



Etude de la variabilité de croissance du liège dans le Nord Algérien

Study of the variability of growth of the cork in Northern Algeria

Belkheir DEHANE¹ et Mohamed GHEFAR¹

Abstract : The study of the growth of Algerian cork according to the concept of origin was carried out on 100 samples of 20x20cm representing ten production regions (El Tarf, Jijel, Skikda, Mila, Guelma, Bejaia, Tizi Ouzou, M'Sila, Hafir, Zariéffet). The caliber varies significantly from one to another. On average, it was about 29.75 mm with a still regressive aspect in the Western Region and the Mountain Zone. The mean annual increments for an 8 year production cycle follow the same path, very significantly different between the samples of the Eastern Region (3,14mm year⁻¹: El Tarf, Jijel, Skikda Guelma and Mila), the Central Region (3,19mm year⁻¹: Tizi Ouzou and Bejaia) and Western Region (2.64 mm year⁻¹: M'Sila, Zariéffet and Hafir), a reduction of 12% in the Mountain Area. Growth indices were very stable for samples of origin 1, shades and growth irregularities appear by applying the concept of origins 2 and 3. Regardless of the source used, the indices of growth rate are type fast in Central and Eastern Region and middle type in the Western Region. This fact also applies to the Coastal Zone more than the Mountain Area.

Keywords : Algerian cork, origin, caliber, annual increment, growth index, growth rate.

Résumé : L'étude de la croissance du liège algérien selon le concept de provenance a été réalisée sur 100 échantillons de 20x20cm représentant dix régions de production (El Taref, Jijel, Skikda, Mila, Guelma, Bejaia, Tizi Ouzou, M'Sila, Hafir, Zariéffet). Le calibre varie significativement d'une provenance à une autre. En moyenne, il était de l'ordre de 29,75 mm avec une physionomie toujours régressive dans la région ouest et la zone de Montagne. Les accroissements moyens annuels pour un cycle de production de 8 ans suivent le même cheminement, très significativement différents entre les échantillons de la région est (3,14mm an⁻¹ : El Taref, Jijel, Skikda, Guelma et Mila), la Région Centre (3,19mm an⁻¹ : Tizi Ouzou et Bejaia) et la région ouest (2,64 mm an⁻¹ : M'Sila, Zariéffet et Hafir), soit une réduction de 12% dans la zone de montagne. Les indices de croissance se sont montrés très stables pour les échantillons de la provenance 1, les nuances et les irrégularités de croissance apparaissent en appliquant le concept des provenances 2 et 3. Quelle que soit la provenance utilisée, les indices du rythme de croissance sont de type rapide dans les régions centre et est et de type moyen dans la région ouest. Ce fait s'applique aussi à la zone littorale plus qu'à la zone de montagne.

Mots clés : Liège algérien, provenance, calibre, accroissement, indice de croissance, rythme de croissance.

INTRODUCTION

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).

D'un point de vue écologique, ces peuplements comptent parmi les importants puits de carbone. A elles seules, les forêts de Chêne-liège du Portugal séquestrent 4,8 millions de tonnes de CO₂/an, soit 5% des émissions du pays (FORGUES, 2007). Les suberaies produisent une grande quantité de liège aux valeurs industrielles et sociales très prisées (environ 300 millions de kg/an) dont 87% viennent 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 *et al.*, 2008).

¹Département des Ressources Forestières, Faculté SNV-STU, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen-Algérie. Laboratoire Gestion Conservatoire de l'Eau, Sol et Forêts (LGCSF), Rocade 1. Email : belk_dahane@yahoo.fr

¹Département des Ressources Forestières, Faculté SNV-STU, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen-Algérie. Laboratoire Gestion Conservatoire de l'Eau, Sol et Forêts (LGCSF), Rocade 1. Email : mohamedghfr@gmail.com

De nombreux auteurs ont évoqué le processus de formation des accroissements annuels du liège et ont proposé une classification commerciale pour chaque épaisseur du liège, analogue à chaque zone géographique et de production (LAMEY, 1893 ; SACCARDY, 1937 ; BOUDY, 1950, NATIVIDADE, 1956 et PEREIRA,2007). Le liège produit annuellement par *Quercus suber* par activité méristématique s'initie à partir de mars et s'achève en novembre avec les premiers froids. Il est bien connu que les 2/3 de la croissance annuelle subéreuse se réalisent de mars à juin (NATIVIDADE, 1956). Cette croissance si complexe ajoutée à l'hétérogénéité des facteurs affectant le développement de l'arbre lui-même a une forte variabilité ; le concept d'activité subéreuse est donc difficile à définir.

Selon plusieurs auteurs, la variation des accroissements annuels est liée à la qualité de la station : les accroissements sont meilleurs dans les stations recevant une humidité suffisante durant toute l'année et aux sols fertiles que dans celles à climat sec et aux sols pauvres (MONTERO, 1987; MONTOYA OLIVER, 1988; CARITAT et al., 2000). Par contre d'autres auteurs signalent une variation de croissance suite au tempérament du chêne liège lui-même. ZERAIA (1981) et ORGEAS (1997) stipulent que dans les subéraies humides et denses, la production en liège est inférieure à celle du bois de 18,5 %. Sur les sites plus secs, ensoleillés et exposés au sud, la tendance est inverse et le liège dépasse de 13,5% la production annuelle de bois.

Rares sont les travaux qui ont abordé l'étude de la variation de la croissance du liège algérien dans sa composante géographique de l'Ouest en passant au Centre et à l'Est du pays puis en s'étalant du littoral vers la montagne. L'espèce est une essence zonale, on le trouve depuis le bord des eaux jusqu'aux rochers des hautes altitudes. Cette zonalité est synonyme d'adaptation aux différents facteurs abiotiques d'où une croissance radiale et subéreuse variant du littoral à la montagne et une qualité du liège contradictoire (VARELA,2000). Puisqu'il s'agit d'une espèce monoïque dont l'allogamie s'aggrave d'avantage par l'occurrence fréquente des phénomènes d'hybridation interspécifiques, le concept de provenances s'impose pour le liège algérien en dépit des variations géomorphologiques et climatiques qui caractérisent le Tell algérien.

Selon ILLY (1966), la provenance indique le lieu où pousse une population d'arbres (endémique ou non), ou celui d'où proviennent des graines forestières. TEISSIER DUCROS (1979), définit la notion de provenance comme un matériel de reproduction récolté sur un certain nombre d'individus d'un peuplement ; il doit être représentatif du peuplement. Dans notre travail, le concept de provenance englobe l'origine géographique selon trois attributs :

-Le lieu dit ou la localité où poussent les arbres et où sont récoltés les échantillons (Provenance 1).

-La localisation géographique du chêne liège en Algérie (Région ouest, Région centre et Région est). A cette dernière s'ajoute l'appartenance administrative (conservation et autres) (Provenance 2).

-L'aire du chêne liège (Zone de Montagne et Zone de littoral) qui englobe l'ambiance maritime de la méditerranée et la continentalité due à l'amplitude thermique (Provenance 3).

Le but principal de notre travail tend à élucider une partie de cette variabilité de croissance en se basant sur les échantillons de différentes provenances de l'ouest, de l'est, du centre et du nord algérien.

MATERIEL ET METHODE

Choix des subéraies

Les échantillons utilisés proviennent de 10 subéraies productives localisées dans la partie Nord de l'Algérie, le long d'une bande côtière de 1200 km et d'une incursion dans le Tell sur 100 km à 1500 m d'altitude. Au nord-est, *Quercus suber* prospère sur des terrains siliceux faisant partie du Littoral oriental, zone dite « Région à Chêne liège » à climat sub-humide et humide. Cette zone forme un bloc en un seul tenant de plus de 250 000 ha jusqu'à la frontière tunisienne. Un autre bloc, moins compact, pousse sur terrains gréseux (44 000 ha) à climat sub-humide dans le centre. Enfin, quelques îlots sont isolés dans le littoral et le montagnard occidental (18000 ha) (ABBAS, 2013)(Fig.1).

Sur le plan topographique, ces forêts (Hafir, Zarieffet, M'Sila,Tizi Ouzou,Bejaia, Jijel,Skikda, El Taref, Guelma et Mila) présentent une succession de lignes de crêtes à diverses orientations et un relief accidenté dont les pentes moyennes varient de 4% à 25%. L'altitude la plus basse est de 350m (M'Sila) et l'altitude la plus élevée 1200m (Hafir). Le substrat dominant de ces forêts est de trois types : Les grès numidiens (quartzeux, souvent friables, de l'éocène supérieur), les flyschs à microbrèches et les grès séquaniens (HADJIAT, 1997). Les caractéristiques propres à chacune des subéraies sont récapitulées dans le tableau 1.

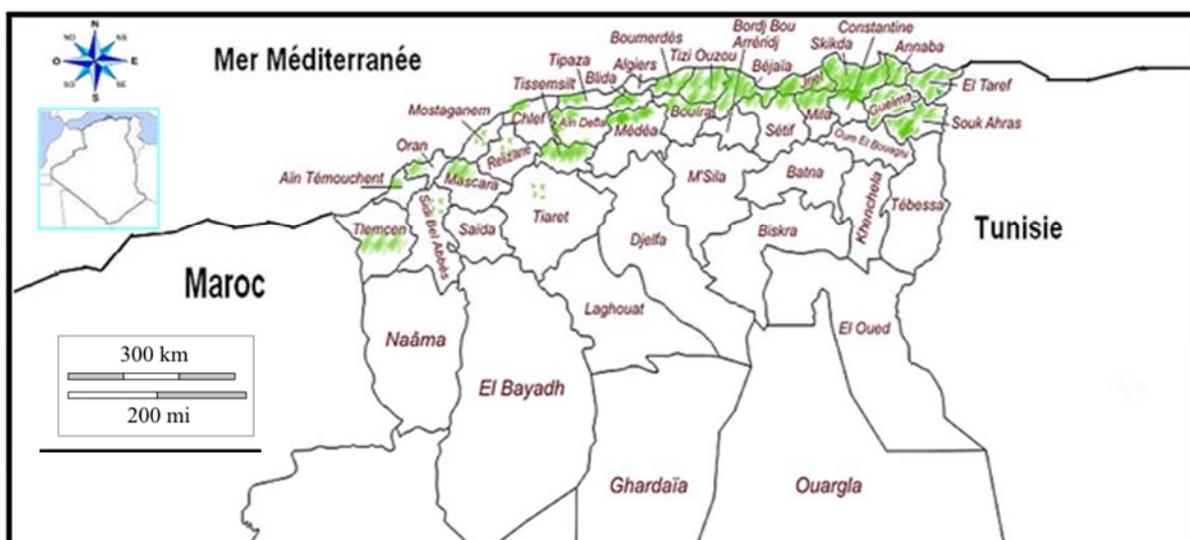


Figure 1: Répartition spatiale du chêne liège en Algérie

Tableau 1 : Les caractéristiques climatiques, topographiques et dendrométriques des 10 subéraies

| Suberaies | Precipitation annuelle (mm) | Altitude (m) | Pente (%) | Type de sol | Densité (tiges ha ⁻¹) | Productivité (Kg/m ²) | Hauteur d'écorçage (m) |
|------------|-----------------------------|--------------|-----------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Zarieffet | 650 | 1000 | 17 | Grès séquanien | 60 | 6,82(2,25) | 1,80±0,13 |
| M'Sila | 350 | 400 | 4 | Sable | 100 | 6,71(1,26) | 2,40±0,14 |
| Hafir | 700 | 1200 | 20 | Grès séquanien | 115 | 7,55(1,22) | 2,50±0,15 |
| Tizi Ouzou | 1100 | 800 | 25 | Eboulis de grès | 170 | 8,91(1,24) | 1,70±0,13 |
| Bejaia | 800 | 600 | 12 | Grès | 150 | 8,95(1,37) | 2,50±0,16 |
| Jijel | 1200 | 410 | 13 | Argile+schiste | 160 | 9,52(1,25) | 3,50±0,32 |
| Skikda | 1100 | 400 | 10 | Grès numidien | 180 | 8,62(1,37) | 2,80±0,15 |
| Guelma | 600 | 290 | 18 | Grès numidien | 120 | 8,37(1,04) | 2,65±0,14 |
| Mila | 700 | 460 | 19 | Grès numidien | 110 | 9,49(1,40) | 2,47±0,16 |
| El Taref | 1200 | 400 | 7 | Grès numidien | 160 | 10,35(1,03) | 2,60±0,50 |

Choix des arbres

Le choix des arbres dans chaque subéraie a été fait sur base de la rectitude du fût, de l'absence d'anomalies de croissance et de défauts de la planche du liège. Autrement dit, nous avons sélectionné les arbres présentant un parfait état sanitaire. Nous nous sommes intéressés aux seuls arbres ayant atteint l'âge d'exploitabilité (9 ans) et potentiellement valorisables (FERREIRA *et al.*, 2000).

Collecte des échantillons

En 2013, durant la période d'exploitation du liège nous avons extrait de chaque arbre sélectionné une « plage » de 20x20cm à 1,30 m du sol (Planche1).

Au total, 100 planches ont été prélevées à raison de 10 échantillons par subéraie. Les « plages » ont été ensuite ordonnées et codées selon leur provenances (Tableau 2).



Planche 1: Méthode d'extraction d'un échantillon de liège sur pied

Tableau 2 : Provenances et code des échantillons

| Provenance géographique | Code de l'échantillon |
|---|----------------------------|
| Hafir Zarieffet M'Sila | HA ZA MS |
| Tizi-Ouzou Bejaia | TZ BJ |
| Skikda Jijel El Taref Guelma Mila | SK JJ TR GE ML |

Au laboratoire, après un repos d'une semaine, les échantillons ont été traités à l'eau bouillante pendant 1heure, suivant la pratique industrielle de préparation du liège et équilibrés à la température ambiante. L'humidité des planches de liège séchées à l'air était en moyenne de 7 %. Les calibres moyens ont été déterminés avec une précision de 0,1à 0,01 mm.

Mesures

Pour mesurer aisément les accroissements annuels de chaque provenance, à l'aide d'une scie spéciale nous avons découpé de chaque planche (de 20x20cm) quatre lames de 2cmx20cm. Le reste a été conservé dans la subérothèque pour d'éventuelles études. Des quatre lames nous en avons tiré une au hasard. Cette dernière a subi un léger ponçage pour faire apparaître les anneaux de croissance.

Les accroissements ont été marqués à trois endroits à distance égale sur chaque section transversale du liège avec un stylo fin et mesurés en déplaçant sous une loupe binoculaire muni d'un micromètre au 1/1000 de mm (stéréo microscope LEICA) un chariot mobile (banc manuel LINTAB6) relié à un ordinateur équipé d'un système automatique d'enregistrement (TSAPWin). Les résultats sont la moyenne des 3 déterminations pour chaque échantillon. Seules les années de croissance complète ont été mesurées. L'âge du liège a été estimé en comptant le nombre des accroissements complets (a.c) ainsi que l'ajout de deux anneaux incomplets (a.i) (par exemple, 9 années = 1/2 ai + 8 ac + 1/2 ai).

La variation annuelle des accroissements a été réalisée selon une approche mathématique (FEREIRA et al., 1998). Sur chaque courbe observée ou courbe expérimentale (Y_{obs}) 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 $Y = ax^2 + bx + c$ où « Y » représente l'épaisseur de l'accroissement et « x » l'âge ou le numéro d'ordre de l'accroissement, « a et b » sont des constantes. A chaque fois que l'accroissement théorique s'éloigne de l'observé, plus important serait le résidu et que la courbe de croissance observée serait irrégulière. L'indice de croissance (IC) du liège est estimé par le quotient entre la valeur observée et théorique ($IC = Y_{obs} / Y_{theo}$)

Le rythme de croissance annuel (IRC) du liège durant le cycle de production varie d'un arbre à l'autre et d'une provenance à l'autre selon les conditions écologiques du milieu. La formule proposée permet de définir la rapidité ou la lenteur de l'activité subéreuse selon le type d'accroissement produit annuellement par l'arbre.

$$IRC = \frac{\sum_{i=1}^{nt} niAci}{N}$$

ni : Nombre d'échantillons de la classe i de type de croissance annuelle

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

N : Effectif total d'échantillons

- 1-Accroissement faible : $Ac < 1,5 \text{ mm.an}^{-1}$
 2-Accroissement moyen: $1,5 \leq Ac \leq 2 \text{ mm}$
 3-Accroissement rapide : $2,1 < Ac \leq 3 \text{ mm.an}^{-1}$
 4-Accroissement très rapide: $Ac > 3 \text{ mm.an}^{-1}$

L'ensemble des résultats a été soumis à des tests statistiques tels que l'anova1 et le test de Kruskal Wallis.

RESULTATS

Les mesures des calibres et des accroissements annuels complets des 100 échantillons selon le concept de provenances sont mentionnés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Valeurs moyennes des calibres et des accroissements annuels (écart type)

| Provenance1 | Calibre (mm) | Accroissement annuel (mm) |
|--|--------------|---------------------------|
| ML | 27,56 (4,63) | 2,93 (0,49) |
| GL | 31,86(3,37) | 3,02 (0,37) |
| ET | 35,26 (5,45) | 3,43 (0,58) |
| SK | 30,03(2,31) | 3,27 (0,59) |
| JJ | 34,05(9,01) | 3,07 (0,25) |
| BJ | 31,33(4,97) | 3,08 (0,48) |
| TZ | 34,37(6,06) | 3,31 (0,41) |
| MS | 29,15(5,80) | 2,96 (0,23) |
| HA | 21,94(2,99) | 2,17 (0,13) |
| ZA | 21,84(2,30) | 1,82 (0,12) |
| Provenance 2 | | |
| Région Est ML, GL, ET, SK, JJ | 32,21(5,52) | 3,14(0,48) |
| Région Centre BJ, TZ | 32,85(5,62) | 3,19(0,44) |
| Région Ouest MS, HA, ZA | 24,21(5,20) | 2,31(0,51) |
| Provenance 3 | | |
| Zone Littorale ET, SK, JJ, BJ, MS | 31,96(6,13) | 3,15(0,46) |
| Zone de Montagne ML, GL, TZ, HA, ZA | 27,97(6,41) | 2,64(0,65) |

DISCUSSION

Calibre du liège

Les résultats du tableau 3 confirment clairement que les échantillons de Zariéffet et de Hafir se démarquent des autres provenances 1 par leurs calibres moyens réduits (21,84 et 21,84 mm). Les meilleures épaisseurs concernent particulièrement les échantillons d'El Taref (35,28mm), Jijel(34,05mm), Guelma (31,86mm), Skikda(30,02mm) et Tizi-Ouzou (34,37mm) En d'autres termes, cette subdivision semble s'agencer aussi en évoquant le concept de provenance 2. En effet, les calibres de la Région Ouest sont inférieurs à ceux de la Région Centre et de la Region Est, soit une moyenne de l'ordre de 24,30mm (Hafir, Zariéffet et M'Sila) ; 32,85 mm (Bejaia et Tizi-Ouzou) et 32,21 mm (Mila, Guelma, El-Taref, Skikda et Jijel). Par ailleurs, en adoptant le concept de la provenance 3, il apparait clairement que la Zone Littorale abrite des calibres moyens dépassant ceux de la Zone de Montagne, soit une moyenne de 31,96mm contre 27,97mm(Fig.2).

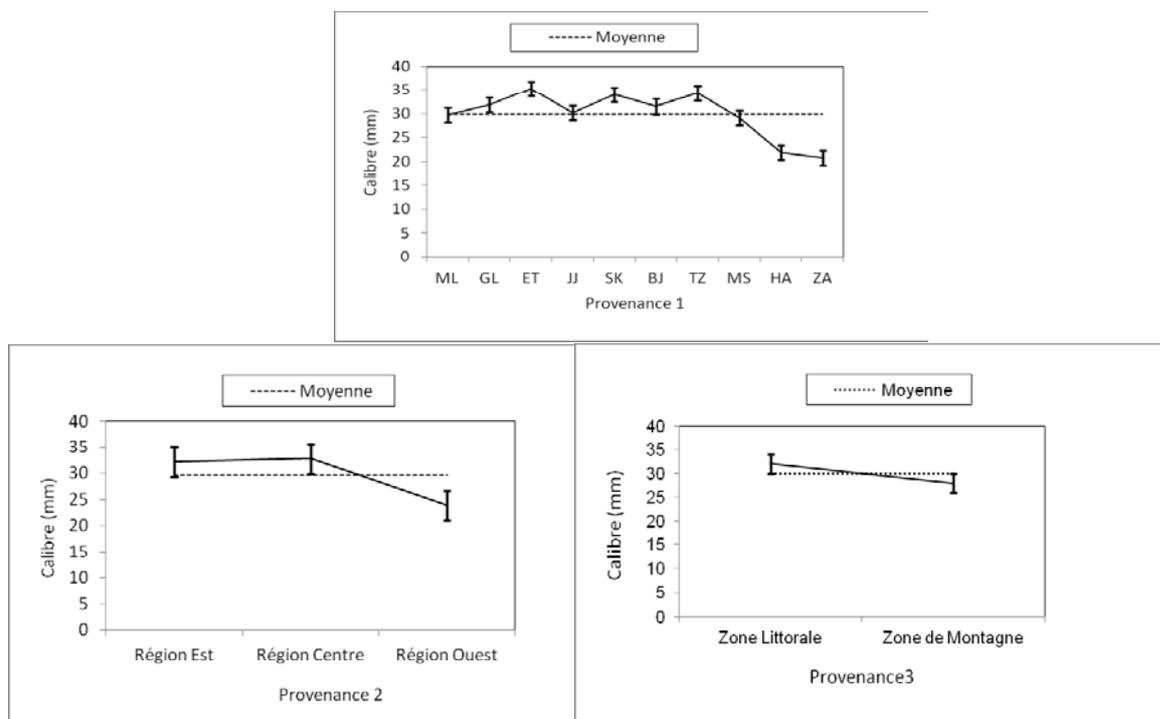


Figure 2 : Calibres moyens mesurés sur les échantillons selon le concept de provenance

Les résultats du test de Kruskal-Wallis indiquent une différence hautement significative entre les 10 sites de la provenance1 ($k= 50.630$, $p<0.0001$) (Tableau 4)

Tableau 4: Test de Kruskal-Wallis

| K (valeur observée) | K (valeur critique) | ddl | p-value (bilatérale) | alpha |
|---------------------|---------------------|-----|----------------------|-------|
| 50,630 | 16,919 | 9 | < 0,0001 | 0,05 |

Statistiquement, deux groupes s'individualisent ($p<0,05$ et $p<0,01$), le premier regroupe les échantillons de Zariéffet, Hafir et de M'Sila. Le second abrite les échantillons de Mila, El Tarf, Bejaia, Skikda, Jijel, Guelma et de Tizi Ouzou. Cela signifie aussi que les sites des régions Centre et Est sont différents de ceux de la Région Ouest (Tableau 5).

Tableau 5 : p-values entre les 10 sites de la provenance 1 et 2

| | ML | GL | ET | SK | JJ | BJ | TZ | MS | HA | ZA |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| ML | 1 | | | | | | | | | |
| GL | 0,993 | 1 | | | | | | | | |
| ET | 0,311 | 0,794 | 1 | | | | | | | |
| SK | 1,000 | 0,939 | 0,230 | 1 | | | | | | |
| JJ | 0,981 | 1,000 | 0,981 | 0,914 | 1 | | | | | |
| BJ | 1,000 | 1,000 | 0,835 | 1,000 | 1,000 | 1 | | | | |
| TZ | 0,569 | 0,948 | 1,000 | 0,622 | 0,999 | 0,916 | 1 | | | |
| MS | 1,000 | 0,957 | 0,514 | 1,000 | 0,902 | 0,988 | 0,816 | 1 | | |
| HA | 0,018 | 0,008 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,029 | 0,014 | 0,074 | 1 | |
| ZA | 0,011 | 0,006 | 0,008 | 0,006 | 0,008 | 0,008 | 0,014 | 0,093 | 1,000 | 1 |

Niveau de signification : $p < 0,05$; $p < 0,01$

Conjointement, en prenant en compte le principe de la provenance 3, les calibres du liège semblent statistiquement différents entre les échantillons de la Zone de Montagne et la Zone Littorale ($p < 0,01$). Dans cette zone (littorale), aucune différence n'est enregistrée entre les échantillons ($p > 0,05$) (Tableau 6). Par contre dans l'autre zone (montagne), les calibres de l'ouest s'éloignent toujours des autres échantillons ($p < 0,01$) (Tableau 7).

Tableau 6 : p-values entre les sites de la Zone Littorale de la provenance 3

| | ET | SK | JJ | BJ | MS |
|----|-------|-------|-------|-------|----|
| ET | 1 | | | | |
| SK | 0,075 | 1 | | | |
| JJ | 0,787 | 0,601 | 1 | | |
| BJ | 0,480 | 0,984 | 0,998 | 1 | |
| MS | 0,212 | 0,998 | 0,579 | 0,828 | 1 |

Niveau de signification : $p < 0,05$

Tableau 7 : p-values entre les sites de la Zone de Montagne de la provenance 3

| | ML | GL | TZ | HA | ZA |
|----|-------|-------|-------|-------|----|
| ML | 1 | | | | |
| GL | 0,863 | 1 | | | |
| TZ | 0,246 | 0,676 | 1 | | |
| HA | 0,004 | 0,002 | 0,003 | 1 | |
| ZA | 0,003 | 0,001 | 0,003 | 0,991 | 1 |

Niveau de signification : $p < 0,01$

Le calibre moyen (29,75 mm) obtenu pour l'ensemble des échantillons semble inférieur à ceux cités dans la bibliographie à l'instar des lièges portugais (33,8mm), espagnols (31,7mm) et marocains (31,5mm) (FERREIRA et *al.*, 2000 ; GONZALEZ-ADRADOS et *al.*, 2000 ; FAMIRI, 2006). Par contre, il demeure supérieur à son homologue tunisien (28,9 mm) (ALOUÏ et *al.*, 2006).

En effet, l'appartenance des 10 sites à différentes zones écologiquement et climatiquement controversées lui ont valu la production d'une mosaïque de calibres, marquée de la Région Est à la Région Ouest de l'Algérie

(CV= 20 %). De telles variations d'épaisseurs, ne sont que la résultante de l'influence du milieu d'origine sur lequel les arbres croissent. 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 le 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 4 m de hauteur) que dans sa partie inférieure (MONTERO & VALLEJO, 1990).
- Classe de circonférence : les meilleures épaisseurs sont obtenues dans les classes de circonférence centrales (107-140cm) à (172-204cm) (MONTERO & VALLEJO, 1990).
- 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'intérêt après (NATIVIDADE, 1956).
- Nombre des récoltes : le calibre du liège augmente progressivement jusqu'à la 6^{ème} et la 7^{ème} récolte puis fléchit de 25 mm à partir de la 10^{ème} récolte et ne rentre plus dans la l'icône du liège bouchonnable (MONTERO & CAÑELLAS, 1999).

Les accroissements moyens annuels

L'accroissement annuel du liège est considéré comme un paramètre de valeur très importante parce qu'il régle les opérations d'exploitation et les utilisations ultérieures du liège. La quantité 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). Les épaisseurs des anneaux de croissance calculées pour l'ensemble des échantillons varient significativement ($F=13,68$; $p>0,001$). Au cours des 8 années de croissance complète, le premier accroissement est maximal puis décroît d'une manière visible à partir de la quatrième année durant ce même cycle de production (Tableau 8).

Tableau 8 : Accroissements moyens annuels, dans un cycle de production de 9 ans (8 années de croissance complète). Moyenne pour chaque provenance \pm l'intervalle de confiance.

| | Accroissements complets | | | | | | | | Moyenne \pm IC |
|----|-------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|
| | 1 ^{er} | 2 ^{ème} | 3 ^{ème} | 4 ^{ème} | 5 ^{ème} | 6 ^{ème} | 7 ^{ème} | 8 ^{ème} | |
| ML | 3,64 \pm 0,73 | 3,44 \pm 0,76 | 3,39 \pm 0,57 | 2,79 \pm 0,42 | 2,69 \pm 0,45 | 2,54 \pm 0,34 | 2,33 \pm 0,32 | 2,92 \pm 0,53 | 2,69 \pm 0,45 |
| GL | 3,50 \pm 0,38 | 3,42 \pm 0,53 | 3,27 \pm 0,44 | 2,99 \pm 0,35 | 2,92 \pm 0,37 | 2,85 \pm 0,42 | 2,75 \pm 0,43 | 2,40 \pm 0,28 | 3,01 \pm 1,01 |
| ET | 4,47 \pm 1,16 | 4,07 \pm 1,08 | 3,45 \pm 0,98 | 3,38 \pm 0,89 | 3,23 \pm 0,90 | 3,12 \pm 0,99 | 2,97 \pm 1,07 | 2,73 \pm 0,84 | 3,43 \pm 0,99 |
| SK | 4,03 \pm 0,43 | 3,93 \pm 0,35 | 3,68 \pm 0,40 | 3,35 \pm 0,22 | 3,23 \pm 0,46 | 2,80 \pm 0,36 | 3,68 \pm 0,40 | 2,45 \pm 0,40 | 3,27 \pm 0,37 |
| JJ | 3,27 \pm 0,63 | 3,26 \pm 0,55 | 3,23 \pm 0,57 | 3,22 \pm 0,56 | 3,07 \pm 0,94 | 3,05 \pm 0,43 | 2,82 \pm 0,32 | 2,57 \pm 0,46 | 3,06 \pm 0,56 |
| BJ | 3,70 \pm 0,45 | 3,55 \pm 0,43 | 3,50 \pm 0,60 | 3,17 \pm 0,56 | 2,90 \pm 0,32 | 2,72 \pm 0,46 | 2,72 \pm 0,52 | 2,35 \pm 0,48 | 3,07 \pm 0,24 |
| TZ | 4,00 \pm 0,66 | 3,75 \pm 0,74 | 3,37 \pm 0,51 | 3,31 \pm 0,58 | 3,22 \pm 0,35 | 3,17 \pm 0,39 | 2,97 \pm 0,38 | 2,70 \pm 0,40 | 3,31 \pm 0,50 |
| MS | 3,27 \pm 0,44 | 3,20 \pm 0,29 | 3,12 \pm 0,74 | 2,97 \pm 0,64 | 2,90 \pm 0,26 | 2,85 \pm 0,61 | 2,75 \pm 0,33 | 2,60 \pm 0,45 | 2,96 \pm 0,46 |
| HA | 2,32 \pm 0,59 | 2,28 \pm 0,59 | 2,23 \pm 0,50 | 2,21 \pm 0,54 | 2,18 \pm 0,33 | 2,09 \pm 0,52 | 2,08 \pm 0,34 | 1,93 \pm 0,36 | 2,17 \pm 0,47 |
| ZA | 1,99 \pm 0,26 | 1,96 \pm 0,21 | 1,91 \pm 0,20 | 1,79 \pm 0,19 | 1,78 \pm 0,20 | 1,75 \pm 0,25 | 1,75 \pm 0,23 | 1,62 \pm 0,23 | 1,82 \pm 0,22 |

L'accroissement moyen annuel maximal est enregistré sur les échantillons d'El Taref (3,43mm an⁻¹), cette moyenne varie de 4,47mm an⁻¹ à 2,73mm an⁻¹, analogue à un liège épais. En revanche, l'accroissement minimal est détenu par les échantillons de Zariéffet avec une moyenne de l'ordre de 1,82mm an⁻¹. Dans cette suberaie, les accroissements se rangent entre 1,96 mm an⁻¹ et 1,62 mm an⁻¹ ce qui correspond à un liège mince (Fig.3).

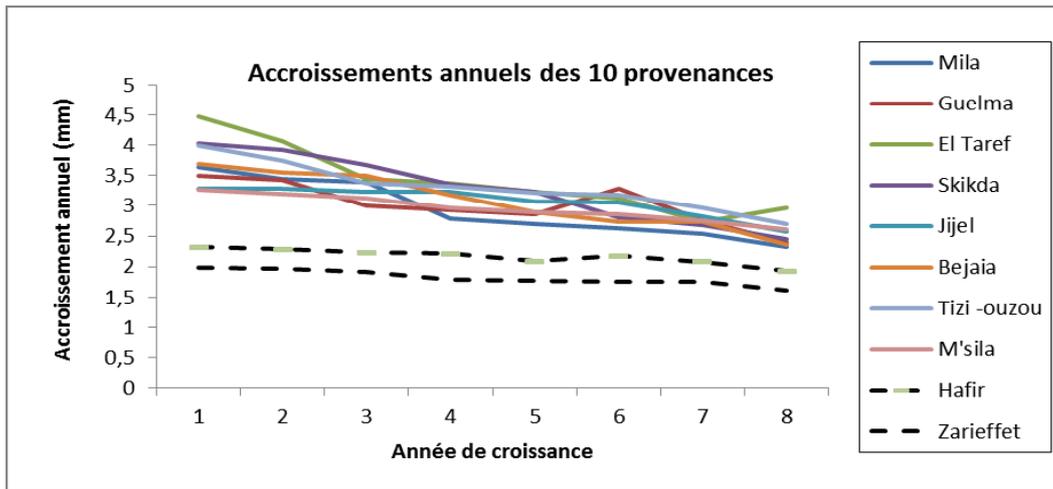


Figure 3 : Accroissement annuel du liège dans un cycle de 8 années complètes (10 provenances)

La même observation relatée par plusieurs auteurs sur les accroissements du liège des autres contrées subéricoles s'applique aussi au liège algérien : il existe une large différence entre les épaisseurs des anneaux de croissance du liège en passant d'une provenance à une autre, d'un accroissement très mince de 1mm à un accroissement large de 6 mm (PEREIRA, 2007).

Les résultats du test de Kruskal-Wallis indiquent la présence de deux groupes significativement différents. Le premier concerne les provenances de Mila, Guelma, El Taref, Skikda, Jijel, Bejaia, Tizi-Ouzou et M'Sila. Le second renferme les provenances de Hafir et de Zariéffet (Tableau 9).

Tableau 9 : p-values entre les échantillons de la provenance 1 et 2

| | ML | GL | TR | SK | JJ | BJ | TZ | MS | HA | ZA |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| ML | 1 | | | | | | | | | |
| GL | 1,000 | 1 | | | | | | | | |
| TR | 0,860 | 0,962 | 1 | | | | | | | |
| SK | 0,979 | 0,999 | 1,000 | 1 | | | | | | |
| JJ | 1,000 | 1,000 | 0,937 | 0,998 | 1 | | | | | |
| BJ | 0,995 | 1,000 | 0,989 | 1,000 | 1,000 | 1 | | | | |
| TZ | 0,938 | 0,979 | 1,000 | 1,000 | 0,979 | 0,998 | 1 | | | |
| MS | 1,000 | 1,000 | 0,674 | 0,989 | 0,989 | 1,000 | 0,638 | 1 | | |
| HA | 0,027 | 0,027 | 0,027 | 0,027 | 0,027 | 0,027 | 0,027 | 0,027 | 1 | |
| ZA | 0,027 | 0,027 | 0,027 | 0,027 | 0,026 | 0,027 | 0,027 | 0,027 | 0,052 | 1 |

Niveau de signification : $p < 0,05$

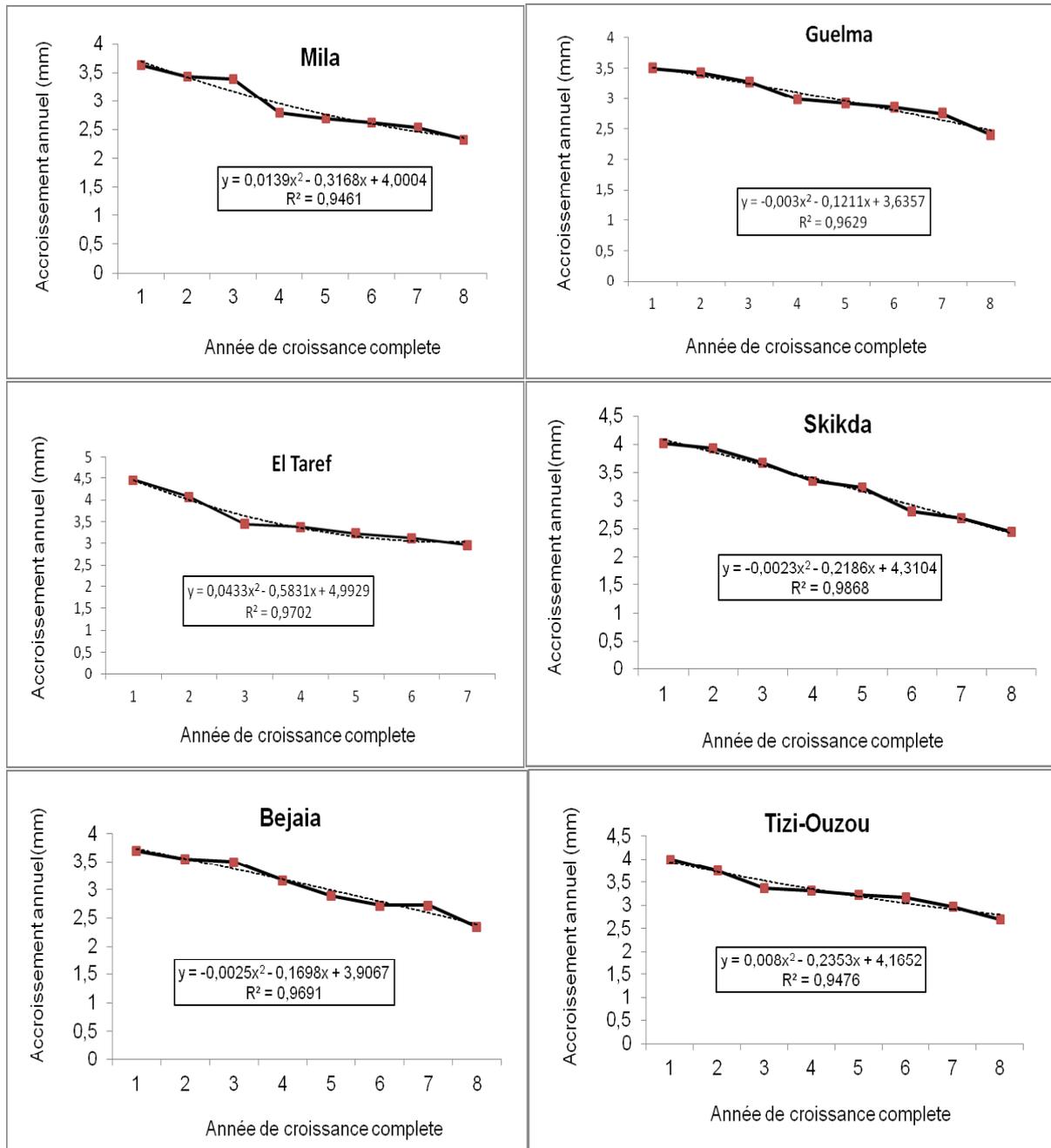
Conjointement, le long du même cycle de production, les échantillons de la Région est et de la Région centre génèrent des accroissements moyens annuels élevés ($3,14\text{mm an}^{-1}$ et $3,19\text{mm an}^{-1}$) par rapport à ceux de la Région ouest ($2,31\text{mm an}^{-1}$) ($F= 25,33$; $p<0,0001$) (Tab.). Cette règle s'applique aussi pour les provenances 3 ($F= 16,37$, $p<0,0001$). Dans la Zone littorale, la moyenne des accroissements ($3,15\text{mm an}^{-1}$) excède celle de la Zone de montagne ($2,64\text{mm an}^{-1}$).

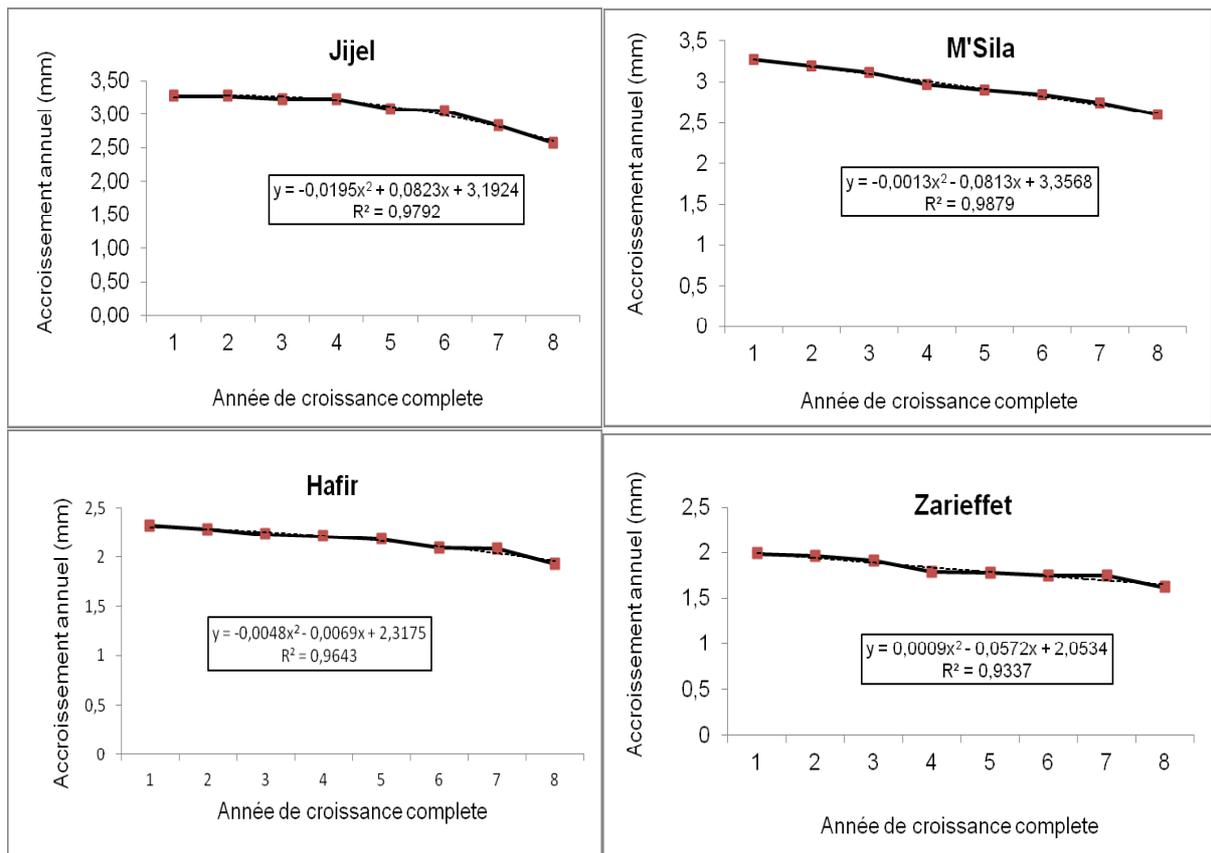
Globalement, la valeur moyenne des accroissements annuels complets mesurés sur le liège des 10 forêts ($2,90\text{mm}$) est similaire à celles citées dans le Projet de Recherche Européen (CORKASSESS, 2001) :

- Dans le cas du liège d'Andalousie et de la Catalogne (Espagne), se rangeant entre les limites de 2,0 à 4,8mm et dans le cas du liège de la Sardaigne, entre les limites de 2,3 - 2,8 mm.
- Dans le cas du liège de la Corse (France), se rangeant entre 2,8mm et 4,4mm.
- Notre moyenne s'éloigne du liège portugais dont les des limites varient de 3,8 mm à 4,3mm.

Variation annuelle des accroissements

L'étude des variations annuelles des accroissements du liège pour les dix provenances (courbe de l'expérience) s'est portée à une comparaison aux courbes polynômiales de second degré (courbe théorique) (Fig.4).





Courbe de l'expérience Le meilleur modèle d'ajustement déterminé par la méthode des moindres carrés

Figure 4 : Ajustement mathématique entre courbe de croissance observée et théorique

D'après les courbes de croissance du liège des 10 provenances, l'ajustement mathématique demeure parfait entre les deux courbes (courbe expérimentales et théorique). Le degré d'information représenté par le coefficient de détermination R^2 est supérieur à 90%.

Durant le cycle de production du liège marchand, généralement 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 liège peut être modifiée par l'action de divers facteurs dont il est souvent difficile de distinguer ou de quantifier l'importance relative. Parmi les éléments qui peuvent altérer la croissance du liège, nous pouvons citer : 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).

Indice de croissance (IC)

En se référant à la figure 5, nous constatons que les courbes des indices de croissance (IC) de l'ensemble des échantillons de la provenance 1 se caractérisent par une stabilité durant le cycle de production, qui est dans notre cas de 2006 à 2013. Les nuances et les disparités entre indices apparaissent nettement en prenant en compte le concept des provenances 2 et 3 où l'influence du climat, de la littoralité et de la continentalité est très marquée en passant de l'est de l'Algérie vers son ouest.

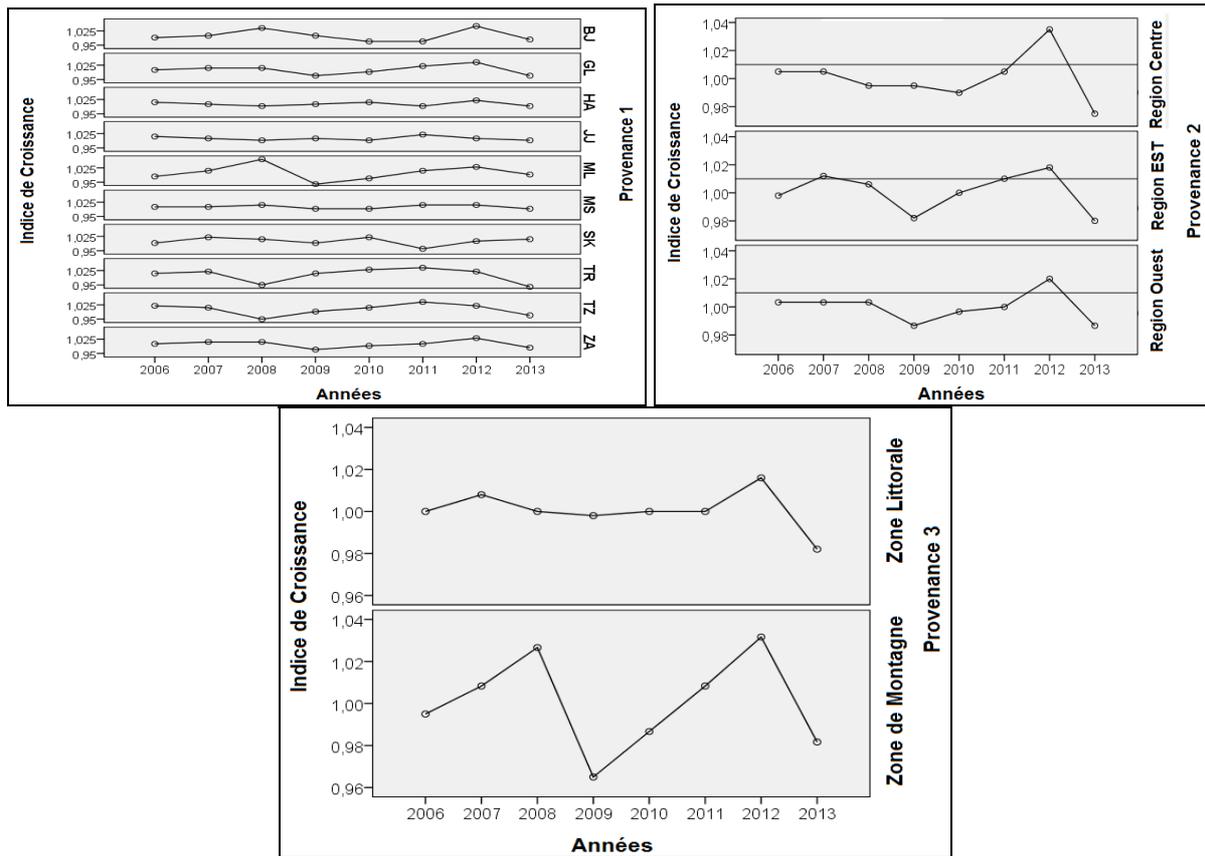


Figure 5 : Indices de Croissance (IC) du liège selon le concept de provenance 1, 2 et 3

Indice du rythme de croissance (IRC)

L'activité subéreuse n'est pas similaire pour l'ensemble des provenances. Les indices de rythme de croissance (IRC) calculés pour l'ensemble des échantillons (Provenance1) révèlent un premier IRC (type moyen) d'une valeur moyenne de 2,31 (Zariffet et Hafir) et un deuxième (type rapide) de 3,56 (Mila, Guelma, El Taref, Skikda, Jijel, Béjaia, Tizi-Ouzou et M'Sila). Pour les échantillons regroupant la provenance 2, les indices de rythme de croissance adoptent un autre schéma avec des valeurs moyennes stables de l'ordre de 3,58 et 3,62 englobant simultanément les régions est et centre (IRC de type rapide). La région ouest semble se démarquer avec un IRC de type moyen de l'ordre de 2,66 (Fig.6).

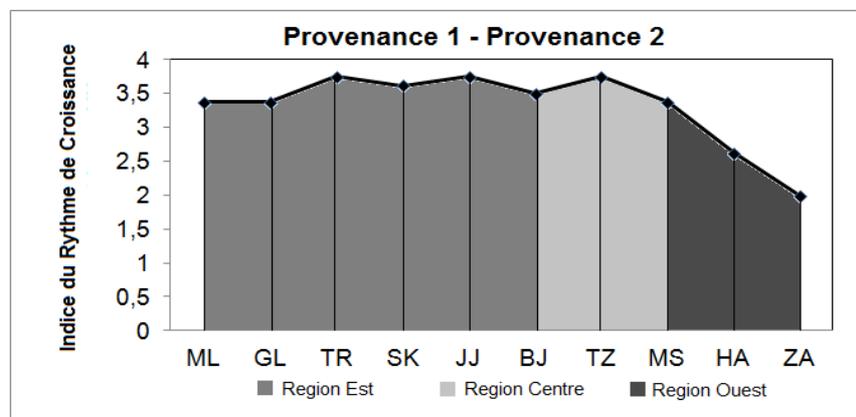


Figure 6 : Indice du rythme de croissance (IRC) selon le concept de Provenance 1 et 2

En ce qui concerne le concept de la provenance 3, les échantillons de la zone côtière (El Taref, Skikda, Jijel, Béjaïa et M'Sila) enregistrent une moyenne de 3,52 (un IRC rapide). Dans cette division, il s'avère également que la baisse du taux de croissance est encore du côté ouest (M'Sila). Dans la Zone de Montagne (Mila, Guelma, Tizi-Ouzou, Hafir et Zariéffet), le rythme de croissance est de type moyen (IRC = 2,94). Dans cette division, la stabilité de la croissance est visible sur les échantillons de l'est et du centre (Mila, Guelma, Tizi-Ouzou) et atténuée à partir de l'ouest (Hafir et Zariéffet) (Fig.7).

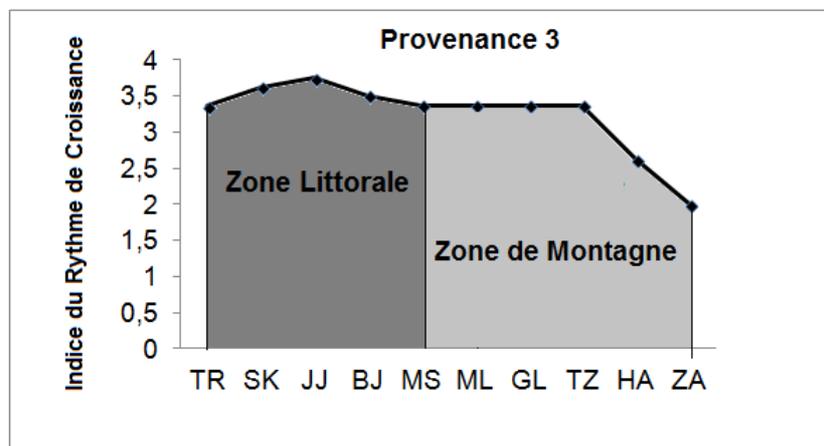


Figure 7 : Indice du rythme de croissance (IRC) selon le concept de Provenance 3

CONCLUSION

En Algérie sylvatique, la répartition spatiale et géographique du Chêne liège repose depuis longtemps sur les caractéristiques géomorphologiques et les spécificités climatiques du nord algérien. Ces deux paramètres ont généré sur le terrain deux types de peuplements : un bloc continu qui s'amorce du Tell central et s'étale à l'est du pays jusqu'à la Kroumirie en Tunisie. L'autre moins important, s'éparpille dans le nord-ouest algérien sous forme de taches insignifiantes, composé très souvent d'individus reliques. Cette mosaïque écologique a eu une influence capitale sur la croissance radiale et subéreuse au fil temps.

Le *Quercus suber* de l'ouest Algérien suit une tendance totalement différente à celle du centre et de l'est du pays d'où la notion de provenance s'impose comme une condition sine qua non avant toute étude. En effet, à travers les résultats obtenus sur les 100 échantillons de liège représentant dix provenances du nord algérien, nous concluons que :

- Les calibres varient significativement d'une provenance à une autre ($p < 0,001$).
- Le calibre perd 26% de sa croissance dans les provenances de l'ouest (Hafir, Zariéffet et M'Sila) par rapport à celles du centre et de l'est, soit une moyenne de l'ordre de 24,21mm contre 32,53 mm.
- Les accroissements moyens annuels des 10 provenances diffèrent très significativement ($p < 0,001$) entre les échantillons de la Région est ($3,14\text{mm an}^{-1}$: El Taref, Jijel, Skikda, Guelma et Mila), ceux de la Région centre ($3,19\text{mm an}^{-1}$: Tizi Ouzou et Bejaia) et de la Région ouest ($2,64\text{mm an}^{-1}$: M'Sila, Zariéffet et Hafir). Dans les provenances de la Zone de Montagne, les accroissements se réduisent de 12% par rapport à celles de la Zone Littorale ($P < 0,01$).
- Les indices de croissance se sont montrés stables dans les échantillons de la provenance 1, les variations apparaissent remarquablement en évoquant le concept des provenances 2 et 3.
- Les provenances de l'est et du centre se caractérisent par des indices de rythme de croissance de type rapide tandis que celles de l'ouest sont de type moyen.

Ces constatations étayent les observations et les résultats obtenus jadis par un grand nombre d'auteurs qui ont travaillé sur les suberaies algériennes, notamment LAMEY(1893), SACCARDY(1937), BOUDY(1950). Tous ces auteurs, s'alignent sur le fait que la croissance du liège est très corrélée à la situation végétative et climatique du nord algérien qui va en crescendo de la Région ouest à la Région est.

Dans l'état actuel des choses, des études et des disciplines peuvent être incorporées pour expliquer le mécanisme de la croissance du liège et de l'activité subéreuse du phellogène. 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 embryogénèse somatique et développement des techniques d'encapsulation des embryons somatiques, l'étude de la micro-propagation du chêne liège, l'étude de

l'alimentation minérale des arbres et l'étude de la technologie du liège (accroissements et qualité) en relation avec l'écophysologie de l'arbre .

BIBLIOGRAPHIE

- ABBAS M.,2013. Incidence économique des feux de forêts sur les suberaies. Journées d'Etude sur : La réhabilitation des Suberaies Incendrées et Reboisements. Tlemcen les 16 et 17 Janvier 2013.
- ALOUÏ A., AJAÏBI A. & BENHAMADI N., 2006. Etude de la qualité du liège de reproduction des suberaies d'Ain Draham. Actes du séminaire «Gestion intégrée des forêts de chêne liège et de pin d'Alep : Ann .INRGREEC.
- ARONSON J., PEREIRA J.S., & PUASAS J.G., 2009. Cork Oak Woodland on the edge. Islandpress. Washington. Covelo. London, 350 p.
- BOUDY P., 1950. Economie forestière Nord –Africaine. Monographie et traitement des essences. Tome II, Fascicule 1, Larose Ed. Paris,525p.
- CARITAT A., GUTIERREZ E. & MOLINAS M., 2000. Influence of weather on cork-ring width. *Tree Physiology*, 20:893-900.
- 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.
- FAMIRI A., 2006. Etude de la qualité du liège de reproduction. Programme PRAD 2005-2007,6^{ème} école des sciences Technologiques du bois, Rabat (Maroc).22p.
- FERREIRA A., LOPES F. & PEREIRA H., 1998. Variabilidade da produção qualidade da cortiça na região de Alcacer do Sal. *Sobreiro e cortiça*. Ed H.Pereira, 15:70-78.
- 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 : 187-193.
- FOURGUES C., 2007 . Bilan Carbone de différentes solutions de bouchage. Synthèse.7p.
- GONZÁLEZ-ADRADOS J.R., GONZÁLEZ HERNÁNDEZ F. & 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): 363-374.
- HADJIAT K., 1997. Etat de dégradation des sols en Algérie. Rapport d'expert PNAE, Banque Mondiale, 45p.
- ILLY G., 1966. Recherche sur l'amélioration génétique du pin maritime. *Ann. Sc. For.* Tome XXIII, Fascicule 1. Ed, Georges Thomas. Nancy, 769-1007pp.
- LAMEY A.,1893.Chêne liège : sa culture et son exploitation. Levraut et C^{ie},Nancy., 168-209.
- LOPES F., 1996: O sobreiro e a cortiça. *Revista Florestal*, 9 : 2.
- 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. & CAÑELLAS I., 1999. Manual de reforestación del alcornoque (*Quercus suber L.*). Mapan- INIA, 103p .
- MONTERO G. & VALLEJO R., 1990. Variación del calibre del corcho medido a distintas alturas. Investigación Agraria. *Sistemas y Recursos Forestales* 1(2) : 181-188.
- MONTOYA OLIVER, J M.,1988. Los Alcornocales, Ministerio de Agricultura Pesca y alimentación. Série.Manuales Tecnicos SEA.Madrid,155p.
- 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: 97-109.
- NATIVIDADE V.J.,1956. Subericulture.Ecolenational des eaux et des forêts.Nancy,281p.
- ORGEAS G.,1997. Dynamique des nutriments de *Quercus suber L.* et production de liège en relation avec les variables environnementales- le cas des massifs des Maures (Var). Thèse de doctorat en sciences de l'Université de Provence, Aix-Marseille I, 213p .
- PEREIRA H., 2007. Cork : Biology, Production and Uses. Elsevier.Ed.Oxford. UK,329p.
- 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).Ed. *Service des forêts*,2(3) : 273-363.
- SANTOS PEREIRA J., BURGALHO M.N. & CALDEIRA M.C., 2008. From the cork oak to cork. A sustainable systeme. APCOR(Portugal). 44p.
- TEISSIER DU CROS E., 1979. Stratégie de l'amélioration des arbres forestiers. Ed. C.R.F, Olivet,7 p.
- UPIC,1990. Unidad de Producción e Industria Corchera, Mapa subericola 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.

ZERAIA L., 1981 . Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phréologiques 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.

