,01$ ). Cette atteinte à l'activité subéreuse est plus prononcée à l'échelle de la zone écologique côtière que continentale.

▪ La prédiction du modèle mathématique étaye le rôle prépondérant de l'état sanitaire sur les fluctuations annuelles des accroissements à l'intérieur du cycle de production (10 ans  $\leq$  rotation  $\Rightarrow$  12 ans). Ce rôle devient à effet nul et sans valeur, une fois la maturité du liège est requise (accroissements trop réduits voire très serrés et parfois non visibles quelque soit la classe d'état sanitaire.).

L'impact de l'état de santé sur la croissance annuelle du liège dans la suberaie de Zariéffet et M'Sila, selon une échelle de temps de 10 ans (1999-2008), a montré que l'indice d'accroissement annuel complet se corrèle négativement à l'indice de santé annuelle (Zariéffet :  $r = -0,85$  et M'Sila :  $r = -0,52$ ). En effet, le premier indice régresse quand le deuxième indice progresse et vice versa. Les spécificités stationnelles de chaque parcelle ont une influence particulière sur les valeurs des coefficients de corrélation calculés pour chaque peuplement.

L'impact de la pluviométrie mensuelle cumulée durant l'année (t) ou (t-1) sur les indices d'accroissements annuels complets du liège, est d'allure très faible aussi bien sur le liège de littoral que celui de montagne, voire aussi bien pendant la période végétative que celle de repos. Le caractère xérophytique de l'essence semble très bien adapté à sa zone de prédilection. L'inclinaison effective de la croissance annuelle du liège vis-à-vis de la pluviométrie ne peut être épiloguée efficacement que durant un cycle de sécheresse très long, rendant les réserves hydriques inaccessibles au système racinaire de l'arbre.

L'impact des facteurs écologiques sur les accroissements annuels du liège s'est exprimé lors de l'analyse factorielle par un préjudice particulier sur les jeunes sujets récemment levés que les arbres âgés. Le développement incomplet du système racinaire des ces individus les rendent trop lésés au rabattement des réserves hydriques en période sèche et par conséquent à la concurrence du sous bois et de l'enrésinement. C'est particulièrement le cas des parcelles du canton de M'Sila (P4, P5 et P6) et la parcelle 7 de Zariéffet.

En l'occurrence, l'exploitation anarchique du liège par la mauvaise estimation du coefficient de démasclage implique des hauteurs d'écorçage excessives et des surfaces découvertes importantes dépassant la tolérance de la transpiration de ces jeunes arbres en période estivale.

Le manque de fertilité du sol suite au pacage et au ruissèlement induit une mauvaise alimentation minérale et entrave la circulation de la sève brute dans la mère de l'arbre. Il s'en suit un mauvais décollement du liège et de son arrachage brutal avec la mère, par le personnel peu averti. Le constat est tragique par le nombre important d'arbres mutilé surtout que ces blessures sont les sources d'attaques d'agents pathogènes (insectes ou champignons).

L'influence de l'état sanitaire sur la masse du liège (kg) produit par 230 arbres-échantillons a révélé une corrélation directe avec la circonférence du tronc (âge) et l'épaisseur du liège produit.

Le poids du liège sur pied manifeste un clivage vers les arbres sains de M'Sila dans le cas du volume et ceux de Zariéffet dans le cas de la surface d'exploitation. Cette constatation prend appui selon deux constantes bien accomplies :

#### 1-Circonférence du tronc /facteur correctif

-La minceur du liège de montagne (<24mm) associé au constant facteur correctif « Épaisseur\*3,14 » agit légèrement sur la surface génératrice des arbres sains (quelque soit l'âge de l'arbre) qui reste globalement stable malgré les variations des hauteurs d'écorçage (20,56±2,23 kg).

-Chez les arbres sains de M'Sila, c'est le fait opposé qui se produit, le facteur correctif réduit significativement les surfaces génératrices particulièrement au sein des arbres adultes (90-180cm) qui supportent les calibres supérieures à >24 mm. Par conséquent, la surface productive chute malgré la corrélation avec les hauteurs d'écorçage (24,51±6,51 kg).

#### 2-Surface génératrice/épaisseur du liège

-La minceur du liège (épaisseur) associée à la surface génératrice (circonférence\*hauteur d'écorçage) abaisse favorablement la production volumétrique à Zariéffet (16,50±4 kg) à cause de la dominance des arbres adultes et âgés à hauteur d'écorçage importante.

- A M'Sila, la fluctuation des épaisseurs entre liège épais et mince augmente la production volumétrique à la suite de la prépondérance des sujets jeunes et adultes (20,32 ±2,23 kg) .

La perte de vigueur affecte copieusement les arbres jeunes aux circonférences réduites et aux épaisseurs minces. Cet état atténue d'une manière insignifiante la surface productive (facteur correctif) des sujets déperissants de M'Sila par rapport à ceux sains (20,18±3,72 vs 20,56±2,23 kg).



Le même schéma s'effectue sur le peuplement défaillant de Zariéffet ; la surface productive plus affectée chute sensiblement par la dominance quasi-totale du liège mince sur la majorité des arbres ( $17,33 \pm 4,80$  vs  $24,51 \pm 6,51$  kg).

La production volumétrique pour sa part s'amenuise sur les arbres du littoral suite au fait récurrent du dépérissement sur les jeunes arbres et au fait naturel du vieillissement sur les arbres âgés ( $16,56 \pm 3,70$  vs  $20,32 \pm 2,23$  kg).

En montagne, la chute de la production volumétrique est plus liée aux hauteurs d'écorçage réduites au sein des jeunes arbres et un degré moindre aux épaisseurs minces ( $11,53$  vs  $16,50 \pm 4,57$  kg).

L'effet produit de l'état sanitaire des arbres sur la qualité du liège dans les deux suberaies est difficilement mesurable. L'existence d'une mosaïque de coefficients de porosité dans la seule petite surface de  $100 \text{ m}^2$  renforce l'hypothèse de la variation de l'origine génétique de chaque sujet. Les différentes adaptations des arbres aux mêmes conditions stationnelles suppose aussi une interrogation très longue sur la qualité génétique de chaque individu. A priori, on est en face de plusieurs peuplements hétérogènes doués, chacun à sa manière, à une plus au moins forte résistance aux fléaux et aux maladies. L'étude de la qualité du liège dans un sens large, implique obligatoirement que des études très poussées soient orientées aux méthodes de sélections connues depuis longtemps comme les croisements intra-spécifiques, les hybridations inter-spécifiques, les possibilités qu'offre la mutabilité induite, par différents agents mutagéniques.

Les coefficients de porosité moyens, caractéristiques de la suberaie de M'Sila se sont décelés très moins atténués sur les arbres dépérissants (CP=8,11%) que ceux sains (CP=3,79%). Dans cette forêt, deux extrêmes environnementaux prévalent, fragilisant l'état sanitaire des arbres, et subalternant la mauvaise qualité génétique des sujets, il s'agit bien de la grande intensité de l'embroussaillage-enrésinement et de l'entassement marqué du sol. Dans notre avis, ce dilemme perpétue une influence négative sur la porosité où le catalyseur principal est l'alimentation minérale du sol. Il semble très utile, que des études soit dirigées dans ce sens.

Dans la suberaie de Zariéffet, les coefficients moyens de porosité ne diffèrent pas entre les trois classes d'état sanitaire : 1 (CP=3,96%) et 3 (CP=4,77%). Le mécanisme du fonctionnement de cette structure forestière simplifiée est altéré depuis plus d'un siècle par l'exploitation intensive du liège, le vieillissement des arbres et les incendies. Dans l'état actuel des choses, la reconstitution structurelle urgente de la forêt évince tout programme de quantité comme de qualité du liège.

Les variables de mesures effectuées sur le produit des deux provenances ne sortent pas en général des normes internationales préconisées pour le liège en planche.

L'hétérogénéité des caractéristiques technologiques du liège rend complexe tout classement. Il s'agit d'un produit où s'interfèrent en plus de la porosité d'autres défauts physiologiques, génétiques et de croissance, à l'égard des formations de sclérenchyme ou de tissus lignifiés dans l'épaisseur du parenchyme subéreux (liège ligneux et liège clouté) l'excessive densité, la perméabilité des membranes cellulaires (liège vert), l'abondance et l'intense coloration de la matière pulvérulente des canaux lenticulaires (liège terreux), etc.

L'imputation de certaines anomalies à chaque provenance provient essentiellement aux conditions stationnelles de croissance des arbres et aussi au caractère individuel de chaque sujet. Nous citons les bas fonds très humides, les crêtes très exposées au vent et à l'ensoleillement, l'absence de pentes, la perte foliaire, le passage d'un sirocco et les incendies, les printemps excessivement pluvieux, la présence des fourmis.

D'autres anomalies surviennent particulièrement des conditions et de la durée du stockage du liège en forêt, particulièrement les attaques des champignons phytopathogènes.

La présence ou l'absence des défauts ne peut être corrélée directement à l'état sanitaire des arbres. Ces imperfections se distribuent d'une manière irrégulière sur les trois classes d'état sanitaire. La classe des arbres sains comme celle des arbres dépérissants comportent à des taux différents, le liège de bonne qualité « 1<sup>er</sup>-3<sup>ème</sup> » comme de faible qualité « 6<sup>ème</sup> ».

Le constat qui vient d'être élucidé à petite échelle dans les deux forêts est à calquer sans bavure dans l'ensemble des autres grands blocs des suberaies de l'Algérie. Le problème général et urgent qui se pose pour ces précieuses étendues est la réhabilitation des peuplements et l'utilisation rationnelle de notre liège.

La haute valeur écologique, historique et sociale des ces massifs forestiers nous oblige à les perpétuer aux générations futures dans un état de santé et une structure forestière équilibrés, en appliquant des critères et des techniques scientifiques correctes et cohérentes avec les particularités productives de cette espèce.

Notre contexte forestier subéricole ne s'éloigne pas en forme de celui des autres pays méditerranéens notamment l'Espagne, l'Italie et le Portugal ; se sont pratiquement les mêmes contraintes défavorables du milieu (sécheresse prolongée, surpâturage, incendies fréquents,).

En effet, les programmes de réhabilitations des suberaies (en incluant des disciplines confondues) ont commencé depuis une vingtaine d'années dans ces contrées. Nous citons en particulier les principaux programmes : SUBERNOVA (2005) CORKASSES (2001), EUFORGEN (2000), CREOAK (2002), Silva Mediterranea (2010), PCRDT (2007-2013). D'autres projets en liaison avec les potentialités productives et qualitatives de chêne liège ont été tissés à l'instar des programmes CEAIR3 (1992), PRAXIS (1994), EUTIST-IMV (1999).

En Algérie le programme de recherche que nous recommandons s'articule principalement sur la situation actuelle de la suberaie algérienne et de la diversité des problèmes qui l'entourent, particulièrement la baisse du rendement productif et qualitatif des peuplements. Ce programme exige la collaboration des services des forêts dans son application effective, on le renomma d'une manière écourtée « PNC-SUBTHEQUE ».

Le Plan National de Calas et de la Subérothèque concerneront chaque conservation détonante dans son territoire des suberaies, et aura pour but principal l'extraction annuelle (à l'approche des opérations de levée) des calas du liège de 20 x20 cm à 1,30m du sol. Les objectifs escomptés à court terme (2 ans) sont les suivants :

- Soutenir la création d'un système de suivi et d'évaluation simplifié de l'état suberaies faisant partie des prérogatives habituelles des agents de services de forêts.
- Réorganisation des opérations de démasclage au profit d'un bon repérage de la provenance des calas à l'échelle du canton ou des stations.
- Redimension spatiale (cartographie) des suberaies aptes à fournir un produit commercialisé.
- Création d'une banque de données fiable au niveau des conservations et des circonscriptions pour les générations futures, il s'agit de la Subérothèque du liège.

Les objectifs espérés à moyen terme (6 ans) sont les suivants :

- Division des suberaies selon leurs potentialités économiques et productives où ce qu'on appellera « La spécialisation culturelle ». L'analyse minutieuse de chaque calas selon des procédés scientifiques appropriés, permettra la situation de tel canton ou telle suberaie selon un indice de qualité. Il sera question de classer chaque entité selon deux attributs économiques bien définis :

-Région subéricole d'élite.

-Région subéricole secondaire.

➤ Les retombées immédiates sont la formation d'un personnel forestier qualifié dans le domaine de la technologie du liège.

- La production exclusive de lièges de qualité supérieure, destinés à des applications plus précieuses est du ressort de la première région.
- La production des lièges de qualité médiocres, destinées à l'industrie des agglomérés et la trituration émane de la deuxième région.
- Dans la première région, la qualité l'emporte sur la quantité et plusieurs disciplines peuvent être incorporées dans ce champ fertile. Nous citons en particulier les spécialités en liaison avec la rétention hydrique du sol (la résistivité électrique des horizons superficiels), la régénération et l'amélioration génétique des arbres élites par embryogenèse somatique et développement des techniques d'encapsulation des embryons somatiques, l'étude de la micro-propagation du chêne liège et l'étude de l'alimentation minérale des arbres.
- Le but serait de limiter les approches scientifiques à entreprendre dans ces peuplements pour remplacer les vieux sujets et renouveler la suberaie avec des éclaircies localisées et non de masses qui sacrifient un volume important de bois.
- Des mesures sévères de protection sont à prescrire dans ces étendues, notamment contre les règles d'exploitations anarchiques, les incendies et le surpâturage.
- Dans la seconde région, la quantité évince la qualité et les études se focaliseront sur les mécanismes de croissance rapide qui caractérisent la maturité précoce de ces peuplements. La sylviculture et les opérations de multiplications végétatives seront de bon apport pour exploiter ces arbres comme taillis simple à courte révolution. Le but attendu est d'encourager la production intensive du liège mâle et en même temps la sélection génétique des sujets offrant une meilleure croissance dans les conditions minimales de végétation.

Les objectifs espérés à long terme (>10 ans) sont les suivants :

- Restauration des suberaies dégradées par repeuplement des vides in situ sans recours à la transplantation artificielle de plants venus d'ailleurs d'où l'accentuation des phénomènes d'introgession génétiques entre les arbres « en cas de réussite du reboisement ».
- Le remplacement graduel et efficace des vieux peuplements éprouvés depuis l'époque coloniale par des peuplements jeunes et résistants.
- L'exploitation rationnelle du liège sans nuire au tissu industriel dépendant.
- L'instauration d'un centre national de ressources sur les potentialités économiques des suberaies, une passerelle de liaison entre les scientifiques, gestionnaires et les industriels.
- Promouvoir les valeurs sociales, culturelles, économiques et environnementales de ces espaces entre les populations habitants les suberaies et entre les différents acteurs de la société.
- L'établissement d'une carte de qualité du liège englobant toutes les suberaies du pays.
- L'établissement d'un catalogue unifié sur la technologie du liège.
- La création d'un centre national de contrôle de la qualité du liège.

---

## *Références bibliographiques*

---

## ***Références bibliographiques***

- Abdendi, Z.E.A, 2003 : Le dépérissement des forêts au Maroc : Analyse des causes et stratégie de lutte. Science et Changements Planétaires/Sécheresse, vol.14, n°4,209-218.
- Abric , E.F., 1975 : "Evolution de l'industrie du liège en Provence." Revue Forestière Française, Vol.27, n°6, pp. 453 - 461.
- Abou A., 2008 : Contribution à l'étude de l'effet du bouillage sur les accroissements et la porosité du liège de la suberaie de M'Sila et de Zariéffet. Thèse. Ing. Dept. Forest. Fac.Sci.,Univ. Tlemcen, 129 p.
- A.E.F.C.O.,1914 : Fascicule de gestion de la forêt domaniale de M'Sila de 1861 à 1950.Cantonnement d'Oran.
- Aici, M.& Abbas M., 1988 : Rapport de la mission effectuée dans les wilayas d'Oran, de Relizane, de Tiaret et de Chlef du 29 mai au 04 juin 1988. Inst. Nat. Rech. For., Alger, 8 p.
- Aici, M., Lafer, M. & Bahakemi, S., 1994 : Rapport de mission effectué du 13 / 06 / 94 au 15 / 06 / 94 dans les conservations des forêts d'Oran et Sidi Bel Abbes, A.N.F.- I.N. R. F., Alger, 4 p.
- Aimé, S.,1976 : Contribution à l'étude écologique du chêne-liège. Etude de quelques limites. Thèses Doct. de spécialité, Université de Nice, France, 180p.
- Aimé, S., 1991 : Etude écologique de la transition entre les bioclimats sub-humide, semi-aride et aride dans l'étage thermoméditerranéen du Tell oranais (Algérie occidentale). Thèse Doct. ès-Sci. Univ. Aix- Marseille III: 190 p + ann.
- Alcaraz, C., 1969 : Etude géobotanique du pin d'Alep dans le tell Oranais. Th. Doct. 3ème cycle. Fac. Sc. Montpellier. 183 p.
- Allen, C.D., 2009 : Climate-induced forest dieback: an escalating global phenomenon?. Unasylva 231/232, Vol. 60,pp. 43-49.
- Allili, N., 1983 : Contribution à l'étude de la régénération du chêne-liège dans la forêt domaniale de Béni-Ghobri, Tizi-Ouzou. Thèse d'ing. INA. El Harrach, 53 p.
- Amandier, L., 2002 : La suberaie : biodiversité et paysage.Vivexpo biennale du liège et de la forêt méditerranéenne. Colloque biodiversité et paysage, Vivès,(Perpignan). 5p .
- Amandier, L., 2006 : Les causes de dépérissement du chêne liège et de chêne vert. Séminaire Vitalité des peuplements des chênes liège et des chênes vert: situation actuelle, état des connaissances et actions à entreprendre ". Evora, Portugal, pp.3.
- Amon, J.M., Simpson, R.F.,1986 : "Wine corks: a review of the incidence of cork related problems and the means for their avoidance." The Australian Grapegrower and Winemaker, pp. 63-81.
- Anderson, R.M., 1979: Hispanic costume, 1480-1530.Hispanic Society of America, pp. 81.
- Angelo Ruiu, P., Sechi C., Linaldeddu, B.T. & Franceschini, A., 2005 : Création d'un réseau de surveillance du dépérissement des subéraies en Sardaigne et analyse des premiers résultats. Integrated Protection in Oak Forests .IOBC/wprs Bull. 28(8), 2005,pp. 45-51.
- Anonyme,1963 : Revue de l'Action Populaire ; Avril 1963 : Mainie ; Les Comités de gestion agricole en Algérie, p. 485-486 .
- APCOR, 2009: APCOR year book.Guide.83p.
- Arambourg C., 1952 : La paléontologie des vertébrés en Afrique du Nord. XIX<sup>ème</sup> Congr. Geol. Internat. Alger, monographies régionales. Hors série. plaquette in-8.64 pages
- Aronson, J., Pereira,J.S., & Pugas, J.G., 2009 : Cork Oak Woodland on the edge. Islandpress. Washington. Covelo. London. 350 p.

- Asension, A.,1987: structural studies of the hemicelluloses. A form the cork of *Quercus Suber*.Carbohydrate Research 161,pp.167-170.
- Assali, F., 2009 : Etudes de cas sur l'évaluation de la dégradation des forets. Surveillance et suivi de la sante des forets au Maroc. Programme d'évaluation des ressources forestières. Document de travail 170.F.AO.Rome.Italie. 27p.
- Avila, L., Bernal, C.,1998 : Manual didáctico del taponero. Mérida, Junta de Extremadura. IPROCOR.FUNDECYT. 199 p.
- Aubert, G. & Monjauze, A.,1946 : Observations sur quelques sols de l'Oranie Nord-Occidentale - Influence du déboisement, de l'érosion, sur leur évolution ( I ) Comptendu du sommaire des Séances de la Société de Biogéographie , t.23, no199,pp. 44-51.
- Auclair, A.N.D., Worrest, R.G., Lachance, D., Martin, H.C.1992: Climatic perturbation as a general mechanism of forest dieback . In : Forest decline concepts / P .D . Manion, D . Lachance Eds .Saint-Paul (Minn.) : American Phytopathological Society. — pp . 38-58.
- Azema, J.P.H., 2004 : Moulins du cuir et de la peau: moulins à tan et à chamoiser en France, XIIe .Edi. Métiers techniques et artisans(France), 216p.
- Bagnouls, F. & Gaussen H., 1953 : Saison sèche et indice xérothermique. Doct. Cart. Prod. Vég. Ser. Gen II, 1, art. VIII, Toulouse, 47 p. 1 carte.
- Bakry, M. & Abourouh, M., 1995: Dépérissement du chêne-liège au Maroc: état des connaissances et perspectives d'intervention. – IOBC/wprs Bull. 18, pp.50-55.
- Baldy, CH., 1965 : Climatologie Carte de la Tunisie centrale. F.A.O. UNDP/TUN 8.1 Vol. Multigr. 84 p. 20 cartes+ annexes.
- Bamouh, A.,1998 : Gestion de la contrainte pluviométrique pour l'amélioration de la production végétale et de l'efficience d'utilisation de l'eau. Inst.Agr.Vété. Hassan II.Maroc. 4p.
- Bardají, R., Eduard et Albesa Galtés E.,2004: Corcho natural modificado químicamente y su uso como soporte en reacciones en fase sólida. oficina española de patentes y marcas.13p.
- Barros, I., Pereira H.,1987: "Influencia do operador na classificaçao manual da cortiça por classes de qualidade." Boletim do Instituto dos Produtos Florestais 582,pp.103-105.
- Battandier, J.A., Trabut, L., Flagey,C., Debray, F. & Petit, P., 1893 : Flore de l'Algérie: contenant la description de toutes les plantes signalées . Edi. Ballières et fils, pp. 825-822.
- Beauverie, J., 1905 : le bois. Ed., Gauthier-Villars, Paris . Fasc.2, pp.705.
- Becker, M. & Levy ,G., 1983 : Le Dépérissement du Chêne . Les causes écologiques . Exemple de la forêt de Tronçais et premières conclusions . Revue forestière française, vol . XXXV, n° 5, pp . 341-356.
- Becker, M.,1991 : Incidence des conditions climatiques, edaphiques et sylvicoles sur la croissance et la sante des forets. Les recherches en France sur le deperissement des forets. 2. rapport DEFORPA ,pp.25-41.
- Beja, N., Lopes, F., & Pereira, H., 1998 : Perfil de qualidade das rolhas para vinho obtidas a partir de pranchas de cortiça de diferentes classes de qualidade. In: H. Pereira, (Ed.) "Cork oak and Cork. European Conference", Lisboa, pp. 326-331.
- Belabbes, D., 1996 : le chêne-liège. La forêt Algérienne n°1, février, mars, pp. 26-30.
- Belahbib, N. Ouassou, O. Dahmani, J. & Douira A., 2005 : Contribution à l'étude de l'introggression génétique entre *Quercus suber* et *Q. rotundifolia* (Lamk.) Trabut au Maroc par l'utilisation des marqueurs microsattellites. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie, n°26 ,27, 31-34.

- Belhoucine, L., 2008 : Etude bioécologique du *Platypus cylindrus* (Col., Platipodidae) dans la subéraie de M'Sila (Oran). Etude particulière des champignons qui lui sont associés. Thèse. Mag. Dept. Forest. Fac. Sci., Univ. Tlemcen, 80p.
- Beljena, R., 2004 : Yalaoui Mohamed Idriss (PDG du groupe Liège). Article paru au journal El Watan. 3p.
- Benabadji, N. & Bouazza, M., 2000 : Contribution à une étude bioclimatique de la steppe à *Artemisia herba-alba*. Asso. Dans l'Oranie (Algérie occidentale). Rev. Sécheresse 11 (2), pp. 117-123.
- Benabdeli K., 1996 : Aspects physionomico-structuraux et dynamique des écosystèmes forestiers faces à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les Monts de Dhaya. Algérie occidentale. Doct. Es-sci. Univ. Djilali Liabes de Sidi Bel Abbés. 356p + annexes.
- Benchetrit, M., 1966 : Les modalités de la dégradation des forêts dans le Tell oranais. Revue de géographie de Lyon. Vol. 41 n°4, pp. 303-338.
- Benest, M., 1985 : Evolution de la plate-forme de l'Ouest algérien et du Nord-Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé: stratigraphie, milieux de dépôt et dynamique sédimentaire. Thèse Sc. Lyon Documents Laboratoire Géologique Lyon, 95, pp. 581 p.
- Bengana, S. & Ali Ahmed, H., 2006 : Comportement et qualité du liège des subéraies de la wilaya de Jijel cas des cantons d'EL-Milla et Texenna. Mémoire Ing. Faculté des Sciences Agronomique et des Sciences Biologiques. Université de Tizi Ouzou, 91p
- Ben Jamâa, M., Sghaier T., M'nara, S., Nouri, M. & Sellemi, H., 2005 : Le dépérissement du  
     chêne-liège dans la subéraie de Béllif (Tunisie): caractérisation et évaluation de son impact sur l'accroissement du liège. IOBC/WPRS Bull. 28, pp. 17-24.
- Ben Jemâa, M. & Hasnaoui, B., 1996 : Le dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L) en Tunisie. – Ann. Rech For. Maroc, numéro spécial, pp.1–10.
- Benkirane, H., Benslimane, R., Hachmi, M. et Sesbou, A., 2000 : Possibilité de contrôle automatique de la qualité du liège par vision artificielle. Ann. For. Sci. 58, pp. 455 – 465.
- Bensaid, S. Gasmi, A., Benhafied, I., 2006 : Les forêts d'Algérie de Césarée la romaine à ce jour, Forêt Méditerranéenne, tome XXVII, n°3, septembre, 2006, pp: 267-274.
- Bensalah, M., 2008 : ATLAS 2008 de l'environnement de la wilaya de Tlemcen. Edt. ASPEWIT, pp. 25-29.
- Bensaoula, F., M. Bensalah, M., Adjim, M., 2005 : les forages récents dans les aquifères karstiques des monts de Tlemcen. Larhyss Journal, n° 04, Juin 2005, pp.7-15.
- Bensid, T., 1986 : Etude d'une Catena dans la forêt de Zariéffet. Mémoire Des : Université de Tlemcen. 65p.
- Bento, M., F. Pereira H., Cunha M., A. Moutinho A., M. C. Van Den Berg K., J et Boon, J.J.A., 2001: study of variability of suberin composition in cork from *Quercus suber* L. Using thermally assisted transmethylation GC-MS. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 57, pp. 45-55.
- Benzécri, J.P., 1973 : L'Analyse des Données, Tome 1 : La Taxinomie, Tome 2 : L'Analyse des Correspondances, Dunod, Paris. 1264 p. : fig., graph., tabl., cartes, bibliographie.
- Bernard, P., et Redon, F., 1906 : Histoire, colonisation, géographie et administration de l'Algérie. Edit Adolph Jourdan. 202p.
- Bernard, A., 1923 : La structure de l'Algérie. Annales de Géographie. Vol. 32 N° 177, pp. 271-275.
- Blavoux, B. & Collignon, B., 1986 : 'Les Sources Bicarbonatées Tièdes des Piémonts de la Meseta Oranaise', 6<sup>ème</sup> Séminaire National des Sciences de la Terre, Alger.

- Blottiere, J., 1930 : les Productions Algériennes. Cahiers du Centenaire de l'Algérie n°IX. Comité national métropolitain du centenaire de l'Algérie .95 p.
- BNEDER,1984 : Etat actuel de la subéraie et ses perspectives de valorisation.Rapport.28p
- Boavida, L.C. & Varela, M.C., 1999 : Sexual reproduction in the cork oak (*Quercus suber* L.).I. The programic phase. Sexual Plant Reproduction 11,347-353.
- Boissiere, G., 2005 : L'essor économique du Maroc en 1917. Les resultats acquis, les perspectives d'avenir. Terre et vie 87, 9-10.
- Bonneau, M.,1985 : Le dépérissement des forêts. La Forêt Privée **166**,pp. 21-33.
- Bonneau, M. & Guy, L., 1985: Le dépérissement des forêts. La Forêt Privée 166 ,pp. 21-33.
- Bossuet, G., 1988 : Sylviculture du liège et rénovation de la suberaie. Forêt Méditerranéenne, X ( 1 ), 1,pp. 62- 1 63 .
- Bossuet, G.,1988 : Sylviculture du liège et rénovation de la suberaie. Forêt Méditerranéenne, X ( 1 ),pp.162- 163 .
- Bottin, M., 2008: Polycopie - Faune et flore.Université de Nice-Sophia Antipolis – Faculté des Sciences – Parc Valrose, 7p.
- Bouazza,M & Mahboubi,A.,2000 : Les incendies dans la région de Tlemcen en Oranie(Algérie). La feuille et l'aiguille (Forêt Méditerranéenne). 38 :1-2.
- Bouchafra, A., & Fraval, A.,1991 : Présentation du chêne liège et de la subéraie .In Villemont C. et Fraval A. : La faune du chêne liège. Actes Editions, Rabat, 26 p.
- Boudy, P.,1947 : Considération sur l'évolution du climat en Afrique du Nord et en particulier au Maroc depuis la période préhistorique. Soc. Sci. Nat. du Maroc. Compte rend.des séances mensuelles,8, pp.1-7.
- Boudy, P., 1948 : Économie forestière nord-africaine, Paris , t. I. pp. 297-298 .
- Boudy, P., 1950 : Economie forestière Nord-Africaine. Monographie et traitement des essences. Ed. Larose. Paris, pp. 29-249.
- Boudy, P., 1952 : Guide du forestier en Afrique du Nord. Paris. Maison rustique,509p. 94 fig. ,1.Carte.
- Boudy, P., 1955 : Economie forestière nord africaine. Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose. Paris, 483 p.
- Boudy,M., 1956 : Considération sur la forêt Algérienne et la Forêt Tunisienne. Edit. ALFNCON.16p.
- Bouhraoua, R.T., Villemant, C., Khelil, M.A. & Bouchaour, S., 2002 : Situation sanitaire de quelques subéraies de l'ouest algérien : Impact des xylophages. *Integrated Protection in Oak Forests*. – *IOBC/wprs Bull.* 25(5), pp. 85-92.
- Bouhraoua, RT. & Villemant, C., 2005: Mécanismes généraux de l'altération sanitaire des peuplements de chêne-liège de l'Algérie nord-occidentale. *Integrated Protection in Oak Forests*. *IOBC/WPRS Bull.* 28 (8),pp. 1-8.
- Bouhraoua, R.T, 2003 : Situation sanitaire de quelques forêts de chêne liège de l'ouest algérien. Etude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse. Doct. Dept. Forest. Fac.Sci.,Univ.Tlemcen , 267 p.
- Bourlier, M., 1893 : “L'exploitation des forêts de chêne-liège”, Revue des Eaux et Forêts, juillet 1893, pp. 309-310.
- Bouvarel, P., 1984: Le Dépérissement des forêts attribué à la pollution atmosphérique . La situation en France à l' été 1984 .Le Courrier de la Nature, n " 94, 1984, pp . 30-35.
- Bradford, K.J. & Hsiao, T.C., 1982: Physiological responses to moderate water stress. In : Lange OL, Nobel PS, Osmond CB, Ziegler H, eds. Encyclopedia of Plant Physiology. Physiological Plant Ecology I. New series V12 B. Berlin ; Heidelberg ; New York : Springer-Verlag, pp.263-324.



- Brasier, C. M., Ferraz, J.E.P.; Moreira, A.C. & Kirk, S. 1992: High mortality of cork oak in Portugal associated with *Phytophthora cinnamomi*. – Proceedings of an international congress "Recent advances in studies on oak decline". Selva di Fasano (Brindisi), Italy, pp. 461-462.
- Cáceres Esteban, M.J., Garcia-Vallejo, M.C., Garcia de Ceca, J.L. & González-Adrados, J.R. 2009: Relación entre el aspecto visual, la densidad y la composición química del corcho. 5e Congresso Forestal Espanol. 8p.
- Campos M. et Molinas M., 1999- aplicacion del analisis de imagenes al estudio de parámetros morfométricos del corcho. SCIENTIA gertindensis, 24, pp. 47-58.
- Caritat, A., Gutierrez, E. & Molinas, M. 2000: Influence of weather on cork-ring width. Tree Physiology 20, pp. 893-900.
- Caritat, A., Molinas M. & Gutierrez, E. 1996: Annual cork-ring width variability of *Quercus suber* L. in relation to temperature and precipitation (Extremadura, southwestern Spain). For. Ecol. Manage 86, pp. 113–120.
- Carrasco, A., Borrero, G., Campayo, P., Rodriguez, M. & Álvarez, J.M. 1997: Plan de calas de corcho y establecimiento de rodales selectos de alcornoque en Andalucía. In IRATI 97 : montes del futuro : Tomo III - Mesa 3 , pp. 117-122.
- Carrasquinho, M.I., 1987: A qualidade da cortica Boletim do Instituto dos Productos Florestais-Cortica. 583, pp. 17-18.
- Carrion, J.S., Parra, I., Navarro, C. & Munuera, M., 2000 : The past distribution and ecology of the cork oak (*Quercus suber*) in the Iberian Peninsula. A pollen-analytical approach. Diversity and distribution 6, pp. 29-44.
- Castola, V., Bighelli, A., Rezzi, S., Melloni, G., 2002: Composition and chemical variability of the triterpene fraction of dichloromethane extracts of cork (*Quercus suber* L.). Industrial Crops and Products, 15(1), pp. 15-22.
- Cellerino, G.P. & Gennaro, M. 2000: Drought as predisposing factor in oak decline. In: Ragazzi et al. eds. Decline of oak species in Italy. Problems and perspectives. Accad. Ital. Sci. Forest., Firenze, pp. 39-75.
- CEMAGREF, 1983 : Régénération artificielle des chênes, note technique n°50. 4 p.
- C.F.W.M., 1990 : Procès Verbal de reconnaissance et de limitation : Fiche descriptive d'affectation de parcelle domaniale. Circonscription de Tighenif, Mascara, 4 p.
- C.F.W.O., 2007 : Bilan des inventaires des incendies et d'exploitations du liège de la forêt de M'Sila. Conservation d'Oran. 2p.
- C.F.W.T., 1988 : Fascicule de gestion de la forêt domaniale de Béni Bou-Saïd. Circonscription de Maghnia, 6 p.
- C.F.W.T., 1988 : Fascicule de gestion de la forêt domaniale de Béni Bou-Saïd. Circonscription de Maghnia, 6 p.
- C.F.W.T., 1996 : Répartition des forêts domaniales de la circonscription par district et par commune. Circonscription de Tlemcen, 4 p.
- C.F.W.T., 2008 : Bilan exploitation du liège dans la forêt de Zariéffet. Circonscription de Tlemcen. 1p.
- C.F.W.O., 1996 : Conservation des Forêts de la wilaya d'Oran : Présentation général. Dir. Gén. For., Min., Agri., juin 1996. 24p.
- Chadigan, M., 1990 : Etude des facteurs du dépérissement du chêne-liège associés à l'installation des xylophages en forêt de la Mamora. – Mem. D.E.S Ecologie animale, Faculté des sciences, Rabat. 120 p
- Chararas, C., 1980 : Etude écophysiological des scolytidae parasites des conifères. I : les
- Charlemagne, A., 1894 : Chêne liège. Notices sur les forêts domaniales de l'Algérie. Edit. Giralt. 39p .

- Chatonnet, P. & Labadie D., 2003 : "Contrôle de la conformité des bouchons: objectifs et paramètres à l'usage des professionnels." Rev. Fr. d'Oenol. 198, pp.20-29.
- Chenel, P., 1951 : Le liège en Algérie . Annales de Géographie .Volume 60, Numéro 321, pp. 296 – 299.
- Cherubini P., Fontana, G., Rigling, D., Dobbertin, M., Brang, P. & Innes, J.L., 2002 : Treelife history prior to death: two fungal root pathogens affect tree-ring growth differently. Journal of Ecology 90, pp. 839–850.
- Chevreul, M., 1815 : Mémoire sur le moyen d'analyser plusieurs matières végétales et le liège en particulier. Chim. 96, pp. 141-189.
- Chouial, A., 2004 : La culture du chêne liège (*Quercus suber* L.) en pépinière hors-sol. Bull. Rech. For. Algérie, 7p.
- CIB, 2009 : Le secteur du liège en chiffres 2009. 12p.
- Cibois, P., 1987 : L'analyse factorielle, analyse en composantes principales et analyse des correspondances. Ed. Que sais-je ?. 127 p.
- Claire, A., 1973 : Notice explicative de la carte lithologique de la région de Tlemcen au 1/100000. Direction hydraulique de Tlemcen.
- Cochet, D., 1971 : Etude et culture de la forêt .Manuel pratique de gestion forestière. ENGREF. Nancy, 235 p.
- Cocquerez, J-P. & Philipp, S., 1995 : "Analyse d'images : filtrage et segmentation", Paris Milan Barcelone Masson, 453 p.
- C.O.I.O., 1877 : Fascicule de propriété de la forêt domaniale de M'Sila. Cantonnement d'Oran. Non paginé.
- C.O.I.T., 1933 : Fascicule de propriété de la forêt domaniale de Béni Bou Saïd. Cantonnement de Tlemcen, Non paginé.
- Conceição Barros, M., Mateus, F. & Gomes Rodrigues, J.R., 2002: The main regions of cork oak decline in Portugal. IOBC/wprs Bull. 25(5), pp.1-4.
- Conners, R.W., Klinkhachorn, f., Mcmillin, C.W. & NG C.T., 1990: A computer vision system for grading hardwood lumber. Proceedings, The First International Conference on Automated Lumber Processing Systems and Laser Machining of Wood. pp. 53-57.
- Cooper, D.J., D'Amico, D.R. & Scot, T, M.L., 2003: Physiological and morphological response patterns of *Populus deltoides* to alluvial groundwater pumping, Environ. Manage. 31 (2), pp.215–226.
- Cordeiro, N., Belgacem, M. N., Silvestre, A. J. D. & Pascoal Neto, C., 1998 : Cork suberin as a new source of chemicals.: 1. Isolation and chemical characterization of its composition. International Journal of Biological Macromolecules, 22(2), pp.71-80.
- Cork Quality Council, 2004: "Visual Grading Standards. C.Q.C." [www.corkqc.com](http://www.corkqc.com).
- Corkassess, 2001: Field assessment and modeling of cork production and quality. Final report. Contract FAIR.C97.1438. Brussels European Commission Research Directorate General, Life Sciences Agriculture Agro-Industry; Fisheries and Forestry.
- Cornet, A., 1952 : Carte géologique de l'Algérie au 1/500.000 : feuilles d'Oran Nord et Sud, feuilles d'Alger Nord et Sud, feuilles de Constantine Nord et Sud et notices explicatives. Alger, Serv. Carte Géol.
- Costa, A., Pereira, H. & Oliveira, A., 2002 : Influence of climate on the seasonality of radial growth of cork oak during a cork production cycle. Ann. For. Sci. 59, pp. 429–437.
- Costa, A., & Pereira, H., 2005 : Quality characterization of wine cork stoppers using computer vision caractérisation de la qualité des bouchons de liège pour bouteille de vin par analyse d'image. J. Int. Sci. Vigne Vin. 39, n°4, pp. 209-218.

- Costa, A. & Pereira, H., 2006 : "Decision rules for computer-vision quality classification of wine natural cork stoppers." *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(2), pp.210-219.
- Costa, A., Pereira, H. & Oliveira, A., 2002 : Influence of climate on the seasonality of radial growth of cork oak during a cork production cycle. *Ann. For. Sci.* 59,pp. 429-437.
- Coster, M., Chermant, J.L., 1989 : « Précis d'analyse d'images », 22<sup>e</sup> édition, Presses du CNRS, Paris, X.499p
- Courtois, M. & Masson, P., 1999a : Relation entre la qualité du liège, sa composition minérale et la composition minérale des feuilles du chêne-liège (*Quercus suber* L.). *Ann. For. Sci.* 56,pp. 521-527.
- Courtois, M. & Masson, P., 1999b : Contribution à l'analyse des facteurs de la qualité. forêt méditerranéenne . du liège brut. XX, n° 2, pp.95-102.
- Coutinho, A.X.P., 1939: Flora de Portugal. 2<sup>e</sup>ed. Bertrand(Irmaos.Lisboa (Portugal). 938 p.
- Cumbre F., Lopes F. et Pereira H.2000 : the effect of water boiling on manual ring width and porosity of cork. *Wood FIBER Sci.*32 (1),pp.125-133.
- Daget, Ph., 1977: Le bioclimat méditerrané, caractère généraux, méthodes de classification. *Vegetatio*, 34, 1 ,pp .1-20.
- Daget, Ph., 1980 : Un élément actuel de la caractérisation du monde méditerranée : le climat. *Nat. Monsp.* , H.S. 101 ,pp. 1-126.
- Dahmani, M., 1984 : Contribution à l'étude des groupements à chêne vert des monts de Tlemcen (Ouest algérien). Approche phytosociologique et phyto-écologique. Thèse doct. 3<sup>e</sup> Cycle : Univ. H.Boumedienne, Alger. 238 p+ ann .
- David, T.S., Cabral, M. T. & Sardinha, R.M.A.,1992: A mortalidade dos sobreiros e a seca. –*Finisterra* 27, pp. 17-24.
- David, J.S., Ferreira, M.I., Cohen, S., Perreira, J.S., Chaves, M.M. & David, J.S., 2004: Constraints on transpiration for evergreen oak tree in southern Portugal. *Agricultural and Forest meteorology* 122,pp.193-205.
- De Beaucorps, G., 1956 : Le sol. Ses caractères intrinsèques. *Ann.Rech.For.Maroc*. Tome 4, Fascicule 2,pp.29-46.
- Debrach, J., 1953 : Notes sur les climats du Maroc occidental. *Maroc médical* 32 (342),pp. 1122-1134p.
- De Candolle, C., 1860 : De la production naturelle et artificielle du liège dans le chêne-liège. Extrait de Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. Ed. Libraire Joel de Charbolier. Paris. pp1-32.
- D.G.F., 2007 : Bilan de la production national de liège. 1p.
- DGD, 2008 : Liège et ouvrage liège. Exportations chpaitre pays. 3p.
- D'Hubert, E., 1902 : Le bois. Le liège. Ed. Librairie J.-B. Baillièere et fils, pp.88-91.
- Dehane, B., 2006 : Incidences des facteurs écologiques sur les accroissements annuels et la qualité du liège de quelques suberaies du nord-ouest algérien. Thèse. Mag. Dept.Forest. Fac.Sci., Univ.Tlemcen , 129 p.
- Dahane, B., Bouhraoua, R.T., Berrichi, M., 2010 : Impact de l'état sanitaire du chêne-liège sur certains aspects macroscopiques et microscopiques du liège de reproduction de deux forêts de l'Ouest Algérien. *Integrated Protection in Oak Forests. IOBC/WPRS Bull.* Vol.57,pp.21-28.
- Dehane, B., Bouhraoua, R.T., Gonzalez-Adrados, J.R., Belhoucine, L., 2011: Caractérisation de la qualité du liège selon l'état sanitaire des arbres par la méthode d'analyse d'image Cas des forêts de M'Sila et de Zariéffet (Nord-Ouest de l'Algérie). *Forêt méditerranéenne t. XXXII*, n° 1, pp. 39-50.

- Delatour, C., 1983 : Les Dépérissements de chênes en Europe. Revue forestière française, vo. XXXV, n° 4, pp . 265-282.
- Delesse, A.E., 1848 : Procédé mécanique pour déterminer la composition des roches, 4, Annales des mines, 399 pp.
- De Martonne, E., 1926 : Une nouvelle fonction climatologique : l'indice d'aridité. La météo. 449-459.
- Dessain, G.,1992 : Histoire de l'utilisation du liège. In actes du colloque : Les subéraies méditerranéennes. Direction départementale de l'agriculture et de la forêt des Pyrénées orientales et l'association Vivexpo (France), pp.11-21.
- Djebaili, S., 1984 : La steppe algérienne, phytosociologie et écologie, O.P.U, Alger, 127 p.
- Djellouli, Y. et Daget PH., 1988 : Climat et flore dans les steppes du Sud Ouest Oranais. Biocénoses. Bull. Ecologie terrestre, Tome 3, n°12, pp. 94-107.
- Douzane, K. & Ghzali, 2008 : Contribution à l'étude de la variabilité de la qualité du liège de subéraies de la Wilaya de Jijel. Cas du canton de Tahir. Mémoire Ing. Faculté des Sciences Agronomiques et des Sciences Biologique. Université Tizi Ouzou ,82p.
- D.S.F., 1991 : Réseaux de surveillance de l'état sanitaire des forêts (réseau CEE et réseau Bleu) : Protocole pour les observations. D.E.R.F, Min. Agri. For., 27 p.
- Duchesneau, R., Yakasaki, S. & Doyon, F., 2006: L'influence des changements climatiques sur la productivité forestière. IQAFF. Fiche de transfert scientifique, pp2.
- ECOTECHNICS, 2004 : Potentiel d'exportation hors hydrocarbures, étude pour l'ANEXAL, financement SFI. 61p .
- El Antry, S. 1994: Le Grand Capricorne du chêne-liège. In: Ravageurs et maladies des forêts au Maroc. Ed. El Hassani, D.P.V.C.T.R.F ,pp.119-121.
- Elena Rosselló, M. & Beltrán, R.S. 2008: Quelques arguments en faveur de la suberaie et du liège. Actes du colloque VIVEXPO 2008 : « la guerre des bouchons » .7p.
- Elena Rosselló, M. 2005 : Estructura del mercado mundial del tapamiento con corcho. Jornada de difusión y sensibilización. Sevilla. Sans pagination.
- Elie De la Primaudaie, F., 1860 : Le commerce et la navigation de l'Algérie. Revue Algérienne et Coloniale, 387 p.
- El Kairouani, 1681 : Histoire de l'Afrique. Imprimerie royale, Paris. 518 p.
- Elmi, S. 1970 : Rôles des accidents décrochant de direction SSW-NNE dans la structure des monts de Tlemcen (ouest Algérie).Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Univ. Alger. 61, pp.3-8.
- El Yousfi, M., 1991 : La forêt de Bab-Azhar.In Villemant C.et Fraval A. : La Faune du chêne liège. Actes Editions. Rabat,pp.11-12.
- Emberger , L.,1930 : La végétation forestière et pré forestière de la Tunisie. Typologie et éléments pour la végétation. Thèse Doct. Es Sciences. Univ. Aix Marseille III. 120 p.
- Emberger, L.1939 : Aperçu général sur la végétation du Maroc .Soc.Sci .Nat. Maroc, 40 (157). Neroff. Geobol. Lost. Ribel, 14 Heft, Zurich, Suisse.
- Emberger, L.1942 : Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique.Bull.Soc.Hist.Nat.Toulouse.77, pp.97-124.
- Emberger , L., 1971 : "Travaux de botanique et d'écologie". Publié avec le concours du C.N.R.S. Ed. Masson et Cie. 520 p.
- Esau, K. 1977: Anatomy of Seed Plants, 2<sup>nd</sup> Edition. John Wiley and Sons, New York. 376 p.
- Eustache J.S.,1817 :Nouveau dictionnaire d'histoire naturelle, appliquée aux arts, Vol.25.pp.510 .
- F.A.O., 2006: North Africa, in Global Forest Resources Assessment 2000. , Main report, Rome, Italy, pp.109-113.
- F.O.S.A., 2007: Document national de prospective "l'Algérie".6p.

- Fekraoui, A., 2007 : Caractéristiques géochimiques des eaux géothermales de la région d'Oran. Revue des Energies Renouvelables CER'07 Oujda ,pp. 75 – 80.
- Féraud, L.CH., 1868 : Exploitation des forêts de la Karasta dans la Kabylie orientale sous la domination turque Revue africaine, pp. 378-390.
- Féraud, L.CH., 1869 : Exploitation des forêts de la Karasta dans la Kabylie orientale sous la domination turque. Revue africaine, pp.151-160.
- Ferreira, M.C. & Ferrera, G.W.S.,1989: *Platypus cylindrus* F. (Coleoptera: Platipodidae) Plaga de *Quercus suber*. Boletim Sanidade Vegetal Plagas 4,pp. 301-306.
- Ferreira L.,Lopes F., Pereira H.,1998 : Variabilidade da produção e qualidade da cortiça na região de Alcacer do Sal. Sobreiro e Cortiça.Ed H Pereira,pp.70-78.
- Ferreira, A. Lopes, F. & Pereira, H., 2000 : Caractérisation de la croissance et de la qualité du liège dans une région de production. Ann. For. Sci. 57, pp. 187-193.
- Fonseca, F. M. A., Louzada, J. L. P., Silva, M. E. & Maja Gomez, C. A.,1992: Determinação da porosidade da cortiça com sistema de análise de imagens por computador e estudo preliminar da sua variação por classes de qualidade. Comunicación. Simposio Mediterráneo sobre el monte alcornocal. Mérida-Evora 5, pp.8.9p.
- Fontaine de Resbecq, A., 1837 : Alger et les côtes d'Afrique. Gaume frères libraires, Paris. 226 pages.
- Ford, B.J.,1982: The origin of plants anatomy-Leeuwenhoek's cork sections examined,IAWA. Bulletin n.S.3,pp.7-10.
- Fortes, M. A., 1986: The average number of grain boundaries per grain in a polycrystal. Acta Metallurgica 34,pp. 33-37.
- Fortes M.A. et Rosa M.E.,1988: Densidade da cortiça : factores que a influenciam.Boletim do Instituto dos Productos Florestais-Cortiça- 593,pp. 65-69.
- Fortes, M. A & Nogueira, M.T.,1989 : The Poisson effect in cork. Materials Science and Engineering A122, pp.227-232.
- Fortes, M. A., Rosa, M. E. & Pereira, H., 2004: A Cortiça. IST Press. Lisboa. 259 p.
- Fortes, M.A., 2004 : A cortiça, revista mensal editada pelo Instituto de Productos Florestais,que se publica desde 1938, pp. 35-60.
- Fortunato, M. Fonseca F. & Louzada, J.,1997 : Variação da porosidade da cortiça determinismo fenotípico. Actas I Congreso Forestal Hispano Luso-Tomo III.7p.
- Fos,S., Pérez-Rovtra, P. & Barreno,E.,1994 : Crecimiento radial del corcho de reproducción en los alcornocales catalanes y valencianos. : Sciencia Gerundensis, 20, pp. 5-15.
- Foucard, J.C., 1994 : Filière pépinière de la production à la plantation. Edit. Tec.Doc., Paris, 417p.
- Foucault,V.,1997 : Code International des Pratiques Bouchonnières. Confédération européenne du liège. Version 5/2006. 61p.
- Fourgues, C., 2007 : Bilan Carbone de différentes solutions de bouchage. Synthèse.7p.
- Franceschini, A., Marras F.& Sechi C., 1993 : Funghi segnalati sulla Quercia da sughero (*Quercus suber* L.). Collana Biologica N° 3, Stazione Sperimentale del Sughero, Tempio Pausania, pp.138 .
- Franceschini, A.; Corda, P.; Maddau; Sechi, C. & Ruiu, P.A.1999 : Manifestations du dépérissement du chêne liège en Sardaigne (Italie). Bulletin IOBC 22, pp.1-3.
- Fraval, A., 1991 : Contribution à la connaissance du rythme de la floraison du chêne liège en forêt de la Mamora, Ann.Rech.For.Maroc,T(25),pp.102-118.
- Freixe, E.,1915 : Le liège sa culture,son commerce son industrie. Thèse.Doct . Université Paris. Faculté de Droit .194p.
- Fritts, H.C.1976 : Tree Rings and Climate. Academic Press, New York ,576 p.

- Frochot, H. & Levy, G. 1986 : Facteurs du milieu et optimisation de la croissance initiale en plantation de feuillus. Rev.For.Fr. XXXVIII-3,pp.301-306.
- Gabis, A & Boukerb K., 2009 : Qualité du liège des subéraies de la willaya d'El-Taref : cas des cantons d'El-Taref et Djebel Dir, Djebel Ghorra. Mémoire Ing. Faculté des Sciences Agronomique et des Sciences Biologiques, Université de Tizi Ouzou ,91p.
- Gaffarel, P., 1883 : Algérie histoire. Conquête et colonisation, pp. 467-472.
- G.G.A. ,1927 : Instruction sur les travaux d'exploitations dans les forêts de chêne liège.96p.
- Gaouar, A., 1980 : Hypothèses et réflexions sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen (Algérie). For. médit. 2(2),pp. 131-145.
- García De Ceca, J.L., González-Adrados, J.R., Simón-Serfaty, J.L., 2000: "Visual evaluation of cork anomalies to grade cork planks by thickness/quality". Congresso Mundial do Sobreiro e da Cortiça.Resumen de comunicacions.
- Garcia-Valdecantos, J.L. & Elena Rosello JA. 1995 : Genetic variability of *Quercus suber* L. First results of provenance test and isozyme analysis . Procork, Workshop 1 ,European Research on Cork-oak and Cork", Lisbon, 1 8-19 octobre 1 995
- Garolera, E., 1988 : Problèmes et perspectives de la production du liège en Catalogne espagnole.
- Gotarredona, C., 1992 : Estado fitossanitario de las massas forestales de Quercineas en los espacios naturales de Andalucia.Actas Simposio Mediterraneo sobre Regeneration del Monte Alcornocal.Merida, Évora, Sevilha, pp.191-195.
- Gautier, M.E.F.,1930 : L'évolution de L'Algérie de 1830 À 1930. Cahiers du Centenaire de L'Algérie-III, pp .42.
- Ghouil, H., Montpied, P., Epron, D., Ksontini M., Hanchi B. & Dreyer E., 2003: Thermal optima of photosynthetic functions and thermostability of photochemistry in cork oak seedlings. Tree Physiol. 23, 1031–1039.
- Gibson, L.J., Easterling, K.F. & Ashby,M. F., 1981: The structure and mechanics of cork. Proc. Roy. Soc. London A 377,pp. 99-117.
- Gibson, L.J. & Ashby, M.F., 1988: Cellular Solids; Structure and Properties. Ed. Pergamon Press.532p.
- Gogorcena, Y., Moliás, N., Larbi, A., Abadia, J. & Abadia, A., 2001 : Characterization of the responses of cork oak (*Quercus suber*) to iron deficiency. Tree Physiol. 21, 1335-1340.
- González, F.,González J.R.,García De Ceca, J.L. & González M.,2001: Variabilidad de los parámetros característicos del corcho de plancha con la altura de extracción.III Congreso Forestal Español, Granada,pp.621-626.
- Gonzalez-Adrados, J.R., Montero González , G. & Ortega Muela. L., 1993: Caracterización productiva de los alcornocales Catalanes,Investigación Agraria, Sist. Rec. For. 2 (1993) 55-69.
- Gonzalez-Adrados, J.R. & Pereira, H.1996: Classification of defects in cork planks using image analysis. Wood Science Technology. 30,pp. 207-215.
- González-Adrados, J.R., González Hernández, F. and Calvo, R.2000: "La predicción del calibre del corcho al final del turno y su aplicación al muestreo de la producción." Inv. Agr. Sis. y Rec. For. 9(2),pp.363-374.
- Gonzalez-Adrados, J. R., Gonzalez, J.R., De la Vega, R. & Cristobal, A., 2001: Production de laboratorio para la obtención de los parámetros característicos del corcho en plancha.6p.
- González-Adrados, J.R., García de Ceca, J.L., González Hernández, F., 2005: Evaluación de anomalías y clasificación del corcho. Congreso Internacional Alcornocales, Fábricas y Comerciantes. Palafrugell.15p.

- Gonzalez, R.C. & Woods.,2002 : « Digital Image Processing - 22<sup>d</sup> edition » Addison Wesley.779p.
- González Hernández, F. Gonzalez-Adrados , J. R., García De Ceca, J.L.,Gonzalez J.R García Arcal , J. & González Hernández, M., 2000: Las densidades volumétricas y superficial antes y después del hervidou su aplicación al cálculo de la expansiones en volumen, superficie y calibre de las planchas de corcho.14p.
- Gourinard, Y., 1958 : Recherches sur la géologie du littoral Oranais. Pub. Service de la carte géologique de l'Algérie.Bull.n°6.200p.
- Graca, J., Pereire, H.A., 1990: Formacao de primeira felogeno no sobreiro. Acta do II Congresso Florestal Nacional. SPCF,pp. 998-1006.
- Graf, A., Basri, E., & Bakri, 1992 : Cork oak decline in Morocco.Proceedings of an International Congress "Recent Advances in Studies on Oak Decline". Selva di Fasano (Brindisi) Italy, pp.475.
- Griffin, D.H., Manion, P.D. & Kruger, B.M., 1992: Mechanisms of diseases predispositionby environmental stress. Proceedings of an International Congress "Recent Advances in Study on Oak Decline. Selva di Fasano (Brindisi ) Italy, pp., 123-138.
- Guillemonat, A.,1960 : Bulletin de la Faculte des sciences de Marseille,pp.43-54.
- Hachechena, S., 1995 : Contribution à l'étude des techniques de renouvellement de *Quercus suber* dans la foret domaniale de Bainem. Thèse. Ing. Inst.Nat.Agri., El Harrach. Alger.70p.
- Hadwiger, H.,1957: Vorlesungen über Inhalt, Oberfl che und Isoperimetrie, Springer Verlag, Berlin.
- Hamdaoui, M.,1994: Les défoliateurs. Le Bombyx disparate. – In : Ravageurs et maladies des forêts au Maroc, eds. El Hassani, Graf, Hamdaoui, Harrachi, Messaoudi, Mzibri and Stiki, D.P.V.C.T.R.F,pp.91-96.
- Hamrouni, A., 1992 : Végétations forestières et pré-forestières de la Tunisie : Typologie et élément pour la gestion. Revue des régions arides, 6/94, Inst.Reg. Arides, Médenine, pp.42.
- Harrachi, K., 1996 : Effects intégrés de certains facteurs intervenant dans la dégradation de la suberaiede Mamora. Résumés des communications. Colloque National sur le Dépérissement des Forêts au Maroc. Rabat.
- Houston, D.R., 1967 : Dieback and decline of northeastern hardwoods.Trees,vol.28,pp.12-14.
- Houston, D.R, 1992: Host-stress-saprogen model for forest dieback-decline diseases. In : Manion P, Lachance D, éd. Forest decline concepts. Minnesita : PDS Press, pp.3-25.
- Iprocor, 1994 : I.P.R.O.C.O.R. Simposio mediterráneo sobre regeneración del monte alcornocal. Recopilación de trabajos, Mérida, Montargil, Sevilla. 420 pp.
- ISO,1993:"Statistic-Vocabulary and symbols-Part 2: Statistical quality control". International standard ISO3534-2:1993E. Sans pagination.
- ISO,2005: "Cork: Vocabulary". Draft of International Standard ISO DIS 633: 2005.Sans pagination.
- Jacamon, M.,1987 : Guide de dendrologie. Tome 2 : Feuillus .E..N.G.R.E.F., Nancy, 256p.
- Jacobs,K.A., Alvarez, I.F. & Luque, J.,1992 :Association of soil, site and stand factors with decline of *Quercus suber* in Catalonia, Spain. Proceedings of an International Congress "Recent Advances in Studies on Oak decline". Selva di Fasano (Brindisi) Italy, pp.193-203.

- Jump, A., Hunt, J.M. & Peñuelas, J., 2006 : Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*. *Global Change Biology*,12,pp. 2163–2174.
- Kenway D.,1989: Computer-aided lumber grading, in: Proc. of 7th Symp. on Nondestructive testing of wood, Washinton State Univ., Pullman, Wash.
- Khelifi, H.,1987 : Contribution à l'étude phytoécologique et phytosociologique des formations à chêne-liège dans le Nord-Est algérien. Thèse de Magister. Univ. Sci. Technol. H. Boumédiène. Alger, 151 p.
- Kolattukudy, P.E., 1978 : Chemistry and biochemistry of the aliphatic components of suberin. In: *Biochemistry of Wounded Plant Tissues*. Ed. G. Kahl. pp. 43-84.
- Krahmer, R. L., & Wellons., J.D. 1973: Some anatomical and chemical characteristics of Douglas - fir cork. *Wood Sci.*6,pp. 97-105.
- Lamey, A., 1893 :Le chêne-liège - sa culture et son exploitation, Paris, Berger-Levrault éditeur., 289 p.
- Landmann, G., Bonneau M., Adrian M., 1987 : Le dépérissement du sapin pectiné et de l'épicéa commun dans le massif vosgien estil en relation avec l'état nutritionnel despeuplements ? *Revue Forestière Française* XXXIX-1,pp.5-11.
- Landmann, G., 1988 : Comment apprécier la vitalité des arbres ou d'un dépérissement forestier. *Revue forestière française*, vol XI,n°4,pp.265-284.
- Landmann, G., 1994 : Concepts, définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestiers. *Rev. For. Fr.* XLVI -5,pp.405-413.
- Lanier, L., Abbas, M. et Bensaada, M.,1986 : Rapport de mission effectuée à M'Sila. *Inst. Nat. Rech. For.*, Alger, 23-25 février 1986, 3 p.
- Lapie, G.1928 : La Sylviculture Française dans la Région Méditerranéenne . ENEF, Ecole nationale des eaux et forêts, Nancy (FRA), 20p.
- Lassalle, J.C. 2005 : Le liège une valeur d'avenir à proteger. *Vin bio magazinze* ,n°14,pp. 22-25.
- Ledru, Y., Piquet, R., Michelm., Schmidt F., Berhnart, G. 2009 : Quantification 2-D et 3-D de la porosité par analyse d'images dans les matériaux composites stratifiés aéronautiques . *2-D and 3-D void quantification with image analyses in aeronautic composite laminates*. *Comptes Rendus des JNC 16- Toulouse (France)* .11p.
- Lefebvre H., 1900 : *Les Forêts de l'Algérie*. Edit Giralt . Alger. 438p.
- Legay, M., 2007: La forêt face aux changements climatiques: impacts attendus et premières orientations d'adaptation. In: ONF/INRA (Ed.), *Association française de prévention des catastrophes naturelles.*, Paris, . pp 53.
- Le Maître H.,2003 : « Le traitement des images » *Hermes Lavoisier IC2*.
- Le Houerou, H.N., Claudin J. & Pouget, M., 1977 : Etude bioclimatique des steppes Algériennes avec une carte bioclimatique au 1/1000.000. *Bull. Soc. Hist.Afr. Nord* pp : 36-40.
- Leonardi, S., Rapp, M., Failla M. & Komaromy E.,1992 : Biomasse, minéralomasse, productivité et gestion de certains éléments biogènes dans une forêt de *Quercus suber* L. en Sicile (Italie). *Ecol .Médit.*,18, pp.89-98.
- Lepoutre, B. 1965 : Régénération artificielle du chêne-liège et équilibre climacique de la subéraie en forêt de la Mamora. *Ann. Rech. Forest. Rabat*, 9, 1-86.
- Lequy, R.,1970 : l'Agriculture Algerienne de 1954 A 1962 ".*Revue de l'Occident Musulman et de la Méditerranée*, N°8, 1970. pp. 41-99.
- Letreuch- Bélarouci, N., 1991 : Les reboisements en Algérie et leur perspective d'avenir. *OPU, Alger*, vol. 1, 294 p.



- Letreuch-Belarouci A., Letreuch-Belarouci, N., Medjahd, B. & Benabdeli K., 2010 : Etude de la structure des peuplements de chêne-liège dans le massif Hafir-Zariffet (Nord-ouest de l'Algérie). *Integrated Protection in Oak Forests. IOBC/WPRS Bull.* Vol.57, pp.42-48.
- Letreuch-Belarouci, A., 2010 : Caractérisation structurale des suberaies du Parc National de Tlemcen, régénération naturelle et gestion durable. These. Doct. Dept. Forest. Fac. Sci., Univ. Tlemcen, 211p.
- Lévy, G. & Becker, M., 1987 : Le dépérissement du sapin dans les Vosges: Rôle primordial de déficits d'alimentation en eau. *Ann. Forest. Sci.*, 44 (4), pp. 403 - 416.
- Lhénaff, R., 1965 : Les chaînes du pourtour de la Méditerranée occidentale Mise au point sur les travaux géologiques récents. *Annales de Géographie*. Vol .74. N° 401, pp.83-96.
- Liese Gunzerodt, W. & Paramweswaran, N., 1983: Alterações biológicas da cortiça que afectam a sua utilização. *Boletim do Instituto dos Productos Florestais Cortifa-541*, pp. 277-299.
- Lingrand, D., 2004 : « Introduction au Traitement d'images » Vuibert .272p
- Lombardini, F., 2008: Guide « Rénover et gérer les forêts provençales de Chêne-liège ». 12p.
- Lopes, F. & Pereira H., 1998: Caracterização de pranchas de cortiça com diferentes classificações industriais. In: H. Pereira, (Ed.) "Cork oak and Cork. European Conference", Lisboa, pp. 332-340.
- Lopes, F. 1996: O sobreiro e a cortiça. *Revista Florestal* 9 : pp 2.
- Lopes, F., & Pereira, H., 2000: Definition of quality classes for champagne cork stoppers in the high quality range *Wood Science and Technology* 34, pp.3-10.
- López Aljorna, A., Gómez, A., Pintos, B., Martín, JP., Aguinalalde, I. & Bueno, M.A. 2005 : Characterization of cork oak (*Quercus suber L.*) genetic resources for tree improvement. *The Role of biotechnology*, pp.159-160.
- Lopez de Heredia, U., Carrionm P. & Jimenez, C., 2007 : A mollecular and palaeobotanical evidence for multiple glacial refugia for evergreen oaks on the Iberian Peninsula. *Journal of Biogeography* 34, pp.1505-1517.
- Lopez de Heredia, U., Gil., 2006 : La diversidad en las especies forestales: un cambio de escala. *El ejemplo del alcornoque. Ecosistemas* 15 (2), pp.24-33.
- Luciano, P. & Prota, R. 1995: Insect pests in Sardinia cork oak forests. *IOBC/wprs Bull.* 18, pp.1-7.
- Lumaret, R., Tryphon-Dionnet, M., Michaud H., Sanui A., Ipotesi E., Born C. & Mir C. 2005: Phylogeographical variation of chloroplast DNA in cork oak (*Quercus suber*). *Ann. Bot.* 96, pp. 853-861.
- Macarthur, R., 1994 : Cork Oaks and Cork : A new zeland Perspective. The grove Picton.new Zeland, The Cork Oaks and Cork: a New Zealand. Blenheim Print. Sans pagination.
- Magenot, G., 1942 : La race en botanique. *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, IX° Série, tome 7 fascicules 1-3, pp. 3-11.
- Maire, R., 1961 : Flore de l'Afrique du nord. Vol. 7. Paul Lechevalier, Paris, 329 p.
- Maire, R. 1926 : Note phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie avec une carte/ Alger.
- Malherbe, A., 1839 : Notice sur quelques espèces de chênes, et spécialement sur le chêne liège. Edit. Verronnais. 36p.
- Manion, P.D., 1981 : Tree disease concepts . Englewood Cliffs (N .J .) : Prentice Hall. 324 p.

- Manzanera, A., 2008 : Traitement d'images et vision artificielle. Unité d'Électronique et d'Informatique. Cours ENSTAD9-2. 51p.
- Marras, F. Franceschini, A. Maddau, L. 1995: Les principales maladies du chêne-liège (*Quercus suber* L.) en Sardaigne (Italie). OILB/Srop Bull., 18(6): 8-13.
- Marc, H., 1916 : Notes sur les forêts de l'Algérie. typographie, Adolphe Jourdan, 331 p.
- Marc, H., 1930: Notes sur les forêts de l'Algérie .Collection du Centenaire de l'Algérie. Larose ,Paris.702p.
- Marion A., 1987 : Introduction aux techniques de traitement d'images, Eyrolles, xii, 278p.
- Marschner, H. 1995 : Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, 889p.
- Marques, A.V. Pereira, H., Meier, D., & Faix, O., 1996 : Isolation and characterization of guaiacyl lignin from saponified cork of *Quercus suber* L. Holzforschung 50, pp.393-400.
- Martin-Prevel, P. 1978 : Rôle des éléments minéraux chez les végétaux. Fruits, vol. 33, n° 7-8, pp. 521-529.
- Martínez-Vilalta, J., Magirión, M., Ogaya, R., Sauret, M., Serrano, L., Peñuelas, J. & Piñol, J. 2003: Sap flow of three co-occurring Mediterranean woody species under varying atmospheric and soil water conditions, Tree Physiol. 23, pp. 747-758.
- Matheron G. , 1975- Random Sets and Integral Geometry. Kingman. Bull. Amer. Math. Soc. Volume 81, Number 5 (1975), pp. 844-847.
- Mathey, A., 1908 : Traité d'exploitation commerciale des bois. Ed. Lucien Laveur, pp. 729.
- Mattson, W. J. & Haack, R.A., 1987: The role of drought in outbreaks of plant-eating insects. Drought's physiological effects on plants can predict its influence on insect populations. BioScience., 37 (2), pp. 110-118.
- Mcmillin C.W., Conner S R.W. & Huber H.A., 1984- A potential new lumber processing system, For. Prod. J. 34, pp.13-20.
- Medail, F. & Quezel, P. 1997: Hot-Spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. Ann. Missouri Bot. Gard. 84, pp.112-127.
- Meddour –Sahar, S., Meddour, R. & Derridj, A., 2008 : Analyse des feux de forêts en Algérie sur le temps long (1876-2007). les notes d'analyse du CIHEAM, n° 39, 11p.
- Melo B., Pinto R., 1994 : Análise de diferenças nos critérios de classificação qualitativa das rochas. Cortiça 601, pp.293-302.
- Méthy, M., Damesin, C. & Rambal, S. 1996: Drought and photosystem. II activity in two mediterranean oaks. – Ann. Sci. For. 53, pp. 255-262.
- Metna, B., 2003 : Caractéristiques physiques et chimiques du liège de reproduction de la subéraie orientale de la wilaya de Tizi Ouzou. Thèse. Mag. Faculté des Sciences Agronomique et des Sciences Biologiques, Université de Tizi Ouzou, 102p.
- Mery, D., 2002: Inspección Visual Automática. Primer Congreso Internacional de Ingeniería Mecatrónica, 8-12 Abril, Lima (Peru). 12p.
- Messaoudenne, M. 1996 : Chêne zéen et chêne afares. La forêt Algérienne, N°1, pp.18 -25.
- Messaoudène, M., Metna, B., 2010 : Etude de la qualité du liège des subéraies orientales de Tizi-Ouzou.. *Integrated Protection in Oak Forests. IOBC/WPRS Bull.* Vol.57, pp.29-36.
- Meynier, G., 1981 : L'Algérie révélée. Laib. Droser. Geneve-Paris, pp. 315-316.
- M'Hirit, O., 1993 : Biodiversité et conservation in situ au Maroc. Réseau des ressources phytogénétiques pour la zone de l'Asie et de l'Ouest et de l'Afrique du Nord, pp.4-8.
- Minkowski, Hermann , 1901: Ueber die Annäherung an eine reelle Grösse durch rationale Zahlen Mathematische Annalen 54, pp. 91-124 .
- Molinas, M.L. 1991 : The stomata of the cork oak, *Quercus suber* - An ultrastructural approach. Nordic journal of botany, 11, pp.205-212.

- Molinas M. et Oliva M.,1990- El suro i les seves classes. L'Estoig (Publicació de L'Arxiu Museu de Palafrugell) 2,pp. 33-34.
- Mirault, J. 1996: État de santé des forêts méditerranéennes françaises: cas du chêne-liège, du pin d'alep et du cèdre de l'Atlas. Résumés des communications. Colloque sur le dépérissement des Forêts au Maroc. Rabat.
- Molinas, M.L., Verdaguer, D., 1993 : Lignotuber ontogeny in the cork-oak (*Quercus suber*: Fagaceae) II. Germination and young seedling. American Journal of Botany 80,pp.182-191.
- Monjauze , A.,1950 : Notes relatives aux peuplements de chene- Liege d'Algerie. FAO .Efc Mediterranean Sub-Commission - Second Session Algiers, Algeria, 26 p.
- Montero, G., Grau, J.M., 1986: El coeficiente y la intensidad de descorche. Ventajas e inconvenientes de su aplicación. I Congreso Florestal Nacional de Portugal.10p
- Montero, G. 1987: Modelos para cuantificar la producción de corcho en alcornocales en función de la calidad de la estación y de los tratamientos selvícolas. I.N.I.A.Serie Tesis Doctorales. 277p.
- Montero, G., Vallejo, R., 1990: Variación del calibre del corcho medido a distintas alturas. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales 1(2), pp. 181-188.
- Montero, G., Torres, E., Cannellas, I. & Ortega, C. 1994: Aspectos silvícolas economicos et socials del corcho.Agricultura y sociedad, n° 73, pp.137-193.
- Montero, G., Cañellas, I., 1999: Manual de reforestación del alcornoque (*Quercus suber* L.). Mapa-INIA.103p.
- Montero, G., Cañellas, I., 2003 : Selvicultura de los Alcornocales en España. Silva Lusitana 11(1),pp.1 – 19.
- Montoya J.M., 1982. Selvicultura mediterránea. Consideraciones ecológico-selvícolas sobre el alcornocal y su repoblación. Bol. Est. Cen. Ecología 21. pp,3-10.
- Montoya Oliver, J.M. 1988: Los Alcornocales. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Serie Manuales Técnicos SEA. Madrid, 155 p.
- Montoya Oliver M., & Meson Garcia M.L.1995 : Le dépérissement des chênes méditerranéens en Espagne. Rev . For. Fr . XLVII - 4, pp. 401-402.
- Montoya, M., 1980: Los alcornocales. Ministerio de Agricultura, Madrid: 155 p.
- Mortier, F., 1995 : Dynamique globale du CO2 dans la biosphère. . ONF. Bultin Technique, 29(Numéro spécial), pp. 5.
- Moussa, K., 2001 : La recherche des ressources hydriques : Méthodologie systématique intégrant les méthodes des sciences de la terre et de la vie, cas de l'étude de la sebkha d'Oran, 11<sup>ème</sup> Sémin. Nat. Sci. Terre, pp. 67.
- Mugnossa, G. Scarascia, Oswald, H., Piussi, P. & Radaglou, K. 2000: Forests of the Mediterranean region: Gaps in knowledge and research needs. For.Ecol. Manag.132, pp.97-109.
- *Musset, R. 1935* : Les régimes pluviométriques de la France de l'Ouest .Vo XLIV, pp.311-31.
- Munaut, A.V.,Serre-Bachet, F.1982.The Mediterranean area. In: M.K.Hughes, P.M.
- Naili, M.,2010 : Une activité industrielle rattachée à l'agriculture. Article paru au journal El Watan Suplement Economique .1p
- Nait Messaoud, A.,2008 : La réhabilitation en ligne de mire. Article paru au journal « Dépêche de la Kabylie » .3p
- Nageleisen, L.M., 1999 : Les Résultats 1999 du réseau européen de suivi des dommages forestiers et évaluation des contraintes environnementales : Les résultats 1999 du réseau européen de suivi des dommages forestiers. Les Cahiers de DSF, 1-2000 (La Santé des Forêts), [France] en 1999, Min. Agri. Pêche (DERF), Paris ,pp. 50-64.

- Natividade, J.V., 1934 : Cortiças. Contribuição para o estudo do melhoramento da qualidade. Pubi. Dir. G. Serv. Fior, e Aquícolas, 1934, 1(1),pp.1-43.
- Natividade, J.V.1938: O que é a cortica. Bol. Junta Nac. da Cortiça (Lisboa) 1,pp.13-21.
- Natividade, J.V.,1950: *Subericultura*. D. Gral dos Servo Florestais e Aquícolas. 387 p.
- Natividade, J.V.,1954: La selection et l'amélioration génétique du chêne-liège au Portugal. *Revue Forestiere Française*, pp.345-354.
- Natividade, J.V., 1956 : Subericulture. Ecole Nationale des Eaux et Forêts. Nancy, 302 p.
- Neves, A.M.C.,2001: A utilização de metodos de Analise de Imagem na Determinação de Classes de Qualidade da Cortiça. Diploma thesis, Universidade de Evora, Portugal.
- Nouschi , A.,1959 : Notes sur la vie traditionnelle des populations forestières algériennes. *Annales de Géographie*. t. 68, n°370, pp. 525-535.
- N.P.,298.,1993:Cortiça em Prancha-Definições,calibragem,classificação e acondicionamento. Instituto Português da Qualidade. Lisboa. Non paginé.
- Nsibi, R., Souayha, N., Khouia, L.M. & Bouzid, S., 2006 : La régénération naturelle par semis de la suberaie de Tabarka - Aïn Draham face aux facteurs écologiques et anthropiques. *Geo-Eco-Trop* 30.1, pp.35-48.
- O.N.T.F., 1981 : Procès verbal d'aménagement de la forêt de Guétarnia. D.E.R., Oran, 63 p.
- Oliveira, G., Correia, O.A., Martins-Loução, M.A. & Catarino, F.M. 1992: Water relations of cork oak (*Quercus suber* L.) under natural conditions. – *Vegetatio* 99-100,pp. 199-208.
- Orgeas J., Bonin G.,1996 : Variabilité des nutriments foliaires de *Quercus suber* L. dans différentes situations écologiques dans le massif des Maures (Var, France) et relations avec la production de liège, *Ann. Sci. For.* 53,pp. 615-624.
- Otieno, D.O., Kurz-Besson, C. ,Liu, J.,Chmidth, W.T., 2006 : Seasonal variation in soil and plant water status in *Quercus suber* stand :Root determinants of tree productivity and survival in the Mediterranean typr-e-ecosysteme plant and soil. 283,pp. 119-135.
- Paixao, C. A. 1965 : Criterios de qualidade da cortiça, a posi~ao a potasa na fisiologia do sobreiro. *Boletim da Junta Nacional da Cortiça*, 321,pp. 137-142.
- Paniagua Paniagua B., Miguel A. Rodríguez V., Pablo Bustos García P.,Juan A. Pulido G.& Sánchez Pérez J.M., 2006a : Análisis avanzado de texturas para la detección automática de la calidad del corcho. XXVII Jornada de otomatica. ,pp.19-26.
- Paniagua Paniagua B., Miguel A.& Rodríguez V., Pablo Bustos García P.,Juan A. Pulido G., Sánchez Pérez J.M. , 2006b : Puede utilizarse el análisis estadístico de texturas para clasificar corcho? un estudio experimental. XXVII Jornada de otomatica. Almería ,pp.42-49.
- Paniagua Paniagua B., Miguel A.& Rodríguez V., Pablo Bustos García P.,Juan A. Pulido G., Sánchez Pérez J.M., 2006c - Buscando el clasificador más adecuado para la industria del corcho. XXVII Jornada de otomatica. Almería,pp.50-57.
- Pardos, Carrion, J.A., 1980: Hacia la renejora genética del alcornocal. *Convención Mundial del Corcho*. Servicio de Publicaciones Agrarias, pp. 92-97.
- Pausas, J.G.,1997: Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire. *Journal of Vegetation Science* 8,pp. 703–706.
- Pech-Gourg N. et Kao Hao J. , 2001 : Métaheuristiques pour la classification de bouchons naturels en liège. Volume X . n° X.23p.
- Pellissier, E., 1836 : *Annales Algériennes* (tome 2ème). Anselin et Gaultier- Laguionie, Paris. 472 p.
- Pereira, H. 1982: Studies on the chemical composition of virgin and reproduction cork of *Quercus suber* L. *Anais Inst.Sup. Agron.* (Lisboa) 40,pp.17-25.

- Pereira, H., Rosa M.E, & Fortes, A.M., 1987 : The cellular structure of cork from *Quercus suber* L.IAWA.Bull.ns.8,pp.213-218.
- Pereira, H., 1988: The cellular structure of cork from *Quercus Suber* L. A collection of publications from Pereira H. Centro de Estudos Florestais. Lisboa.
- Pereira, H., Gonzalez-Adrados, J.R. 1996 : Classification of defects in cork planks using image analysis, *Wood Sci.Technol.* 30,pp. 207-215.
- Pereira, H.1998: Corkassess. Field assessment and modelling of cork production and quality. In: H. Pereira, (Ed.) "Cork oak and Cork. European Conference", Lisboa, pp. 87-92.
- Pereira, H., 2007: *Cork : Biology, Production and Uses*. Elsevier.Ed.Oxford. UK.329p.
- Pereira P.M.,Chaves, M.M., Chaldeira Correia, A.V. 2006: Water availability and productivity. *Plant growth and climate change*. London,pp.118-145.
- Perez, F. & Perez, M.C., 1996 : *El alcornoque y el Corcho*. Asociación Cultural Vicente Rollano. Badajoz. 41 p.
- Perra, B., Haluk, J. P. & Metche, M. 1995 : IR. 1H and 13C NMR spectroscopic studies of suberin from beech barks (*Fagus sylvatica*). *Holzforschung* 49,pp. 99-103.
- Perrière J.-N., 1994 : Influence de la gestion sur la régénération du chêne liège et sur l'état sanitaire.Vives : IML.pp 24 .
- Pervillé, G., 2003 : *Atlas de la guerre d'Algérie de la conquête à l'indépendance*. Atlas Mémoires. Librairie Ravy .63p.
- Petrov, M. & Genov, K., 2004 : 50 years of cork oak (*Quercus suber* L.) in Bulgaria *Nauka za Corata (Forest Science)* 3, pp.93-101.
- Peyerimhoff, DE P., 1941 : *Carte forestière de l'Algérie et de la Tunisie*. Imp. Bacconier Frères, Alger, 70 p + Pls.
- Poiret, J.L.M.( Abbé), 1789 : *Voyage en Barberie, ou lettres écrites de l'ancienne Numidie*. Libraire, Paris. 315 pages ,pp. 296 – 299 .
- Poirot,F., 1992 : *Le liège et la bouchonnerie en Roussillon*.CONFLENT, 14p.
- Puyo, J.Y.,2006 : "Les premiers temps de la mise en valeur coloniale des suberaies algériennes - le triste épisode des concessions privées", *L'Homme et le liège. Actes du colloque international Vixexpo 2006*, Vives : Editions de l'Institut Méditerranéen du Liège, 105 p., pp. 91-102.
- Quelinis, N., 2008 : Fiche technique Agro-industrie « Le liège ».Fiche n°33. 6p.
- Quezel, P.,1976 : Les forêts du pourtour méditerranéen. In *Forêts et maquis méditerranéens : écologie, conservation et aménagement*. Note technique MAB 2, 9-33.UNESCO, Paris.
- Quezel, P., 2000 : *Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen*. Ibis Press, Paris, 117 p.
- Rachedi S., 2008 : Contribution à l'étude des mécanismes écologiques impliqués dans le dépérissement du Sapin pectiné (*Abies alba*. Miller) et caractérisation sanitaire au MontVentoux. Mémoire de Master 2. AgroParisTech.Ecole Nationale du Génie Rural et Ecosystème Forestier (ENGREF) Centre de Montpellier. 59 p.
- Radeva, P., Bressan, M., Tovar, A. & Vitrià, J. 2002: *Bayesian Classification for Inspection of Industrial Products*. CCIA .pp, 399-407
- Reis A.,1992 : "Ainda a quantificação da produção de cortiça amadia, por classes de espessura". Actas " Encontro sobre os montados de sobre e azinho". Evora.Resumé de communications.
- Remacha Gete, A., 2008: *Tecnología del corcho*. Editorial Visión Libros, 2008.480p.
- Riboulet, J.M. & Alegoet, C., 1986 : *Aspects pratiques du bouchage des vins*. Collection avenir oenologie. 282p.

- Rivas-Martinez , S., 1982: Définition et localisation des écosystèmes Méditerranéenne. Coll. De l'OTAN. Ecologia Mediterranea, 7, pp. 275 – 288.
- Robert, B., Bertoni, G., Sayag, D. & Masson P.M., 1996: Assessment of mineral nutrition of cork oak through foliar analysis. Communications in Soil Science & Plant Analysis 27.pp,2091-2109.
- Rocha, S., B.J. , Neto C.P. & Gill Goodfellow,A., 2001: Enzymatic isolation and structural characterization of polymeric suberin of cork from Quercus suber. International Journal of Biological Macromolecules 28: pp. 107-119.
- Roldao,M, 1987: A qualidade da cortica, Boletim do instituto dos Porductos Florestais, 583, pp.17-18.
- Rosa, M.E., Pereira, H., & Fortes, M.A. 1990 : Effects of hot water on the structure and compressive properties of cork. Wood and fiber Sci.22,pp.149-164.
- Rothmader, W., 1941 : Arvores de Portugal. Bol. Soc. Brot., 15 (2<sup>a</sup> sér.) ,pp.133-148.
- Rousset, A., 1858 : “De l’exploitation et de l’aménagement des forêts de chênes-lièges en Algérie”, REF, octobre, novembre et décembre, pp. 253-264, 297-308 et 341-353.
- Roula, B., 2010 : Etude de la qualité du liège de reproduction dans les suberaies de Jijel. Ecole Nat.Sup.Agro. Algérie.79p.
- Ruiu, P.A., Sechi, C., Linaldeddu, B.T. & Franceschini, A. 2005: Création d'un réseau de surveillance du dépérissement des subéraies en Sardaigne et analyse des premiers résultats. IOBC/wprs Bull. 28(6),pp. 45-51.
- Saccardy, L., 1937 : Notes sur le chêne liège et le chêne en Algérie. Bulletin de la station de recherches forestières (du nord de l’Afrique), tome2 fascicule n° 3. Ed. Service des forêts, pp. 273-363.
- Saltykov,S.A.,1958: Stereometrie metallography.2<sup>nd</sup>ed.Scale.Publ.Houste meta. Sci.Moscow.
- Sampaio, A ,1988: Le liège « Production, mise en valeur , transformation et commercialisation » , Forêt Méditerranéenne ,Tome X , n°1, pp.156 -190.
- Santiago, E.A.,&Moreno Domínguez, M.J.,2005 :Guía de buenas prácticas medioambientales para las empresas forestales y corcheras. Universidad-Empresa Medioambiental. 143p.
- Santos Pereira, J., Burgalho, M.N. & Caldeira M.C., 2008 : From the cork oak to cork. A sustainable systeme. APCOR( Portugal). 44p.
- Sari, D., 1972 : La dépossesion des fellahs. Ed. SNED, 138 pages.
- Sebei, H., Albouchi A., Rapp M., & El Aoun M.H. , 2001 : Evolution de la biomasse arborée et arbustive dans une séquence de dégradation de la subéraie à cytise de Kroumérie (Tunisie). Ann.For.Sci.58,pp.175-191.
- Sechi C., Angelo Ruiu P., Franceschini A., Corda P., 2002 : Nouvelles recherches sur l’extension des phénomènes de dépérissement dans les subéraies de Sardaigne. Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bull. 25(5), pp. 5-12.
- Seigue, A., 1987 : La forêt méditerranéenne française. Aménagement et protection contre les incendies. EDISUD, Aix en Provence, 159p.
- Seigue, A.,1985 : La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes, Techniques agricoles et productions méditerranéennes, Ed. Maisonneuve et Larose et A.C.C.T., Paris,pp. 69-82, 302-305.
- Seltzer, P., 1946 : Le climat de l'Algérie. Inst. Météor. Et Phys. Du Globe. Univ. Alger. 219 p + Carte.
- Serra J.,1982: Image analysis and mathematical morphology, Academic Press. xvV + 610 p.
- Serrada-Hierro, R.,2006 : Tratamientos derivados (Cap. XIII): Alcornocales. Departamento de Silvopascicultura U.D. DE Selvicultura y Pascicultura. Espagne.85p.

- Sigfried, A., 1943 : Vue générale de la Méditerranée.: Ed. Gallimard, Paris, 190 p.
- Simeone M.C., Federico Vessella,V., Salis,A., Larbi,H.,2 Schirone,A., Bellarosa,R. & Schirone.B. 2010: Biogeography of North African cork oak (*Quercus suber* L.). IOBC/wprs Bull. 18,pp.1-8.
- Sinclair,W.A.,1964 : Comparisons of recent declines of white ash, oak, and sugar maple in northeastern woodlands Cornell Plant, vol . 20, pp . 62-67.
- Sinclair,W.A.,1967 : Decline of hardwoods : possible causes. International Shade Tree Conference Proceedings, 42, pp . 17-32.
- Silva, J.S. & Catry, F.X., 2006 : Forest fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. International Journal of Environmental Studies. Vol. 63 (3): pp.235-257.
- Sitte, P. 1962: Zum Feinbau der Suberinschichten in Flaschenkork. Protoplasma 54,pp. 555-558.
- Soest, J.F, Matthews, P.C., 1987: Applications of optical measurements of slope-of-grain, in: Proc. of 2nd Inter. Conf. on Scanning technology in sawmilling, Miller Freeman Publications, San Francisco, CA.
- Soltner, D., 1992 : Les bases de la production végétale. Tome 2. 6ème édition. Sci et Tech.Agr. 320p.
- Sousa, E.M.R. 1995: Les principaux ravageurs du chêne-liège au Portugal. Leurs relations avec le déclin des peuplements. – IOBC/wprs Bull. 18,pp.18-23.
- Sousa, E.M.R . 1996 : Contribution à l'étude de la biologie de population de *Platypus cylindrus* (Coleoptera, Platypodidae) dans les peuplements de chêne-liège au Portugal. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard, Lyon, 163 p.
- Sousa, E.M.R. & Atay Kadiri, Z., 2005 : Le déclenchement des perturbations physiologiques des peuplements de chêne-liège: une synthèse des relations agent/hôte. Integrated Protection in Oak Forests. IOBC/wprs Bull. 28(8), pp. 9-16.
- Sousa, E.M.R.,Sousa Santos M.N., Varela, M.C. & Henriques, J.2007 : Perda de vigor dos montados de sobro e azinho: análise da situação e perspectivas.(Documento síntese).91p.
- Surovy´, P., Olbrich, Æ., Polle, A.,. Ribeiro, N.A., Sloboda, B., Langenfeld-Heyser, R., 2009: new method for measurement of annual growth rings in cork by means of autofluorescence. Trees - Structure and Function. Vol 23, Number 6, pp.1237-1246.
- Taferka, S., 2008 : Libérer notre liège des réseaux mafieux. Jour. « Le jour d'Algérie »,2p.
- Tomas, F., 1977 : Annaba et sa région: organisation de l'espace dans l'extrême-Est algérien, pp. 453.
- Toumi, L. & Lumaret, R., 1998- Allozyme Mediterranean oak ( *Quercus suber* L.) : The role of phytogeography and genetic introgression by other Mediterranean oak species and human activities. Theoretical and Applied Genetics 97,pp.647-656.
- UPIC,1990: Unidad de Producción e Industria Corchera, Mapa suberícola de España. Provincia de Cáceres. INIA. Madrid. 200 p.
- Varela, M.C.,2000: Evaluation of genetic resources of cork oak for appropriate use in breeding and gene conservation strategies. Handbook of the Concerted Action. FAIR 1 CT 95- 0202. 127p.
- Vázquez-Piqué , J., Pereira H.,2005 : Qué hay que tener en cuenta para elaborar modelos de producciónde corcho?: revisión bibliográfica y consideración estadísticase. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 2008 17(3),pp. 199-215
- Vázquez-Piqué , J., Pereira Naranjo , F., Tapias Martín, R.,2008 : Análisis de la influencia de parámetros edáficos y climáticos en el crecimiento del alcornoque en una dehesa de huelva (españa). Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 25,pp. 431-437

- Veuillon, S., 1998 : Guide de subériculture des Pyrénées Orientales .Typologie de peuplement et étude préliminaire. Stage de fin d'étude. FIF-ENGREF, France, 37p +Annexe.
- Vicioso C., 1950- Revision del genero *Quercus* en Espana. Anal. Inst. Forest. Invest. Exp. Madrid.51p.
- Vieira J., 1950- Subericultura. Dir. Geral. dos Serv. Florestais e Aquícolas. Lisboa. 387 p.
- Vignes, E., 1990 : Le traitement du taillis du chêne dans le Var. O.N.F. Arboréscence. n°26, pp. 21-23.
- Villemant, C. & Fraval, A. 1991: La Faune du chêne-liège. – Actes Editions, Rabat : 336 p.
- Yachkour, A., 2009 : La forêt de Bissa en Algérie. 1p.
- Yessad, S.A., 2001 : Le Chêne-liège et le Liège dans les pays de la Méditerranée occidentale. Edit.MRW, 123p.
- Yousfi, M.,1995 : Les contraintes exercés sur le chêne liège au Maroc. Exemple de la Mamora. Bulletin IOBC, 18,pp.43-49.
- Zarco, V. 1965 : Botanique forestière. Direction des forêts de la restauration des sols. Alger, pp. 77-115 .
- Zeraia L.,1982 : Le chêne liège : phytosociologie, édaphique, phénologie, régénération et productivité. Extrait du travail de la recherche forestière en Algérie, 152 p.
- Zeraia L.,1981 : Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chênes liège de provenance cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse Doc. Es. Sci., Aix-Marseille, 367 p.
- Zeraia, L., 1986 : Etude phytosociologique des groupements végétaux forestiers du Parc de Chréa. Ann.Rech.for. Algerie.1,23-52.
- Zimmerman, W., Nimz, H. & Seemüller, E , 1985: 1H and 13C NMR spectroscopy study of extracts from corks of *Rubus idaeus*, *Solanum tuberosum* and *Quercus suber*. *Holzforschung* 39, pp.45-49.

**Site web :**

- Web 1 : [www.Euforgen.org](http://www.Euforgen.org), 2009.
- Web 2 : [www.Euforgen.org](http://www.Euforgen.org),2004.
- Web 3 : [http://www.google.com/intl/fr/help/terms\\_maps.html](http://www.google.com/intl/fr/help/terms_maps.html),2010.
- Web 4: [http://www.google.com/intl/fr/help/terms\\_maps.html](http://www.google.com/intl/fr/help/terms_maps.html),2010.



---

# **ANNEXE**

---

## ANNEXES

**Tableau 1 : 7 Accroissements moyens (complets) homogènes (échantillons 2006)**

<b>P7</b> <b>Zarieffet</b>	2,83	2,73	2,62	2,51	2,59	2,58	2,70
	3,27	3,27	2,73	2,74	2,60	2,65	2,18
	2,16	2,16	2,16	1,08	0,97	0,97	0,97
	1,39	1,42	1,59	1,09	1,59	1,09	1,51
	3,82	1,64	1,64	1,09	1,12	0,98	1,10
	2,65	2,73	2,75	2,70	1,74	1,64	1,64
	1,09	2,18	1,10	1,20	1,31	1,65	1,64
	2,19	1,64	2,18	2,07	2,12	2,17	1,64
	2,10	1,65	2,16	2,24	2,19	2,22	2,18
	1,11	1,00	1,67	1,67	1,67	1,67	1,69
	1,12	2,20	2,75	2,86	2,97	2,75	2,80
	3,24	3,24	3,16	1,64	1,78	1,85	1,78
	3,82	2,75	2,73	2,17	1,58	1,66	2,18
<b>Moyenne</b>	2,36	2,19	2,24	1,92	1,86	1,83	1,84
<b>Ecart type</b>	0,99	0,71	0,60	0,674	0,60	0,61	0,54
<b>IC</b>	0,54	0,38	0,33	0,366	0,32	0,33	0,29
<b>P8</b> <b>Zarieffet</b>	1,64	1,96	1,58	1,62	1,09	1,10	1,09
	2,18	2,73	2,32	2,29	2,18	1,53	1,64
	2,16	0,76	1,62	1,09	1,07	0,86	1,74
	3,11	2,01	2,10	2,11	2,20	2,25	2,09
	1,09	1,63	1,09	1,09	1,52	1,42	1,53
	1,62	1,64	1,09	0,98	0,87	0,87	1,10
	3,82	4,36	4,36	4,42	5,45	4,95	4,91
	1,10	1,14	1,09	1,10	0,74	0,87	1,09
	2,83	2,65	2,73	2,75	2,73	2,83	2,62
	1,09	1,53	1,25	1,09	0,55	1,09	1,25
	1,71	1,57	1,74	1,10	1,12	1,09	1,12
	2,22	2,20	2,33	2,35	2,33	2,22	2,22
	1,25	1,65	1,73	1,73	1,30	1,25	1,64
<b>Moyenne</b>	1,99	1,99	1,92	1,82	1,78	1,72	1,85
<b>Ecart type</b>	0,85	0,89	0,90	0,98	1,29	1,15	1,03
<b>IC</b>	0,46	0,48	0,49	0,53	0,704	0,6	0,56
<b>P9</b> <b>Zarieffet</b>	1,40	1,42	1,44	1,25	1,11	1,40	1,30
	1,12	1,08	1,25	1,13	1,09	1,19	1,00
	2,78	2,25	2,22	1,67	1,71	2,44	1,67
	2,18	2,20	1,53	1,64	1,69	2,40	2,15
	1,18	1,25	1,30	1,17	1,20	1,13	1,14

	1,15	1,09	1,19	1,12	1,20	1,32	1,29
	0,54	1,61	0,96	1,07	0,96	1,10	1,12
	1,50	1,12	1,13	1,10	0,98	1,28	1,25
	2,20	1,93	1,65	1,67	1,66	1,40	1,38
	2,78	3,33	4,44	2,77	2,24	1,67	1,94
	1,00	1,10	1,36	1,39	0,82	1,40	0,82
	4,40	3,85	2,22	1,65	2,29	2,35	2,20
	1,12	1,25	1,36	1,40	1,10	1,39	1,42
	2,65	3,27	3,00	4,40	3,35	2,18	2,79
<b>Moyenne</b>	1,86	1,91	1,79	1,67	1,53	1,62	1,53
<b>Ecart type</b>	1,032	0,94	0,93	0,90	0,70	0,49	0,55
<b>IC</b>	0,54	0,49	0,49	0,47	0,36	0,26	0,28

**Tableau 2 : 7 Accroissements moyens(complets) homogènes (échantillons 2007)**

<b>P7</b> <b>Zarieffet</b>	1,51	2,95	1,70	2,07	2,05	2,05	2,07
	1,79	1,85	3,30	3,86	3,28	2,72	2,69
	2,73	3,05	3,38	3,05	3,82	1,96	1,65
	2,52	3,38	3,29	2,15	2,92	2,33	1,90
	2,59	2,70	3,78	2,27	2,16	2,70	2,48
	2,70	3,24	4,32	2,70	2,16	1,62	1,89
	1,62	1,62	2,16	1,89	1,92	2,16	1,35
	2,45	2,73	2,45	2,18	1,91	1,36	1,64
	2,43	3,24	4,32	2,16	1,62	1,08	2,16
	3,24	3,78	3,81	2,70	3,24	2,74	1,62
	3,27	4,36	3,10	2,73	2,18	2,25	1,91
1,09	1,10	1,36	1,38	0,82	1,36	0,85	
<b>Moyenne</b>	2,33	2,83	3,08	2,43	2,34	2,03	1,85
<b>Ecart type</b>	0,68	0,92	0,97	0,63	0,83	0,57	0,49
<b>IC</b>	0,39	0,52	0,55	0,36	0,47	0,32	0,28
<b>P8</b> <b>Zarieffet</b>	1,46	3,33	2,91	2,28	1,98	1,05	1,29
	2,43	2,96	1,01	2,01	1,65	2,14	1,84
	2,23	2,27	3,49	1,70	1,40	1,86	1,83
	1,84	3,55	1,88	1,62	1,85	1,52	1,29
	4,06	3,96	2,68	2,15	2,38	2,40	1,59
	0,97	1,51	1,94	2,16	2,18	3,24	3,02
	1,07	2,92	2,84	2,13	2,06	1,85	1,75
	2,06	1,68	1,73	1,49	1,83	1,62	1,95
	2,03	2,95	1,74	1,51	1,06	1,18	0,96
	3,00	2,07	3,41	2,35	2,04	2,78	2,90
	2,56	2,21	2,04	1,96	2,72	2,71	3,98
	1,58	2,58	3,40	2,19	2,18	2,07	1,75
	1,53	1,64	1,66	1,96	1,21	1,85	1,64

	1,97	2,64	3,61	2,65	2,53	2,58	1,71
<b>Moyenne</b>	2,06	2,59	2,45	2,01	1,93	2,06	1,97
<b>Ecart type</b>	0,80	0,74	0,84	0,34	0,48	0,63	0,80
<b>IC</b>	0,42	0,39	0,44	0,18	0,25	0,33	0,42
<b>P9</b>							
<b>Zarieffet</b>	1,39	1,98	1,86	1,71	2,65	1,20	1,65
	1,85	1,62	2,41	1,50	1,23	0,73	0,93
	2,49	2,54	2,27	1,59	1,93	1,39	1,25
	2,64	1,97	3,61	1,71	1,84	2,53	2,58
	1,60	2,08	1,78	2,38	2,82	1,52	1,67
	1,68	2,19	1,81	2,39	2,79	1,65	1,70
	3,77	3,14	4,05	5,12	2,30	2,61	1,07
	2,73	2,22	2,20	2,73	1,91	1,64	1,64
	1,47	3,36	2,94	1,07	1,06	1,31	2,30
	1,50	1,24	2,04	2,37	2,90	2,29	2,40
	5,65	4,23	5,24	3,89	4,79	4,83	3,64
<b>Moyenne</b>	2,43	2,42	2,75	2,40	2,38	1,97	1,89
<b>Ecart type</b>	1,29	0,86	1,12	1,18	1,02	1,11	0,79
<b>IC</b>	0,76	0,51	0,66	0,70	0,60	0,66	0,46

**Tableau 3 : 7 Accroissements moyens(complets) homogènes (échantillons 2008)**

<b>P7</b> <b>Zarieffet</b>	1,85	1,31	1,32	1,25	1,09	1,45	1,09
	2,38	2,16	2,16	1,94	1,73	1,62	1,62
	1,36	1,36	1,91	1,64	1,74	1,80	1,64
	1,62	1,89	2,43	1,89	1,89	1,35	1,33
	1,85	1,96	2,18	3,27	2,18	1,96	1,64
	2,97	2,54	3,51	2,43	2,97	2,70	3,24
	2,70	3,78	4,10	2,70	2,38	2,38	2,38
	2,38	2,16	2,38	1,94	1,73	1,62	1,62
	3,05	2,40	3,27	2,83	1,85	2,73	2,18
	3,02	2,38	2,70	2,70	2,70	1,84	1,65
	1,58	2,70	3,78	3,24	2,70	2,16	2,65
	1,64	2,14	3,24	2,17	1,62	1,58	1,51
	1,57	2,70	2,80	1,62	2,21	1,10	1,62
	1,85	1,96	2,18	3,27	2,18	1,97	1,64
<b>Moyenne</b>	2,13	2,25	2,71	2,35	2,07	1,87	1,84
<b>Ecart type</b>	0,60	0,61	0,78	0,67	0,51	0,48	0,57
<b>IC</b>	0,32	0,32	0,41	0,35	0,26	0,25	0,30
<b>P8</b>							
<b>Zarieffet</b>	1,85	2,18	3,32	3,25	3,28	2,73	2,73
	2,73	2,71	3,71	3,25	3,31	2,74	2,73

	1,61	2,14	3,21	2,68	2,14	2,11	2,35
	2,95	2,48	3,78	2,43	2,97	2,92	2,70
	2,38	2,70	3,74	2,70	2,70	2,38	1,62
	3,05	2,40	3,27	2,83	2,73	1,85	1,63
	1,64	2,73	3,25	3,82	2,73	2,18	2,73
	1,61	2,64	2,69	1,62	2,16	1,10	1,65
	2,29	2,68	3,30	2,69	2,18	2,17	1,66
	3,11	2,44	3,35	2,90	2,78	2,22	1,89
	4,03	3,27	2,27	2,02	2,45	2,51	2,29
	1,64	3,24	2,73	2,65	2,40	2,25	2,18
	1,90	2,28	2,14	1,68	1,68	1,68	1,69
<b>Moyenne</b>	2,37	2,61	3,13	2,65	2,58	2,22	2,14
<b>Ecart type</b>	0,73	0,34	0,51	0,60	0,45	0,47	0,45
<b>IC</b>	0,40	0,18	0,28	0,32	0,25	0,25	0,25
<b>P9 Zarieffet</b>	3,24	4,32	4,32	3,85	3,78	3,24	2,81
	2,70	3,24	3,26	3,28	3,25	3,22	2,16
	1,85	1,96	2,18	3,27	2,73	2,25	2,18
	3,24	2,69	2,59	2,42	2,22	2,25	2,16
	2,73	3,80	3,87	2,73	2,73	2,20	2,18
	3,78	3,24	2,73	2,69	2,65	2,16	2,16
	1,59	1,58	2,21	2,14	1,87	1,84	1,30
	1,96	3,85	3,82	3,27	3,05	3,05	2,73
	2,78	3,89	4,33	2,78	2,71	2,44	2,68
	1,64	2,54	2,73	2,18	1,66	1,64	1,61
	3,78	3,27	3,12	3,00	2,62	2,45	2,18
	3,27	3,05	2,40	2,83	2,73	2,18	1,85
3,30	3,42	3,03	2,79	2,75	2,71	2,25	
<b>Moyenne</b>	2,76	3,14	3,12	2,86	2,67	2,43	2,17
<b>Ecart type</b>	0,77	0,78	0,75	0,48	0,55	0,50	0,42
<b>IC</b>	0,42	0,43	0,41	0,26	0,30	0,27	0,23

**Tableau 4 : 7 Accroissements moyens (complets) homogènes (échantillons 2006)**

<b>P1 M'Sila</b>	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
	2,22	2,25	2,75	2,78	2,20	2,21	2,20
	0,57	2,29	2,28	2,20	2,05	1,94	1,93
	3,77	4,44	4,85	3,95	2,52	2,47	2,46
	1,70	2,35	3,33	3,35	3,29	2,89	2,87
	4,70	4,65	5,79	4,26	3,45	2,69	2,36
	4,30	4,25	3,33	2,77	2,69	1,75	1,30
	4,96	5,01	4,97	2,37	2,34	2,40	1,65
	3,75	3,47	2,64	2,62	2,50	2,45	1,66

Moyenne	3,25	3,59	3,74	3,04	2,63	2,35	2,05
Ecart type	1,57	1,15	1,29	0,75	0,50	0,37	0,51
IC	1,09	0,80	0,89	0,52	0,35	0,26	0,36
<b>P2</b> M'Sila	3,01	4,24	2,97	2,70	2,34	2,38	2,35
	2,25	3,30	4,40	4,95	6,05	2,75	2,70
	5,55	5,48	5,45	5,45	5,35	2,22	2,00
	3,94	3,87	3,79	2,74	1,70	1,19	1,15
	4,68	4,29	4,57	4,51	2,75	1,65	1,65
<b>Moyenne</b>	3,89	4,24	4,24	4,07	3,64	2,04	1,97
<b>Ecart type</b>	1,31	0,80	0,92	1,28	1,94	0,62	0,60
<b>IC</b>	1,15	0,70	0,81	1,12	1,70	0,54	0,53
<b>P3</b> M'Sila	2,47	2,30	2,28	2,27	2,24	2,19	2,15
	1,84	1,80	1,81	1,64	1,64	1,41	1,14
	4,24	2,69	2,67	2,57	2,27	2,24	2,24
	5,74	4,58	3,27	2,97	2,80	2,77	2,71
	4,95	3,80	3,20	2,75	2,20	1,66	1,65
	5,50	5,50	3,85	2,45	2,42	1,69	1,65
<b>Moyenne</b>	4,12	3,45	2,85	2,44	2,26	1,99	1,92
<b>Ecart -type</b>	1,62	1,47	0,77	0,51	0,42	0,55	0,61
<b>IC</b>	1,30	1,18	0,61	0,41	0,34	0,44	0,49
<b>P4</b> M'Sila	2,21	2,2	2,08	2,1	2,14	1,24	1,21
	3,3	3,1	2,97	1,85	1,84	1,76	1,65
	1,85	2,2	1,87	1,65	1,65	1,66	1,64
	1,84	1,87	1,84	1,77	1,74	1,65	1,65
	1,75	1,73	1,57	1,57	1,57	1,49	1,49
<b>Moyenne</b>	2,19	2,22	2,07	1,79	1,79	1,56	1,53
<b>Ecart- type</b>	0,65	0,53	0,54	0,20	0,22	0,20	0,19
<b>IC</b>	0,52	0,43	0,43	0,16	0,18	0,16	0,15
<b>P5</b> M'Sila	4,95	4,95	2,75	4,95	4,92	2,2	2,2
	2,2	2,74	2,65	3,2	2,4	2,24	1,77
	2,75	3,3	3,85	3,85	2,75	2,2	1,65
	3,3	3,3	2,75	2,75	2,75	2,2	1,65
	4,5	3,696	3,92	2,24	2,24	2,24	1,12
	2,331	2,22	2,22	1,998	1,665	1,665	1,665
	1,1	1,404	1,09	1,06	1,308	1,09	0,972
	3,01	3,09	2,75	2,86	2,58	1,98	1,58
	1,35	1,13	0,97	1,28	1,16	0,44	0,41
	1,00	0,84	0,72	0,95	0,86	0,33	0,31
<b>P6</b>	1,62	2,16	1,962	1,06	1,09	1,853	1,62

<b>M'Sila</b>	1,6	1,296	1,635	1,696	1,526	1,417	1,14
	5,4	3,78	2,18	2,12	2,23	2,14	2,16
	2,9	2,16	2,18	4,77	2,18	2,13	2,16
	1,62	1,65	1,59	1,526	1,526	1,09	1,08
	2,16	1,944	1,635	1,59	1,853	1,635	1,64
	2,2	2,725	2,725	2,12	2,18	2,16	1,08
<b>Moyenne</b>	2,50	2,25	1,99	2,13	1,80	1,78	1,55
<b>Ecart type</b>	1,36	0,84	0,47	1,34	0,30	0,47	0,54
<b>IC</b>	1,20	0,74	0,41	1,18	0,26	0,41	0,40

**Tableau 5 : 7 Accroissements moyens (complets) homogènes (échantillons 2007)**

<b>P1</b> <b>M'Sila</b>	2,33	2,54	2,08	1,95	1,49	1,07	1,08
	5,13	4,96	2,58	2,94	2,53	2,67	1,89
	4,83	3,38	2,84	2,89	2,83	2,80	2,70
	4,12	4,63	7,79	5,86	5,51	4,51	4,30
<b>Moyenne</b>	4,10	3,88	3,82	3,41	3,09	2,77	2,49
<b>Ecart type</b>	1,25	1,12	2,67	1,70	1,71	1,41	1,37
<b>IC</b>	1,23	1,10	2,61	1,67	1,68	1,38	1,35
<b>P2</b>							
<b>M'Sila</b>	1,88	3,33	1,81	3,17	2,49	2,98	3,58
	2,56	2,27	2,60	2,82	1,88	1,81	1,62
	1,64	1,51	1,83	2,44	2,32	1,65	1,83
	2,38	3,40	2,70	2,64	1,54	1,93	1,41
<b>Moyenne</b>	2,12	2,63	2,23	2,77	2,06	2,09	2,11
<b>Ecart type</b>	0,43	0,91	0,48	0,31	0,43	0,60	1,00
<b>IC</b>	0,42	0,89	0,47	0,30	0,42	0,59	0,98
<b>P3</b>							
<b>M'Sila</b>	3,25	3,96	3,76	2,56	2,58	1,76	2,54
	4,05	3,31	3,61	3,85	3,99	3,33	2,39
	4,63	6,97	3,38	2,22	2,43	1,83	1,89
	5,49	4,46	4,56	3,32	3,12	2,26	2,74
	4,95	2,96	2,28	2,13	2,58	2,41	1,84
	2,22	1,61	1,31	1,33	1,34	0,95	1,12
	6,93	5,55	5,55	4,14	4,28	4,70	4,18
<b>Moyenne</b>	4,50	4,12	3,49	2,79	2,90	2,46	2,39
<b>Ecart type</b>	1,53	1,76	1,40	1,01	1,00	1,22	0,96
<b>IC</b>	1,13	1,30	1,04	0,75	0,74	0,91	0,71
<b>P4</b>							
<b>M'Sila</b>	2,80	2,18	1,56	2,08	2,21	1,89	1,48
	0,79	1,59	2,33	1,46	1,04	0,95	2,21
	2,06	2,06	1,56	1,56	1,06	1,06	0,96
	2,44	2,35	1,73	1,96	1,65	1,00	1,21
<b>Moyenne</b>	2,02	2,04	1,79	1,76	1,49	1,22	1,46
<b>Ecart type</b>	0,87	0,33	0,37	0,30	0,56	0,44	0,54

<b>IC</b>	0,86	0,32	0,36	0,30	0,55	0,44	0,53
<b>P5</b>	3,33	1,53	0,62	1,01	0,50	0,65	0,66
<b>M'Sila</b>	3,04	2,27	1,96	1,90	1,11	1,14	1,02
	2,63	3,37	2,85	2,73	2,00	1,93	1,74
	3,62	3,72	3,59	4,93	3,98	3,42	3,22
<b>Moyenne</b>	3,15	2,72	2,25	2,64	1,90	1,78	1,66
<b>Ecart type</b>	0,42	1,00	1,28	1,68	1,52	1,21	1,13
<b>IC</b>	0,41	0,98	1,25	1,64	1,49	1,19	1,11
<b>P6</b>	1,62	2,16	1,96	1,85	1,62	1,06	1,09
<b>M'Sila</b>	1,60	1,30	1,64	1,70	1,53	1,42	1,14
	5,40	2,07	2,18	2,12	2,23	2,14	2,16
	4,77	2,16	2,18	2,18	2,13	1,57	2,16
	1,62	1,65	1,59	1,53	1,53	1,09	1,08
	1,64	2,16	1,94	1,59	1,85	1,64	1,64
	2,73	2,73	2,16	2,16	2,18	2,12	1,08
<b>Moyenne</b>	2,77	2,03	1,95	1,88	1,87	1,58	1,48
<b>Ecart type</b>	1,64	0,45	0,25	0,28	0,31	0,44	0,51
<b>IC</b>	1,22	0,33	0,19	0,21	0,23	0,32	0,37

**Tableau 6 : 7 Accroissements moyens (complets) homogènes (échantillons 2008)**

<b>P1</b>	2,13	2,40	2,16	2,75	3,11	3,08	1,57	
	<b>M'Sila</b>	3,82	3,38	3,54	2,73	2,73	1,91	1,36
		2,97	2,86	3,30	3,30	2,09	2,20	1,87
		4,48	5,04	3,64	2,52	1,96	1,57	1,85
		3,14	2,80	3,36	3,36	2,80	2,24	1,68
		4,19	4,78	3,45	2,40	1,86	1,65	1,80
<b>Moyenne</b>	3,45	3,54	3,24	2,84	2,42	2,11	1,69	
<b>Ecart type</b>	0,87	1,11	0,54	0,40	0,52	0,55	0,20	
<b>IC</b>	0,65	0,82	0,40	0,30	0,38	0,41	0,15	
<b>P2</b>	3,89	3,79	3,33	2,44	3,42	2,78	1,67	
<b>M'Sila</b>	3,27	3,18	3,20	3,25	2,18	2,18	2,05	
	4,76	4,81	4,23	4,31	5,28	2,68	2,34	
	2,80	2,24	1,68	2,80	1,68	1,12	1,90	
	3,17	3,17	4,17	2,17	1,67	1,67	1,47	
	1,61	2,11	2,25	3,19	1,81	2,20	2,70	
	1,62	2,12	3,12	1,92	1,62	2,12	1,62	
	<b>Moyenne</b>	3,02	3,06	3,14	2,87	2,52	2,11	1,96
<b>Ecart type</b>	1,14	1,01	0,93	0,81	1,37	0,57	0,44	
<b>IC</b>	0,85	0,75	0,69	0,60	1,02	0,42	0,32	



<b>P3</b> <b>M'Sila</b>	6,7	6,7	4,4	3,9	3,3	2,8	2,4
	1,6	2,1	2,3	3,1	1,8	2,2	2,6
	3,2	3,0	3,2	2,8	3,4	1,7	1,7
	3,4	3,8	3,9	3,4	2,8	2,5	1,7
	2,1	2,8	2,8	2,8	3,3	3,1	2,3
	5,3	4,3	3,8	2,4	2,9	2,8	2,3
<b>Moyenne</b>	3,7	3,8	3,4	3,0	2,9	2,5	2,2
<b>Ecart type</b>	1,9	1,6	0,8	0,5	0,6	0,5	0,4
<b>IC</b>	1,4	1,2	0,6	0,4	0,4	0,4	0,3
<b>P4</b> <b>M'Sila</b>	3,15	3,15	4,15	2,15	1,65	1,65	1,45
	1,98	2,25	2,35	3,69	2,69	2,67	2,24
	1,65	2,38	2,19	1,69	1,75	1,63	1,66
	3,33	3,33	2,22	1,94	1,67	1,39	1,22
	4,36	3,27	3,27	2,67	2,02	1,91	1,91
	2,78	2,22	1,67	2,78	1,67	1,13	1,89
	2,22	2,24	2,78	2,11	3,33	2,11	3,33
<b>Moyenne</b>	2,78	2,69	2,66	2,43	2,11	1,78	1,96
<b>Ecart type</b>	0,93	0,53	0,83	0,67	0,65	0,51	0,69
<b>IC</b>	0,69	0,39	0,61	0,50	0,48	0,37	0,51
<b>P5</b> <b>M'Sila</b>	9,75	9,81	2,40	1,91	1,91	1,53	1,64
	5,55	5,57	3,89	3,33	2,79	2,78	2,25
	3,36	3,33	2,22	2,78	3,00	2,89	2,22
	6,72	6,16	5,04	3,36	2,82	2,79	2,78
	1,67	2,44	2,22	1,67	2,00	1,11	1,67
	3,22	3,00	1,68	1,67	1,66	1,67	1,67
	6,64	6,64	4,42	3,87	3,32	2,77	2,43
<b>Moyenne</b>	5,27	5,28	3,12	2,65	2,50	2,22	2,09
<b>Ecart type</b>	2,74	2,59	1,30	0,91	0,63	0,75	0,45
<b>IC</b>	2,03	1,92	0,97	0,67	0,47	0,56	0,33
<b>P6</b> <b>M'Sila</b>	2,11	3,11	3,25	2,78	2,44	2,22	1,55
	1,67	2,22	2,46	3,33	1,89	2,25	2,78
	2,24	2,23	2,80	2,13	3,36	2,13	3,36
	2,56	2,75	2,61	2,25	1,72	1,75	1,69
	2,52	2,63	2,30	2,24	2,35	2,26	2,13
	2,20	2,24	2,23	2,22	2,22	1,44	0,78
	2,69	2,13	2,64	2,24	1,06	1,62	1,63
<b>Moyenne</b>	2,28	2,47	2,61	2,45	2,15	1,95	1,99
<b>Ecart type</b>	0,35	0,37	0,34	0,44	0,71	0,34	0,86
<b>IC</b>	0,26	0,27	0,26	0,33	0,53	0,25	0,63

**Tableau 7 : Accroissements moyens complets analogues à la période de prise de notation (Zarieffet : 2006)**

P7	N°	F99	F00	F01	F02	F03	F04	F05	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	6	1	2	2	1	1	1	1	2,62	2,51	2,59	2,58	2,70	2,61	2,77
	9	3	3	3	3	3	3	3	2,73	2,74	2,60	2,65	2,18	1,14	1,09
	13	1	2	2	1	1	1	3	2,16	1,08	0,97	0,97	0,97	0,86	0,54
	19	2	3	2	2	3	2	2	1,59	1,09	1,59	1,09	1,51	1,49	1,09
	25	1	2	1	1	1	1	1	1,64	1,09	1,12	0,98	1,10	0,55	0,55
	34	2	3	3	2	3	2	2	2,75	2,70	1,74	1,64	1,64	1,10	0,55
	36	1	2	2	1	1	1	1	1,10	1,20	1,31	1,65	1,64	1,11	0,55
	40	1	2	2	1	1	1	1	2,18	2,07	2,12	2,17	1,64	1,64	1,12
	44	2	3	2	2	2	1	2	2,16	2,24	2,19	2,22	2,18	1,60	0,71
	46	3	3	3	3	3	3	3	1,67	1,67	1,67	1,67	1,69	1,11	0,56
	52	3	3	3	3	3	3	3	2,75	2,86	2,97	2,75	2,80	2,64	1,65
	51	2	3	3	2	3	2	2	3,16	1,64	1,78	1,85	1,78	1,73	1,60
	62	3	3	3	3	3	3	3	2,73	2,17	1,58	1,66	2,18	1,65	1,09

**Tableau 8 : Accroissements moyens complets analogues à la période de prise de notation (Zarieffet :2006)**

P8	N°	F99	F00	F01	F02	F03	F04	F05	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	16	2	3	2	1	1	1	1	1,58	1,62	1,09	1,10	1,09	0,79	0,62
	15	2	3	2	2	1	1	2	2,32	2,29	2,18	1,53	1,64	0,98	0,57
	18	2	3	3	3	2	2	3	1,62	1,09	1,07	0,86	1,74	1,58	1,11
	31	2	2	2	2	2	2	2	2,10	2,11	2,20	2,25	2,09	1,61	0,61
	44	2	2	1	1	1	1	1	1,09	1,09	1,52	1,42	1,53	1,64	1,09
	55	3	3	3	3	3	3	3	1,09	0,98	0,87	0,87	1,10	0,55	0,50
	64	1	1	1	1	1	1	1	4,36	4,42	5,45	4,95	4,91	4,36	2,18
	65	3	3	3	3	3	3	2	1,09	1,10	0,74	0,87	1,09	1,09	0,76
	70	1	1	1	1	1	1	1	2,73	2,75	2,73	2,83	2,62	2,51	1,09
	80	2	2	3	2	2	1	2	1,25	1,09	0,55	1,09	1,25	1,58	1,12
	90	2	1	2	2	1	1	1	1,74	1,10	1,12	1,09	1,12	1,14	1,10
	95	1	1	2	1	1	1	1	2,33	2,35	2,33	2,22	2,22	1,11	1,11
	106	1	1	2	2	1	1	2	1,73	1,73	1,30	1,25	1,64	1,62	0,85

**Tableau 9 : Accroissements moyens complets analogues à la période de prise de notation ( Zarieffet :2006)**

P9	N°	F99	F00	F01	F02	F03	F04	F05	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	4	1	1	1	1	1	1	1	1,44	1,25	1,11	1,40	1,30	1,23	1,10
	9	1	1	1	1	1	1	1	1,25	1,13	1,09	1,19	1,00	1,02	1,12
	16	2	2	2	2	2	1	1	2,22	1,67	1,71	2,44	1,67	2,20	1,24
	27	1	2	2	1	1	1	1	1,53	1,64	1,69	2,40	2,15	2,16	1,10
	37	2	2	2	1	1	1	2	1,30	1,17	1,20	1,13	1,14	0,56	0,65
	43	3	3	3	3	2	1	1	1,19	1,12	1,20	1,32	1,29	1,19	1,15

	46	1	2	1	1	1	1	1		0,96	1,07	0,96	1,10	1,12	1,17	1,15
	57	2	3	2	3	2	1	2		1,13	1,10	0,98	1,28	1,25	1,10	1,12
	66	2	2	2	2	1	2	2		1,65	1,67	1,66	1,40	1,38	1,24	1,10
	12	2	2	2	1	1	1	1		4,44	2,77	2,24	1,67	1,94	2,78	1,69
	21	3	3	3	3	3	2	2		1,36	1,39	0,82	1,40	0,82	1,09	1,36
	26	2	2	2	2	2	2	1		2,22	1,65	2,29	2,35	2,20	2,28	1,93
	35	3	3	3	2	2	3	1		1,36	1,40	1,10	1,39	1,42	1,09	0,85
	39	1	1	2	1	1	1	1		3,00	4,40	3,35	2,18	2,79	2,73	3,14

**Tableau 10 : Accroissements moyens complets analogues à la période de prise de notation (Zarieffet : 2007)**

P7	N°	F00	F01	F02	F03	F04	F05	F06		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	1	3	3	2	2	1	1	1		2,07	2,05	2,05	2,07	1,51	1,38	1,30
	3	3	3	3	3	1	1	1		2,72	2,69	2,69	1,80	1,80	1,58	1,32
	38	2	1	1	1	2	1	1		3,38	3,05	3,82	1,96	1,65	1,64	1,31
	10	3	3	2	2	2	3	2		3,29	2,15	2,92	2,33	1,90	1,93	1,52
	36	2	2	1	1	1	1	1		3,78	2,27	2,16	2,70	2,48	2,27	1,62
	6	2	2	1	1	1	1	1		3,24	4,32	2,70	2,16	1,62	1,89	2,69
	11	3	2	2	2	1	1	1		1,62	1,62	2,16	1,89	1,92	2,16	1,35
	19	3	2	2	3	2	2	1		2,73	2,45	2,18	1,91	1,36	1,64	1,09
	20	3	2	2	3	2	2	1		3,24	4,32	2,16	1,62	1,08	2,16	1,62
	29	2	2	2	2	1	1	1		3,24	3,78	3,81	2,70	3,24	2,74	1,62
	37	1	1	1	2	1	1	1		3,27	4,36	3,10	2,73	2,18	2,25	1,91
	43	3	3	3	3	3	3	2		1,38	0,82	1,36	0,85	1,09	1,36	0,92

**Tableau 11 : Accroissements moyens complets analogues à la période de prise de notation (Zarieffet :2007)**

P8	N°	F00	F01	F02	F03	F04	F05	F06		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	84	3	3	3	3	1	2	1		1,98	1,05	1,29	1,63	1,59	1,56	1,06
	57	1	1	1	1	1	1	1		1,01	2,01	1,65	2,14	1,84	1,29	1,32
	90	1	2	2	1	1	1	1		1,40	1,86	1,83	1,49	1,60	1,68	1,16
	103	1	1	1	1	1	1	1		1,88	1,62	1,85	1,52	1,29	1,24	1,09
	78	1	1	1	1	1	1	1		2,68	2,15	2,38	2,40	1,59	2,28	1,65
	101	2	2	2	2	3	2	1		2,18	3,24	3,02	2,20	2,59	2,16	2,05
	93	2	2	1	1	1	1	1		2,13	2,06	1,85	1,75	1,73	1,61	1,33
	80	2	3	2	2	1	2	2		1,73	1,49	1,83	1,62	1,95	1,55	1,51
	100	2	2	3	3	2	2	1		2,03	2,95	1,74	1,51	1,06	1,18	0,96
	102	3	3	2	3	1	2	1		2,35	2,04	2,78	2,90	1,65	1,63	1,50
	95	1	2	1	1	1	1	1		1,96	2,72	2,71	3,98	2,97	3,00	2,70
	44	2	1	1	1	1	1	1		2,18	2,07	1,75	1,32	1,72	1,50	1,57
	75	2	2	1	2	1	1	1		1,96	1,21	1,85	1,64	1,09	1,20	1,31
	53	3	3	2	2	2	1	1		2,65	2,53	2,58	1,71	1,84	1,62	1,77

**Tableau 12 : Accroissements moyens complets analogues à la période de prise de notation (Zarieffet :2007)**

	N°	F00	F01	F02	F03	F04	F05	F06		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
P9	51	2	2	1	1	1	1	1		1,86	1,71	2,65	1,20	1,65	1,74	1,36
	32	2	2	1	1	1	1	1		1,62	2,40	1,50	1,23	0,73	0,92	0,74
	29	2	2	1	1	2	1	1		1,59	1,92	1,391	1,25	1,091	1,47	0,75
	53	2	2	1	1	1	1	1		1,71	1,84	2,52	2,58	1,63	2,64	1,76
	43	3	3	3	2	1	1	1		1,77	2,37	2,82	1,515	1,66	1,65	1,50
	14	3	3	3	3	2	1	1		1,81	2,39	2,79	1,65	1,7	1,77	1,54
	25	2	2	3	2	3	3	2		2,61	1,06	2,41	2,93	2,916	2,25	1,53
	34	3	3	2	2	1	1	1		2,72	2,22	2,2	2,72	1,90	1,63	1,63
	48	2	2	2	2	1	1	1		1,05	1,30	2,30	1,99	1,64	1,60	1,57
	20	1	1	1	1	1	1	1		2,28	2,39	2,19	2,3	1,82	1,89	1,06
	24	2	2	1	1	1	1	1		4,23	5,24	3,89	4,79	4,83	3,64	3,71

**Tableau 13 : Accroissements moyens complets analogues à la période de prise de notation (Zarieffet : 2008)**

P7	N°	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	8	3	3	3	2	3	3	3		1,25	1,09	1,45	1,09	1,09	0,55	0,55
	33	3	3	3	3	3	3	3		1,94	1,73	1,62	1,62	1,62	1,05	0,54
	45	3	3	3	3	3	3	3		1,64	1,74	1,80	1,64	1,47	1,36	1,34
	53	3	3	3	3	3	2	3		1,89	1,89	1,35	1,33	1,10	1,08	0,81
	62	3	3	3	3	3	3	3		3,27	2,18	1,96	1,64	1,53	1,42	1,53
	4	2	1	1	1	1	1	1		2,43	2,97	2,70	3,24	2,97	2,59	2,32
	48	1	1	1	1	2	1	1		2,70	2,38	2,38	2,38	2,38	2,05	1,62
	12	2	2	2	1	1	1	3		1,94	1,73	1,62	1,62	1,10	0,95	0,54
	51	3	2	3	2	2	1	2		2,83	1,85	2,73	2,18	1,70	1,09	0,55
	63	2	1	2	2	1	1	2		2,70	2,70	1,84	1,65	1,10	1,60	0,54
	17	2	2	2	2	2	2	1		3,24	2,70	2,16	2,65	2,16	2,10	1,94
	15	1	1	1	1	3	3	3		2,17	1,62	1,58	1,51	1,61	1,52	1,08
	33	3	3	3	3	3	3	3		1,62	2,21	1,10	1,62	1,62	1,59	1,10
	57	3	3	3	3	3	2	3		3,27	2,18	1,97	1,64	1,53	1,42	1,50

**Tableau 14 : Accroissements moyens complets analogues à la période de prise de notation (Zarieffet :2008)**

P8	N°	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	7	2	2	1	1	1	1	1		3,25	3,28	2,73	2,73	2,73	2,71	2,73
	24	2	1	2	1	2	1	1		3,25	3,31	2,74	2,73	2,67	2,18	1,64
	29	2	1	1	1	1	1	1		2,68	2,14	2,11	2,35	2,65	2,68	1,61
	40	2	1	2	1	1	1	1		2,43	2,97	2,92	2,70	2,65	2,59	2,64
	51	1	1	1	1	1	1	1		2,70	2,70	2,38	1,62	1,62	1,51	1,51
	56	1	1	1	1	1	1	1		2,83	2,73	1,85	1,63	1,60	1,09	0,55

	<b>64</b>	1	1	1	1	1	1	1		3,82	2,73	2,18	2,73	2,14	1,94	1,96
	<b>50</b>	2	1	1	2	2	1	1		1,62	2,16	1,10	1,65	1,08	1,30	1,00
	<b>59</b>	2	2	2	2	2	1	2		2,69	2,18	2,17	1,66	1,64	1,10	1,00
	<b>33</b>	2	3	2	1	1	1	1		2,90	2,78	2,22	1,89	1,67	1,11	0,56
	<b>37</b>	2	2	2	1	2	1	1		2,02	2,45	2,51	2,29	2,02	1,58	0,55
	<b>43</b>	2	3	2	1	1	1	1		2,65	2,40	2,25	2,18	1,96	1,64	0,55
	<b>23</b>	3	3	3	3	2	2	2		1,68	1,68	1,68	1,69	1,57	1,46	1,12

**Tableau 15: Accroissements moyens complets analogues à la période de prise de notation (Zariffet :2008)**

P9	N°	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	<b>5</b>	1	1	1	1	1	1	1		3,85	3,78	3,24	2,808	2,81	2,7	2,16
	<b>11</b>	1	2	1	1	1	1	1		3,28	3,25	3,22	2,16	1,6	1,52	0,54
	<b>18</b>	1	1	1	1	1	1	1		3,27	2,725	2,25	2,18	1,96	1,64	1,52
	<b>19</b>	1	1	1	1	1	1	1		2,42	2,22	2,25	2,16	2,16	1,64	1,62
	<b>22</b>	1	1	1	1	1	1	1		2,73	2,725	2,2	2,18	1,61	1,63	0,54
	<b>23</b>	2	3	2	2	2	1	1		2,69	2,65	2,16	2,16	2,25	1,944	1,08
	<b>15</b>	3	3	3	3	2	1	3		2,14	1,87	1,84	1,29	1,26	1,1	0,756
	<b>65</b>	1	1	1	1	1	1	1		3,27	3,05	3,05	2,72	2,84	1,63	1,09
	<b>55</b>	2	1	1	1	2	1	1		2,78	2,71	2,44	2,68	2,66	2,10	1,66
	<b>67</b>	2	2	1	2	1	1	1		2,18	1,66	1,63	1,61	1,58	1,09	1,09
	<b>62</b>	2	1	1	1	2	1	1		3	2,61	2,45	2,18	1,96	1,59	0,54
	<b>30</b>	1	1	1	1	1	1	1		2,83	2,72	2,18	1,85	1,63	1,64	0,60
	<b>31</b>	1	1	1	1	1	1	1		2,79	2,75	2,71	2,25	2,23	2,2	0,56

**Tableau 16: Accroissements moyens complets analogues à la période de prise de notation (M'Sila : 2006)**

P1	N°	F99	F00	F01	F02	F03	F04	F05		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	<b>11</b>	2	2	2	1	1	1	1		2,20	2,22	1,67	1,67	1,67	1,11	1,11
	<b>2</b>	2	3	3	3	3	2	2		1,93	1,80	1,71	1,71	1,70	1,68	1,14
	<b>26</b>	2	3	2	1	1	1	1		2,47	2,46	2,45	2,35	2,41	2,33	1,45
	<b>16</b>	2	2	1	1	1	1	1		2,89	2,87	2,70	2,68	2,65	2,65	2,35
	<b>4</b>	2	2	3	2	2	1	1		5,79	4,26	3,45	2,69	2,36	2,33	1,68
	<b>3</b>	3	3	3	2	2	3	3		4,30	4,25	3,33	2,77	2,69	1,75	1,30
	<b>14</b>	2	2	2	1	1	1	1		4,96	5,01	4,97	2,37	2,34	2,40	1,65
	<b>15</b>	2	3	2	2	2	1	1		3,75	3,47	2,64	2,62	2,50	2,45	1,66
	<b>N°</b>	<b>F99</b>	<b>F00</b>	<b>F01</b>	<b>F02</b>	<b>F03</b>	<b>F04</b>	<b>F05</b>		<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
<b>P2</b>	<b>11</b>	2	2	1	1	1	1	1		2,35	2,35	2,37	2,24	2,12	1,25	1,19
	<b>15</b>	2	2	2	1	2	1	1		2,70	2,72	2,75	2,20	2,20	2,20	2,20
	<b>1</b>	2	2	2	2	2	1	2		5,55	5,48	5,45	5,45	5,35	2,22	2,00
	<b>2</b>	3	3	3	3	2	2	2		3,94	3,87	3,79	2,74	1,70	1,19	1,15
	<b>3</b>	2	2	2	1	2	1	3		4,68	4,29	4,57	4,51	2,75	1,65	1,65

P3	N°	F99	F00	F01	F02	F03	F04	F05		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	10	3	3	3	2	1	1	2		2,15	1,67	1,67	1,57	1,24	1,24	1,20
	11	2	2	3	3	3	2	2		1,14	0,89	0,84	0,80	0,77	0,69	0,69
	30	1	2	1	1	1	1	1		2,24	2,17	2,14	2,14	2,13	1,19	1,10
	36	3	3	3	1	2	2	1		2,71	2,69	2,65	2,64	2,22	2,14	1,24
	4	2	2	2	1	1	2	2		4,95	3,80	3,20	2,75	2,20	1,66	1,65
	5	1	2	1	2	1	1	3		5,50	5,50	3,85	2,45	2,42	1,69	1,65
	N°	F99	F00	F01	F02	F03	F04	F05		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
P4	33	2	3	3	3	2	2	2		1,24	1,21	1,30	1,14	1,08	1,10	1,07
	22	2	3	3	3	2	3	3		1,76	1,65	1,65	1,32	1,10	1,10	1,10
	44	2	3	2	1	2	3	3		1,66	1,64	1,65	1,65	1,10	1,10	1,10
	40	1	2	3	3	3	3	2		1,65	1,65	1,59	1,58	1,38	1,25	1,08
	18	3	3	3	3	3	3	2		1,49	1,49	1,35	1,34	1,23	1,07	1,01
	N°	F99	F00	F01	F02	F03	F04	F05		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
P5	24	1	1	2	1	1	2	1		2,20	1,65	1,10	1,65	0,88	0,90	0,77
	76	1	1	2	1	1	1	1		1,77	1,80	1,12	1,17	1,09	1,64	1,20
	6	1	1	2	1	1	1	1		2,75	3,30	3,85	3,85	2,75	2,20	1,65
	10	2	3	3	2	2	3	1		3,30	3,30	2,75	2,75	2,75	2,20	1,65
	63	2	2	3	3	2	2	1		4,48	3,70	3,92	2,24	2,24	2,24	1,12
	69	2	2	3	2	3	3	3		2,33	2,22	2,22	2,00	1,67	1,67	1,67
	30	3	3	3	3	3	3	3		0,97	0,59	0,54	0,50	0,40	0,40	0,30
	N°	F99	F00	F01	F02	F03	F04	F05		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
P6	8	1	2	3	3	2	3	3		1,62	2,16	1,96	1,06	1,09	1,85	1,62
	15	3	3	3	3	3	3	3		1,60	1,30	1,64	1,70	1,53	1,42	1,14
	14	1	2	3	3	3	3	1		5,40	3,78	2,18	2,12	2,23	2,14	2,16
	20	2	2	2	1	2	2	2		2,92	2,16	2,18	4,77	2,18	2,13	2,16
	36	3	3	3	3	3	3	2		1,62	1,65	1,59	1,53	1,53	1,09	1,08
	23	3	3	3	3	3	3	3		2,16	1,94	1,64	1,59	1,85	1,64	1,64
	24	3	3	3	3	2	2	2		2,16	2,73	2,73	2,12	2,18	2,16	1,08

Tableau 17: Accroissements moyens complets analogues à la période de prise de notation (M'Sila : 2007)

P1		F00	F01	F02	F03	F04	F05	F06		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	15	3	2	2	2	1	1	1		2,08	1,94	1,49	1,07	1,08	0,8	0,46
	22	3	3	1	1	2	1	1		2,58	2,93	2,53	2,67	1,89	1,15	0,62
	11	2	2	1	1	1	1	1		2,7	2,16	2,75	2,24	2,24	1,72	1,44
	3	3	3	2	2	3	3	3		7,79	5,86	5,51	4,51	4,3	1,52	1,44
P2		F00	F01	F02	F03	F04	F05	F06		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	8	1	1	1	1	1	1	1		2,49	2,97	3,58	3,11	1,54	1,5	1,47
	46	2	3	1	1	1	1	1		2,56	2,27	2,6	2,82	1,88	1,81	1,62
	21	2	2	2	1	1	1	1		1,51	1,83	2,44	2,32	1,65	1,83	1,95
	2	3	3	3	2	2	2	1		1,54	1,93	1,41	1,91	1,55	1,34	0,68

P3		F00	F01	F02	F03	F04	F05	F06		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
		22	3	2	2	1	2	2	1		1,76	2,538	1,86	1,75	1,72	1,07
	3															
	17	2	2	2	1	1	1	1		3,31	3,608	3,85	3,99	3,33	2,39	2,04
	39	2	3	3	2	2	2	1		3,38	2,225	2,43	1,83	1,89	1,56	1,05
	14	3	3	3	2	2	2	2		3,12	2,262	2,74	2,68	2,43	1,85	1,56
	7	1	1	2	2	2	2	1		2,28	2,131	2,58	2,41	1,84	1,76	1,54
	23	2	2	2	1	2	1	2		2,22	1,605	1,31	1,33	1,34	0,95	1,12
	3	2	1	1	1	1	1	1		5,55	5,55	4,14	4,28	4,7	4,18	3,36
P4		F00	F01	F02	F03	F04	F05	F06		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	1	2	2	1	1	1	2	1		2,08	2,206	1,89	1,48	2,16	2,14	1,64
	23	2	3	2	2	2	2	3		2,33	1,461	1,04	0,95	2,21	0,83	2,11
	8	3	3	2	2	3	2	1		1,56	1,555	1,06	1,06	0,96	0,86	0,56
P5		F00	F01	F02	F03	F04	F05	F06		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	37	2	3	3	2	2	2	2		3,33	1,534	0,62	1,01	0,5	0,65	0,66
	13	1	2	1	1	1	1	1		1,11	1,141	1,02	1,36	1,62	1,28	1,24
	10	3	3	2	2	3	1	1		3,37	2,849	2,73	2	1,93	1,74	1,52
	2	1	2	1	1	1	1	1		3,59	4,928	3,98	3,42	3,22	3,05	2,87
P6		D00	D01	D02	D03	D04	D05	D06		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	35	3	3	3	3	3	3	3		2,26	1,976	1,9	1,9	1,68	1,67	1,3
	14	2	3	3	3	3	1	1		2,03	1,721	1,72	1,64	1,54	1,31	0,99
	22	1	3	2	2	1	2	2		1,99	1,962	1,78	1,62	1,29	1,15	1
	7	1	3	3	3	3	3	2		4,99	3,741	4,64	3,45	2,66	2,11	1,53
	13	2	3	3	3	2	3	3		2,29	2,22	1,97	1,84	1,74	1,34	1,5
	11	2	3	3	3	3	3	3		2,8	2,598	1,98	2,1	1,57	1,22	1,36

Tableau 18: Accroissements moyens complets analogues à la période de prise de notations (M'Sila : 2008)

P1		F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
		16	1	1	1	1	1	1	1		2,40	2,16	2,75	3,11	3,08	1,57
	21	2	2	1	1	1	1	1		3,38	3,54	2,73	2,73	1,91	1,36	1,09
	25	2	1	1	1	1	1	1		2,86	3,30	3,30	2,09	2,20	1,87	1,43
	35	2	2	1	1	1	1	1		5,04	3,64	2,52	1,96	1,57	1,85	1,51
	29	2	1	1	1	1	1	1		2,80	3,36	3,36	2,80	2,24	1,68	1,12
	34	2	1	1	1	1	1	1		4,78	3,45	2,40	1,86	1,65	1,80	1,55
P2		F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	5	2	1	1	1	1	1	1		3,79	3,33	2,44	3,42	2,78	1,67	1,67
	8	1	1	1	1	1	1	1		3,18	3,20	3,25	2,18	2,18	2,05	1,90
	14	2	1	1	1	1	1	1		4,81	4,23	4,31	5,28	2,68	2,34	1,15
	19	2	1	1	1	1	1	1		2,24	1,68	2,80	1,68	1,12	1,90	1,12
	10	2	2	2	2	2	3	2		3,17	4,17	2,17	1,67	1,67	1,47	1,37
	44	1	1	1	1	2	3	3		2,11	2,25	3,19	1,81	2,20	2,70	2,11

	37	3	3	2	3	3	3	3		2,12	3,12	1,92	1,62	2,12	1,62	1,32
P3		F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	13	1	1	1	1	1	1	1		6,66	4,44	3,89	3,33	2,78	2,44	2,22
	27	1	1	1	1	1	1	1		2,11	2,31	3,11	1,81	2,24	2,61	1,28
	30	1	1	1	1	1	1	1		3,02	3,25	2,80	3,36	1,68	1,68	1,68
	20	1	1	1	1	1	1	1		3,81	3,92	3,36	2,80	2,46	1,68	2,24
	16	2	1	1	1	2	1	1		2,77	2,75	2,75	3,30	3,08	2,28	2,20
	15	2	2	2	1	1	1	1		4,32	3,82	2,35	2,85	2,82	2,32	1,34
P4		F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	10	2	1	2	1	2	2	2		3,15	4,15	2,15	1,65	1,65	1,45	1,35
	11	2	1	2	3	2	2	2		2,25	2,35	3,69	2,69	2,67	2,24	1,85
	5	3	3	3	3	3	2	3		2,38	2,19	1,69	1,75	1,63	1,66	1,23
	13	3	3	3	3	2	3	3		3,33	2,22	1,94	1,67	1,39	1,22	1,11
	17	2	1	1	1	3	2	3		3,27	3,27	2,67	2,02	1,91	1,91	1,36
	19	2	1	2	2	2	3	3		2,22	1,67	2,78	1,67	1,13	1,89	1,11
	22	3	3	2	3	3	2	3		2,24	2,78	2,11	3,33	2,11	3,33	1,67
P5		F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	12	2	1	1	1	1	1	1		9,81	2,40	1,91	1,91	1,53	1,64	1,96
	15	3	1	1	2	2	1	1		5,57	3,89	3,33	2,79	2,78	2,25	1,67
	25	2	1	1	2	2	1	1		3,33	2,22	2,78	3,00	2,89	2,22	1,89
	33	2	2	2	2	1	1	1		6,16	5,04	3,36	2,82	2,79	2,78	2,24
	5	3	3	2	3	3	3	3		2,44	2,22	1,67	2,00	1,11	1,67	2,22
	30	3	3	3	3	3	3	2		3,00	1,68	1,67	1,66	1,67	1,67	1,66
	12	2	1	1	1	1	1	1		6,64	4,42	3,87	3,32	2,77	2,43	2,21
P6		F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	16	2	3	2	3	1	2	2		3,108	3,250	2,775	2,442	2,220	1,554	1,332
	27	3	2	2	2	2	2	2		2,220	2,460	3,330	1,887	2,250	2,775	1,120
	22	3	2	2	1	2	2	2		2,230	2,800	2,128	3,360	2,128	3,360	1,680
	30	3	2	2	1	2	1	2		2,750	2,610	2,250	1,720	1,750	1,690	1,910
	36	3	3	3	3	2	3	3		2,632	2,296	2,240	2,352	2,260	2,128	2,184
	19	3	2	2	3	2	2	3		2,240	2,230	2,220	2,220	1,443	0,777	0,777
	6	3	3	3	3	3	2	3		2,130	2,640	2,240	1,060	1,620	1,630	0,620



**Tableau 19 : Calcul de la production du liège sur pied par arbres-échantillons (Parcelle saine : M'Sila)**

<b>Circonférence Réduite (m)</b>	<b>He(m)</b>	<b>E(m)</b>	<b>V(m<sup>3</sup>)</b>	<b>S(m<sup>2</sup>)</b>	<b>Pv (kg)</b>	<b>Ps(kg)</b>
0,99	1,5	0,019	0,0282	1,4855	8,7497	11,8841
1,29	2	0,026	0,0670	2,5767	20,7684	20,6138
1,41	1,8	0,026	0,0659	2,5350	20,4325	20,2804
1,16	1,6	0,01	0,0185	1,8538	5,7467	14,8301
0,71	1,8	0,02	0,0255	1,2730	7,8924	10,1837
1,01	2,7	0,028	0,0765	2,7326	23,7191	21,8609
0,93	2,15	0,03	0,0597	1,9905	18,5114	15,9238
0,81	3,05	0,02	0,0492	2,4620	15,2642	19,6957
1,36	2,6	0,032	0,1131	3,5348	35,0647	28,2780
0,74	1,5	0,015	0,0167	1,1144	5,1817	8,9148
1,32	2,2	0,025	0,0727	2,9073	22,5316	23,2584
0,60	1,95	0,022	0,0258	1,1718	7,9916	9,3744
0,91	2,25	0,026	0,0531	2,0438	16,4731	16,3505
1,50	2,3	0,042	0,1447	3,4457	44,8627	27,5654
1,03	2,5	0,024	0,0621	2,5866	19,2443	20,6928
1,71	2,8	0,028	0,1342	4,7938	41,6104	38,3506
0,97	1,72	0,026	0,0433	1,6656	13,4246	13,3246
1,02	1,8	0,026	0,0477	1,8330	14,7744	14,6644
1,84	1,85	0,02	0,0680	3,3988	21,0727	27,1906
1,10	1,95	0,02	0,0428	2,1395	13,2651	17,1163
0,97	2	0,02	0,0387	1,9344	11,9933	15,4752
0,93	1,6	0,022	0,0328	1,4895	10,1582	11,9158
0,96	1,6	0,022	0,0338	1,5375	10,4856	12,2998
1,03	2,9	0,03	0,0892	2,9748	27,6658	23,7986
1,05	1,95	0,025	0,0513	2,0504	15,8908	16,4034
1,23	2,2	0,024	0,0652	2,7162	20,2086	21,7297
1,41	1,9	0,017	0,0454	2,6726	14,0845	21,3806
1,03	1,64	0,027	0,0454	1,6814	14,0730	13,4509
0,39	1,1	0,015	0,0065	0,4322	2,0097	3,4575
1,28	2,3	0,02	0,0588	2,9376	18,2129	23,5005
1,36	1,8	0,024	0,0590	2,4564	18,2753	19,6508
0,92	1,85	0,019	0,0323	1,7026	10,0285	13,6210
1,13	2,8	0,035	0,1107	3,1643	34,3324	25,3142
1,21	1,7	0,03	0,0615	2,0499	19,0637	16,3989
1,30	1,53	0,023	0,0457	1,9856	14,1574	15,8848
1,38	1,87	0,028	0,0724	2,5845	22,4334	20,6759
1,08	2,85	0,045	0,1383	3,0743	42,8864	24,5944

1,21	2,25	0,03	0,0814	2,7131	25,2314	21,7044
1,00	3	0,034	0,1023	3,0097	31,7224	24,0778
1,07	1,9	0,034	0,0693	2,0392	21,4927	16,3132
1,09	1,6	0,02	0,0348	1,7395	10,7850	13,9162
1,70	2,3	0,023	0,0898	3,9049	27,8419	31,2392
1,44	2,6	0,03	0,1120	3,7331	34,7176	29,8646
1,06	2,34	0,02	0,0495	2,4738	15,3379	19,7908
1,11	2,35	0,019	0,0496	2,6093	15,3688	20,8744
1,16	2,2	0,024	0,0615	2,5622	19,0628	20,4977
1,31	2,1	0,028	0,0772	2,7554	23,9166	22,0429
1,44	3,6	0,028	0,1454	5,1915	45,0621	41,5319
1,20	2,1	0,023	0,0579	2,5153	17,9344	20,1227
1,22	2	0,028	0,0684	2,4442	21,2153	19,5533
1,94	1,7	0,025	0,0825	3,3006	25,5793	26,4044
1,50	1,8	0,033	0,0889	2,6935	27,5543	21,5479
1,20	1,3	0,03	0,0466	1,5545	14,4572	12,4363
0,89	2,8	0,028	0,0699	2,4978	21,6811	19,9826
1,51	1,85	0,03	0,0836	2,7857	25,9073	22,2858
1,54	2,3	0,02	0,0707	3,5356	21,9205	28,2845
0,73	2	0,03	0,0435	1,4516	13,4999	11,6128
1,06	2,35	0,025	0,0624	2,4945	19,3326	19,9562
0,94	2	0,024	0,0453	1,8893	14,0562	15,1142
0,86	2,4	0,03	0,0616	2,0539	19,1015	16,4314
1,32	1,75	0,015	0,0347	2,3151	10,7651	18,5206
0,95	2	0,018	0,0343	1,9070	10,6408	15,2557
0,81	2	0,02	0,0323	1,6144	10,0093	12,9152
1,25	2,05	0,028	0,0719	2,5668	22,2795	20,5341
0,88	2,5	0,03	0,0657	2,1895	20,3624	17,5160
1,07	1,56	0,02	0,0333	1,6648	10,3220	13,3187
1,26	2,5	0,03	0,0942	3,1395	29,1974	25,1160
0,56	2,1	0,015	0,0177	1,1821	5,4967	9,4567
0,91	3,1	0,03	0,0842	2,8080	26,1142	22,4638
1,21	2	0,03	0,0723	2,4116	22,4279	19,2928
2,51	4	0,02	0,2006	10,0288	62,1786	80,2304
1,40	2,7	0,03	0,1131	3,7687	35,0485	30,1493
1,16	1,85	0,02	0,0428	2,1408	13,2731	17,1266
1,24	2,3	0,02	0,0569	2,8456	17,6425	22,7645
0,93	2,8	0,022	0,0573	2,6066	17,7768	20,8526
1,92	2,9	0,027	0,1500	5,5541	46,4881	44,4331
0,81	1,6	0,028	0,0364	1,2993	11,2782	10,3946
1,76	1,9	0,024	0,0805	3,3528	24,9450	26,8225
1,20	2,7	0,027	0,0871	3,2271	27,0108	25,8168
1,30	2,4	0,02	0,0623	3,1133	19,3023	24,9062
1,52	1,6	0,025	0,0609	2,4344	18,8666	19,4752
1,08	2,1	0,025	0,0568	2,2712	17,6014	18,1692

0,79	2,4	0,025	0,0475	1,8996	14,7219	15,1968
1,53	1,7	0,022	0,0573	2,6026	17,7495	20,8205

Volume exploitable  $V = C \times h \times e$  (m<sup>3</sup>)      Surface exploitable  $S = C \times h$  (m<sup>2</sup>)      P : Poids du volume productif  $P = V \times 310 \text{kg/m}^3$       P':Poids de la surface productive  $P' = S \times 8 \text{kg/m}^2$

**Tableau 20 : Calcul de la production du liège sur pied par arbres-échantillons (Parcelle dépérissante : M'Sila)**

Circonférence Réduite (m)	He(m)	E(m)	V(m3)	S(m2)	Pv (kg)	Ps(kg)
1,01	0,025	1,5	0,03791	1,51638	11,75195	12,13104
1,24	0,025	2,15	0,06670	2,66798	20,67683	21,34382
1,78	0,03	2,1	0,11220	3,73993	34,78137	29,91946
1,63	0,028	1,8	0,08220	2,93566	25,48149	23,48525
0,81	0,025	2	0,04055	1,62184	12,56926	12,97472
1,45	0,025	1,9	0,06892	2,75675	21,36480	22,05398
0,88	0,024	2,8	0,05920	2,46658	18,35133	19,73261
1,53	0,02	2,8	0,08573	4,28658	26,57677	34,29261
1,68	0,031	5	0,26054	8,40460	80,76821	67,23680
1,93	0,018	4	0,13903	7,72368	43,09813	61,78944
1,25	0,019	1,45	0,03446	1,81383	10,68348	14,51067
1,83	0,018	2,5	0,08239	4,57730	25,54133	36,61840
1,11	0,02	1,65	0,03666	1,83302	11,36471	14,66414
0,84	0,015	1,7	0,02144	1,42956	6,64747	11,43651
1,69	0,018	2,5	0,07609	4,22730	23,58833	33,81840
1,00	0,02	2,05	0,04104	2,05189	12,72169	16,41509
1,05	0,015	1,56	0,02459	1,63944	7,62337	13,11548
1,15	0,015	2,3	0,03971	2,64712	12,30909	21,17693
0,65	0,02	1,3	0,01692	0,84620	5,24642	6,76957
0,67	0,025	1,7	0,02851	1,14056	8,83937	9,12451
0,53	0,015	1,55	0,01234	0,82293	3,82661	6,58341
0,65	0,02	1,8	0,02343	1,17166	7,26427	9,37325
0,71	0,028	1,6	0,03185	1,13747	9,87326	9,09978
0,93	0,02	1,82	0,03389	1,69427	10,50450	13,55420
1,03	0,028	1,6	0,04619	1,64947	14,31742	13,19578
0,98	0,016	1,84	0,02888	1,80489	8,95227	14,43914
1,02	0,025	2	0,05105	2,04184	15,82426	16,33472
0,90	0,02	1,9	0,03423	1,71175	10,61284	13,69398
0,84	0,024	2,4	0,04844	2,01821	15,01547	16,14566
0,78	0,015	2,2	0,02577	1,71802	7,98881	13,74419
0,97	0,022	2	0,04272	1,94184	13,24335	15,53472
0,85	0,019	2,5	0,04042	2,12730	12,52980	17,01840
0,90	0,017	2,1	0,03216	1,89193	9,97048	15,13546

0,73	0,015	1,5	0,01645	1,09638	5,09817	8,77104
0,73	0,015	2,4	0,02631	1,75421	8,15707	14,03366
0,99	0,015	1,9	0,02824	1,88275	8,75478	15,06198
2,43	0,015	1,9	0,06928	4,61875	21,47718	36,94998
0,77	0,02	2,14	0,03300	1,64977	10,22857	13,19815
1,03	0,025	2,3	0,05928	2,37112	18,37615	18,96893
1,09	0,028	3,4	0,10386	3,70913	32,19523	29,67302
0,82	0,02	1,8	0,02955	1,47766	9,16147	11,82125
0,92	0,02	2,2	0,04052	2,02602	12,56135	16,20819
1,45	0,018	2,8	0,07313	4,06258	22,66917	32,50061
1,37	0,015	1,9	0,03907	2,60475	12,11208	20,83798
0,87	0,02	2,1	0,03658	1,82893	11,33938	14,63146
1,23	0,018	2,1	0,04653	2,58493	14,42392	20,67946
0,48	0,02	1,35	0,01298	0,64924	4,02530	5,19394
0,96	0,02	2,1	0,04036	2,01793	12,51118	16,14346
1,12	0,02	1,9	0,04259	2,12975	13,20444	17,03798

Volume exploitable  $V = C \times h \times e \text{ (m}^3\text{)}$     Surface exploitable  $S = C \times h \text{ (m}^2\text{)}$     P : Poids du volume productif  $P = V \times 310 \text{ kg/m}^3$     P':Poids de la surface productive  $P' = S \times 8 \text{ kg/m}^2$

**Tableau 21 : Calcul de la production du liège sur pied par arbres-échantillons (Parcelle saine : Zariéffet)**

Circonférence Réduite (m)	He(m)	E(m)	V(m3)	S(m2)	Pv (kg)	Ps(kg)
2,1	0,026	0,91836	0,05014	1,92856	15,54416	15,42845
2,3	0,021	0,70406	0,03401	1,61934	10,54189	12,95470
1,8	0,01	0,8686	0,01563	1,56348	4,84679	12,50784
3,1	0,01	1,9186	0,05948	5,94766	18,43775	47,58128
1,5	0,016	0,84976	0,02039	1,27464	6,32221	10,19712
2,4	0,016	0,99976	0,03839	2,39942	11,90114	19,19539
2,4	0,017	1,34662	0,05494	3,23189	17,03205	25,85510
3,7	0,024	1,52464	0,13539	5,64117	41,97029	45,12934
1,6	0,01	1,1286	0,01806	1,80576	5,59786	14,44608
2,4	0,015	1,0029	0,03610	2,40696	11,19236	19,25568
3,2	0,017	1,08662	0,05911	3,47718	18,32476	27,81747
2	0,018	1,42348	0,05125	2,84696	15,88604	22,77568
2,3	0,015	1,2529	0,04323	2,88167	13,39977	23,05336
2,6	0,018	1,54348	0,07223	4,01305	22,39281	32,10438
2	0,012	1,18232	0,02838	2,36464	8,79646	18,91712
3,4	0,012	2,11232	0,08618	7,18189	26,71662	57,45510
2,6	0,018	1,33348	0,06241	3,46705	19,34613	27,73638

2,2	0,021	1,21406	0,05609	2,67093	17,38777	21,36746
2	0,017	1,16662	0,03967	2,33324	12,29617	18,66592
2,3	0,02	1,8572	0,08543	4,27156	26,48367	34,17248
2,1	0,015	1,5029	0,04734	3,15609	14,67582	25,24872
2,8	0,018	1,90348	0,09594	5,32974	29,73997	42,63795
1,8	0,018	0,67348	0,02182	1,21226	6,76443	9,69811
1,9	0,018	1,54348	0,05279	2,93261	16,36398	23,46090
2	0,01	1,7686	0,03537	3,53720	10,96532	28,29760
3,6	0,018	1,61348	0,10455	5,80853	32,41159	46,46822
2,5	0,018	1,32348	0,05956	3,30870	18,46255	26,46960
1,8	0,012	0,88232	0,01906	1,58818	5,90801	12,70541
1,45	0,015	0,8329	0,01812	1,20771	5,61583	9,66164
2,4	0,018	1,77348	0,07661	4,25635	23,75044	34,05082
2,4	0,012	1,66232	0,04787	3,98957	14,84119	31,91654
2	0,018	0,64348	0,02317	1,28696	7,18124	10,29568
2,2	0,018	0,72348	0,02865	1,59166	8,88144	12,73325
1,6	0,018	0,62348	0,01796	0,99757	5,56643	7,98054
1,7	0,018	0,94348	0,02887	1,60392	8,94985	12,83133
2,3	0,018	0,46348	0,01919	1,06600	5,94830	8,52803
1,85	0,02	0,8672	0,03209	1,60432	9,94678	12,83456
1,6	0,02	0,6372	0,02039	1,01952	6,32102	8,15616
1,65	0,02	0,8872	0,02928	1,46388	9,07606	11,71104
2,2	0,027	0,92522	0,05496	2,03548	17,03700	16,28387
1,7	0,018	1,10348	0,03377	1,87592	10,46761	15,00733
2,1	0,025	1,1215	0,05888	2,35515	18,25241	18,84120
3,4	0,02	0,9872	0,06713	3,35648	20,81018	26,85184
3,1	0,018	1,70348	0,09505	5,28079	29,46680	42,24630
1,3	0,02	1,4172	0,03685	1,84236	11,42263	14,73888
2,1	0,018	1,69348	0,06401	3,55631	19,84420	28,45046
2,6	0,018	1,29348	0,06053	3,36305	18,76581	26,90438
3,1	0,02	3,0372	0,18831	9,41532	58,37498	75,32256
2,65	0,018	2,73348	0,13039	7,24372	40,41997	57,94978

Volume exploitable  
 $V = C \times h \times e \text{ (m}^3\text{)}$

Surface exploitable  
 $S = C \times h \text{ (m}^2\text{)}$

P : Poids du volume productif  
 $P = V \times 310 \text{ kg/m}^3$

P' : Poids de la surface productive  
 $P' = S \times 8 \text{ kg/m}^2$

**Tableau 22: Calcul de la production du liège sur pied par arbres-échantillons (Parcelle déperissante : Zariéffet)**

Circonférence Réduite (m)	He(m)	E(m)	V(m3)	S(m2)	Pv (kg)	Ps(kg)
2,42	2,40	0,0240	0,1400	5,8200	43,2944	46,5531
0,82	2,30	0,0180	0,0300	1,8900	10,5685	15,1520

0,92	2,00	0,0240	0,0400	1,8500	13,7586	14,7942
1,16	2,20	0,0140	0,0400	2,5400	11,0379	20,3463
1,47	1,90	0,0250	0,0700	2,8000	21,6678	22,3668
0,6	1,45	0,0150	0,0100	0,8700	4,0651	6,9936
0,62	1,80	0,0240	0,0300	1,1200	8,3652	8,9948
0,38	1,50	0,0250	0,0100	0,5700	4,4349	4,5780
0,68	1,40	0,0230	0,0200	0,9500	6,7656	7,5911
0,42	1,40	0,0250	0,0100	0,5900	4,5733	4,7208
1,17	2,50	0,0270	0,0800	2,9100	24,3822	23,3044
0,97	2,10	0,0100	0,0200	2,0300	6,3056	16,2725
0,92	1,80	0,0250	0,0400	1,6600	12,8549	13,2696
0,93	1,75	0,0200	0,0300	1,6200	10,0601	12,9808
1,44	2,40	0,0180	0,0600	3,4600	19,3311	27,7148
1,96	2,30	0,0140	0,0600	4,5000	19,5252	35,9911
0,39	1,40	0,0180	0,0100	0,5500	3,0739	4,4070
0,48	1,40	0,0220	0,0100	0,6700	4,5918	5,3863
0,69	1,40	0,0200	0,0200	0,9600	5,9649	7,6966
0,6	1,50	0,0160	0,0100	0,9000	4,4622	7,1971
0,67	1,50	0,0250	0,0300	1,0100	7,8062	8,0580
1,21	2,60	0,0140	0,0400	3,1400	13,6090	25,0856
0,95	2,60	0,0160	0,0400	2,4700	12,2481	19,7550
1,64	2,40	0,0180	0,0700	3,9400	22,0095	31,5548
0,6	1,70	0,0150	0,0200	1,0200	4,7659	8,1994
0,49	1,55	0,0200	0,0200	0,7600	4,6820	6,0413
1,55	2,30	0,0170	0,0600	3,5600	18,7466	28,4578
1,21	2,45	0,0140	0,0400	2,9500	12,8238	23,6384
1,03	2,35	0,0220	0,0500	2,4200	16,5226	19,3813
1,06	2,00	0,0120	0,0300	2,1200	7,9037	16,9971
1,07	2,25	0,0100	0,0200	2,4000	7,4535	19,2348
0,57	1,65	0,0240	0,0200	0,9500	7,0543	7,5852
1,46	2,90	0,0120	0,0500	4,2400	15,7755	33,9258
1,36	2,85	0,0140	0,0500	3,8600	16,7729	30,9177
0,89	1,85	0,0200	0,0300	1,6400	10,1762	13,1306
0,78	1,80	0,0220	0,0300	1,4100	9,5866	11,2452
0,68	1,85	0,0210	0,0300	1,2700	8,2385	10,1241
0,81	1,95	0,0120	0,0200	1,5800	5,8926	12,6722
1,37	3,40	0,0100	0,0500	4,6500	14,4250	37,2259
0,75	1,50	0,0160	0,0200	1,1200	5,5782	8,9971
0,95	2,40	0,0160	0,0400	2,2800	11,3059	18,2354
1,19	1,90	0,0180	0,0400	2,2700	12,6533	18,1409
1,38	1,90	0,0220	0,0600	2,6200	17,8940	20,9900

0,97	1,50	0,0100	0,0100	1,4500	4,5040	11,6232
0,81	1,45	0,0140	0,0200	1,1700	5,0724	9,3501
1,2	2,50	0,0150	0,0500	3,0100	13,9837	24,0580
1,25	2,40	0,0160	0,0500	3,0000	14,8771	23,9954
0,96	2,30	0,0140	0,0300	2,2000	9,5432	17,5911
1,2	2,60	0,0160	0,0500	3,1200	15,4721	24,9550
1,18	2,00	0,014	0,03	2,35	10,2080272	18,81664

Volume exploitable V=C x h x e (m<sup>3</sup>)      Surface exploitable S=Cxh (m<sup>2</sup>)      P : Poids du volume productif P= Vx310kg/m<sup>3</sup>      P':Poids de la surface productive P'= Sx8kg/m<sup>2</sup>

**Tableau 23: Base de donnée pour la quantification de la qualité du liège des deux suberaies ( M'sila et Zarieffet)**

provenance	etat sanitaire	Cp trans a %	eppaisseur totale	Accroiss. Moyen	Productivite (kg/m2)	Densite(kg/m2)	tg_CP %	tg_nb de pores	tg_super max(mm2)	tg_sup min(mm2)	tg_surafce totale des pores(mm2)	tg_Mean area(mm2)
MS	3	12,28	17,45	1,99	6,5320	0,37	14,094	2575	55,51	0,07	2727,736	1,059
MS	1	6,18	18,55	2,00	5,6914	0,31	4,86018	923	22,14	0,29	827,181	0,896
MS	1	4,95	16,2	1,79	4,4591	0,28	3,28454	923	8,95	0,29	584,630	0,633
MS	1	3,85	23,6	2,48	4,8542	0,21	2,71779	1116	16,08	0,07	543,891	0,487
MS	1	5,90	23,2	2,65	7,8204	0,34	1,25869	693	9,03	0,07	240,616	0,347
MS	2	5,34	12,5	1,31	3,9183	0,31	8,05309	2393	23,11	0,07	1697,445	0,709
MS	2	7,92	20,8	2,29	4,6298	0,22	4,85447	674	66,64	0,29	604,030	0,896
MS	2	4,08	22,5	2,50	6,3016	0,28	3,17534	1804	8,23	0,07	627,332	0,348
MS	1	5,29	16,7	1,81	7,0378	0,42	4,85963	1517	35,16	0,07	980,600	0,646
MS	2	7,04	20	2,19	5,7877	0,29	4,00919	1966	10,42	0,07	769,955	0,392
MS	1	11,89	20,1	2,23	7,2234	0,36	2,41396	277	39,63	0,29	434,637	1,569
MS	1	3,15	34,15	3,86	6,1539	0,18	4,01927	1018	21,65	0,07	784,192	0,77
MS	3	9,55	32,7	3,65	4,6046	0,14	8,21698	1987	18,59	0,07	1459,646	0,735
MS	1	3,81	30,5	3,63	8,7660	0,29	4,49957	2028	106,72	0,07	976,521	0,482
MS	1	4,25	28,5	2,94	10,2695	0,36	3,28469	1339	12,25	0,07	724,400	0,541
MS	3	7,24	18,9	2,14	8,7028	0,46	6,0887	2279	21,75	0,07	1064,829	0,467
MS	1	1,53	20,05	2,38	5,0756	0,25	1,97105	929	28,03	0,07	387,447	0,417
MS	3	6,11	15,5	1,75	5,1106	0,33	11,3266	1041	364,59	0,07	2009,888	1,931
MS	2	6,78	15,5	1,71	5,4291	0,35	1,48235	371	8,34	0,29	307,813	0,83
MS	1	11,08	22,6	2,64	8,0138	0,35	4,56394	541	55,66	0,29	828,357	1,531
MS	2	6,87	20,95	2,43	6,6594	0,32	3,60598	1312	27,23	0,07	687,282	0,524
MS	3	14,12	20,3	2,23	5,9128	0,29	7,24497	1579	390,44	0,07	1228,664	0,778
MS	1	5,39	15,95	1,78	6,1974	0,39	2,53576	1071	16,34	0,07	519,526	0,485
MS	1	6,00	19,4	1,93	6,2121	0,32	8,97077	2630	68,11	0,07	1965,000	0,747

MS	1	20,84	20	2,06	5,7456	0,29	3,81659	1407	13,00	0,07	725,740	0,516
MS	1	18,79	21,8	2,23	5,8867	0,27	6,85781	1193	34,12	0,29	1318,420	1,105
MS	3	18,91	17,9	1,99	6,9273	0,39	6,34054	2230	54,80	0,07	1229,589	0,551
MS	1	3,81	22,25	2,51	5,2821	0,24	3,57749	629	78,28	0,29	616,773	0,981
MS	3	4,14	20,3	2,29	4,2673	0,21	8,28832	2132	122,67	0,07	1597,015	0,749
MS	3	8,99	22	2,31	6,1338	0,28	6,8373	2079	203,47	0,07	1355,868	0,652
MS	3	11,92	19,9	2,24	6,1371	0,31	4,53508	1443	39,35	0,07	832,350	0,577
MS	1	4,74	19,8	2,24	5,5506	0,28	1,29197	267	54,37	0,07	227,957	0,854
MS	2	18,64	32,5	3,56	9,5335	0,29	5,94307	1473	127,05	0,07	1004,865	0,682
MS	1	15,95	22,4	2,52	5,4786	0,24	1,4358	286	10,37	0,07	249,971	0,874
MS	1	5,50	22,4	2,52	5,9913	0,27	2,49756	1027	11,03	0,07	505,433	0,492
MS	1	6,43	19,1	2,03	6,0936	0,32	7,04591	1975	171,14	0,07	1428,069	0,723
MS	1	13,90	18,1	2,04	5,3376	0,29	3,86713	1728	59,65	0,07	809,210	0,468
MS	2	15,44	20,5	2,38	5,4104	0,26	4,13852	1270	52,59	0,07	816,428	0,643
MS	2	6,88	14,2	1,49	4,1239	0,29	2,71008	1282	19,63	0,07	501,619	0,391
MS	2	18,91	25	2,75	7,8401	0,31	5,42808	1380	82,87	0,07	850,242	0,616
ZR	3	2,16	20,26	2,35	5,98	0,30	0,947	400	4,55913	0,07	172,846	0,43
ZR	1	7,07	20,5	2,31	6,03	0,29	1,578	561	9,51253	0,07	282,143	0,50
ZR	3	2,51	14,25	1,56	5,31	0,37	5,225	1228	19,7491	0,07	918,349	0,75
ZR	3	6,86	10,5	1,04	5,18	0,49	7,708	3914	57,1612	0,07	1522,864	0,39
ZR	1	9,75	16,5	1,75	8,01	0,49	1,270	224	11,0681	0,29	250,035	1,12
ZR	1	5,97	13,6	1,48	6,87	0,50	2,693	1490	7,45518	0,07	594,644	0,40
ZR	2	4,11	16,95	1,86	6,06	0,36	6,649	1136	46,7383	0,29	1355,840	1,19
ZR	1	2,44	19,9	2,05	7,70	0,39	2,943	1391	10,2079	0,07	613,217	0,44
ZR	1	2,07	20,95	2,34	7,13	0,34	4,051	901	20,8172	0,29	786,493	0,87
ZR	1	3,63	19	2,06	7,36	0,39	3,130	1343	18,8243	0,07	670,500	0,50
ZR	1	5,14	24,2	2,53	9,59	0,40	3,620	1083	14,0071	0,07	605,691	0,56
ZR	1	6,25	25,5	2,7	9,34	0,37	3,529	1297	25,8064	0,07	739,912	0,57
ZR	1	3,92	25	2,69	8,51	0,34	4,358	1133	48,0142	0,07	793,031	0,70
ZR	1	5,50	24,5	2,69	9,51	0,39	4,067	1139	10,9749	0,07	498,378	0,44
ZR	1	5,30	23,5	2,64	10,12	0,43	4,349	1546	19,4337	0,07	907,740	0,59
ZR	2	1,25	21	2,25	7,91	0,38	2,728	414	12,7885	0,29	510,737	1,23
ZR	2	5,40	14,6	1,67	5,82	0,40	1,833	495	6,96773	0,29	413,419	0,84
ZR	3	1,66	20	2,25	6,52	0,33	2,456	1084	37,1612	0,29	1274,865	1,18
ZR	1	4,35	17	1,9	6,80	0,40	6,291	1242	76,8386	0,07	657,574	0,53
ZR	2	5,40	16,2	1,81	5,98	0,37	2,556	1160	85,6772	0,29	1263,453	1,09
ZR	3	4,15	15,8	1,79	5,99	0,38	1,200	1294	5,23296	0,07	490,400	0,38
ZR	1	8,03	21,7	2,44	9,39	0,43	5,301	752	107,756	0,29	562,377	0,75
ZR	1	4,25	24,3	2,48	9,39	0,39	2,985	1498	72,7597	0,07	708,528	0,47
ZR	1	5,46	25,4	2,74	8,65	0,34	1,630	1241	20,6595	0,07	728,658	0,59
ZR	1	1,30	21,8	2,33	7,79	0,36	2,548	652	9,17561	0,07	276,673	0,42
ZR	2	10,46	21,2	2,21	7,52	0,35	5,602	1007	9,97847	0,07	517,483	0,51
ZR	3	3,26	30,6	3,26	7,05	0,23	5,602	896	163,985	0,29	1046,277	1,17
ZR	2	9,84	19,8	2,23	6,12	0,31	8,600	1137	65,9497	0,07	1748,097	1,54
ZR	2	16,41	22,15	2,48	7,37	0,33	15,721	1047	182,595	0,29	3458,115	3,30



ZR	3	4,73	15,4	1,71	6,82	0,44	8,683	3829	29,6702	0,07	1793,237	0,47
ZR	3	7,18	20,5	2,19	8,55	0,42	5,597	1086	18,6308	0,07	1117,173	1,03
ZR	3	2,08	20,75	2,22	7,80	0,38	5,558	1081	16,7311	0,07	893,762	0,83
ZR	2	8,74	21,8	2,48	8,40	0,39	2,403	856	10,0502	0,07	439,863	0,51
ZR	2	7,05	21	2,38	7,75	0,37	7,073	1375	45,6343	0,07	1410,499	1,03
ZR	2	8,60	21	2,31	7,51	0,36	3,527	1030	37,2831	0,07	714,479	0,69
ZR	1	3,87	14,5	1,63	7,99	0,55	3,987	1865	29,8996	0,07	882,113	0,47
ZR	1	3,53	20,1	2,01	8,30	0,41	5,403	1400	48,0573	0,29	1257,603	0,90
ZR	1	7,22	19,5	2,19	6,01	0,31	7,179	2163	54,2795	0,07	1534,018	0,71
ZR	1	4,11	22,5	2,56	8,00	0,36	8,183	1610	38,2508	0,29	1663,423	1,03
ZR	1	2,58	20,5	2,3	8,16	0,40	4,067	2161	12,0717	0,07	945,561	0,44

**Tableau 24: Matrice des notations des anomalies du liège en planches( M'Sila) moyenne 5 fiches**

N° Echantillons	4/6	2/4	2/3	3	3/5	2/3	Ventre	Croute	Lignification horizontale	Lignification verticale	Liège doublé	Insectes	Fentes	Liège vert	Liège terreux	Tache jaune	Autres taches
1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2
2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2
3	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	2
4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
5	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	2
6	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	2
7	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2
8	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2
9	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
20	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2
22	1	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
22	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1
23	1	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2
24	1	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
25	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2
26	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2
27	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1	2
28	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	2
29	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2
20	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2
22	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1
22	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	2

23	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1
24	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1
25	1	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
26	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2
27	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	2
28	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	2
29	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	2
30	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1
32	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	2
32	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	2
33	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2
34	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2
35	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2
36	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
37	1	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1
38	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	1	1	
39	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
40	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1

**Tableau 25 : Matrice des notations des anomalies du liège en planches ( Zariéffet ) moyenne 5 fiches**

N° Echantillons	4/6	2/4	2/3	3	3/5	1/3	Ventre	Croute	Lignification horizontale	Lignification verticale	Liège doublé	Insectes	Fentes	Liège vert	Liège terreux	Tache jaune	Autres taches
1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2
2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2
3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1
4	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1
5	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1
6	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2
8	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2
9	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1	2	2
10	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1
11	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2
12	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	2
13	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1
14	1	1	2	1	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2
15	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2
16	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2

17	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1
19	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2
20	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	2
21	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2
22	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	2
23	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1
24	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2
26	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2
27	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1
28	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2
29	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
30	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2
31	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2
32	1	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2
33	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1
34	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2
35	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
36	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1
37	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2
38	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2
39	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1
40	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1

# Caractérisation de la qualité du liège selon l'état sanitaire des arbres par la méthode d'analyse d'image

## Cas des forêts de M'Sila et de Zariéffet (Nord-Ouest de l'Algérie)

par Belkhir DEHANE, Rachid Tarik BOUHRAOUA,  
José Ramon GONZALEZ-ADRADOS et Latéfa BELHOUCINE

Cet article nous présente  
une étude détaillée de la qualité  
du liège selon l'état sanitaire  
d'arbres de deux zones de produc-  
tion en Algérie, l'une littorale  
et l'autre de montagne.

On y voit que les composantes  
environnementale, géographique  
et génétique de l'arbre interfèrent  
avec le facteur sanitaire,  
modifiant la physiologie  
et la croissance du liège.

### Introduction

Le liège est un produit naturel qui, par sa nature et l'hétérogénéité des facteurs de sa production, présente une forte variabilité qualitative, d'où la difficulté à définir avec exactitude le concept de « qualité » (CARRASQUINHO, 1987). Dans le liège, les caractères morphologiques sont souvent des indicateurs de cette qualité et ce, par la relation étroite qui existe entre les propriétés du matériau, les caractéristiques et la disposition des tissus subéreux.

Au cours du processus de formation du liège, les perturbations du milieu affectent aussi bien sa croissance, sa couleur, sa texture, sa densité et sa porosité. Certaines de ces altérations, considérées comme des défauts, peuvent limiter les applications industrielles du produit (MOLINAS et OLIVA, 1990).

Parmi les facteurs de perturbation de la qualité du liège, nous citons le dépérissement des arbres. C'est un phénomène qui est apparu dans la région méditerranéenne dès le début du XX<sup>e</sup> siècle (NATIVIDADE, 1956). Mais, il a commencé à prendre des dimensions relativement importantes à partir des années 80-90 au Portugal (Sousa et al., 1995), en Italie (MARRAS et al., 1995), en Espagne (GAROLERA 1988), en France

(NAGELEISEN et HETT, 1989), au Maroc (BAKRY et ABOUROUH, 1996) et en Algérie (BOUHRAOUA et al., 2002). Ce phénomène complexe est en relation avec divers facteurs d'intensités variables d'une région à l'autre : les changements climatiques, les mauvaises pratiques de gestion sylvicole, l'exploitation du liège mal faite, les incendies, les attaques parasitaires, l'abandon des peuplements, etc. (AMANDIER, 2006).

La production mondiale de liège est passée de 380 000 tonnes en 1999 à 299 300 tonnes en 2008 (SANTOS PEREIRA, 2008). Traditionnellement subéricole (450 000 ha-35 000 tonnes), la part de l'Algérie dans ce marché ne constitue actuellement qu'un taux de 5%, soit une production annuelle moyenne de 10 000 tonnes avec une superficie productive de 220 000 ha.

Les zones les plus importantes de production du liège sont concentrées à l'est du pays, région qui détient à elle seule près des 4/5 de la suberaie algérienne et 97% de la production nationale (DGF, 2008). Dans l'Ouest algérien, objet de notre étude, les peuplements de chêne-liège sont situés dans deux grandes divisions phytogéographiques différentes en fonction de l'influence maritime et de la structure géologique. Il s'agit des suberaies du secteur littoral au nord et les suberaies de montagne ou de l'Atlas tellien au sud (BOUDY, 1955, QUÉZEL, 2000).

Ces suberaies ne sont en réalité que des peuplements reliques et isolés coïncidant avec des taches de climat subhumide ou surtout semi-aride, couvrant une superficie ancienne de l'ordre de 9 000 hectares (THINTOIN, 1948). Elles fournissaient un

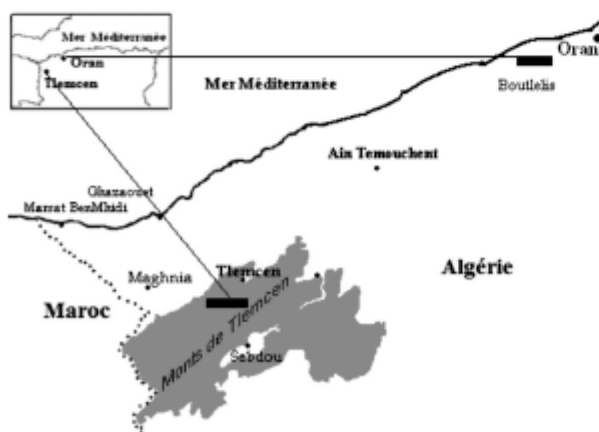
volume variable de liège (3000 qx/an, soit 1,3% du total national) et de qualité excellente, surtout celui provenant d'Oran (M'Sila) et de Tlemcen (Hafir) (BOUDY, 1955). Malheureusement, ces dernières décennies, cette situation s'est dégradée, avec un appauvrissement et une destruction du capital liège et arbres. En conséquence, la production régionale de liège a chuté considérablement pour atteindre 0,5% du volume total (soit 500 qx/an en moyenne). Les suberaies sont exploitées anarchiquement sans respect des règles sylvicoles en vigueur (période de rotation, coefficient d'écorçage, techniques de récolte, etc.). Les arbres mal écorcés et surexploités sont souvent épuisés et deviennent vulnérables aux agents de dépérissement. Cette exploitation inadaptée agit directement sur la vigueur de l'arbre et compromet par conséquent sa production annuelle en liège et peut-être la qualité du suber générée sur le tronc.

Actuellement, dans les industries espagnole et portugaise du liège, il existe des machines qui utilisent un système de vision artificiel et de reconnaissance des formes qui permet de classer très rapidement les planches et sélectionner les bouchons de liège. Ces machines simulent le processus rationnel de l'examen visuel pour le classement des bouchons. Ce procédé utilise la technologie de l'image vidéo-bichromie à haute résolution, associée à un micro ordinateur de traitement d'image (COMPOS et MOLINAS, 1999). Cette technologie a donné une autre dimension au concept de « qualité du liège ». En effet, ces deux pays monopolisent actuellement le commerce et l'industrie du liège (ELENA, 2005).

L'analyse des images DPA (Digital Image Processing and Analysis) est une technique informatisée permettant, à partir des capteurs (appareils photos, scanners lasers, microscope électronique à balayage...), la transformation des objets élémentaires constituant une image en valeurs binaires qui peuvent être exportées directement sur des tableaux pour traitement statistique. Cette technique se base sur le réglage de l'intensité de la lumière et de la couleur (threshold). Depuis les travaux du géologue Delesse en 1848, elle trouve des applications très importantes dans de nombreux domaines : sciences des matériaux, sciences de la vie, médecine, télédétection, géologie, robotique (TALBOT, 2005).

En application à la morphométrie du liège, cette technique d'analyse permet une bonne

Fig. 1 : Carte de situation des deux forêts domaniales de M'Sila (point du haut) et de Zariéffet (point du bas) (INCT 1997).



quantification de la porosité et par conséquent la possibilité de distinguer les différents défauts du liège, en appliquant une analyse discriminatoire (GONZALEZ-ADRADOS et PEREIRA, 1996). Dans une unité industrielle au Portugal, il a été constaté que le degré de coïncidence entre la classification manuelle subjective reposant sur l'acuité visuelle des opérateurs expérimentés et le procédé automatique était au dessous de 50% (MELLO et PINTO, 1989).

Dans cette optique, la caractérisation de la qualité du liège, en reliant l'état sanitaire des arbres à la région d'origine, a une importance capitale sur la valorisation de ce produit destiné essentiellement à l'industrie bouchonnière. Il s'agit en effet de savoir dans quelle proportion la porosité du liège hérite des effets néfastes du déperissement à travers les différentes situations sanitaires de l'arbre.

## Le milieu d'étude

Pour cette étude, nous avons retenu deux forêts aux disparités écologiques, productives et qualitatives du liège, connues depuis longtemps. Il s'agit de la forêt littorale de M'Sila située à 30 km à l'ouest d'Oran et la forêt de montagne de Zariéffet localisée dans le massif occidental des monts de Tlemcen (Cf. Fig. 1).

Dans la première, sur une superficie de 1570 ha, le chêne-liège couvre actuellement une surface productive de 460 ha constituant une vieille futaie naturelle pure ou mélangée avec le Pin d'Alep. Elle jouit d'un bioclimat semi-aride recevant des tranches pluviométriques moyennes de l'ordre de 400 mm par an. Le volume moyen du liège extrait annuellement de cette forêt était de 500 quintaux, mais dans cette dernière décennie, il a chuté jusqu'à 250 qx.

Dans la seconde forêt, le chêne-liège couvre presque la totalité de la superficie soit 900 ha. C'est une chênaie naturelle pure ou mixte (chêne vert ou chêne zeen). L'ambiance bioclimatique est de type subhumide inférieur recevant 600 mm de pluie par an. Elle offre historiquement un liège de meilleure qualité et de quantités appréciables (520 qx). Mais actuellement, la production moyenne annuelle est devenue médiocre (< 100 qx/an) en raison de la réduction importante de la superficie productive.

## Matériel et méthodes

### Prélèvement des échantillons de liège

Durant l'été 2009, des échantillons de liège ont été prélevés aléatoirement sur des arbres des deux forêts. Les deux sites font partie du réseau de surveillance de la santé des sous-raies, installé depuis 1999 dans la région Ouest par BOUHRAOUA (2003). A partir du premier arbre repéré au milieu du peuplement, les autres ont été choisis par la méthode du plus proche voisin. Dans chaque peuplement, 40 plaques de 15x15cm ont été extraites à 1,30 m du sol au moyen d'un couteau tranchant. La surface totale de liège à analyser était donc de 1,8 m<sup>2</sup>.

Chaque plaque de liège portait le nom de la forêt, le numéro de la station et celui de l'arbre-échantillon, le statut sanitaire de l'arbre de l'année d'observation ainsi que la date de la dernière exploitation.

### Tri des échantillons selon l'état sanitaire des arbres

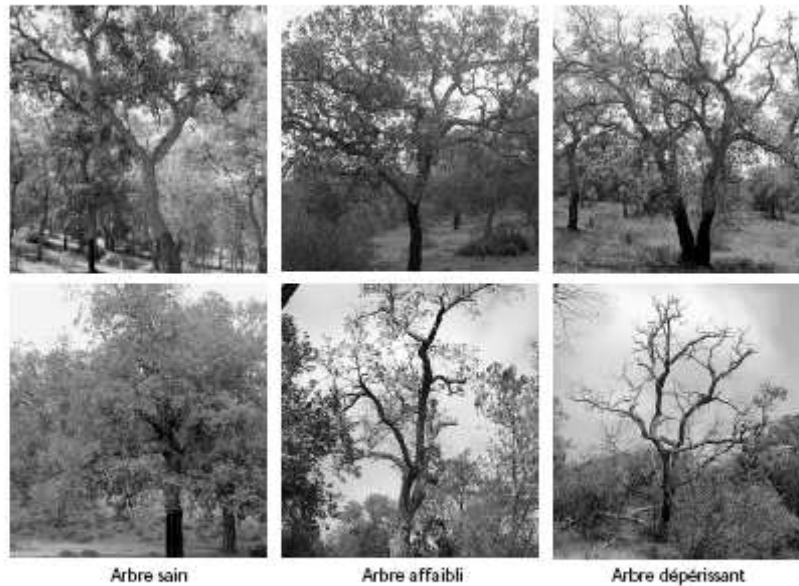
Avant d'entamer la caractérisation de la qualité du liège, nous avons procédé au tri des 80 plaques-échantillons selon l'état de santé des arbres correspondants. Ce dernier est évalué par appréciation visuelle de l'aspect de la cime notamment du "déficit foliaire". Il est noté selon la méthode européenne (DSF, 1991) et adaptée au chêne-liège en Algérie (BOUHRAOUA & VILLEMANT 2005). Trois classes sont considérées (Cf. Fig. 2) :

- 1 : déficit foliaire < 25 % : arbre sain,
- 2 : déficit foliaire 30-60% : arbre affaibli,
- 3 : déficit foliaire >65% : arbre déperissant.

Il est à noter que les arbres morts de la 4<sup>e</sup> classe sont exclus de l'échantillonnage.

Selon les antécédents sanitaires des sujets-échantillons notés entre 1999 et 2008, fournis par BOUHRAOUA (non publiés) et complétés par le dernier inventaire de 2009, nous avons estimé leur vigueur pendant un cycle de croissance du liège par la moyenne des onze notations (1999-2009). Pour cela, un liège est considéré globalement comme sain lorsqu'il est formé d'un arbre dont la moyenne est inférieure à 1,5, affaibli de 1,6 à 2,4 et déperissant si > 2,5.

Fig. 2 :  
Catégories d'arbres selon  
leur état sanitaire  
En haut : M'Sila  
En bas : Zariéffet



### Préparation des échantillons à l'analyse d'image

Après le classement des plaques en lot, ces dernières ont été traitées à l'eau bouillante pendant 60 mn à 100°C suivant la pratique industrielle. Les plaques ont été ensuite équilibrées en étuve à la température ambiante de 20°C pendant 48 heures pour éliminer l'eau d'imbibition provenant de l'opération de bouillage. L'humidité finale des planches séchées était de l'ordre de 7 %. Plusieurs paramètres ont été mesurés sur les échantillons, notamment l'épaisseur totale mesurée à l'aide d'un pied à coulisse, la densité volumétrique ainsi que la productivité de l'arbre estimée comme poids de liège produit par unité de surface d'écorçage ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) (Cf. Fig. 3).

Les 80 planches ont ensuite été préparées pour l'observation des défauts par ponçage

des deux sections transversales puis par nettoyage à l'air comprimé. L'acquisition d'images des deux sections transversale et tangentielle a été effectuée par un scanner laser (Cf. Fig. 3).

La porosité a été étudiée par analyse d'image. Il s'agit d'un logiciel Olympus cell^D qui traite l'image scannée en détectant les pores en réglant la région d'intérêt (ROI) et en définissant au préalable le Set threshold level. Le niveau de couleur du threshold était compris entre 75 et 100 pour la section tangentielle et entre 80 et 95 pour la section transversale. Les échantillons scannés sur la section tangentielle ont une superficie de  $225 \text{ cm}^2$  ( $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$ ), tandis que ceux de la section transversale ont une longueur de 15 cm dont le maximum de la superficie était en relation avec l'épaisseur de chaque échantillon sans la croûte (Cf. Fig. 4).

Fig. 3 :  
Etapas de l'étude  
de la qualité du liège  
par analyse d'image



Plusieurs paramètres ont été mesurés pour chaque échantillon correspondant à la section tangentielle dont nous retenons : le coefficient de porosité CP (%), défini par le pourcentage de la superficie totale des pores contenus dans une superficie du liège considérée, la densité des pores par 100 cm<sup>2</sup> calculé sur la région d'intérêt (ROI) de l'échantillon et enfin la superficie totale des pores (en mm<sup>2</sup>).

Pour mesurer les accroissements annuels du liège, des lames de 10 mm d'épaisseur ont été découpées dans chaque plaque. Les années de croissance (anneaux ou cornes) sont déterminées sur chaque section transversale dans trois endroits à distance égale (4 cm) marquées avec une épingle entomologique très fine. Elles sont mesurées au 1/1000 mm sous une loupe binoculaire (stéréo microscope LEICA) reliée à un ordinateur équipé d'un système automatique d'enregistrement (TSAPWin). Les résultats sont donc la moyenne des trois mesures.

Quatre classes de qualité ont été alors définies dans cette étude en se basant sur le logiciel CALCOR : bonne qualité (correspond aux 1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> classes), qualité moyenne (correspond aux 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> classes), faible qualité (6<sup>e</sup> classe) et le rebut (GARCIA DE CECA, 2001 ; GONZALEZ-ADRADOS et al., 2005). Les anomalies prises en considération sur la section transversale des planches sont distinguées selon les normes ISO DIS 633 et les critères de classification des bouchons publiés par la Fédération nationale des syndicats de liège et le Cork Quality Council.

Tous les traitements de données (moyenne, écart-type, test de Student, analyse factorielle et Anova1) ont été effectués par le logiciel XLSTAT 2009 au seuil de signification 95%.

## Résultats

### Distribution des échantillons de liège selon l'état sanitaire des arbres

La distribution des 80 plaques-échantillons par classe d'état sanitaire des arbres montre que les lièges issus des arbres sains sont dominants à plus de la moitié (52,5%), suivis par les lièges des arbres affaiblis (25%) puis ceux des arbres dépérissants (22,5%) (Cf. Fig. 5).

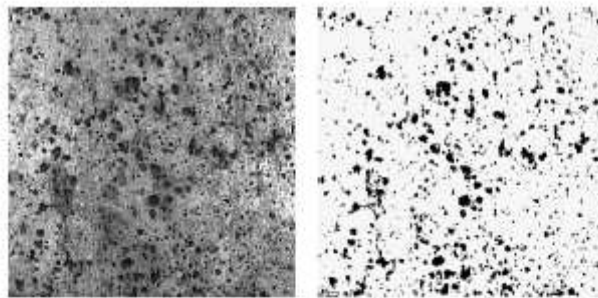


Fig. 4 : Image binaire après application d'un threshold sur l'image réelle. En haut : section tangentielle. Ci-contre : section transversale

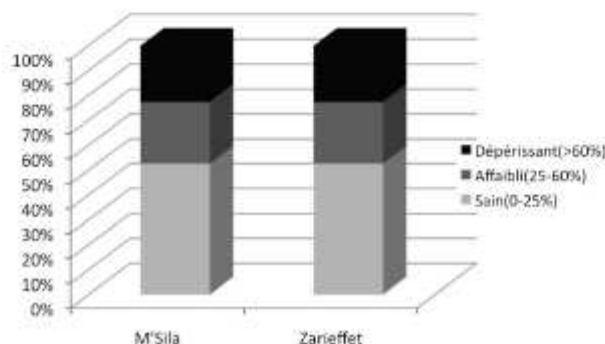
### Caractérisation des échantillons par classe d'état sanitaire

#### Variation des accroissements moyens annuels et densité

##### Liège des arbres sains

En situation sanitaire vigoureuse, les arbres des deux forêts produisent en moyenne 7 à 8 kg de liège par m<sup>2</sup> de surface déliégée, ce qui est similaire à la littérature en cours (FEREIRA et al., 2000 ; ALOUI et al., 2006). C'est un liège dense en montagne (> 0,3) à moyennement dense en littoral (> 0,25). Ces valeurs de densité sont identiques à celles relatées par FERREIRA et al., (1998) pour des limites de 0,27 et 0,32.

Fig. 5 : Répartition des arbres échantillons selon les classes d'état sanitaire des arbres





<p>De haut en bas :</p> <p>Tab. I : Caractérisation des échantillons de liège des arbres sains récoltés dans les deux suberaies</p> <p>Tab. II : Caractérisation des échantillons de liège des arbres affaiblis récoltés dans les deux suberaies</p> <p>Tab. III : Caractérisation des échantillons de liège des arbres déperissants récoltés dans les deux suberaies</p> <p>Entre parenthèses : l'écart type.</p>	<p>Les accroissements moyens annuels sont rapides à M'Sila (2,49 mm) ce qui est un caractère distinctif du liège de plaine. En montagne, ils sont plutôt moyens, de l'ordre de 2,18 mm. A 9 ans, le liège littoral assure une épaisseur des planches suffisante apte au bouchonnage (&gt; 27 mm) ; par contre en montagne, cette aptitude n'est atteinte qu'à 10 ans et plus selon les calibres des bouchons à fabriquer (Cf. Tab. I).</p> <p><b>Liège des arbres affaiblis</b></p> <p>En situation sanitaire affaiblie, les arbres expriment en réalité une tendance variée entre vigueur et déperissement. En effet, les accroissements moyens annuels se rétrécissent et deviennent moyens à relativement minces (environ 2 mm) dans les deux suberaies. Cette réduction est plus marquée en littoral qu'en montagne. En conséquence, les épaisseurs des planches de liège se réduisent vers les classes commerciales inférieures et la productivité chute de 8 % (M'Sila) à 13 % (Zarieffet), (Cf. Tab. II).</p>
--	--

I : Arbres sains :

Variables	M'Sila	Zarieffet
Épaisseur totale (mm)	26 (5,19)	23,5 (3,98)
Densité superficielle	0,29 (0,06)	0,32 (0,06)
Productivité (kg/m <sup>2</sup> )	7,31 (1,22)	8,12 (1,77)
Age du liège (an)	9	9
Accroissement moyen (mm)	2,49 (0,50)	2,18 (0,35)

II : Arbres affaiblis :

Variables	M'Sila	Zarieffet
Épaisseur totale (mm)	23,07 (5,27)	21,5 (3,06)
Densité superficielle	0,29 (0,034)	0,32 (0,025)
Productivité (kg/m <sup>2</sup> )	6,71 (1,84)	7,04 (0,94)
Age du liège (an)	9	9
Accroissement moyen (mm)	2,01 (0,62)	2,05 (0,30)

III : Arbres déperissants :

Variables	M'Sila	Zarieffet
Épaisseur totale (mm)	21,2 (3,14)	20,49 (6,16)
Densité superficielle	0,32 (0,07)	0,35 (0,07)
Productivité moyenne (kg/m <sup>2</sup> )	6,77 (1,64)	6,57 (1,11)
Age du liège (an)	9	9
Accroissement moyen (mm)	1,95 (0,24)	1,96 (0,59)

#### Liège des arbres déperissants

Les arbres en déficit sanitaire produisent partout un liège dense à très dense. Les accroissements moyens annuels se ralentissent davantage et deviennent faibles (< 2 mm) en perdant 11% (Zarieffet) à 22% (M'Sila) de leur valeur par rapport à ceux des arbres en bonne santé. Cette dépréciation de l'activité subérogène des arbres affecte la productivité moyenne qui devient faible et plus contrastée en montagne, où la perte peut atteindre jusqu'à 27%. Chaque arbre ne peut donner alors que 6,5 kg de liège par m<sup>2</sup>. Au cours d'un cycle de production de 9 ans et selon la vitesse de la formation du liège, les planches acquièrent des épaisseurs de type mince à très mince (< 21 mm) inaptées au bouchonnage.

#### Variation de la porosité

La porosité (coefficient de porosité) caractérise la distribution des pores ou canaux qui traversent radialement la masse du suber dans toute son épaisseur. La couleur foncée de leurs tissus facilite l'identification visuelle et l'application des techniques d'analyse d'image (PEREIRA, 2007).

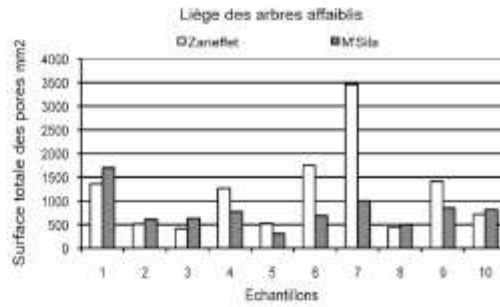
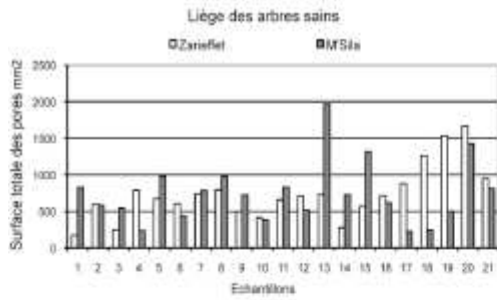
#### Surface totale des pores

Les 40 échantillons provenant des arbres du littoral se caractérisent par des superficies totales des lenticelles supérieures à ceux de montagne, soit respectivement une moyenne de 1329,76 mm<sup>2</sup> et 1125,96 mm<sup>2</sup> sur la section tangentielle (Cf. Fig. 6). Ce paramètre reste invariable entre les échantillons géographiquement différents et identiques du point de vue statut sanitaire. Par contre, il diffère significativement entre les échantillons des trois classes sanitaires en littoral et en montagne (F=5,66 ; p= 0,14).

#### Densité de pores par 100 cm<sup>2</sup>

Les résultats obtenus à travers le dénombrement total de 68372 pores (tout échantillon confondu) montrent qu'ils varient entre des limites très marquées au 100 cm<sup>2</sup> de liège. Nous enregistrons pour les trois catégories sanitaires de chaque entité écologique les valeurs suivantes (Cf. Fig. 7) :

- à M'Sila : sains (298-1201), affaiblis (379-1135), déperissants (785-1230) ;
- à Zarieffet : sains (314-1012), affaiblis (321-690), déperissants (319-1281).



Cette densité varie très significativement en littoral au sein des trois classes d'état sanitaire ( $F=9,15$  ;  $p = 0,0004$ ). En revanche, en montagne, nous assistons à une indépendance entre la production des lenticelles et l'état de vigueur de l'essence ( $F=2,18$  ;  $p = 0,13$ ).

#### Coefficient de porosité

Le coefficient moyen de porosité exprimant le pourcentage de la surface perforée par rapport à la surface intacte, s'avère moins atténué sur les échantillons du littoral (4,90%) que ceux de montagne (4,50%) (Cf. Fig. 8). Il varie significativement entre les échantillons des trois classes d'état sanitaire du littoral ( $F=7,07$  ;  $p = 0,02$ ). En montagne, ce coefficient est similaire entre les échantillons et ne semble pas affecté significativement par la santé des arbres ( $F=1,20$  ;  $p = 0,31$ ).

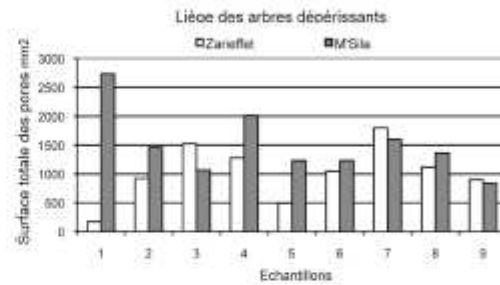
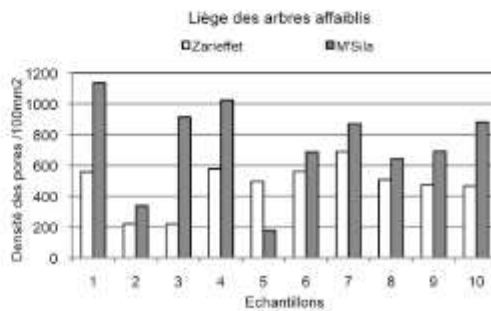
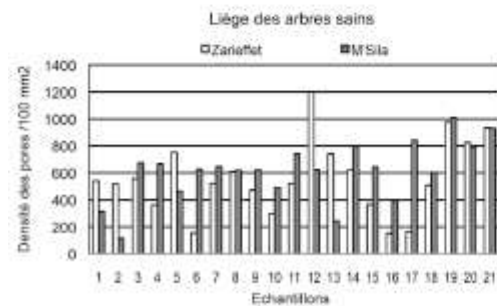
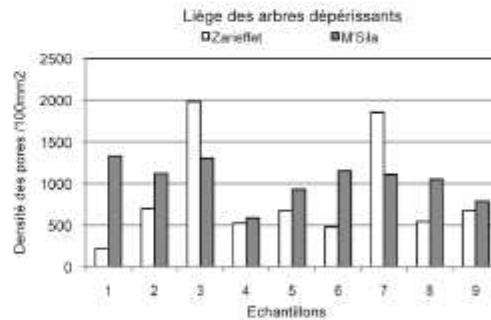


Fig. 6 (ci-dessus) :  
Variation des superficies totales des pores par échantillons et selon l'état sanitaire des arbres

Fig. 7 (ci-contre et ci-dessous) :  
Variation de la densité des pores par échantillon selon l'état sanitaire des arbres



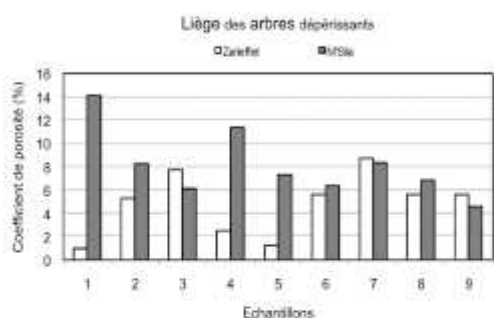
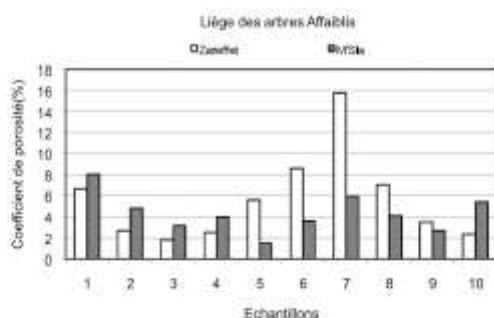
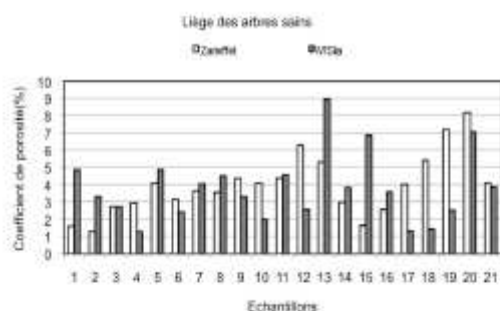


Fig. 8 (ci-dessus) :  
Variation du coefficient  
de porosité  
par échantillons et selon  
l'état sanitaire des arbres

Fig. 9 (ci-dessous) :  
Distribution des échantillons  
par classes  
de qualité commerciale  
selon l'état sanitaire

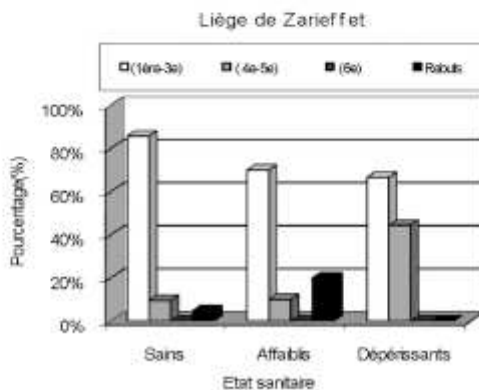
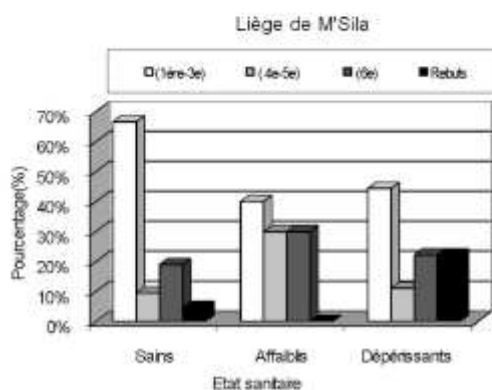
#### Variation de la qualité du liège selon l'état sanitaire des arbres

En section transversale, la meilleure qualité du liège se traduit par son homogénéité et sa propreté, mais aussi par l'absence de défauts visibles. Ces derniers détériorent facilement la qualité des planches de liège à la vente, en le rendant impropre à la fabrication des bouchons de qualités requises. La répartition des classes de qualité commer-

ciale des échantillons du liège des deux provenances selon l'état sanitaire des arbres est illustrée dans la figure 9.

Le liège de bonne qualité appartenant aux trois premières classes commerciales se distingue à travers les catégories sanitaires des arbres des deux régions. En effet, les arbres sains dominent largement avec des taux élevés allant de 65% à M'Sila et 85% à Zariéffet. Mais l'altération physiologique de l'arbre ne s'accompagne pas forcément d'une éradication totale du liège de bonne qualité, mais plutôt d'une réduction progressive selon l'intensité de dépérissement. Ce phénomène est beaucoup plus marqué en peuplement littoral qu'en peuplement de montagne.

En dépit de la porosité propre à chaque planche, l'aspect du liège de M'Sila semble bien touché par les anomalies de dépréciation de la qualité (liège des arbres sains : 32% ; liège des arbres affaiblis : 34% ; lièges arbres dépérissants : 36%). Par contre, en montagne, nous évoquons plus les défauts de la lignification verticale, la tache verte et l'excès de croûte (liège des arbres sains : 28% ; liège des arbres affaiblis : 31,3% ; lièges arbres dépérissants : 35%).



En effet, les défauts du liège terreux, les soufflures, les fentes, les trous de fourmis et la tache verte sont présents dans toutes les catégories sanitaires, mais avec des degrés variables : M'Sila. Le suber de Zariéffet se montre cependant moins sujet à ces déformations. Hormis la lignification verticale et l'épaisseur de la croûte, les autres défauts sont quasiment absents, à l'instar des fentes, des soufflures à large cavité et de la tache jaune (Cf. Fig. 10).

## Discussion

La vigueur des arbres et la zone naturelle d'origine (littorale ou montagne) interviennent dans la variabilité entre les différents paramètres subériques.

Les principales causes explicatives et les mécanismes de l'altération sanitaire des arbres sont bien connus dans ces deux forêts (BOUHRAOUA et VILLEMANT, 2005). En littoral, ce sont les cycles de sécheresse, l'absence de travaux sylvicoles (debroussaillage et assainissement) et surtout l'enrésinement qui ont contribué au déclenchement de l'affaiblissement voire du dépérissement des arbres. Par contre en montagne, nous trouvons plutôt les incendies, fréquents, dont les plus graves ont été enregistrés en 1966, 1983 et 1994. Les arbres ayant résisté à ces feux ont perdu définitivement une partie de leur feuillage en raison du dessèchement des rameaux.

Dans de telles situations, la santé de l'arbre s'altère progressivement. Les effets du

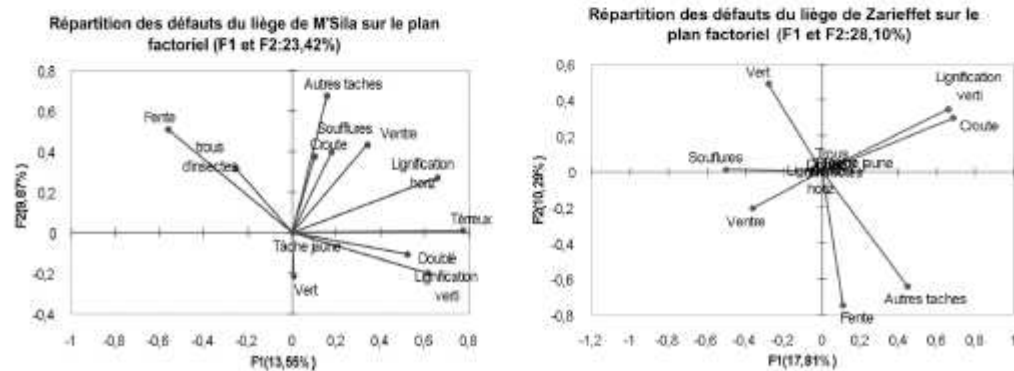
stress sont plutôt visibles au niveau des feuilles des arbres par les perturbations des échanges gazeux et la modification du métabolisme biochimique. Au niveau des branches, il en résulte un dessèchement suite à la rupture des colonnes d'eau dans les vaisseaux. Ces mécanismes conduisent à une défoliation totale et répétée et génèrent le dépérissement (ABDENI, 2003).

L'appartenance des deux suberaies à deux zones écologiquement et climatiquement différentes a conduit à la production d'une mosaïque de calibres de liège, plus marquée à M'Sila (coefficient de variation = 5 %). Dans les conditions propices à la bonne croissance du chêne-liège, ces arbres qualifiés de sains se caractérisent en montagne par des lièges minces à très minces (flotte) ou il est fréquent de n'avoir que des calibres entre 18 et 26 mm. L'épaisseur marchande de 27 mm n'est atteinte qu'après l'âge de 12 ans en moyenne (DAHANE, 2006).

En zone littorale, malgré les cycles de sécheresse, une humidité maritime très élevée durant toute l'année, permet à ce liège de dépasser le premier par une quantité variable de calibre juste épais (>27mm) aux alentours de 15%.

La lente croissance du liège de Zariéffet s'accompagne d'une concentration élevée des petites assises subéreuses causant sa lourdeur et son élasticité excessive ; c'est un suber plus dense ( $0,32 \pm 0,02$ ) que celui de M'Sila ( $0,29 \pm 0,015$ ). Cela s'explique par le fait que dans le suber du littoral, aux accroissements rapides, dominent les cellules de printemps aux parois latérales et aux bases longues et minces. Cette situation

Fig. 10 : Analyse factorielle entre les paramètres affectant la qualité du liège des deux provenances



favorise la rectitude des parois et imprime aux cellules leur droiture et, par conséquent, cause l'atténuation des ondulations lors du bouillage. L'expansion après bouillage est plus prononcée dans la section radiale du parenchyme du liège de littoral (>30%) que dans celui de montagne (>10%) (ABOU, 2008). En revanche, sur le suber de Zariéffet, aux accroissements faibles, dominent les cellules d'automne aux parois latérales et aux bases courtes et épaisses. Ce schéma à faible ondulation ne s'accompagne lors du bouillage que d'une faible proportion d'expansion de leurs parois ; ainsi le rapport H/I est au bénéfice des cellules de M'Sila (Cf. Fig. 11).

La croissance du chêne-liège génère aussi la formation des lenticelles. Ces pores sont proportionnels au rythme élevé des accroissements annuels du liège (NATIVIDADE, 1956). En effet, les caractéristiques de reproduction sexuée du chêne-liège, les phénomènes d'hybridation interspécifique et d'allo-gamie ont permis l'existence et le maintien d'une grande diversité génétique à l'intérieur des populations (GARCIA-VALDECANTOS et ELENA ROSELLO, 1996). Cette haute diversité génétique, très présente à M'Sila, est conforme à la haute variabilité de la qualité et de la production de liège par les chênes-lièges.

Les deux types de liège issus des arbres sains sont tous caractérisés par des coefficients de porosité élevés, mais plus marqués à M'Sila à cause de la forte représentativité des grosses surfaces totales de leurs pores. En outre, le nombre de pores par 100 cm<sup>2</sup> dans chaque classe sanitaire est similaire à celui trouvé par PEREIRA et al. (1996) et COSTA et PEREIRA (2005). Ces derniers proposent des valeurs minimum et maximum de 285 et 1297 par 100 cm<sup>2</sup>.

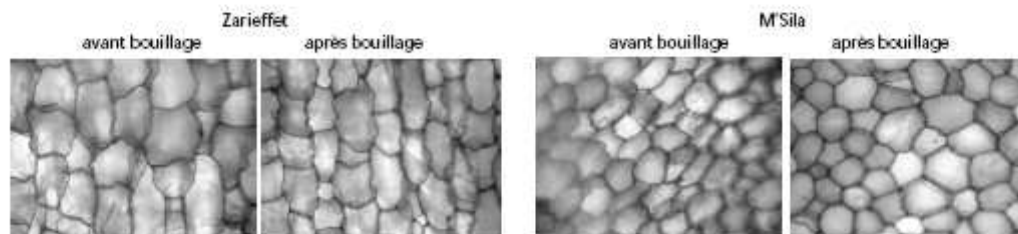
En application à la croissance du chêne-liège, nous assistons à une réduction des épaisseurs du liège ainsi que de sa productivité de l'ordre de 42% et 50% CAMBINI (1971), mais sans jamais être corrélée à une chute prononcée de la porosité.

En effet, certaines études ont montré que les plus fortes productions de liège femelle sont influencées favorablement par les fortes teneurs en potassium et en azote du feuillage, et par des milieux humides et peu perturbés (ORGEAS et BONIN, 1996 ; ROBERT, 1997). Dans les conditions de xéricité excessive « prolongée », le déficit hydrique agit sur la teneur de K ce qui va influencer la division cellulaire et sur une partie du bon fonctionnement du phellogène et par conséquent sur la bonne qualité de liège (épaisseur-porosité-défauts) durant un cycle de croissance (10 ans à 12 ans) (COURTOIS et MASSON, 1998).

Au détriment des trois situations sanitaires, les arbres du littoral se traquent toutes les géométries des pores dans un sens descendant, très accusé sur la section tangentielle des échantillons des sujets déperissants. En montagne, la forte densité des parois subéreuses et la fermeté des accroissements absorbent physiquement la pression radiale exercée par l'arbre et par conséquent s'opposent à la déchirure et la lignification qui accompagnent la formation des lenticelles. Dans ce type de liège, les surfaces et le nombre de pores produits ne manifestent pas un changement durant l'altération physiologique de l'arbre.

En relation avec les critères de classification des planches de liège par ordre de qualité, les arbres du littoral présentent davantage certaines anomalies de dépréciation. En effet, les fentes, le liège doublé et les soufflures (caractérisant les cavités de porosité) sont plus présentes sur la section transversale des échantillons de M'Sila. Ces défauts sont bien corrélés à la tension exercée par la formation rapide des accroissements du liège (> 3mm). Sur les échantillons de Zariéffet, la minceur du calibre aux accroissements lents s'oppose à la genèse de ces anomalies. Sur ce type de liège, nous évoquons plus la lignification verticale du suber ainsi que l'épaisseur de la croûte (> 2mm).

Fig. 11 :  
Forme géométrique des  
cellules de liège des deux  
provenances avant et  
après bouillage  
A droite : tissu subéreux  
de M'Sila  
A gauche : tissu subéreux  
de Zariéffet  
(x40)



## Conclusion

La caractérisation de la qualité du liège en relation avec l'antécédent sanitaire des arbres semble une opération très délicate ou interférer deux autres variables logiquement très opposées. Il s'agit de la composante environnementale et géographique et de la composante génétique de l'arbre.

Les accroissements moyens annuels produits sur le liège du littoral des arbres sains sont propices à la formation des pores de grande taille qui s'accompagnent d'autres anomalies de dépréciation telles que les fentes, les soufflures, le liège doublé, etc. Au sein du liège de montagne, dans les mêmes conditions sanitaires, la lenteur de la croissance des cerne procure un liège ferme et très élastique. La formation de pores aux surfaces réduites est plus marquée que sur le littoral. Les défauts de lignification verticale et de l'épaisseur excessive de la croûte influent sur le poids et la densité de ce type de liège.

Avec la dégradation de la santé de l'arbre, nous assistons à une réduction des épaisseurs du liège dans les deux provenances (DAHANE, 2006) sans pour autant perturber visiblement les dimensions et les formes des pores. Ce sont les paramètres intrinsèques à chaque arbre qui vont dicter l'abondance ou la rarefaction des pores et par voie de conséquence les autres anomalies physiologiques et de croissance.

## Références bibliographiques

- Abdendi Z.E.A., 2003 - Le dépérissement des forêts au Maroc : Analyse des causes et stratégie de lutte. Science et Changements Planétaires, Sécheresse, vol.14, n°4, 209-18.
- Abou A., 2008 - Contribution à l'étude de l'effet du bouillage sur les accroissements et la porosité du liège de la suberaie de M'Sila et de Zarleffet. Thèse. Ing. Dept. Forest. Fac.Sci.,Univ. Tlemcen, 129 p.
- Aloui A., Rjaibi A., Ben Hamad N.,2006 - Etude de la qualité du liège de reproduction des suberaies d'ain Draham (Tunisie). Ann. de l'INGREF (2006), numéro spécial, (44-59) ISSN 1737-0515.
- Amandier L. 2006 - Les causes de dépérissement du chêne-liège et de chêne vert. Séminaire « Vitalité des peuplements des chênes-lièges et des chênes verts : situation actuelle, état des

- connaissances et actions à entreprendre. 25-26 octobre 2006, Evora, Portugal, pp :3
- Bakry M. et Abourouh M., 1995 - Dépérissement du chêne liège au Maroc : état des connaissances et perspectives d'intervention. IOBC/wprs Bull. 18, 50-55.
- Boudy P., 1955 - Guide du forestier en Afrique du Nord. Maison rustique, Paris, 509 p.
- Bouhraoua R.T., Villemant C., Khellil M.A. et Bouchaour S., 2002 - Situation sanitaire de quelques suberaies de l'ouest algérien : impact des xylophages. Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bull. 25(5), 2002, pp 85- 92.
- Bouhraoua R.T. 2003 - Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'ouest algérien. Etude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse. Doct. Dept. Forest. Fac. Sci., Univ. Tlemcen, 267 p.
- Bouhraoua R.T. & Villemant C. 2002 - Situation sanitaire de quelques suberaies de l'ouest algérien : impact des xylophages. IOBC/WPRS Bull. 25(5) : 85-92.
- Bouhraoua et Villemant, 2005 - Mécanismes généraux de l'altération sanitaire des peuplements du chêne-liège de l'Algérie nord occidentale, Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bull. 28(8), 2005, pp :1-8.
- Cambini A.,1971 - Valutazione dei danni causati dagli insetti defogliatori alla quercia da sughero. Atti del 1° Convegno Regional del Sughero, Tempio Pausania, 14-16 ottobre 1971 : 327-339.
- Campos M. & Molinas M.,1999 - Aplicacion del analisis de imagenes al estudio de parametros morfometricos del corcho. SCIENTIA gertindensis, 24: 47-58.
- Courtols M. & Masson P. 1999 - Relation entre la qualité du liège, sa composition minérale et la composition minérale des feuilles du chêne-liège (*Quercus suber* L.). Ann. Sci. For. 56 : 521-527.
- Carrasquinho, M. I.,1987 - A qualidade da cortiça. Boletim do Instituto dos Produtos Florestais-Cortiça. 583: 17-18, Lisboa.
- Costa A., et Pereira H.,2005 - Quality characterization of wine cork stoppers using computer vision. J. Int. Sci. Vin. 2005, 39, n 4 :209-218.
- Dahane B., 2006 - Incidences des facteurs écologiques sur les accroissements annuels et la qualité du liège de quelques suberaies du nord-ouest algérien. Thèse. Mag. Dept. Forest. Fac. Sci., Univ. Tlemcen, 129 p.
- D.G.F., 2008 - Bilan annuel de la production du liège en Algérie. 2p.
- D.S.F., 1991 - Réseaux de surveillance de l'état sanitaire des forêts (réseau CEE et réseau Bleu) : protocole pour les observations. D.E.R.F, Min. Agri. For., 27 p.
- Elena M. 2005 - La economía del alcornoque y el corcho. In Curso Restauración de Alcornocales Incendiados. Proyecto SUBERNOVA. ICMC. Unpublished, Mérida, España.
- Ferreira A., Lopes F. & Pereira H., 2000 : Caractérisation de la croissance et de la qualité du liège dans une région de production. Ann. For. Sci. 57 (2000) 187-193 187. INRA, EDP Sciences, Portugal. 7p.
- Ferreira L. Lopes F.& Pereira H.,1998. Variabilidade da produção e qualidade da

## Remerciements

Nous tenons à remercier M. Bouhraoua R. qui a accepté de mettre à notre disposition les données d'inventaires de l'état sanitaire de nos arbres-échantillons (1999-2008) et la collaboration de Garcia de Ceca, Lorenzo et Ma Luisa Estéban de l'INIA - CIFOR de Madrid, dans la prise des mesures.

Belkhir DEHANE  
Rachid Tarik  
BOUHRAOUA  
Département  
d'Agroforesterie,  
Faculté des Sciences  
de la Nature et de la  
Vie, BP 119  
Université Abou Bekr  
Belkaid de Tlemcen  
Algérie  
Méls :  
belk\_dahane@yahoo.fr  
rtbouraoua@yahoo.fr

José Ramon  
GONZALEZ-ADRADOS  
INIA - Centro de  
Investigación Forestal,  
Dpto. Productos  
Forestales, Ctra.  
Coruña, 28040 Madrid  
Espagne  
Mél : adrados@inia.es

Latéfa BELHOUCINE  
INSFP Mansourah  
681 les Amandiers  
chemin n°36 Kiffane  
Tlemcen  
Algérie  
Mél :  
belhoucine\_latifa2  
@yahoo.fr

- cortiça na região de Alcaer de Sal. Sobreiro e Cortiça. Ed H Pereira, pp.70-78, Portugal.
- García de Ceca J.L., 2001 - Factores que afectan a la calidad del corcho en plancha. Universidad politécnica de Madrid, 166p.
- García-Valdecantos J.L., Elena Rosello J.A., 1995 - Genetic variability of *Quercus suber* L. First results of provenance test and isozyme analysis, PROCORK, Workshop 1, European Research on Cork-oak and Cork, Lisbon, 18-19 octubre 1995.
- Garolera E., 1988 - Problèmes et perspectives de la production du liège en Catalogne espagnole. For. médit. 10(1), juillet 1988 : 160-161.
- González Adrados, J.R., García de Ceca, J.L., González Hernández, F., 2005 - Evaluación de anomalías y clasificación del corcho. Congreso Internacional "Alcornocales, Fabricas y comerciantes. Pasado, presente y futuro del negocio corchero. Palafrugell, 16p.
- Gonzalez-Adrados J., Pereira H., 1996 - Classification of defects in cork planks using Image analysis, Wood Sci. Technol. 30 (1996) 207-215.
- Graça J., Barros L., Pereira H., 1995 - Importância da produção de cortiça de qualidade para a indústria transformadora, Cortiça 566 (1985) 697-707.
- Marras F., Franceschini A. et Maddau L., 1995 - Principales maladies du chêne-liège (*Quercus suber* L.) en Sardaigne. Protection intégrée des forêts de chênes. IOBC wprs Bull. 18(6) : 8-13.
- Melo B., Pinto R., 1994 - Análise de diferenças nos critérios de classificação qualitativa das rochas. Cortiça 601 : 293-302.
- Mollinas, M. & Oliva, M., 1990 - El suro i les seves classes. L'Estolig (Publicació de l'Arxiu i Museu de Palafrugell), 2: 33-34.
- Natividade J.V., 1956 - Suberculture. Ecole Nationale des eaux et forêts, Nancy, 302p.
- Nageleisen L.M. et Hett P., 1989 - Les problèmes entomologiques, pathologiques et physiologiques: Les feuillus. La Santé des Forêts [France] en 1989. Min. Agri. Pêche (DERF), Paris : 14-16.
- Orgeas J., Bonin G., 1996 - Variabilité des nutriments foliaires de *Quercus suber* L. dans différentes situations écologiques dans le massif des Maures (Var, France) et relations avec la production de liège. Ann. Sci. For. 53 (1996) 615-624.
- Pereira, H.; Lopes F. et Graça J., 1996. The evaluation of the quality of cork planks by Image Analysis. Holzforschung 50: 111-115.
- Pereira H., 2007. Cork - Biology, production and Uses. Elsevier, ISBN 13, Oxford, UK, 329p.
- Quézel P., 2000 : Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press, Paris, 117 p.
- Robert B., 1997 - Contribution to the study of the cork-oak (*Quercus suber* L.) mineral nutrition in the natural medium, Thèse Universitat de Girona, ENSAT.
- Santos Pereira J., Burgalho M.N., Caldeira M.C., 2008 - From the cork oak to cork-A sustainable system. APCOR, 44p.
- Sousa E.M.R., Debouzie D. et Pereira H., 1995 - Le rôle de l'insecte *Platypus cylindrus* F. (Coleoptera, Platypodidae) dans le processus de dépérissement des peuplements du chêne-liège au Portugal. Integrated Protection in Cork-Oak Forests, IOBC wprs Bull. 18(6) 1995, pp. 24-37.
- Talbot H., 2005 - Cours de Morphologie Mathématique Introduction à l'analyse d'images ISBS / ESIEE 61p.
- Tinholin R., 1948 - Les aspects physiques du tel oranais. L. Fouquet, Oran, 639p.

## Résumé

La caractérisation de la qualité du liège selon l'état sanitaire des arbres a été étudiée dans deux zones de production en Algérie, l'une littorale (M'Sila) et l'autre de montagne (Zariffet). Les prélèvements de liège ont été effectués aléatoirement dans chaque zone sur 40 arbres : 42 sujets sains, 20 affaiblis et 19 arbres dépérissants. Les résultats montrent que les arbres sains du littoral produisent un liège aux accroissements supérieurs à ceux de montagne (2,49 mm/an<sup>1</sup> ; 2,18 mm/an<sup>1</sup>). La porosité mesurée par analyse d'image était moins atténuée à M'Sila qu'à Zariffet (4,90% ; 4,50%). Avec la dégradation de l'état sanitaire des arbres, les accroissements moyens annuels se ralentissent davantage et deviennent faibles (<2 mm) en perdant de 11% (Zariffet) à 22% (M'Sila) mais sans jamais être corrélés à une chute de la porosité. Ce sont les paramètres intrinsèques à chaque arbre qui vont dicter l'abondance ou la rarefaction des pores et par voie de conséquence les autres anomalies physiologiques.

## Summary

Defining cork quality via the state of health of the cork oak trees using image analysis: example in the forests of M'Sila and Zariffet (N.-W. Algeria)

Defining cork quality via the state of health of the trees was studied in two production areas in Algeria: one on the coast (M'Sila), the other in the mountains (Zariffet). The cork was sampled at random from 40 cork oaks in each area: 42 healthy specimens, 20 weak and 19 dying. The results show that the healthy trees on the coast produced cork that grew at a faster rate than that in the mountains (2.49mm/yr<sup>1</sup>; 2.18mm/yr<sup>1</sup>). Porosity, as measured by image analysis, was less affected at M'Sila than at Zariffet (4.90%; 4.50%). With a deterioration in the health of the trees, the average annual growth diminished to become little (>2mm), dropping by 11% (Zariffet) to 22% (M'Sila), though this was never correlated to a drop in porosity. It is the parameters intrinsic to each tree which determine the abundance or lack of pores and, in consequence, other physiological anomalies.