

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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

UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMSEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Ressources Forestières

MÉMOIRE DE MASTER

Option : Ecologie, Gestion et Conservation de la Biodiversité

Thème :

Contribution à l'étude de la relation indice de déficit pluviométrique- indice de masse- indice de qualité dans la forêt domaniale de Hafir"

Présenté par :

Mme AMARA Karima

Soutenu le / 06/ 2015 devant le jury composé de :

Président : M. Mostefai N.
Encadreur: M. Dehane B.

Maitre de Conférences ' A ' , Université de Tlemcen
Maitre de Conférences ' A ' , Université de Tlemcen

Examineurs :

M. Berrichi M.
M. Medjahdi B.

Maitre de Conférences ' A ' , Université de Tlemcen
Maitre de Conférences ' A ' , Université de Tlemcen

2014/2015

REMERCIEMENTS

Mes premiers mots de remerciements et surtout de reconnaissance, vont naturellement vers mon encadreur, Mr. Belkheir Dehane. Il s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce travail ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer. Qu'il reçoive toute l'expression de ma reconnaissance pour m'avoir proposé ce sujet de mémoire, et, pour tout son dynamisme et ses qualités humaines.

Je tiens à exprimer également, ma profonde gratitude à Mr. Noureddine Mostefai (Maitre de Conférences « A » à l'Université de Tlemcen), qui m'a fait l'honneur de présider mon jury de mémoire de master. A Messieurs, Mohamed Berrichi et Boumediene Medjahdi (Maitres de Conférences « A » à l'Université de Tlemcen), je veux leurs adresser ma profonde reconnaissance pour avoir accepté de consacrer de leur temps à l'examen de ce travail.

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

J'apporte des remerciements pleins de tendresse à ma famille et à mes proches pour leur soutien.

SOMMAIRE

Introduction générale	1
CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	
I.1- Le chêne liège	3
I.1.1- Description botanique	3
I.1.2 - Ecologie du chêne liège	6
I.1.3- Culture du chêne liège	8
I.1.4-Rôle des suberaies	11
I.2- Le liège	12
I.2.1- La croissance subéreuse	12
I.2.2- Calibre et qualité de liège	13
I.2.3- Economie et usage	17

CHAPITRE II : MILIEU D'ETUDE	
II.1- Situation géographiques et administrative	21
II.2- Topographie et relief	22
II.3- Géologie et pédologie	22
II.4- Hydrographie	23
II.5- Climatologie	24
II.5.1.- Données climatiques	24
II.5.1.1- Précipitations	24
1-Répartition annuelle des précipitations	24
2-Répartition mensuelle moyenne des précipitations	25
3- Régime saisonnier des précipitations	26
4-Températures	26
5-Autres facteurs climatiques	28
II.5.1.2-Synthèse climatique	29
1-Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité	29
2-Indice de sécheresse estivale	29
3-Etage de végétation ou zonation altitudinale	30
4-Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen	30
5-Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger	31
II.6- Description forestière	33
II.6.1-Production de liège	34

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES	
III.1-Echantillonnage	35
III.2- Collecte de données	36
III.2.1- La placette	36
III.2.2- Caractéristiques des placettes d'étude	37
III.2.2.2 -Relevés sylvicoles	37
III.2.3- Les arbres échantillons	37
III.3- Estimation de la qualité du liège sur pied par le Coveless	38
III.4- Calcul des indices	40
III.5- Traitement des données	43
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION	
IV-Résultats et discussion	44
IV.1- Caractérisation générale des placettes d'étude	44
IV.2- Caractérisation globale des arbres échantillons	45
IV.2.1- Etat sanitaire des arbres	45
IV.2.2- Circonférences	46
IV.2.3- Hauteurs d'écorçage	47
IV.2.4- Les classes d'épaisseurs	48
IV.2.5- La qualité du liège	50
IV.3- Caractérisation climatique de la période analogue à la période de croissance du liège	51
IV.3.1- Indice d'aridité mensuel et annuel de De Martonne (1926)	51
IV.3.2- Climogramme pluviométrique	52
IV.3.3- Le déficit pluviométrique	53
IV.3.4- Calcul des indices	54
IV.3.4.1- Indice de Masse	54
IV.3.4.2- Indice de qualité	54
IV.3.4.3- Indice du déficit pluviométrique	56
IV.4- Etude des relations probables entre Indice de Masse (Imas) – Indice de Qualité (IQ)- Indice de Déficit Pluviométrique (IDP)	56
IV.4.2- Relation Indice de Qualité –Indice de Santé	58
IV.4.3- Relation Indice de Masse –Indice de Qualité	59
Conclusion générale	61
Références bibliographiques	63
Annexe	

Liste des tableaux

Titre	page
Tableau 1 : Classes d'épaisseurs utilisées par l'ICMC-IPROCOR (1994)	14
Tableau 2: Classes d'aspects utilisées en Espagne	14
Tableau 3 : Classification élargies de la qualité du liège selon l'IMC-IPROCOR	14
Tableau 4 : Tableau de qualité du liège, illustrant les 9 catégories de la classification de l'ICMC-IPROCOR	15
Tableau 5 : Répartition du calibre de liège selon l'usage en Algérie	17
Tableau 6 : Coordonnées géographiques de la forêt domaniale de Hafir	21
Tableau 7 : Distribution des pentes selon leur calsses et sueperficiés	22
Tableau 8 : Précipitations moyenne mensuelle (mm) pendant les deux périodes de référence	25
Tableau9 : Valeurs thermiques moyennes minimales en (°C)	27
Tableau 10 : Valeurs thermiques moyennes maximales (°C)	27
Tableau11 : Températures moyennes mensuelles et annuelles T (°C)	28
Tableau12: Indice de continentalité	29
Tableau13: Indice de sècheresse estivale	29
Tableau 14: Etage de végétation du chêne liège	30
Tableau15: Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques	31
Tableau16 : Principales classes de relevés dendrométriques, d'exploitation et d'état sanitaire des arbres des échantillons	37
Tableau 17: Classes de calibre du liège admises dans l'industrie	39
Tableau 18: Classification élargie de la qualité du liège	39
Tableau 19 : Grille d'accroissements pour un liège de 10 ans	41
Tableau 20 : Caractérisation globale des placettes d'étude	44
Tableau 21 : Analyse de variance de la variable circonférence	46
Tableau 22 : Analyse de variance de la variable hauteur d'écorçage	48
Tableau 23 : Analyse de variance de la variable hauteur d'écorçage	49
Tableau 24 : Indices de De Martonne calculés pour la zone d'étude	51
Tableau 25: Valeurs moyennes pour le calcul de l'indice de masse (Imas)	54

Liste des figures

Titre	Page
Figure1 : Aire de distribution du chêne-liège	3
Figure 2: Caractères botaniques du chêne liège	4
Figure3 : Cortège floristique dE chêne liège à Hafir	9
Figure 4 : Rejet de souche d'un sujet incendié à Zariéffet en 1994	9
Figure 5 : Régénération assistée de chêne liège sur terrains plats	10
Figure 6: Futaie régulière de chêne liège : fourchette de densité pour toutes les catégories de grosseur et pour un couvert de 70%	11
Figure 7: Anatomie d'une branche de chêne liège	12
Figure 8 : Tableau de qualité du liège, illustrant les 9 catégories de la classification de l'ICMC-IPROCOR	16
Figure 9 : Production mondiale de liège	17
Figure 10: Production de liège en Algérie 1993-2012	18
Figure11: Situation géographiques de la Forêt domaniale de Hafir	22
Figure 12: Carte géologique du Nord-Ouest Algérien	23
Figure 13 : Répartition annuelle de la pluviométrie à Hafir	24
Figure14: Régime saisonnier des précipitations entre ancienne et nouvelle période	26
Figure15: Diagramme ombrothermique de la forêt de Hafir	31
Figure16: Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger de la forêt de Hafir	32
Figure17 : Evolution périodique de la production du liège à Hafir	34
Figure18 : Echantillonnage systématique sur la base d'une grille régulière de placettes	35
Figure19 : Type de placette installé pour l'échantillonnage	36
Figure 20: Illustration explicative des classes de défoliation du chêne liège	38
Figure 21: Méthode de mesure de la qualité du liège sur arbre	39
Figure 22 : Aspect des cimes sur les arbres échantillons des quatre placettes	45
Figure 23 : Répartition des arbres échantillons selon leur grosseur	46
Figure 24: Circonférences moyennes mesurées sur les arbre-échantillons des 4 placettes.	47
Figure 25 : Répartition des arbres-échantillons selon les classes des hauteurs d'écorçage	47
Figure 26 : Hauteurs d'écorçage moyennes mesurées sur les arbre-échantillons des 4 placettes	48
Figure 27: Répartition des arbres-échantillons selon les classes d'épaisseur du liège	49
Figure 28 : Calibres moyens mesurées sur les arbre-échantillons des 4 placettes	49
Figure 29 : Classification élargie de la qualité de liège sur les sujets des quatre placettes	50
Figure 29 : Aspect générale de trois transects	50
Figure 30 : Climogramme pluviothermique de Taylor pour les quatre placettes	53
Figure 31 : Déficit pluviométrique enregistré durant la période 2004-201	53
Figure 32: Indices de qualité enregistrés dans les quatre placettes	55
Figure 33 : Classification résumée du liège dans les quatre placettes	55
Figure 34: Indices de déficit pluviométrique calculés pour la période 2004-2014	56
Figure 35: Droite de régression linéaire entre l'IDP et l'Iac	57

Liste des figures

Figure 36 : Relation indice d'accroissements (Iac) –Indice de déficit (pluviométrique (IDP	57
Figure 37 : Corrélation entre IS et IQ	58
Figure 38: Droite de régression linéaire entre l'IQ et l'Imas	59
Figure 39 : Schéma explicatif de la relation indice de masse et indice de qualité	60

Introduction générale

Les questions de changements globaux préoccupent depuis quelques temps les scientifiques et les décideurs politiques en raison de leurs conséquences immédiates et durables sur l'environnement. Les conclusions d'analyses faites sur l'évolution du climat par l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPPC, 2001 et 2007) ont prouvé une modification de l'équilibre énergétique du système « Terre-Océan-Atmosphère-Biosphère ». Aux basses latitudes, ce déséquilibre est caractérisé par une péjoration ou altération climatique.

Avec une augmentation des températures et une baisse des précipitations au printemps et en été, la région méditerranéenne est particulièrement touchée par le changement climatique. De 1998 à 2007, la région a subi une série d'années exceptionnellement chaudes et sèches avec une hausse des températures de 1,2°C sur la période qui laisse présager le climat du futur. Face à cette réalité, les chercheurs ont enregistré différents types de comportements des végétaux en fonction de la disponibilité de l'eau. Ces nouvelles données montrent le remplacement partiel des espèces les plus exigeantes en eau par des espèces plus résistantes à la chaleur et à la sécheresse (Vennetier, 2012). D'autres scénarios prévoient un nouveau changement majeur de la composition des forêts dans de nombreuses régions du monde. Elle correspond à une migration des aires potentielles de répartition des espèces végétales de plusieurs centaines de kilomètres vers le nord et de plusieurs centaines de mètres en altitude, et par conséquent un dépérissements massifs de forêts (Badeau et al., 2005 ; Allen et al., 2010).

L'Algérie est située sur la rive sud de la méditerranée ; elle est bordée par le sud par de grandes étendues arides dites zone désertique ce qui a amplifié le contraste physique et climatique entre les régions nord et sud. En effet, la répartition spatiale des précipitations et des températures varie significativement entre l'hiver et l'été, et se caractérise en même temps par un gradient Nord-Sud bien marqué et un gradient Est-Ouest plus faible (Chaumont et Paquin, 1971). La moyenne nationale des précipitations annuelles est de l'ordre de 600 mm, elle passe rapidement de 50 mm au Sud à 1500 mm au Nord (massif d'Edough à l'Est) (Touazi, 2001).

Les subéraies méditerranéennes ne constituent actuellement qu'une superficie très restreinte de 2,7 millions d'hectares répartie autour de 7 pays : 33% au Portugal, 23% en Espagne, 1% en France, 10% en Italie, 15% au Maroc, 21% en Algérie et 3% en Tunisie (Aronson et al., 2009).

D'un point de vue écologique, ces peuplements comptent parmi les 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 (10% de l'Algérie, 4% du Maroc, 3% de Tunisie) (Lopes, 1996, Santos Pereira et al., 2008).

Le caractère xérophytique de *Quercus suber* est bien cité à travers les travaux de plusieurs auteurs (Oliveira et al., 1992 ; Molinas et Verdaguer, 1993 ; Caritat et al., 1996). Tous ces auteurs confirment la résistance du chêne liège à la sécheresse et au stress hydrique. Malheureusement, cette résistance s'est fragilisée suite à la combinaison de plusieurs facteurs, très aggravés par les activités de l'homme. Depuis 1980, les scientifiques associent le déclin des subéraies méditerranéennes à la dégradation de l'état sanitaire des arbres ou appelé communément « dépérissement » (Becker, 1991).

La subéraie de Hafir objet de ce travail n'est en réalité qu'une partie des subéraies reliques et isolées de l'Ouest Algérien coïncidant avec des taches de climat sub-humide ou surtout semi-aride, couvrant une superficie ancienne de l'ordre de 9000 hectares (Thintoin, 1948). Auparavant, cette région fournissait un volume variable de liège (3000 qx/an, soit 1,3% du total national) et de qualité excellente, surtout celui provenant de Tlemcen (Hafir) (Boudy, 1955). Ces dernières décennies, cette situation s'est dégradée, avec un appauvrissement et une destruction du capital liège et arbres. Les arbres sont exploités anarchiquement sans respect des règles sylvicoles en vigueur (période de rotation, coefficient d'écorçage, techniques de récolte, etc.). Cette exploitation inadaptée agit directement sur la vigueur de l'arbre et compromet par conséquent sa production annuelle en liège et peut-être la qualité du suber générée sur le tronc.

L'objectif principal de ce modeste travail est de présenter une nouvelle méthode dans l'analyse des différents paramètres régissant la production du chêne liège à Hafir, en relation avec les facteurs du milieu (conditions climatiques, sylvicoles et santé des peuplements). Il s'agit de l'application d'une série d'indices écologiques, climatiques et industriels très prisés dans le nouveau vocabulaire du monde forestier « La certification forestière ».

Notre travail est reparti sur 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 que leur discussion.

I.1-Le chêne liège

Le Chêne-liège, *Quercus suber* L., est un arbre de la famille des Fagacée, au feuillage persistant. La principale caractéristique de l'espèce est son écorce épaisse et isolante, formée de liège, qui la protège du feu et lui offre des débouchés industriels et économiques. C'est une espèce du bassin méditerranéen occidental ainsi que de la côte atlantique. Il occupe environ 2,5 millions d'hectares (Portugal, Espagne, Italie, France ,Algérie, Maroc, Tunisie) (ICMC,2005) (Fig.1).

En Afrique du nord, sur les 3 millions d'hectares de forêts de chêne-liège qui existaient à l'origine, seulement un quart demeure de nos jours, y compris des forêts de chêne-liège non exploitées. En Algérie la suberaie occupe 450 000 ha dont 220 000 ha seulement productifs (DGF,2004).

Son aire se situe, sur le climagramme d'Emberger sous les climats tempérés et doux (Ben jemaà et Abdelmoula,2005) .

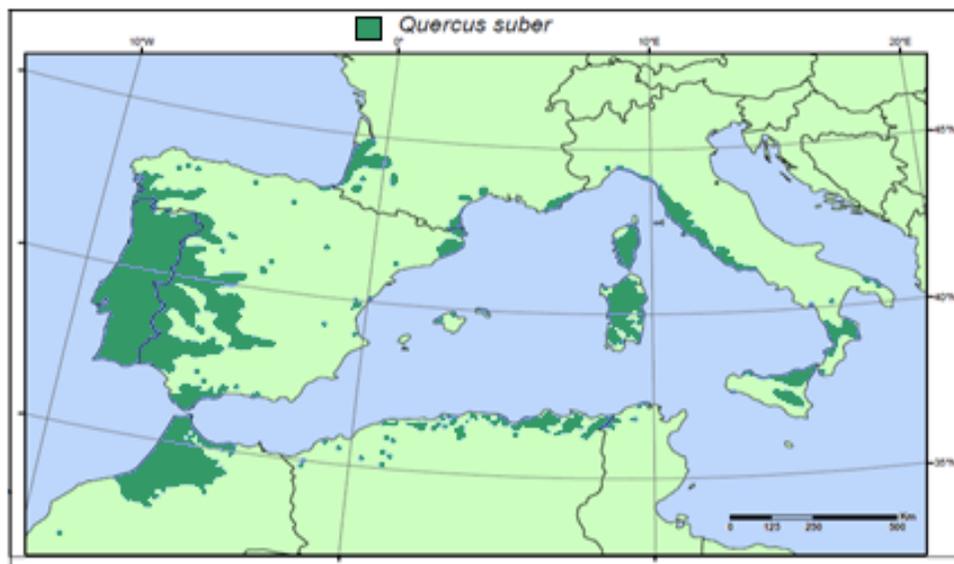


Figure1 : Aire de distribution du chêne-liège (Quezel et Medail, 2003)

I.1.1- Description botanique (Fig.2)

- **Port**

Le chêne liège est un arbre de taille moyenne, il peut atteindre 20 à 25 m mais souvent il ne dépasse pas les 15 m (Seigue ,1985).

Le tronc est généralement court et trapu, se ramifie le plus souvent à une faible hauteur et présente des branches principales vigoureuses et façonnées.

En peuplement clair, la cime au jeune âge est plutôt globuleuse et étalée avec un feuillage suffisamment léger permettant le développement du sous-bois puis elle s'étale avec les ans au si bien en largeur qu'en hauteur.

En peuplement dense, le tronc est par contre élevé et l'angle d'insertion des branches est réduit, ce qui donne un développement en hauteur.

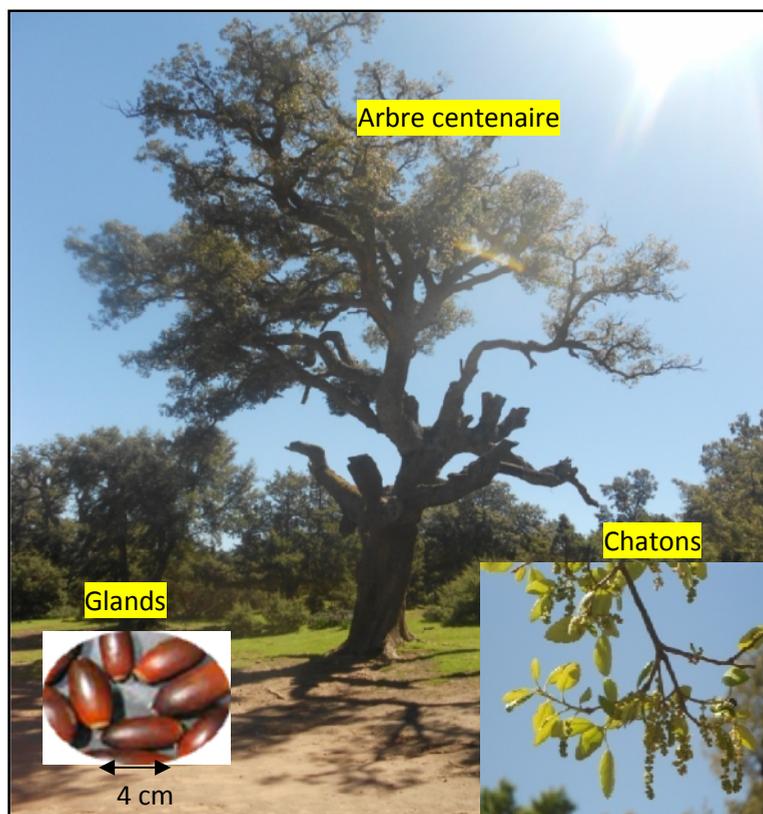


Figure 2: Caractères botaniques du chêne liège (cliché Dehane)

- **Rameaux**

Les rameaux (Fig.2) sont sinueux, tomenteux et verdâtres à leur jeune âge, puis brun clair avec des lenticelles marquées (Jacamon ,1987).

- **Ecorce**

Elle est de couleur grisâtre épaisse et très fortement crevassée longitudinalement (liège mâle) (Maire, 1961). Elle recouvre généralement le tronc et les branches dès la cinquième

année de la vie de l'arbre (Nefaooui, 1996). Après avoir été enlevée des arbres, l'écorce se régénère en 8 ans à 10 ans en donnant un nouveau liège, appelé liège femelle ou de reproduction.

- ***Le bois***

Il présente une structure très complexe, comprenant différents types de vaisseaux et fibres typiques (Natividade, 1956). Il est lourd, compact, d'une densité moyenne de 0,9(km/dm³) difficile à travailler car il se fend en séchant (Messaoudene, 2000).

- ***Feuilles***

Les feuilles sont ovales, assez souvent renflées, d'une longueur variable mais assez proche de 5 cm .Elles sont coriaces, vert foncé et lisse sur la face supérieure, blanchâtre et tomenteuse sur sa face inférieure (Plaisance, 1977). Elles sont persistantes et vivent plus d'une année et elles meurent dès la deuxième année (Boudy, 1950).

- ***Fleurs et fruits***

Le chêne liège est monoïque. Les chatons mâles sont minces, réunis en fascicules à l'aisselle de feuilles ou d'écaillés stipulaires caduques terminales de la pousse de l'année précédente ou à la base du rameau de la même année .Le périlanthe fendu présente 4 à 6 pétales à épiderme fortement cutinisé.

Les chatons femelles sont poilus, courts, portant 2 à 5 fleurs, rarement d'avantage à l'aisselle des feuilles du milieu où à l'extrémité de la pousse de l'année. Le périlanthe (4 à 6 lobes) est tomenteux, très petit, entouré par une cupule, courbé et glabre (Veillon,1998).

Les glands sont de taille variant. Ils sont polymorphes ovoïdes, ellipsoïdal ou sub-cylindrique, arrondis ou un peu déprimés au sommet. Ils ont un apicule très court et velu .Leur surface est glabre, lisse et de couleur brun –roux.

Le fruit mûrit dans le courant d'octobre, et provient des fleurs épanouies en septembre- Octobre du cycle végétatif précédant. La période nécessaire au développement des glands est d'environ 6 à 7 mois (Otto, 1998).

- ***Fructification***

La fructification est précoce et commence vers 15 ans, mais elle ne devient abondante et soutenue qu'à partir de 30 ans .Elle se poursuit jusqu'à un âge avancé au-delà de 100 ans.

- ***Longévité***

Ces arbres peuvent vivre très longtemps. La longévité moyenne est fixée à 150 ans quand l'arbre passe dans les étages bioclimatiques humides et sub-humides mais elle ne dépasse guère 90 ans dans les étages semi-arides (Boudy, 1950).

- ***Enracinement***

L'enracinement est pivotant dans la mesure où la profondeur du sol ou la fissuration de la roche mère le permet (Seigue, 1985). La racine montre dès son plus jeune âge une disposition naturelle à s'enfoncer verticalement et avec vigueur, ce qui lui permet de bien fixer l'arbre dans le sol.

1.1.2-Ecologie du chêne liège

- ***Altitude***

Le chêne liège s'acclimate et se développe convenablement au littoral, en plaine et en montagne. Si les conditions édaphiques sont propices, il peut vivre à plus de 1300 m d'altitude. D'après Zeraia (1980), il peut prospérer à 1800 m.

- ***Conditions climatiques***

Le chêne liège est une essence frileuse ayant des exigences marquées en matière de température. Il lui faut de la lumière et de la chaleur. Les températures minima ne dépassent pas -9 °C (Vignes, 1990).Les températures moyenne favorable est de 13 °C à 18°C.

Il exige une tranche pluviométrique annuelle de 600-1200mm et le minimal ne doit pas descendre en dessous de 550 mm. L'humidité atmosphérique doit être de l'ordre de 60 % au moins durant les mois de saison sèche (Sauvage, 1952).

On le trouve dans l'étage bioclimatique humide à hivers doux sur le littoral et en montagne oriental. Comme, on le rencontre également dans l'étage sub-humide tempéré: l'étage

méditerranéen par excellence où occupent quelques tâches plus ou moins étendues à l'Est comme au centre et à l'Ouest.

En étage semi-aride qui est trop sec pour le chêne liège ne s'y trouve que dans le littoral occidental. Mais, en particulierité que les subéraies de ce sous étage ne ressemblent nullement à celles des deux précédentes comme le cas dans la suberaie de Nesmoth à Mascara (Radi,2009).

- **Conditions édaphiques**

Le chêne-liège est une essence calcifuge et supporte mal les sols très argileux. Il ne se développe remarquablement que sur des roches dont la désagrégation climatique et géologique donne un sol sableux, tels que les granites et les grès sous toutes leur forme (Sauvage, 1960).

En Algérie, il se développe sur des terrains siliceux provenant de grès de l'Eocène (grès numidiens), de la roche éruptive, de schistes azoïques et de sables et grès du pliocène (Natividade, 1956).

- **Flore accompagnatrice du chêne liège**

Le chêne liège est accompagné par une flore plus ou moins riche selon l'altitude. Le tableau 1 regroupe cette flore.

Sur le littoral et en basse montagne, le sous bois est généralement dense et élevé caractérisé par (la bruyère arborescente et à balai, l'arbousier, le philaria, la lavande, la chèvre feuille, le myrte, etc.).

En altitude, le sous bois est composé de bruyère, calycotome, genêt, aubépine et cistes. Les lianes sont rares et le tapis herbeux est plus développé (Boudy, 1950 ; Montoya, 1988).

Dans la suberaie de Hafir, 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 implexa*), 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*) (Letreuch Belarouci, 2010).

1.1.3 - Culture du chêne liège

La régénération naturelle des peuplements de chêne-liège se heurte depuis longtemps à des contraintes complexes par le fait de la dégradation de l'état sanitaire et du vieillissement avancé des arbres. La situation est devenue donc très critique que la sonnette d'alarme fût lancée par plusieurs auteurs à l'égard de (Boudy, 1950 ; Marion, 1956 ; Peyssou, 1960 ; Messaouden, 1996). Comme pour la plus part des essences feuillues, le chêne-liège se régénère par deux méthodes, l'une naturelle (semis et rejets de souches) et l'autre artificielle.

- **La régénération naturelle**

La simple protection spontanée du chêne-liège (par semis) suffit à assurer le boisement rapide d'énormes étendues (Natividade, 1956). Malheureusement ce cas ne se présente pas en Afrique du Nord et particulièrement en Algérie, vu l'irrégularité des fructifications et le surpâturage. Une année de bonne glandée peut être suivie par une ou plusieurs années de mauvaise production de glands. En outre, cet état est aggravé d'une part par la qualité de la glandée (glands de petites tailles, de faibles pouvoir germinatif) et d'autre part par la présence de piqûres dues aux attaques d'insectes comme la Tordeuse des glands *Cydia triangulella* et les charançons du genre *Balaninus* et des insectes (Bouhraoua, 2003 ; Chouial, 2004).

Devant cette situation, le recours à une autre alternative permettant d'assurer naturellement la pérennité des peuplements est impérative. Il s'agit en effet de la régénération par rejets de souches. La grande faculté du chêne-liège de se régénérer après un incendie ou une coupe lui a attribué une grande résistance et même l'empêcher de disparaître totalement de son habitat (Fig.3). Cette méthode de régénération s'applique avec prudence aux peuplements ayant des souches de plus de 80 ans. C'est à cet âge que la vigueur de l'arbre commence à diminuer.



Figure 3 : Rejet de souche d'un sujet incendié à Zariéffet en 1994 (Cliché Dehane)

- **La régénération artificielle**

Sur les terrains plats, la régénération dite assistée se fait soit par la technique de plantation ou soit par la technique de semis direct. Sur les terrains de faible et moyenne pente, la méthode dite en bandes alternées est préconisée (Roula et Ramdane, 2004) (Fig.4).

Le maintien du chêne-liège reste très lié à l'action volontaire du sylviculteur. Spontanément, il se régénère très difficilement par semis, et est supplanté à long terme par d'autres essences telles que le chêne vert ou même l'arbousier.



Figure 4 : Régénération assistée de chêne liège sur terrains plats (Cliché Dehane)

- **Aménagement et sylviculture**

L'aménagement constitue un outil très important pour une gestion rationnelle des suberaies, il a pour objectif l'obtention d'une production en quantité et en qualité maximale de liège de reproduction, tout en assurant la pérennité du peuplement.

Ainsi, en raison de son tempérament délicat, le chêne liège est soumis à deux types de traitements complètement distincts. La subériculture qui le considère comme un arbre fruitier pour l'extraction du liège et la sylviculture qui au contraire le traite comme un arbre forestier, afin d'assurer son éducation et sa régénération. Selon Boudy (1950), la sylviculture repose sur deux aspects principaux : les opérations sylvicoles et l'aménagement. Le premier aspect englobe les coupes de régénération, de dégagement et de nettoyage, le dépressage et le débroussaillage.

Le second aspect (l'aménagement), pour se faire, les suberaies sont traitées selon les méthodes suivantes (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. La subericulture en suberaie régulière se distingue donc par des périodes de production nulle et des périodes de très forte production, parallèlement au vieillissement du peuplement (Fig.5).

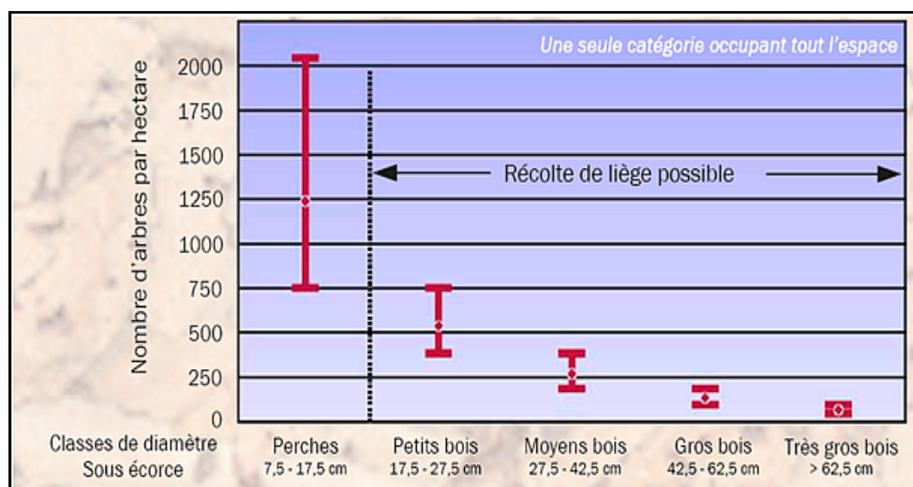


Figure 5: Futaie régulière de chêne liège, fourchette de densité pour toutes les catégories de grosseur et pour un couvert de 70% (Desportes, 2004)

→ 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. 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.6).

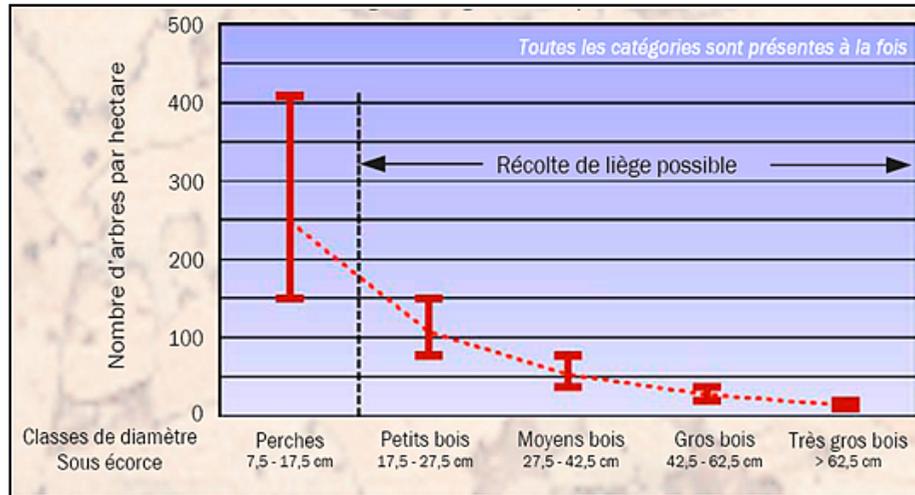


Figure 6 : Futaie jardinée de chêne liège : fourchette de densité pour toutes les catégories de grosseur et pour un couvert de 70% (Desportes, 2004).

1.1.4-Rôle des suberaies

En termes de biodiversité, les forêts de chêne-lièges peuvent atteindre entre 60 à 100 espèces de plantes à fleurs par 0,1 ha. Ces paysages travaillés par l'homme ont donné naissance à un système sylvo-pastoral (le *montado* Portugais ou la *dehesa* espagnole) et abritent une strate extraordinairement riches en espèces de plantes herbacées (jusqu'à 135 par 0,1 ha) (Diaz et al. 2003).

La plupart des espèces de plantes et de champignons des suberaies sont considérées comme des produits forestiers non ligneux pour la consommation humaine, et de nombreuses espèces ont des propriétés aromatiques, culinaires ou médicinales.

En Afrique du nord et dans la péninsule ibérique, l'élevage est une source de revenu importante. De nombreux produits à base de viande certifiés par l'Europe et produits dans la péninsule ibérique proviennent du bétail élevé dans ces paysages. Par exemple, en 2004 en Espagne, la dénomination d'origine protégée (PDO) de la viande de Huelva correspondait à 241 fermes inscrites, avec une valeur annuelle issue des produits de la viande protégés et certifiés de près de 24 millions d'euros (Torres et Suarez, 2006). Généralement, l'élevage est basé sur l'utilisation non durable des pâturages dans les dehesas et forêts de chêne-lièges.

I.2- Le liège

Le liège est "un parenchyme subéreux engendré par le méristème suberophellodermique du *Quercus suber*" et qui constitue le revêtement de son tronc et de ses branches. Il jouit de la propriété de se reconstituer après chaque enlèvement. Chaque année l'arbre produit une épaisseur de liège variant de 1 à 11 millimètres suivant l'âge déjà acquis par l'écorce elle-même, l'âge du chêne-liège qui la supporte et qui l'engendre, la santé de cet arbre et les conditions mêmes de son existence (Delpont,1985) (Fig.7)

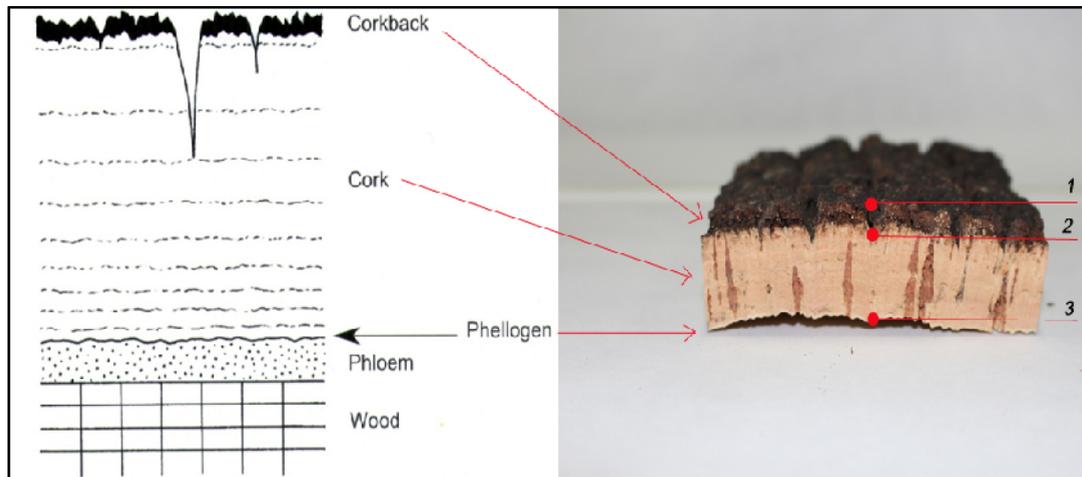


Figure 7: Anatomie d'une branche de chêne liège (Dehane et al.,2015)

I.2.1- La croissance subéreuse

L'accroissement annuel 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.

I.2.2- Calibre et qualité de liège

Actuellement, la classification de la qualité est faite en utilisant des paramètres subjectifs qui d'un point technique ne sont pas satisfaisants. En effet les lièges sont classés essentiellement d'après des qualités de textures appréciées à l'œil et au toucher et reposant sur l'expérience professionnelle de l'opérateur (Courtois et Masson, 1997). Le classement de la qualité du liège est effectué en fonction des caractéristiques suivantes (Benkirane et al., 2001):

- densité et taille des lenticelles,
- nature et épaisseur de la croûte et de la mie,
- nombre et épaisseur des couches annuelles,
- poids et souplesse,
- défauts divers : présence de terre, bois, soufflures, trous de vers ou fourmis, champignons, colorations, liège vert (trop frais), dimensions et profondeurs des crevasses, veines creuses ou sèches.

Il existe deux méthodes de classification de la qualité du liège dans le monde : celle de l'institut espagnole (ICMC - IPROCOR) et la méthode portugaise. Nous allons seulement étaler la première méthode à cause de son approche du contexte algérien.

La méthode de l'institut ICMC - IPROCOR (1994) : L'ICMC-IPROCOR a élaboré une méthode statistique pour l'estimation de la qualité du liège basée sur l'observation et la classification d'échantillons de liège. Cette méthode s'appuie sur plusieurs considérations préalables :

- Il existe des épaisseurs optimums pour la planche de liège en dessous de laquelle le liège trop mince ne peut pas être transformé en bouchons. De même, le liège trop épais, même s'il permet la fabrication de bouchons, produit une trop grande quantité de déchets ;
- Le bouillage auquel le liège brut est soumis entraîne une augmentation de son épaisseur ; il est donc nécessaire d'intégrer celle-ci lors de l'interprétation des échantillons ;
- Le nombre et la profondeur des crevasses situées à l'extérieur de la planche ainsi que l'état de la partie intérieure (densité, humidité, épaisseur de la croûte, inclusions ligneuses...) affectent aussi le rendement d'une planche de liège.

A partir de ces considérations, l'ICMC - IPROCOR a élaboré une classification établie d'après le croisement des deux critères que sont l'épaisseur (Tab.1) et l'aspect du liège (Tab.2).

Tableau 1: Classes d'épaisseurs utilisées par l'ICMC-IPROCOR (1994)

Classes	Epaisseur en ligne	Epaisseur en mm
1	ep. > 19 lignes	ep. > 42,75 mm
2	15 < ep. < 19	33,75 mm < ep. < 42,75 mm
3	13 < ep. < 15	29,75 mm < ep. < 33,75 mm
4	11 < ep. < 13	24,75 mm < ep. < 29,75 mm
5	ep. < 11	ep. < 24,75 mm

Tableau 2 : Classes d'aspects utilisées en Espagne (ICMC-IPROCOR 1994)

Classes	Dénomination
1	Première
2	Deuxième
3	Troisième
4	Quatrième
5	Cinquième
6	Sixième
7	Septième
8	Huitième

Dans la classification de l'ICMC-IPROCOR, le croisement des 5 classes d'épaisseur avec les 8 classes d'aspect donne un total de 40 combinaisons différentes, qui s'avère trop complexe pour être utilisé dans la pratique. Voilà pourquoi une nouvelle classification beaucoup plus simple a été élaborée regroupant les 40 combinaisons originales en fonction de leur destination, c'est à dire de l'utilisation qui pourra être faite du liège. On obtient ainsi les 9 catégories suivantes (Tab.3 et 4 ; Fig.8).

Tableau 3 : Classification élargies de la qualité du liège selon l'ICMC-IPROCOR

	Classes d'épaisseur	Classe d'aspect	Classification élargie (ampliada)	Classification Simplifiée (resumada)	Utilisation
1	>19 linges	1,2,3,4,5,6	19arr.6 ^a arr.	Grueso	Bouchon naturel, bouchon de cruche.
2	15à19linges	1,2,3,4,5	15-19 5 ^a arr	Enrasado	Bouchon naturel de 24mm de diamètre.
3	15à19linges	6	15-19 6 ^a	Flaco	Bouchon naturel colmaté de 24mm diamètre.

4	13à15linges	1,2,3,4,5	13-15 5 ^a arr	Enrasado	Bouchon naturel de 24mm de diamètre.
5	13à15linges	6	13-15 6 ^a	Flaco	Bouchon naturel colmaté de 24mm diamètre.
6	11à13linges	1, 2, 3, 4,5	11-13 5 ^a arr	Enrasado	Bouchon naturel de 21mm de diamètre.
7	11à13linges	6	11-15 6 ^a	Flaco	Bouchon naturel colmaté de 21mm diamètre.
8	<11linges	1, 2, 3,4	11abajo 4 ^a arr	Delgado	Rondelle naturel, papier, bouchon 2 pièces
9	toutes	Rebut	Refugo	Refugo	Trutiration

15-19 5^a arr. signifie « épaisseur comprise entre 15 et 19 lignes, et classe d'aspect 5^{ème} et supérieure » et ainsi de suite pour les autres catégories.

Grueso = épais ; bueno = bon ; flaco = maigre ; delgado = mince ; refugo = rebut.

Tableau 4 : Tableau de qualité du liège, illustrant les 9 catégories de la classification de l'ICMC-IPROCOR.

Lignes	Classes							
	1	2	3	4	5	6	7	R
< 11	X	X	X	X				X
De 11 à 13	X	X	X	X	X	X	X	X
De 13 à 15	X	X	X	X	X	X	X	X
De 15 à 19	X	X	X	X	X	X	X	X
> 19	X	X						

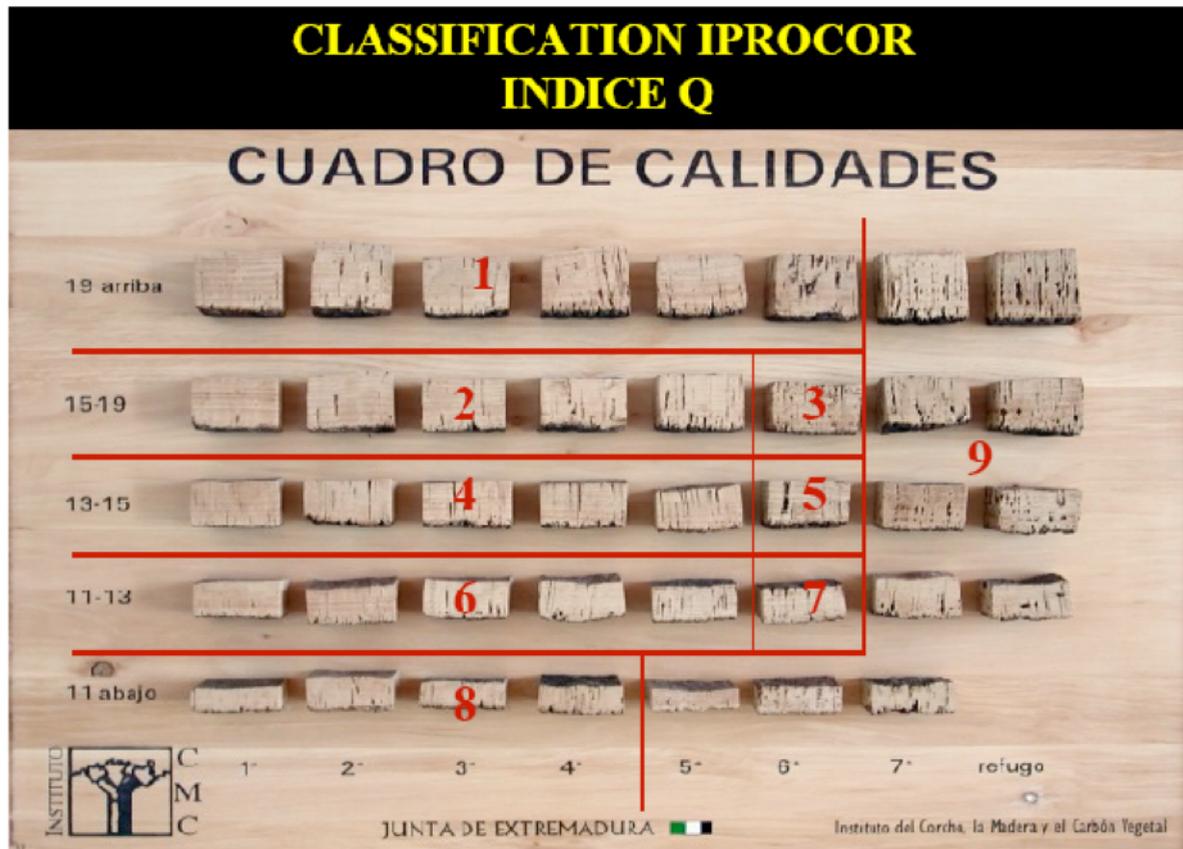


Figure 8 : Tableau de qualité du liège illustrant les 9 catégories de la classification de l'ICMC-IPROCOR (1994)

En Algérie la classification du liège est plus ancienne, elle remonte au 19^{ème} siècle. Lamey(1893) indique qu'en Algérie et en France le commerce du liège utilise la classification suivante :

1-Liège épais: (31mm et plus), que se divise en 4 sous-classes : Surfín, supérieur, ordinaire et inférieur .

2-Liège ordinaire : (26-30mm), que se divise en 5 sous-classes: Surfín,1^a,2^a,3^a et 4^a .

3- Liège faible ou juste: (23-25mm), que se divise en 3 sous-classes: bonne, ordinaire et inférieure.

4-Liège mince : (de22 mm et moins), que se divise en 3 sous-classes: Bonne, ordinaire et inférieure.

5- Enfin le rebut.

Le liège est classé puis commercialisé selon son calibre par des ouvriers spécialisés (trieurs, viseurs ou classeurs) (Courtois et Masson,1999). Actuellement en Algérie, le liège est réparti en 7 catégories destinées chacune à un usage déterminé (Tab.5).

Tableau 5 : Répartition du calibre de liège selon l'usage en Algérie (Oughlis,1992).

Catégories	Type du liège	Epaisseur (mm)	%	Utilisation connue
1	Sur épais	>54	0,2	Bouchons pour cruches
2	Epais	46 à 54	0,8	Gros bouchons, spécialités
3	Limonade	40 à 45	1	
4	Régulier	32 à 39	7	Bouchons standards
5	Juste	27 à 31	6	Petits bouchons
6	Mince	22 à 26	4	Rondelles
7	Flotte	<21	1	Planchettes

1.2.3- Économie et usage

La production mondiale annuelle du liège est de l'ordre de 299 300 tonnes (Santos Pereira ,2008). Le Portugal détient 52% du marché du liège avec 157 000 tonne/an (Fig.9).

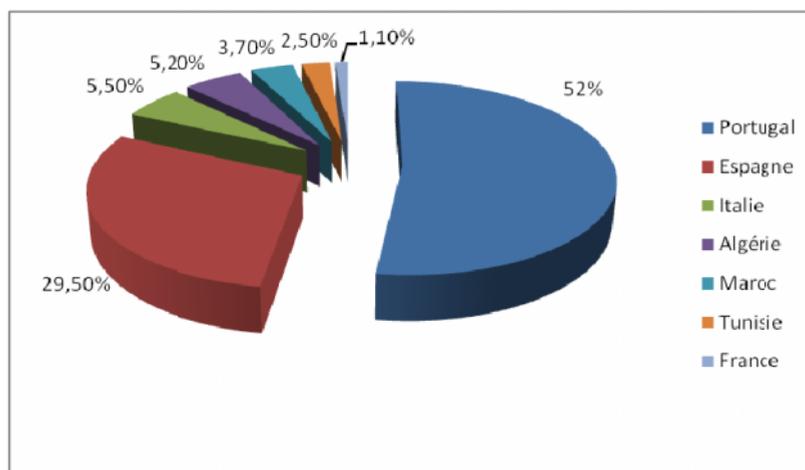


Figure 9: Production mondiale de liège (Santos Pereira, 2008)

Les suberaies sont surtout prisés pour les bouchons de liège, la base de l'industrie du liège. Le liège est le sixième PFNL (produit forestier non ligneux) exporté au monde, avec un chiffre d'exportation d'environ 329 millions de dollars/an. Les produits dérivés de liège génèrent environ 1,5 milliards d'euros en revenu annuel, dont 70% viennent de la transformation du liège en bouchons pour l'industrie du vin (Natural Cork Council 1999).

Longtemps classée au deuxième rang mondial, l'Algérie ne produit actuellement que 10000 à 12 000 tonne/an soit 5,5 du marché mondial (DGF, 2007) (Fig.10).

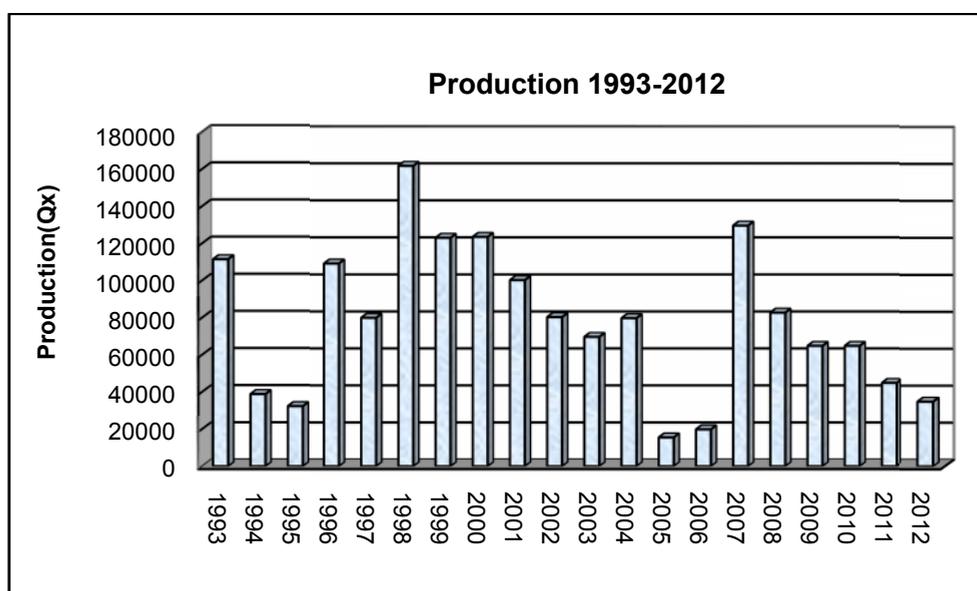


Figure 10: Production de liège en Algérie 1993-2012(Dehane,2012)

Le liège conserve ses propriétés sous des formes très différentes: naturel, granulé, aggloméré en blocs, feuilles et rouleaux ou en combinaison avec d'autres matériaux. Il rend notre vie quotidienne plus sûre, plus agréable, plus confortable. Les propriétés du liège lui permettent de résoudre tous types de problèmes et d'être approprié à une large gamme d'applications (<http://www.easy-liege.fr/Caracteristiques-et-Utilisations-du-liege/v25.aspx>,2013):

→ **Développement durable et pureté** : Un chêne-liège stocke du CO₂ pour se régénérer, par conséquent, un chêne liège levé en absorbe 3 à 5 fois plus que celui qui n'est pas levé, ce qui profite à l'atmosphère."

→ **Résistant à la Friction** : Le liège offre une excellente résistance à la friction ainsi qu'à l'usure occasionnée par de nombreux passages. Il ne s'effrite pas.

Utilisations : parquets et revêtements en liège, ponts de bateau.

→ **Excellent Isolant Thermique - Phonique - Electrique** : Ces cellules extrêmement fines, souples et remplies d'air font du liège un isolant efficace. Imputrescible, il assure une isolation hautement qualitative et durable. A épaisseur égale, il est l'un des matériaux les plus isolants de tous grâce à son excellent coefficient de conductivité thermique. Le liège réfléchit très peu les sons, il offre d'étonnantes performances acoustiques et absorbe très bien les sons tels que la voix humaine, les bruits de pas... Le liège ne conduit pas l'électricité et n'accumule pas l'électricité statique, c'est donc un matériau antistatique évitant ainsi l'absorption de la poussière.

Utilisations : Parquets flottants en liège, panneaux de liège expansé pur et de liège aggloméré pour une isolation naturelle des habitations, rouleaux de liège aggloméré pour parquet flottant.

→ **Résilient et Souple** : le liège ne présente aucune déformation permanente sous les charges de compression. Il ne se tasse pas sous l'effet des chocs. Les cellules du liège, semblables à des coussins, détiennent une véritable mémoire élastique. Grâce à cette élasticité, le liège résiste à la compression sans dilatation, ce qui permet le retour à sa forme d'origine. De plus, le liège offre une grande stabilité dimensionnelle et une dilatation minime aux changements d'humidité et de température.

Utilisations : parquets flottants et revêtements de sol, bouchons en liège, joints de dilatation, semelles de chaussures.

→ **Étanche** : Probablement la caractéristique la plus connue des consommateurs, le liège est naturellement étanche aux liquides.

Utilisations : bouchons en liège.

→ **Anti-Vibratoire** : Le liège isole des vibrations mécaniques et permet de constituer des joints et panneaux antivibratoires à haute performance.

Utilisations : panneaux / joints / rouleaux de liège agglomérés haute densité ou de liège-caoutchouc pour socles antivibratoires, joints moteurs, etc

→ **Résistant au Feu** : Il ne libère ni produit, ni fumée toxique et est difficilement inflammable.

Utilisations : bouclier thermique pour les navettes aérospatiales, feux d'artifice.

→ **Résistant aux divers prédateurs** : Non attaqué par les insectes, rongeurs et autres animaux.

II.1- Situation géographique et administrative

La forêt domaniale de Hafir couvre une superficie totale de 10157 ha, 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 divisé en huit cantons renferme un seul ou plusieurs groupes (Fig11).

D'après la carte d'Etat Major au 1/50000 de Terny, feuilles n°299 et 300, elle s'inscrit entre les Latitudes et longitudes suivantes : 34°48'Nord à 34°42' Sud et 1°25'4' Est à 1° 27' Ouest. Les coordonnées Lambert sont les suivants (Tab.6).

Tableau6: Coordonnées géographiques de la forêt domaniale de Hafir

Nom de forêt	Coordonnées géographiques		Distance à la mer (km)
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 : Zeboun 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 a Beni Snous, la commune de Ain Ghoraba et Terny ;
- *Au Sud-ouest : la forêt de Moutas.

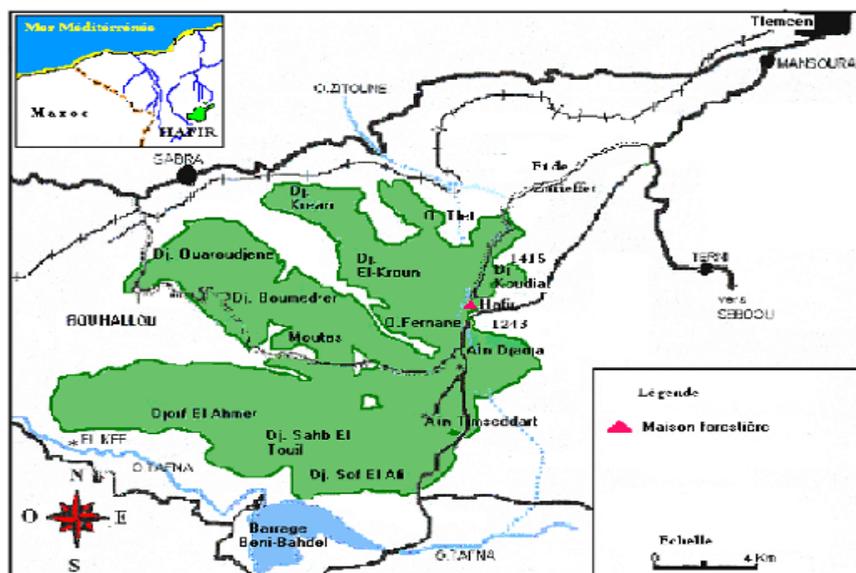


Figure 11 : Localisation de la forêt de Hafir (Sauvagnac, 1956 modifiée par Dehane en 2006)

II.2-Topographie et relief

La forêt de Hafir est caractérisée par un relief accidenté à différentes expositions et classes de pentes favorisant l'action de l'érosion hydrique (Tab.7)

Tableau 7 : Distribution des pentes selon leur calsses et sueperficiies(Houari,1992)

Classe de pente	Superficie(ha)	Pourcentage
0-3%	22,5	2,84
3-12ù	137,5	18,33
12,5-25%	352,5	47
25-30%	187,5	25
>50%	50	6,66

La suberaie englobe un massif montagneux orienté d'est en ouest avec une altitude qui varie de 1000 à 1410 m.

II.3- Géologie et pédologie

La forêt de Hafir repose sur un massif datant du Jurassique supérieur constitué dans sa majorité de grès Séquanien et d'alluvions Quaternaire (Fig.12).

Les données d'ordre stratigraphique des monts de Tlemcen ont été largement décrites dans le travail de Benest(1985), nous citons succinctement :

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

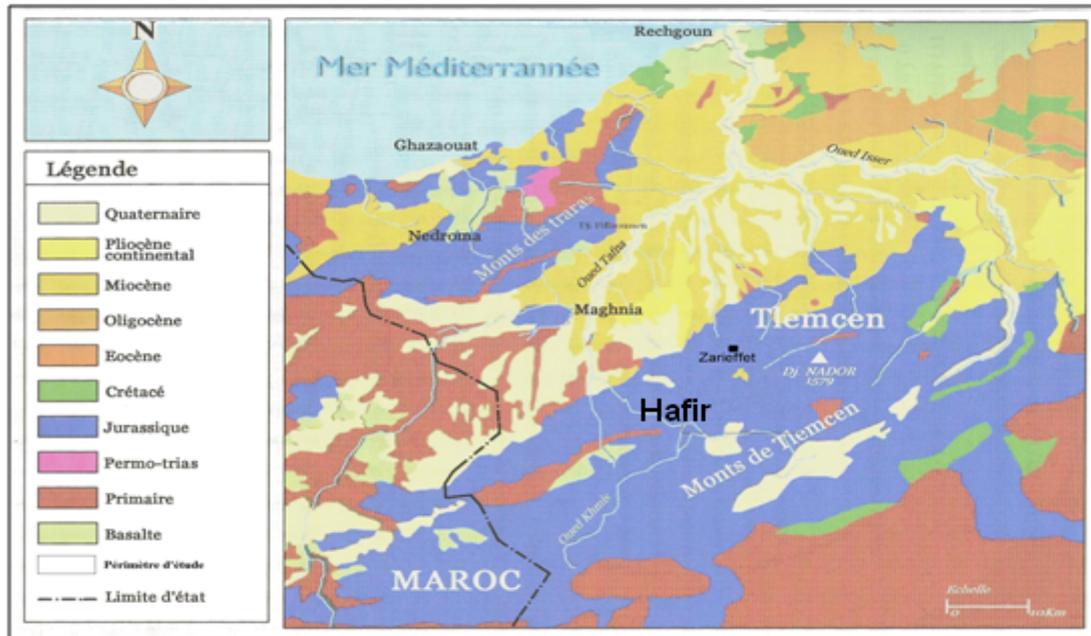


Figure 12: Carte géologique du Nord-Ouest Algérien (Cornet, 1952)

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 (grès séquanien).

II.4- 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).

II.5-Climatologie

Le climat se définit par l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, humidité, ensoleillement, pression, vent, précipitations) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné, 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 de notre zone d'étude, 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 24 ans (1914-1938) et l'autre récente de 46 ans (1962- 2008).

II.5.1-Données climatiques

II.5.1.1-Précipitations

1-Répartition annuelle des précipitations

Les données pluviométriques annuelles enregistrées dans la forêt pendant la période de référence est représentée dans la figure 13.

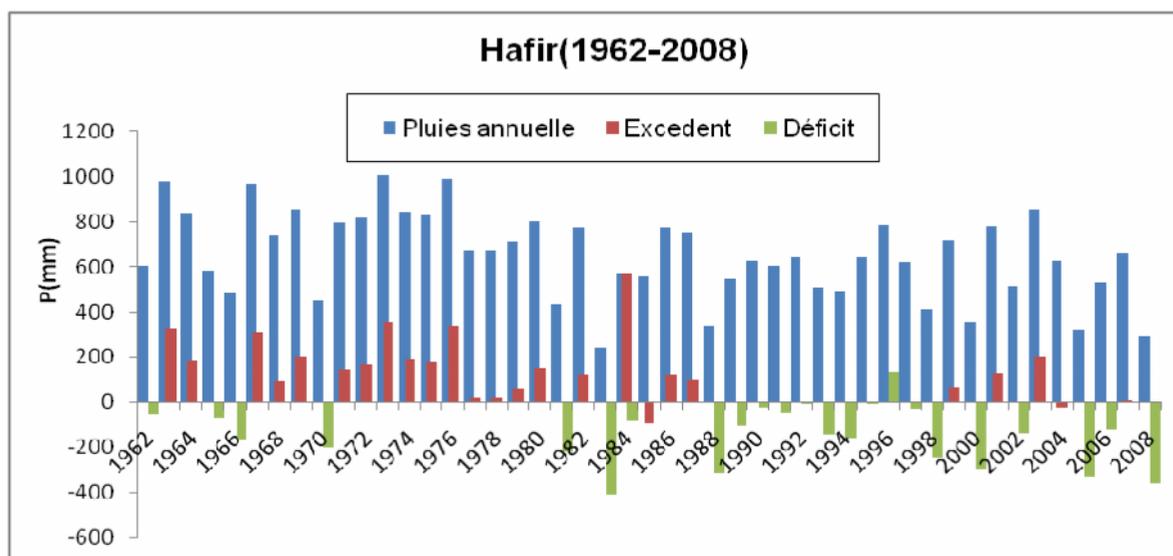


Figure 13 : Répartition annuelle de la pluviométrie à Hafir (1962-2008)

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 un excédent pluviométrique et une pluviométrie annuelle supérieure à 600mm (tranche réclamée par le chêne liège). Cette saison est majoritaire et apparait 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 avec une moyenne de l'ordre 815 mm.
- **La mauvaise saison ou l'année défavorable** est connue par un déficit pluviométrique et une tranche pluviométrique inférieure à 400mm, ce qui ne correspond pas avec à celle demandée par l'essence. Cette saison apparait très rarement dans la forêt que sur 4 événements seulement en 1983, 1988, 2000 et 2008. La quantité minimale de pluies enregistrée en 1983 était de l'ordre 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 apparait sur 12 événements soit 27,5% du totale. Elle dure une année rarement deux et fréquemment enregistrée dans les années 80.

2-Répartition mensuelle moyenne des précipitations

Le tableau 8 illustre les chutes de pluies moyennes mensuelles pendant les deux périodes de référence.

Tableau 8: Précipitations moyenne mensuelle (mm) pendant les deux périodes de référence.

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
1914-1938	101	106	105	66	63	22	4	4	29	52	96	100	748,0
1975-2007	77,9	85,3	90,5	71,7	61,0	13,1	2,4	6,6	24,2	43,5	78,8	63,0	618,0

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 et août ne dépassant pas les 30 mm pour les deux périodes.

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 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.14).

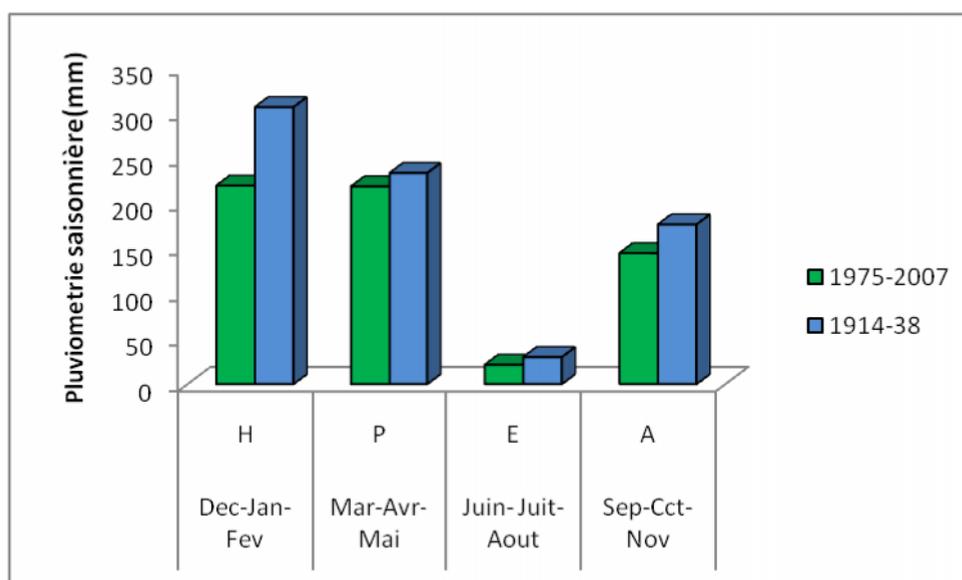


Figure 14: Régime saisonnier des précipitations entre ancienne et nouvelle période

En zone montagnaise, le régime étant de type HPAE pour l'ancienne et la période récente, très influencé par les quantités de pluies tombées en hiver et en printemps particulièrement.. La saison estivale est toujours sèche et reçoit entre 4 % et 3,5% 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.

4-Températures

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

La détermination du climat régional s'avère très corrélée aux températures moyennes annuelles « T » et aux valeurs moyennes des minima du mois le plus froid « m » et des maxima du mois le plus chaud « M »(Tab.9).

Tableau 9 : Valeurs thermiques moyennes minimales en (°C)

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
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 9, 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 Hafir elles enregistrent respectivement au mois de janvier 1,9°C (ancienne période) 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).

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

Le tableau 10 laisse apparaître les différentes températures maximales enregistrées dans la forêt pendant les deux périodes.

Tableau 10 : Valeurs thermiques moyennes maximales (°C)

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy.
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 tableau10 que les maxima sont enregistrés au mois d'août avec 32,9°C et 34,3°C. Les moyennes annuelles dans les périodes sont de l'ordre de 19,94°C et 23°C en une différence nette de 3 °C.

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

Les températures moyennes mensuelles et annuelles sont consignées dans le tableau 11.

Tableau11 : Températures moyennes mensuelles et annuelles T (°C)

Forêt	Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy.
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 tableau11, nous constatons que le mois de janvier reste en général le mois le plus froid pour les deux périodes (5,9 et 7,1°C). Le mois le plus chaud est noté par contre en août avec 25,8°C et en juillet actuellement (25,6°C).

5-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 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** : 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 années, 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.5.1.2-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.12).

Tableau 12: Indice de continentalité des deux forêts

Période	M (°C)	m (°C)	M-m (°C)	Type de climat
1914- 1938	32,9	1,9	31,0	Semi-continental
1975- 2007	34,3	2,5	31,8	Semi-continental

En se référant à la classification de Debrach (1953), il apparaît clair que notre zone d'étude jouit d'un climat semi-continental ($25^{\circ}\text{C} < \text{M-m} < 35^{\circ}\text{C}$) caractérisant la brutalité des contrastes thermiques.

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)(Tab.13) :

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

Tableau 13: Indice de sécheresse estivale

Période	(P.E) Pluviosité estivale « mm »	M (°C)	I.e
1914- 1938	36	32,9	1,1
1975- 2007	19,4	34,3	0,56

Il ressort du tableau 13 que l'indice de sécheresse est très inférieur à 5. Ceci indique l'appartenance de la forêt 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.14).

Tableau 14: Etage de végétation du chêne liège

Période	T (°C)	m (°C)	Altitude moyenne (m)	Etage de végétation
1914- 1938 1975- 2007	14,5 15,9	1,9 2,5	1200	Méso-méditerranéen

Le chêne liège de la forêt de Hafir correspond à l'étage méso-méditerranéen ($0 < m < 3^{\circ}\text{C}$; $12 < T < 16^{\circ}\text{C}$ et $600 < \text{alt.} < 1200\text{m}$).

4-Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen :

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

Ils proposent un modèle de représentation graphique où ils juxtaposent les températures et les précipitations. La sécheresse se manifeste alors lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière (Fig.15).

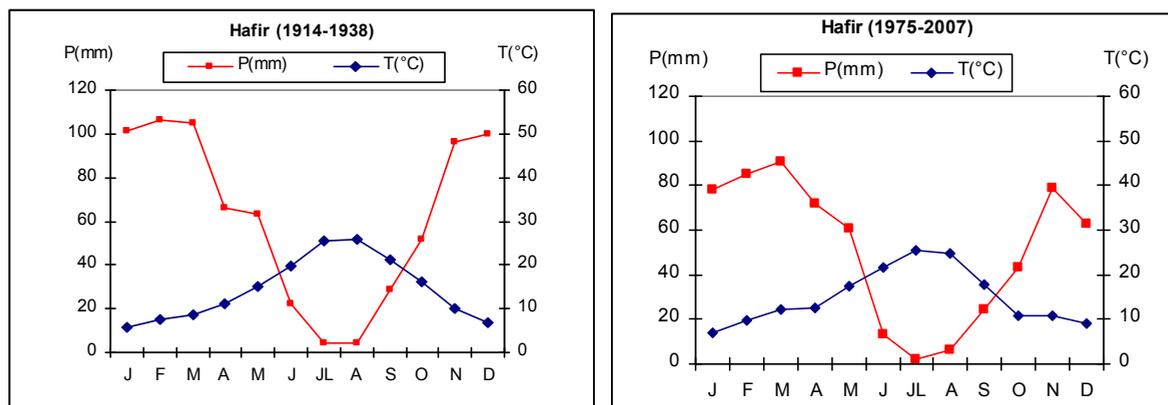


Figure 15: Diagramme ombrothermique de la forêt de Hafir

L'examen des diagrammes ombrothermiques montre que la séquence sèche est bien marquée. Pour la période (1914-1938), notre forêt accuse 4 mois de sécheresse (juin à septembre), par contre pour la nouvelle période (1975-2007, elle s'étend de juin jusqu'au début d'octobre.

5-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. 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.16) nous a permis de positionner notre forêt dans les étages correspondants (Fig.15).

Tableau 15: Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques

Période	P mm	M (°C)	m (°C)	Q2	Etage bioclimatique	Variante thermique
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

Il ressort de ce climagramme que notre zone d'étude se distingue d'un bioclimat **sub-humide** recevant plus de 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.

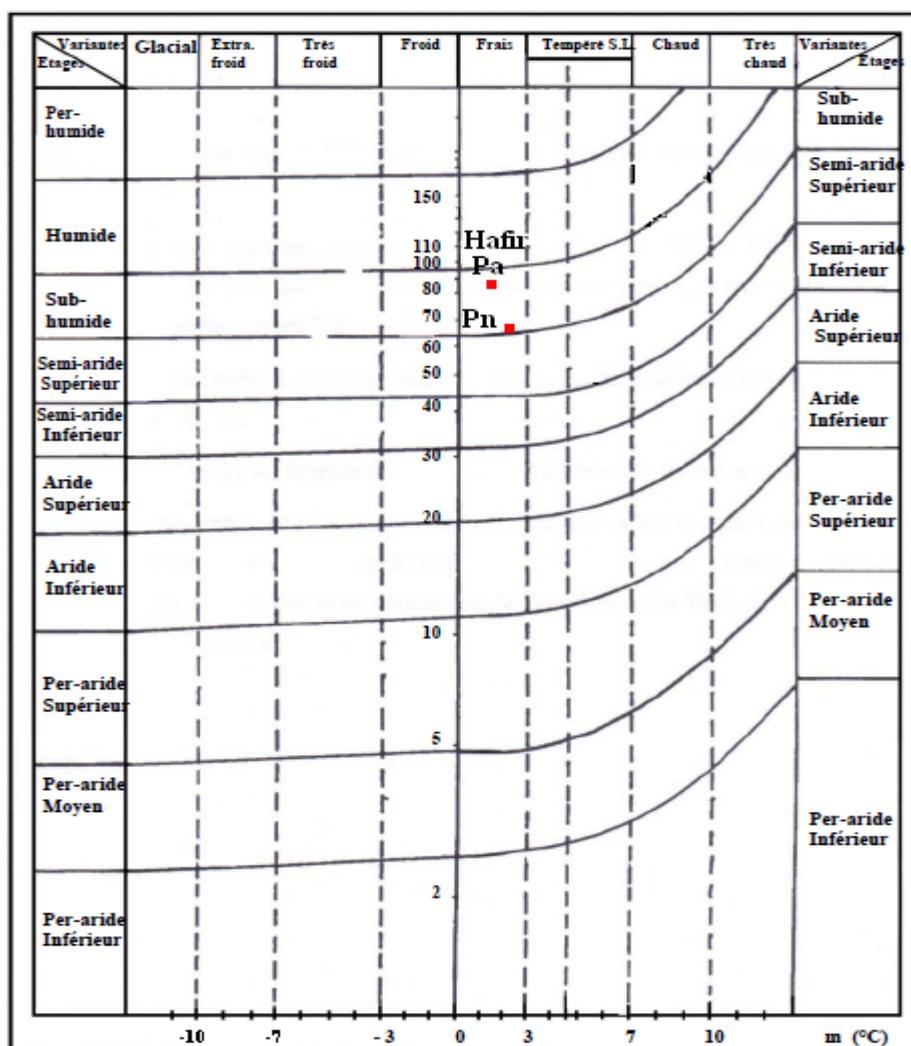


Figure 16: Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger de la forêt de Hafir

II.6- Description forestière

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, 1946 ; 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 implexa*), 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.6.1-Production de liège

La production en liège de toute la wilaya de Tlemcen dépend principalement de la forêt de Hafir dont les peuplements sont les plus importants. 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.17).

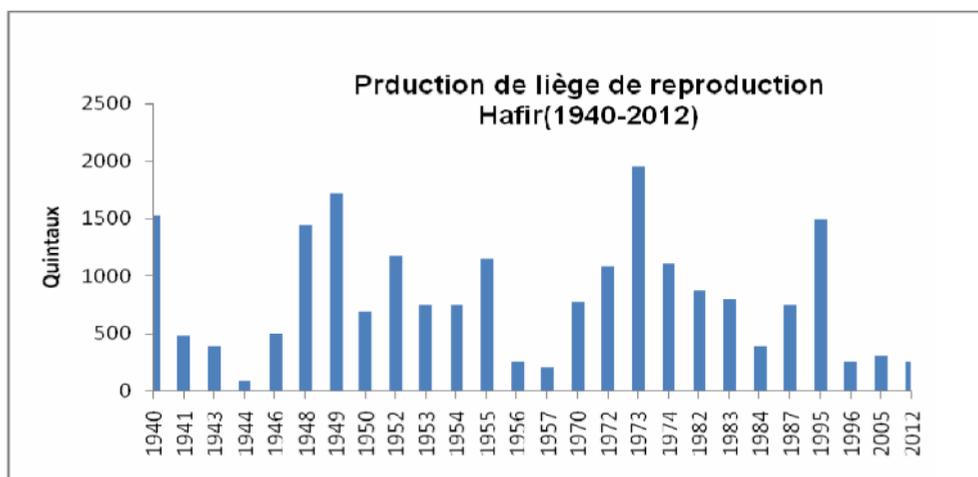


Figure 17 : Evolution périodique de la production du liège à Hafir (C.W.F.T., 1996 et 2012)

III.1-Echantillonnage

Notre travail a concerné une zone de production très connue en Algérie et dans le monde par la qualité de son liège. La forêt de Hafir étant une subéraie de montagne offre aujourd'hui au visiteur spécialiste comme au profane un panorama d'une physionomie toujours régressive à cause du vieillissement de ses arbres et à la dégradation de ses peuplements depuis le début des années 1980 suite aux incendies et l'anthropisation. La densité à l'hectare est passée de plus de 300 pieds durant les années 1950 à moins de 100 actuellement (Boudy,1955 ; Bouhraoua,2003). Cette entité a fait l'objet de plusieurs études et travaux pluridisciplinaires. Depuis 1999, elle fait partie du réseau de surveillance de l'état sanitaire et depuis 2006 du plan de cala. Dans ce sens, un plan d'échantillonnage a été établi d'une manière permanente pour suivre ces deux attributs (Dehane,2012). En effet, une partie de la forêt a été soumise à un échantillonnage systématique selon un maillage sur la base d'une grille régulière de placettes. Ce sondage terrain nous renseigne sur les types de végétation, leur développement, leur composition en catégories de bois et leurs caractéristiques dendrométriques (Fig.18) .

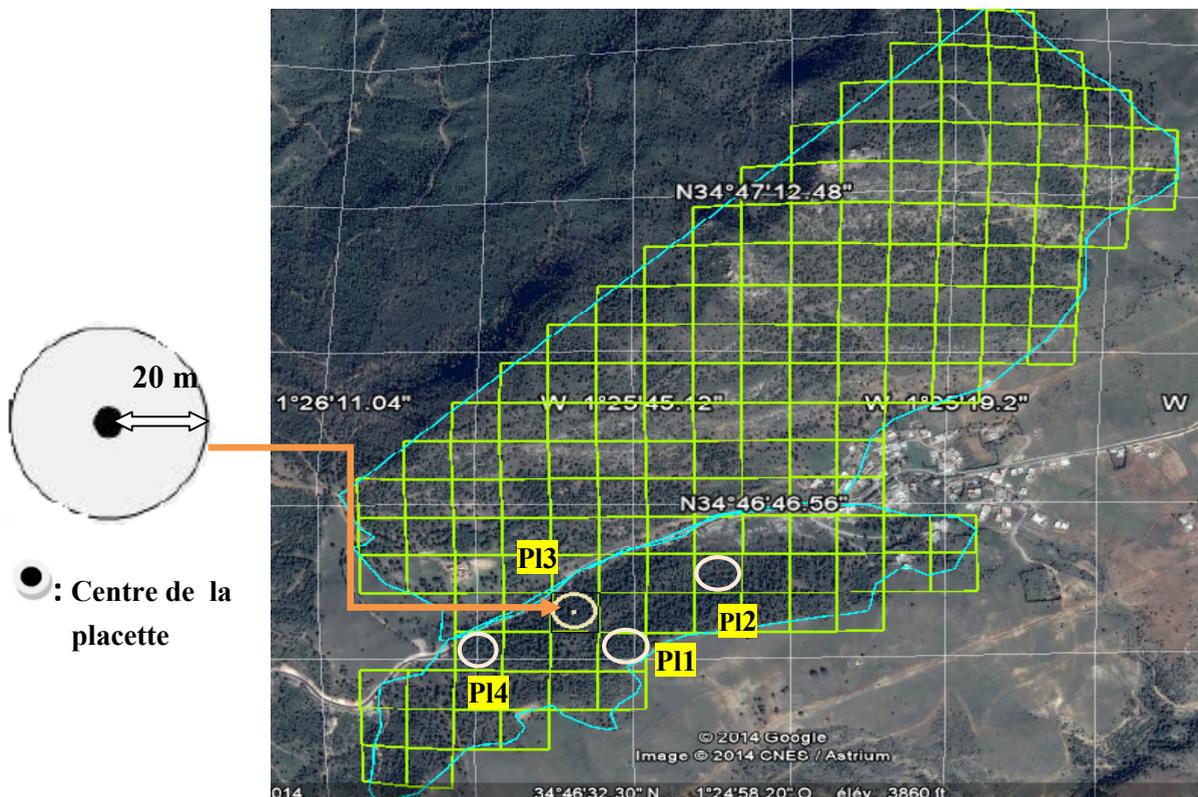


Figure18 : Echantillonnage systématique sur la base d'une grille régulière de placettes (Image Google Earth,2014)

III.2- Collecte de données

III.2.1- La placette

Pour se faire, des unités de sondage sont matérialisées sur terrain et constituées de placettes de 20m de rayon. Ces unités sont caractérisées de manière exhaustive par une description de la végétation et des mesures dendrométriques (circonférence et hauteur totale et hauteur d'écorçage). Des photos sont prises sur les différentes unités afin d'illustrer ces zones et de valider ces informations.

Les quatre placettes utilisées sont de forme circulaire. Chaque placette est caractérisée par son centre localisé au **GPS**. Elle couvre donc une superficie de **1256 m²**. Tous les arbres situés à l'intérieur de cette surface sont inventoriés et font l'objet d'une étude des indicateurs pris en compte sous forme de variables (Fig.19).

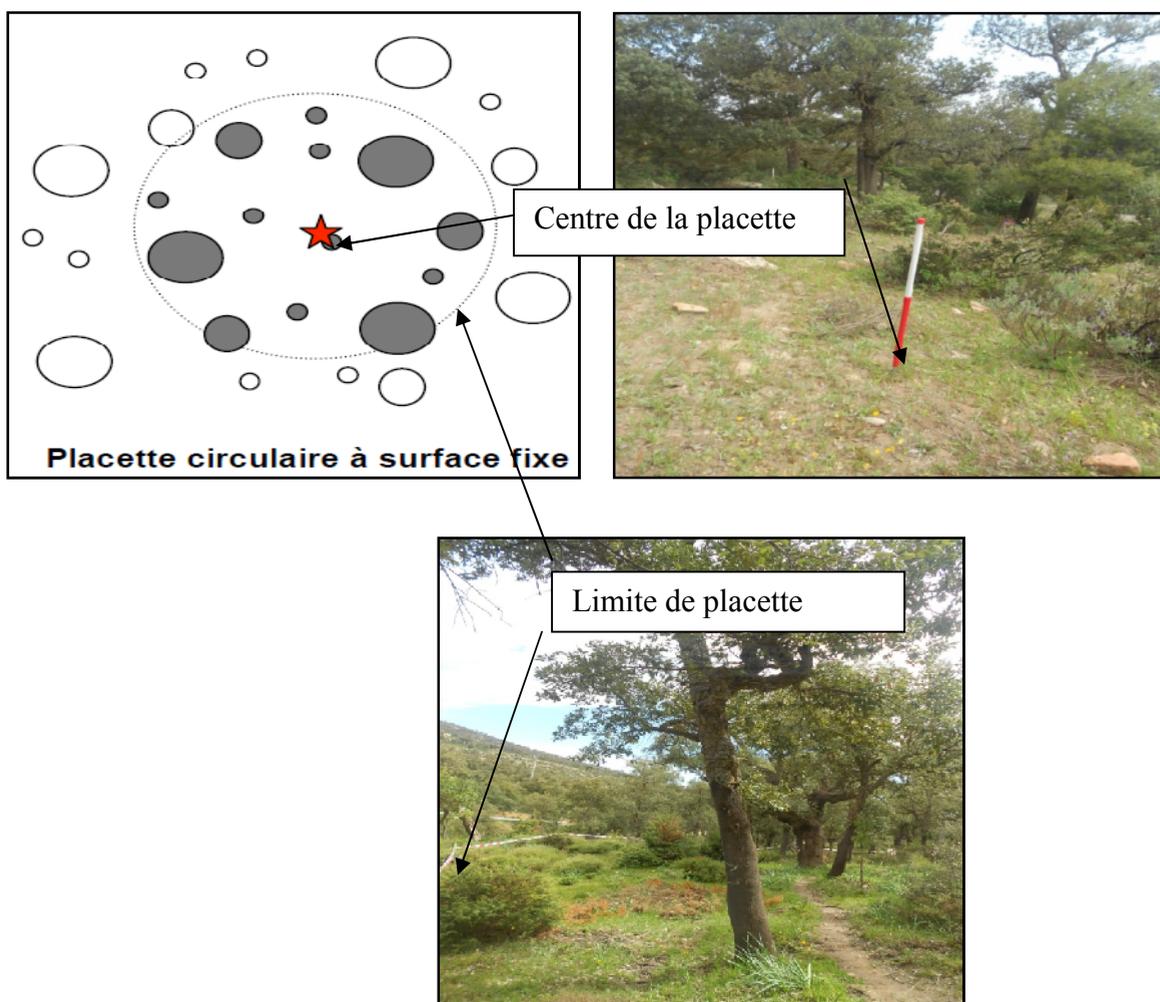


Figure19 : Type de placette installé pour l'échantillonnage (Original)

Le matériels utilisé pour l'installation des placettes est come suit :

- GPS (Garmin).
- Ruban mètre (50 m).
- Ruban coloré pour limiter le rayon de la placette.
- Jalons.
- Marteau

III.2.2-Caractéristiques des placettes d'étude

Des paramètres d'ordre descriptif et dendrométrique ont été relevés sur les quatre placettes.

III.2.2.1-Relevés géographiques et topographiques

Ils évoquent des informations précises sur la localisation des placettes tels que le lieu dit du canton, les cordonnées géographiques,, la pente, l'altitude, etc.

III.2.2.2 -Relevés sylvicoles

Ils nous renseignent sur les différentes interventions marquées dans la forêt. Il s'agit des types de futaie, origine du peuplement, nature de l'embroussaillage régénération, etc. D'autres relevés sont notés sous forme de mesures ou d'observations visuelles.

III.2.3- Les arbres échantillons

Seuls les arbres porteurs du liège de reproduction ont été visés dans la placette. Sur derniers diverses mesures ont été prises en considération en particuliers les mesures dendrométriques, les relevés d'exploitation du liège en plus de la détermination de l'état sanitaire des ces essences. Ces mesures sont consignées dans le tableau (Tab.16).

Tableau16: Principales classes de relevés dendrométriques, d'exploitation et d'état sanitaire des arbres des échantillons

Type de relevés	Description	Classe
Dendrométrie	Circonférence	1: Petit bois ($23,5 \geq \text{cir}1 < 70,5$ cm), 2:Bois moyen ($149,5 \geq \text{cir}3 < 212,5$ cm), 3:Gros bois (cir $4 \geq 212,5$ cm)
Exploitation	Hauteur d'écorçage	1 (<1,5m), 2(1,5-2,4m), 3(2,5-3,5m), 4(>3,5 m)
	Nombre d'écorçage	1(1écorçage), 2(2écorçages), 3(3écorçages et plus)
	Coefficient d'écorçage	1(<1,5), 2(1,5-2,4), 3(2,5-3,5), 4(>3,5)

Les relevés de l'état sanitaire des arbres ou le « *déficit foliaire* » traduit la perte éventuelle de feuilles dans la partie fonctionnelle de la cime (Fig.20). C'est un indicateur largement employé en Europe pour évaluer l'état sanitaire des arbres forestiers (D.S.F., 1991). Elle est notée en examinant les ramifications de l'arbre en lui attribuant une des classes suivantes correspondant à une catégorie sanitaire (Bouhraoua & Villemant, 2002) :

- 1 : arbres sains (déficit foliaire < 25%),
- 2 : arbres affaiblis (25 < déficit foliaire < 60%),
- 3 : arbres dépérissants (déficit foliaire > 60%),

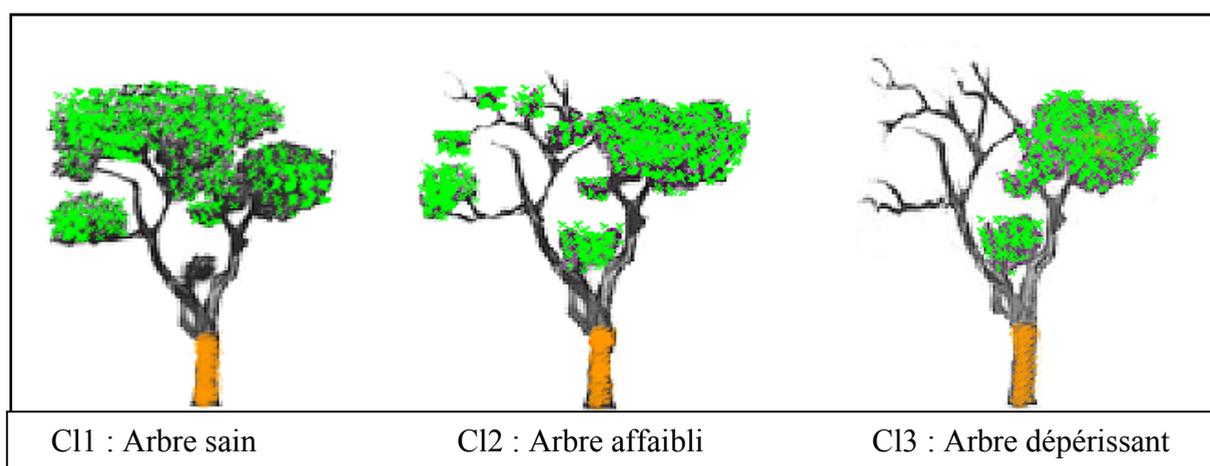


Figure 20: Illustration explicative des classes de défoliation du chêne liège (Dehane, 2012)

III.3- Estimation de la qualité du liège sur pied par le Coveless

L'utilisation de l'appareil est très simple, et l'échantillonnage est assez rapide puisqu'il suffit d'environ une minute pour sonder un arbre. L'opérateur doit enfoncer l'aiguille de l'appareil dans l'écorce de chaque arbre à 5 reprises, mais dans une même zone localisée, similaire à celle d'une *cala* traditionnelle (20×20 cm) (Fig.21).

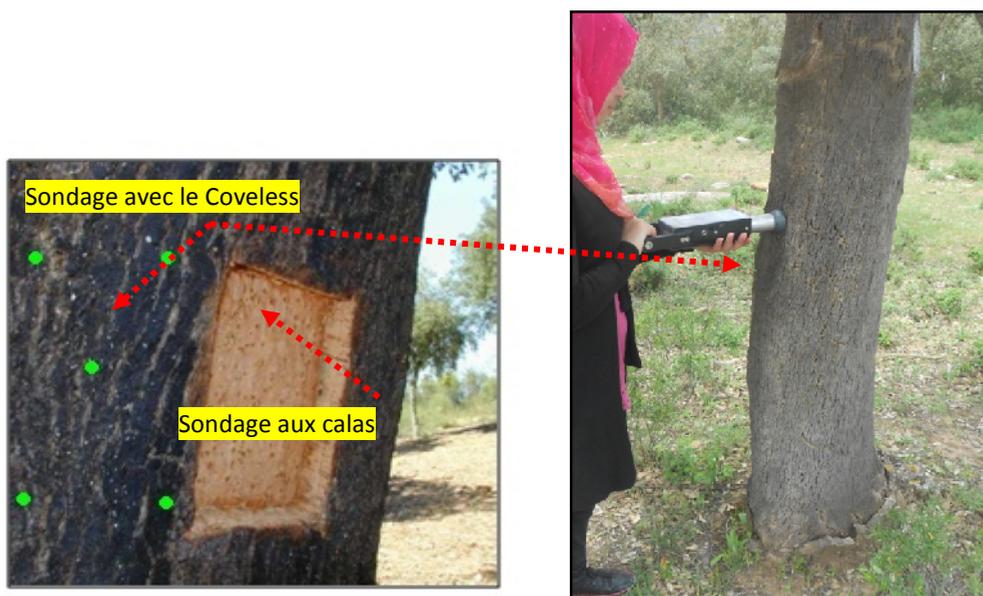


Figure 21: Méthode de mesure de la qualité du liège sur arbre (Cliché Dehane,2013)

Les prises de mesures sont effectuées à 1,30m du sol en changeant constamment la direction pour chaque sujet, selon l'exposition offerte. Les données comptabilisées par l'appareil (épaisseur et qualité) sont rapportés sur une fiche confectionnée dans ce sens. Il s'agit du calibre en lignes et en mm, de la classe d'aspect de liège de l'arbre échantillon selon la méthode IPROCOR (1994)(Tab. 17et 18).

Tableau 17: Classes de calibre du liège admises dans l'industrie (IPROCOR, 1994)

Classes	Dénomination	Epaisseur en ligne	Epaisseur en mm
1	Epais	ep.> 19 lignes	ep. > 42,75 mm
2	Juste	15 < ep. < 19	33,75 mm < ep. < 42,75 mm
3	Mince	13 < ep. < 15	29,75 mm < ep. < 33,75 mm
4	Faible	11 < ep. < 13	24,75 mm < ep. < 29,75 mm
5	Très mince	ep. < 11	ep. < 24,75 mm

1 ligne : 2,25mm

Tableau 18: Classification élargie de la qualité du liège (IPROCOR,1994)

Classes	Qualité
1	19plus. 6 ^a plus.
2	15-19 5 ^a plus.
3	15-19 6 ^a
4	13-15 5 ^a plus.
5	13-15 6 ^a
6	11-13 5 ^a plus.

7	11-13 6 ^a
8	11 moins. 4 ^a plus.
9	Rebut

III.4-Calcul des indices

L'ensemble des mesures effectuées sur les arbres échantillons pris individuellement sont regroupés sous forme d'indices :

- **Indice de santé (IS)**

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

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

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

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

N : Effectif total d'arbres observés dans la parcelle

Nous distinguons 4 niveaux d'état sanitaire en fonction des valeurs obtenues :

IS < 1,59	Non dépérissant ou sain
1,60 < IS < 2,0	En début de dépérissement
2,1 < IS < 2,59	En dépérissement assez grave
IS > 2,60	En dépérissement grave ou fortement dépérissant

- **Indice d'accroissements (Iac)**

L'indice d'accroissements (Iac) a été réalisé selon les moyennes des calibres enregistrés dans chaque placette puis comparés à la grille des accroissements proposés par Lamey (1893) pour le liège Algérien selon le tableau des accroissements annuels suivants :

Tableau 19 : Grille d'accroissements pour un liège de 10 ans (Lamey,1893)

N°d'accroissement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Calibre(mm)
Mince(mm)	1,7	2,5	2,4	2,3	2,1	2	1,9	1,7	1,5	1,3	19,4
Ordinaire(mm)	2,7	3,9	3,8	3,6	3,4	3,1	2,8	2,5	2,2	2	30
Epais(mm)	4,5	6,15	6	5,57	5,2	4,95	4,2	3,5	3,35	3	46,42

Le calcul de l'indice d'accroissements est calculé selon la méthode des moindres carrés de Waren (1980) :

$$Y_t = at^b e^{-ct} E_t$$

Où

- $Y_t = \hat{y}_t E_t$
- Y_t est la mesure actuelle de l'accroissement du liège
- \hat{y}_t est la valeur estimée
- E_t la valeur résiduelle
- a,b et c = constants ; t= temps ou le numéro de l'accroissement

Donc $I_{ac} = \hat{y}_t / E_t$

A chaque fois que l'indice d'accroissement s'approche de la valeur 1 la croissance inter annuelle est stable.

- **Indice de masse (Imas)**

L'indice de masse (Imas) pour un peuplement selon l'état sanitaire de ses arbres se définit comme suivant (Dehane, 2012) :

$$I_{mas} = \left(\frac{1}{N * Ag} \sum P \right) * IS$$

Où

- $P = 0,001069 * C_{ir} * h_e$
 - ‘ C ’ circonférence extérieure sur liège à 1,30m du sol (m),
 - ‘ h_e ’ hauteur d'écorçage (m),
- IS : Indice de santé de la placette.
- N : Nombre totale d'individus en âge de levée de chaque classe d'état sanitaire
- Ag : Age du liège au moment de l'inventaire.
- **Indice de qualité (IQ)**

La quantification de l'épaisseur et de la qualité pour chaque sujet pris en considération nous ramène directement au calcul de l'indice de qualité de chaque placette échantillonnée, selon la formule proposée par IPROCOR (1994).

$$IQ = (5/100) \times \sum_{i=1}^9 (A_i \times Q_i)$$

Où :

- IQ = indice de qualité du liège

-

A_i = valeur moyenne en pécule/kg du liège des catégories 1 à 9 bouillies et mises en balles (valeurs de 1993).

$A_1 = 220$	$A_2 = 390$	$A_3 = 140$
$A_4 = 380$	$A_5 = 130$	$A_6 = 255$
$A_7 = 100$	$A_8 = 240$	$A_9 = 30$

-

Q_i = proportion du volume matière de la catégorie donnée par rapport au volume de production totale (%).

Cette formule a donc une valeur maximum théorique pour tout le liège de catégorie « Media marca » de :

$$Q = \frac{5}{100} * 390 = 19,5$$

Et une valeur minimum : $Q = \frac{5}{100} * 30 = 1,5$

- **Indice de déficit pluviométrique**

L'indice de déficit pluviométrique (IDP) : c'est le rapport de la hauteur de précipitations d'une année P_i à la moyenne annuelle des pluies P de la série (Doukpolo, 2007). La formule est :

$$IP = \frac{P_i}{P}$$

Une année est dite humide si ce rapport est supérieur à 1 et sèche s'il est inférieur à 1.

III.5-Traitement des données

L'ensemble des données tirées des arbres-échantillons des quatre placettes ont été soumises à des tests statistiques regroupant des paramètres de position et de dispersion ainsi qu'une analyse de variance (ANOVA) à un seul critère.

- Les paramètres de dispersion concernent l'écart-type et le coefficient de variation. Ils ont été utilisés pour déterminer la position des variables étudiées autour de la moyenne.
- L'écart-type est la racine carrée de la variance. Il est l'indicateur de la variabilité par excellence et, de ce fait, détermine la dispersion des différentes valeurs autour de la moyenne : avec v pour variance.
- Le coefficient de variation qui est le rapport de l'écart-type à la moyenne s'exprime en

%. Il est calculé par la formule $C.V = \frac{\sigma_x}{x} * 100$

IV-Résultats et discussion

IV.1- Caractérisation générale des placettes d'étude

L'ensemble des paramètres pris en compte pour les arbres échantillons et les placettes sont mentionnés dans le tableau 20.

Tableau 20 : Caractérisation globale des placettes d'étude

Caractéristiques	Placette 1 (P11)	Placette 2(P12)	Placette3(P13)	Placette 4((P14)
Position géographique (Centre de la placette)	X=3478155 ° Y= 0143272°	X=3477711 ° Y= 0143057°	X=3477703 ° Y= 0142944°	X=3477797° Y=0142837°
Lieu dit	Canton Hafir	Canton Hafir	Canton Hafir	Canton Hafir
Altitude moyenne (m)	Min : 1280 Moy : 1295 Max : 1311	Min : 1127 Moy : 1191 Max : 1255	Min : 1213 Moy : 1238 Max : 1263	Min : 1230 Moy : 1240 Max : 1250
Pente(%)	23	21	10	14
Surface (m ²)	1256	1256	1256	1256
Nature du sol	Sableux limoneux	Sableux limoneux	Sableux limoneux	Sableux limoneux
Embroussaillage	Moyennement embroussaillée	Moyennement embroussaillée	Très embroussaillée	Très embroussaillée
Origine du peuplement	Naturelle	Naturelle	Naturelle	Naturelle
Structure du peuplement	Irrégulière	Irrégulière	Irrégulière	Irrégulière
Nature du peuplement	Futaie de chêne liège	Futaie de chêne Liège	Futaie de chêne liège	Futaie de chêne liège
Densité moyenne (N arbre/ ha)	45	100	120	100
Hauteur des arbres(m)	7,55 (1,67)	9,77 (1,77)	6,08 (1,87)	6,42 (2,09)
Circonférence moyenne (cm)	108,2(63,79)	110,22(66,57)	82(49,58)	98,15(56,95)
Hauteur d'écorçage moyenne(m)	1,61(0,81)	2,15(0,78)	2,17(1,00)	1,79(0,72)
Coefficient moyen d'écorçage	1,49	1,95	2,65	1,82
Nombre de déliégeage	3	3	3	3
Age du liège	10	10	10	10
Nombre d'arbres- échantillons	10	18	17	13

D'après le tableau, il ressort que les arbres échantillons sont généralement d'origine naturelle d'âge varié, reposant sur un sol sableux limoneux. La placette 1 semble la plus moins dense avec 45 sujets à l'hectare tandis qu'elle est de l'ordre de 120 pieds à P13 (entre

arbre mis en valeurs et non). L'embroussaillage est moyennement serré dans P11 et P12 et très embroussaillé aux deux autres (P13 et P14). L'altitude est maximale à P11 soit une hauteur de 1313m tandis qu'elle est minimale à P13 aux alentours de 1213m. Dans les quatre placettes, les arbres sont d'origine naturelle et de structuré irrégulière.

IV.2-Caractérisation globale des arbres échantillons

IV.2.1-Etat sanitaire des arbres

Le déficit foliaire des cimes enregistré sur nos arbres-échantillons est illustré dans la figure 22.

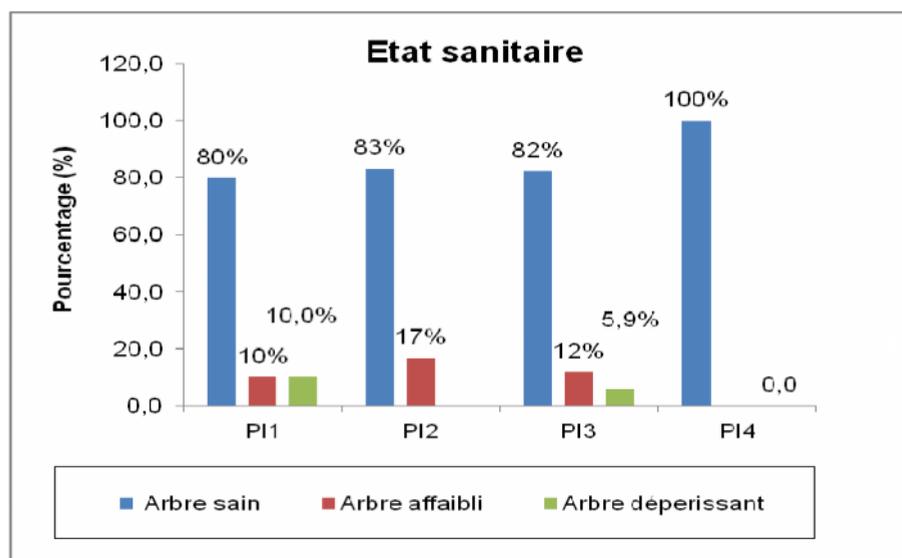


Figure 22 : Aspect des cimes sur les arbres échantillons des quatre placettes

D'après la figure 22, nous constatons que les cimes des arbres échantillons sont en générale vigoureux (< 25% de défoliation) soit un taux variant de 80% à 83% (P11, P12 et P13) et de 100% à P14. Les sujets affaiblis, aux cimes discontinues avec 25-60% de défoliation comptent entre 10%,17% et12% respectivement pour P11, P12 et P13. Dans la placette 4 ces arbres sont totalement absents (0%). En ce qui concerne, les sujets déperissants dépassant 60% de déficit foliaire, ils concernent seulement P11 et P13, soit des taux de 10% et 5,9%. Le test de Khi-deux calculé entre les 3 classes d'état sanitaire des arbres des quatre placettes indique une différence non significative $\chi^2 = 1.42$, $p=0.69$). Les indices de santé converge les sujets des quatre placettes vers un état sain (IS= 1,17).

IV.2.2-Circonférences

La répartition des arbres échantillons selon leurs grosseurs est mentionnée dans la figure 23.

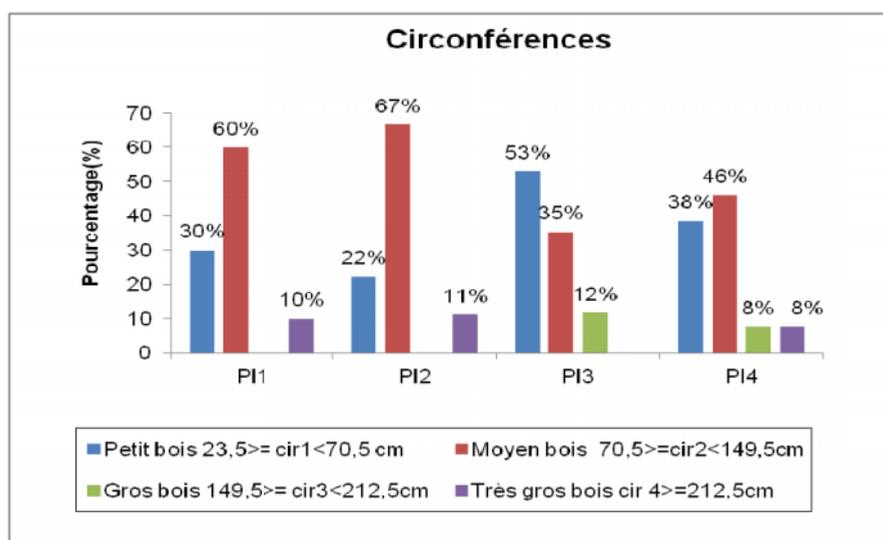


Figure 23 : Répartition des arbres échantillons selon leur grosseur

Selon la figure 23, nous constatons une nette présence des classes du bois moyen au alentours de 51,7% du total mesuré, soit respectivement un taux de l'ordre de 60%(PI1), 67%(PI2), 35%(PI3), PI4 (46%). Le petit bois occupe simultanément 30% à PI1, 22% à PI2, 53% à PI3 et 38% à PI4. Enfin, le gros bois et le très gros bois participent faiblement avec des pourcentages variant de 8% à 12%. La comparaison entre placettes montre qu'il existe une différence non significative entre les circonférences mesurées sur l'ensemble des arbres ($p > 0,05$) (Tab.21).

Tableau 21 : Analyse de variance de la variable circonférence

Effet (Placette)	dl Effet	CM Effet	dl Erreur	CM Erreur	F	Niveau P
1	3	2678,32	57	3444,78	0,77	0,51

D'après la figure ci-dessous, nous remarquons les arbres de la placette 3 enregistrent les moyennes les plus réduites, soit une valeur moyenne de 82 cm (Fig.24)

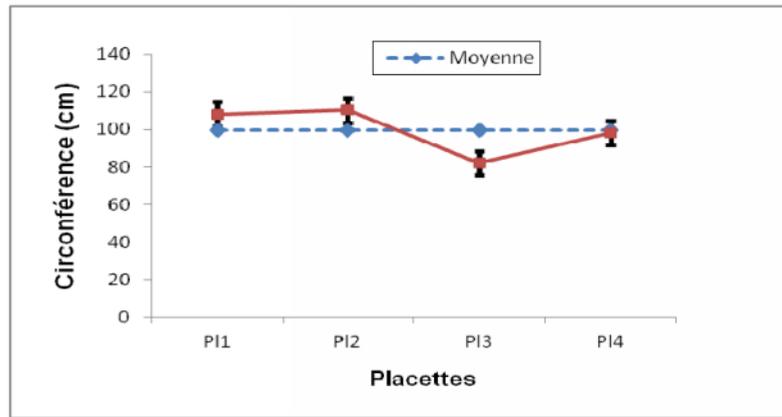


Figure 24: Circonférences moyennes mesurées sur les arbre-échantillons des 4 placettes.

IV.2.3--Hauteurs d'écorage

La répartition des arbres-échantillons selon les classes de hauteurs d'écorage est représentée dans la figure 25.

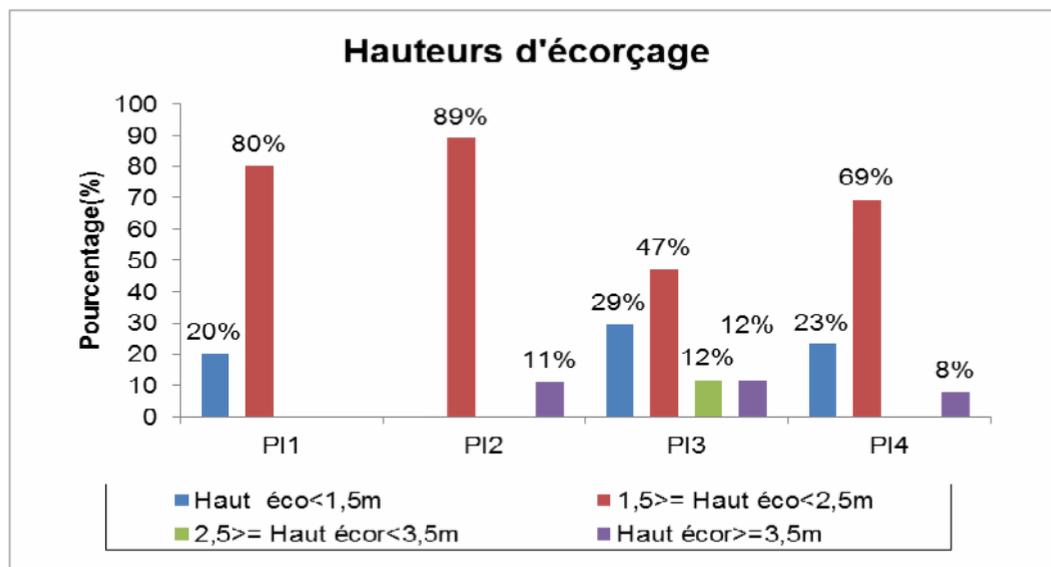


Figure 25 : Répartition des arbres-échantillons selon les classes des hauteurs d'écorage

Dans les placettes PI1, PI2, plus de 80% des arbres sont écorcés à une hauteur comprise entre 1,5m et 2,5 m. Les arbres écorcés au dessous de 1,50 enregistrent des taux variant de 20% à 29% (PI1, PI3 et PI4). Les sujet fortement déliégés de la classe 3 et 4 sont minoritaires et ne participent qu'avec des taux variant de 8% à 12% particulièrement dans PI3 et PI4. L'analyse de variance (anova1) entre placettes montre qu'il existe une différence non

significative entre les hauteurs d'écorçage mesurées sur l'ensemble des arbres ($p > 0,05$) (Tab.22).

Tableau 22 : Analyse de variance de la variable hauteur d'écorçage

Effet (Placette)	dl Effet	CM Effet	dl Erreur	CM Erreur	F	Niveau p
1	3	0,942	57	0,571	1,64	0,18

D'après la figure 26, nous remarquons les arbres de la placette 1 et 4 enregistrent les moyennes les plus réduites, soit respectivement une moyenne oscillant entre 1,61 m et 1,71 m.

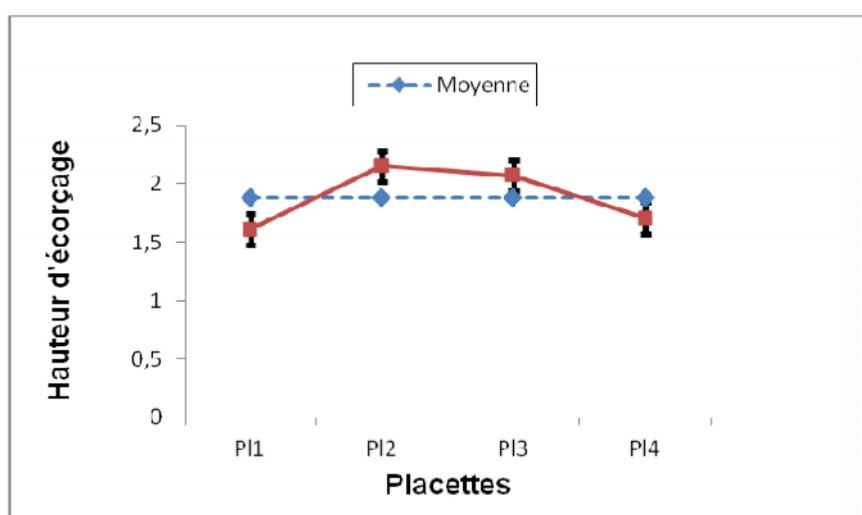


Figure 26 : Hauteurs d'écorçage moyennes mesurées sur les arbres-échantillons des 4 placettes.

IV.2.4-Les classes d'épaisseurs

Les mesures d'épaisseurs réalisées grâce au Coveless CQ05 sont mentionnées dans la figure par unité de mesure qui est la ligne (1 ligne = 2.25 mm) (Fig.27).

Il ressort de la figure que les arbres-échantillons des quatre placettes produisent un calibre moyen de l'ordre de 23.98 mm (10.65 lignes) synonyme d'un liège mince puisque la dernière exploitation date de 2004. Le calibre de la classe 5 (11 moins lignes ou 24,75mm) domine avec un taux globale de 58,62% particulièrement dans la placette 2, soit un pourcentage de 83%. Le liège au calibre épais (15-19 ligne ou 33,75 mm- 42.25 mm) est

présent uniquement dans les placettes PI4, PI3 et PI1, soit respectivement des taux de 8%, 12% et 10%. Le calibre sur-épais est absent (>19 lignes ou >42.75 mm) dans les quatre placettes.

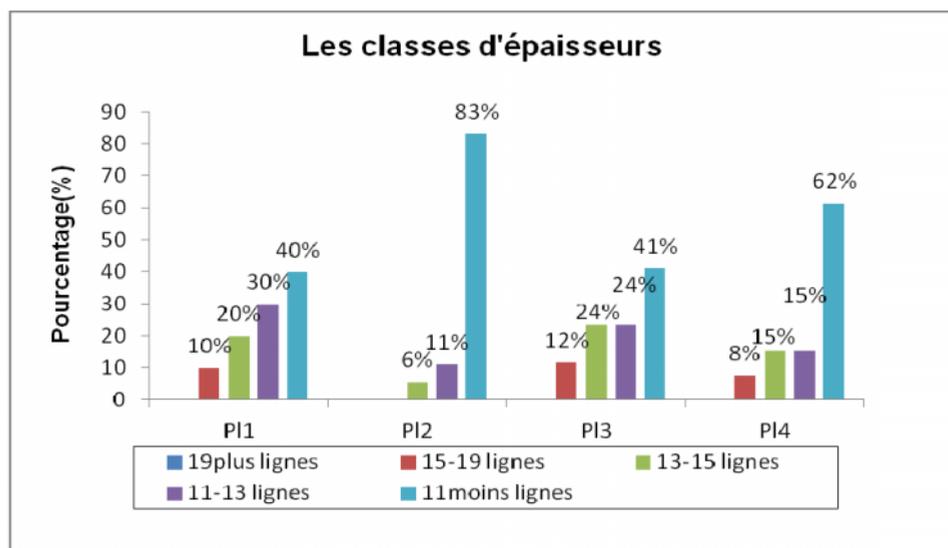


Figure 27: Répartition des arbres-échantillons selon les classes d'épaisseur du liège

L'analyse de variance (anova1) entre placettes montre qu'il existe une différence non significative entre les épaisseurs mesurées sur l'ensemble des arbres ($p > 0,05$) (Tab.23).

Tableau 23 : Analyse de variance de la variable hauteur d'écorçage

Effet (Placette)	dl Effet	CM Effet	dl Erreur	CM Erreur	F	Niveau p
1	3	94,30	57	36,80	2,56	0,06

D'après la figure, nous remarquons les arbres de la placette 2 enregistrent les moyennes les plus faibles, soit respectivement une valeur moyenne de 21,12 mm. (Fig.28)

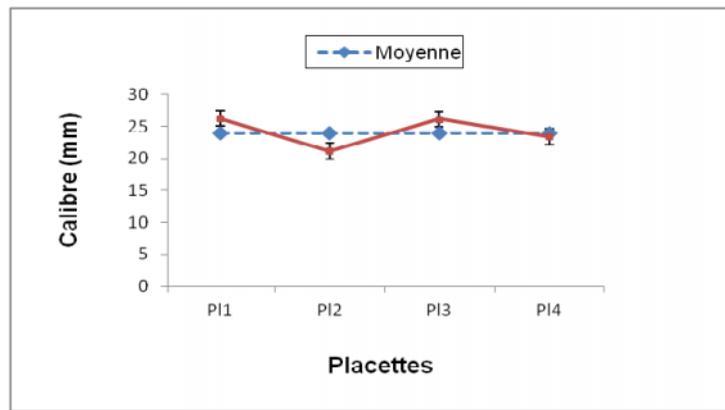


Figure 28 : Calibres moyens mesurés sur les arbre-échantillons des 4 placettes

IV.2.5-La qualité du liège

Les résultats de sondage de la qualité du liège sur les arbres-échantillons selon la méthode IPROCOR(1994) sont mentionnés dans la figure 29:

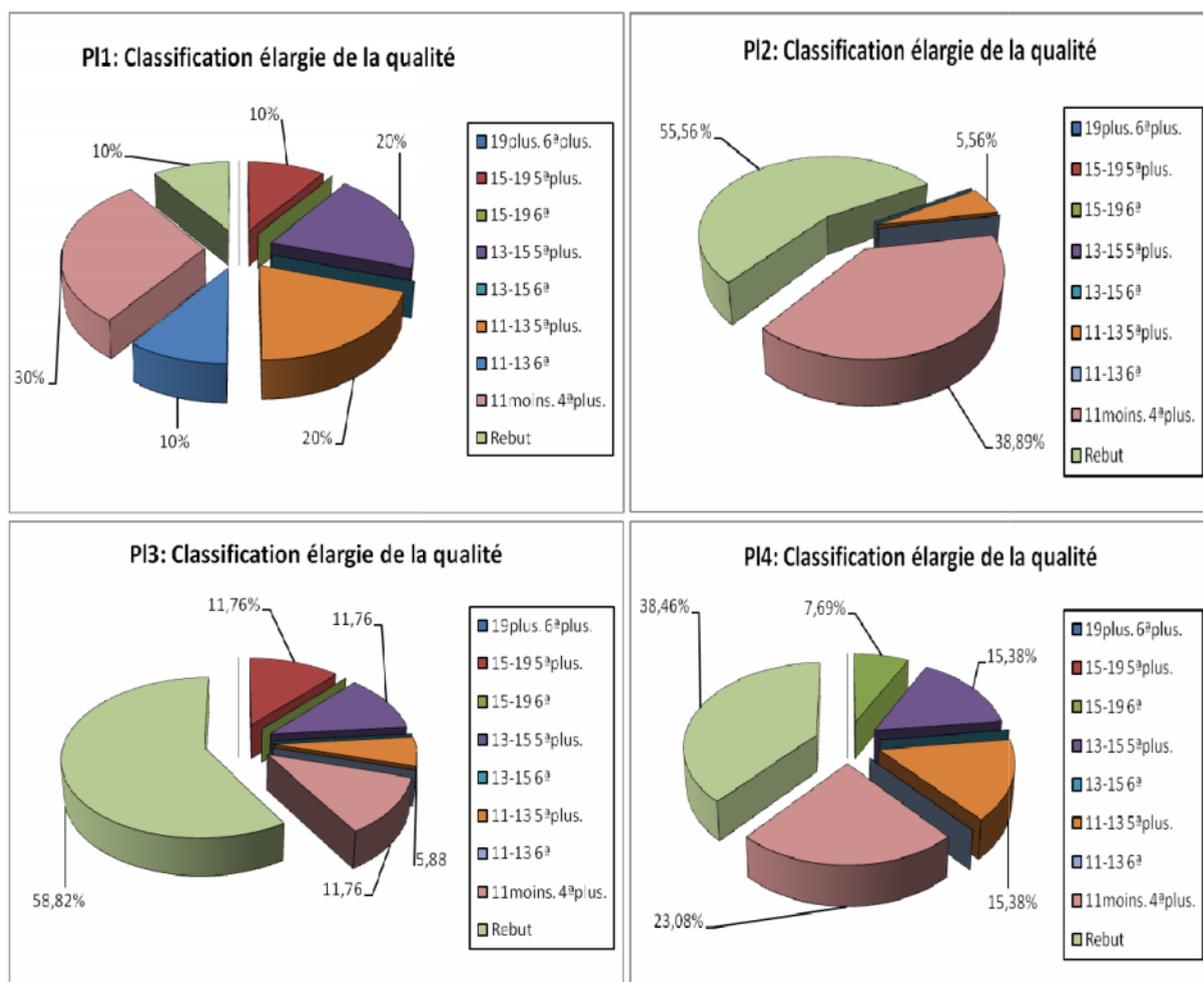


Figure 29 : Classification élargie de la qualité de liège sur les sujets des quatre placettes

Une caractéristique du liège de Hafir et l'absence ou la rareté du liège épais (19plus. 6^aplus. Par contre, le liège de la classe 15-19 5^aplus., représente seulement 10% (P11) et 11,76% (P13). Dans les quatre placettes, le liège de la classe 11moins. 4^aplus.est majoritaire, avec 30%(P11) ; 38,89%(P12) ; 11,76% (P13) et 23,08%(P14). Enfin, le liège sans usage direct destiné à la trituration (Rebut) détient 55,56 % à 58,82% dans P12 et P13 et 10% à 38,46% dans P11 et P14. Le test khi-deux indique une différence hautement significative entre les arbres des quatre placettes $\chi^2 = 22,89$; $p=0,000$) point de vue qualité de liège.

IV.3-Characterisation climatique de la période analogue à la période de croissance du liège

Le cycle de production de liège dans notre travail comptabilise 10 années de croissance soit une période allant de 2004 à 2014. Dans cette période, la croissance radiale et végétale de l'arbre ainsi que la croissance annuelle et cumulée du liège sont sous la dépendance de plusieurs facteurs écologiques particulièrement certains paramètres climatiques à savoir la pluviométrie (les années hydrologiques et les années civiles) et la température. Pour étayer ou désapprouver cette relation une caractérisation du climat pour cette période est présentée englobant certains éléments :

IV.3.1-Indice d'aridité mensuel et annuel de De Martonne (1926)

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

$$I = 12P/(T + 10) \quad ;$$

P : Pluviométrie moyenne mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

$$I = P/(T + 10)$$

P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Cet indice permet d'étudier spécialement les rapports du climat avec la végétation forestière et de positionner les placettes d'étude dans un climat précis (Tab.24).

D'après le tableau en constate que les quatre placettes ce caractérisent par une humidité stable durant les 10 années (2004-2014). Les deux indices calculés sont supérieures à 20

d'après la classification de De Martonne, ce qui est favorable à la bonne croissance du chêne-liège.

Tableau 24 : Indices de De Martonne calculés pour la zone d'étude

Indice de De Martonne	I	Signification
Indice d'aridité mensuel	25,02	Humidité mensuelle satisfaisante
Indice d'aridité annuel	25,12	Zone tempérée à drainage extérieur

IV.3.2-Climogramme pluviométrique

Il s'agit d'un diagramme de coordonnées cartésiennes dans lequel sont représentées les pluviométries moyennes mensuelles en abscisse et les températures moyennes mensuelles en ordonnées. La concordance ou la discordance entre les deux variables (P ,T) permettent de définir si la zone est favorable à la croissance d'une espèce ou non. Selon Taylor (1918) :

- Les mois avec des températures supérieures à 20 relèvent de la "zone de l'excès de chaleur".
- Les mois avec des températures inférieures à 5 °C caractérisent dans la "zone de l'excès de froid".

De même,

-les mois avec des précipitations moyennes de moins de 40 mm sont dans la «zone de manque d'humidité»

-les mois de plus de 160mm sont dans la «zone d'excès d'humidité »

Le principe de la zone de confort se résume comme suivant :

« 40mm < P < 160mm et 5°C < T < 20°C = « Zone de confort pour l'espèce »

D'après la figure 30, on constate que la zone de confort (couleur jaune) de l'espèce se situe entre les mois de Janvier, Février ,Mars, Avril, Mai , Novembre et Décembre où la pluviométrie moyenne mensuelle dépassent 40mm et la moyenne mensuelle des températures est en dessus de 5°C. En effet, le coefficient de corrélation entre la pluviométrie et la température « r » est négatif (r =-0,92 avec R²=0,85), cela signifie que à chaque fois qu'on pénètre dans la saison humide (Automne , hiver et printemps) les températures fléchissent et les réserves hydriques augmentent et juste dans le cas contraire. Par contre, les mois de Juin, Juillet, Aout, Septembre et Octobre représentent les mois de stress hydrique .

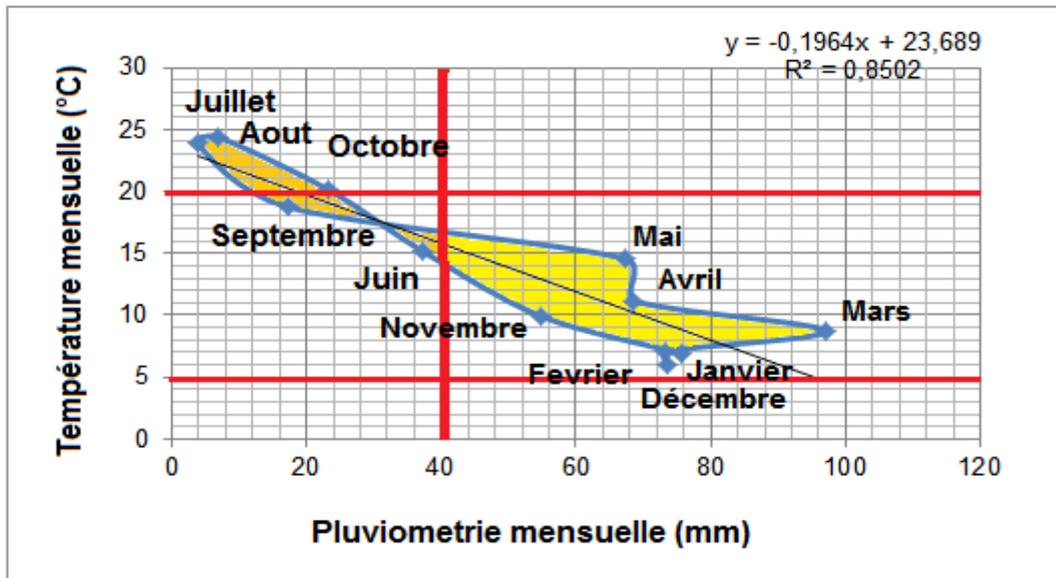


Figure 30 : Climogramme pluviothermique de Taylor pour les quatre placettes

IV.3.3-Le déficit pluviométrique

Le déficit pluviométrique (DP) 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

$$DP = P_i - P_m$$

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

Les valeurs enregistrées par rapport à la moyenne pluviométrique de référence de (2004-2014) dégagent en même temps le déficit et l'excédent pluviométriques (Fig.31).

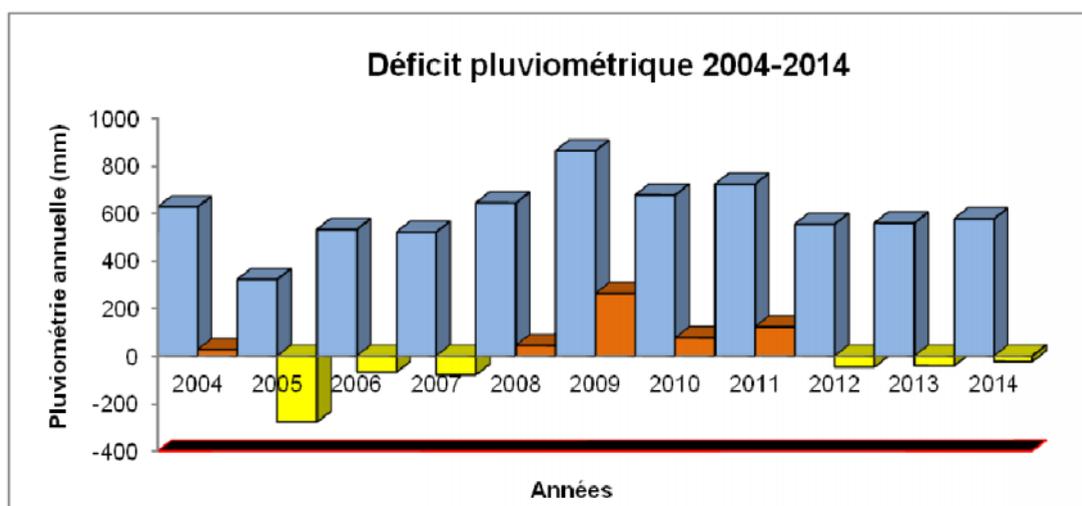


Figure 31 : Déficit pluviométrique enregistré durant la période 2004-2014

Durant la période 2004-2014, dans le massif forestier de Hafir, les quatre placettes ont reçu une moyenne pluviométrique de l'ordre de 600,4 mm. Les séquences déficitaires concernent particulièrement les années 2005(-278mm), 2006(-68,74mm), 2007(79,22mm), 2012 (-45,69mm), 2013(-40,63mm) et 2014(-23,03mm). Par contre, les années excédentaires se localisent en 2004 (26,8mm), 2008 (44,30mm), 2009(263,38mm), 2010(77,16mm) et en 2011(122,87mm).

IV.3.4-Calcul des indices

IV.3.4.1-Indice de Masse

L'indice de masse (Imas) moyen calculé pour les quatre placettes enregistre une valeur de l'ordre de 2,70. Cette moyenne varie de 2,58 (P11) ; 2,93 (P12) ; 3,3(P13) et 2,03(P14), soit un coefficient de variation faible de 19%. Cette différence non significative est due essentiellement à deux variables que sont le poids de liège produit par chaque arbre et l'état sanitaire des cimes.

En effet, le poids ou la masse (en kg) produit par les arbres-échantillons enregistre une différence non significative entre les quatre placettes ($F= 0,39$; $p = 0,75$) puisqu'on est dans l'aire du liège mince (23,98 mm). Conjointement, ces arbres-échantillons présentent un aspect vigoureux de leur cimes, soit un IS réparti comme suit : P11(1,3),P12(1,16),P13(1,23) et P14(1)(Tab.25)

Tableau 25: Valeurs moyennes pour le calcul de l'indice de masse (Imas)

	P11	P12	P13	P14
Poids moyen (kg)	19,98(19.89)	28,21(25,65)	23,82(24,60)	20,36(21,71)
Indice de santé	1,3	1,16	1,23	1
Indice de masse	2,58	2,93	3,3	2,3

IV.3.4.2-Indice de qualité

Les indices de qualité (IQ) calculés pour l'ensemble des placettes totalisent une moyenne de l'ordre de 8,8 soit un produit de bonne qualité. Les arbres échantillons de la placette 1 et 4 se caractérisent par un IQ variant entre 12,6 et 8,76 synonymes d'un liège de très bonne qualité. Les placettes 3 et 2 enregistrent une qualité moyennement faible, soit un IQ variant entre 7,6 et 6,20 (Fig.32).

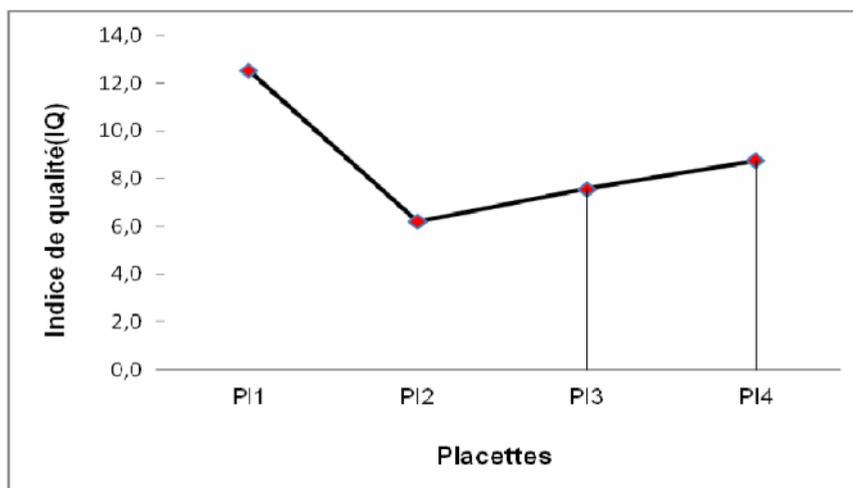


Figure 32: Indices de qualité enregistrés dans les quatre placettes

En effet, ce résultat s'explique par deux faits :

- dans les placettes 1 et 4 la quantité du liège de rebut est réduite par rapport à PI2 et PI3 soit respectivement 10% et 38% contre 56% et 59%.
- dans les placettes 1 et 4, le taux du liège bouchonnable (15-19 5^aplus. ;13-15 5^aplus. ;11-13 5^aplus.) enregistre simultanément 40% et 38% alors qu'il ne dépasse pas les 18% et 21% dans PI3 et PI2 (Fig.33).

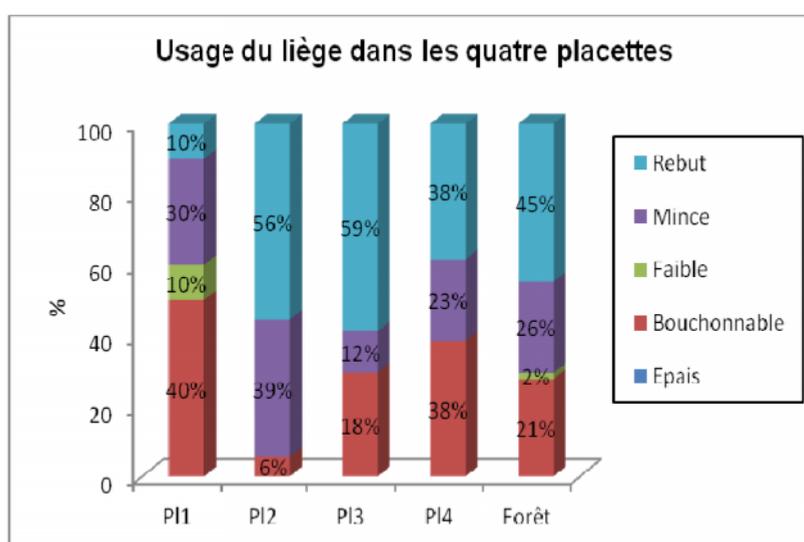


Figure 33 : Classification résumée du liège dans les quatre placettes

IV.3.4.3-Indice du déficit pluviométrique

Les variations annuelles de l'indice de déficit pluviométrique (IDP) sont illustrées dans la figure 34.

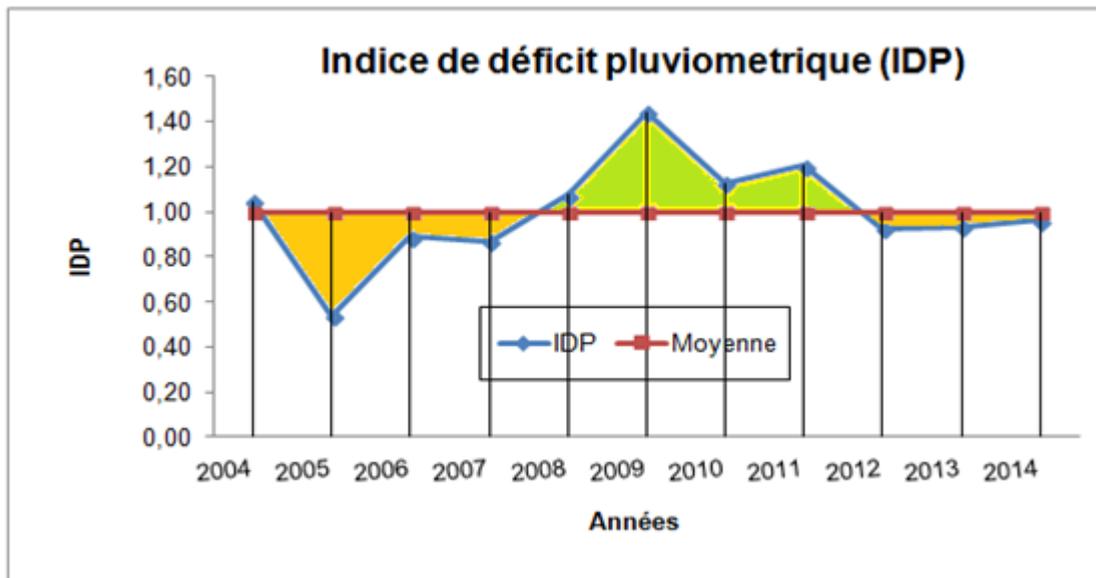


Figure 34: Indices de déficit pluviométrique calculés pour la période 2004-2014

Selon la figure, les $IDP > 1$ caractérisent les années 2004, 2008, 2009, 2010 et 2011. Cette séquence de cinq années est synonyme d'une période humide (couleur verte). La période sèche au $IDP < 1$ débute de 2005 à 2007 puis de 2012 à 2014, soit une séquence de six années. Dans les deux séquences (humide et sèche), l'indice de déficit pluviométrique minimal et maximal sont enregistrés durant l'année 2005 et 2009 avec un IDP de l'ordre de 0,54 et 1,44.

IV.4- Etude des relations probables entre Indice de Masse (Imas) – Indice de Qualité (IQ)- Indice de Déficit Pluviométrique (IDP)

IV.4.1-Relation Indice d'Accroissements / Indice de Déficit Pluviométrique

La relation entre les indices d'accroissements (Iac) et les indices de déficit pluviométrique (IDP) est représentée dans la figure 35 et 36.

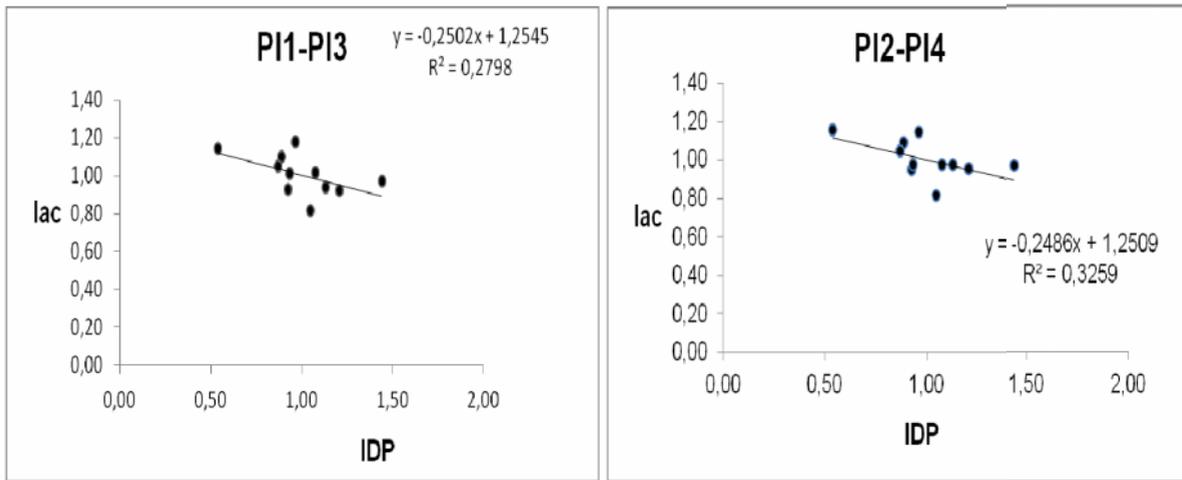


Figure 35: Droite de régression linéaire entre l’IDP et l’Iac

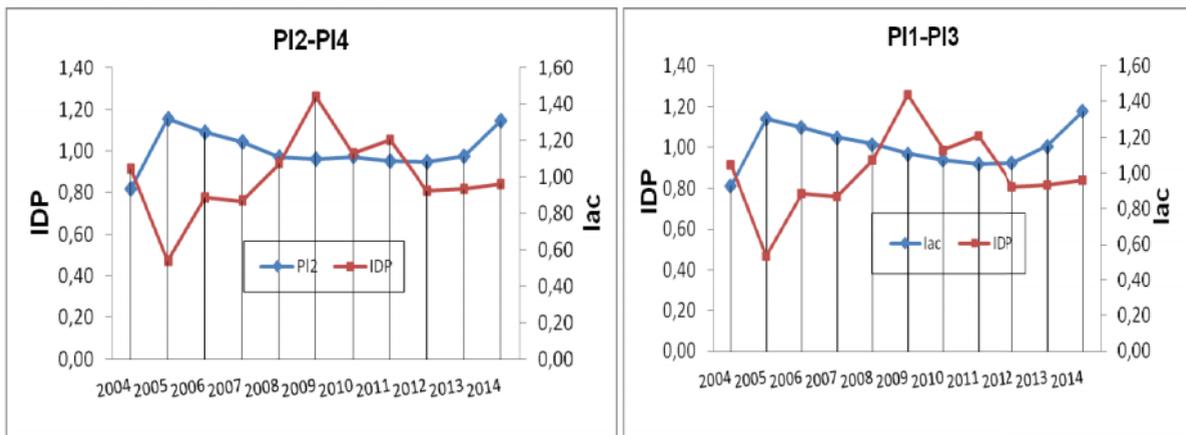


Figure 36 : Relation indice d’accroissements (Iac) –Indice de déficit pluviométrique (IDP)

D’après la figure 35, nous constatons les informations suivantes :

- Régression simple : $Y = ax + b$
- Variable expliquée : $Y =$ Indice d’accroissements annuels
- Variable explicative : $x =$ Indice de déficit pluviométrique.
- Coefficient de corrélation : $r = -0,53$ et $r = -0,57$
- Coefficient de détermination : $R^2 = 0,28$ et $R^2 = 0,32$
- Précision de la corrélation au taux de sécurité : 95%
- L’équation de régression est : $Iac_{PI1-PI4} = -0,2502 IDP + 1,2545$
 $Iac_{PI2-PI3} = -0,2486 IDP + 1,2509$

En effet, pour les quatre placettes la corrélation entre Iac et IDP est assez négativement forte, soit un $r = -0,53$ et $r = -0,57$. Cela signifie qu'à chaque fois que les indices de déficit pluviométrique diminuent les indices d'accroissement augmentent et vice versa (Fig.36).

Cette situation trouve son explication du fait que nos arbres échantillons dans la subéraie de Hafir sont habitués à une humidité satisfaisante puisqu'il s'agit d'un climat sub-humide avec des jours de l'année enneigés et dont l'altitude dépasse les 1200m. Donc face à un stress aigu ces arbres manifestent un comportement et une adaptation contraires liés spécialement à la physiologie de l'arbre (Fermeture des stomates, division meristématique secondaire réduite...).

IV.4.2-Relation Indice de Qualité –Indice de Santé

Le calcul des indices de qualité et les indices de santé des arbres échantillons des quatre placettes nous montrent que la relation est positive (Fig.37).

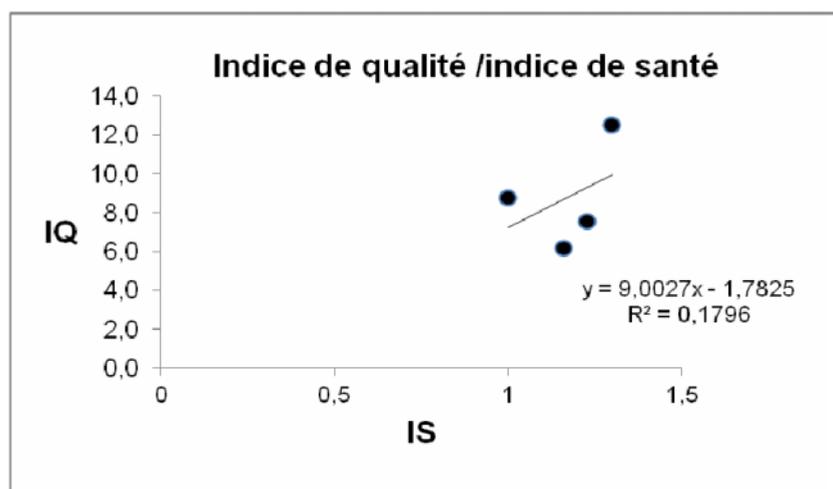


Figure 37 : Corrélation entre IS et IQ

D'après la figure 37, nous remarquons les informations suivantes :

- Régression simple : $Y = ax + b$
- Variable expliquée : $Y =$ Indice de qualité
- Variable explicative : $x =$ Indice de santé
- Coefficient de corrélation : $r = 0,42$
- Coefficient de détermination : $R^2 = 0,18$
- Précision de la corrélation au taux de sécurité : 95%
- L'équation de régression est : $IQ = 9,0027 IS - 1,7825$

A travers ces informations nous observons que le coefficient de corrélation $r = 0,42$. Cela montre qu'il y a un lien plus ou moins faible entre l'état sanitaire des arbres et la qualité du liège produite par ces mêmes sujets. En effet, l'état de santé (dépérissement ou vigueur) n'agit pas significativement sur la qualité. Cela s'explique par le fait que ces arbres se caractérisent par un grand polymorphisme à l'intérieur d'une faible population. C'est ce que Natividade (1956) considère « une forme botanique différente pour chaque arbre de chêne liège ». D'après Simeone et *al.* (2009), une telle situation est particulièrement forte en Algérie, particulièrement dans la région nord-ouest. Cette variation génétique est liée essentiellement à deux phénomènes dont l'un naturel, du à l'introgession génétique entre le *Quercus Rotundifolia* et le *Quercus suber*, l'autre économique, une conséquence du transport international des semences de différentes régions (principalement en raison des programmes de boisement français au cours du siècle dernier).

IV.4.3-Relation Indice de Masse –Indice de Qualité

La corrélation entre l'indice de qualité et l'indice de masse est présentée dans la figure 38.

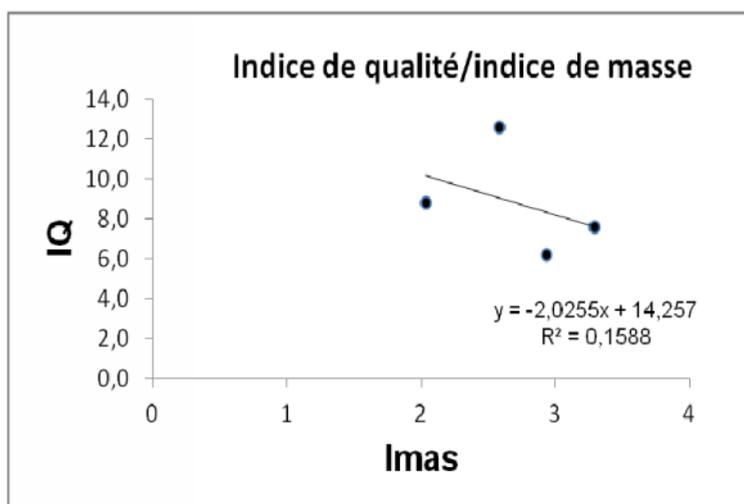


Figure 38: Droite de régression linéaire entre l'IQ et l'Imas

D'après la figure 38, nous enregistrons les informations suivantes :

- Régression simple : $Y = ax + b$
- Variable expliquée : $Y =$ Indice de qualité
- Variable explicative : $x =$ Indice de masse
- Coefficient de corrélation : $r = -0,40$
- Coefficient de détermination : $R^2 = 0,16$

- Précision de la corrélation au taux de sécurité : 95%
- L'équation de régression est : $IQ = -2,0255 \text{ Imas} + 14,257$

La relation entre l'indice de qualité et l'indice de masse dans les quatre placettes montre qu'il y a une corrélation négative plus ou moins faible entre les deux variables ($r = -0,40$). En effet, à chaque fois que l'indice de qualité augmente l'indice de masse diminue et juste dans le cas contraire. Cela s'explique par le fait que la qualité de n'importe quel liège est liée à son poids c'est-à-dire au calibre. Ce dernier diffère d'un sujet à un autre. Plusieurs auteurs ont montré que la meilleure qualité du liège est corrélée au liège mince à croissance lente. Sur ce type de liège il y a moins de défauts que le liège épais à croissance rapide qui en même temps favorise plus la porosité et la lignification autour des pores ceci augmente son poids et par conséquent produit une quantité importante de liège de rebut (Natividade, 1956 ; Pereira, 2007 ; Dehane, 2012) (Fig.39).

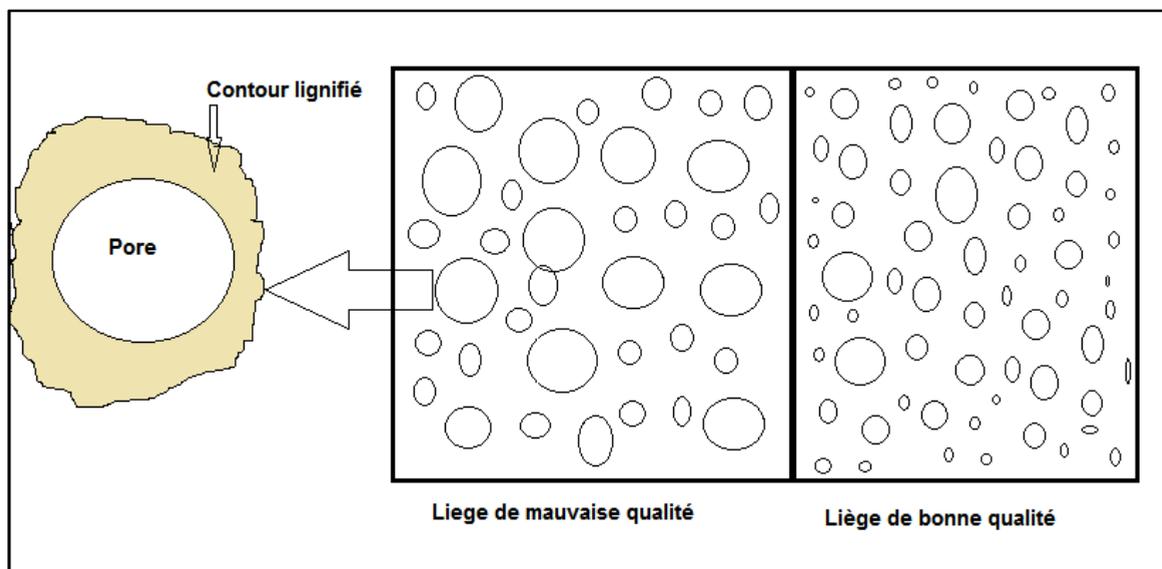


Figure 39 : Schéma explicatif de la relation indice de masse et indice de qualité (Original)

Conclusion générale

L'étude de l'existence d'une relation probable entre les différents paramètres caractérisant la croissance et la production subéreuse du chêne liège a été évoquée pour la première fois dans ce travail par l'utilisation d'une panoplie d'indices. Il s'agit de l'indice de qualité, l'indice de masse, l'indice de déficit pluviométrique. Ces trois indices ont fait appel à d'autres indices de base tels que l'indice de santé et l'indice d'accroissement. A travers les résultats, on conclut que dans la suberaie de Hafir :

- Les arbres échantillons des quatre placettes appartiennent à une suberaie de montagne dont la seule opération rentable est la récolte périodique du liège.
- Cette opération est d'allure lente et la gestion est plus étalée dans le temps puisqu'il faut attendre au moins 15 ans pour extraire le liège de ces arbres.
- Dendrométriquement, malgré que ces sujets forment une futaie jardinée, ils n'arrivent pas à se différencier point de vue grosseur, hauteur d'écorçage et calibre ($p > 0,05$) puisque le rythme générale de croissance est homogène dans la forêt.
- Climatiquement, les individus des quatre placettes bénéficient d'une humidité mensuelle et annuelle satisfaisante à la croissance de l'espèce et favorable à la production du liège depuis la dernière opération d'exploitation en 2004.
- Les indices de santé convergent les sujets des quatre placettes vers un état sain ($IS = 1,17$).
- Les calibres enregistrés selon la grille de Lamey sont de type mince (22 mm) dans P12 et P14 et ordinaire (26mm) dans P11 et P13.
- Les indices d'accroissements dans les quatre placettes sont stables proche du 1.
- Les indices de qualité (IQ) se sont avérés meilleures dans la placette 1 ($IQ = 12,6$) à cause d'une quantité réduite de rebut que les autres placettes.
- La relation entre l'indice de déficit pluviométrique (IDP) et l'indice d'accroissement (I_{ac}) est négative ($r = -0,53$ et $r = -0,57$) quelque soit la placette prise en considération. La croissance annuelle du liège est sensible déficit pluviométrique dans cette forêt du sub-humide.
- La corrélation entre l'indice de qualité (IQ) et l'indice de santé est positive faible ($r = 0,42$). L'état sanitaire de l'arbre (sain ou dépérissant) n'agit pas significativement

sur la qualité du liège(bonne ou mauvaise), c'est plutôt le caractère génétique qui est le plus cité en bibliographie.

- La relation entre l'indice de masse (Imas) et l'indice de qualité (IQ) est négative faible ($r=-0,40$). Dans la plupart des situations, la meilleure qualité est liée au liège mince à croissance lente.

Références bibliographiques

- Bagnouls F. et Gaussen H., 1953 - Saison sèche et indice xéothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. 88(3-4).pp.193-239.
- Baldy, C.H., 1965 - Climatologie Carte de la Tunisie centrale. F.A.O. UNDP/TUN 8.1 Vol. 31.
- Benest M., 1985 : Evolution de la plate-forme de l'Ouest Algérien et du Nord-Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : Stratigraphie milieux de dépôts et dynamique sédimentaire.
- Benjemaà M.H. et Abdelmoula. K., 2005- Les feux de forêts dans la suberaie tunisienne. Vivexpo 2004 : Le chêne-liège face au feu.pp.51-61.
- Bossuet G.,1988 - Sylviculture du liège et rénovation de la suberaie. Forêt Méditerranéenne, X (1), 1 62- 1 63 .
- Boudy P., 1950 - *Economie forestière nord africaine*. Tome 2(1) : Monographie et traitements des essences forestières. Larose, Paris, 525 p.
- Boudy, P., 1955 - *Economie forestière nord africaine*. Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose. Paris, 483 p.
- Bouharaoua R.T.,2003 –Situation sanitaire de quelque forets de chênes-lièges de l'ouest algérien .Etude particulière des problèmes posés par les insectes .Thèse .Doct.Dept.Forest.Fac.Sci; Univ.Tlemcen ,267p.
- 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., 2012 - Bilan exploitation du liège des forêts de Hafir-Zarieffet. Circonscription de Tlemcen.1p.
- Chenel, P.,1951 : Le liège en Algérie . Annales de Géographie .Volume 60, Numéro 321, pp. 296 – 299.
- Chouial A. , 2004- La culture du chêne liège(*Quercus suber* L.) en pépinière hors-sol. Bull.Rech.For.(Jijel : Algérie).7p.
- Courtois M. et Masson P., 1999 - Relation entre la qualité du liège,sa composition minérale et la composition minirale des feuilles du chêne liège. Ann. For.Sc. (56).I.N.R.A./ Elsevier, Paris, pp 521-527.
- Coveless Ingenieria S.L.L.,2010- MAnuel d'utilisation du *Coveless CQ05*.Edit Coveless. 36p.
- D.G.F., 2004 - Bilan de la production national de liège.1p.
- D.G.F., 2007 - Bilan de la production national de liège.1p.
- Debrach J., 1953 - Note sur le climat du Maroc occidental. Maroc médical 32(342).pp.1122-1134.
- Dehane, B., 2012- Incidence de l'état sanitaire du chêne liège sur les accroissements annuels et la qualité du liège de deux suberaies oranaises : M'Sila (w.Oran) et Zarieffet (w.Tlemcen). Thèse. Doct. Dept. Forest. Fac.Sci.,Univ.Tlemcen , 293 p.
- Delpont H.,1985 - " Deux siècles d'activité bouchonnière dans le val de Gélise " in les amis des Côtes de Buzet, N° 30.
- Desportes E.,2004- Généralités sur les Suberaies(forêts de Chêne-liège). Chêne-liège
- Díaz M.D., Marañón T., . Arroyo J., Garrido B., 2003- Soil seed bank and floristic diversity in a forest-grassland mosaic in southern Spain. Journal of Vegetation Science Volume 14, Issue 5, pages 701–709
- Douheret J., Salazar-Sampaio J.,1988-Le liège. Forêt Méditerranéenne, X(1)54-190.

- Doukpolo B.,2007- Variabilité et tendances pluviométriques dans le nord-ouest de la Centrafrique: enjeux environnementaux. Université d'Abomey-Calavi. 100 p.
- Elmi, S. 1970 - Rôles des accidents décrochant de direction SSW-NNE dans la structure des monts de Tlemcen (ouest Algérie).Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Univ. Alger. 61, pp.3-8.
- Emberger, L.1939 - Aperçu général sur la végétation du Maroc .Soc.Sci .Nat. Maroc, 40 (157). Neroff. Geobol. Lost. Ribel, 14 Heft, Zurich, Suisse.
fiche n°274209. SRGS – PACA.4p.
- Gonzalez Adrados I.R. ,1989 - Influencia del medio físico en la calidad del corcho de los alcornocales extremeños.Communicacion presentada a las "Primeras Jornadas Científico - Técnicas sobre Selvicultura del Alcornocal". Caceres, 9 y 10 de noviembre de 1989.
- Gonzalez Adrados I.R.,1989 - Influencia del medio físico en la calidad del corcho de los alcornocales extremeños. Comunicacion presentada a las "Primeras Jornadas Científico - Técnicas sobre Selvicultura del Alcornocal". Caceres, 9 y 10 de noviembre de 1989.
- ICMC 2005- Curso Restauración de Alcornocales incendiados. Projet SUBERNOVA.
- IPROCOR ,1994 - Metodo de estimacion de la calidad Del Corcho en Campo, in : Formation continue sur la qualité du liège. 27juin -1^{er} juillet 1994,ENFI Salé ,Maroc.
- Jacamon M., 1987-Guide de dendrologie. Tome 2 : Feuillus. E.N.G.R.E.F., Nancy256 p.
- Jouret B., 1972- La méthode du transect appliquée à l'analyse urbaine. Un exemple bruxellois Revue de géographie de Lyon Année Volume 47 Numéro 47-1 pp. 77-96
- 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.
- Lamey A ., 1893 - Chêne-liège : sa culture et son exploitation. Levrault et Cie, Nancy : 168-209.
- Lenne C., 2009 - Anatomie et particularités de l'arbre cambium et cycle de développement. INRA.28p.
- 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.
- 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.
- Maire R., 1961 - Flore de l'Afrique du nord. Vol. 7. Paul Le Chevalier, Paris, 329 p.
- Marc, H.,1930: Notes sur les forêts de l'Algérie .Collection du Centenaire de l'Algérie. Larose ,Paris.702p.
- Marion J., 1951-La régénération naturelle du chêne-liège en Mamora. Ann. Rech. Forest. Rabat, 1, 25-57.
- Messaoudene M. , 2000 - Réflexion sur la structure des peuplements de chêne liège (Quercus suber L.) en Algérie. La forêt Algérienne.pp.3-5-9.
- Montoya O.J.M.,1988 - Los alcornocales. Ministerio Agricultura Madrid, 155 p.
- *Musset, R. 1935 : Les régimes pluviométriques de la France de l'Ouest .Vo XLIV, pp.311*
- Nefaoui M., 1996 - Dendroécologie, productivité et dynamique de la croissance radiale du pin maritime naturel au Maroc. Thèse Doct., Univ.Aix-Marseille III, 299 p.
- Otto H. J., 1998 - Ecologie Forestière. Institut pour le développement forestier, Paris, France. 397 p.

- Oughlis A., 1992 : Reconstitution de la subéraie (diagnostic et élément de stratégie). Thèse. Dip. Post-Graduation. I.S.G.P. Alger, pp 11-60.
- Peyssou M., 1960 - Il faut encourager la culture du liège. *Revue chêne liège* n°1582 Constantine (Algérie). Mars 1960.
- Plaisance G., 1977- Le chêne-liège. *Forêt Privée*, 118, pp-57-64.
- Poirot F., 1992 - Le liège et la bouchonnerie en Roussillon. *CONFLENT*, 14p.
- Quézel P. et Médail F., 2003 - Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier, Paris, 592 p.
- Quézel, P., 2000 - Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press, Paris, 117 p.
- Quézel, P., 1976 - Les forêts du pourtour méditerranéen. In *Forêts et maquis méditerranéens : écologie, conservation et aménagement*. Note technique MAB 2, 9-33. UNESCO, Paris.
- Radi N., 2009 : Contribution à l'étude des accroissements annuels du liège en relation avec la pluviométrie dans la subéraie de Nesmoth (w.Mascara). 110 p.
- Raoula B., et Ramdane F., 2004 - Technique de reboisement en chêne liège. *Bull. Inst. Nat. Rech. For. Station de Jijel*. 6 p.
- 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.
- Saccardy L., 1937 - Note sur le chêne-liège et le liège en Algérie. *Bull. Stat. Rech. For. Nord Afr.* 2(2): 271-374.
- Santos Pereira J., Burgalho M.N., Caldeira M.C., 2008 - From the cork oak to cork-A sustainable system. *APCOR*. 44p.
- Sauvage C., 1960 – Flore des subéraies marocaines (Catalogue des Cryptogames vasculaires et des Phanérogames). *Trav. Inst. Sci. Chérif. Bot.*, 22, 252 p.
- Sauvage CH., 1952 - La richesse de la flore Marocaine. *Bull. Ens. Pub. Maroc*, 216: 6-11.
- Sauvagnac G., 1956 - Les forêts domaniales d'Hafir et de Zariéffet. *Bull. Amis Soc vieux Tlemcen*, Oran : 47-53.
- Seige A., 1985 – La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. *Maison neuve et Larose*. 3 Paris. 502 p.
- Seltzer, P., 1946 - Le climat de l'Algérie. *Inst. Météor. Et Phys. Du Globe. Univ. Alger*. 219 p + Carte.
- Soltner, D., 1992 - Les bases de la production végétale. Tome 2. 6ème édition. *Sci et Tech. Agr.* 320p.
- Taylor G., 1918 Geographical factors controlling the settlements of Tropical Australia. *Queensland Geographical Journal*. Vol. 32, pp. 1-67.
- Thintoin., 1946 - le paysage géographique de l'Oranie. *Bull. Soc. Géo. Prov. Oran*.
- Torres E & Suarez. M. A., 2006- Non publié. Benefits and threats of cork oak forests and cork.
- Veuillon S., 1998 – Guide de Subericulture des Pyrénées orientales. Typologie de peuplement et étude préliminaire. Stage de fin d'étude. FIF-ENGREF, France, 68p+Annexes.
- Vignes E., 1990- Sylviculture des subéraies varoises. *Forêt méditerranéenne*, 12 (2), 125-130.
- Waren W.G., 1980- On removing the growth from dendrochronological data. *Tree-Ring*. *Bull.* 40, pp. 35-44.

- Zeraia L., 1980- Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne-liège de Provenance cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse Doc. Es Sci., Aix-Marseille, 367 p.

Conclusion générale

L'étude de l'existence d'une relation probable entre les différents paramètres caractérisant la croissance et la production subéreuse du chêne liège a été évoquée pour la première fois dans ce travail par l'utilisation d'une panoplie d'indices. Il s'agit de l'indice de qualité, l'indice de masse, l'indice de déficit pluviométrique. Ces trois indices ont fait appel à d'autres indices de base tels que l'indice de santé et l'indice d'accroissement. A travers les résultats, on conclut que dans la suberaie de Hafir :

- Les arbres échantillons des quatre placettes appartiennent à une subéraie de montagne dont la seule opération rentable est la récolte périodique du liège.
- Cette opération est d'allure lente et la gestion est plus étalée dans le temps puisqu'il faut attendre au moins 15 ans pour extraire le liège de ces arbres.
- Dendrométriquement, malgré que ces sujets forment une futaie jardinée, ils n'arrivent pas à se différencier point de vue grosseur, hauteur d'écorçage et calibre ($p > 0,05$) puisque le rythme général de croissance est homogène dans la forêt.
- Climatiquement, les individus des quatre placettes bénéficient d'une humidité mensuelle et annuelle satisfaisante à la croissance de l'espèce et favorable à la production du liège depuis la dernière opération d'exploitation en 2004.
- Les indices de santé convergent les sujets des quatre placettes vers un état sain ($IS = 1,17$).
- Les calibres enregistrés selon la grille de Lamey sont de type mince (22 mm) dans P12 et P14 et ordinaire (26mm) dans P11 et P13.
- Les indices d'accroissements dans les quatre placettes sont stables proche du 1.
- Les indices de qualité (IQ) se sont avérés meilleures dans la placette 1 ($IQ = 12,6$) à cause d'une quantité réduite de rebut que les autres placettes.
- La relation entre l'indice de déficit pluviométrique (IDP) et l'indice d'accroissement (Iac) est négative ($r = -0,53$ et $r = -0,57$) quelque soit la placette prise en considération. La croissance annuelle du liège est sensible déficit pluviométrique dans cette forêt du sub-humide.
- La corrélation entre l'indice de qualité (IQ) et l'indice de santé est positive faible ($r = 0,42$). L'état sanitaire de l'arbre (sain ou dépérissant) n'agit pas significativement sur la qualité du liège(bonne ou mauvaise), c'est plutôt le caractère génétique qui est le plus cité en bibliographie.

Conclusion générale

- La relation entre l'indice de masse (Imas) et l'indice de qualité (IQ) est négative faible ($r=-0,40$). Dans la plupart des situations, la meilleure qualité est liée au liège mince à croissance lente.

Références bibliographiques

- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, , 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests, *For. Ecol. Manag.*, (259) 4: 660-684.
- Aronson, J., Pereira, J.S., & Pugas, J.G., 2009 : Cork Oak Woodland on the edge. Islandpress. Washington. Covelos. London. 350 p.
- Badeau, V., Dupouey, J.L., Cluzeau, C., Drapier, J., 2005. Aires potentielles de répartition des essences forestières d'ici 2100, *Forêt Entreprise*, (Dossier " la forêt face aux changements climatiques ") 162: 25-29.
- Bagnouls F. et Gausson H., 1953 - Saison sèche et indice xéothermique. *Bull. Soc.Hist. Nat. Toulouse*. 88(3-4).pp.193-239.
- Baldy, C.H., 1965 - Climatologie Carte de la Tunisie centrale. F.A.O. UNDP/TUN 8.1 Vol. 31.
- Becker, M., 1991 : Incidence des conditions climatiques, edaphiques et sylvicoles sur la croissance et la sante des forets. Les recherches en France sur le deperissement des forets. 2. rapport DEFORPA ,pp.25-41.
- Benest M., 1985 : Evolution de la plate-forme de l'Ouest Algérien et du Nord-Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : Stratigraphie milieux de dépôts et dynamique sédimentaire.
- Benjemaà M.H. et Abdelmoula. K., 2005- Les feux de forêts dans la suberaie tunisienne. *Vivexpo 2004 : Le chêne-liège face au feu*.pp.51-61.
- Bohbot L ; Aronson H. & Fontaine J., 2005- Approximate cork oak (*Quercus suber*) distribution. Carried out in the context of the EU funded CREOAK program: QLRT2001-01594.CEFE/CNRS, Montpellier.
- Bossuet G., 1988 - Sylviculture du liège et rénovation de la suberaie. *Forêt Méditerranéenne*, X (1), 1 62- 1 63 .
- Boudy P., 1950 - *Economie forestière nord africaine*. Tome 2(1) : Monographie et traitements des essences forestières. Larose, Paris, 525 p.
- Boudy P., 1955 - *Economie forestière nord africaine*. Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose. Paris, 483 p.
- Bouharaoua R.T., 2003 –Situation sanitaire de quelque forets de chênes-lièges de l'ouest algérien .Etude particulière des problèmes posés par les insectes .Thèse Doct.Dept.Forest.Fac.Sci; Univ.Tlemcen ,267p.
- 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.
- 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., 2012 - Bilan exploitation du liège des forêts de Hafir-Zarieffet. Circonscription de Tlemcen.1p.
- 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.
- Chaumaont M., Paquin C., 1971- Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord à l'échelle 1/500 000°, 4 feuilles +notice. *Soc.Hist.Nat.Afrique du Nord, Alger*, 25p.
- Chenel, P., 1951 : Le liège en Algérie . *Annales de Géographie* .Volume 60, Numéro 321, pp. 296 – 299.
- Chouial A. , 2004- La culture du chêne liège(*Quercus suber* L.) en pépinière hors-sol. *Bull.Rech.For.(Jijel : Algérie)*.7p.

Références bibliographiques

- Courtois M. et Masson P., 1999 - Relation entre la qualité du liège, sa composition minérale et la composition minérale des feuilles du chêne liège. Ann. For. Sc. (56). I.N.R.A./ Elsevier, Paris, pp 521-527.
- Coveless Ingenieria S.L.L., 2010- Manuel d'utilisation du *Coveless CQ05*. Edit Coveless. 36p.
- D.G.F., 2004 - Bilan de la production nationale de liège. 1p.
- D.G.F., 2007 - Bilan de la production nationale de liège. 1p.
- Debrach J., 1953 - Note sur le climat du Maroc occidental. Maroc médical 32(342). pp.1122-1134.
- Dehane, B., 2012- Incidence de l'état sanitaire du chêne liège sur les accroissements annuels et la qualité du liège de deux suberaies oranaises : M'Sila (w.Oran) et Zariéffet (w.Tlemcen). Thèse. Doct. Dept. Forest. Fac.Sci., Univ.Tlemcen , 293 p.
- Dehane B., Madrigal J., Hernando C., Guijarro M., 2015- New bench-scale protocols to characterize flammability and fire resistance of trees: application to Algerian cork ». Journal of Fire Sciences, Vol. 33(3) 202–217.
- Delpont H., 1985 - " Deux siècles d'activité bouchonnière dans le val de Gélise " in les amis des Côtes de Buzet, N° 30.
- Desportes E., 2004- Généralités sur les Suberaies (forêts de Chêne-liège). Chêne-liège
- Díaz M.D., Marañón T., Arroyo J., Garrido B., 2003- Soil seed bank and floristic diversity in a forest-grassland mosaic in southern Spain. Journal of Vegetation Science Volume 14, Issue 5, pages 701–709
- Douheret J., Salazar-Sampaio J., 1988- Le liège. Forêt Méditerranéenne, X(1)54-190.
- Doukpolo B., 2007- Variabilité et tendances pluviométriques dans le nord-ouest de la Centrafrique: enjeux environnementaux. Université d'Abomey-Calavi. 100 p.
- Elmi, S. 1970 - Rôles des accidents décrochant de direction SSW-NNE dans la structure des monts de Tlemcen (ouest Algérie). Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Univ. Alger. 61, pp.3-8.
- Emberger, L. 1939 - Aperçu général sur la végétation du Maroc . Soc.Sci .Nat. Maroc, 40 (157). Neroff. Geobol. Lost. Ribel, 14 Heft, Zurich, Suisse.
fiche n°274209. SRGS – PACA. 4p.
- Fourgues, C., 2007 : Bilan Carbone de différentes solutions de bouchage. Synthèse. 7p. Lopes, F. 1996: O sobreiro e a cortiça. Revista Florestal 9 : pp 2.
- Gonzalez Adrados I.R. , 1989 - Influencia del medio físico en la calidad del corcho de los alcornocales extremeños. Comunicación presentada a las "Primeras Jornadas Científico - Técnicas sobre Selvicultura del Alcornocal". Cáceres, 9 y 10 de noviembre de 1989.
- Gonzalez Adrados I.R., 1989 - Influencia del medio físico en la calidad del corcho de los alcornocales extremeños. Comunicación presentada a las "Primeras Jornadas Científico - Técnicas sobre Selvicultura del Alcornocal". Cáceres, 9 y 10 de noviembre de 1989.
- ICMC 2005- Curso Restauración de Alcornoques incendiados. Proyecto SUBERNOVA.
- IPCC, *Climate Change 2001 and 2007*-Impacts, adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC. (Ed. by McCarthy J.J., Canziani O.F., Leary N.A., Dokken D.J., White K.S.) Cambridge University Press, UK, 1032 pages.
- IPROCOR , 1994 - Metodo de estimacion de la calidad Del Corcho en Campo, in : Formation continue sur la qualité du liège. 27 juin - 1^{er} juillet 1994, ENFI Salé , Maroc.
- Jacamon M., 1987- Guide de dendrologie. Tome 2 : Feuillus. E.N.G.R.E.F., Nancy 256 p.

Références bibliographiques

- Jouret B., 1972- La méthode du transect appliquée à l'analyse urbaine. Un exemple bruxellois Revue de géographie de Lyon Année Volume 47 Numéro 47-1 pp. 77-96
- 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.
- Lamey A., 1893 - Chêne-liège : sa culture et son exploitation. Levraut et Cie, Nancy : 168-209.
- Lenne C., 2009 - Anatomie et particularités de l'arbre cambium et cycle de développement. INRA.28p.
- 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.
- Maire R., 1961 - Flore de l'Afrique du nord. Vol. 7. Paul Le Chevalier, Paris, 329 p.
- Marc, H.,1930: Notes sur les forêts de l'Algérie .Collection du Centenaire de l'Algérie. Larose ,Paris.702p.
- Marion J., 1951-La régénération naturelle du chêne-liège en Mamora. Ann. Rech. Forest. Rabat, 1, 25-57.
- Messaoudene M. , 2000 - Réflexion sur la structure des peuplements de chêne liège (*Quercus suber* L.) en Algérie. La forêt Algérienne.pp.3-5-9.
- 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.
- Montoya O.J.M.,1988 - Los alcornocales. Ministerio Agricultura Madrid, 155 p.
- Musset R., 1935 : Les régimes pluviométriques de la France de l'Ouest .Vo XLIV, pp.311.
- Natividade J.V., 1956 : Subericulture. Ecole Nationale des Eaux et Forêts. Nancy, 302 p.
- Nefaoui M., 1996 - Dendroécologie, productivité et dynamique de la croissance radiale du pin maritime naturel au Maroc. Thèse Doct., Univ.Aix-Marseille III, 299 p.
- Oliveira G., Correia, O.A., Martins-Loução, M.A. & Catarino, F.M. 1992: Water relations of cork oak (*Quercus suber* L.) under natural conditions. – Vegetatio 99-100,pp. 199-208.
- Otto H. J., 1998 - Ecologie Forestière. Institut pour le développement forestier, Paris, France. 397 p.
- Oughlis A., 1992 : Reconstitution de la subéraie (diagnostic et élément de stratégie). Thèse. Dip. Post-Graduation. I.S.G.P. Alger, pp 11-60.
- Pausas, J.G.,1997: Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire. Journal of Vegetation Science 8,pp. 703–706.
- Pereira H., 2007: Cork : Biology, Production and Uses. Elsevier.Ed.Oxford. UK.329p.
- Peyssou M., 1960 - Il faut encourager la culture du liège.Revue chêne liège n°1582 Constantine (Algérie).Mars 1960.
- Plaisance G., 1977- Le chêne-liège. Forêt Privée, 118, pp-57-64.
- Poirot F.,1992 - Le liège et la bouchonnerie en Roussillon. CONFLENT, 14p.
- Quézel P. et Médail F., 2003 - Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier, Paris, 592 p.
- Quezel P., 2000 - Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press, Paris, 117 p.

Références bibliographiques

- 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.
- 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.
- Raoula B., et Ramdane F. ,2004 - Technique de reboisement en chêne liège. Bull.Inst.Nat.Rech.For.Station de Jijel. 6 p.
- 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.
- Saccardy L., 1937 - Note sur le chêne-liège et le liège en Algérie. Bull. Stat. Rech. For. Nord Afr. 2(2): 271-374.
- Santos Pereira J., Burgalho M.N., Caldeira M.C., 2008 - From the cork oak to cork-A sustainable system. APCOR. 44p.
- Santos Pereira, J., Burgalho, M.N. & Caldeira M.C., 2008 : From the cork oak to cork. A sustainable system. APCOR(Portugal). 44p.
- Sauvage C., 1960 – Flore des subéraies marocaines (Catalogue des Cryptogames vasculaires et des Phanérogames). Trav. Inst. Sci. Chérif. Bot., 22, 252 p.
- Sauvage CH., 1952 - La richesse de la flore Marocaine. *Bull. Ens. Pub. Maroc*, 216: 6-11.
- Sauvagnac G., 1956 - Les forêts domaniales d'Hafir et de Zariéffet. *Bull. Amis Soc vieux Tlemcen*, Oran : 47-53.
- Seige A., 1985 – La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Maison neuve et Larose. 3 Paris. 502 p.
- Seltzer, P., 1946 - Le climat de l'Algérie. Inst. Météor. Et Phys. Du Globe. Univ. Alger. 219 p + Carte.
- Soltner, D., 1992 - Les bases de la production végétale. Tome 2. 6ème édition. Sci et Tech. Agr. 320p.
- Taylor G., 1918 Geographical factors controlling the settlements of Tropical Australia. Queensland Geographical Journal. Vol. 32, pp. 1-67.
- 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.
- Torres E & Suarez. M. A., 2006- Non publié. Benefits and threats of cork oak forests and cork.
- Touzi M., 2001-Evaluation des ressources en eau et acquisition de bases de données à références spatiales et temporelles en Algérie du Nord. Th. Doct. Univ. Nice, France, 310p.
- Veuillon S., 1998 – Guide de Suberculture des Pyrénées orientales. Typologie de peuplement et étude préliminaire. Stage de fin d'étude. FIF-ENGREF, France, 68p+Annexes.
- Vignes E., 1990- Sylviculture des subéraies varoises. Forêt méditerranéenne, 12 (2), 125-130.
- Warren W.G., 1980- On removing the growth from dendrochronological data. Tree-Ring. Bull. 40, pp. 35-44.
- Zeraia L., 1980- Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne-liège de Provenance cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse Doc. Es Sci., Aix-Marseille, 367 p.

ANNEXE

Placette 01

Cordonnées centre de placette: X=3478155 ° Y= 0143272° Z=1311m pr=6,6m

N° arbre	DF	Haut (m)	H ec (m)	Cir (cm)	Ep liège (mm)	Qualité
1	1	6	1,5	53	15	N/A
2	1	7	1,5	91	28	5t
3	1	8	2,4	270	20	4t
4	1	8	1,5	135	30	4t
5	1	8	1,3	124	33	5t
6	3	8	1,3	116	25	6
7	1	7	1,6	85	38	5t
8	2	8	1,8	53	20,99	6
9	1	11	1,7	95	29,08	5T
10	1	4,5	1,5	60	23,41	4t

Placette 02 :

Coordonnées centre de placette : X=3477797 Y=0142837 Z=1250m pr=5m

n° arbre	DF	Haut. (m)	Hec(m)	Cirf. (cm)	Ep. liège (mm)	Qualité
1	2	8	4,5	175	25	R
2	1	6,5	1,7	77	30	5T
3	3	8	3,2	149	40	5T
4	1	9	4	167	32	5T
5	1	9	2	134	20	5T
6	1	9	3,2	140	22	R
7	1	6	1,55	81	30	R
8	1	6	1,12	51	29	R
9	1	5	1,15	55	25	R
10	1	5	1,7	47	20	4T
11	1	5	1,7	56	21	R
12	1	5	1,7	48	25	4T
13	1	4	ND	48	13,5	N/A
14	2	5,5	1,45	64	30	R
15	1	4	1,7	63	20	R
16	1	2,5	ND	35	24	R
17	1	6	2	80	38	5T

ANNEXE

Placette 03

Coordonnées centre de placette: X=3477703 ° Y= 0142944° Z=1263m pr=5,1m

N° arbre	DF	Haut (m)	H ec (m)	Cir (cm)	Ep liège (mm)	Qualité
1	1	6	1,5	107	22,61	4t
2	1	5	1,15	48	23,81	4t
3	1	4	ND	90	30,59	5t
4	1	9	1,5	99	35,12	6
5	1	7	1,8	72	28,66	5t
6	1	4	1,6	58	16,95	n/a
7	1	5	1,5	41	17,76	n/a
8	1	9	1,7	111	15,33	n/a
9	1	4	ND	50	17,35	n/a
10	1	4,5	1,5	60	23,41	4t
11	1	8	2	101	25,42	5t
12	1	8	1,5	236	30,69	4t
13	1	10	4	203	16,15	n/a

Placette : 04

Coordonnées centre de placette: X=3477711 ° Y= 0143057° Z=1255m pr=5m

n° arbre	DF	Haut. (m)	Haut. Eçage	Cirf. (cm)	Epais. liège	Qualité*
1	1	13	2	145	16,95	4t
2	2	13	3	250	11,3	N/A
3	1	6	2,3	59	21,39	R
4	1	12	2,1	106	18,16	R
5	1	13	3	124	20,99	R
6	1	13	2	112	22,61	4T
7	1	7	2	90	20,58	5T
8	1	7	2	82	16,55	R
9	2	10	1,5	88	23,01	R
10	1	13	3,5	284	19,38	6
11	1	8	1,5	58	29,88	R
12	1	10	1,9	115	19,78	R
13	2	9	1,6	62	23,01	5T
14	1	10	1,7	90	24,22	5T
15	1	9	1,7	75	19,78	4T
16	1	7	1,6	68	18,56	R
17	1	7	1,8	73	28,66	5T
18	1	9	3,5	103	25,42	R

Résumé

L'activité subéreuse de la forêt de Hafir (Tlemcen) durant un cycle de production a été quantifiée par la confrontation de plusieurs indices d'ordre climatique, de croissance, de qualité et d'état sanitaire. Les résultats obtenus sur les 58 arbres échantillons des quatre placettes font état d'arbres vigoureux avec un schéma général de croissance homogène ($p > 0,05$) (circonférences, hauteurs d'écorçage et calibres) ainsi que des conditions climatiques favorables (humidité satisfaisante). Ces variables prises individuellement lors des calculs des indices ont révélé que l'indice d'accroissement du liège (Iac) est sensible à l'indice de déficit pluviométrique (IDP) ($-0,57 > r < -0,52$). Par contre, l'indice de qualité (IQ) est faiblement corrélé à l'indice de santé (IS) ($r = 0,42$). De même, la concordance entre l'indice de qualité (IQ) et l'indice de masse (Imas) est d'allure négative ($r = -0,40$). L'appartenance des quatre placettes à une subéraie de montagne typique a eu une incidence directe sur la proximité des résultats obtenus puisqu'il s'agit de l'aire du liège mince.

Mots-clés : Hafir, liège, indices, montagne, aire.

Abstract: Contribution to the study of the relationship rainfall deficit index- mass index-quality index of the forest of Hafir "

The corky activity Hafir forest during a production cycle was quantified by comparing several climatic indices, growth, quality and sanitary condition. The results obtained on the 58 sample trees of the four plots are vigorous trees state with a general pattern of consistent growth ($p > 0.05$) (circumferences, debarking heights and sizes) as well as favorable climatic conditions (humidity satisfactory). These variables individually in the index calculations revealed that the index of increase cork (Iac) is sensitive to rainfall deficit index (IDP) ($-0.57 > r < -0.52$). By cons, the quality index (QI) is weakly correlated with the health index (SI) ($r = 0.42$). Similarly, the correlation between the quality index (IQ) and mass index (Imas) is negative pace ($r = -0.40$). Belonging to the four plots in a cork oak forest typical mountain has had a direct impact on the proximity of the results obtained as this is the area of the thin cork.

Key-words: Hafir, cork, indices, mountain. area.

المخلص : مساهمة في دراسة العلاقة بين مؤشر عجز السقوط المطري- مؤشر الوزن- - مؤشر الجودة في غابة حفير

تم تحديد النشاط الفليني لغابة حفير (جبال تلمسان) عبر متابعة دورة انتاج من خلال مقارنة عدة مؤشرات لها علاقة بالمناخ, النمو, نوعية الفلين والحالة الصحية للأشجار. النتائج التي تم الحصول عليها من 58 عينة بينت أن هذه الأشجار قوية المنشأ و متزامنة مع النمط العام للنمو ($P < 0.05$) وكذلك مع الظروف المناخية الملائمة (الرطوبة الكافية). كشفت هذه المتغيرات أثناء حسابات المؤشرات أن مؤشر زيادة الفلين حساس لمؤشر هطول الأمطار ($-0.57 < r < 0.52$). خلافا لذلك, يرتبط مؤشر الجودة بشكل ضعيف مع مؤشر الصحة ($r = 0.42$). وبالمقابل فإن العلاقة بين مؤشر الجودة ومؤشر الوزن ذات وتيرة سلبية ($r = -0.40$). بشكل عام, إنتماء جميع الأشجار الفليني الى النطاق الجبلي المحض كان لها تأثير مباشر على تقارب النتائج المحصل عليها بما أن هذا هو خاصية مجال الفلين الرقيق.

الكلمات السريية : حفير, فلين, المؤشرات, جبلي, النطاق.