

## Étude des caractéristiques dendrométriques et productivité du chêne-liège de la forêt de Hafir (région de Tlemcen, Algérie occidentale)

Mohammed-Ali Benabdellah, Redouane Amrani

---

### Citer ce document / Cite this document :

Benabdellah Mohammed-Ali, Amrani Redouane. Étude des caractéristiques dendrométriques et productivité du chêne-liège de la forêt de Hafir (région de Tlemcen, Algérie occidentale). In: Ecologia mediterranea, tome 40 n°2, 2014. pp. 65-75;

doi : <https://doi.org/10.3406/ecmed.2014.1259>

[https://www.persee.fr/doc/ecmed\\_0153-8756\\_2014\\_num\\_40\\_2\\_1259](https://www.persee.fr/doc/ecmed_0153-8756_2014_num_40_2_1259)

---

Fichier pdf généré le 20/04/2020

## Résumé

La forêt de chêne-liège (*Quercus suber* L.) de Hafir joue un rôle essentiel dans l'équilibre physique, biologique et socio-économique de la région d'étude. La production en liège de toute la région de Tlemcen dépend principalement de la forêt de Hafir avec 926 ha de superficie productive en chêne-liège. Cette suberaie est actuellement en état de dégradation, avec une production subéreuse relativement faible et l'absence quasi généralisée de régénération naturelle du chêne-liège résultant du vieillissement des peuplements, des contraintes topographiques et de l'influence de plusieurs facteurs de dégradations (incendies et pâturage). Les objectifs de ce travail sont, d'une part, d'étudier les caractéristiques dendrométriques du peuplement de chêne-liège de Hafir afin d'évaluer la production subéreuse, et d'autre part, de déterminer les caractéristiques stationnelles des placettes de sondage susceptibles d'agir sur cette production en liège. L'estimation de la production en liège des arbres sur pied a été réalisée grâce à une méthode mathématique basée sur la formule de cubage de Huber et dont les paramètres dendrométriques utilisés sont : la hauteur de démasclage, la circonférence à 1,30 m, la surface terrière, le coefficient de forme et l'épaisseur de liège. Le traitement des données éco-dendrométriques s'est fait par la méthode d'analyse multivariée en composante principale, qui a pu montrer l'effet de la pente, de la concurrence du sous-bois et surtout de l'exposition, sur la variation de production en liège.

## Abstract

The cork oak forest (*Quercus suber* L.) of Hafir plays a vital role in the physical, biological and socio-economic balance of the area. The production of cork of the whole Tlemcen region depends mainly on the Hafir forest with 926 ha of productive area in cork oak. This cork oak forest is currently in an advanced state of degradation, the production of cork is relatively low and there is almost no natural regeneration of cork oaks, resulting from the aging of stands, from topographic constraints and from the influence of several factors of degradation (fires and grazing). The objectives of this work were, firstly, to study the dendrometric characteristics of Hafir cork oak stands to assess the production of cork and secondly to determine the characteristics of the surveyed plots likely to act on the production of cork. The estimated of production of the standing trees of cork was performed thanks to a mathematical method based on the cubing formula of Huber ; the dendrometric parameters used are : the lift height, the circumference at 1,30 m, the basal area, the shape coefficient and the thickness of cork. The ecodendrometric data was processed by a multivariate principal component analysis, which showed the effect of slope, of undergrowth competition, and especially of the exposure on variation in cork production.

# Étude des caractéristiques dendrométriques et productivité du chêne-liège de la forêt de Hafir (région de Tlemcen, Algérie occidentale)

*Study of the dendrometric characteristics and productivity of Hafir cork oak forest (region of Tlemcen, western of Algeria)*

Mohammed Ali BENABDALLAH, Redouane AMRANI

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et l'univers,  
Département d'agro-foresterie. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie

\* Auteur correspondant : ali.univ@yahoo.fr  
Tél. : (+213) 05 56921596

## Résumé

La forêt de chêne-liège (*Quercus suber* L.) de Hafir joue un rôle essentiel dans l'équilibre physique, biologique et socio-économique de la région d'étude. La production en liège de toute la région de Tlemcen dépend principalement de la forêt de Hafir avec 926 ha de superficie productive en chêne-liège. Cette suberaie est actuellement en état de dégradation, avec une production subéreuse relativement faible et l'absence quasi généralisée de régénération naturelle du chêne-liège résultant du vieillissement des peuplements, des contraintes topographiques et de l'influence de plusieurs facteurs de dégradations (incendies et pâturage). Les objectifs de ce travail sont, d'une part, d'étudier les caractéristiques dendrométriques du peuplement de chêne-liège de Hafir afin d'évaluer la production subéreuse, et d'autre part, de déterminer les caractéristiques stationnelles des placettes de sondage susceptibles d'agir sur cette production en liège.

L'estimation de la production en liège des arbres sur pied a été réalisée grâce à une méthode mathématique basée sur la formule de cubage

**Mots clés :** Le chêne-liège (*Quercus suber* L.), caractéristiques dendrométriques, production de liège, paramètres écologiques, milieu anthropisé, suberaie de Hafir.

de Huber et dont les paramètres dendrométriques utilisés sont : la hauteur de démasclage, la circonférence à 1,30 m, la surface terrière, le coefficient de forme et l'épaisseur de liège. Le traitement des données éco-dendrométriques s'est fait par la méthode d'analyse multivariée en composante principale, qui a pu montrer l'effet de la pente, de la concurrence du sous-bois et surtout de l'exposition, sur la variation de production en liège.

## Abstract

The cork oak forest (*Quercus suber* L.) of Hafir plays a vital role in the physical, biological and socio-economic balance of the area. The production of cork of the whole Tlemcen region depends mainly on the Hafir forest with 926 ha of productive area in cork oak. This cork oak forest is currently in an advanced state of degradation, the production of cork is relatively low and there is almost no natural regeneration of cork oaks, resulting from the aging of stands, from topographic constraints and from the influence of several factors of degradation (fires

**Keywords :** The cork oak (*Quercus suber* L.), dendrometry characteristics, cork production, ecological parameters, anthropogenic environment.

and grazing). The objectives of this work were, firstly, to study the dendrometric characteristics of Hafir cork oak stands to assess the production of cork and secondly to determine the characteristics of the surveyed plots likely to act on the production of cork. The estimated of production of the standing trees of cork was performed thanks to a mathematical method based on the cubing formula of Huber; the dendrometric parameters used are: the lift height, the circumference at 1,30 m, the basal area, the shape coefficient and the thickness of cork. The eco-dendrometric data was processed by a multivariate principal component analysis, which showed the effect of slope, of undergrowth competition, and especially of the exposure on variation in cork production.

## Introduction

Le chêne-liège est une essence forestière typiquement méditerranéenne très importante sur le plan écologique et socio-économique. C'est l'un des seuls arbres au monde à supporter l'enlèvement périodique de l'écorce qui protège son tronc. Cette écorce aux propriétés technologiques originales constitue le liège, matière première recherchée par l'industrie (bouchons, parquet, isolation thermique et phonique) et l'artisanat. C'est une ressource naturelle renouvelable sous réserve du respect des règles de subériculture (Lombardini 2002).

En Algérie, le chêne-liège est essentiellement cantonné dans le nord du pays où il couvre 440 000 ha depuis l'Oranais jusqu'à l'extrême nord-est du pays. Entre 2001 et 2011, les 230 000 ha de suberaies ont produit en moyenne 7 000 t/an alors que pour la période 1964-1975, la production moyenne annuelle était de 15 000 tonnes/an (statistiques de la DGF 2011). La diminution de la production des forêts de chêne-liège en Algérie et dans le bassin méditerranéen en général est signalée par plusieurs auteurs, qui l'attribuent aux incendies, au surpâturage et aux aléas climatiques (Yessad 2000 ; Aafi *et al.* 2005 ; Silva & Catry 2006).

La forêt de Hafir est constituée essentiellement d'un peuplement de chêne-liège en mélange avec d'autres essences forestières, notamment le chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) et le chêne zéen (*Quercus faginea* subsp. *Tlemcenensis* A. DC.), avec quelques plantations de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) et de cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Cette forêt montagnarde représente, par sa position écologique, un élément

essentiel dans l'équilibre physique, biologique, climatique et socio-économique de la région de Tlemcen. Elle est considérée comme étant un milieu de production subéreuse et fourragère, mais aussi un espace de détente pour les visiteurs de la forêt. Ce rôle multifonctionnel de la forêt de Hafir est déterminant et cette dernière mérite d'être inventoriée et préservée. En effet, la connaissance des caractéristiques dendrométriques des peuplements forestiers constitue une base fondamentale de la sylviculture et de l'aménagement forestier, ainsi que de l'exploitation des produits forestiers.

L'évaluation de la production subéreuse est indispensable dans l'appréciation de l'état actuel des peuplements de chêne-liège de la zone d'étude. L'inventaire des suberaies naturelles de la wilaya de Tlemcen a été peu abordé, à l'exception de quelques études descriptives du patrimoine forestier consacrées au massif Hafir-Zariffet, monts de Tlemcen (Boudy 1955 ; Berrichi 1993). Plus récemment, Letreuch-Belarouci (2002) a étudié le processus de dégradation de la suberaie du parc national de Tlemcen et son impact sur la diversité floristique.

L'objectif de cette étude est donc d'estimer la production subéreuse de la forêt de Hafir, en identifiant les différentes caractéristiques dendrométriques pertinentes. Les conditions stationnelles des placettes d'échantillonnage semblent jouer un rôle déterminant dans cette production. C'est pourquoi nous nous sommes attachés à caractériser les principaux facteurs environnementaux de ces placettes.

## Matériels et méthodes

### Site d'étude

La forêt de Hafir est située à 15 km au sud-ouest de la ville de Tlemcen, entre les coordonnées 34° 47' à 34° 50' de latitude N et 1° 24' à 1° 27' de longitude W (figure 1). Elle relève de la Conservation des forêts de la wilaya de Tlemcen (CFT), qui est un organisme d'État. Elle couvre une superficie totale de 10 155 ha dont 1 653 ha font partie du territoire du parc national de Tlemcen (PNT 2006). Elle abrite la plus grande suberaie de la wilaya de Tlemcen de l'ordre de 4 000 ha de chêne-liège.

La forêt de Hafir présente un relief accidenté. L'altitude varie de 800 à 1 418 m d'où l'existence de toutes les expositions et toutes les classes de pentes dont la moyenne est de 25 % (PNT 2006). Géologiquement, la zone d'étude repose sur un massif datant du jurassique supérieur constitué dans sa majorité de grès séquanien et d'alluvions. La nature des sols au niveau de la forêt appartient au type brun forestier plus ou moins profond (30 à 70 cm). Le substrat est gréseux : absence de calcaire, avec une texture limono-sableuse.

Le climat de la zone d'étude est marqué par une sécheresse estivale d'une durée de quatre mois, qui se manifeste dès le mois de juin, avec 7 % seulement de précipitations annuelles durant la période estivale, sur une tranche pluviométrique annuelle de 658 mm. La température moyenne annuelle est de 13,2 °C. La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud est de 29,1 °C, celle des minima du mois le plus froid est de 2,4 °C. Le quotient pluviothermique d'Emberger Q2 est de 80,10, ce qui définit un climat sub-humide moyen à hiver frais et ce pour une période climatique de référence (1975-2007).

La végétation naturelle de la suberaie de Hafir comprend un sous-bois riche en espèces à feuilles persistantes, aimant la chaleur, la lumière et fuyant les sols calcaires. Les principales espèces que l'on retrouve sont : *Erica arborea* L., *Arbutus unedo* L., *Lavandula stoechas* L., *Cistus monspeliensis* L., et *Cistus clusii* Dunal. Quelques espèces forestières se trouvent en interpénétration avec le chêne-liège, telles que *Quercus faginea* subsp. *tlemcenensis* A. DC., *Quercus rotundifolia* Lam., et *Juniperus oxycedrus* L.

### Inventaire dendrométrique

L'inventaire dendrométrique des peuplements du chêne-liège de la forêt de Hafir est réalisé sur le terrain (figure 2), par la méthode de placette circulaire, d'une superficie de 10 ares. 12 placettes ont été installées dans la forêt au cours du printemps 2013, suivant un échantillonnage aléatoire stratifié pour tenir compte de l'hétérogénéité du milieu (Lejeune & Verue 2002). Le facteur exposition a été pris en considération par la sélection de quatre placettes dans chacune des trois expositions : nord-ouest, nord et sud. Les différentes caractéristiques

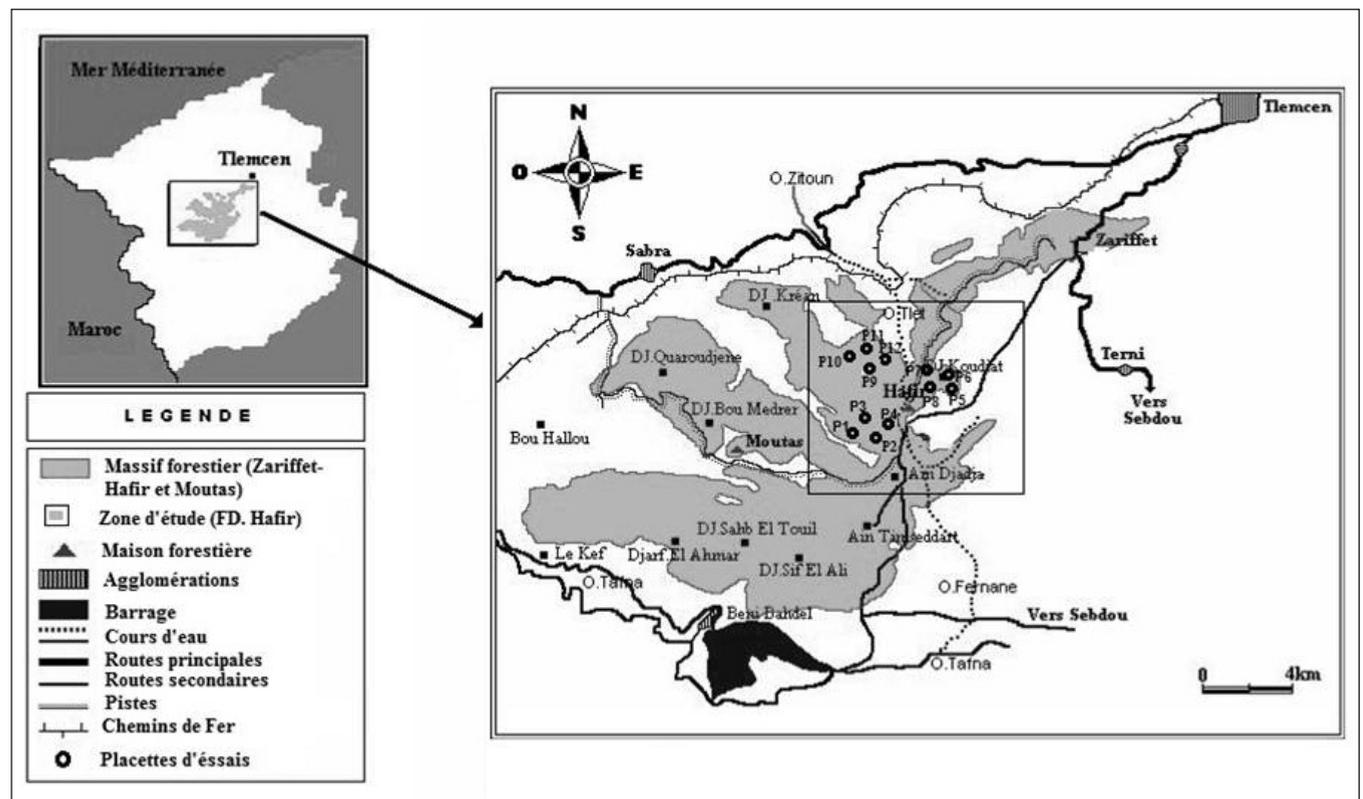


Figure 1 – Situation géographique de la zone d'étude (suberaie de Hafir) et localisation des placettes.  
Figure 1 – Geographical location of the study area (Hafir cork oak forest) and location of the plots.



Figure 2 – Mesures dendrométriques prises sur les arbres de chêne liège sur pied (suberaie de Hafir).

Figure 2 – Geographical location of the study area (Hafir cork oak forest) and location of the plots.

téristiques dendrométriques, à savoir la hauteur de démasclage, la circonférence à 1,30 m, le coefficient de décroissance, le coefficient de forme, le coefficient de démasclage et l'épaisseur de liège, ont été déterminées pour l'ensemble des arbres se situant à l'intérieur de chaque placette d'essais.

### Mesures dendrométriques effectuées sur les placettes

Les circonférences à hauteur d'homme (1,30 m) des arbres échantillons ont été déterminées à l'aide d'un ruban-mètre.

La hauteur de liège démasclé (en mètres) a été déterminée à l'aide du dendromètre Blume Leiss. Ainsi, le coefficient de démasclage est défini comme le rapport entre la hauteur de démasclage et la circonférence à 1,30 m mesurée sur écorce  $K = Hd/C_{1,30}$  (Cantat & Piazzetta 2005).

L'épaisseur de l'écorce est déterminée à l'aide d'une jauge à écorce (Massenet 2010) et correspond à la moyenne de trois répétitions de mesures à 1,30 m afin de diminuer l'erreur.

La détermination du coefficient de forme (F) des arbres, a été réalisée à l'aide du relascope de Bitterlich. Ce coefficient correspond au rapport du volume réel de l'arbre sur le

volume d'un cylindre ayant comme base la surface de la section à 1,30 m et comme longueur la hauteur de l'arbre à la découpe (Pardé & Bouchon 1988 ; Massenet 2010).

Le coefficient moyen de décroissance est défini comme le rapport entre la circonférence médiane et la circonférence à 1,30 m. Il est également considéré comme la racine carrée du coefficient de forme de l'arbre.

L'ensemble de ces paramètres dendrométrique a fait l'objet d'un traitement de statistique descriptive (calcul de la moyenne, de l'écart-type, du coefficient de variation, et de l'erreur standard) (Dagnelie 2007).

Pour vérifier la structure de la suberaie de Hafir, nous avons eu recours à un test de normalité de distribution, le test de Kolmogorov-Smirnov, considéré comme un test statistique très puissant (Dagnelie 2007). Pour un effectif total d'arbres  $< 35$ , la valeur de distribution calculée est comparée à une valeur critique directement extraite de la table de Kolmogorov-Smirnov. Si l'effectif total (la taille de l'échantillon N) est supérieur à 35, la valeur théorique est déterminée par la formule :  $VC = 1,36/\sqrt{N}$ , avec un risque d'erreur de  $\alpha = 5 \%$ . Ainsi, si la valeur observée du test est inférieure à la valeur théorique, on accepte l'hypothèse de normalité de distribution.

### Méthodologie adoptée pour l'estimation du volume de liège des arbres sur pied

Pour l'estimation du volume réel en liège de reproduction issu des arbres sur pied de la forêt de Hafir, une formule mathématique de cubage a été utilisée. Cette dernière est basée sur la méthode de Huber dont la formulation est la suivante (Pardé & Bouchon 1988) :

$$V = G \times Hd \times F$$

Donc,

$$V \text{ total} = V \text{ bois} + V \text{ liège},$$

d'où

$$V \text{ liège} = V \text{ total} - V \text{ bois} = (G \times Hd \times F) - (G_s \times Hd \times F) = (C^2/4\pi \times Hd \times F) - (C_s^2/4\pi \times Hd \times F)$$

Le volume de liège est donc :

$$V \text{ liège} = ((C_{1,30}^2/4\pi) \times Hd \times F) - (((C_{1,30} - (2\pi \times E))^2/4\pi) \times Hd \times F)$$

Avec,

$$C_{s,1,30} = C_{1,30} - (2\pi \times E) \text{ (Massenet 2010)}$$

G : Surface terrière d'arbre sur écorce (m<sup>2</sup>)

Gs : Surface terrière d'arbre sous écorce (m<sup>2</sup>)  
 Cs<sub>1,30</sub> : Circonférence à 1,30 m sous écorce (m)  
 C<sub>1,30</sub> : Circonférence à 1,30 m sur écorce (m)  
 F : Coefficient de forme de l'arbre (%).  
 Hd : Hauteur de démasclage (m)  
 E : Épaisseur du liège (m)

La masse moyenne de liège est obtenue en multipliant le volume obtenu (m<sup>3</sup>) par la densité moyenne du liège (d = 310 kg/m<sup>3</sup>).

Ainsi, le volume du liège pour chaque placette est déterminé en calculant la somme des volumes liège des arbres de la placette.

L'estimation de la productivité en liège (m<sup>3</sup>/ha/an) de la forêt de Hafir correspond au rapport entre la production de liège estimée en m<sup>3</sup>/ha sur la durée de croissance de liège (qui est de 8 ans dans la suberaie de Hafir).

### Analyse multivariée des données éco-dendrométriques

Dans le cadre de cette approche, il est question d'établir une relation entre les différentes variables dendrométriques de production en liège et les variables stationnelles des placettes d'échantillonnage. Cette opération repose sur une ACP (analyse en composantes principales) réalisée avec le logiciel R. Selon Bourouche & Saporta (1989), l'analyse en composantes principales est une méthode qui a pour objet la description des données contenues dans un tableau individus-caractères numériques (variables quantitatives). Le nuage de points-individus (placettes) est figuré sur un plan ACP. Ainsi, les variables numériques (variables éco-dendrométriques) sont illustrées dans un cercle des corrélations de l'ACP.

## Résultats

### Paramètres dendrométriques

Les résultats obtenus à partir de notre inventaire dendrométrique sur le peuplement de chêne-liège de la forêt de Hafir sont représentés dans le tableau 1.

On constate des différences significatives entre les placettes d'échantillonnage. Cette hétérogénéité est confirmée par le coefficient de variation CV (rapport entre l'écart type et la moyenne), qui est plus ou moins important pour les différentes mesures dendrométriques (valeurs de CV > 15 %). En effet, ce dernier donne une bonne idée du degré d'homogénéité d'une série statistique.

Le CV des circonférences est le plus important avec une valeur de 54,4 %. En outre, l'estimation de l'erreur standard ou l'erreur à craindre des mesures dendrométriques (tableau 1) montre que la circonférence à 1,30 prend une valeur moyenne de 0,86 m, soit 86 cm, avec une erreur standard plus ou moins importante de 0,035 m, soit 4,06 %. La circonférence moyenne estimée est comprise entre (0,86 + 1,96 × 0,035) et (0,86 – 1,96 × 0,035). L'importance de cet intervalle indique que la distribution des arbres est hétérogène. Ce résultat est confirmé par l'hétérogénéité des deux coefficients de forme et de décroissance métrique, dont les coefficients de variation respectifs sont 41 % et 20 %. Cette variation est expliquée par l'état du peuplement de chêne-liège de Hafir en relation avec la structure forestière des arbres, ainsi que par les différents facteurs du milieu.

Pour les autres paramètres dendrométriques de la production subéreuse, à savoir la hauteur de démasclage Hd, le coefficient de

Tableau 1 – Données statistiques des différents paramètres dendrométriques des placettes d'essais (forêt de Hafir).  
 Table 1 – Statistical data of different dendrometric parameters of the studied plots (Hafir forest).

Placettes	C <sub>1,30</sub> (m)	Hd (m)	K	E (cm)	D (%)	F (%)
Nombre de valeurs	177	177	177	177	177	177
Minimum	0,28	0,90	1,03	0,60	0,37	0,14
Maximum	3,40	6,50	5,71	3,30	0,95	0,91
Moyenne	0,86	1,78	2,25	1,48	0,64	0,42
CV (écart-type/moyenne)	0,54	0,40	0,30	0,36	0,20	0,41
E.S (écart-type de la moyenne)	0,035	0,053	0,051	0,040	0,010	0,013
% d'erreur	4,06	2,98	2,26	2,70	1,57	3,06
(M ± ES)	0,86 ± 0,035	1,78 ± 0,053	2,25 ± 0,051	1,48 ± 0,040	0,64 ± 0,010	0,42 ± 0,013

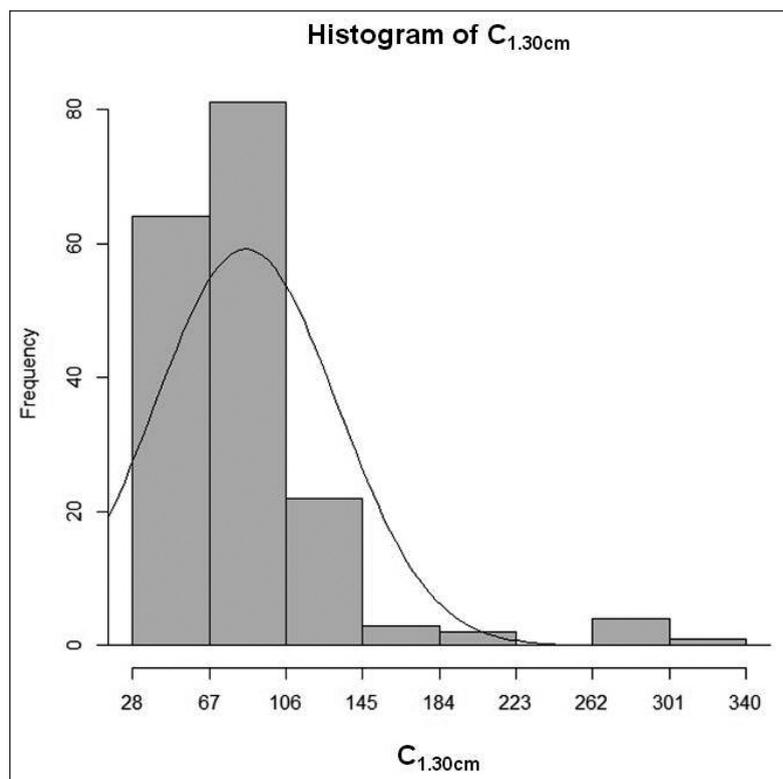


Figure 3 – Histogramme des classes de circonférences à 1,30 m, avec courbe de la loi de distribution (suberaie de Hafir).

Figure 3 – Histogram of circumference (1.30 m) classes, with the distribution curve (Hafir cork oak forest).

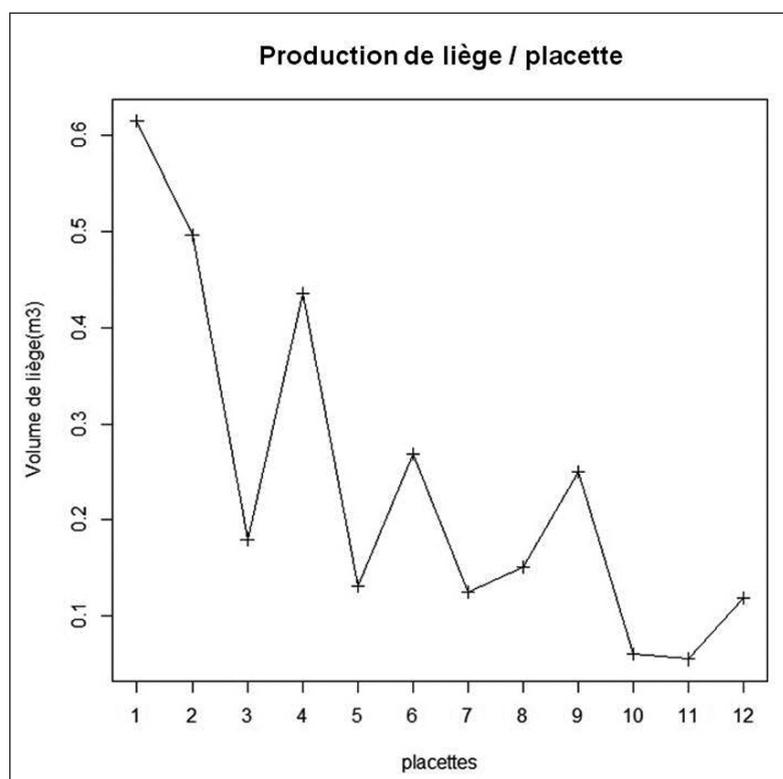


Figure 4 – Volume réel moyen du liège de reproduction par placette (suberaie de Hafir).

Figure 4 – Average real volume of reproduction cork per plot (Hafir cork oak forest).

démasclage K et l'épaisseur du liège, le coefficient de variation CV et l'erreur standard de ces paramètres sont représentatifs statistiquement, avec une variabilité de distribution. La hauteur de démasclage, dont le coefficient de variation est de 40 %, est représentée par des valeurs dont la moyenne égale 1,78 m et l'intervalle de confiance ( $1,78 \pm 1,96 \times 0,053$ ) : l'erreur standard ES = 0,053 m soit un taux d'erreur de 2,98 %. L'épaisseur de liège des arbres varie de 0,60 à 3,30 cm avec une moyenne de 1,48 cm (14,8 mm), qui se situe dans l'intervalle ( $1,48 \pm 1,96 \times 0,04$ ) cm ; la valeur du coefficient de variation est de 36 % avec une erreur standard ES = 0,04 cm soit 2,7 %. Le coefficient de variation relatif au coefficient de démasclage est de l'ordre de 30 % avec une erreur standard ES = 0,051, soit 2,26 %. Ce coefficient prend une valeur moyenne de 2,25 comprise entre ( $2,25 + 1,96 \times 0,051$ ) et ( $2,25 - 1,96 \times 0,051$ ).

La valeur observée du test de Kolmogorov-Smirnov KS = 0,165 est supérieure à la valeur critique correspondante ( $VC = 1,36/\sqrt{177} = 0,102$ ). Ce résultat confirme que la distribution des tiges par catégories de grosseur ou classes de circonférence (figure 3) ne suit pas une loi normale et par conséquent la structure des arbres est hétérogène (traitement en futaie irrégulière ou jardinée).

### Estimation du volume liège des arbres sur pied

Le calcul du volume réel du liège des arbres sur pied, obtenu à partir de l'application de l'équation de cubage proposé dans cette étude, est représenté dans le tableau 2 et sur la figure 4. Le volume moyen du liège dans la forêt de Hafir est estimé à 0,241 m<sup>3</sup> soit 2,41 m<sup>3</sup>/ha, avec une valeur minimale de 0,055 m<sup>3</sup> dans la placette 11 (0,55 m<sup>3</sup>/ha) et une valeur maximale de 0,615 m<sup>3</sup> dans la placette 1 (6,15 m<sup>3</sup>/ha). Ainsi, la masse du liège de la suberaie de Hafir prend une valeur moyenne de 7,46 Qx/ha.

### Résultat de l'analyse multivariée en ACP

La projection des points « placettes » et « variables éco-dendrométriques » dans le plan ACP des axes 1 et 2 présente 51,75 % d'inertie et une valeur propre de 7,76 pour l'axe 1 et 22,31 % d'inertie et une valeur propre de 0,71 pour l'axe 2. L'axe 1 a été pris

en considération pour l'analyse statistique des variables étudiées, car son taux d'inertie est significativement important. Ainsi, on peut donner une meilleure explication de la varia-

tion de production en liège dans les placettes d'essais en se basant sur les différents paramètres dendrométriques et variables écologiques de chaque placette (tableau 3).

Tableau 2 – Tableau récapitulatif des résultats de calculs du volume réel en liège des placettes relevant de la suberaie de Hafir.  
Table 2 – Summary of the results of calculations of the real volume of cork in Hafir cork oak forest.

Placettes (de 10 ares = 0,1ha)	Densité (tiges/ha)	Volume réel liège (m <sup>3</sup> )	Volume liège (m <sup>3</sup> /ha) (= volume réel x 10)	Masse de liège en (kg) (= volume réel x 310kg/m <sup>3</sup> )	Masse de liège (Qx/ha) (= [(Masse de liège en kg/100)*10])
1	170	0,615	6,15	190,65	19,07
2	120	0,496	4,96	153,76	15,38
3	170	0,180	1,80	55,80	5,58
4	220	0,436	4,36	135,16	13,52
5	160	0,131	1,31	40,61	4,06
6	140	0,269	2,69	83,39	8,34
7	120	0,125	1,25	38,75	3,88
8	190	0,151	1,51	46,81	4,68
9	120	0,250	2,50	77,50	7,75
10	130	0,061	0,61	18,91	1,89
11	110	0,055	0,55	17,05	1,71
12	120	0,119	1,19	36,89	3,69
<b>Paramètres statistiques de la production du liège de la suberaie de Hafir</b>					
Moyenne	147	0,241	2,41	74,61	7,46
Minimum	110	0,055	0,55	17,05	1,71
Maximum	220	0,615	6,15	190,65	19,07
CV	0,233	0,755	0,755	0,755	0,755
E.S	9,933	0,052	0,524	16,258	1,626
% d'erreur (=ES*100/Moyenne)	6,76	21,58	21,74	21,79	21,80
M ± E.S	147±9,933	0,241±0,052	2,41±0,524	74,61±16,258	7,46±1,626

Tableau 3 – Variables éco-dendrométriques des placettes de sondage, utilisées dans l'analyse multivariée type ACP (analyse en composante principale).

Table 3 – Eco-dendrometric variables measured in surveyed plots and used in the multivariate PCA (principal component analysis).

Placettes d'échantillonnage	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	
Paramètres écologiques	Exposition	N O (315°)	N O (315°)	N O (315°)	N O (315°)	N (349°)	N (349°)	N (349°)	N (349°)	S (180°)	S (180°)	S (180°)	S (180°)
	Pente (%)	2	7	5	4,5	10	9,5	8	11	9	7	10	14
	Altitude (m)	1 267	1 278	1 279	1 282	1 276	1 271	1 256	1 264	1 233	1 239	1 235	1 228
	Prof. sol (cm)	80	65	75	85	70	65	60	65	60	70	55	60
	Sous-bois (%)	15	25	20	10	30	35	40	25	45	40	55	50
Paramètres dendro- métriques	C <sub>1,30</sub> (cm)	1,19	0,92	0,86	0,78	0,76	0,97	0,97	0,69	1,12	0,67	0,66	0,79
	Hd (m)	2,2	1,95	1,94	1,73	1,66	1,98	1,78	1,64	1,66	1,61	1,6	1,45
	E (cm)	2,01	1,72	1,56	1,34	1,49	1,2	1,48	1,17	1,75	1,27	1,37	1,5
	K	2,21	2,13	2,35	2,25	2,36	2,29	1,98	2,6	1,65	2,49	2,47	1,95
	F %	0,54	0,5	0,42	0,44	0,39	0,46	0,35	0,4	0,42	0,36	0,35	0,43
	D %	0,72	0,7	0,64	0,65	0,62	0,66	0,58	0,62	0,63	0,59	0,58	0,64
	Densité (tiges/ha)	170	120	170	220	160	140	120	190	120	130	110	120
	Volume réel moyen du liège (m <sup>3</sup> )	0,615	0,496	0,18	0,436	0,131	0,269	0,125	0,151	0,25	0,061	0,055	0,119
		0,43			0,17			0,12					

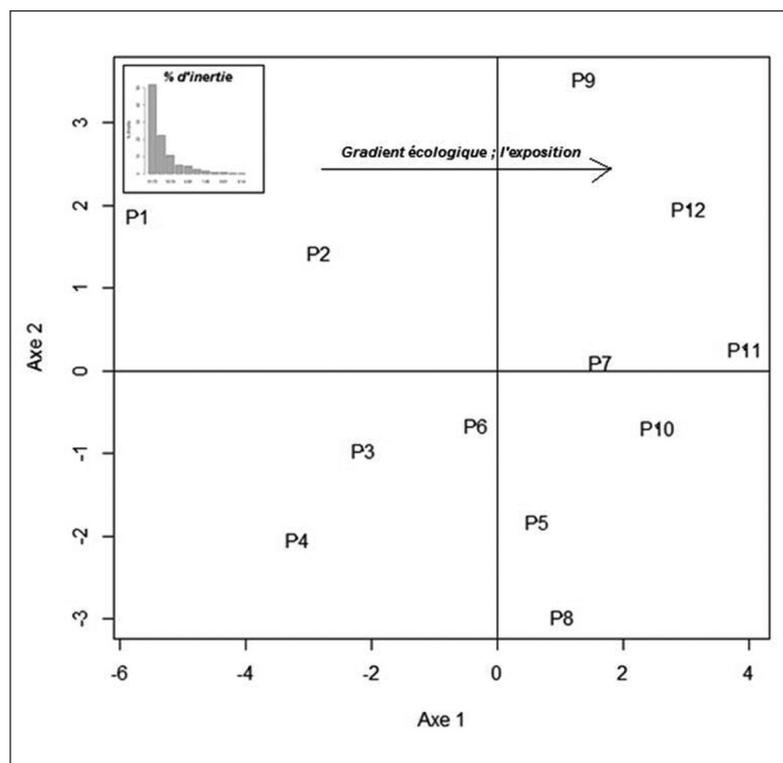


Figure 5 – Analyse en composantes principales (ACP).  
Plan des placettes d’essais (axe 1 - axe 2).  
Figure 5 – Principal component analysis (PCA) : plots (axis 1 - axis 2).

Carte des individus (placettes)

Sur la carte des individus, où figure l’ensemble des 12 placettes d’échantillonnage dans le plan (1-2) de l’ACP (figure 5), on voit pour l’axe 1 une opposition entre l’ensemble des placettes P1 (-5,71), P4 (-3,19), P2 (-2,85) et P3 (-2,14) d’une part, qui sont situées dans sa partie négative et dont le caractère commun est d’être localisées dans le versant nord-ouest de la zone d’étude, et l’ensemble des placettes P11 (3,95), P12 (3,05), P10 (2,55) et P9 (1,37) d’autre part, qui sont situées dans le côté positif du même axe et sont situées en versant sud. En position intermédiaire du plan, on remarque les placettes P4 (-3,19), P6 (-0,34), P5 (0,63) et P7 (1,63) qui sont toutes exposées au nord. Le gradient écologique fort probable exprimé par cet axe est celui de l’exposition, et illustre une opposition entre les placettes exposées nord-ouest qui sont marquées par une production élevée en liège comprise entre 0,18 m<sup>3</sup> (placette 3) et 0,615 m<sup>3</sup> (placette 1), et celles exposées au sud et dont la production en liège est faible, (valeurs comprises entre 0,055 m<sup>3</sup> (placette 11) et 0,25 m<sup>3</sup> (placette 10). L’exposition nord regroupe des placettes dont le volume réel du liège est moyennement important 0,125 m<sup>3</sup> (placette 7) et 0,269 m<sup>3</sup> (placette 6).

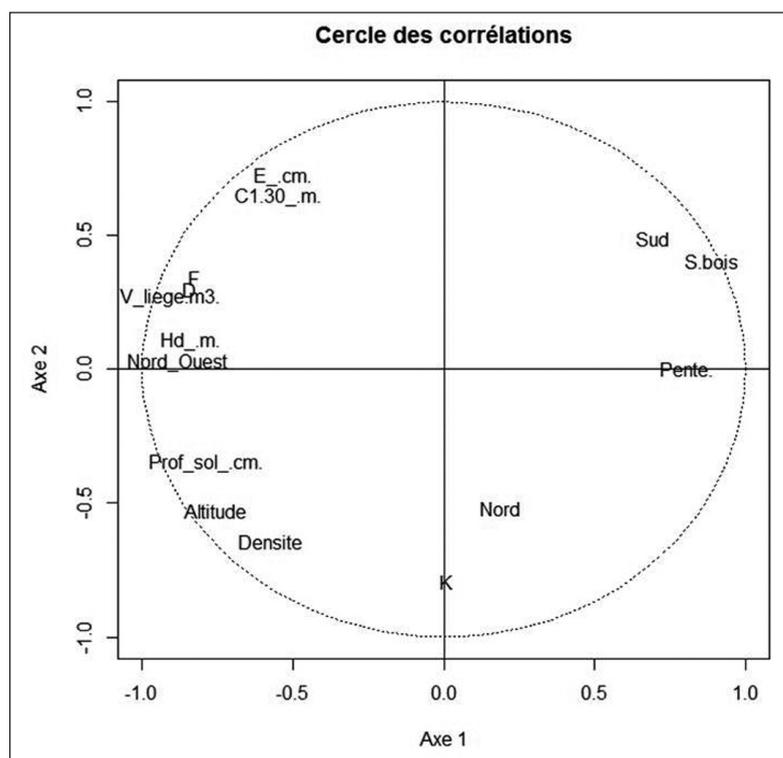


Figure 6 – Analyse en composantes principales (ACP).  
Plan des variables éco-dendrométriques (axe 1 - axe 2).  
Figure 6 – Principal component analysis (PCA) :  
eco-dendrometric variables (axis 1 - axis 2).

Carte des variables étudiées (cercle des corrélations)

Dans le plan ACP des variables (figure 6), il a été constaté que les points « variables » sont proches du cercle de corrélation et donc très bien représentés sur ce plan ACP. Le fait qu’une variable soit proche de l’axe indique qu’elle est très bien représentée par cet axe.

Pour l’axe 1, on note dans la partie négative les variables suivantes : volume réel du liège (-0,90), exposition nord-ouest (-0,88), Hd (-0,84), F (-0,82), D (-0,84), C<sub>1,30</sub> (-0,54), profondeur du sol (-0,78), E (-0,53), densité (-0,57). Ainsi, les variables : volume réel des placettes, hauteur de démasclage, coefficient de forme et exposition nord-ouest, proches de cet axe, indiquent que ces dernières sont assez bien corrélées entre elles.

Sur la partie positive du même axe, on constate une corrélation entre les variables recouvrement du sous-bois (0,89), pente (0,81) et exposition sud (0,69). Donc la signification de l’axe 1 est fonction des paramètres dendrométriques, qui sont en relation très

étroite avec les conditions stationnelles des placettes, notamment l'exposition, la pente et la concurrence entre la végétation du sous-bois et le chêne-liège.

## Discussion

L'analyse des résultats de différents paramètres dendrométriques pour la suberaie de Hafir a montré que le peuplement de chêne-liège de la zone d'étude est très hétérogène. Cette hétérogénéité est caractérisée par le nombre de tiges, qui varie de 11 à 22. Ainsi, la structure forestière de ce peuplement est dite jardinée ou irrégulière. En effet, la distribution des tiges par classes de grosseur (circonférence à 1,30 m) ne suit pas une courbe de Gauss ou loi normale. L'exploitation du liège, ou démasclage, peut avoir lieu lorsque l'arbre atteint une circonférence de 70 cm sur écorce mesurée à 1,30 m, avec un coefficient de démasclage variant de 2 à 2,5 (Cantat & Piazzetta 2005). Pour la suberaie de Hafir, il a été observé une valeur moyenne égale à 86 cm de circonférence à 1,30 m et 2,25 pour le coefficient de démasclage.

Le volume réel du liège, ainsi déterminé dans chaque placette (figure 4), est très hétérogène, variant de 0,055 m<sup>3</sup> (placette 11) à 0,615 m<sup>3</sup> (placette 1).

Pour donner une explication à cette variation de production en matière de volume réel en liège, nous avons exploité les résultats de l'analyse en composante principale ACP. Dans cette analyse multivariée sont rassemblés toutes les caractéristiques dendrométriques et le volume réel des placettes en fonction de la qualité des placettes d'essais (caractéristiques stationnelles).

D'après les résultats de l'ACP, le volume réel du liège dans les placettes et l'ensemble des paramètres dendrométriques (hauteur de démasclage, coefficient de forme des arbres, circonférence à 1,30 et l'épaisseur du liège) sont corrélés entre eux, puisqu'ils sont situés sur le même côté de l'axe 1. Cette corrélation peut s'expliquer par le fait que le peuplement du chêne-liège de la forêt de Hafir est hétérogène aussi bien du point de vue de ses caractéristiques dendrométriques que de sa production subéreuse.

Ainsi, cette variation de production du liège exprimée par le volume réel moyen du liège souligne d'importantes différences dans l'état

des différentes placettes considérées. L'analyse en composante principale avec le cercle des corrélations, a montré que le paramètre de l'exposition influe beaucoup sur la production du chêne-liège. En outre la pente et le recouvrement du sous-bois sont aussi responsables de cette hétérogénéité de production en liège. En effet, les placettes 1, 2, 3 et 4 du côté négatif de l'axe 1 sont exposées au nord-ouest. Dans cette partie de la zone d'étude, le volume réel moyen du liège est important : 0,43 m<sup>3</sup> avec une densité élevée (120 à 220 tiges/ha). Le chêne-liège semble apprécier une telle situation topographique, avec un terrain peu accidenté (2 à 7 %), un sol profond et un taux de recouvrement faible en sous-bois 10 à 25 % (voir tableau 3). De plus, dans ces placettes, l'espèce profite de l'absence de la concurrence avec le chêne zéen et le chêne vert.

En exposition sud, le volume moyen du liège est faible (0,12 m<sup>3</sup>). Cette zone est marquée par un terrain accidenté (7 à 14 %), un recouvrement important en sous-bois (40 à 55 %) et la concurrence du chêne vert. L'exposition nord, qui regroupe l'ensemble des placettes 5, 6, 7 et 8, constitue une zone intermédiaire de production en liège. En effet, le chêne-liège (120 à 190 tiges/ha) est en concurrence avec le chêne zéen et le volume réel moyen du liège des placettes est de 0,17 m<sup>3</sup>.

Dans la suberaie de Hafir, le volume moyen du liège des arbres sur pied obtenu par la formule de cubage est de 2,41 m<sup>3</sup>/ha, soit 7,46 Qx/ha. La quantité de liège totale est de 6 908,57 Qx pour une superficie productive de 926 ha en liège de Hafir. Il apparaît relativement faible par rapport à celle donnée par Boudy (1955), qui note la présence d'une production de 20 000 Qx. En outre, Berrichi (1993) a signalé un volume moyen de liège de 39,72 m<sup>3</sup>/ha avec une densité pouvant varier de 70 à 700 tiges/ha.

La faible productivité en liège de nos peuplements (0,301 m<sup>3</sup>/ha/an) peut être expliquée par leur faible densité (147 tiges/ha) et par les conditions écologiques du milieu, notamment l'exposition, la topographie et le recouvrement du sous-bois. Lamey (1893) a signalé que sur les côtes de Provence, en Corse comme en Afrique, les peuplements de chêne-liège à faible densité sont toujours accompagnés d'un sous-bois plus ou moins touffu, composé notamment de bruyère arborescente, de myrte, d'arbousier et de filaire à larges feuilles qui constituent de véritables taillis.

La régression de la suberaie de Hafir est due à l'action de l'homme, notamment aux incendies (735,5 ha de chêne-liège ont brûlé entre 1994 et 2005 (CFT 2005)) et au surpâturage. En effet, l'effectif du cheptel (essentiellement des bovins), qui est d'environ 13 000 têtes (PNT 2006), et le temps de séjour excessif des troupeaux entraînent directement ou indirectement une altération du capital forestier et l'élimination de la régénération naturelle. Les prélèvements des rameaux, des feuilles et la consommation systématique des glands et de toutes les plantules de chêne-liège sont souvent signalés.

D'autre part, l'absence d'améliorations sylvicoles (éclaircies et élagage), le vieillissement des arbres, dont l'âge varie entre 100 et 300 ans en moyenne, et le manque de main-d'œuvre spécialisée sont également une cause de la dégradation et de la faible production subéreuse de la zone d'étude. En effet, le chêne-liège perd sa vigueur avec le temps surtout quand il est mal exploité.

Au Maroc, les forêts de chêne-liège sont menacées par ces différents facteurs de dégradation, en particulier la suberaie de la Mamora (arrière-pays de Kénitra-Rabat). La forêt de la Mamora (la plus vaste suberaie du monde) est réputée par sa superficie, qui atteignait plus de 130 000 ha vers le début du  $xx^e$  siècle. La superficie actuelle couverte par le chêne-liège est inférieure à 60 000 ha (Aafi *et al.* 2005). Cette régression de l'étendue des suberaies en Mamora est due au surpâturage mais surtout aux opérations de défrichements (Aafi *et al.* 2005) prévues par les aménagements en vue des plantations d'essences exotiques. En outre, les dégâts causés par l'insecte défoliateur *Lymantria dispar* Linnaeus et le xylophage *Cerambyx cerdo* Linné sont nombreux et importants.

Les feux de forêts constituent eux aussi un problème dans l'ensemble des pays du bassin méditerranéen. Entre 1995 et 2004, le Portugal a été parcouru en moyenne par 28 143 feux/an, détruisant 143 695 hectares de végétation, notamment de chêne-liège (Silva & Carty 2006). Selon ces auteurs, cette surface est sept fois plus importante que celle de l'Espagne, cinq fois plus importante que celle de l'Italie ou encore vingt-quatre fois plus que celle de la France. Au cours de la période 2006-2010 (FAO 2013), ce sont plus de 2 millions d'hectares qui ont été brûlés dans la région méditerranéenne, ce qui représente une moyenne annuelle de 400 000 hec-

tares. 76,86 % de cette surface totale incendiée au cours de ces 5 années se répartissait dans 6 pays : 453 896 ha en Italie (24 %), 446 749 ha en Espagne (23 %), 344 710 ha au Portugal (18 %), 147 685 ha en Algérie (8 %), 49 715 ha en France (3 %) et 16 398 ha au Maroc (0,86 %).

Malgré sa faible production en liège durant ces dernières années (7 % de la production nationale en liège), la suberaie de Hafir est considérée comme la plus importante forêt productive de liège au niveau de la wilaya de Tlemcen. Elle joue également un rôle écologique déterminant pour la conservation et la protection des sols contre l'érosion et constitue un espace de loisirs et de détente très apprécié de la population.

## Conclusion

La forêt domaniale de Hafir participe en grande partie à la production du liège, à la protection de l'environnement et à la création de forêts de loisir et de détente.

L'étude dendrométrique menée sur le terrain a permis de caractériser la suberaie de Hafir et d'évaluer la production de liège, qui est très variable dans la zone d'étude. En effet, par une méthode mathématique simple, nous avons pu évaluer le volume réel moyen du liège qui est compris entre 0,055 m<sup>3</sup> (placette 11) et 0,615 m<sup>3</sup> (placette 1), avec une production moyenne de 0,241 m<sup>3</sup> (soit 2,41 m<sup>3</sup>/ha) et une productivité de 0,301 m<sup>3</sup>/ha/an.

La localisation des différentes placettes a permis de montrer l'effet de la pente, de la concurrence du sous-bois et surtout de l'exposition sur la variation de production en liège. En effet, trois niveaux de production ont été distingués à partir de l'analyse multivariée en composante principale : une production élevée de 0,43 m<sup>3</sup> du volume réel en exposition nord-ouest, où le chêne-liège est en équilibre. Un volume faible de 0,12 m<sup>3</sup> en liège, en exposition sud, et une concurrence élevée du chêne vert et du sous-bois très dense. Enfin, en versant nord où le chêne zéen entre en concurrence avec le chêne-liège, la production du chêne-liège est intermédiaire : 0,17 m<sup>3</sup> du volume réel moyen et le recouvrement du sous-bois est moyennement important.

En conclusion, la production du chêne-liège de la zone d'étude a régressé pendant les der-

nières années, avec 6 908,57 Qx de production totale, soit 7,46 Qx/ha. Auparavant, elle fournissait un volume de liège de l'ordre de 20 000 Qx (Boudy 1955), soit 22,00 Qx/ha. Cette chute de production semble résulter de mauvaises conditions climatiques, d'attaques d'insectes ravageurs (*Lymantria dispar*), du surpâturage par les bovins et de la fréquence élevée des délits forestiers (incendies et coupes illicites). De plus, selon Letreuch-Belarouci (2002), l'absence de sylviculture (éclaircies et élagage) et le manque de main-d'œuvre spécialisée influent également sur la qualité et la quantité de liège produit.

Pour mieux équilibrer le milieu, il faut entreprendre une mise en valeur forestière basée sur la typologie des peuplements forestiers du chêne-liège et une mise en défens d'une période minimale de 10 ans, qui doit s'accompagner d'un aménagement pastoral. Cela demande la pleine adhésion de la population riveraine dans le cadre d'un plan d'aménagement général. La forêt doit être protégée contre les délits de coupes et le surpâturage pour favoriser la régénération naturelle du chêne-liège. Enfin, un travail sur la production subéreuse, comme celui mené dans la forêt de Hafir, est nécessaire pour connaître la production actuelle du chêne-liège et mérite d'être poursuivi dans l'avenir pour une meilleure gestion de ce patrimoine forestier.

## Remerciements

Nous tenons à exprimer nos remerciements aux services du parc national de Tlemcen et la Conservation des forêts de Tlemcen qui ont mis à notre disposition les données nécessaires pour réaliser ce travail. Un grand merci à tout le personnel du Département des sciences de l'agronomie et des forêts de l'université de Tlemcen.

## Références

- Aafi A., Achhal-el-kadmiri A., Benabid A. & Rochdi M., 2005. Richesse et diversité floristique de la suberaie de la Mamora (Maroc). *Malaga, Acta Botanica Malacitana.*, 30 : 127-138.
- Berrichi M., 1993. *Contribution à l'étude de la production et de la qualité du bois de trois espèces du genre Quercus : Q. rotundifolia Lamk, Q. suber L. et Q. faginea Lamk. Cas des monts de Tlemcen.* Thèse de magistère en sciences agricoles, INA, El Harrach, Alger, 177 p.
- Boudy P. 1955. *Économie forestière nord-africaine. T.4. Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie.* Paris, éd. Larose, 483 p.
- Bouroche J.P. & Saporta G., 1989. L'analyse des données. Paris presses univ. de France. Coll. Que sais-je. 3-124.
- Cantat R. & Piazzetta R., 2005. *La levée du liège. Ce qu'il faut savoir sur l'exploitation du chêne-liège.* IML France (Institut méditerranéen du liège), 24 p.
- CFT, 2005. *Fascicule de gestion de la forêt domaniale de Hafir. Bilan d'exploitation du liège de Hafir et bilan des incendies.* Rapport de la conservation des forêts de Tlemcen., 6 p.
- Dagnelie P., 2007. *Statistique théorique et appliquée. T.1. Statistique descriptive et bases de l'inférence statistique.* Bruxelles, De Boeck, 511 p.
- DGF, 2011. *Bilan de la production nationale de liège (1964-2011).* Rapport de la direction générale des forêts, Algérie, 2 p.
- FAO, 2013. *État des forêts méditerranéennes 2013.* Rome, éd. FAO, 195 p.
- Lamey A., 1893. *Le chêne-liège : sa culture et son exploitation.* Paris, Berger-Levrault, 289 p.
- Lejeune P. & Verrue V., 2002. *Les inventaires par échantillonnage en futaie feuillue : une alternative aux inventaires complets.* Note technique forestière de Gembloux, n° 8, Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, 2002, 13 p.
- Letreuch-Belarouci A., 2002. *Compréhension du processus de dégradation de la suberaie de Tlemcen et possibilités d'installation d'une réserve forestière.* Thèse de magistère. Université de Tlemcen, Algérie, 205 p.
- Lombardini F., 2002. *Rénover et gérer les forêts provençales de chêne-liège.* Centre régional de la propriété forestière. Maison de la forêt – ZI Les Lauves 83340 Le Luc-en-Provence. France. 12 p.
- Massenet J.Y., 2010. *Cours de dendrométrie (forme et âge d'un arbre, épaisseur de l'écorce, estimation du volume).* Lycée forestier – Château de Mesnières – 76270 Mesnières-en-Bray, 35 p.
- Pardé J. & Bouchon J., 1988. *Dendrométrie.* 2<sup>e</sup> édition, Nancy, école nationale du génie rural des eaux et des forêts, 328 p.
- PNT, 2006. *Du plan de gestion II. Phase -A- (2006-2010).* Rapport du parc national de Tlemcen. 58 p.
- Rondeux J., 1999. *La mesure des arbres et des peuplements forestiers.* 2<sup>e</sup> éd. Gembloux. Les Presses agronomiques, 521 p.
- Silva J.S. & Catry F., 2006. Forest fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. *Int. J. Environ. Studies*, 63 : 235-257.
- Yessad S.A., 2000. *Le chêne-liège et le liège dans les pays de la Méditerranée occidentale.* Louvain-la-Neuve, ASBL. Forêt wallonne, 111 p.