

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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

UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMCEN
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

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES
POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGÉNIEUR D'ÉTAT EN
FORESTERIE

Thème :

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA RELATION : INDICE
D'ACCROISSEMENTS DU LIEGE / PARAMETRES
PLUVIOMETRIQUES DE DEUX SUBERAIES ORANAISES
(M'SILA (W.ORAN)ET HAFIR (W.TLEMCEN))**

Présentée par :

M^{LLE} MOKADDEM HAKIMA

Devant le jury composé de :

Président : M. Berrichi M.
Encadreur: M.DEHANE B.

Maitre de Conférences 'B', Université de Tlemcen
Maitre de Conférences 'B', Université de Tlemcen

Examineurs :
M^{me}.Bouchaour-Djabeur S.
M^{lle}. Belhoucine L.

Maitre assistante chargée de cours, Université de Tlemcen
Maitre assistante 'B' chargée de cours, Université de Tlemcen

2011/2012

Remerciements

C'est à mon encadreur, M^r DEHANE B., que je dois respect et gratitude pour m'avoir guidé afin de mener à bien cette étude. Sa disponibilité durant toutes les étapes de ce travail, ses remarques pertinentes et ses suggestions ont sans cesse permis l'amélioration de ce document.

Je voudrais également exprimer mes vifs remerciements à tous les enseignants du département de Foresterie, et plus particulièrement à M^r BOUHRAOUA R.T. Professeur à l'université de Tlemcen, à qui j'exprime ma vive et respectueuse gratitude.

Je tiens à remercier M^r AINAD TABET M. Maître assistant chargé de cours au département de Foresterie pour l'honneur qu'il m'a fait de présider ce jury.

Mes vifs et sincères remerciements vont aussi à Mr MEDJAHDI B. et Mme BOUCHAOUR-DJABEUR S., Maîtres assistants chargés de cours au département de Foresterie, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'examiner ce travail.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous les membres de l'administration, dont Mme DAHMANI R., et de la bibliothèque du département de Foresterie.

Je tiens enfin à remercier toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réussite de ce travail.



SOMMAIRE

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

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1-LE CHENE LIEGE.....	4
I.1.1-Origin et systématique	4
I.1.2- Répartition géographique	4
I.1.3- Caractères botaniques.....	6
I.1.4- Exigences édapho-climatiques du chêne-liège.....	7
I.1.4.1-Exigences édaphiques.....	8
I.1.4.2-Exigences climatiques.....	8
I.1.5-Caractéristiques subericoles.....	9
I.1.5.1-Type de subéraies.....	9
I.1.5.2-Exploitation du liège.....	11
I.1.6-Les changements climatiques et les écosystèmes forestiers.....	11
I.1.7-Effets sur les subéraies.....	12
I.2- LE LIEGE.....	13
I.2.1- Formation du liège.....	14
I.2.2-Accroissements du liège	14
I.2.3- Les assises subéreuses.....	16
I.2.4- Propriétés du liège.....	18
I.2.4.1- Propriété chimique de liège de reproduction.....	18
I.2.4.2- Propriétés physiques et mécaniques de liège de reproduction.....	19
I.2.5-Economie du liège.....	19
I.2.5.1- Production mondiale du liège.....	19
I.2.5.2- Production nationale.....	20
I.2.5.3- Différents usages du liège.....	21
I.2.5.4-Critère d'évaluation de la qualité du liège en planche.....	21

CHAPITRE II : ETUDE DU MILIEU

II.1- SITUATION GEOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE	23
II.2- GEOLOGIE ET PEDOLOGIE.....	24
II.3- HYDROGRAPHIE	25
II.4-LE CLIMAT	26
II.4.1-Données climatiques	26
II.4.1.1-Précipitations	26
II.4.1.2-Températures.....	29
II.4.1.3-Synthèse climatique.....	32
II.5- DESCRIPTION FORESTIERE	37
II.6 - PRODUCTION SUBERICOLE.....	38

II.6.1-La subéraie de Hafir.....	39
II.6.2-La subéraie de M'Sila.....	40

**CHAPITRE III :
MATERIELS ET METHODES**

III-1-CHOIX DE LA ZONE D'ETUDE ET OBJECTIF.....	41
III.2-CHOIX DES ECHANTILLON.....	41
III.3-PROTOCOLE EXPERIMENTAL.....	43
III.3.1-Technique de mesures des accroissements annuels.....	43
III.3.2-Distribution des échantillons selon les classes d'épaisseur et d'accroissements.....	45
III.3.3- Synthèse climatique.....	45
III.4 – TRAITEMENT DES DONNEES.....	47

**CHAPITRE IV :
RESULTATS ET DISCUSSION**

...	
IV.1- RESULTATS.....	48
IV.1.1--Caractérisation globale de la croissance du matériel récolté.....	48
IV.1.2– Etude du calibre des échantillons.....	48
IV.1.3- Etude de l'épaisseur cumulée par classe commerciale.....	49
IV.1.4-Etude des accroissements moyens annuels.....	50
IV.1.5- Etude de la variation annuelle des accroissements.....	53
IV.1.6- Etude de l'indice des accroissements moyens annuels.....	55
IV.1.7- Caractérisation climatique.....	58
IV.1.7.2- Le déficit pluviométrique	59
IV.1.8-Impact du climat sur les accroissements annuels du liège.....	60
IV.1.8.1-La pluviométrie cumulée ((t) et (t-1)).....	60
IV.1.8.2-L'indice de déficit pluviométrique (Idp).....	64
IV.1.8.3-L'indice standardisé des précipitations (ISP).....	64
IV.2-DISCUSSION.....	66
IV.2.1-La croissance du liège.....	66
IV.2.2- L'influence du climat	68
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	73
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	76
ANNEXE	

Liste des figures

Titre	N° page
Figure 1: Distribution du chêne liège dans son aire géographique méditerranéenne et atlantique .	4
Figure 2 : Superficies du chêne liège inventoriées durant deux périodes et par pays	5
Figure 3 : Production de liège en subéraie régulière	9
Figure 4 : Subéraie régulière	9
Figure5: Production de liège en subéraie irrégulière	10
Figure 6 : Subéraie irrégulière	10
Figure 7 : Variations de la température à la surface de la Terre au cours des 140 dernières années et au cours du dernier millénaire	12
Figure 8: Coupe transversale d'un tronc de chêne liège .	13
Figure 9 : Types de lièges produits par un arbre .	14
Figure 10 : Cycle végétatif d'un liège de reproduction (5 accroissements complets) .	15
Figure 11 : Chronologie de reproduction du liège naturel .	16
Figure 12: Limite d'un anneau de croissance. Différenciation de 2 types de suber, automnal (à droite) et printanier (à gauche). (Gro.x 1000) .	17
Figure 13: Forme de la cellule du liège selon les trois sections	17
Figure14: Production mondiale du liège	20
Figure 15: Production nationale annuelle de liège entre1965-2010	20
Figure 16 : Répartition annuelle de la pluviométrie dans les deux forêts	26
Figure 17 : Régime saisonnier des précipitations dans les deux forêts entre ancienne et nouvelle période	28
Figure 18: Diagrammes ombrothermiques de la forêt de M'Sila et de Hafir	34
Figure 19: Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger des deux forêts au cours de la période ancienne (Pa) et récente (Pn).	36
Figure 20 : Evolution périodique de la production du liège à Hafir	39
Figure 21 : Evolution périodique de la production du liège 0 M'Sila).	40
Figure 22: Situation géographique de la forêt de Hafir et de M'Sila .	41
Figure 23 : Parcs à liège de M'Sila et de Hafir en janvier 2012 .	42
Figure 24: Mesure des accroissements annuels en 3 points égale distance	43
Figure 25: Méthode de mesures des accroissements annuels sous la loupe binoculaire Leica	44
Figure 26: Répartition des échantillons par classe d'épaisseur commerciale (n=80)	48
Figure 27: Distribution des échantillons par classes commerciales (Haut : M'Sila, Bas : Hafir)	49

Figure 28: Répartition de l'épaisseur cumulée dans le cycle de production	50
Figure 29 : Répartition des accroissements annuels selon leurs classes de croissance	51
Figure 30: Variation des accroissements moyens annuels au niveau des deux provenances	53
Figure 31: Variation annuelle des accroissements complets selon la provenance et la classe commerciale (M'Sila)	54
Figure 32 : Variation annuelle des accroissements complets selon la provenance et la classe commerciale (Hafir)	55
Figure 33 : Echantillons d'un liège régulier âgé de 9 ans (M'Sila) et juste âgé de 10 ans (Hafir)	56
Figure 34: Indice d'accroissement annuel par forêt et par classe commerciale (M'Sila-Hafir)	57
Figure 35: Variation de la pluviométrie annuelle dans les deux forêts durant la période 2002-2009	58
Figure 36: Bilan pluviométrique (déficit-excédent) dans les deux subéraies (période 2002-2009)	59
Figure 37: Exemples de courbes d'indice d'accroissement /précipitations cumulées	63
Figure 38: Relation indice d'accroissements (Iac) –Indice de déficit pluviométrique (Idp)	64
Figure 39 : Relation indice d'accroissements(Iac)-Indice standardisé des précipitations (ISP)	65
Figure 40: Évolution de l'indice standardisé de précipitation au cours de la période 1961-2008 dans les deux forêts.	69
Figure 41 : Classes de sévérité dans les deux subéraies	70
Figure 42 : Modèle global d'interactions entre l'arbre et son écosystème, indépendamment de la gestion de l'homme .	72

Liste des tableaux

Titre	N°page
Tableau 1 : Caractéristiques dimensionnelles des cellules de liège	18
Tableau 2 : Domaines d'utilisation du liège	21
Tableau 3: Epaisseur commerciale pour le liège en planche	22
Tableau 4 : Coordonnées géographiques de la forêt domaniale de Hafir	23
Tableau 5 : Coordonnées géographiques de la forêt domaniale de M'Sila	24
Tableau 6: Précipitations moyenne mensuelle (mm) pendant les deux périodes de référence.	28
Tableau 7 : Valeurs thermiques moyennes minimales en (°C) enregistrées dans les deux forêts	29
Tableau 8 : Valeurs thermiques moyennes maximales (°C) enregistrées dans les deux forêts	30
Tableau 9: Températures moyennes mensuelles et annuelles T (°C) dans les deux forêts.	30
Tableau 10: Indice de continentalité des deux forêts.	32
Tableau 11: Indice de sécheresse estivale des deux forêts	33
Tableau 12 : Etage de végétation du chêne liège dans les deux forêts	33
Tableau 13: Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques des deux forêts	35
Tableau 14: Principales classes d'épaisseurs de la couche subéreuse et type de liège correspondant selon les normes internationales en cours	45
Tableau 15: Principales classes des accroissements moyens annuels du liège et type de liège correspondant	45
Tableau 16 : Classification de la sévérité de la sécheresse selon ISP	47
Tableau 17: Croissance annuelle du liège par classes d'épaisseur commerciale des deux provenances, comme moyenne annuelle un cycle de production de 9ans (8 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque provenance \pm l'intervalle de confiance.	52
Tableau 18: Coefficients de corrélation entre l'indice d'accroissement moyen annuel et les précipitations cumulées durant différents mois de l'année pour la période 2002-2009	60

INTRODUCTION GENERALE

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 subéraies 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)

Ces écosystèmes supportent 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 CO₂/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).

Dans un cadre de changement global irréversible, les subéraies sont en face d'un avenir incertain. Il semble que les effets des changements climatiques commencent à être visibles et ils devraient continuer à provoquer en méditerranée une augmentation des températures ainsi qu'une diminution des précipitations, tout comme une modification de leur répartition (été secs et chauds, aggravant les conditions de sécheresse, et hivers pluvieux augmentant la fréquence des événements climatiques extrêmes). Cela aurait pour conséquence l'augmentation du stress auquel sont soumis les peuplements de chênes. Ce phénomène entraînerait certainement des changements de la couverture et de la structure végétale. C'est pourquoi les projections actuelles prévoient une probable réduction ou déplacement de l'aire naturelle des chênes (Eric et *al.*, 2003).

Selon le rapport intergouvernemental sur le changement climatique (IPCC, 2007), dans la région méditerranéenne, on s'attend à ce que la température de l'air moyenne s'élève par 2°C à 4,5°C au-dessus de moyenne actuelle. La précipitation totale peut diminuer pas moins de 20% en été et jusqu'à de 10% en hiver vers la fin du

21^{ème} siècle. Comparé aux niveaux globaux, la région méditerranéenne est considérée parmi les points chauds dont les grandeurs des changements climatiques sont considérables que le reste du monde (Giorgi,2006).

Le caractère xérophytique de l'arbre est bien cité à travers les travaux de plusieurs auteurs tels que : (Molinas et Verdaguer, 1993), (Caritat et *al.*, 1996), (Tenhunen et *al.* 1984, Oliveira et *al.* 1992). Tous ces auteurs confirment la résistance du chêne liège à la sécheresse et au stress hydrique. Malheureusement ces dernières décennies, la région méditerranéenne à et en particulier l'Algérie a connu une vague de sécheresse récurrente qui a influencé négativement sur la bonne vigueur des peuplements et sur la production subericole. A cette aridité du climat, se superposent d'autres facteurs tels que les incendies, le surpâturage. En effet, l'eau est parmi les facteurs les plus responsables de la répartition des végétaux sur la planète. Sa raréfaction et son irrégularité durant la saison végétative peuvent engendrer des réponses ecophysiologiques diverses. Au niveau cellulaire, le stress hydrique affecte la formation des membranes et les processus de division cellulaire (Bradford *al.*, 1982). Au niveau de l'arbre, il réduit la croissance en diamètre et en hauteur, affaiblit la capacité des arbres à résister aux autres stress (Kozlowski, 1992) et influence les autres processus de développement, à savoir la floraison, la fructification et la reproduction (Kramer ,1983), augmente le dépérissement et la mortalité ou le remplacement des espèces par d'autres plus résistantes (Teskey, 1986).

En effet, la croissance du liège est une opération physiologique qui coïncide avec l'activité du phellogène entre mars et octobre. Chaque année une couche de liège repousse l'ancienne, ainsi des millions de cellules aux parois minces formées au printemps viennent heurter d'autres plus épaisses produites en automne. En l'occurrence, les accroissements annuels qui en découlent présentent des schémas géométriques très variés. Très serrés par moments, gagnent de l'épaisseur au fur et à mesure que les conditions du milieu s'améliorent. Dans ce processus naturel, le climat constitue le catalyseur principal qui à travers lequel oscille l'existence et le devenir de l'arbre (Radi, 2008). Au début du 20^{ème} siècle, les conditions climatiques favorables qui régnaient en Algérie permettaient la récolte du liège pour des rotations de 6 ans à 8 ans. Durant, cette époque la production dépassait les 40 000 tonnes/an (LAMEY, 1893). Actuellement sous un climat de plus en plus aride la production frôle les 12 000 tonnes/an (DGF., 2007).

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).

Notre étude a concerné deux zones de production du liège dans le nord-ouest algérien. Il s'agit des subéraies de M'Sila (Oran) et de Hafir (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 subéraies du secteur littoral au nord et les subéraies de montagne ou de l'Atlas tellien au sud (Boudy, 1955, Quézel, 2000).

Ces subéraies 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).

Notre travail comprend quatre chapitres :

Le premier est consacré à la synthèse bibliographique sur le chêne liège et le liège tandis que le deuxième traite le milieu d'étude à travers l'étude climatique et physique de la zone d'étude. Le troisième chapitre évoque le matériel ainsi que la méthodologie suivie dans ce travail. Le dernier chapitre concerne les principaux résultats dégagés ainsi leur discussion.

I-1-Le CHENE LIEGE

I.1.1-Origine et systématique

Le chêne liège est une espèce typiquement méditerranéenne, circonscrit en méditerranée occidentale depuis l'ère tertiaire, on le trouve aussi sur la côte atlantique où il est présent depuis bien avant l'antiquité (www.IML.com,2009)

Le non scientifique de chêne liège c'est (*Quercus suber L*) où le premier non « *Quercus* » regroupe tous les arbres producteurs des glands (genre) ; « *Suber* » signifie liège et la troisième partie « *L* » représente l'auteur qui la décrit pour la première fois, c'est le botaniste Suédois Linné (Richard,1987).

D'après Linné, 1753 , il appartient à :

Embranchement : Spermaphytes

- Sous embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Ordre : Fagales
- Familles : Fagacées
- Genre : *Quercus*
- Espèce : *Suber L.*

I.1.2- Répartition géographique

La suberaie du monde s'étendent sur 7 pays au nord et au sud de la méditerranée, présentant des réalités économiques bien différentes : Portugal, Espagne, France, Italie, Maroc, Algérie, Tunisie (Fig.1).

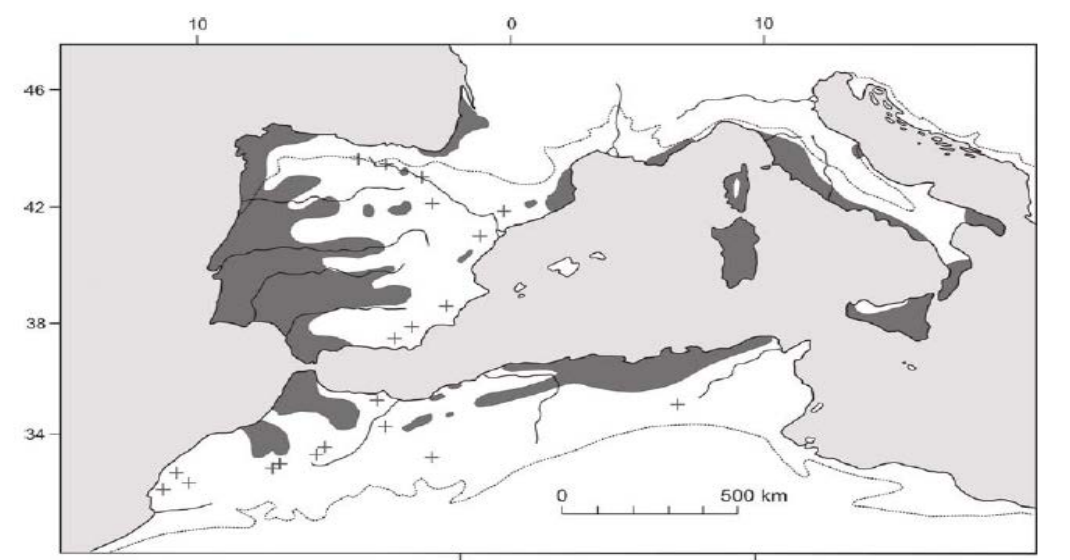


Figure 1 : Distribution du chêne liège dans son aire géographique méditerranéenne et atlantique (Quezel et Medail,2003).

Il existe actuellement 2,5 millions d'hectares de subéraies. Le pourcentage des forêts non-exploitées est très variables : 10% en Espagne et au Portugal, 45% au Maroc et 80% de la subéraie est non-exploitée en Algérie. Pourtant la superficie potentielle de subéraie est 5 fois supérieure : plus de 12,5 millions d'hectares. L'homme a provoqué la disparition de 10 millions d'hectares environ, en substituant les formations originelles par des cultures agricoles, des pâturages, du maquis et des reboisements forestières (Aronson et al., 2009).

La figure 2 illustre les différentes estimations de surfaces de la subéraie méditerranéenne.

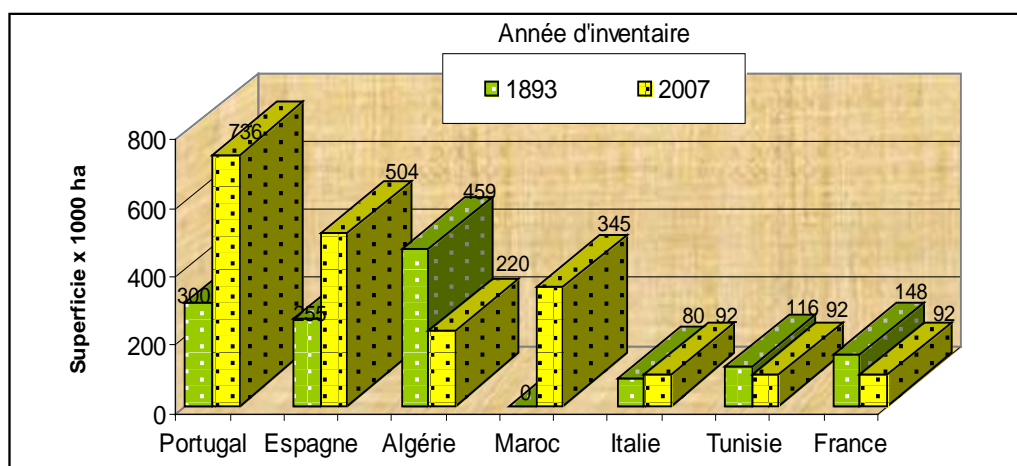


Figure 2 : Superficies du chêne liège inventoriées durant deux périodes et par pays (Dehane, 2012)

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).

En Algérie les suberaies se localisent essentiellement dans la région Algéro-tunisienne, s'étendant du littoral méditerranéen au nord aux chaînes telliennes au sud (Anonyme, 1927). Elles prospèrent sur une bande dont la largeur ne dépasse guère 70Km de la mer (Chihab et Aouadi, 1998). Le reste est disséminé sous forme d'îlots de moindre importance dans les parties centre et ouest du pays. La subéraie se présente donc sous trois principaux faciès : l'occidental montagnard, l'oriental littoral et littoral montagnard (Ben Mechri, 1994).

D'après plusieurs auteurs, les subéraies occupent une superficie variant entre 440 000 ha et 250 000ha, mais en absence d'un inventaire sérieux la D.G.F (2004) a donné une superficie productive de l'ordre de 220 000 ha.

A l'ouest algérien, la superficie de chêne liège est de moindre importance. Elle est passée de 9400 ha dans les années 1940 (Thinton, 1948) pour atteindre aujourd'hui moins de 6500ha (Bouhraoua, 2003).

1.1.3- Caractères botaniques

Le genre *Quercus* compte un grand nombre d'espèces, soit environ 550 (Natividade, 1956). Actuellement on en compte que 450 dont 6 existent en Afrique du Nord (Belahbib et al., 2005, Machouri, 2009). 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 est un arbre **de taille** moyenne, de 10 à 15m de hauteur mais pouvant atteindre 20 à 25m de haut pour les vieux sujets (Seigue, 1985).

- **La circonférence** du tronc : est court d'environ 4 mètres de long qui se ramifie à une faible hauteur. Il présente des branches vigoureuses et façonnées (Saccardy, 1937).
- **La cime** : est globuleuse et s'étale dans les peuplements clairs. En peuplements serrés la forme devient élancée (Vignes, 1990).
- **Les rameaux** : sont sinueux, tomenteux et verdâtres à leur jeune âge, puis brun clair avec des lenticelles marquées (Jacamon, 1987).
- **L'écorce** : est de couleur grisâtre, épaisse, très forment crevassée longitudinalement (liège mâle) ou « liège naturel » (Maire, 1961). Cette écorce recouvre généralement le tronc et les branches dès la cinquième année de la vie de l'arbre (Natividade, 1956).

Après avoir été enlevée des arbres, l'écorce se régénère en 8 à 10 ans en donnant un nouveau liège, appelé liège femelle ou de « reproduction ». C'est un liège qui prend une coloration rouge foncée (Vignes, 1990).

- **Le bois** : Il est lourd, compact, d'une densité moyenne de $0,9(\text{kg}/\text{dm}^3)$, difficile à travailler car il se fend en séchant (Boudy, 1950). Présente une structure très complexe, comprenant différents types de vaisseaux et fibres typiques (Natividade, 1956).
- **Les feuilles** du chêne liège présentent un polymorphisme très marqué. Elles sont alternes, généralement coriaces, plus ou moins dentées, vert-brillant et présentent une pubescence sur la face inférieure. Elles sont persistantes pouvant passer de 2 à 3 ans sur l'arbre avant de tomber (Boavida et Varela, 1999).

Le chêne liège est un arbre **monoïque**. **Les fleurs mâles** ou chatons sont minces, réunis en fascicules à l'aisselle des feuilles de la pousse de l'année précédente ou à la base des rameaux de la même année.

- **Les chatons femelles** : sont poilus, courts, portant 2 à 5 fleurs, rarement davantage à l'aisselle des feuilles, au milieu ou à l'extrémité de la pousse de l'année (Natividade, 1956).
- **Le fruit** : appelé « **gland** », il est trapu et arrondi au sommet, longueur est comprise entre 2,5 et 3 cm. Les premiers glands apparaissent vers l'âge de 15 ans. A l'automne, les glands tombent sur le sol et au printemps suivant, les premières chaleurs activent le gland encore humide des dernières pluies d'hiver et la germination commence. Les cotylédons gorgés d'eau font éclater l'enveloppe du gland d'où s'échappe le jeune chêne ou plantule (Karem, 2008).
- **Système racinaire** : est pivotant avec des ramifications latérales puissantes évoluant horizontalement d'une distance de 22 à 32 cm environ. Sauvage(1961) et Saccardy(1937), signalent que le chêne liège est fortement enraciné, il est caractérisé par de longues racines fixant l'arbre solidement même dans les sols les plus rocheux jusqu'à 20m.
- **Longévité** : Cet arbre a une **longévité** de 80 à 100 ans dans l'étage bioclimatique semi-aride et 200 ans et plus dans l'humide (Bouchafra et Fraval, 1991). Par contre, Vignes (1990) signale qu'il peut vivre plus longtemps de 250 à 300 ans avec des levées de liège de 9 à 11 ans de rotation et jusqu'à 200 ans, sans démasclage. Il peut atteindre jusqu'à 500 ans dans certains endroits.

I.1.4- Exigences édapho-climatiques du chêne-liège

Au Maghreb, le chêne-liège couvre la plus grande superficie de bassin méditerranéen, après le Portugal, en vertu d'un large éventail de conditions écologiques (Varela,2000):

- ❖ Sur altitude, il se développe à partir du niveau de la mer jusqu'à 2000 m.
- ❖ La température moyenne optimale varie de +12 ° C à +18 ° C, mais les espèces peuvent croître à +45 ° C.
- ❖ Les limites pour les précipitations sont comprises entre 400mm et 2000mm par an.

Pour avoir de bonnes conditions de végétation, l'arbre a besoin d'une exposition nord (nord-est ou nord-ouest) ou d'une exposition est (Carvalho et *al.*, 1993), mais en altitude, il

s'accommode plutôt des expositions chaudes (sud) (Bouchafra et Fraval,1991 ; Frochot et *al.*, 1986).

I.4.1.1-Exigences édaphiques :

Le chêne-liège est une essence calcifuge, craigne les calcaires actifs, la salinité et l'hydromorphie, supportant mal les sols très argileux, ou très superficiels ; il préfère les sols aérés et profonds grâce à leur système racinaire profond ; autres sols sont préférables tels que les sols légers, frais, riche en matière organique et bien drainés avec une texture sablo-argileuse et de teneur en sable supérieure à 50% reposant sur une roche mère métamorphique. Le sol a un pH acide, neutre à acido-neutre (Seigue ,1987).

En Algérie, le chêne liège pousse sur plusieurs types de sols (Boudy, 1950 ; Bel Abbès, 1996) :

- Les sables pliocènes et quaternaires qui se trouve dans de Réghaia près d'Alger et M'Sila près d'Oran.
- Les grés siliceux et calcaires schisteux non assimilables du Crétacé supérieur qui existent dans les environs de Cherchell (Tipaza) et Ténès (Chlef).
- Les grés Séquaniens (poudingues) qui se trouvent dans les forêts de Hafir et de Zariéffet.

I.4.2.1-Exigences climatiques

- ❖ **L'humidité** : le chêne-liège montre une tolérance ample aux précipitations, allant de 2000 mm dans certaines zones du nord-ouest du Portugal, à 1300 mm en Sardaigne, toujours associée avec des étés secs, à 450-550 mm au Mamora (Varela,2000). En Algérie, le minimum de la tranche pluviométrique est compris entre 400 à 600mm/an. Dans la saison sèche, l'humidité atmosphérique est de l'ordre de 60 % (Saccardy, 1937).
- ❖ **Température** : C'est une espèce thermophile, pousse sous des climats tempérés à hiver doux, la valeur moyenne de la température est comprise entre 14 à 17°C, alors que le minima ne doit pas descendre au dessous de 9°C. Pendant l'été, le chêne-liège réduit les pertes d'eau par les feuilles (transpiration) tout en ralentissant le métabolisme et la croissance. La perte d'eau est contrôlée à travers de la fermeture des stomates (pores), se trouvant généralement sur la face inférieure des feuilles, qui contrôlent les échanges gazeux avec l'air (Santos, Pereira et *al.*, 2008).

I.1.5-Caractéristiques subericoles

I.1.5.1-Type de suberaies

En fonction de l'importance des chênes-lièges dans le peuplement, de leur âge et de leurs dimensions, il existe globalement 2 types de suberaies (Riffard et *al.*,2008):

- La suberaie régulière est définie par un aspect homogène de l'âge et des dimensions des arbres. Cette homogénéité peut se caractériser par une majorité d'arbres dans une ou deux catégories de diamètres.

Dans ce type de peuplement, les paramètres de densité et de recouvrement sont très variables, et la production de liège, ainsi que sa quantité, est fonction de l'âge des arbres (plus le peuplement est jeune, moins il produit). La subericulture en suberaie régulière se caractérise donc par des périodes de production nulle et des périodes de très forte production, parallèlement au vieillissement du peuplement (Fig.3 et 4).

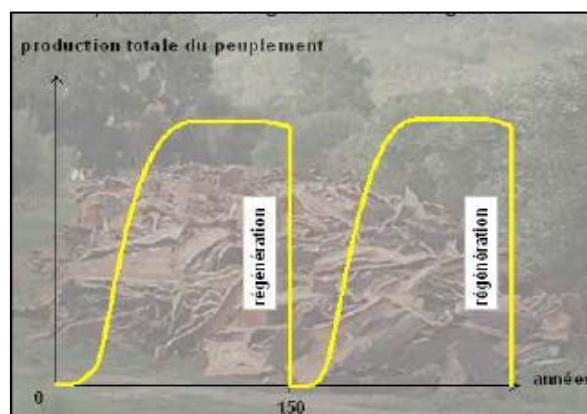


Figure 3 : Production de liège en suberaie régulière (Riffard et *al.*,2008)



Figure 4 : Suberaie régulière (Cliché Dehane)

- La suberaie irrégulière se caractérise par une hétérogénéité du peuplement de chênes-lièges. Aucune classe de diamètre ne se démarque, et les jeunes arbres côtoient les plus gros.

Dans ce type de peuplement, les paramètres de densité et de recouvrement sont ici encore très variables. Cependant, la subericulture en suberaie irrégulière se caractérise par une production de liège régulière tout au long de la vie du peuplement, car les classes de diamètre sont renouvelées constamment par la croissance des arbres. De plus, les jeunes arbres garantissent l'avenir du peuplement et donc de la production (Fig.5 et 6).

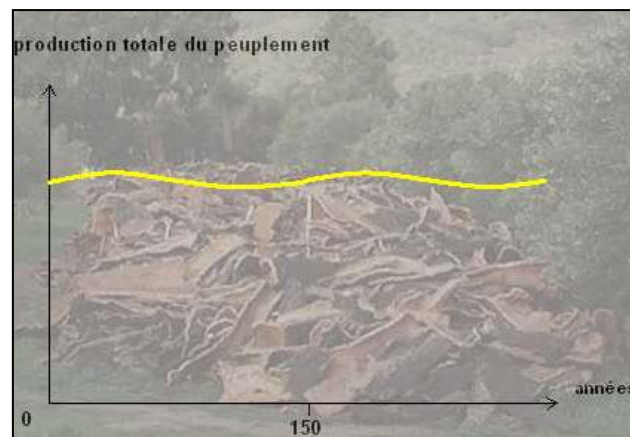


Figure 5: Production de liège en suberaie irrégulière (Riffard et al.,2008)



Figure 6 : Suberaie irrégulière (Cliché Dehane)

I.1.5.2-Exploitation du liège

La première levée appelée, démasclage ; s'opère après 25 à 30 ans. Elle consiste à enlever le liège naturel unique appelé « liège mâle » de 5 à 6cm d'épaisseur. Il est dur et très crevassé. Lorsqu'on dépouille l'arbre de son liège mâle, il se forme, durant une période de 10à 15 ans la première écorce femelle, assez crevassée appelée le liège de reproduction ou marchand. Après 30 à 45 ans que commence la récolte du liège femelle par cycle de 9 à 12 ans. On compte environ 12à 15 récoltes successives durant la vie d'un arbre (Natividade,1956).

I.1.6-Les changements climatiques et les écosystèmes forestiers

Les changements climatiques se traduisent par de rapides bouleversements locaux et globaux des conditions climatiques, des phénomènes exceptionnels voient leurs fréquences augmenter; les températures sortent des gammes de valeurs observées jusqu'ici ; des boucles de rétroaction dans l'atmosphère, vis-à-vis de l'augmentation de température, font que la circulation générale des masses d'air et par suite la répartition des précipitations sont modifiées (Courel, 1984).

Depuis plusieurs années on observe une élévation continue de la température globale (Fig.7). En plus des variations intra- et inter-annuelles, la tendance générale sur un siècle et demi est à l'augmentation. Cette augmentation moyenne, qui est de l'ordre de 1°C sur 150 ans à l'échelle du globe, présente des disparités à l'échelle locale où certaines régions voient leur température augmenter de plusieurs degrés alors que d'autres ne sont pas affectées, voire ont une température moyenne plus faible (GIEC, 2001) .

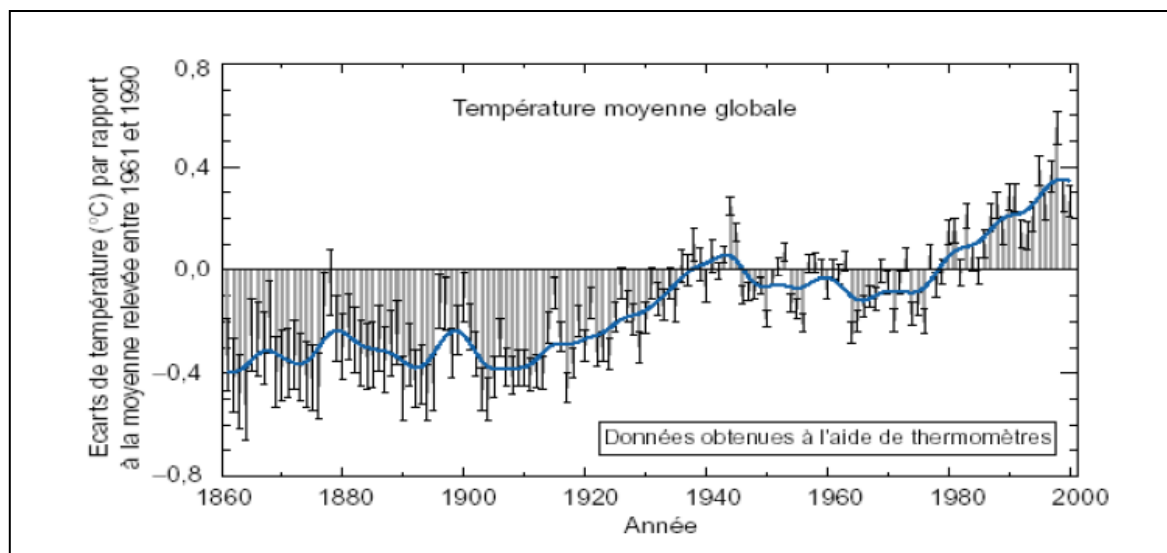


Figure 7 : Variations de la température à la surface de la Terre au cours des 140 dernières années et au cours du dernier millénaire (GIEC,2001).

Dans la dernière moitié du XX^e siècle, dans l'hémisphère Nord, la hauteur annuelle des précipitations pour les terres émergées a augmenté aux latitudes moyennes et élevées (de 30° à 60° de latitude nord) à un rythme de 0,5 à 1 % par décennie. Par contre, dans les zones subtropicales (de 10° à 30° de latitude nord), les pluies à la surface des terres émergées ont en moyenne diminué probablement d'environ 0,3% par décennie (GIEC, 2001).

I.1.7-Effets sur les suberaies

De par les modifications dans les températures, dans les régimes de précipitations et dans la concentration atmosphérique en CO₂, le fonctionnement des écosystèmes forestiers se trouve modifié, aussi bien au niveau du fonctionnement de la végétation que de celui du sol (Walther et al., 2002). Le GIEC a estimé que les Forêts boréales, de montagne, méditerranéennes, de mangrove et tropicales humides étaient les écosystèmes forestiers les plus susceptibles aux changements climatiques (Bernier et Schoene,2009).

La région méditerranéenne est une des régions les plus menacée dans le monde en terme de conditions climatiques extrêmes; en particulier la fréquence et l'intensité des sécheresses, qui a augmenté de façon spectaculaire au cours des vingt -cinq dernières années (Pausas 2004).

A la suite des périodes de sécheresses continues, les déficits en eau résultant, combinée à la haute température et la lumière élevée, peuvent conduire à des impacts permanents sur les

tissus foliaires en affectant la photosynthèse et la transpiration, et donc affecter la croissance du chêne-liège (Breda *et al.*, 1995).

Le déficit hydrique peut altérer la croissance du bois et prolonger le cycle de récolte. La production de liège est largement influencée par des déficits en eau, du fait qu'elle prend le dessus sur la croissance du bois de chêne-liège.

I.2- LE LIEGE

Le nom de liège qui a été appliqué à cette substance vient d'après les étymologistes les plus autorisés, du mot latin « levis », qui signifie léger (Freixe, 1915). L'écorce du chêne-liège se compose de deux couches concentriques distinctes (Fig.8)

1° Une zone intérieure appelée **assise libéro-ligneuse** (cambium) qui est la partie active de l'écorce et est formé de l'enveloppe herbacée du liber et de mésoderme.

2° Une zone extérieure, appelée **assise subéro-phellodermique**, plus épaisse que la précédente, comprenant l'épiderme.

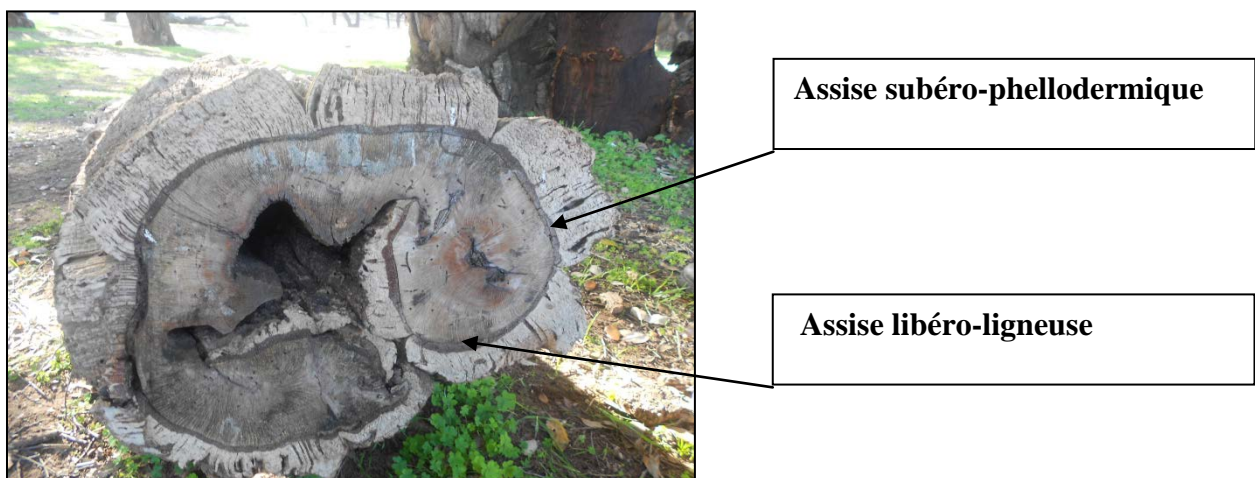


Figure 8 : Coupe transversale d'un tronc de chêne liège (Cliché Dehane).

I.2.1- Formation du liège:

Au cours de sa vie l'écorce du chêne liège produit deux types de liège (Fig.9):

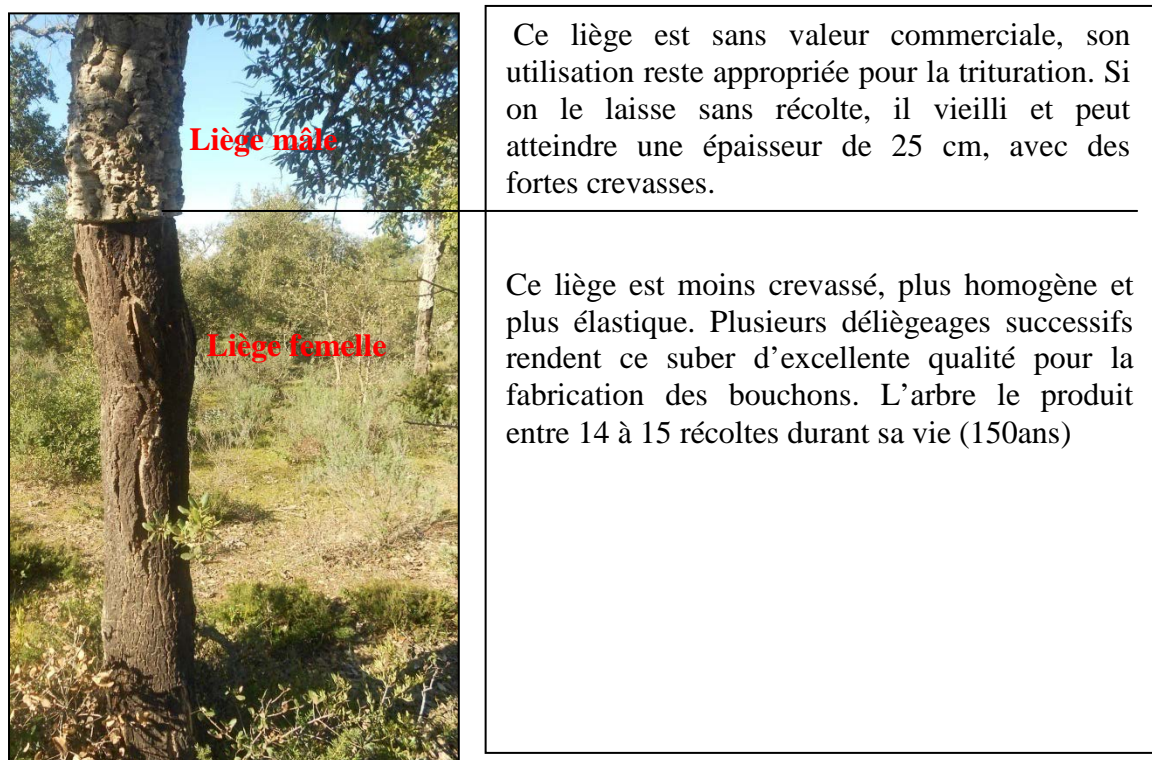


Figure 9 : Types de lièges produits par un arbre (Original)

I.2.2-Accroissements du liège :

Une des particularités physiologique du chêne liège est que l'activité de l'assise subérophellodermique 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 à la fin mai.
Suberaie de montagne : du début avril à la fin mai.
2. Phase estivale : du juin à mi-août pour les 2 provenances.
3. Phase automnale : du fin août-début septembre à la fin octobre.
4. Phase de repos : du début-novembre à la 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; Ferreira *et al.*, 2000) (Fig.10).

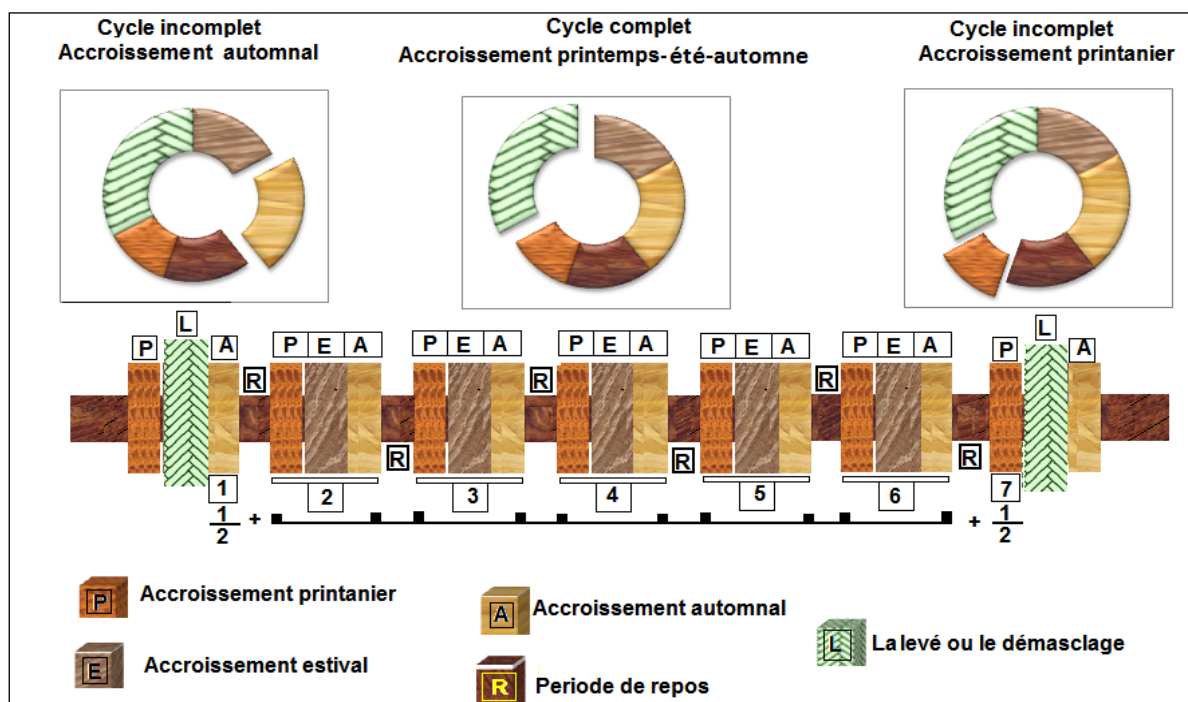


Figure 10 : Cycle végétatif d'un liège de reproduction (5 accroissements complets) (Dehane, 2012)

Théoriquement et d'après la figure 10, 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.11). 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^e année et diminue progressivement pour atteindre 1,5mm la 10^e 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.

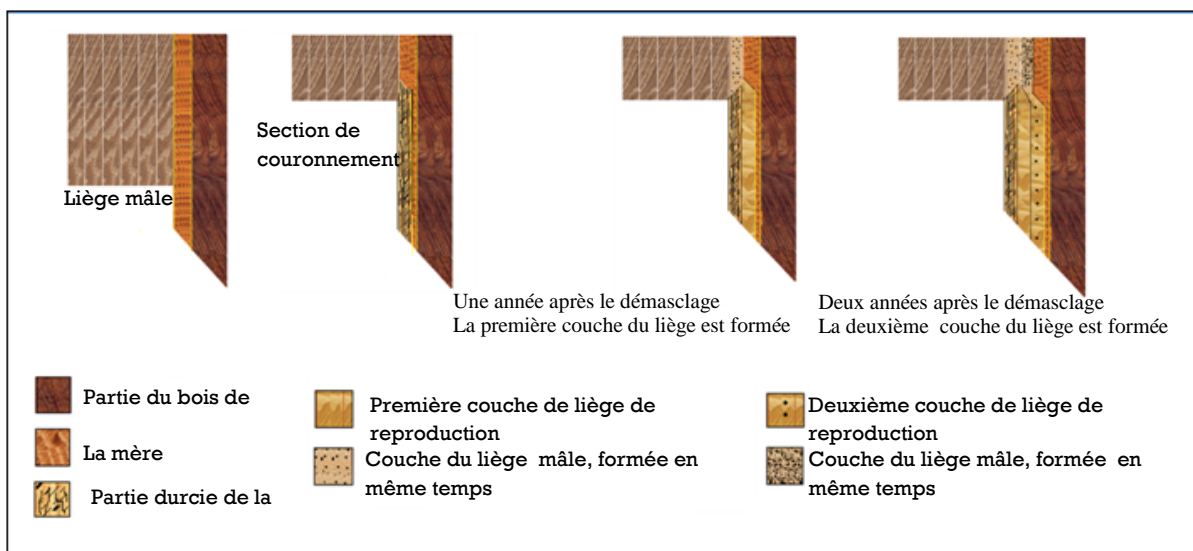


Figure 11 : Chronologie de reproduction du liège naturel (Dehane, 2012)

I.2.3- 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.12). 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 (Fortes et Rosa, 1988).

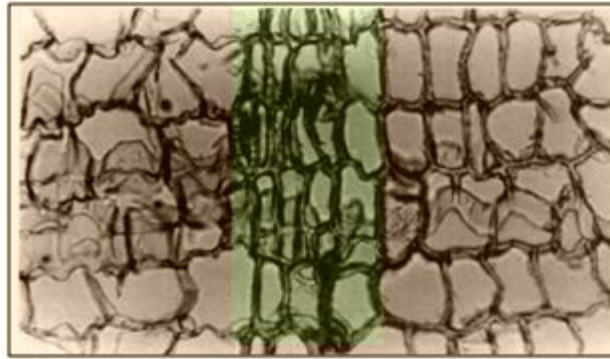


Figure 12: Limite d'un anneau de croissance.
Différenciation de 2 types de suber, automnal (à droite) et printanier (à gauche).
(Gro.x 1000) (Fos et al., 1994)

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 mince tandis que celles de l'été et de l'automne sont plus moins nombreuses mais aux parois épaisses (Gibson et Ashby., 1988; Krahmer et Wellons ,1973) (Fig. 13).

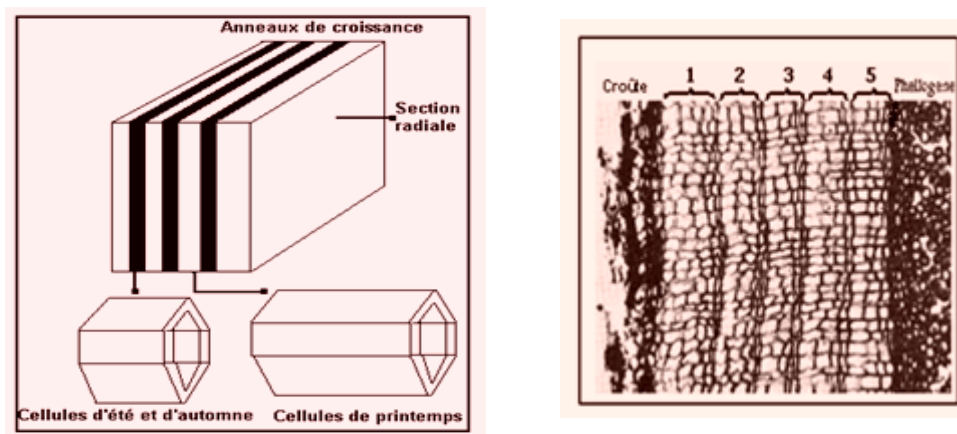


Figure 13 : Forme de la cellule du liège selon les trois sections (Remata Gete ,2008)
A gauche : Alternance de plusieurs anneaux de croissance.
A droite : Section radiale comportant 6 années de croissance complète.

Les dimensions des cellules du liège sont identiques à celles des cellules végétales, typiquement de l'ordre de quelques dizaines de micromètres (μm). Les moyennes des dimensions varient sensiblement selon la saison dans laquelle sont formées (cellules de printemps et de l'été/automne) (Tab.1).

Tableau 1 : Caractéristiques dimensionnelles des cellules de liège (Pereira et al., 1987)

	Liège de printemps	Liège été/automne
Hauteur du prisme	30-40 μm	10-15 μm
Bord de la base du prisme	13-15 μm	13-15 μm
Superficie moyenne de la base	4×10^{-6} à 6×10^{-6} cm^2	4×10^{-6} à 6×10^{-6} cm^2
Epaisseur des parois	1-1,5 μm	2-3 μm
Nombre de cellules par cm^3	4×10^7 à 7×10^7	10×10^7 à 20×10^7

I.2.4- Propriétés du liège :

I.2.4.1- Propriété chimique de liège de reproduction :

D'après Perereira (2007) le liège est composé chimiquement comme suit :

- **La subérine** (45%) : est la substance principale et la plus remarquable qui entre dans la composition du tissu subéreux responsable dans son élasticité.
- **la lignine** (27%) : élément contribuant à la liaison entre les divers composants,
- **la cellulose et polysaccharides** (12%) : composants des parois des cellules contribuant à la définition de la texture du liège,
- **les tanins** (6%) : composés qui déterminent la couleur du liège,
- **les céroïdes** (5%) : composés hydrophobes assurant l'imperméabilité,
- **Les Autres constituants** (5%) : minéraux, eau, glycérine, etc.

I.2.4.2- Propriétés physiques et mécaniques de liège de reproduction :

➤ **La densité** : Le liège de reproduction est moins lourds que le liège male, sa densité varie de 0,18 à 0,2, elle peut atteindre 0,33 à 0,35 avec la croute (Sesbou et Hachmi, 1989).

- **L'humidité** : Une fois récolté le liège peut avoir une humidité de 30 à 35%, le séchage

à l'air le fait baisser à 5-10% (Sesbou et Hachmi, 1989 ; Margot, 2006).

- **Le gonflement** : du fait de son hygroscopie, le liège contrairement au bois, ne subit

pas de retrait au séchage, mais lorsqu'on le fait bouillir, il gonfle ce qui induit une amélioration du calibre avec l'élimination de quelques défauts du liège et une diminution de la densité (Rosa et al. 1990).

Concernant les propriétés mécaniques de liège, il possède la particularité d'atténuer et d'absorber les chocs mécaniques et les vibrations acoustiques (Anjos et Pereira, 2008). En effet, il est déformé puis relâché, une fracture importante du travail est dissipée, elle est mesurée par le coefficient de pente qui varie de 0,1 à 0,3.

Le liège possède une combustibilité et une élasticité linéaire d'environ 7% de la déformation. Ceci est dû à la grande flexibilité des membranes cellulaires. (Sesbou et Hachmi, 1989). La seconde élasticité est très lente, le liège ne retrouve alors qu'en 24 heures 98% de sa taille initial (Hata et al., 1969).

Le liège possède encore un haut coefficient de frottement et une résistance considérables à l'usure (Natividade, 1956).

Selon Quelinis (2008), le liège est apprécié pour son origine entièrement naturelle : faible poids, grande résistance mécanique, élasticité, imperméabilité (à l'eau), imputrescible, antistatique, isotherme, résiste relativement bien au feu, bon isolant thermique, acoustique et vibratoire, et résistant à l'eau grâce à la subérine qui imprègne les cellules. Il est difficilement inflammable, souple et se décompose lentement. La conductivité thermique est très faible : 0,040W/m°C.

1.2.5-Economie du liège

1.2.5.1- Production mondiale du liège

Le Portugal est le premier producteur mondial de liège, à titre indicatif 33% de la subéraie mondiale est portugaise et correspond à près de 60% du commerce mondial de liège (ou 80% en considérant le produit fini fabriqué à partir du liège). En 2005, le Portugal et l'Espagne ont exportés plus de 300 millions d'euros en 2005 (Aronson et al., 2009) (Fig.14).

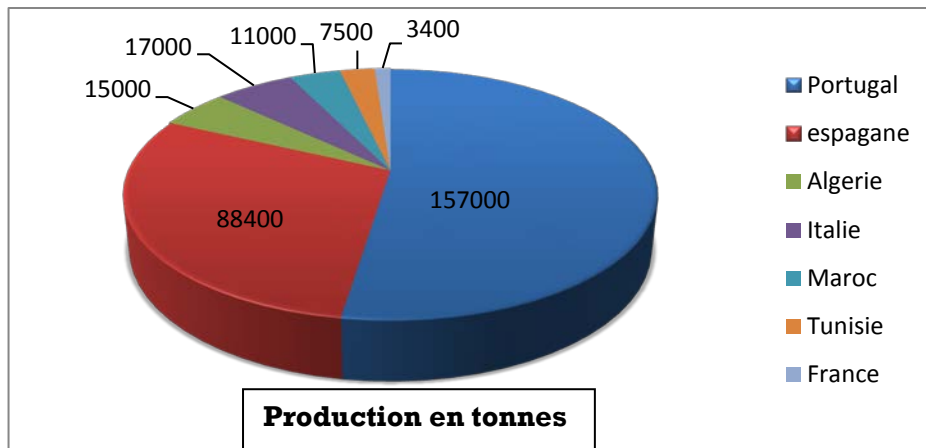


Figure14: Production mondiale du liège (Santos Pereira et al., 2008)

1.2.5.2- Production nationale

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 en 2010 a baissé de 73% par rapport à celle de 1965. La figure 15 résume les fluctuations de la production annuelle de la filière liège en Algérie entre 1965 et 2010.

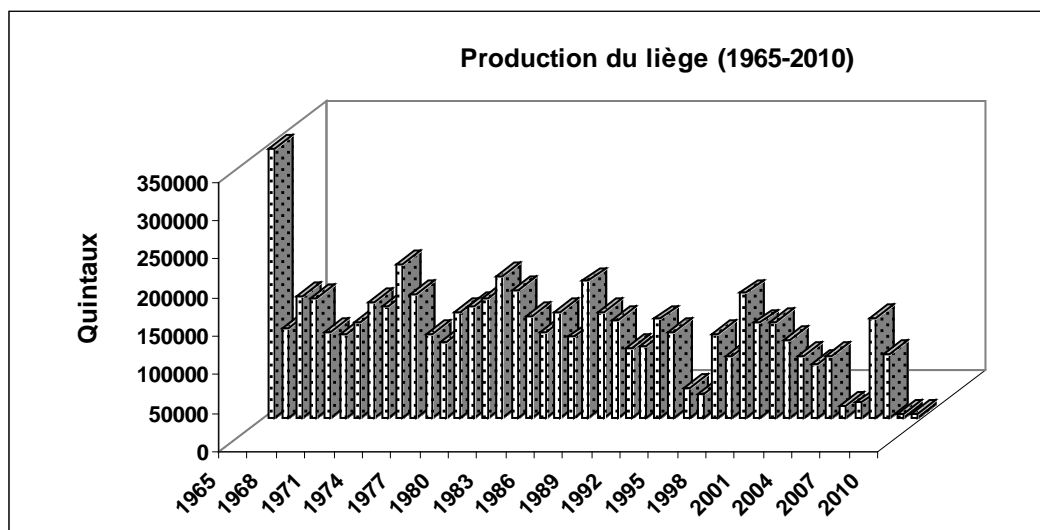


Figure 15: Production nationale annuelle de liège entre 1965-2010 (D.G.F., 2011).

1.2.5.3- Différents usages du liège

Par ses propriétés physiques et mécaniques, le liège occupe une place importante dans l'économie industrielle, ses principaux domaines d'utilisation sont illustrés dans le tableau 2 suivant :

Tableau 2 : Domaines d'utilisation du liège (Messali, 2003)

Domaine	Description	Propriété
Cristallerie	Ponçage au liège	Abrasif 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 Gaines 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.	-

1.2.5.4-Critère d'évaluation de la qualité du liège en planche

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.3) (Saccardy, 1937 ; Iprocor,1994).

Tableau 3: 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 différent considérément 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.

II.1- SITUATION GEOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE

➤ Forêt domaniale de Hafir

La forêt domaniale de Hafir couvre une superficie totale de 10157ha, elle est localisée dans la zone centrale de la wilaya de Tlemcen (15 km au sud-ouest de la ville) sur un grand massif étiré de l'Est en Ouest (Bouhraoua, 2003). Elle est divisée en huit cantons renferme un seul ou plusieurs groupes.

D'après la carte d'Etat Major au 1/50000 de Terny, feuilles n°299 et 300, elle s'inscrit entre les coordonnées Lambert suivantes :

Tableau 4 : Coordonnées géographiques de la forêt domaniale de Hafir

Nom de forêt	Coordonnées géographiques		Distance à la mer (km)
	Latitude	Longitude	
Hafir	X1=105,2km X2=127,1km	Y1=163,6km Y2=178,3km	60

Cette forêt appartient sur le plan géographique à la commune de Terny. Elle est limitée :

*Au Nord : village d'El Guenaine et la commune de Sabra ;

*Au Nord-Ouest : Zelboun et Ain Douz ;

*Au Nord-Est : la forêt de Zariffet ;

*A l'Est : la route nationale menant vers Tlemcen et la commune de Beni Mester ;

*A l'Ouest : la commune de Beni Bahdel ;

*Au Sud village de Beni Bahdel, la route menant à Beni Snous, la commune de Ain Ghoraba et Terni ;

*Au Sud-ouest : la forêt de Moutas.

➤ Forêt domaniale de M'Sila :

La forêt de M'Sila représente un relief moyennement plat qui varie entre 200 à 400 m d'altitude. Elle fut soumise au régime forestier en 1867 (C.F.W.O., 1996). Après

l'indépendance, on lui a associé la forêt de Saint-Pierre (appelée communément « Cheikh Ben Khalifa ») sur une contenance totale de 500ha.

D'après la carte d'état major Andalouse (feuille n°152-153), la forêt s'inscrit entre les coordonnées Lambert suivantes :

Tableau 5 : Coordonnées géographiques de la forêt domaniale de M'Sila

Nom de forêt	Coordonnées géographiques		Distance à la mer (km)
	Latitude	Longitude	
M'Sila	X1=173,1km X2=179,5km	Y1=6,5km Y2=71,7km	14

Administrativement, la forêt relève des compétences territoriales de la wilaya d'Oran. Elle est limitée par les communes d'Aïn Kerma à l'Ouest, Messerghine à l'Est et El Ançor et les Andalouses au Nord. Au Sud, nous trouvons les peuplements de Terziza. Cette forêt fait partie de la circonscription forestière d'Oran et du district de Boutlélis (C.F.W.O., 1996).

II.2- GEOLOGIE ET PEDOLOGIE

La forêt de Hafir repose sur un massif datant du Jurassique supérieur constitué dans sa majorité de grès Séquanien et d'alluvions Quaternaire (Letreuch, 2009).

Les données d'ordre stratigraphique des monts de Tlemcen ont été largement décrites dans le travail de Kaid Slimane(1999), nous citons succinctement :

- Les grès de Boumediene ou grès Lutasicas, représentés par des sédiments essentiellement terrigènes à affinités molassiques.
- Les dolomies de Terny (Tectonique inférieure).

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).

La synthèse faite par Kazi-Tani (1996) à partir de nombreux travaux réalisés sur le massif, on distingue : des sols bruns fersiallitiques, typiquement lessivés. Ces sols sont soumis aux phénomènes d'érosion surtout au niveau des zones exposées aux précipitations et dont les pentes ont une forte déclivité.

- des sols bruns fersiallitiques à tendance podzoliques traduisant la perméabilité de la roche mère (grés séquaniens).

Alors que la subéraie de M'Sila repose sur un sol très profond (supérieur à 2m). En revanche, c'est un sol pauvre d'une texture argilo-siliceuse, provenant de la décomposition de schistes et quartzites néocomiens et de désagrégation des grés 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 grés calcaire, les sols rouges tirsifiés et les sols polycycliques

II.3- HYDROGRAPHIE :

Il existe un Oued principal traversant la région de Hafir « Oued Tafna », il est le plus important dans la wilaya de Tlemcen, la partie sud de la région de Hafir est traversée par un seul Oued appelé « Oued Boumeroune » ; qui a afflué de l'Est vers l'Ouest, son écoulement correspond au bassin de Tafna (Elmi, 1970).

La subéraie de M'Sila est drainée 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 Segga. Entre autre, un seul ravin très profond qui coule dans la plaine de Bousfer (C.F.W.O., 2007).

II.4-LE CLIMAT :

Le climat est un ensemble de circonstances atmosphériques et météorologiques d'une région donnée. C'est donc l'ensemble des facteurs du milieu qui interviennent en écologie, tels que les précipitations, les températures, l'humidité de l'air, les vents et la nébulosité : c'est un élément essentiel de la croissance des plantes, de la formation et de l'évolution des sols et de la gradation et de la récession des populations de ravageurs.

Pour caractériser au mieux le climat des deux forêts, nous avons recueilli des données anciennes qui proviennent principalement de Seltzer (1946) et des données relativement récentes par le biais des services hydrauliques de la wilaya et aussi sont tirées de la

bibliographie. Ces données s'étalent sur deux périodes assez longues l'une ancienne de 21 ans à 24 ans (1913 -1934) et (1914-1938) et l'autre récente de 47-46 ans (1961-1962- 2008).

II.4.1-Données climatiques :

II.4.1.1-Précipitations :

1-Répartition annuelle des précipitations :

Les données pluviométriques annuelles enregistrées dans les 2 forêts pendant la période de référence est représentée dans la figure 16.

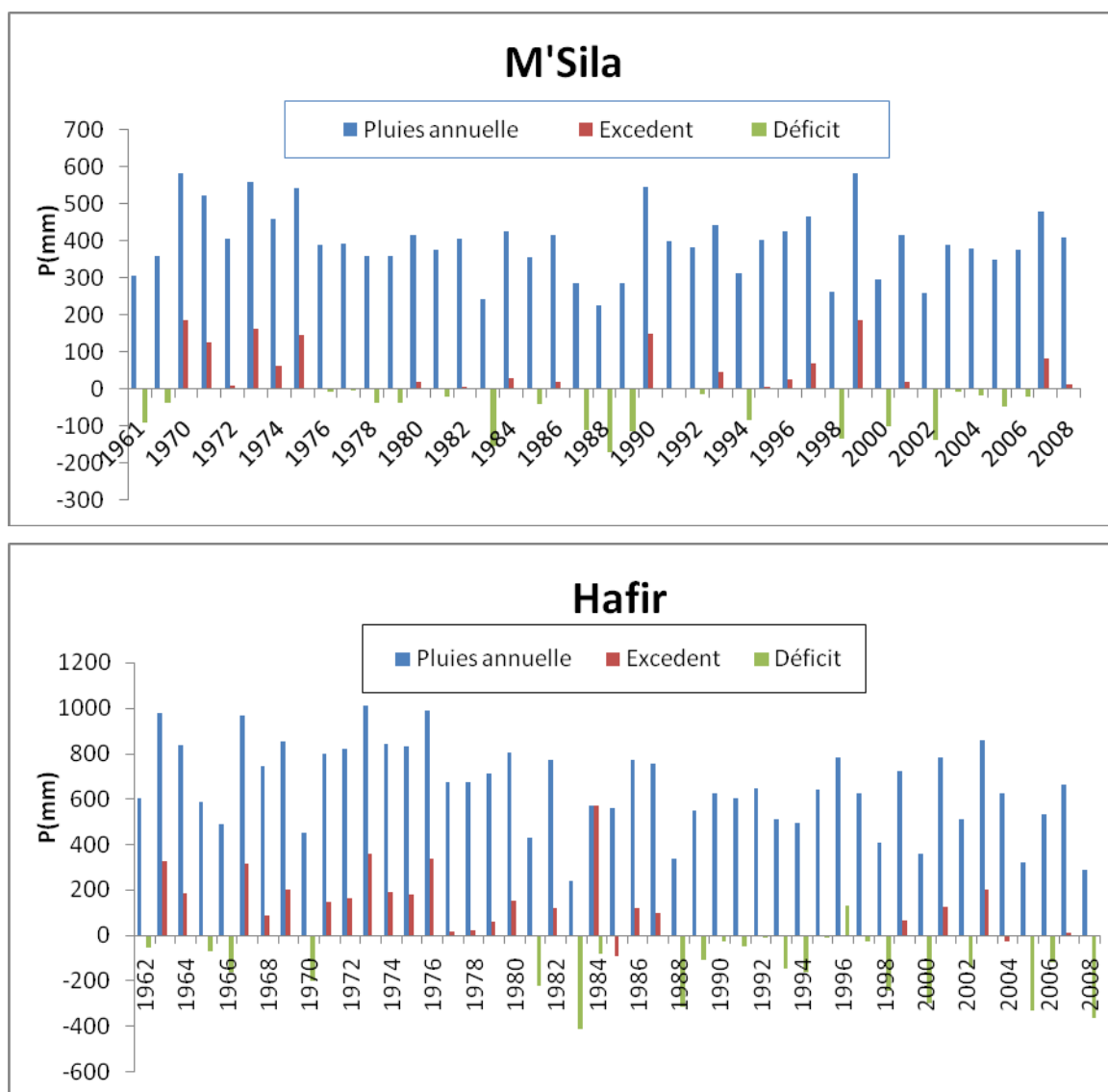


Figure 16 : Répartition annuelle de la pluviométrie dans les deux forêts

L'examen de la figure 16, montre une variabilité interannuelle de distribution des précipitations dans les deux forêts. Cette variabilité est corroborée par un coefficient de variation de 30 % à Hafir et 23 % à M'Sila.

Dans la forêt de Hafir, nous distinguons trois types de saisons dont chacune traduit une situation pluviométrique particulière :

- **La belle saison ou l'année favorable** caractérisée par une pluviométrie annuelle supérieure à 600mm (tranche réclamée par le chêne liège). Cette saison est majoritaire et apparaît sur 30 événements mais d'une façon assez irrégulière et discontinue dans le temps. Mais la période allant de 1971 à 1980, soit une décennie reste la plus favorable soit une moyenne de 815 mm.

- **La mauvaise saison ou l'année défavorable** est caractérisée par une tranche pluviométrique plutôt inférieure à 400mm, ce qui ne correspond pas avec à celle demandée par l'essence. Cette saison apparaît très rarement dans la forêt que sur 4 événements seulement en 1983, 1988, 2000 et 2008. La quantité minimale de pluies enregistrée en 1983 est de 240mm.

- **La saison intermédiaire ou l'année intermédiaire** correspond à une situation intermédiaire entre les deux saisons précédentes. Elle est caractérisée par une pluviométrie annuelle allant de 400 à 600mm, quantité minimale réclamée par l'essence. Cette saison apparaît sur 12 événements soit 27,5% du totale. Elle dure une année rarement deux et fréquemment enregistrée dans les années 80.

Dans la forêt de M'Sila, la moyenne enregistrée durant cette période d'observation est de 396,99 mm. Les précipitations minimales sont observées en 1988 avec une tranche d'eau de 226mm alors que les maximales de l'ordre de 582 mm sont notées en 1970 et 1999. Les années excédentaires en pluie sont localisés principalement en 1970 et 1999 avec tranche de 185mm chacune. Les séquences fortement déficitaires datent de 1988 et 2002 soit respectivement -135 et -170 mm.

2-Répartition mensuelle moyenne des précipitations :

Le tableau 6 consigne les chutes de pluies moyennes mensuelles pendant les deux périodes de référence.

Tableau 6 : Précipitations moyenne mensuelle (mm) pendant les deux périodes de référence.

Forêt	Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
Hafir	1914-38	101	106	105	66	63	22	4	4	29	52	96	100	748,0
	1975-2007	77,89	85,3	90,5	71,7	61,0	13,1	2,4	6,6	24,2	43,5	78,8	63,0	618,0
M'Sila	1913-1934	71,3	59,4	48,6	40	31,3	10,8	1,08	3,2	20,1	44,3	82,1	86,4	498,5
	1971-2008	45,3	48,7	34,3	26,3	16,9	3,2	2,0	0,1	12,5	52,3	84,7	87,6	387,6

Dans la forêt de Hafir, nous constatons que pour les deux périodes, la répartition mensuelle des précipitations est caractérisée par une grande variabilité durant les douze mois de l'année. La période marquée de sécheresse reste bien définie dans le temps, elle se raréfie entre juin, juillet et août.

A M'Sila le mois le plus pluvieux en période nouvelle est décembre avec 87,6 mm tandis que le plus sec est enregistré en août (0,1mm).

3- Régime saisonnier des précipitations :

Pour faciliter le traitement des données climatiques, un découpage en saisons de la pluviosité annuelle est indispensable. Musset (1935) a défini le premier la notion du régime saisonnier. Il a calculé la somme de précipitation par saison et a effectué le classement des saisons par ordre de pluviosité décroissante.

La distribution saisonnière des pluies dans la forêt diffère d'une période de référence à l'autre (Fig. 17).

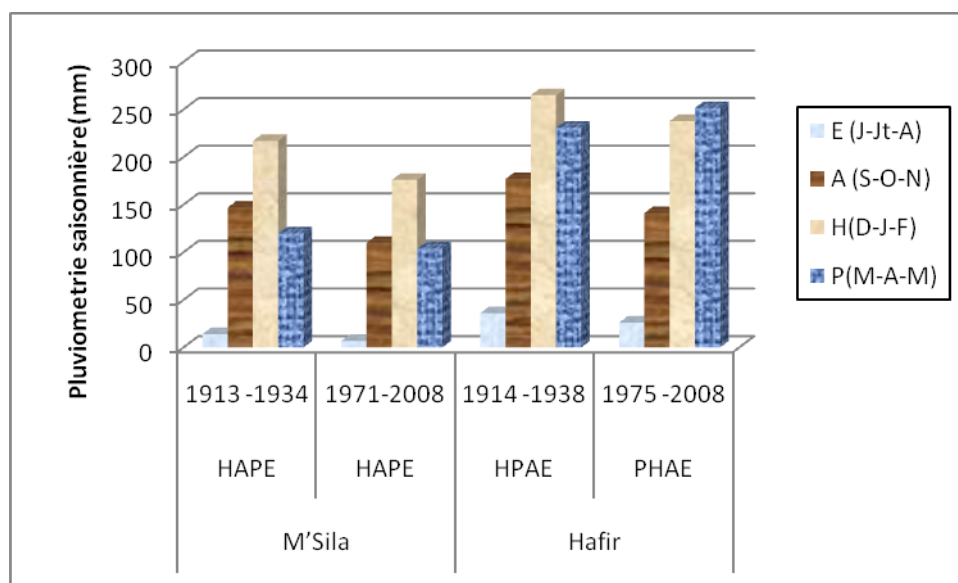


Figure 17 : Régime saisonnier des précipitations dans les deux forêts entre ancienne et nouvelle période

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.

II.4.1.2-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 maximas du mois le plus chaud « M ».

Tableau 7 : 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	8,3	8,6	9,6	11,8	13,5	16,3	19	20	18,3	15	11,1	9,2	13,6
	1971-08	6,7	8,4	9,7	11,7	14,2	17,9	19,5	20,5	18,2	15,2	10,4	8,2	13,8
Hafir	1914-38	1,9	2,6	3,8	5,8	9,4	13	18,4	18,7	14,7	10,1	5,7	2,4	8,87
	1975-07	2,5	3,6	4,37	4,75	7,8	12,2	17	18,7	16,5	10,5	4,8	4,7	8,95

D'après le tableau 7, 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 Hafir 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).

1- Moyenne des maxima du mois le plus chaud « M »

Le tableau 8 laisse apparaître les différentes températures maximales enregistrées dans les des deux forêts pendant les deux périodes.

Tableau 8 : 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.
M'Sila	1913-34	13,9	14,7	16,1	18	20	23	26,5	27	24,9	21,3	17,5	14,8	19,9
	1971-08	17	17,9	19,3	22	22,5	26,5	29,6	30	28	24,7	19,7	16,6	22,8
Hafir	1914-38	9,9	11,5	13,8	16,7	20,9	26,3	32,4	32,9	27,4	21,8	14,5	11,2	19,94
	1975-07	12,9	16,3	19,7	20,7	26,7	31	31,2	34,3	28,5	25	16,6	13,2	23

Il ressort du tableau 8 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 Hafir (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 22,8°C en littoral et 23°C en montagne, ce qui représente une différence nette de 1,8 °C.

2- Températures moyennes mensuelles et annuelles (T°C)

Les températures moyennes mensuelles et annuelles sont consignées dans le tableau 9.

Tableau 9: 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.
M'Sila	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	18,6
Hafir	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
	1975-07	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 9, nous constatons que les températures moyennes annuelles en littoral sont de l'ordre de 18,6°C contre 15,9°C à Hafir. Le mois de janvier reste en général le mois le plus froid pour les deux forêts (12°C à M'Sila et 7,1°C à Hafir). Le mois le plus chaud est noté par contre en août avec 25°C pour la première zone et en juillet pour la seconde (25,6°C).

3- Autres facteurs climatiques

Les précipitations et les températures, facteurs climatiques majeurs, restent les seuls paramètres qui bénéficient d'une mesure quasi-régulière depuis le début de siècle (Seltzer, 1946). Cependant, l'analyse des autres paramètres climatiques, lorsqu'ils sont disponibles, permet de compléter et de nuancer les interprétations.

- **L'humidité relative atmosphérique** : Elle joue un rôle fondamental dans la vie du chêne-liège. Elle compense souvent, lorsqu'elle est élevée, le déficit pluviométrique enregistré durant la saison sèche de la zone relevant surtout de l'étage semi aride.

Dans la zone littorale, la forêt de M'Sila exposée aux influences maritimes, est soumise à une forte hygrométrie atmosphérique. Avec une variation annuelle faible, celle-ci oscille entre 75 % en hiver et 67 % en été, soit une moyenne relativement élevée de 72 %. Dans cette forêt, outre cette humidité qui compense le déficit des pluies en saison estivale, les rosées et brouillards sont fréquents et peuvent conduire selon Quezel (2000), à un apport d'eau très important.

Dans la zone montagneuse, qui forme souvent un obstacle à ces influences, la forêt de Hafir est caractérisée par une hygrométrie relativement faible. Elle varie au cours de l'année de 72 % en hiver à 52 % seulement en été. La saison estivale y est donc plus sèche que sur le littoral mais les précipitations occultes (brouillards notamment) qui sont assez fréquentes fournissent par leur condensation un apport d'humidité supplémentaire au sol (Sauvagnac, 1956 ; Bouhraoua, 2003).

- **L'enneigement** : les chutes de neige sur le littoral sont très rares voire inconnues, mais elles ont lieu en montagne dans l'Atlas tabulaire. A Tlemcen, la neige fait son apparition à partir de 800 m d'altitude. Dans la forêt de Hafir, la neige était autrefois très abondante et son importance variait selon les années (Thintoin, 1946). Les premières chutes étaient enregistrées en hiver à partir du mois de décembre et étaient surtout abondantes en janvier-février pour disparaître à partir de mars. Ces chutes, fréquemment renouvelées, atteignaient 20 à 30 cm d'épaisseur avec un maximum de 1,50 à 2 m. La durée d'enneigement était d'environ 25 jours par an. Durant ces dernières décennies, les chutes de neiges sont devenues moins fréquentes voire rares dans toute la région et on ne compte actuellement que quelques jours d'enneigement par an.

II.4.1.3-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.

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.10).

Tableau 10: Indice de continentalité des deux forêts.

Forêt	Période	M (°C)	m (°C)	M-m (°C)	Type de climat
Hafir	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 Hafir, 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 adoucie les températures de l'hiver (m) et de l'été (M).

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 11: Indice de sécheresse estivale des deux forêts

Forêt	Période	(P.E) Pluviosité estivale « mm »	M (°C)	I.e
Hafir	1914- 1938	36	32,9	1,1
	1975- 2007	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 11 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.

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.12).

Tableau 12 : Etage de végétation du chêne liège dans les deux forêts

Forêt	Période	T (°C)	m (°C)	Altitude moyenne (m)	Etage de végétation
Hafir	1914- 1938	14,5	1,9	1200	Mésoméditerranéen
	1975- 2007	15,9	2,5		
M'Sila	1913- 1934	16,6	8,3	350	Thermo-méditerranéen
	1971- 2008	18,1	6,7		

Le chêne liège de la forêt de Hafir 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 thermo-méditerranéen ($m > 3^{\circ}\text{C}$, $T \geq 16^{\circ}\text{C}$ et $\text{alt.} < 600\text{m}$).

3-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 model 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.18).

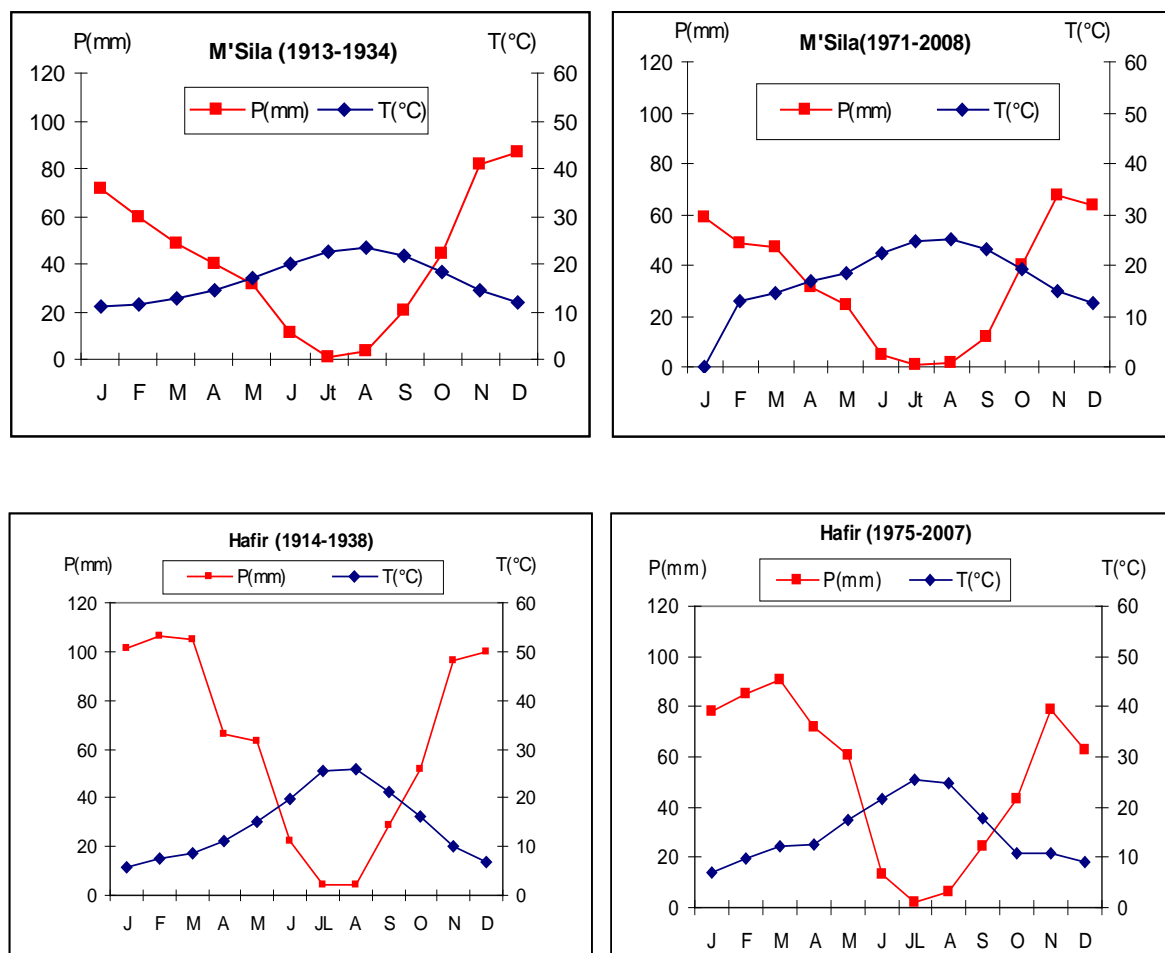


Figure 18: Diagrammes ombrothermiques de la forêt de M'Sila et de Hafir

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 Hafir, la sécheresse comptabilise 4 mois, de juin à la mi-septembre (ancienne et nouvelle période).

4-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.13) nous a permis de positionner nos deux forêts dans les étages correspondants (Fig.19).

Tableau 13: Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques des deux forêts

Forêt	Période	P mm	M (°C)	m (°C)	Q2	Etage bioclimatique	Variante thermique
Hafir	1914-1938	748,00	32,9	1,9	83,03	Sub- humide supérieur	Frais
	1975-2007	618,00	34,3	2,5	66,64	Sub- humide inférieur	Frais
M'Sila	1913 - 1934	498,50	27	8,3	92,11	Sub- humide inférieur	Chaud
	1971 - 2008	387,6	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°C caractérisant un hiver frais.

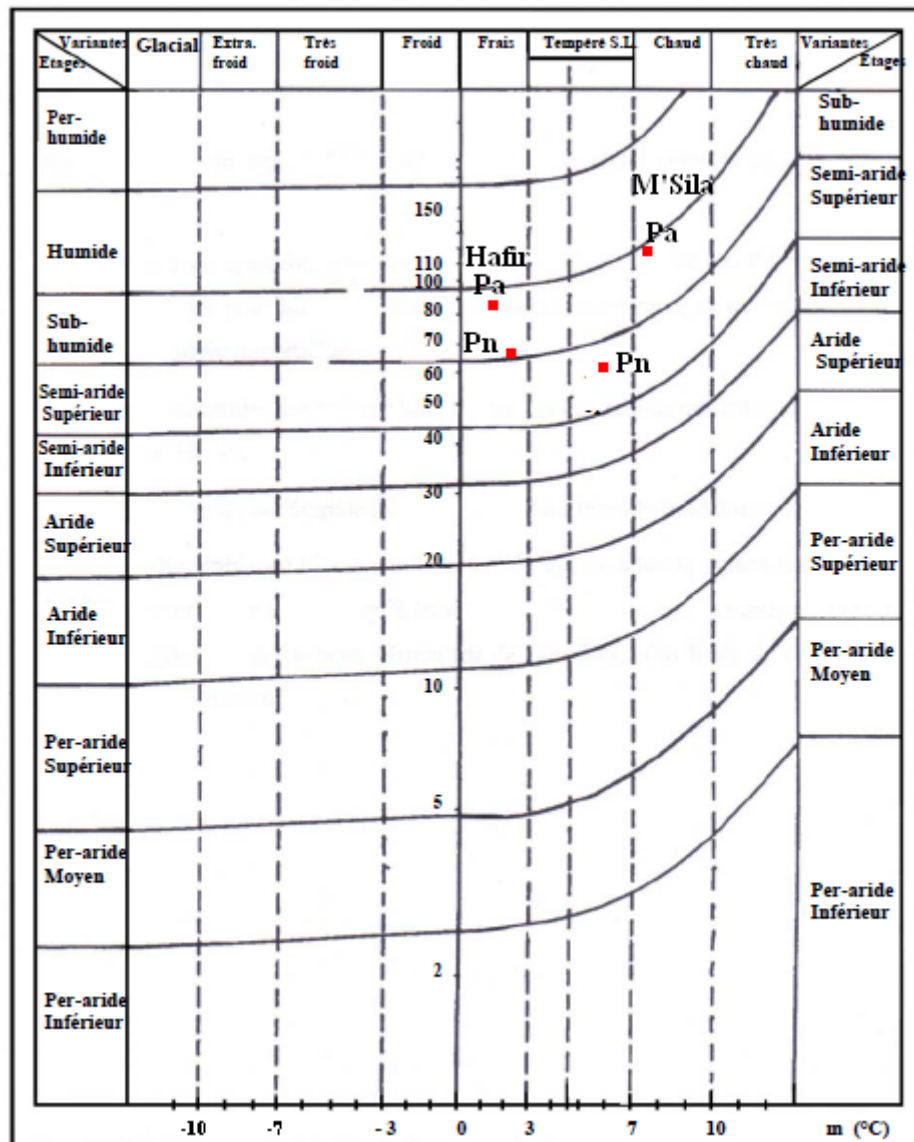


Figure 19: Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger des deux forêts au cours de la période ancienne (Pa) et récente (Pn).

II.5- DESCRIPTION FORESTIERE

La subéraie 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 subéraie de Hafir qui est l'un des peuplements reliques de l'Oranie, fournissait selon Boudy (1955) le meilleur liège d'Algérie. Actuellement cette vieille futaie avec ses sujets plus que bicentennaires est nettement en déclin, état de dégradation lié aux rudes conditions climatiques aggravées par l'état physiologique des souches (vieilles), l'absence de régénération, les incendies et par l'action de l'homme.

Les peuplements de chêne-liège couvrent une superficie de l'ordre de 3 500 (BOUDY, 1955) à 4 000 ha (Thintoin, 1956 ; Sauvagnac, 1956). Ils sont localisés dans de nombreux cantons (11 au moins) dont les plus importants sont S'Rutou, Moutas, Tatsa, Tijdit, Oued Tlet, Oued Fernane et Koudiet Hafir.

Un autre facteur important est intervenu dans l'élimination du chêne-liège de certaines stations. Le chêne-zeen (*Q. Faginea ssp. Tlemcensis*) est en effet capable de dominer dans les endroits humides en formant un taillis sous futaie très dense. Mais le comportement de cet arbre qui a remplacé le chêne-liège là où il avait disparu a permis la reconstitution d'un

couvert forestier qui a fait ainsi obstacle à l'envahissement du maquis. En revanche, dans les stations sèches, c'est le chêne vert (*Q.rotunfolia*) qui, du fait de sa robustesse et de sa plasticité, a envahi les anciennes subéraies, surtout après les incendies (Bouhraoua, 2003).

Le sous bois est très riche en plantes dont certaines sont caractéristiques d'une humidité élevée et d'autre de la présence du maquis, symbole de dégradation. Ce dernier est souvent peu développé mais rarement absent. Dans les stations dégradées par les incendies, il est en revanche très abondant. Parmi les plantes les plus fréquentes, signalons : le lierre (*Hedera helix*), le chèvrefeuille (*Lonicera implaxa*), la salsepareille (*Smilax aspera*), la ronce à feuille d'orme (*Rubus ulmifolius*), le daphne ou laurier des bois ou garou (*Daphne gnidium*), l'arbousier (*Arbutus unedo*), le petit houx (*Ruscus aculeatus*), la bruyère arborescente (*Erica arborea*), le romarin (*Rosmarinus officinalis*) et la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*).

Dans les zones dégradées, plus chaudes, on trouve plus d'essences secondaires telles que le chêne kermes (*Quercus coccifera*) et le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), mais aussi les Cistes (*Cistus ladaniferus*, *C. salviaefolius*, *C. monspeliensis*), le diss (*Ampelodesmos mauritanicus*) et le doum (*Chamaerops humilis*).

II.6 - PRODUCTION SUBERICOLE

La production du liège en région oranaise a connu deux grandes périodes de fluctuation bien distinctes. La 1^{ère}, 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 cultureux 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.

II.6.1-La subéraie de Hafir

La production en liège de toute la wilaya de Tlemcen dépend principalement de la forêt de Hafir dont les subéraies sont les plus importantes. Le liège de reproduction, depuis longtemps considéré comme un liège de qualité supérieure, représentait en effet les 2/5 de la production locale qui, selon Boudy (1955), a atteint 20 000 qx entre 1939 et 1951 alors que le liège mâle représentait 1/3 seulement du total (6 300 qx).

Le liège marchand qui représente le plus gros de la production (70 %) a été levé régulièrement, avec un rendement moyen de 792 qx, soit une production totale de 11 880 qx en 15 campagnes. Le reste de la production est réparti entre le liège brûlé (248 qx récoltés à 5 reprises après les incendies de 1940, 1941, 1943, 1952 et 1956) et le rebut. Ce dernier, qui représentait 4 à 35 % de la production annuelle selon la campagne, totalisait une récolte moyenne de 207 qx (Bouhraoua, 2003)

Après l'indépendance, les travaux d'exploitation du liège n'ont repris qu'en 1970 et se sont poursuivis jusqu'en 1996 (dernière exploitation), mais à un rythme très irrégulier correspondant à deux grandes périodes de 5 ans : 1970-1974 et 1982-1986. Depuis lors, la production s'est ralentie pour des raisons diverses (accidents climatiques, attaque d'insectes et autres) jusqu'en 1995 où les récoltes ont alors repris timidement et sur des superficies très restreintes. La production globale de cette période est de l'ordre de 13 000 qx, soit une moyenne de 1 180 qx (Fig.20).

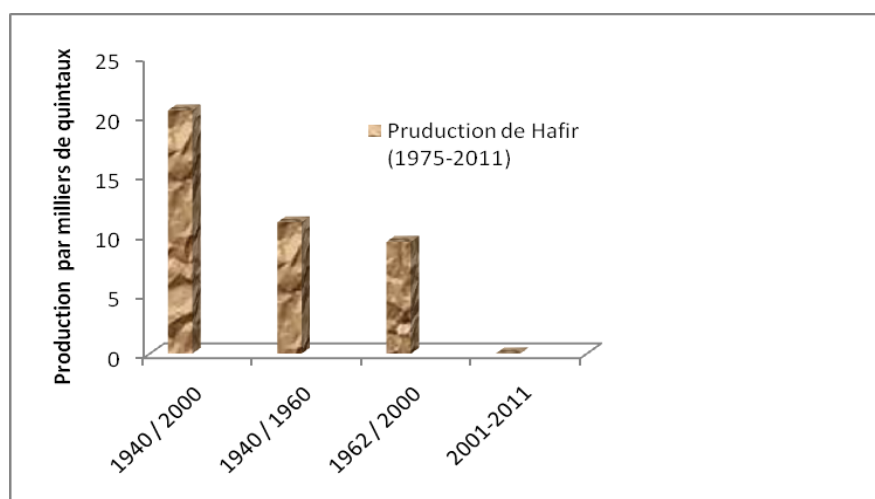


Figure 20 : Evolution périodique de la production du liège à Hafir (C.W.F.T., 1996 et 2011)

II.6.2-La subéraie 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.19). 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.21).

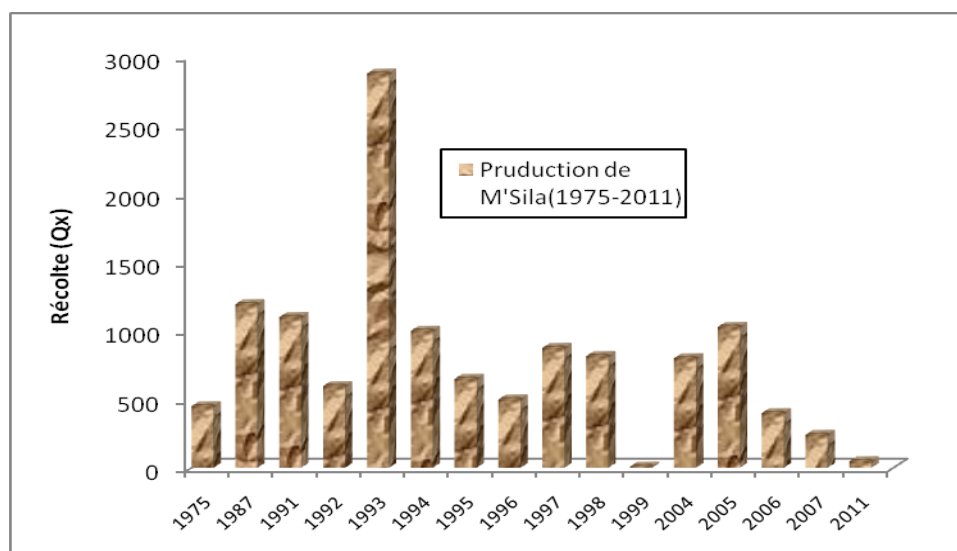


Figure 21 : Evolution périodique de la production du liège 0 M'Sila (C.W.F.O., 2011)

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). En 2011, la production n'a pas dépassé les 50 quintaux (Dahane, com. pers.).

III-1-CHOIX DE LA ZONE D'ETUDE ET OBJECTIF

Notre travail a concerné deux zones de production du liège très connues en Oranie, M'Sila et Hafir. Ce choix s'avère très représentatif par rapport aux divergences de point de vue situation géographique, conditions climatiques, structure des peuplements(Fig.22).

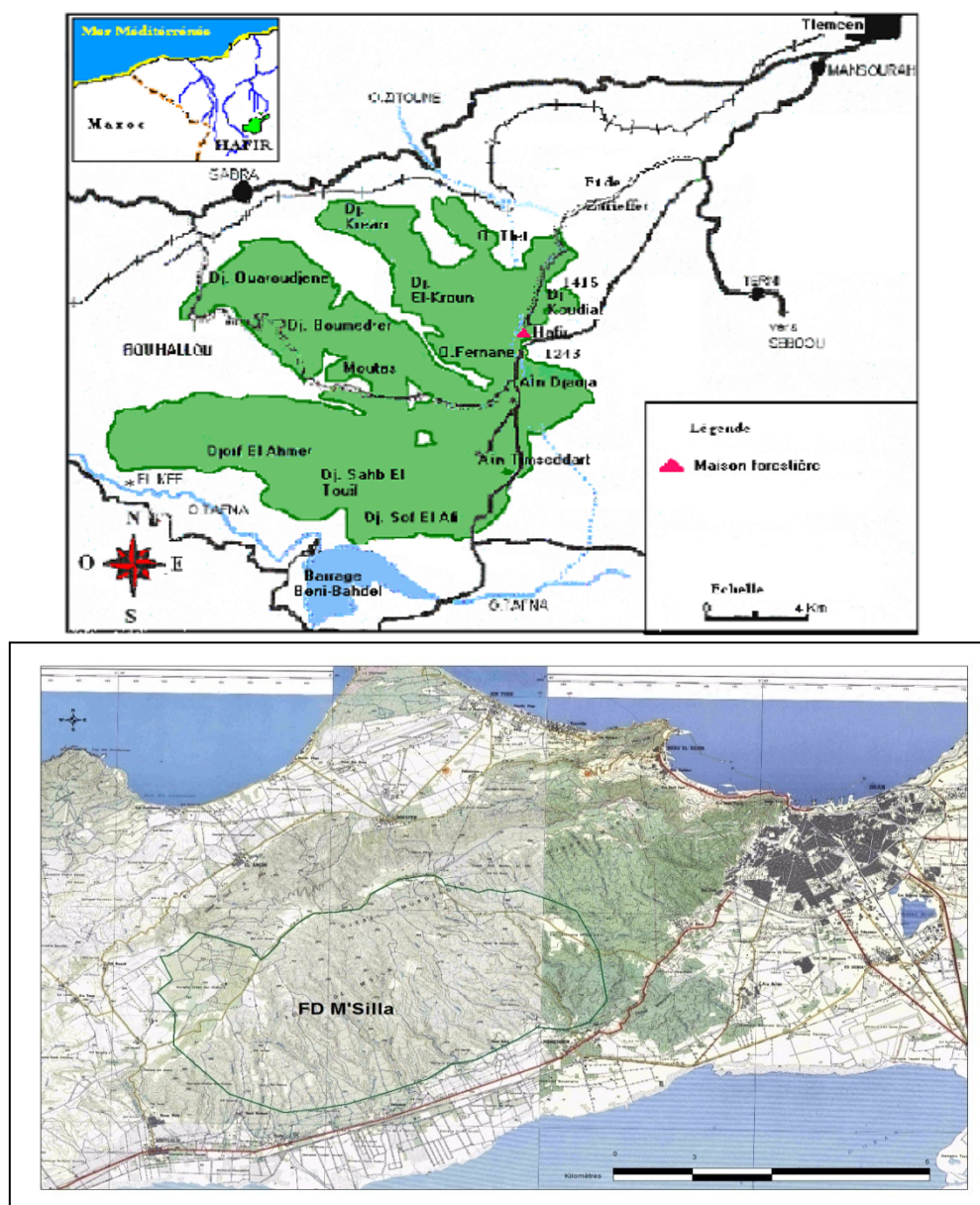


Figure 22: Situation géographique de la forêt de Hafir et de M'Sila (Sauvagnac, 1956 modifiée par Dehane,2006 ; C.F.W.O. ,2007)

Les changements climatiques sont l'un des principaux moteurs du programme de recherche mis en œuvre par les services forestiers de plusieurs pays du monde. L'initiative a

été lancée en 2006, en vue d'adapter les politiques et pratiques de gestion forestière pour renforcer la résistance des écosystèmes forestiers (Bernier et Schoene, 2009). Les subéraies en tant que écosystèmes forestiers très fragiles sont soumis aujourd'hui à des pressions considérables car ils se situent dans les zones densément peuplées. Le stress issu des changements climatiques pourrait aussi réduire encore la capacité productives et de survie de ces peuplements. C'est dans cette optique que notre travail s'incère. En effet, il était question de savoir la capacité de résistance ou de fragilité des arbres face à une fluctuation annuelle et saisonnière des retombées pluviales.

III.2-CHOIX DES ECHANTILLONS

Nous avons retenu 40 échantillons par subéraie et de surfaces différentes. L'ensemble des échantillons (80 planches) font partie de l'opération d'exploitation de 2011 dans les forêts (Fig.23).



Figure 23 : Parcs à liège de M'Sila et de Hafir en janvier 2012 (Original)

Les échantillons du liège de M'Sila ont été choisis au hasard (durant le mois de janvier 2012) du parc à liège situé près de la maison forestière de la Forêt domaniale de M'Sila. Les planches de Hafir ont été obtenues de la même façon du parc à liège situé dans le District de Ouled El Mimoun, au mois de décembre 2011. En effet, nous avons divisé la pile en quatre parties égales distance, puis nous avons choisis aléatoirement 10 planches dans chaque partie.

III.3-PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Dans notre travail, l'observation de la couche du liège se limite aux mesures des épaisseurs des couches annuelles du liège depuis sa dernière levée. Le protocole d'expérimentation comprend :

- Eau limpide
- un réchaud, bassine en métal.
- Découpeuse électrique
- Ponceuse, pied à coulisse.
- Loupe binoculaire doté d'un micromètre gradué en 1000 division
- Epingle entomologique très fine pour localiser les accroissements sous la loupe.

Nos échantillons ont été émergés dans l'eau bouillante pendant 1h à 100°C, dans une grande bassine en métal. Le bouillage est une opération très importante qui permet d'une part, le nettoyage et la désinfection du liège, d'autre part, favorise son expansion linéaire et volumétrique. Pour bien redresser les plaques du liège, les échantillons sont laissés à l'air libre pendant une période de stabilisation et de séchage de 10 jours.

III.3.1-Technique de mesures des accroissements annuels

Le découpage des échantillons du liège en petites lames de 10 mm d'épaisseur puis leur ponçage sont effectués à l'aide d'une découpeuse électrique et d'une ponceuse disponible au niveau de Département de foresterie (Fig.24).



Figure 24: Mesure des accroissements annuels en 3 points égale distance (Original)

En effet, chaque année de croissance (anneau ou cerne) est mesurée sur chaque section transversale dans trois endroits à distance égale (3 cm) marqués avec un stylo très fin. La largeur des cernes de croissance de chaque échantillon est enregistrée en déplaçant, sous une loupe binoculaire (stéréo microscope LEICA), un chariot mobile (banc manuel LINTAB6) relié à l'ordinateur équipé d'un système automatique d'enregistrement (TSAPWin) (disponible au niveau de Département de foresterie) (Fig.25). La lecture consiste en la mesure de la largeur des cernes perpendiculaire à leur limite au 1/1000 de mm. L'échantillon est posé sur le chariot qui défile sous la loupe binoculaire. Les résultats sont donc la moyenne des 3 mesures/cerne.



Figure 25: Méthode de mesures des accroissements annuels sous la loupe binoculaire Leica (Original)

III.3.2-Distribution des échantillons selon les classes d'épaisseur et d'accroissements

Les mesures des échantillons du liège, une fois rassemblés, sont organisées par ordre de calibre et d'accroissement selon l'âge du liège.

L'ensemble des mesures réalisées sur les 80 lames de liège sont réparties en 4 classes suivant le tableau 14 et 15.

Tableau 14 : 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 15: 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

III.3.3- Synthèse climatique

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 la forêt depuis la dernière exploitation du liège. A cet effet, les valeurs des hauteurs de pluies ainsi enregistrées concernent les périodes

2002/2009. La pluviométrie coïncidant avec l'année des accroissements incomplets n'a pas été prise en compte pour l'ensemble des échantillons.

Plusieurs paramètres climatiques ont été pris en considération pour caractériser le climat analogue à la croissance du liège. Il s'agit de :

- La pluviométrie de l'année végétative (Années hydrologiques)
- Déficit pluviométrique donné par la formule : $DP = P_i - P_m$ (avec P_i : pluie du mois et P_m : pluies moyenne de la période).

Pour mettre en évidence l'impact du climat sur les accroissements annuels du liège nous avons calculé l'indice d'accroissement annuel que nous avons superposé paramètres suivants :

- Pluviométrie mensuelle cumulée durant différentes période de l'année (**t**) et l'année (**t-1**).
- L'indice de déficit pluviométrique (**Idp**) : Cet indice nommé aussi indice de déficit pluviométrique, permet de visualiser et de déterminer le nombre des années déficitaires et leur succession. Elle s'exprime par la formule proposée par Stour et Agoumi (2009) :

$$Idp(\%) = (P_i - P_m) / P_m \times 100$$

Une année est dite sèche lorsque cet indice est négatif et humide quand il est positif. Le cumul de l'indice de l'écart en pourcentage à la normale des années successives permet de dégager les grandes tendances en faisant abstraction des faibles fluctuations d'une année à l'autre. Quand la somme des indices croît, il s'agit d'une tendance humide. La tendance est sèche, dans le cas contraire.

- L'indice standardisé des précipitations (ISP) : Cet indice se base sur la comparaison de la pluviométrie actuelle au nombre d'écart type (Aghrab, 2003). L'indice standardisé des précipitations « SPI » (Standardised precipitation index) a été développé en vue de caractériser les déficits de précipitation pour une période donnée (McKee et al., 1993). Il prend en considération l'importance du temps dans l'analyse de la disponibilité des ressources en eau. En effet, la période de temps sur laquelle le déficit des précipitations est accumulé devient extrêmement importante pour séparer entre les différents types de sécheresses (McKee et al., 1995). Il peut être calculé à différentes échelles de temps (1, 3, 6, 12, 24 et 48 mois) afin de refléter l'impact de la sécheresse sur les différentes ressources en eau (Hayes et al., 1999). La formule mathématique de SPI est la suivante :

$$\text{ISP} = (\text{Pi} - \text{Pm})/\sigma$$

Pi : Précipitation de l'année i

Pm : Précipitation moyenne

σ : Déviation standard ou écart type

En utilisant les seuils de sévérité établis par la méthode de nombre d'écart type, (Aghrab, 2003) a établi une nouvelle classification de SPI. Cette nouvelle classification est présentée dans le tableau 16.

Tableau 16 : Classification de la sévérité de la sécheresse selon ISP (Aghrab, 2003)

Extrêmement humide	>2
Sévèrement humide	1 à 1,99
Modérément humide	0,31 à 0,99
Normale	-0,30 à 0,30
Modérément sèche	-0,31 à 0,99
Sévèrement sèche	-1 à -1,99
Extrêmement sèche	<- 2

III.4 – TRAITEMENT DES DONNEES

Les résultats obtenus sur la relation existante entre les accroissements du liège et certains facteurs climatiques (la pluviométrie) sont soumises à des tests statiques univariés. Ces derniers regroupent certains paramètres de position et de dispersion tels que la moyenne, l'écart type et le coefficient de variation (Dagnelie, 1973).

En ce qui concerne les corrélations, nous avons utilisé le coefficient de corrélation de Pearson. Les principales relations dégagées sont les suivantes :

- Pluies accumulées / indices d'accroissements moyens annuels.
- Indice de déficit pluviométrique/ indices d'accroissements moyens annuels.
- Indice standardisé des précipitations /indices d'accroissements moyens annuels.

IV.1- RESULTATS

IV.1.1--Caractérisation globale de la croissance du matériel récolté

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.

IV.1.2– Etude du calibre des échantillons

La répartition des échantillons du liège des deux forêts par classe d'épaisseur est illustrée dans la figure 26.

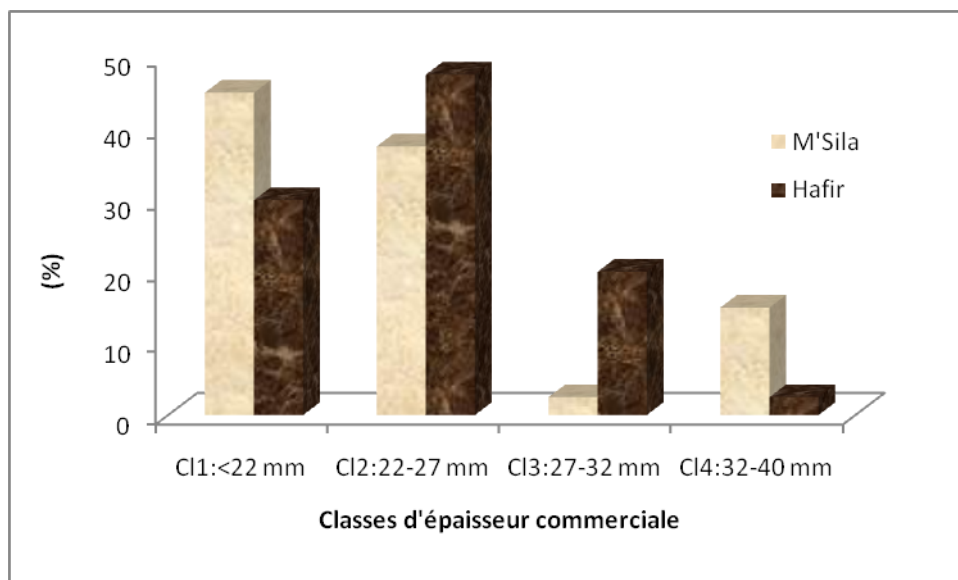


Figure 26: Répartition des échantillons par classe d'épaisseur commerciale (n=80)

La figure révèle clairement la distinction quantitative entre les calas du littoral (M'Sila) et de montagne (Hafir). En effet, la classe d'épaisseur de type « régulier » (Cl4 :32-40mm) semble trancher entre les deux provenances, soit un taux de l'ordre de 15% (M'Sila) et 2.5%(Hafir). La classe représentative de type « mince » (Cl2 :22-27mm) s'identifie plus dans le liège de montagne (47,5%) contre 37,5% à M'Sila. Le test statistique indique une différence très hautement significative entre les classes d'épaisseur commerciale de M'Sila et de Hafir ($F_M=13,41$; $p= 0,000$ et $F_H =16,85$; $p=0,000$) (Fig.27).

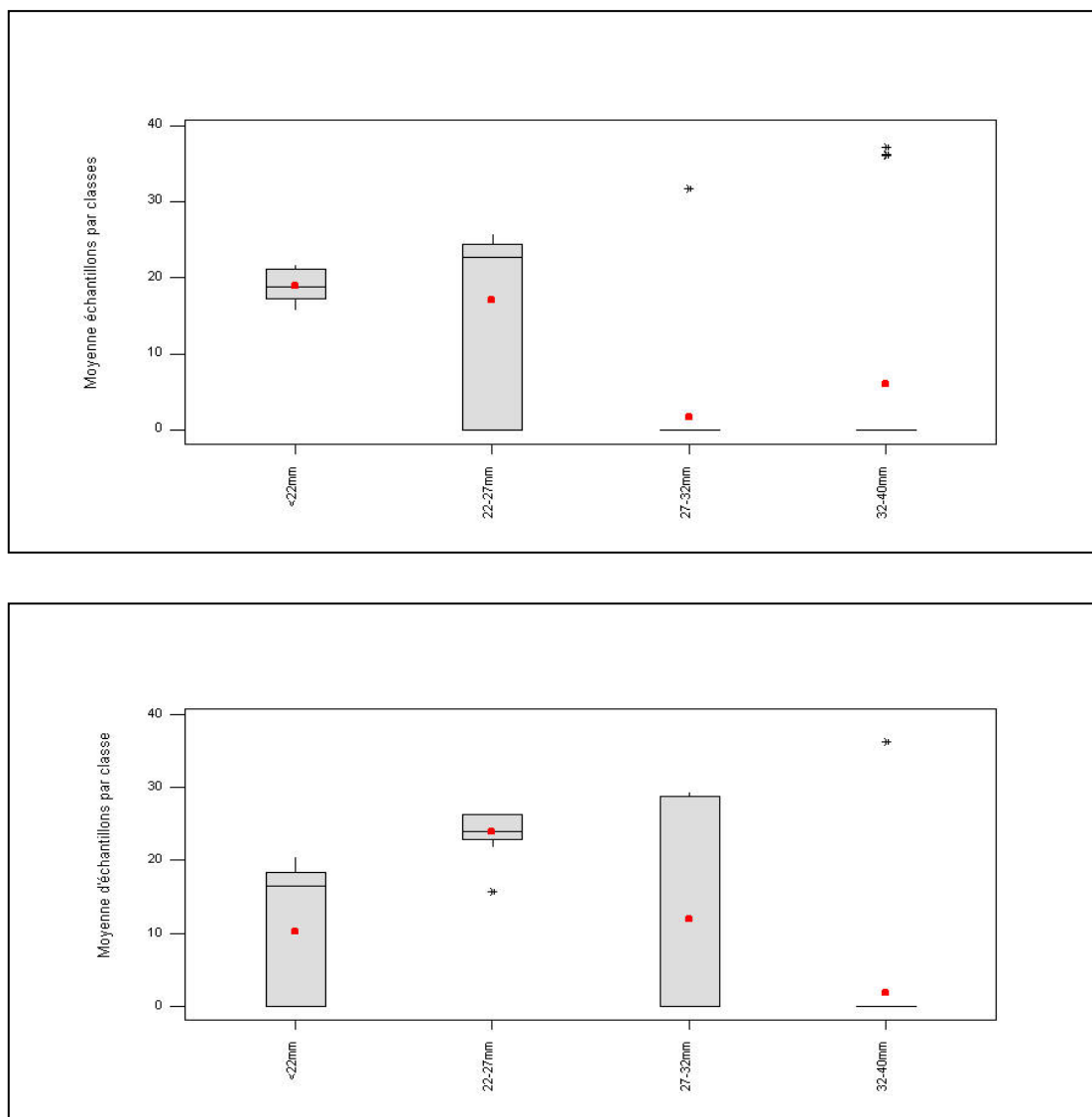


Figure 27: Distribution des échantillons par classes commerciales (Haut : M'Sila, Bas : Hafir)

IV.1.3- Etude de l'épaisseur cumulée par classe commerciale

La croissance cumulée de l'épaisseur cumulée 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 28.

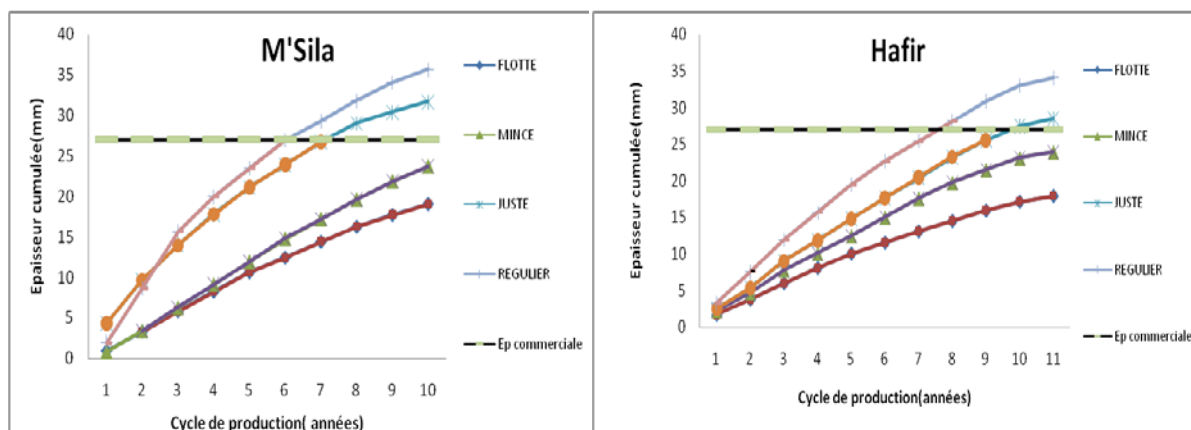


Figure 28: Répartition de l'épaisseur cumulée dans le cycle de production

D'après la figure 28, nous constatons que le liège de M'Sila atteint sa maturité précoce à l'âge de 6 ans pour le type « régulier » et à l'âge de 7 ans pour celui « juste ». Dans le premier type, l'épaisseur cumulée détient 75,5% de la croissance totale (relative au cycle de 10 ans), dans le second elle est aux alentours de 84,5%. Par contre le liège de type flotte n'acquiert l'épaisseur commerciale (27mm) qu'à l'âge de 14 ans. A 10 ans, il ne comptabilise que 70% de la maturité (19,07mm). Par ailleurs, le liège mince ne réalise sa maturité (27mm) qu'à l'âge de 12 ans. A 10 ans, il n'enregistre que 87% de la croissance dans le cycle, soit 23,7mm.

En ce qui concerne le liège de Hafir, nous remarquons que le liège de type « régulier » atteint sa maturité précoce à l'âge de 8 ans (27mm). A cet âge, la croissance détient 82,5% de la croissance totale dans le cycle (11 ans). Le liège de type « juste » arrive à sa maturité à l'âge de 10 ans, soit 96,3% de la croissance. D'autre part, les lièges de type « flotte » et « mince » caractéristiques de la montagne n'acquièrent leur maturité commerciale qu'à l'âge de 15 ans pour le premier et 13 ans pour le second. Le liège flotte réalise seulement 66,18% (17,87mm) de sa croissance à 11 ans tandis que le type mince 88,5% (23,92mm) (à 11 ans).

IV.1.4-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, Dahane, 2012).

L'existence de deux cycles de production de durée différente (9 ans et 10 ans) rend vaine toute tentative de comparaison des accroissements annuels entre les deux subéraies. Toutefois, cet obstacle a été évité en considérant seulement les 8 années de croissance complète qui sont communes dans l'ensemble des échantillons (Tab.16). La répartition des largeurs des cernes annuels correspondants aux années de croissance complète sont mentionnée dans la figure 29.

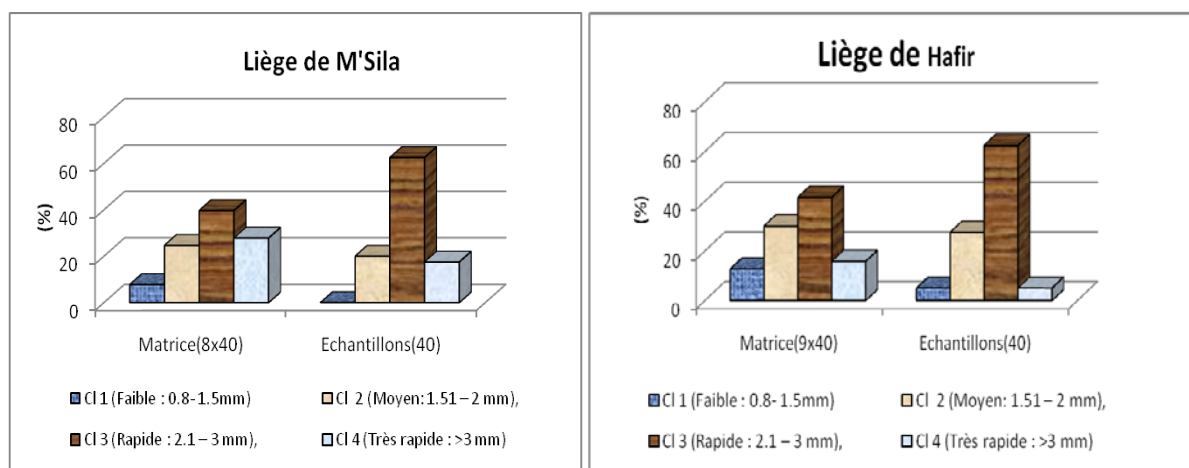


Figure 29 : Répartition des accroissements annuels selon leurs classes de croissance

La figure 29 nous renseigne que les accroissements annuels du liège dans les deux forêts ne suivent pas la même tendance de croissance. En effet, les échantillons du littoral abritent un fort pourcentage d'accroissements moyens de type « très rapide » de l'ordre 17,5%. Ces derniers constituent 27,8% de l'ensemble des accroissements mesurés. A Hafir, ce type d'accroissements ne représente que 5% de l'effectif et seulement 15,83% de l'ensemble des cernes mesurés. Par contre, les accroissements moyens de type « rapide » semblent équilibrés dans les deux provenances, à raison de 60% chacune. D'autre part, les anneaux de croissance annuelle de type « faible » sont plus présents en montagne de l'ordre de 5%.

Tableau 17 : Croissance annuelle du liège par classes d'épaisseur commerciale des deux provenances, comme moyenne annuelle un cycle de production de 9ans (8 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque provenance \pm l'intervalle de confiance.

Forêt	M'Sila				Hafir				
Croissance moyenne annuelle	2,59 \pm 0,20				2,39 \pm 0,15				
Accroissements annuels (mm)									
	Flotte	Mince	Juste	Régulier		Flotte	Mince	Juste	Régulier
1 ^{ère} année	2,40 \pm 0,19	2,56 \pm 0,50	4,32 \pm	6,87 \pm 1,30		2,05 \pm 0,29	2,48 \pm 0,15	2,86 \pm 0,46	4,32
2 ^{ème} année	2,49 \pm 0,33	2,89 \pm 0,54	5,32 \pm	6,78 \pm 1,31		2,25 \pm 0,24	3,09 \pm 0,24	3,69 \pm 0,29	3,78
3 ^{ème} année	2,42 \pm 0,24	2,84 \pm 0,33	4,32 \pm	4,48 \pm 0,22		2,05 \pm 0,47	2,26 \pm 0,38	2,79 \pm 0,22	3,78
4 ^{ème} année	2,38 \pm 0,28	2,82 \pm 0,35	3,82 \pm	3,53 \pm 0,68		1,94 \pm 0,17	2,39 \pm 0,20	2,96 \pm 0,30	3,24
5 ^{ème} année	1,82 \pm 0,27	2,83 \pm 0,35	3,32 \pm	3,32 \pm 0,88		1,49 \pm 0,19	2,57 \pm 0,32	2,82 \pm 0,20	2,80
6 ^{ème} année	1,94 \pm 0,23	2,43 \pm 0,31	2,82 \pm	2,49 \pm 0,40		1,52 \pm 0,12	2,60 \pm 0,22	2,81 \pm 0,18	2,7
7 ^{ème} année	1,82 \pm 0,18	2,41 \pm 0,34	2,32 \pm	2,54 \pm 0,15		1,41 \pm 0,21	2,15 \pm 0,19	2,26 \pm 0,24	2,7
8 ^{ème} année	1,48 \pm 0,21	2,22 \pm 0,42	1,32 \pm	2,25 \pm 0,18		1,40 \pm 0,15	1,77 \pm 0,16	1,99 \pm 0,40	2,16

A travers le tableau 17, nous pouvons attester que pour un cycle de production homogène de 9ans (8 accroissements complets), les calas issus de la forêt de M'Sila génèrent une croissance moyenne annuelle supérieure à celle de Hafir soit une valeur moyenne de l'ordre de 2,59mm/an contre 2,39mm/an. Statistiquement, il existe une différence très significative au niveau des classes commerciales ($F=11,33$; $p=0,000$) (Fig.30). Cette constatation vient confirmer la rapidité de croissance annuelle de liège du littoral à son homologue de montagne.

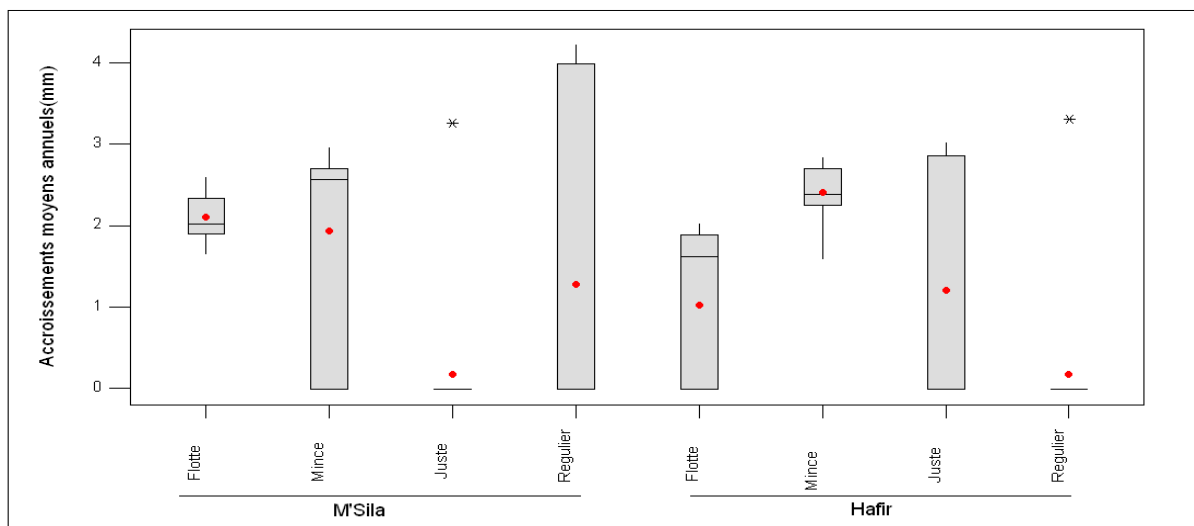
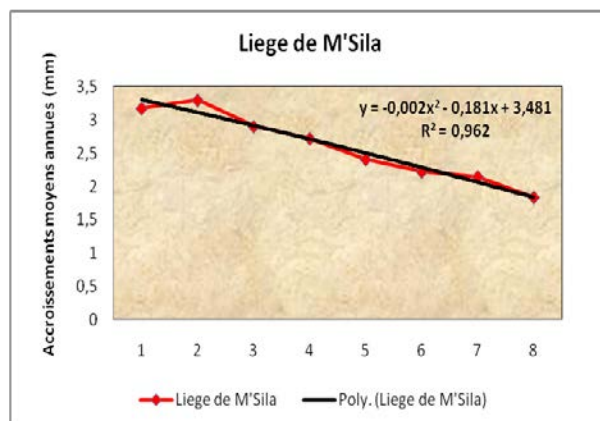
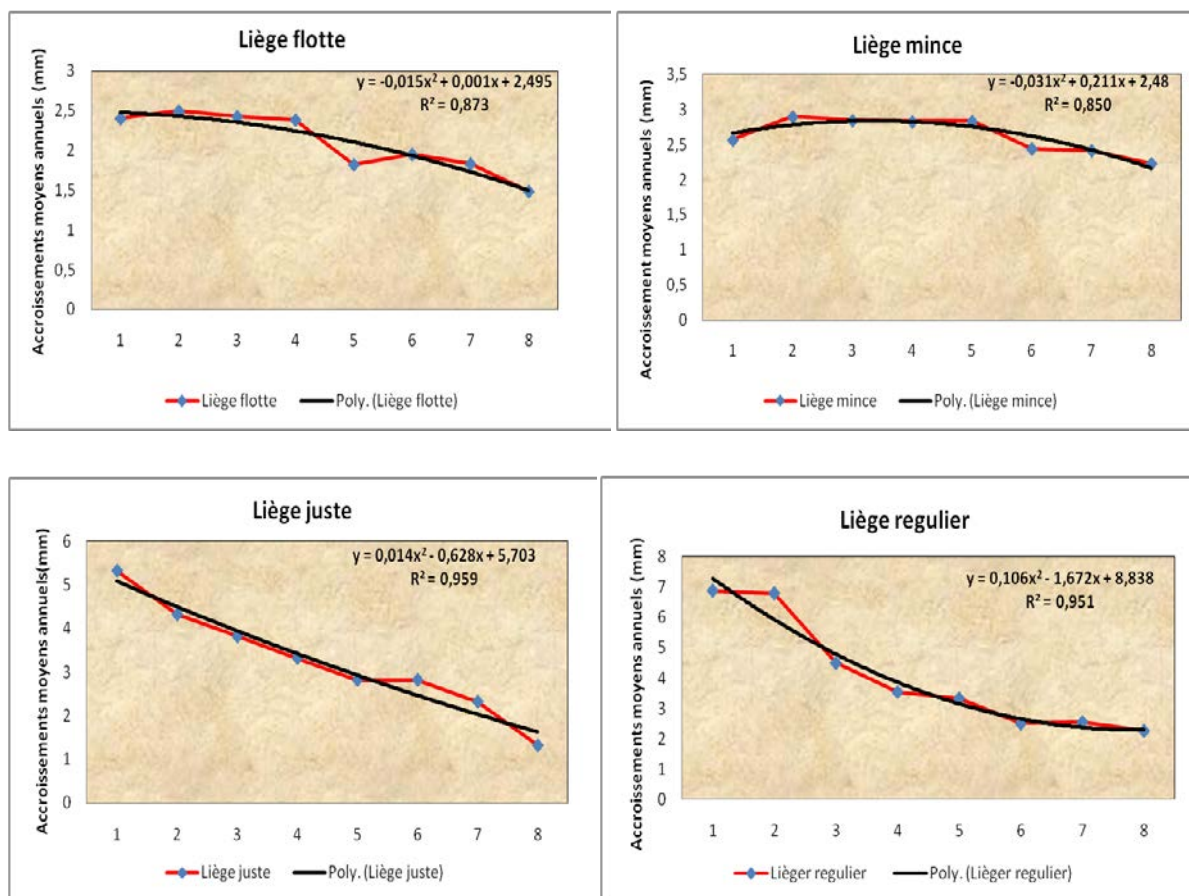


Figure 30: Variation des accroissements moyens annuels au niveau des deux provenances

IV.1.5- Etude de la variation annuelle des accroissements

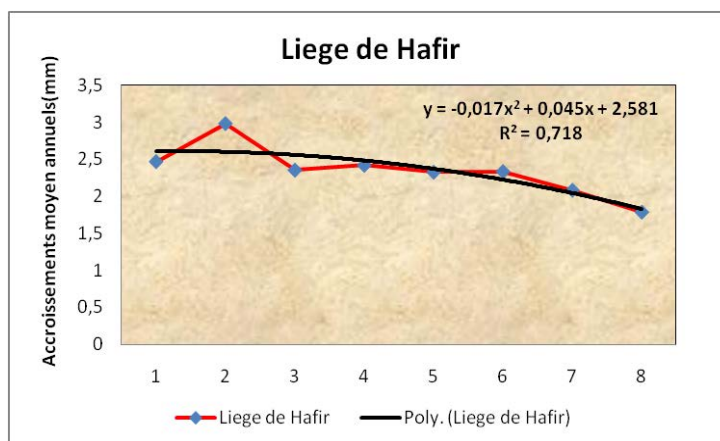
Les arbres de chêne liège bénéficient d'une individualité très accrue en fournissant des accroissements annuels irréguliers où toutes les nuances intermédiaires peuvent exister durant un cycle de production de liège (Fig.31 et 32).

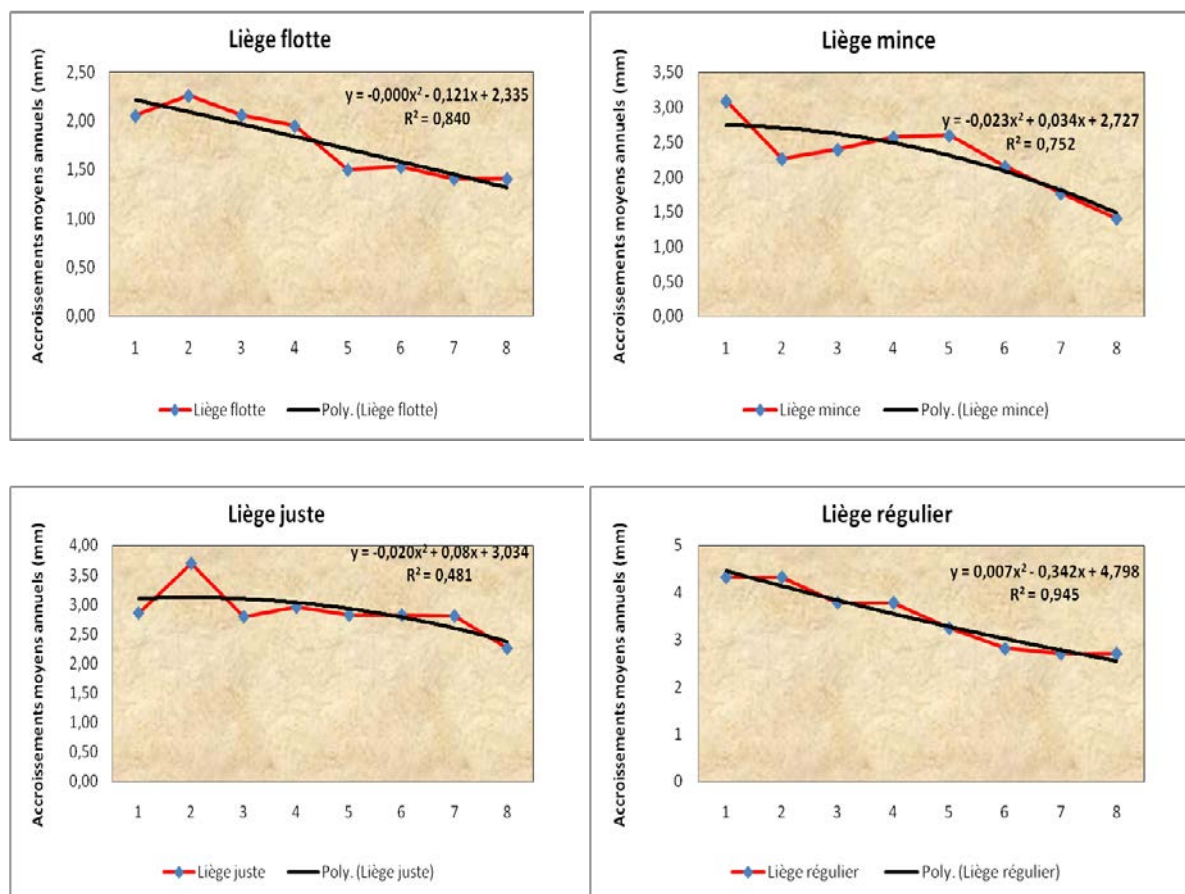




Courbe de l'expérience Le meilleur modèle d'ajustement déterminé par la méthode des moindres carrés

Figure 31: Variation annuelle des accroissements complets selon la provenance et la classe commerciale (M'Sila)





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

Figure 32 : Variation annuelle des accroissements complets selon la provenance et la classe commerciale (Hafir)

Les deux figures ci-dessus montrent que la régularité des accroissements (selon un ajustement mathématique) est d'allure stable en littoral tandis qu'elle est variable en montagne. Les model mathématiques fournissent beaucoup d'informations au sein des classes commerciale de M'Sila (Flotte : $R^2=84\%$; régulier : $R^2= 95\%$). Par contre, à Hafir l'ajustement mathématique change d'une classe commerciale à l'autre (Mince : $R^2= 75\%$; juste : $R^2= 48\%$).

IV.1.6- Etude de l'indice des accroissements moyens annuels

L'étude de l'impact de la pluviométrie 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 (Fig.33).

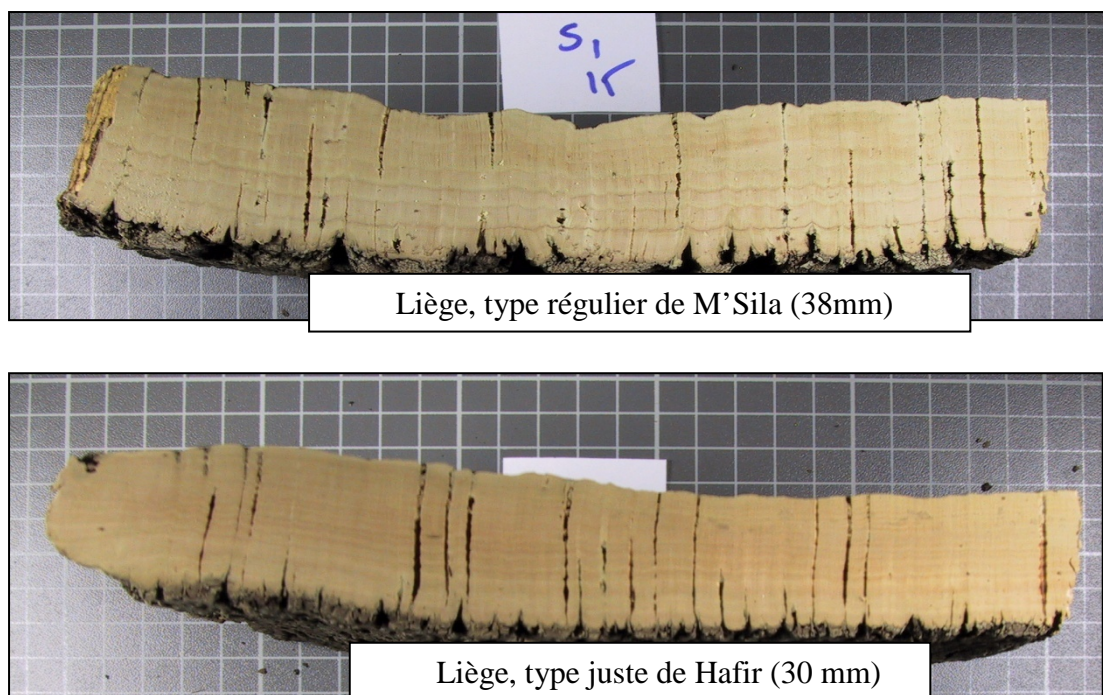


Figure 33 : Echantillons d'un liège régulier âgé de 9 ans (M'Sila) et juste âgé de 10 ans (Hafir) (Original)

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 carrées (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.

L'indice d'accroissement « Iac » 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 (Fig. 34).

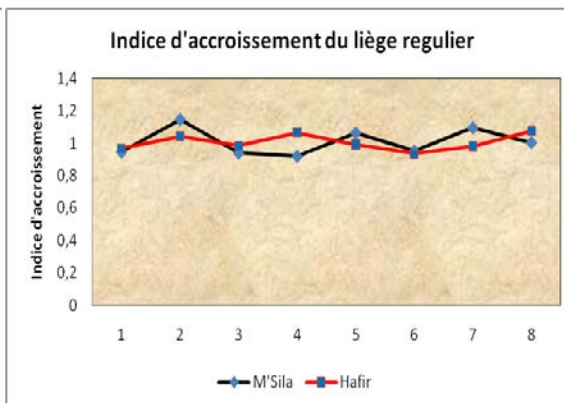
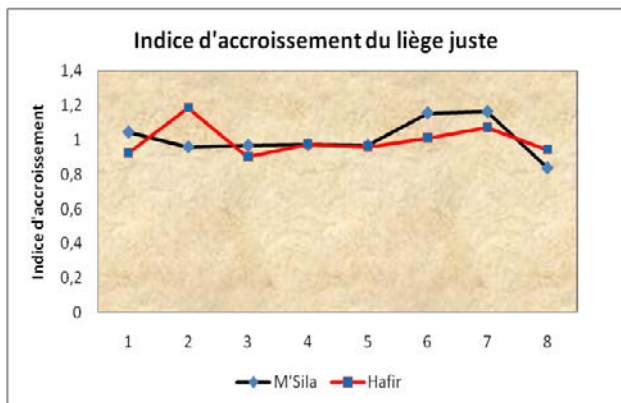
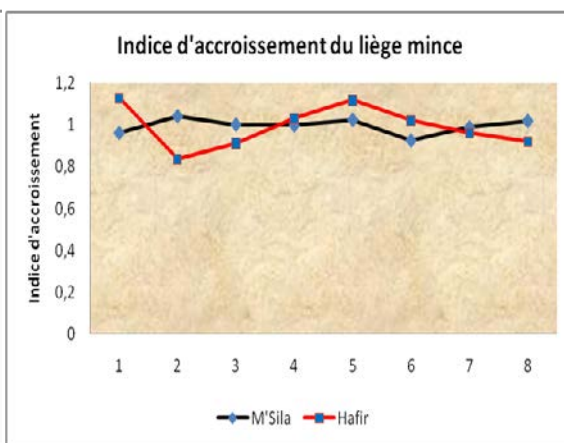
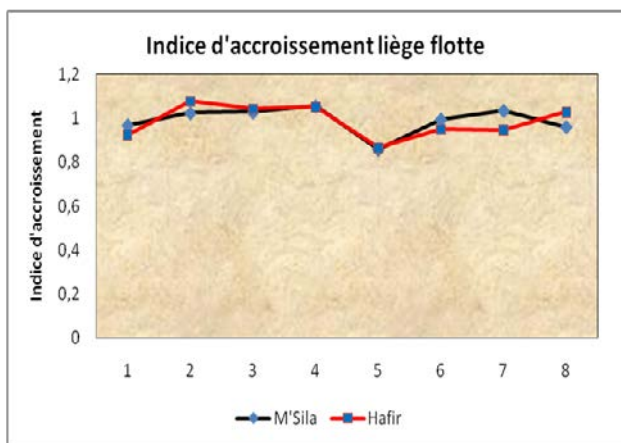
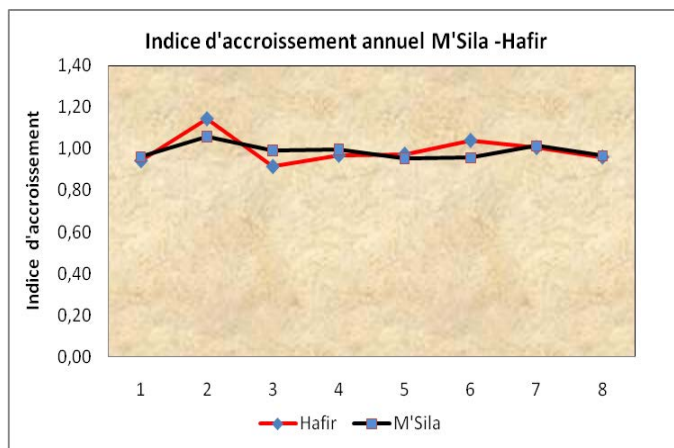


Figure 34: Indice d'accroissement annuel par forêt et par classe commerciale (M'Sila-Hafir)

D'après la figure, nous constatons que les indices d'accroissement annuels ont tendance à se stabiliser autour d'un point centrique pour le liège du littoral (proche de 1). Par contre cette situation n'est fréquente que sur le liège régulier de Hafir.

IV.1.7-Caractérisation climatique

Les changements qui surviennent dans les températures et la disponibilité d'eau dans le sol causent souvent une augmentation du stress dû à la sécheresse, risquent aussi d'accroître la vulnérabilité des forêts et déterminent probablement des variations de la productivité des écosystèmes forestiers (Maroschek et al., 2009).

IV.1.7.1-La pluviométrie de l'année végétative

La pluviométrie de l'année végétative évoque globalement les précipitations de l'année hydrologique. Cette dernière relie la pluviométrie automnale de l'année antérieure (t-1) à la pluviométrie hiverno-printano-estivale de l'année suivante (t). Dans notre région, la synthèse climatique a montré que le climat est généralement favorable à Hafir, moyennement favorable à M'Sila (Fig.35).

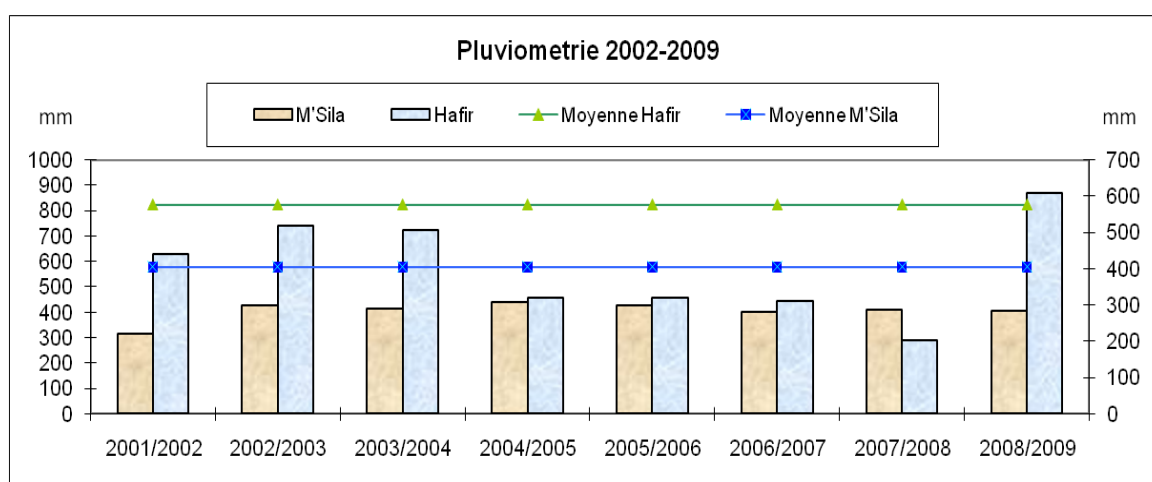


Figure 35: Variation de la pluviométrie annuelle dans les deux forêts durant la période 2002-2009

D'après la figure 35, nous constatons que les retombées pluviales (moyennes annuelles) pour une période de 8 ans relative aux accroissements complets homogènes pour les deux provenances sont de l'ordre 576 mm en montagne (Hafir) alors qu'elles sont aux alentours de 405 mm en littoral M'Sila). Toutefois, dans cette région l'élévation de l'hygrométrie de l'air intervient souvent pour maintenir l'équilibre hydrique en compensant le déficit pluviométrique.

IV.1.7.2- Le déficit pluviométrique

Le déficit pluviométrique exprime l'écart à la moyenne pluviométrique d'une période donnée. Cet écart à la moyenne est la différence entre la hauteur de précipitations d'une année P_i et la hauteur moyenne annuelle de précipitations P_m de la période. La formule est

$$D_p = P_i - P_m$$

Le D_p est positif pour l'année humide et négative pour l'année sèche.

Les valeurs enregistrées par rapport à la moyenne pluviométrique de référence de chaque forêt (8ans) dégagent en même temps le déficit et l'excédent pluviométriques (Fig.36).

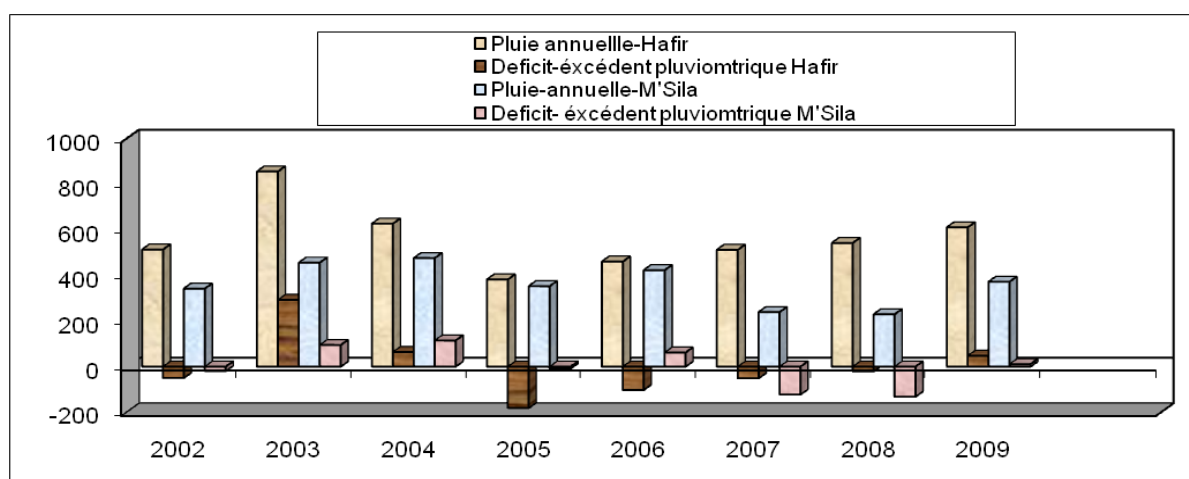


Figure 36: Bilan pluviométrique (déficit-excédent) dans les deux subéraies (période 2002-2009)

L'examen de figure ci-dessus, montre une variabilité interannuelle de distribution des précipitations dans les deux forêts. Cette variabilité est corroborée par un coefficient de variation de 25%.

Durant la période 2002-2009, le massif forestier de Hafir a reçu une moyenne pluviométrique de l'ordre de 563,24mm. Les années très déficitaires concernaient particulièrement 2005 et 2006 où la perte était respectivement de l'ordre -181,69 mm et -102,34 mm. Par contre, les années très excédentaires se localisent en 2003 (292,96mm) et en 2004 (63,96mm) et un degré moindre en 2009 (47,56mm).

Dans la forêt de M'Sila, la moyenne enregistrée durant cette période d'observation est de 361,4 mm. Les années excédentaires en pluie sont localisées principalement en 2003 et 2004 soit respectivement 94,64 mm et 114,64 mm. Les séquences fortement déficitaires datent de 2007 et 2008 soit respectivement -122,36 et -131,89 mm.

IV.1.8-Impact du climat sur les accroissements annuels du liège

Sous les conditions climatiques contrastées, prévalant dans la plus part des subéraies, 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).

IV.1.8.1-La pluviométrie cumulée ((t) et (t-1))

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 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 18 et la figure 37.

Tableau 18: Coefficients de corrélation entre l'indice d'accroissement moyen annuel et les précipitations cumulées durant différents mois de l'année pour la période 2002-2009

Précipitation mensuelles accumulées	Indice d'accroissement moyen annuel(Iac)	
	M'Sila	Hafir
Année antérieure (t-1)-année courante(t)		
Octobre(t-1)-Septembre(t)	0,40	-0,04
Novembre(t-1)-Septembre(t)	-0,1	0,003
Novembre(t-1)-Avril(t)	0,33	0,032
Novembre(t-1)-Juin(t)	-0,05	0,17
Année courante(t)		
Janvier-Juin	-0,02	0,33

Mars -Septembre	-0,18	-0,58
Janvier-Décembre	0,12	0,61

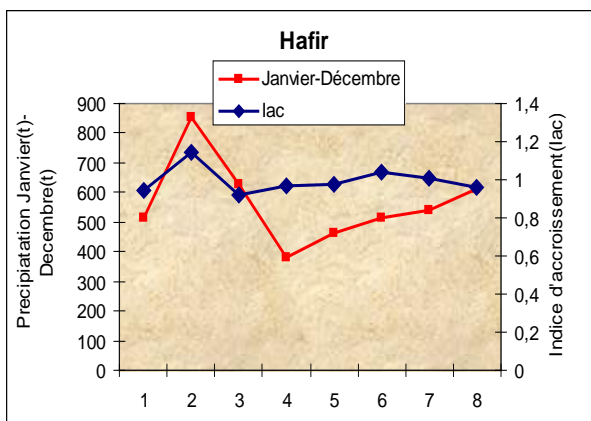
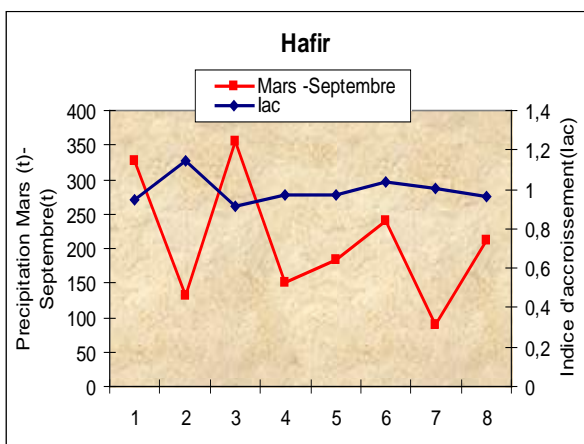
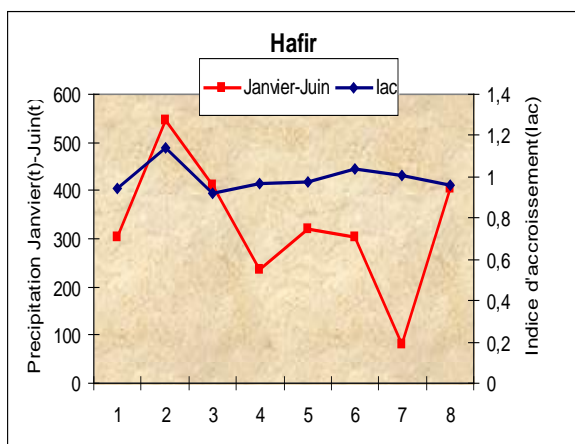
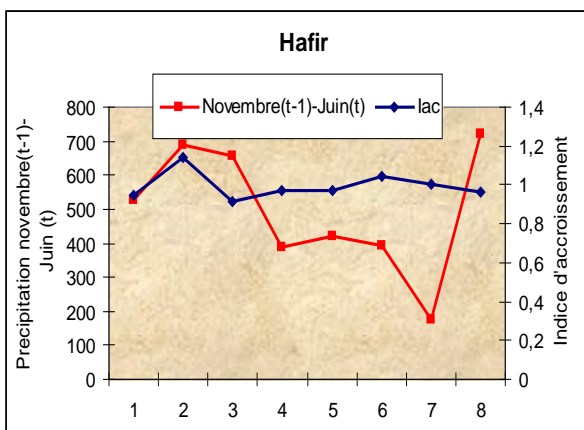
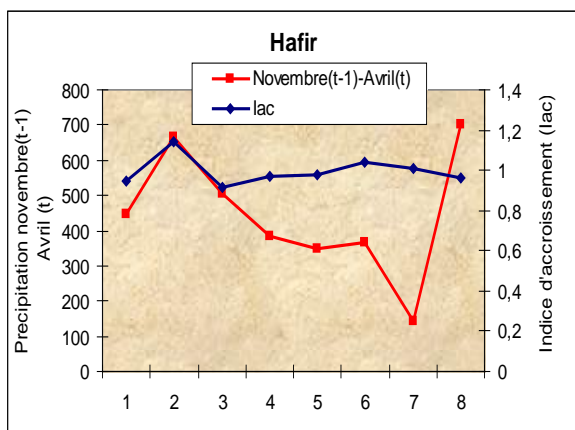
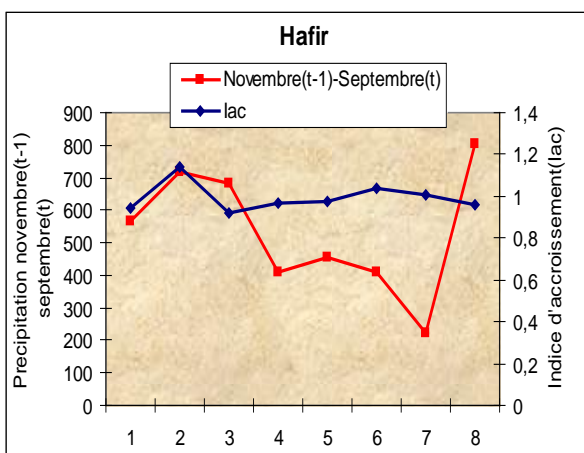
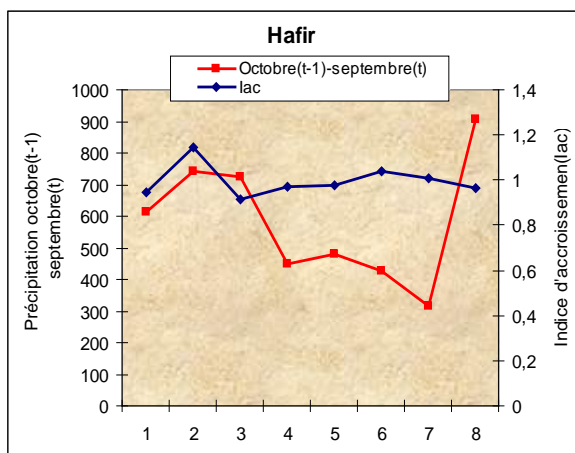
Le tableau 18, nous révèle que la relation directe entre l'indice d'accroissement moyen annuel et la pluviométrie est d'allure faible aussi bien sur le liège de littoral que celui de montagne voire aussi bien pendant la période végétative que celle de repos.

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 très faibles à M'Sila ($r = -0,02$; $r = -0,18$) et positifs et très négatifs à Hafir ($r = 0,33$; $r = -0,58$).

Dans la même optique, les précipitations accumulées durant les mois antérieurs (t-1) ont un effet faible sur les accroissements annuels de M'Sila ($r = 0,40$) et agissent d'une manière très faibles sur les anneaux annuels du liège de Hafir ($r = -0,04$).

Par contre la seule corrélation possible et forte concerne les pluies enregistrées durant l'année (t) dans la forêt de Hafir (Janvier -Décembre $r = 0,61$).

Globalement, nous pouvons estimer que la croissance annuelle du liège dans les deux forêts se montre indifférente aux régimes des précipitations (Fig.37).



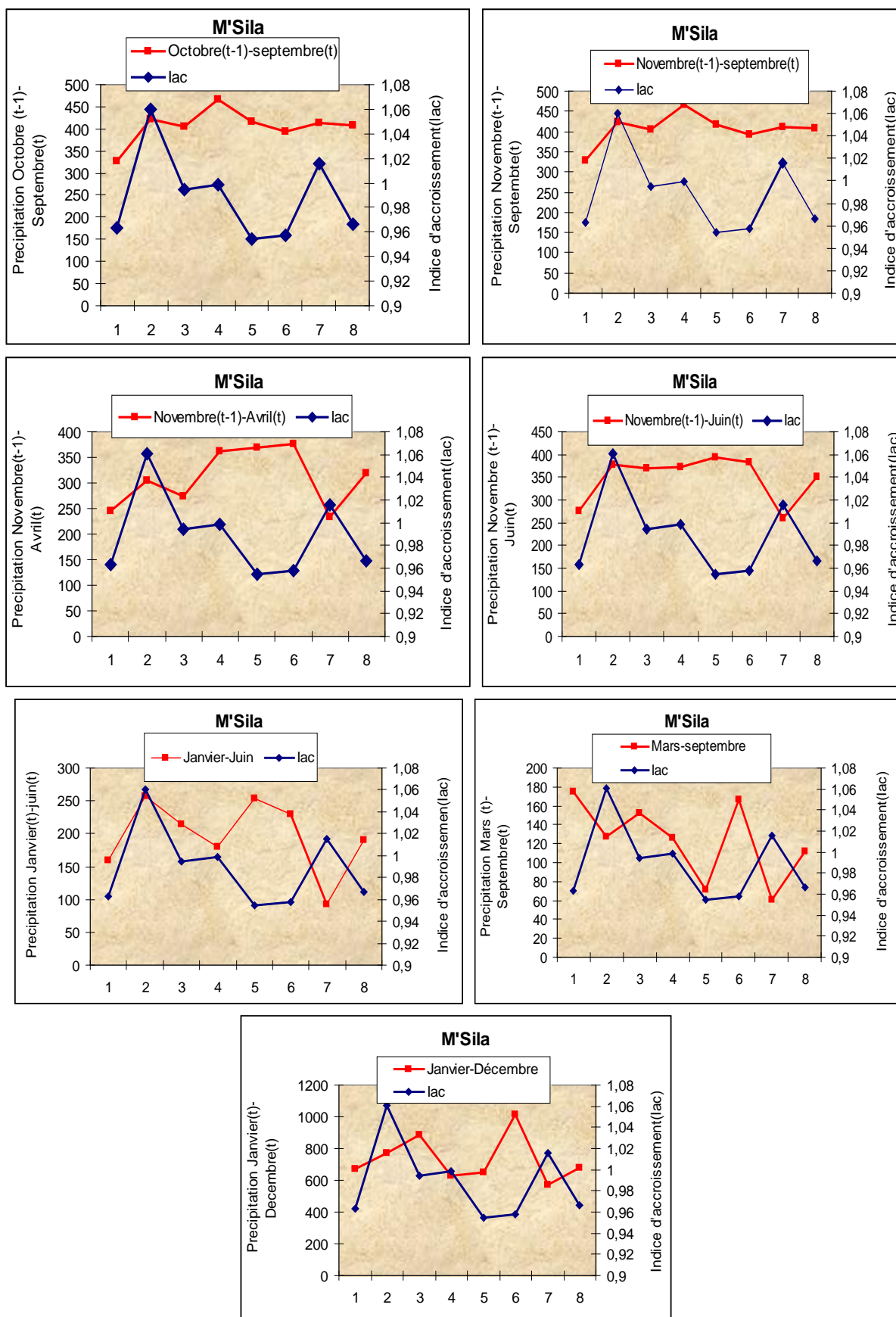


Figure 37: Exemples de courbes d'indice d'accroissement /précipitations cumulées

IV.1.8.2-L'indice de déficit pluviométrique (Idp)

L'influence de l'indice de pluviosité sur les variations des accroissements moyens annuels est illustrée dans la figure 38:

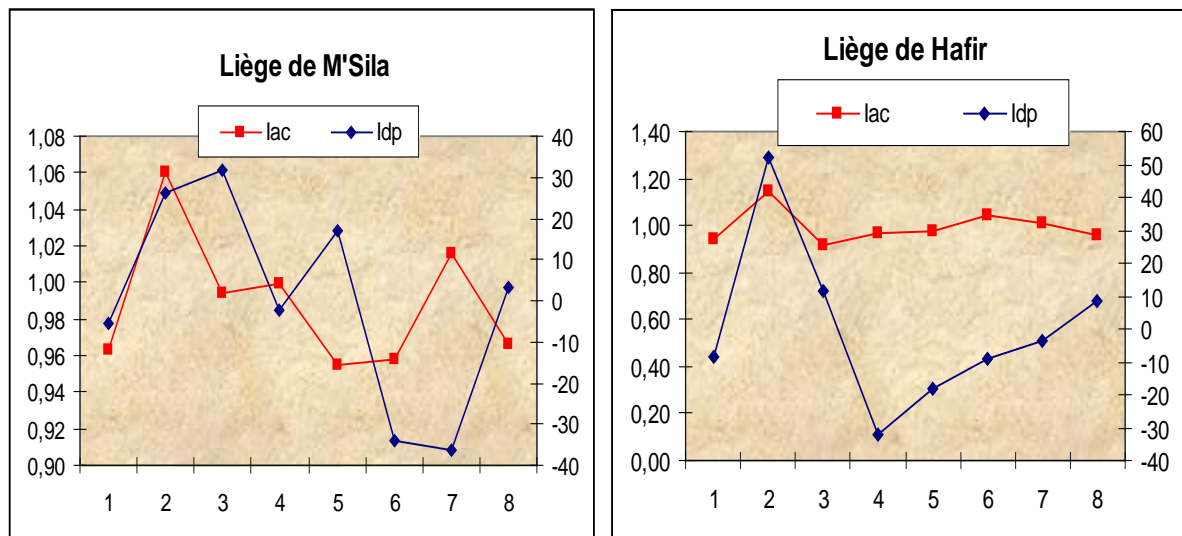


Figure 38: Relation indice d'accroissements (Iac) –Indice de déficit pluviométrique (Idp)

D'après la figure 38, nous constatons que l'impact de l'indice de pluviosité est très faible sur les accroissements du liège de M'Sila durant les 8 événements (2002-2009) soit un coefficient de corrélation positive faible ($r= 0,24$). En effet, la seule liaison possible se concrétise durant les années 2002/2003 et 2003/2004 relatives au 2^{ème} et au 3^{ème} événement et ceci pour une corrélation positive et l'année 2001/2002 pour une corrélation négative. Dans les autres années, la corrélation est d'allure stable (2006/2007-2007/2008-2008/2009) voire faible.

A Hafir, nous remarquons que les accroissements annuels sortent une corrélation positive forte ($r= 0,60$). L'indice d'accroissement se corrobore à l'indice de déficit pluviométrique dans 5 événements. Nous citons les années 2001/2002-2004/2005-2005/2006 dans le cas de la liaison négative (réduction des accroissements par chute de la pluie) et les années 2002/2003 dans le cas de la liaison positive (majoration des accroissements par augmentation de la pluie). Les autres années restent faibles et indifférents.

IV.1.8.3-L'indice standardisé des précipitations (ISP)

Les variations de l'indice d'accroissements annuels par rapport à l'indice standardisé des précipitations sont illustrées dans la figure 39 :

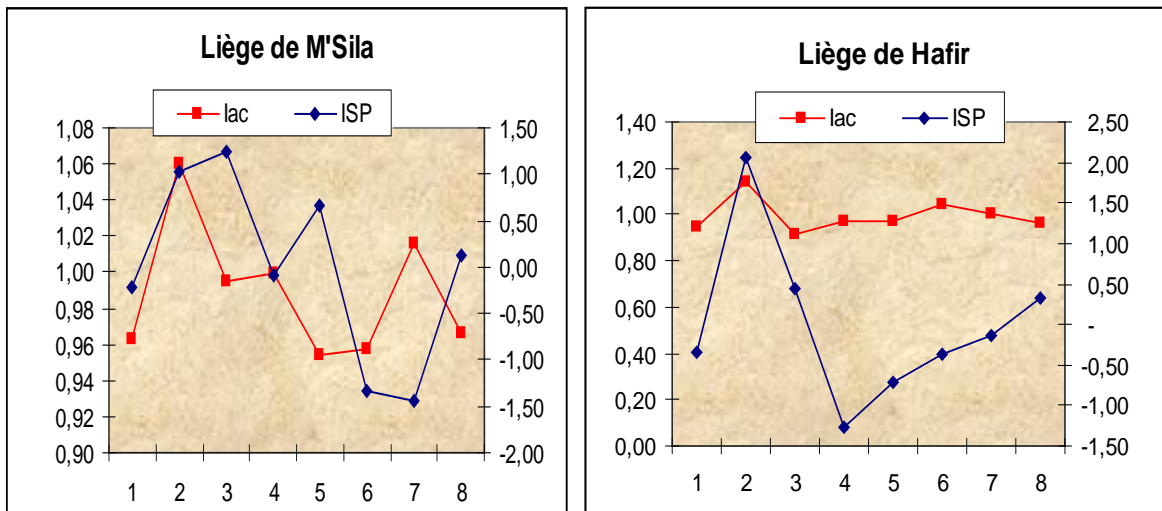


Figure 39 : Relation indice d'accroissements(Iac)-Indice standardisé des précipitations (ISP)

D'après la figure 39, nous observons que l'impact de l'indice standardisé des précipitations (ISP) est très faible sur les accroissements du liège de M'Sila durant les 8 événements (2002-2009) soit un coefficient de corrélation positive faible ($r= 0,24$). En effet, la seule liaison possible est visible durant les années 2003 et 2004 relatives au 2^{ème} et au 3^{ème} événement et ceci pour une corrélation positive (augmentation des accroissements pour une humidité sévère) et l'année 2007 pour une corrélation négative (chute des accroissements pour une sécheresse sévère). Dans les autres années, la corrélation est d'allure indifférente (2005-2008-2009) voire faible (2002-2006) pour des années à humidité normale et modérément humide.

A Hafir, la corrélation est plutôt positive fort ($r=0,62$). L'indice d'accroissement se lie à l'indice standardisé des précipitations dans 5 événements. Nous citons les années 2002-2005-2006 dans le cas de la liaison négative (réduction des accroissements par chute de la pluie (sévèrement sèche)) et les années 2003 dans le cas de la liaison positive (majoration des accroissements par augmentation de la pluie (sévèrement humide)). Les autres années restent faibles ou indifférents pour des années à humidité normale et modérément humide.

IV.2-DISCUSSION

IV.2.1-La croissance du liège

❖ L'appartenance des deux subéraies à deux zones écologiquement et climatiquement controversés lui ont prévalu la production d'une mosaïque de calibres, marquée à M'Sila (CV= 12 %).

Les différentes applications industrielles de la matière première convergent 22,5% des échantillons de Hafir vers la confection des bouchons tandis qu'ils ne représentent que 17,5% sur ceux de M'Sila (la production minimale de bouchons (24 mm de diamètre) nécessite au moins une épaisseur supérieure ou égale à 27mm appelée communément « épaisseur commerciale »).

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 ou l'aggloméré). Les résultats de la répartition des échantillons par classe de calibre commerciale montrent que 82,5 % planches du littoral sont orientés dans ce sens contre 77,5 % en montagne.

En effet, la variation des calibres des arbres dans la même parcelle n'est que la conséquence de la structure jardinée appliquée à ce type de peuplements (Bouhraoua, 2003 et Letreuch- Belarouci, 2010). Dans les deux forêts se réunissent sur la même surface, les jeunes arbres et les gros arbres pour garantir la production du liège dans le même cycle de production (9 à 10 ans : M'Sila et 10 à 12 ans voire 15 ans : Hafir). Durant ce temps (la rotation d'exploitation du liège) les différences de croissance du liège peuvent variaient d'un sujet à un autre où ce que Natividade (1956) appelle : Une forme botanique pour chaque arbre. 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).
- 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 4 m de hauteur) que dans sa partie inférieure (Montero et Vallejo, 1990).
- Classe de circonférences : les meilleures épaisseurs sont obtenues dans les classes de circonférences centrales (107-140cm) à (172-204cm) (Montero et 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'intérêts (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 bouchonable (Montero et Cañellas, 1999).

❖ Dans les conditions propices à la bonne croissance du chêne liège, ces arbres se caractérisent en montagne par la production des lièges mince 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 (Dahane 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 régulier (>32mm) aux alentours de 12,5%. La maturité du liège (27 mm) est atteinte précocement à 6 ans.

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 2,39 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 supérieurs au liège de la Sardaigne pour des limites de 2,3 à 2,8 mm.

❖ L'adoption d'un cycle de production cohérent de 9 ans (8 accroissements complets) pour les 80 échantillons, a prouvé que les échantillons issues de la forêt de M'Sila offrent une croissance annuelle élevée à celle de Hafir. Cette indication s'explique par la forte production de cellules de grande taille dans la zone littorale. 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 suite à la grande activité du phellogènes entre le mois de mars et juin (Natividade, 1956, Dahane, 2006). En montagne, le processus tardif du 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. 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.

❖ Les variations annuelles des accroissements au sein du cycle de production ce sont montrés stables à travers le calcul de l'indice d'accroissements pour les échantillons de M'Sila et très variables sur ceux de Hafir.

En effet, dans le littoral., il semble claire que l'absence de pentes (0 à 3%) et de dépressions exposent les arbres à une même exposition et à un même taux d'humidité le long de l'année. Ces conditions font que les indices de croissance du liège soient homogènes et stables proche du 1.

En montagne, l'altitude >1200m (Pentes>30%) crée un déphasage entre la nature des peuplements des bas fonds et ceux des crêtes, ce qui signifie des expositions différentes pour l'ensemble des sujets (Est, Nord, Sud-ouest, Sud). Cette situation écologique de croissance des arbres imprintent aux indices d'accroissements une instabilité.

IV.2.2- L'influence du climat

Le climat et la nature du sol sont aussi des facteurs déterminants dans le développement des subéraies. En effet l'eau est un facteur, indispensable aux végétaux. Elle constitue généralement 85 % à 90 % du poids frais total des plantes. Ses particularité physico-chimiques lui permettent d'être le milieu des processus métaboliques et à la base de la structure morphologique de la plante (Bradford et al., 1982).

L'appartenance des deux subéraies à deux zones géographiques différentes ont fait que les retombés pluviales ne suivent pas la même tendance et ne sortent pas en générale du climat méditerranéen très contrasté.

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).

La caractérisation des déficits de précipitation pour un intervalle de temps de >40 ans montre que la sécheresse météorologique est un fait normale qui apparait puis disparaît au fil des années dans les deux subéraies (Fig.40).

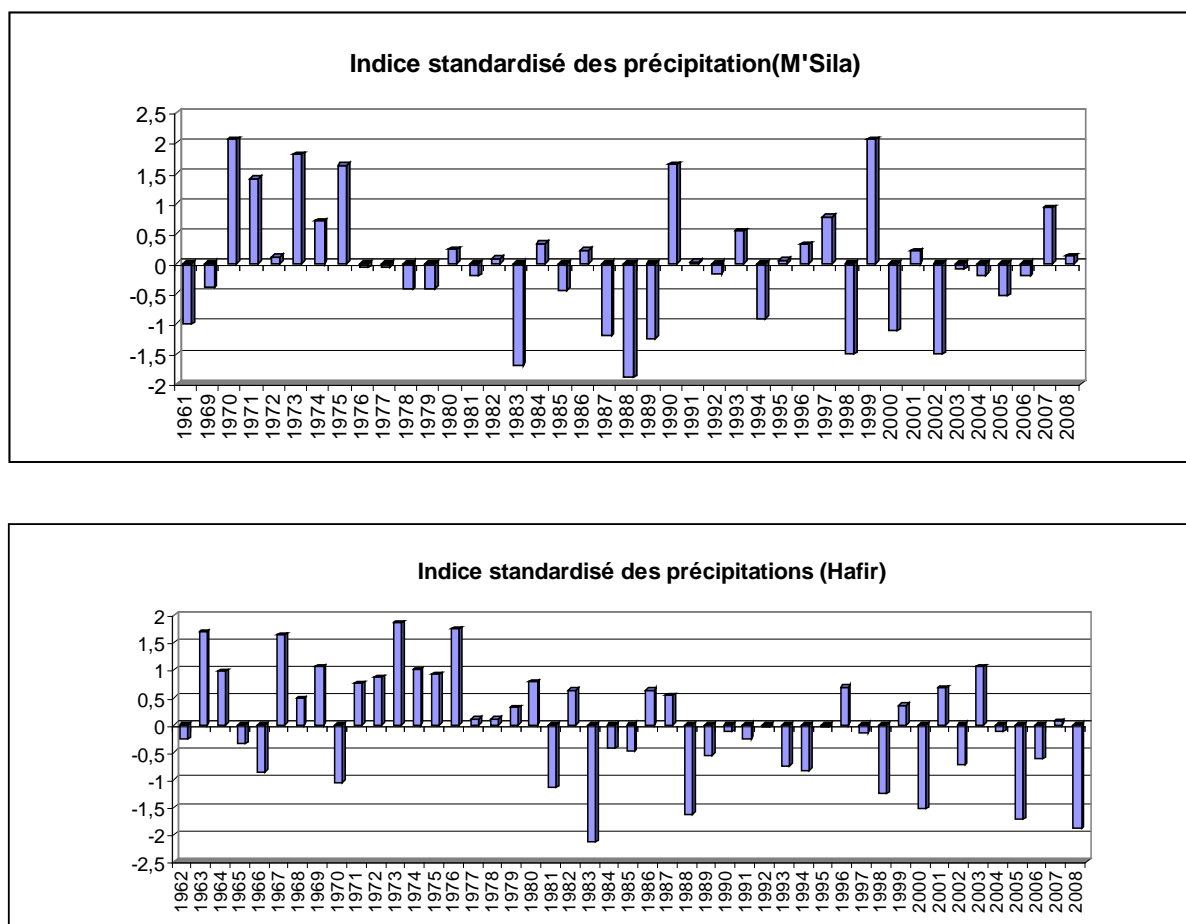


Figure 40: Évolution de l'indice standardisé de précipitation au cours de la période 1961-2008 dans les deux forêts

En effet, la subéraie de M'Sila a reçu 15 années de déficit pluviométrique normale et 6 années modérément sèches et 8 autres sévèrement sèches. La période humide se répartit entre 6 années modérément humides, 4 années sévèrement humides et 2 années extrêmes humides (Fig.41).

A Hafir, les années de déficit pluviométrique normale analogue à l'indice (-0,30 à 0,30) comptabilisent 10 années. La période humide s'échelonne sur 20 ans (13 années modérément humides et 7 autres sévèrement humides). La période sèche représente 17 années soit 9 ans modérément secs et 7 ans sévèrement secs et 1 année extrêmes sèche (Fig.41).

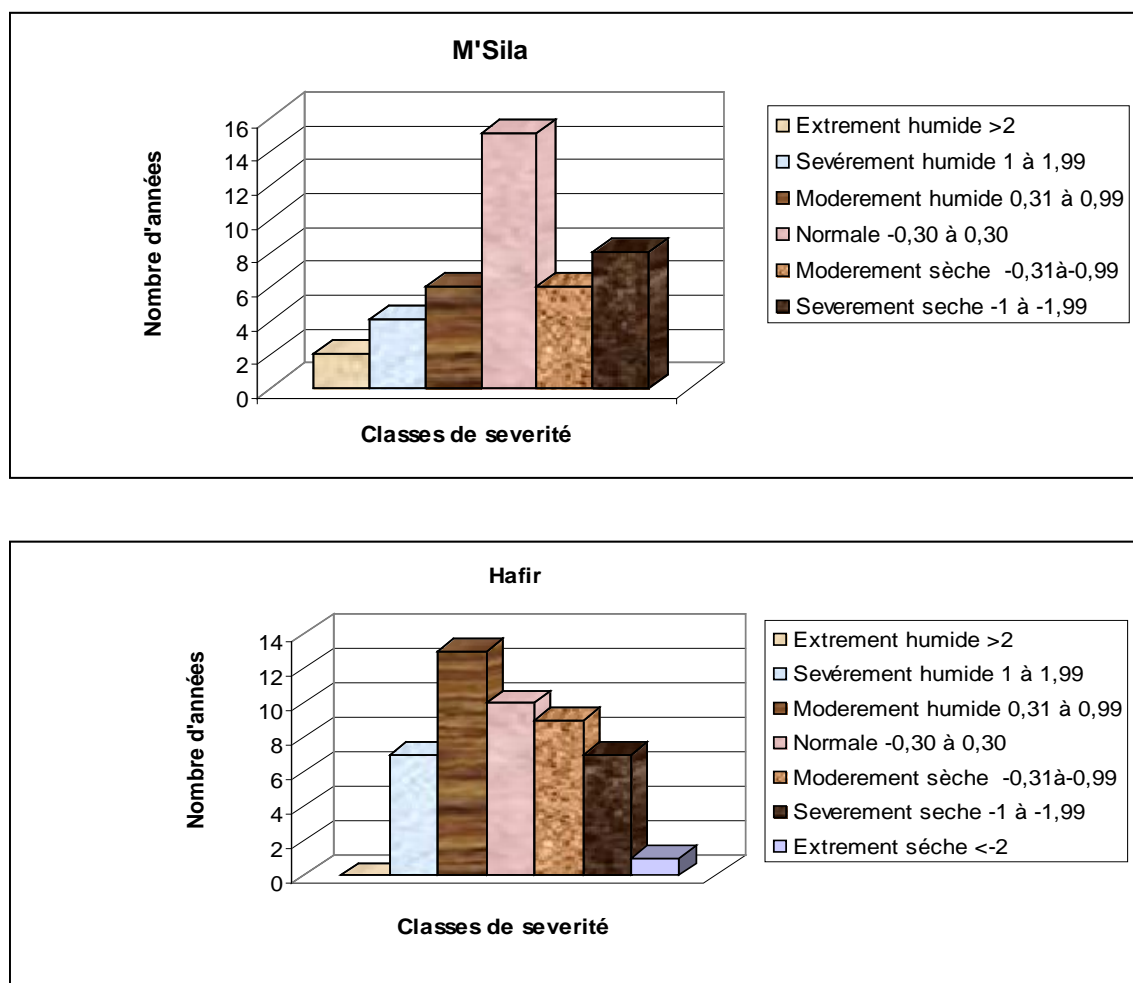


Figure 41 : Classes de sévérité dans les deux subéraies

Le premier constat montre que les peuplements des deux régions sont adaptés au contraste climatique de la pluviométrie. 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. Nos deux subéraies s'insèrent dans les limites des conditions climatiques idéales pour la bonne croissance du chêne de liège : une pluviométrie annuelle variant de 400 à 800 mm, une température moyenne d'environ 15°C et altitude plus basse que 800 m (Aronson et *al.*, 2009; Blanco et *al.*, 1997). Autrement dit, la croissance annuelle est limitée par la température basse et froide pendant l'hiver et les hautes températures combinées avec l'augmentation du déficit hydrique dû à la sécheresse d'été.

En réalité, les résultats dégagés à partir de l'utilisation d'indices des précipitations et aussi des relations entre la pluviométrie cumulée à différent période de l'année et les accroissements moyens annuels, ont montré une certaine discordance. Au niveau de la forêt de M'Sila du semi aride, les meilleurs accroissements annuels ne coïncident pas toujours avec

les bonnes années et saisons pluvieuses et inversement juste dans le cas contraire. 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 ($r= 0,24$).

Les accroissements annuels du liège sur les arbres de la subéraie de Hafir restent très sensibles aux variations pluviométriques qui engendrent soit le déficit hydrique dans le sol ou la rétention ($r= 0,60$). Dans cette forêt du sub-humide, la situation semble plus aggravée par les autres facteurs anthropiques (incendies, surpâturage et la fréquentation humaine...).

Globalement, nous pouvons attester que l'antécédent pluviométrique des deux subéraies argumenté par la pluviométrie analogue aux accroissements annuels (8ans) ne constitue pas une sécheresse chronique qui peut entraver directement la croissance annuelle du liège. 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 :

- 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 augmentent de taille et contribuent à maintenir la circulation de la sève brute en puisant les éléments minéraux et l'eau de profondeur quand les horizons supérieurs sont secs (Pereira et *al.*, 2006)

Ces résultats semblent en accord avec ceux trouvés par Fereira 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).

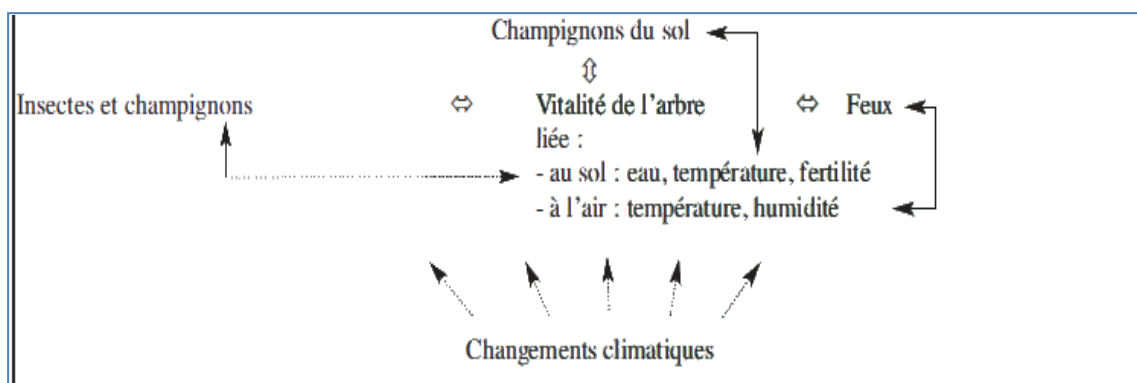


Figure 42 : Modèle global d'interactions entre l'arbre et son écosystème, indépendamment de la gestion de l'homme (Rego, 2006)

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Les deux suberaies, M'Sila et de Hafir, font partie intégrante des suberaies nord-africaines qui sont majoritairement habitées. Le système économique des populations rurales est étroitement lié aux ressources et aux activités forestières. Les facteurs de dégradation de ces suberaies sont le surpâturage, le défrichement et les incendies... La présence des animaux entraîne une diminution de la régénération naturelle, un compactage du sol et une réduction de sa perméabilité. A ces conditions de croissance, les conditions climatiques semblent prendre le dessus sur l'existence des arbres et la répartition des peuplements voire sur leur caractéristiques phénotypiques.

Effectivement, il ya deux type de disparité régionale dans notre zone d'étude :

1- La forêt de M'Sila, appartenant à un contexte subéricole littoral se caractérisant par une pluviométrie < 400 mm/an et une humidité atmosphérique >60% pendant l'été. Ces limites favorisent la croissance d'un liège aux accroissements annuels de type très rapides aux alentours de 17,5% de l'ensemble des échantillons.

Dans cet étage du semi-aride à hiver doux, le cycle annuel de l'assise subéro-phellodermique débute précocement à partir de mars. Cette rapidité de croissance atteint son optimum entre le printemps et l'été. La maturité du liège est fréquemment acquise à l'âge de 6 ans et 7 ans pour une épaisseur commerciale suffisamment bouchonnable (> 27 mm).

2-La forêt de Hafir, issue d'un contexte forestier des hautes altitudes (montagne) reçoit une pluviométrie >600 mm/an et une humidité faible durant l'été. Ces deux optimums sont favorables à la croissance d'un liège aux accroissements annuels rapides à moyens aux alentours de 90% de l'ensemble de l'effectif.

Dans cet étage du sub-humide à hivers frais, l'activité du phellogène débute tardivement à partir d'avril. Cette lenteur de croissance acquiert son optimum entre l'été et l'automne. La maturité du liège pour la plupart des arbres est atteinte au-delà de 12 ans voire plus (épaisseur commerciale).

Globalement ces deux disparités, ce sont traduites par des indices d'accroissements stables dans la région côtière que de montagne à cause de l'absence des pentes et des dépressions. A Hafir, les nuances sont plus importantes entres les peuplements des bas fonds et des crêtes, exposées différemment à l'ensoleillement.

L'analyse climatique des peuplements de chêne-liège ont subi pendant 8 ans d'observation (2002-2009) une variation contrastée de la pluviométrie qui s'est accompagnée par des années déficitaires et autres excédentaires et en même temps très contrariés par des températures estivales élevées.

D'autre part, le problème de la distribution saisonnière de la pluviométrie semble majeur dans notre zone d'étude. La saison humide qui précède la saison de croissance du liège se distingue 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 dans d'autres elle est soit concentrée au début ou soit à la fin de la saison.

La projection de l'indice d'accroissements annuels à la pluviométrie mensuelle cumulée durant différentes période de l'année (t) et l'année (t-1) s'est soldée par une discordance totale entre les deux variables, particulièrement à M'Sila. A Hafir, la seule liaison intéresse les pluies de l'année (janvier-Décembre).

L'utilisation d'autres indices de pluviométrie à l'égard de l'indice de déficit pluviométrique et de l'indice standardisé des précipitations a montré que les indices d'accroissements annuels de M'Sila restent indifférents aux fluctuations des précipitations ($r= 24$).

A Hafir, , il semble que c'est l'état dégradé des peuplements a rendu les arbres vulnérables aux moindres déficiences pluviométriques ($r=0,60$) du fait que la région est réputée depuis longtemps par son humidité accrue.

Globalement nous pouvons dire que malgré l'impact mineur du climat sur les accroissements annuels du liège, il semble que les effets des changements climatiques commencent à être visibles dans les deux suberaies de la même façon que les autres suberaies Méditerranéennes. Nous assistons annuellement à une augmentation des températures ainsi qu'une diminution des précipitations, tout comme une modification de leur répartition (été secs et chauds, aggravant les conditions de sécheresse, et hivers pluvieux augmentant la fréquence des événements climatiques extrêmes). Cela aurait pour conséquence l'augmentation du stress auquel sont soumis les peuplements de chênes liège.

Scientifiquement, le problème du déficit pluviométrique agit directement sur la photosynthèse à travers le bilan de carbone. A chaque fois que le déficit hydrique est intense l'arbre perd beaucoup de ces capacités par respiration à travers ces feuilles. En d'autres mots, le bilan carbone serait négatif (production inférieure à la consommation). L'arbre n'a d'autres

choix que d'utiliser ces réserves en amidon, puis à augmenter les glucides assimilables en circulation dans l'arbre. Ces glucides préalablement stockés lui permettent de surmonter les périodes de crise (sécheresse, feux...). C'est dans ces moments que le gestionnaire de la suberaie doit intervenir par :

- Coupe et élagage pour aider les arbres à réduire leurs besoins en carbone.
- Réduction de la densité des rejets (ou des arbres) pourrait être utile pour atténuer les effets défavorables du déficit hydrique.
- Réduction de l'intensité du sous bois pour augmenter l'apport des éléments minéraux et les composés azotés de l'humus qui sont transformés par l'action des champignons en substances assimilables.

Ces opérations simples pourraient être d'un apport considérable pour la croissance régulière des arbres durant les périodes de stress hydrique. Puisqu'il a été prouvé que la formation des tissus vivants représente un tiers de la consommation totale en carbone et nécessite 200 mm de précipitations annuelles ; leur entretien, les deux tiers ont besoin de 400 mm de précipitations annuelles. D'autant plus que la croissance du liège détient 70% de la croissance du chêne liège et elle coïncide toujours avec la période de stress de l'arbre (mars- novembre).

REFERENCES SBIBLIOGRAPHIQUES

- A.E.F.C.O.,1914 : Fascicule de gestion de la forêt domaniale de M'Sila de 1861 à 1950.Cantonement d'Oran.
- Aghrab A., 2003. Caractérisation de la sécheresse et élaboration des indicateurs climatiques pour son alerte précoce dans la région de Saïss. Mémoire de fin d'études. École Nationale d'Agriculture de Meknès, Maroc. 120p.
- 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.
- Anjos, O, Pereira H, Rosa ME,2008: Effect of quality, porosity and density on the compression properties of cork. Holz Roh-Werkst 66(4),pp.295–301.
- Anonyme, 1927: Rapport phytopathologique pour les années 1926-1927. *Les Epiphytes, Inst. Rech. Agro.*, 383-454.
- Aronson, J., Pereira,J.S., & Puasas, J.G., 2009 : Cork Oak Woodland on the edge. Islandpress. Washington. Covelo. London. 350 p.
- Baldy, CH., 1965 : Climatologie Carte de la Tunisie centrale. F.A.O. UNDP/TUN 8.1 Vol. Multigr. 84 p. 20 cartes+ annexes.
- 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.
- 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 microsatellites. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie, n°26 ,27, 31-34.
- Ben Mecheri, S., 1994 : Etude bioécologique des insectes phillophages et des mangeurs des glands de trois chênaies : Subéraies afarécaie et zeeanaie de la forêt de TAMENTOUT. Mém. De Magister en Biologie Animale. Univ. Annaba. 92p.
- Bernier P., et Schoene D.,2009 : Adapter les forêts et leur gestion aux changements climatiques: un aperçu.Unasylva 231/232, Vol. 60, pp5-11.
- 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 aquis, les perspectives d'avenir. Terre et vie 87, 9-10.

- Bouchafra, A., & Fraval, A., 1991 : Présentation du chêne liège et de le subéraie .In Villement C. et Fraval A. : La faune du chêne liège. Actes Editions, Rabat, 26 p.
- Boudy, P., 1950 : Economie forestière Nord-Africaine. Monographie et traitement des essences. Ed. Larose. Paris, pp. 29-249.
- Boudy, P., 1955 : Economie forestière nord africaine. Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose. Paris, 483 p.
- Boudy P., 1950 : Economie forestière Nord-Africaine. Monographie et traitement des essences. Ed. Larose-ris.pp29-249.
- 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.
- 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.
- Breda, N., Granier, A., Aussenac, G., (1995) :Effects of thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea* (Matt.)Liebl.). Tree Physiology, 15, 295–306.
- 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.
- Carvalho A., 1993 : Qualificação de amadias preparadas. Lisboa, PEDIP I,Prog. 5.
- Chiheb A. et Aouad H., 1998 : Les possibilités du développement de la subéraie dans le parc d'El KALA (Nord Est Algérien),C.R.des 1^{ère} journées techniques sur le chêne liège. Parc national d'El KALA,pp-6-15.
- 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.O., 1996 : Conservation des Forets de la wilaya d'Oran : Présentation général. Dir. Gén. For., Min., Agri., juin 1996.24p.
- Cochet, D.,1971 : Etude et culture de la forêt .Manuel pratique de gestion forestière. ENGREF. Nancy, 235 p.
- Code Internationale des Pratiques subericoles : Projet Subernova.12p
- 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.

- Courel, M. F. 1984 :Etude de l'évolution récente des milieux sahéliens à partir des mesures fournies par les satellites. Doctorat d'état. PARIS I, Paris. 171p.
- 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.
- 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.
- 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.
- C.F.W.O., 1996 : Conservation des Forêts de la wilaya d'Oran : Présentation général. Dir. Gén. For., Min., Agri., juin 1996.24p.
- 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., 2011 : Bilan exploitation du liège des forêts de Hafir-Zarieffet. Circonscription de Tlemcen.1p.
- Daget, Ph., 1977: Le bioclimat méditerrané, caractère généraux, méthodes de classification. Vegetation, 34, 1 ,pp .1-20.
- Dagnelie P.,1973 : Théorie et méthodes statistiques : Applications agronomiques.Vol. 1,La statistique descriptive et les fondements de l'interférence statistique.Les presses Agronomiques de Gembloux,Gembloux,377p.
- 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.
- 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 Zarieffet (Nord-Ouest de l'Algérie). Forêt méditerranéenne t. XXXII, n° 1, pp. 39-50.
- Dehane, B., 2012 : incidence de l'état sanitaire des arbres du chene-liege sur les accroissements annuels et la qualité du liege de deux suberaies oranaises : M'Sila (w.Oran) et Zarieffet (w. Tlemcen). These. Doct. Dept. Forest. Fac. Sci., Univ. Tlemcen, 293p.
- 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.

- Debrach J., 1953 : Note sur le climat du Maroc occidental. *Maroc médical* 32(342).pp.1122-1134.
- D.G.F ; 2004 : Bilan de la production national de liège.1p
- D.G.F., 2007 : Bilan de la production national de liège.1p.
- D.G.F., 2011 : Bilan de la production national de liège.1p.
- Elena Rosselló, M. 2005: Estructura del mercado mundial del tapamiento con corcho. Jornada de difusión y sensibilización. Sevilla. Sans pagination.
- 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.
- 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.
- Eric, F. L., Helmut, J. G., & Erika, L. (2003): Dynamic of land-use and land-cover change Intropical regions. *Annu. Rev. Environ. Resour*, 28, pp.41-205.
- Fereira L,Lopes F.. Pereira H.,1998 : Variabilidade da produção e qualidade da cotrtiça na regio de Alcacer do Sal. *Sobreiro e Corticça*.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.
- Fortes M.A. et Rosa M.E.,1988: Densidade da cortiça : factores que a influenciam.*Boletim do Instituto dos Productos Florestais-Cortifa-* 593,pp. 65-69.
- 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.
- Fourgues, C., 2007 : Bilan Carbone de différentes solutions de bouchage. Synthèse.7p.
- Freixe, E., 1915 : Le liège sa culture,son commerce son industrie. Thèse.Doct . Université Paris. Faculté de Droit .194p.
- 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.
- Fritts, H.C.1976: *Tree Rings and Climate*. Academic Press, New York, 576 p.
- Gibson, L.J. & Ashby, M.F., 1988: *Cellular Solids; Structure and Properties*. Ed. Pergamon Press.532p.

- 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.
- GIEC. 2001. Bilan 2001 des changements climatiques : Les éléments scientifiques. GIEC,Genève.
- Giorgi, F. (2006): Climate change hotspots. *Geophysical Research Letters*, 33, L08707.
- Gourinard, Y., 1958 : Recherches sur la géologie du littoral Oranais. Pub. Service de la carte géologique de l'Algérie.Bull.n°6.200p.
- Hayes M.J., Svoboda M.D., Wilhite D.A., & Vanyarkho O.V., 1999. Monitoring the 1996 Drought using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society* 3 :429-438.
- Hata K.; Sogo M. et Fukuhara T.,1969 : On the Suberine in the outer bark of some Japanese tree species.*Techn.Bull.Agric.Kagawa Univ.*20:112-119.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change,2007: Climate Change 2007 – The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 978 0521 88009-1.
- Iprocor, 1994 : I.P.R.O.C.O.R. Simposio mediterráneo sobre regeneración del monte alcornocal. Recopilación de trabajos, Mérida, Montargil, Sevilla. 420 pp.
- Jacamon M. ,1987 : Guide de dendrologie.Tome 2 : Feuillus .E..N.G.R.E.F., Nancy, 256p.
- Kaid Slimane L., 1999 : Etude de la relation sol végétation dans la région Nord des monts de Tlemcen(Algérie). Thèse. Magister. Inst. Biol. Abou Bakr Belkaid, Tlemcen., pp5-41.
- Karem A., 2008 : Le chêne liège. Association Tunisienne Pour la Protection de la Nature et de l'Environnement. 3p.
- Kazi-Tani L., 1996: Esquisse pédologique des zones à vocation forestière (Monts des Traras et monts de Tlemcen). These.Ing.Inst. Forst.Univ.Tlemcen, 68p.
- Kozlowski T.T.,1992 : The physiological ecology of woody plants. New York : Academic Press. 811p.
- Krahmer, R. L., & Wellons., J.D. 1973: Some anatomical and chemical characteristics of Douglas - fir cork. *Wood Sci.*6,pp. 97-105.
- Kramer P.J., 1983: Water relations of plants. New York: Academic Press. 489 p
- Lamey A. ,1893 : Chêne liège : sa culture et son exploitation. Levrault et C^{ie}, Nancy.pp.186 -209.
- 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.
- Lopes, F. 1996: O sobreiro e a cortiça. *Revista Florestal* 9: pp 2.

- Machouri N., 2009. Changement de mode de vie de la population et conséquences sur la durabilité des ressources forestières, le cas des communes rurales de sidi Bettache et Bir Ennassr (province de Benslimane). *Revue de Géographie du Maroc* N°1-2, volume 25, nouvelle série, pp. 131-146
- Maire, R., 1961 : Flore de l'Afrique du nord. Vol. 7. Paul Lechevalier, Paris, 329 p.
- Marc, H., 1916 : Notes sur les forêts de l'Algérie. typographie, Adolphe Jourdan, 331 p.
- Margot P., 2006 : Du chêne-liège au bouchon , éditions Ketty & Alexandre, 1063 Chapelle-sur-Moudon (Suisse) - N° ISBN 2-88114-045-9.
- Maroschek M., Seidl, R. Netherer, S. et . Lexer, M.J., 2009 : Impacts des changements climatiques sur les biens et services des forêts de montagne européennes. *Unasylva* 231/232, Vol. 60, pp.76-80.
- Mathey, A., 1908 : Traité d'exploitation commerciale des bois. Ed. Lucien Laveur, pp. 729.
- Mckee T.B., Doesken N.J. & Kleist J., 1993. The relationship of drought frequency and duration times scales. *American Meteorological Society. 8th conference on Applied Climatology*, 17-22 Janvier, Anaheim, CA, pp.179-184.
- Messali S., 2003 : Le liège : histoire, transformation et utilisation. Alger : Ed. Jijel Liège. Etanchéité. 7 p. (brochure).
- 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.
- Méthy, M., Damesin, C. & Rambal, S. 1996: Drought and photosystem. II activity in two mediterranean oaks. – *Ann. Sci. For.* 53, pp. 255-262.
- 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, 4-8 Octobre, 1993. Smyrne. Turquie. 5p. hirit
- 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.
- Montero, G. 1987: Modelos para cuantificar la producción de corcho en alcornoques 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., Cañellas, I., 1999: Manual de reforestación del alcornoque (*Quercus suber* L.). Mapa-INIA. 103p.

- 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, 11ème 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.
- Natividade J.V., 1956 : Subericulture. Ecole Nationale des eaux et forêts, Nancy, 302p.
- N.P.,298.,1993: Cortiça em Prancha Definições, calibragem, classificação e acondicionamento. Instituto Português da Qualidade. Lisboa. Non paginé.
- 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.
- 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 P.M.,Chaves, M.M., Chaldeira Correia, A.V. 2006: Water availability and productivity. Plant growth and climate change. London,pp.118-145.
- Pereira, H., 2007: Cork: Biology, Production and Uses. Elsevier.Ed.Oxford. UK.329p.
- Poirot,F., 1992 : Le liège et la bouchonnerie en Roussillon.CONFLENT, 14p
- 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.
- Radi N.,2009 : Contribution à l'étude des accroissements annuels du liège en relation avec la pluviométrie dans la suberaie de Nesmoth (w.Mascara).110 p.
- Rego,F.C. 2006 : *Nouvelles des forêts méditerranéennes*.ISSN : 1990-4339 N°4 .12p
- Remacha Gete, A., 2008: Tecnología del corcho. Editorial Visión Libros, 2008.480p.

- Richard P., 1987 : Etude des facteurs explicatifs de la croissance du chêne liège dans l'Algérie, ed. cemaghref, 72p.
- Riffard O., Sisco, S., Bernot, Y. Christophe J., 2008: Guide technique pour la gestion des forêts du chêne liège en Corse. ODARC. 52p.
- Rivas-Martinez, S., 1982: Définition et localisation des écosystèmes Méditerranéenne. Coll. De l'OTAN. Ecologia Mediterranea, 7, pp. 275 – 288.
- Roula, B., 2010 : Etude de la qualité du liège de reproduction dans les suberaies de Jijel. Ecole Nat.Sup.Agro. Algérie. 79p.
- 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.
- Saccardy L., 1937 : Notes sur le liège et le liège en Algérie. Bull.Stat.Rech.for.Afr. nord. Tome II (2). pp. 271-374.
- Santos Pereira, J., Burgalho, M.N. & Caldeira M.C., 2008: From the cork oak to cork. A sustainable system. APCOR(Portugal). 44p.
- Santiago, E.A., Moreno Domínguez, M.J., 2005 : Guía de buenas prácticas medioambientales para las empresas forestales y corcheras. Universidad-Empresa Medioambiental. 143p.
- Sauvage C., 1961 : Flore des subéraies marocaines (Catalogue des Cryptogames vasculaires et des Phanérogames). Trav. Inst. Sci. Chérif. Bot., 22, 252 p.
- Sauvagnac G., 1956 - Les forêts domaniales d'Hafir et de Zariéffet. *Bull. Amis Soc vieux Tlemcen*, Oran : 47-53.
- 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.
- Sesbou A. et Hachmi M., 1989 : le liège, caractéristiques technologiques et utilisation, ENFI., Salé. p : 20.
- Soltner, D., 1992 : Les bases de la production végétale. Tome 2. 6ème édition. Sci et Tech. Agr. 320p.
- Stour L. & Agoumi A., 2009-Sécheresse climatique au Maroc durant les dernières décennies. Hydro-écol. Appl. EDP Sciences. Tome 16, pp. 215–232.

- Tenhunen J.D., O.L. Lange, Gebel J., Beyschlag W. et J.A. Weber., 1984: Changes in photosynthetic capacity, carboxylation efficiency and CO₂ compensation point associated with midday stomatal closure and midday depression of net CO₂ exchange of leaves of *Quercus suber*. *planta* 162:193-203.
- Teskey R.O, Bongarten B.C., Cregg B.M, Dougherty P.M. et Hennessey T.C., 1986 : Physiology and genetics of tree growth response to moisture and temperature stress: An examination of the characteristics of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Tree physiol.* 3 :41-61.
- Thintoin., 1946 : le paysage géographique de l'Oranie. *Bull.Soc.Géo.Prov. Oran.*
- Tinthoin R., 1948 : Les aspects physiques du tel oranais. L. Fouquet, Oran, 639p.
- UPIC, 1990: Unidad de Producción e Industria Corchera, Mapa suberícola de España. Provincia de Cáceres. INIA. Madrid. 200 p.
- 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
- 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.
- Vignes E., 1990 : Le traitement du taillis du chêne dans le Var.O.N.F. *Arboréscence.* n°26, pp 21-23.
- Walther, G.R., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T. J. C. Beebee, J.-M. Fromentin, O. Hoegh-Guldberg, and F. Bairlein. 2002 : Ecological responses to recent climate change. *Nature* 46:389-395.
- www.IML.com, 2009

Tableau 1 : Mesures des accroissements moyens annuels du liège de M'Sila

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	0,67	2,13	2,40	2,16	2,75	3,11	3,08	1,57	1,65	1,33
	0,55	1,74	3,38	2,73	3,54	3,82	2,73	1,91	1,36	1,09
	0,55	1,43	1,43	2,09	2,97	2,86	1,87	2,20	3,30	3,30
	1,12	4,48	5,04	3,64	2,52	1,96	1,57	1,85	1,51	1,40
	1,12	3,14	2,80	3,36	3,36	2,80	2,24	1,68	1,12	1,12
	1,11	4,19	4,78	3,45	2,40	1,86	1,65	1,80	1,55	1,36
	0,56	1,67	2,44	2,22	3,89	3,89	3,33	3,33	2,78	1,67
	0,64	1,90	2,18	3,27	2,18	2,40	3,18	3,20	3,25	2,05
	0,65	4,76	4,81	4,23	4,31	5,28	2,34	2,78	2,68	1,15
	0,56	2,80	2,24	1,68	2,80	1,68	1,12	1,90	1,12	1,46
	1,67	3,17	3,17	4,17	2,17	1,67	1,67	1,47	1,37	1,17
	1,11	1,61	2,11	2,25	3,19	1,81	2,20	2,70	2,11	1,23
	1,12	1,62	2,12	3,12	1,92	1,62	2,12	1,62	1,32	1,32
	2,22	6,66	6,66	4,44	3,89	3,33	2,78	2,44	2,22	1,67
	1,11	1,61	2,11	2,31	3,11	1,81	2,24	2,61	1,28	1,11
	1,12	3,25	3,02	1,68	1,68	1,68	3,25	2,80	3,36	2,80
	0,56	3,36	3,81	3,92	3,36	2,80	2,46	1,68	2,24	1,12
	0,66	2,09	2,75	2,75	2,75	3,30	3,08	2,20	2,20	1,32
	4,32	5,32	4,32	3,82	3,32	2,82	2,82	2,32	1,32	1,32
	1,65	3,15	3,15	4,15	2,15	1,65	1,65	1,45	1,35	1,15
	0,68	1,98	2,25	2,35	3,69	2,69	2,67	2,24	1,85	1,98
	0,65	1,65	2,38	2,19	1,69	1,75	1,63	1,66	1,23	1,10
	1,11	3,33	3,33	2,22	1,94	1,67	1,39	1,22	1,11	0,83
	0,55	4,36	3,27	3,27	2,67	2,02	1,91	1,91	1,36	0,55
	0,56	2,78	2,22	1,67	2,78	1,67	1,11	1,89	1,11	1,44
	1,11	2,22	2,22	2,78	2,11	3,33	2,11	3,33	1,67	1,67
	1,64	9,81	9,81	4,36	1,91	1,91	1,53	2,40	1,96	1,91
	4,44	5,55	5,55	3,89	3,33	2,78	2,78	2,22	1,67	1,11
	0,56	2,22	2,22	2,78	3,00	2,89	1,89	2,22	3,33	3,33
	2,24	6,72	6,16	5,04	3,36	2,80	2,80	2,80	2,24	2,24
	0,56	1,67	2,44	2,22	1,67	2,00	1,11	1,67	2,22	1,67
	1,11	3,22	3,00	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,11
	2,21	6,64	6,64	4,42	3,87	3,32	2,77	2,43	2,21	1,66
	0,67	2,11	2,44	2,22	2,78	3,11	3,11	1,55	1,67	1,33
	1,11	1,67	2,22	2,44	3,33	1,89	2,22	2,78	1,11	1,11
	1,12	2,24	2,24	2,80	2,13	3,36	2,13	3,36	1,68	1,68
	1,11	1,61	2,25	1,61	1,75	1,69	2,75	2,61	1,91	2,61
	0,84	2,30	2,24	1,96	2,52	2,63	2,24	2,13	2,18	2,35
	1,11	2,22	2,22	2,22	2,22	0,56	2,22	0,78	0,78	1,44
	0,62	2,69	2,13	2,64	2,24	0,62	1,62	1,60	1,63	1,06
Moyenne	1,18	3,18	3,30	2,90	2,72	2,41	2,22	2,15	1,84	1,56
Ecart type	0,88	1,85	1,70	0,94	0,73	0,92	0,63	0,61	0,67	0,62

Tableau 2 : Mesures des accroissements moyens annuels du liège de Hafir

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	1,09	1,31	1,31	1,09	1,31	1,31	1,09	0,55	1,85	1,31	0,55
	2,38	2,16	2,16	1,94	1,73	1,62	1,62	1,62	1,08	1,08	0,54
	1,36	1,36	1,91	1,64	1,74	1,80	1,64	1,47	1,36	1,36	0,82
	1,62	1,89	2,43	1,35	1,89	1,35	1,08	1,89	1,08	0,81	1,08
	1,85	1,96	2,18	3,27	2,18	1,96	1,64	1,53	1,42	1,53	1,09
	2,97	2,54	3,51	2,43	2,97	2,70	3,24	2,97	2,59	2,32	1,08
	2,70	3,78	4,10	2,70	2,38	2,38	2,38	2,38	2,05	1,62	0,86
	2,38	2,16	2,38	1,94	1,73	1,62	1,62	1,08	1,08	1,08	0,54
	3,05	2,40	3,27	1,09	2,83	1,85	2,73	2,18	1,70	1,64	0,55
	3,02	2,38	2,70	1,08	2,70	1,84	2,70	1,62	1,62	1,62	0,54
	1,62	2,70	3,24	2,70	2,16	3,78	2,70	2,16	2,16	1,94	1,08
	1,62	1,62	2,16	3,24	2,16	1,62	1,62	1,51	1,62	1,51	1,08
	1,62	2,70	2,70	1,62	2,16	1,08	1,62	1,62	1,62	1,08	0,54
	1,85	1,96	2,18	3,27	2,18	1,96	1,64	1,53	1,42	1,53	1,09
	1,85	2,18	3,27	2,73	2,73	3,27	2,73	3,27	2,73	2,73	1,64
	2,73	2,73	3,71	2,73	2,73	3,27	3,27	2,73	2,18	1,64	1,09
	1,61	2,14	3,21	2,68	2,14	2,14	2,35	2,68	2,68	1,61	1,07
	2,97	2,48	3,78	2,43	2,97	2,70	2,70	2,97	2,59	2,70	1,12
	2,38	2,70	3,78	2,70	1,62	2,70	2,38	1,62	1,51	1,51	1,08
	3,05	2,40	3,27	1,09	2,83	1,85	2,73	2,18	1,64	1,64	0,55
	1,64	2,73	3,27	2,73	2,18	3,82	2,73	2,18	1,96	1,96	1,09
	1,62	2,70	2,70	1,62	2,16	1,08	1,62	1,08	1,30	1,08	0,54
	2,29	2,73	3,27	2,18	1,64	2,73	2,18	1,64	1,09	1,09	1,09
	3,11	2,44	3,33	1,11	2,89	1,89	2,78	2,22	1,67	1,67	0,56
	3,27	2,73	4,03	2,29	2,02	2,45	2,51	2,29	2,02	1,58	0,55
	1,64	2,73	2,40	1,96	2,73	3,27	2,18	2,18	1,64	1,64	0,55
	1,90	1,68	1,68	2,24	2,24	1,68	1,68	1,57	1,46	1,12	1,12
	3,24	4,32	4,32	3,78	3,78	3,24	2,81	2,70	2,70	2,16	1,08
	1,62	2,70	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	2,16	1,62	1,62	0,54
	1,85	1,96	2,18	3,27	2,73	2,18	2,18	1,96	1,64	1,53	1,09
	1,62	1,94	2,59	3,24	2,16	2,16	2,70	2,70	2,16	2,16	1,62
	1,64	2,73	3,82	3,82	2,18	2,73	2,73	2,18	1,64	1,64	0,55
	1,62	2,70	3,24	2,70	2,16	3,78	2,70	2,16	2,16	1,94	1,08
	1,62	1,62	2,16	1,84	1,84	1,62	1,30	1,30	1,08	0,76	0,54
	1,96	3,05	3,82	3,27	3,82	3,05	2,73	2,73	1,64	1,09	1,09
	2,78	3,89	4,33	2,78	2,78	2,44	2,78	2,66	2,11	1,67	0,89
	1,64	2,73	2,73	1,64	2,18	1,09	1,64	1,64	1,64	1,09	0,58
	1,74	3,05	2,45	2,18	2,62	3,00	3,82	3,27	1,96	1,64	0,55
	3,05	2,40	3,27	1,09	2,83	1,85	2,73	2,18	1,64	1,64	0,60
	1,98	2,20	3,03	3,30	3,30	2,75	2,75	2,75	2,20	2,20	0,55
Moyenne	2,14	2,46	2,98	2,35	2,41	2,32	2,33	2,08	1,78	1,59	0,86
Eca. type	0,63	0,62	0,75	0,81	0,57	0,78	0,65	0,62	0,47	0,45	0,31

Tableau 3 : Accroissements moyens annuels d'âge homogène (M'Sila)

	1	2	3	4	5	6	7	8	moyenne
1	2,13	2,40	2,16	2,75	3,11	3,08	1,57	1,65	2,36
2	1,74	3,38	2,73	3,54	3,82	2,73	1,91	1,36	2,65
3	1,43	1,43	2,09	2,97	2,86	1,87	2,20	3,30	2,27
4	4,48	5,04	3,64	2,52	1,96	1,57	1,85	1,51	2,82
5	3,14	2,80	3,36	3,36	2,80	2,24	1,68	1,12	2,56
6	4,19	4,78	3,45	2,40	1,86	1,65	1,80	1,55	2,71
7	1,67	2,44	2,22	3,89	3,89	3,33	3,33	2,78	2,94
8	1,90	2,18	3,27	2,18	2,40	3,18	3,20	3,25	2,70
9	4,76	4,81	4,23	4,31	5,28	2,34	2,78	2,68	3,90
10	2,80	2,24	1,68	2,80	1,68	1,12	1,90	1,12	1,92
11	3,17	3,17	4,17	2,17	1,67	1,67	1,47	1,37	2,35
12	1,61	2,11	2,25	3,19	1,81	2,20	2,70	2,11	2,25
13	1,62	2,12	3,12	1,92	1,62	2,12	1,62	1,32	1,93
14	6,66	6,66	4,44	3,89	3,33	2,78	2,44	2,22	4,05
15	1,61	2,11	2,31	3,11	1,81	2,24	2,61	1,28	2,14
16	3,25	3,02	1,68	1,68	1,68	3,25	2,80	3,36	2,59
17	3,36	3,81	3,92	3,36	2,80	2,46	1,68	2,24	2,95
18	2,09	2,75	2,75	2,75	3,30	3,08	2,20	2,20	2,64
19	5,32	4,32	3,82	3,32	2,82	2,82	2,32	1,32	3,26
20	3,15	3,15	4,15	2,15	1,65	1,65	1,45	1,35	2,34
21	1,98	2,25	2,35	3,69	2,69	2,67	2,24	1,85	2,47
22	1,65	2,38	2,19	1,69	1,75	1,63	1,66	1,23	1,77
23	3,33	3,33	2,22	1,94	1,67	1,39	1,22	1,11	2,03
24	4,36	3,27	3,27	2,67	2,02	1,91	1,91	1,36	2,60
25	2,78	2,22	1,67	2,78	1,67	1,11	1,89	1,11	1,90
26	2,22	2,22	2,78	2,11	3,33	2,11	3,33	1,67	2,47
27	9,81	9,81	4,36	1,91	1,91	1,53	2,40	1,96	4,21
28	5,55	5,55	3,89	3,33	2,78	2,78	2,22	1,67	3,47
29	2,22	2,22	2,78	3,00	2,89	1,89	2,22	3,33	2,57
30	6,72	6,16	5,04	3,36	2,80	2,80	2,80	2,24	3,99
31	1,67	2,44	2,22	1,67	2,00	1,11	1,67	2,22	1,87
32	3,22	3,00	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	2,03
33	6,64	6,64	4,42	3,87	3,32	2,77	2,43	2,21	4,04
34	2,11	2,44	2,22	2,78	3,11	3,11	1,55	1,67	2,37
35	1,67	2,22	2,44	3,33	1,89	2,22	2,78	1,11	2,21
36	2,24	2,24	2,80	2,13	3,36	2,13	3,36	1,68	2,49
37	1,61	2,25	1,61	1,75	1,69	2,75	2,61	1,91	2,02
38	2,30	2,24	1,96	2,52	2,63	2,24	2,13	2,18	2,28
39	2,22	2,22	2,22	2,22	0,56	2,22	0,78	0,78	1,65
40	2,69	2,13	2,64	2,24	0,62	1,62	1,60	1,63	1,90

Tableau 4 : Accroissements moyens annuels d'âge homogène (Hafir)

	1	2	3	4	5	6	7	8	Moyenne
1	1,31	1,31	1,09	1,31	1,31	1,09	0,55	1,85	1,23
2	2,16	2,16	1,94	1,73	1,62	1,62	1,62	1,08	1,74
3	1,36	1,91	1,64	1,74	1,80	1,64	1,47	1,36	1,61
4	1,89	2,43	1,35	1,89	1,35	1,08	1,89	1,08	1,62
5	1,96	2,18	3,27	2,18	1,96	1,64	1,53	1,42	2,02
6	2,54	3,51	2,43	2,97	2,70	3,24	2,97	2,59	2,87
7	3,78	4,10	2,70	2,38	2,38	2,38	2,38	2,05	2,77
8	2,16	2,38	1,94	1,73	1,62	1,62	1,08	1,08	1,70
9	2,40	3,27	1,09	2,83	1,85	2,73	2,18	1,70	2,26
10	2,38	2,70	1,08	2,70	1,84	2,70	1,62	1,62	2,08
11	2,70	3,24	2,70	2,16	3,78	2,70	2,16	2,16	2,70
12	1,62	2,16	3,24	2,16	1,62	1,62	1,51	1,62	1,94
13	2,70	2,70	1,62	2,16	1,08	1,62	1,62	1,62	1,89
14	1,96	2,18	3,27	2,18	1,96	1,64	1,53	1,42	2,02
15	2,18	3,27	2,73	2,73	3,27	2,73	3,27	2,73	2,86
16	2,73	3,71	2,73	2,73	3,27	3,27	2,73	2,18	2,92
17	2,14	3,21	2,68	2,14	2,14	2,35	2,68	2,68	2,50
18	2,48	3,78	2,43	2,97	2,70	2,70	2,97	2,59	2,83
19	2,70	3,78	2,70	1,62	2,70	2,38	1,62	1,51	2,38
20	2,40	3,27	1,09	2,83	1,85	2,73	2,18	1,64	2,25
21	2,73	3,27	2,73	2,18	3,82	2,73	2,18	1,96	2,70
22	2,70	2,70	1,62	2,16	1,08	1,62	1,08	1,30	1,78
23	2,73	3,27	2,18	1,64	2,73	2,18	1,64	1,09	2,18
24	2,44	3,33	1,11	2,89	1,89	2,78	2,22	1,67	2,29
25	2,73	4,03	2,29	2,02	2,45	2,51	2,29	2,02	2,54
26	2,73	2,40	1,96	2,73	3,27	2,18	2,18	1,64	2,38
27	1,68	1,68	2,24	2,24	1,68	1,68	1,57	1,46	1,78
28	4,32	4,32	3,78	3,78	3,24	2,81	2,70	2,70	3,46
29	2,70	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	2,16	1,62	2,84
30	1,96	2,18	3,27	2,73	2,18	2,18	1,96	1,64	2,26
31	1,94	2,59	3,24	2,16	2,16	2,70	2,70	2,16	2,46
32	2,73	3,82	3,82	2,18	2,73	2,73	2,18	1,64	2,73
33	2,70	3,24	2,70	2,16	3,78	2,70	2,16	2,16	2,70
34	1,62	2,16	1,84	1,84	1,62	1,30	1,30	1,08	1,59
35	3,05	3,82	3,27	3,82	3,05	2,73	2,73	1,64	3,01
36	3,89	4,33	2,78	2,78	2,44	2,78	2,66	2,11	2,97
37	2,73	2,73	1,64	2,18	1,09	1,64	1,64	1,64	1,91
38	3,05	2,45	2,18	2,62	3,00	3,82	3,27	1,96	2,79
39	2,40	3,27	1,09	2,83	1,85	2,73	2,18	1,64	2,25
40	2,20	3,03	3,30	3,30	2,75	2,75	2,75	2,20	2,78

Tableau 5 : Fluctuation de la pluviométrie annuelle pour la forêt de M'Sila (1961-2008)

	Pluies annuelle
1961	306
1969	361
1970	582
1971	524
1972	407
1973	560
1974	460
1975	544
1976	391
1977	392
1978	359
1979	360
1980	418
1981	378
1982	405
1983	245
1984	427
1985	357
1986	417
1987	288
1988	226
1989	285
1990	546
1991	400
1992	382
1993	445
1994	315
1995	402
1996	425
1997	467
1998	262
1999	582
2000	296
2001	416
2002	261,6
2003	389,1
2004	379,5
2005	348,53
2006	378,23
2007	480,7

2008	409
------	-----

Tableau 6 : Fluctuation de la pluviométrie annuelle pour la forêt deHafir (1962-2008)

	Pluies annuelle
1962	601
1963	979
1964	838,7
1965	584,9
1966	489,1
1967	966,9
1968	743,5
1969	854,6
1970	451,6
1971	798,5
1972	819
1973	1010,5
1974	844,1
1975	831,2
1976	989,7
1977	672,8
1978	673,8
1979	713,1
1980	804,1
1981	431,5
1982	774
1983	240,9
1984	572,1
1985	560,6
1986	774,2
1987	754,3
1988	340,1
1989	547,3
1990	626,9
1991	604
1992	644,5
1993	509,9
1994	493,1
1995	643,8
1996	784,4
1997	625,6
1998	410,4

1999	721,1
2000	358,6
2001	780,2
2002	513,8
2003	856,2
2004	627,2
2005	322,3
2006	532,7
2007	665,4
2008	291,4

Tableau 7 : Évolution de l'indice standardisé de précipitation au cours de la période 1961-2008 à M'Sila

	Pluies annuelle	$SPI = (p_i - p_m)/\sigma$
1961	306	-1,01051203
1969	361	-0,39970734
1970	582	2,05461697
1971	524	1,41049565
1972	407	0,11114749
1973	560	1,81029509
1974	460	0,6997411
1975	544	1,63260645
1976	391	-0,06654114
1977	392	-0,0554356
1978	359	-0,42191842
1979	360	-0,41081288
1980	418	0,23330843
1981	378	-0,21091316
1982	405	0,08893641
1983	245	-1,68794996
1984	427	0,33325829
1985	357	-0,4441295
1986	417	0,22220289
1987	288	-1,21041175
1988	226	-1,89895522
1989	285	-1,24372837
1990	546	1,65481753
1991	400	0,03340871
1992	382	-0,166491
1993	445	0,53315801
1994	315	-0,91056217
1995	402	0,05561979

1996	425	0,31104721
1997	467	0,77747988
1998	262	-1,49915578
1999	582	2,05461697
2000	296	-1,12156743
2001	416	0,21109735
2002	261,6	-1,503598
2003	389,1	-0,08764167
2004	379,5	-0,19425485
2005	348,53	-0,53819342
2006	378,23	-0,20835889
2007	480,7	0,92962578
2008	409	0,13335857

Tableau 8 : Évolution de l'indice standardisé de précipitation au cours de la période 1962-2008 à Hafir

	pluie	$SPI = (p_i - p_m)/\sigma$
1962	601	-0,26995088
1963	979	1,70759625
1964	838,7	0,9736019
1965	584,9	-0,35417974
1966	489,1	-0,8553676
1967	966,9	1,64429381
1968	743,5	0,475553
1969	854,6	1,05678444
1970	451,6	-1,05155283
1971	798,5	0,76329134
1972	819	0,87053926
1973	1010,5	1,87239184
1974	844,1	1,00185258
1975	831,2	0,93436486
1976	989,7	1,76357443
1977	672,8	0,10567844
1978	673,8	0,11091005
1979	713,1	0,31651217
1980	804,1	0,79258833
1981	431,5	-1,15670812
1982	774	0,63511699
1983	240,9	-2,15385225
1984	572,1	-0,42114429
1985	560,6	-0,48130777
1986	774,2	0,63616331
1987	754,3	0,53205434
1988	340,1	-1,63487692
1989	547,3	-0,55088813
1990	626,9	-0,13445228
1991	604	-0,25425606

1992	644,5	-0,04237601
1993	509,9	-0,7465502
1994	493,1	-0,83444118
1995	643,8	-0,04603813
1996	784,4	0,68952569
1997	625,6	-0,14125337
1998	410,4	-1,26709501
1999	721,1	0,35836502
2000	358,6	-1,53809221
2001	780,2	0,66755294
2002	513,8	-0,72614693
2003	856,2	1,06515501
2004	627,2	-0,1328828
2005	322,3	-1,72799951
2006	532,7	-0,62726958
2007	665,4	0,06696456
2008	291,4	-1,88965614

Annexe

Tableau : Analyse de la variance à un seul critère de la variable épaisseur commerciale (M'Sila)

Source	DL	SC	CM	F	P
Facteur	3	3905,7	1301,9	13,12	0,000
Erreur	72	7144,3	99,2		
Total	75	11050,0			

Tableau : Analyse de la variance à un seul critère de la variable épaisseur commerciale(Hafir)

Source	DL	SC	CM	F	P
Facteur	3	4683,8	1561,3	16,85	0,000
Erreur	72	6670,0	92,6		
Total	75	11353,8			

Tableau : Analyse de la variance à un seul critère des accroissements moyens annuels

Analyse de variance					
Source	DL	SC	CM	F	P
Facteur	7	93,34	13,33	11,33	0,000
Erreur	144	169,48	1,18		
Total	151	262,81			

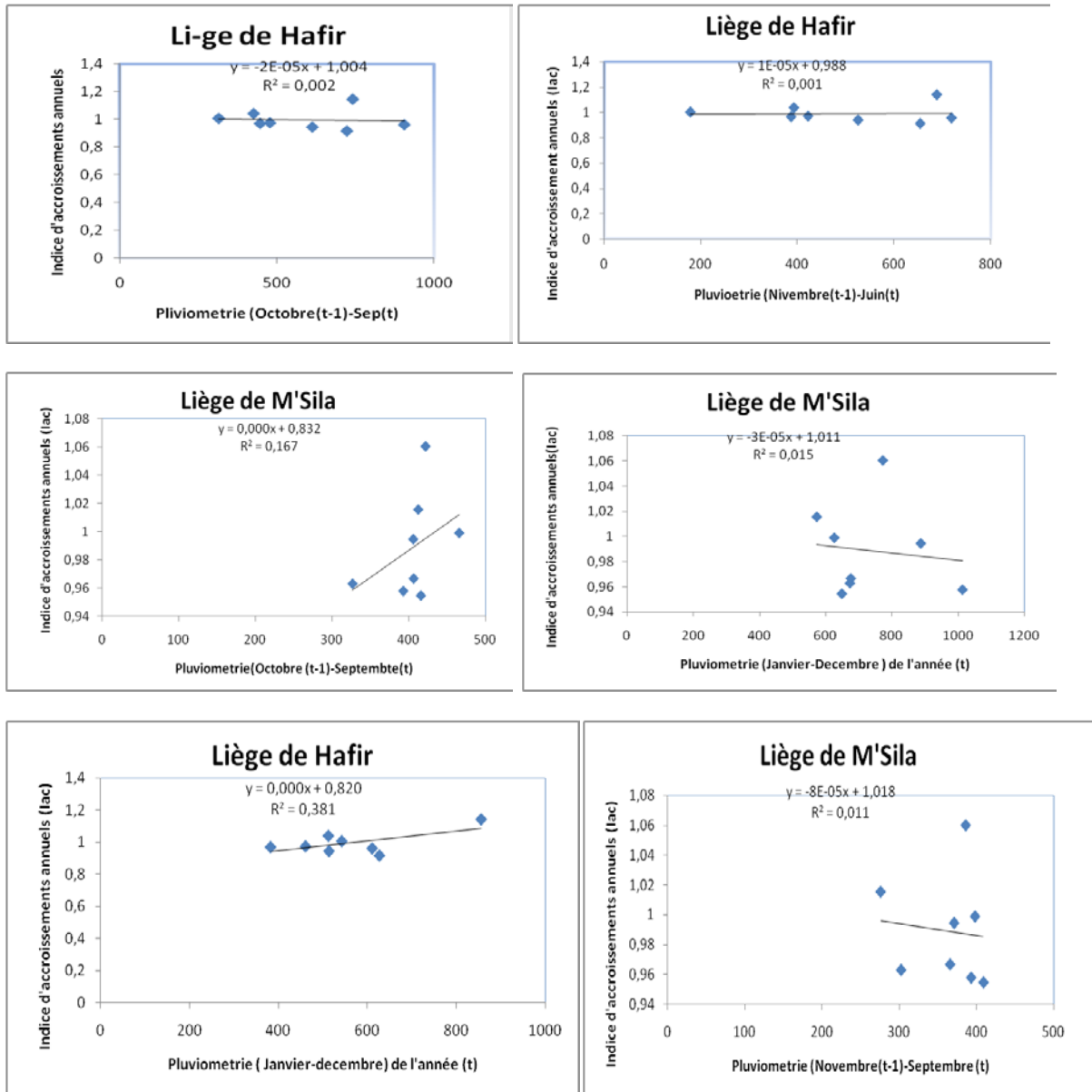


Figure 1 : Quelques exemples des corrélations entre la pluviométrie cumulée et l'indice d'accroissement annuels

Résumé : L'effet du climat (pluviométrie) sur les accroissements du liège a été étudié sur 80 échantillons de liège d'âge varié (9 ans et 10 ans), pris au hasard successivement dans le parc à liège de la suberaie de montagne de Hafir (w. Tlemcen) et celui de la suberaie de littoral (w. Tlemcen). Les mesures des cernes par le biais du logiciel Tsapwin révèlent la dominance des accroissements de type rapide de l'ordre de 17% à M'Sila et de type moyen rapide à Hafir.(90%). L'accroissement moyen annuel pour un âge homogène de 9 ans (8 accroissement complets) était de l'ordre de 2,59 mm et 2,39mm respectivement pour les entités. Le climat semi aride de la suberaie de M'Sila lui confère une pluviométrie annuelle moyenne < 400 mm. Cette proportion d'eau s'est caractérisée par sa discordance vis-à-vis de la croissance annuelle du liège. En effet, les différents coefficients de corrélation de Pearson se sont manifestés par un « r » très négatif. La pluviométrie cumulée de l'année (t) et t-1 ainsi que l'indice de déficit pluviométrique exprimaient une certaine indifférence aux indices d'accroissements du liège. Les meilleurs accroissements ne coïncidaient pas avec les années et saisons pluvieuses et vis versa. A Hafir, le climat semble favorable >600mm/an, la seule liaison intéresse les pluies de l'année (janvier-Décembre) soit un coefficient de corrélation positif fort ($r=0,60$). Cette corrélation positive reste corrélée à l'indice de déficit pluviométrique (Idp) et l'indice standardisé des précipitations (ISP).

Mots clés : M'Sila, semi-aride,sub-humide, accroissement, déficit pluviométrique, pluies cumulées.

Abstract :The effect of climate (rainfall) on the increments of cork was studied on 80 cork samples of different ages (9 and 10 years), random turn in the park of the cork oak cork Mountain Hafir (w. Tlemcen) and that of the cork oak of coastline (w. Tlemcen). Measurements of dark circles through the software Tsapwin reveal the dominance of such rapid increases in the order of 17% has M'Sila and quick to type Hafir. (90%). The annual average increase for a uniform age of 9 years (8 full increase) was the order of 2.59 mm and 2.39 mm respectively for entities. The semi arid climate of the cork oak M'Sila giving it a mean annual rainfall <400 mm. This proportion of water is characterized by its discrepancy vis-à-vis the annual growth of cork. Indeed, the various correlation coefficients of Pearson came forward with an "r" very negative. Cumulative rainfall of the year (t) and t-1 and the index of rainfall deficit expressed some indifference to the indices of increases cork. The best increases did not coincide with the rainy seasons and years and vice versa. A Hafir, the climate seems favorable > 600mm/an, the only link interested rains of the year (January to December) is a strong positive correlation coefficient ($r = 0.60$). This positive correlation is correlated with the rainfall deficit index (Idp) and the standardized precipitation index (SPI).

Key -words: M'Sila, Hafir, semi-arid, sub-humid, growth, lack of rainfall, accumulated rainfall.

المخلص

تمت دراسة تأثير المناخ (الأمطار) على الزيادات السنوية للفلين على 80 عينة بشكل عشوائي من مختلف الأعمار (9 و 10 سنوات). وذلك في مراب الفلين بغابة حفير (ولاية تلمسان) وكذلك من مراب الفلين من الخط الساحلي لغابة المسيلة (وهران). قياسات الزيادات السنوية من خلال ماكينة Tsapwin كشفت عن هيمنة الزيادات السريعة في حدود 17% في فلين المسيلة و بطيئة و سريعة في حفير (90%). وكان متوسط الزيادة السنوية لعمر موحد من 9 سنوات (8 الزيادة كاملة) في حدود 2,59 ملم و 2,39 ملم على التوالي للغابتين. مناخ شبه القاحل لغابة المسيلة يعطيها التساقط السنوي >400 ملم. وتتميز هذه النسبة من المياه بعدم التطابق مع الزيادات السنوية الفلين. في الواقع، جاءت مختلف معاملات الارتباط سلبية للغابة. وأعربت الأمطار التراكمية للسنة (t) و t-1 والمؤشر القياسي عن عدم اللامبالاة بينهما. فإن أفضل زيادات لا تتزامن مع مواسم الأمطار ، والعكس بالعكس. في بغابة حفير، يبدو أن المناخ موات <600م، التطابق الوحيد خص امطار العام (يناير إلى ديسمبر) ب معامل ارتباط إيجابي قوي ($R = 0.60$). ويرتبط هذا الارتباط الإيجابي مع مؤشر العجز في هطول الأمطار (LDP) ومؤشر التهطل الموحد (SPI).

كلمات البحث: مسيلة، شبه القاحلة، شبه الرطبة، النمو، قلة هطول الأمطار، مياه الأمطار المتراكمة.