

# Contribution à l'analyse des facteurs de la qualité du liège brut

par Michèle COURTOIS \* et Philippe MASSON \*\*

## Introduction

La demande de liège de la part des industries de la bouchonnerie se porte de plus en plus sur des lièges susceptibles de donner des bouchons de haute qualité pour une parfaite conservation des vins, notamment des vins d'appellation. Les industriels du liège achètent chaque année aux propriétaires de chênes-lièges, le droit de récolter directement le liège sur l'arbre. Les entreprises réalisent donc leurs achats directement en forêt en procédant, un à deux mois avant la levée, à des prélèvements d'échantillons de liège sur des chênes-lièges représentatifs de la forêt. Les conditions financières dépendent de la quantité mais surtout de la qualité du liège levé. La connaissance exacte de la qualité du liège avant la levée est donc essentielle dans la détermination correcte des niveaux de paiement pour le matériau brut. Mais le liège est un matériau naturel présentant une hétérogénéité qui rend difficile toute normalisation. Actuellement, la classification de la qualité est faite en utilisant principalement des paramètres subjectifs qui d'un point de vue technique ne sont pas entièrement satisfaisants. En effet, les lièges sont classés essentiellement d'après des qualités de texture appréciées à l'œil et au toucher. L'appréciation de cette qualité

visuelle repose uniquement sur l'expérience professionnelle de l'opérateur. Cette méthode de classification demande donc une longue expérience et reste assez subjective. Les industriels souhaiteraient mieux maîtriser leur approvisionnement et donc connaître les facteurs qui favorisent la production de liège de qualité, paramètres de l'arbre et du peuplement, paramètres du milieu, paramètres de gestion et mieux encore, trouver des critères objectifs de mesure de la qualité facilement quantifiables.

Quelques facteurs de type sylvicole sont déjà connus pour influer sur la qualité du liège : âge du liège au moment du déliègeage, âge des arbres au moment du déliègeage, état phytosanitaire des suberaies et traitements cultureaux (MONTOYA, 1988)

Ainsi, la qualité du liège s'améliore en général avec l'aug-



Photo 1 : Levée de liège

\* Etudiante 3<sup>ème</sup> cycle, Laboratoire d'Ingénierie Agronomique, ENSAT

\*\* Professeur, Laboratoire d'Ingénierie Agronomique, ENSAT, Avenue de l'Agrobiopôle - BP 107, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

mentation de la durée du tour de déliègeage. Cela est dû à l'augmentation progressive du calibre et à l'amélioration de la relation entre le liège de printemps et le liège d'automne dans les dernières couches de liège produites. De plus, la qualité du liège tend à s'améliorer avec les déliègeages successifs et donc avec l'âge jusqu'à une certaine limite. Dans les arbres trop âgés, l'accumulation de blessures et de cicatrices et la réduction de croissance du bois et du liège avec l'âge, conduit à une nette baisse de la qualité du liège obtenu (MONTOYA, 1988).

Par contre, d'autres facteurs comme la hauteur de déliègeage appliquée, le volume de liège prélevé ou la densité des suberaies ont été étudiés et les résultats restent incertains.

Ainsi, d'après Montoya (1988), dans un arbre, on obtiendrait une meilleure qualité de liège quand la hauteur du déliègeage appliquée est plus grande, parce qu'à des hauteurs de déliègeages plus élevées, le liège obtenu est moins poreux.

Concernant le volume de liège levé, les professionnels du liège pensent qu'il y aurait opposition entre qualité et quantité produite, notamment entre qualité et faible quantité au nord de la zone de production, et quantité et faible qualité au sud de la zone de production. D'ailleurs, selon Poirot (1992), à des altitudes moyennes, les couches annuelles sont de 2 à 4 mm tandis que sur les sols fertiles et dans les fonds humides, les couches peuvent atteindre 5 à 8 mm. Le liège obtenu est mou, poreux et léger. Un liège de forte épaisseur due à une croissance rapide serait alors synonyme de mauvaise qualité. De plus, selon Seigue (1989), les lièges de crêtes à faible production seraient les meilleurs mais selon Gonzalez Adrados (1989), l'absence de pente et les basses altitudes seraient liées à une meilleure qualité du liège.

D'autre part, selon Bossuet (1988), une trop grande densité des suberaies entraînerait une forte concurrence des arbres entre eux, un faible état végétatif avec un faible accroissement du bois et du liège et une mauvaise qualité du liège.

De plus, les relations entre la qualité du liège et les caractéristiques des chênes-lièges comme le diamètre et la hauteur de l'arbre, le diamètre de canopée ou l'épaisseur du liège levé sont peu connues. Il en est de même pour les relations entre la qualité du liège et les facteurs du milieu physique comme la situation géographique, le climat, la topo-



**Photo 2 : Suberaie de Zahinos en Estrémadure (Espagne), site B de l'étude.**



**Photo 3 : Suberaie d'Aliseda en Estrémadure (Espagne), site C de l'étude.**

graphie, l'altitude, la nature de la roche mère ou la gestion sylvopastorale où les résultats sont succincts.

Toutes les remarques concernant les facteurs de la qualité du liège font l'objet de nombreuses discussions et sont souvent controversées. C'est pourquoi seule une analyse statistique permettra de confirmer ou infirmer ces observations. Ce travail est donc consacré à l'étude de l'influence des caractéristiques des forêts et des chênes-lièges sur la qualité du liège levé.

De plus, de nombreuses références bibliographiques montrent que la composition organique du liège joue un rôle important sur les qualités de celui-ci. En effet, la subérine est le constituant principal du liège (PEREIRA 1981, 1988/1) et la grande compressibilité et élasticité du liège sont dues à sa présence en quantité importante dans le liège (PEREIRA 1988/2). Les céroïdes repoussent l'eau et contribuent à

l'imperméabilité du liège (RIBAS-MARQUES 1952). Quant à la lignine, elle joue un rôle considérable dans la structure rigide des parois cellulaires (PEREIRA 1988/2).

Pereira (1988/1) trouve également que la composition organique du liège (subérine, lignine, polysaccharides) varie beaucoup à l'intérieur d'un même arbre. Une variation avec la localisation géographique est aussi trouvée pour les polysaccharides mais pas pour la subérine et lignine (PEREIRA 1988/1).

Par contre, les études sur la composition minérale du liège sont beaucoup plus rares. Donc, pour étudier le rôle de la composition minérale dans le liège et dans le but de trouver un critère analytique de qualité plus facilement mesurable, des analyses minérales du liège sont réalisées.

Quatre sites ont été sélectionnés sur lesquels les caractéristiques des forêts sont relevées. Les mesures des chênes-lièges se font sur 100 arbres par propriété. La composition minérale du liège est déterminée pour un certain nombre d'éléments (P, K, Ca, Mg, N, Mn, Cu, Zn et Fe). L'estimation de la qualité visuelle du liège se fait de façon classique à partir de "calas" mais aussi à partir des ratios de choix visuels des bouchons obtenus de chaque arbre. Cela permet d'étudier les relations entre qualité du liège et paramètres des arbres ou composition minérale du liège à partir d'une analyse statistique faite sur un grand nombre d'échantillons.

## Matériel et méthodes

Le travail présenté dans cet article fait partie d'une étude plus vaste comprenant également l'évaluation de la qualité du liège par des paramètres physiques du liège : masse volumique du liège, forces de compression et de retour, résistance à la déformation et à l'hydratation, étanchéité aux liquides et aux gaz, forces de compression nécessaires pour le bouchage et forces d'extraction du bouchon.

Le nombre de sites étudiés a donc été restreint par la lourdeur des analyses physiques effectuées.

### Description des sites

#### Situation géographique

Quatre sites représentatifs des zones de production de chênes-lièges sont sélectionnés : la forêt A en Andalousie (Espagne, province de Cadix, localité Medina-Sidonia), la forêt B en Estrémadure (Espagne, province de Badajoz, localité Zahinos), la forêt C en Estrémadure (Espagne, province de Cáceres, localité Aliseda) et la forêt D en Catalogne (France, arrondissement de Céret, localité Maureillas). La figure 1 présente la situation géographique des sites étudiés.

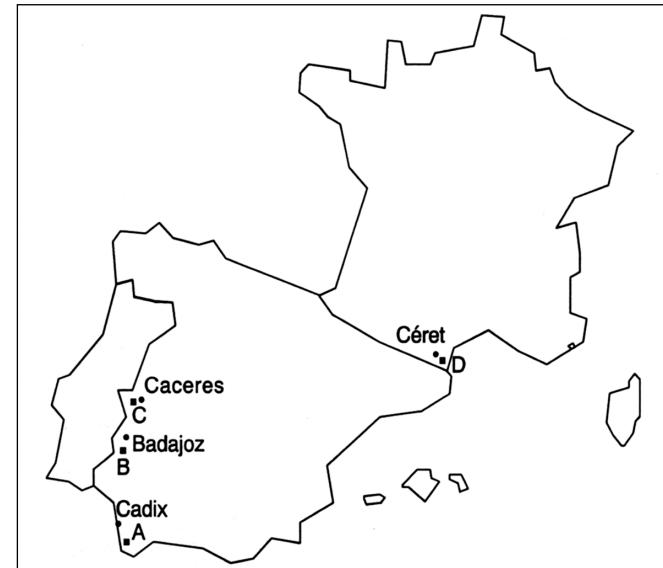


Fig. 1 : Localisation géographique des sites étudiés

	Forêt A	Forêt B	Forêt C	Forêt D
Moyenne des températures	18.0°C	16.8°C	16.0°C	14.8°C
Moyenne des températures minimales	14.0°C	10.9°C	10.3°C	9.7°C
Moyenne des températures maximales	22.0°C	22.5°C	21.8°C	19.8°C
Moyenne de la pluviométrie	876 mm	517 mm	770 mm	740 mm

Tab. I : Caractéristiques climatiques des sites étudiés

#### Caractéristiques climatiques

Ces forêts se situent dans des régions à climat méditerranéen : subhumide de tendance atlantique pour la forêt A, semi-aride et chaud pour les forêts B et C, subhumide pour la forêt D. Le tableau I présente les caractéristiques climatiques des dix dernières années précédant les prélèvements de liège (1984 à 1994) pour les quatre forêts étudiées.

#### Caractéristiques des sites

- **L'altitude et la topographie** des sites sont présentées dans le tableau II.

	Altitude moyenne	Topographie
Forêt A	240 m	100% pente
Forêt B	350 m	23% crête, 71% pente, 6% fond
Forêt C	380 m	78% pente, 22% bas fond
Forêt D	190 m	51% crête, 49% pente

Tab. II : Altitude et topographie des forêts étudiées

#### - Nature de la roche mère

Dans la forêt A, les sols de la majeure partie de cette zone sont "bruns forestiers" avec un horizon supérieur granuleux, généralement pauvre en humus et de couleur sombre, devenant graduellement plus clair avec la profondeur. La nature de la roche mère est gréseuse (MONToya, 1988).

Pour les forêts B et C, le type de sols les plus abondants dans cette région sont les "terres brunes méridionales acides" avec un horizon supérieur de couleur brun clair, pauvre en humus, devenant graduellement plus clair en profondeur. La texture du sol est généralement arèneuse sur roches siliceuses (MONToya, 1988).

La forêt D se situe dans un secteur à roches dominantes de nature granitique. Des versants à pentes moyenne ou forte sont fortement modelés par l'érosion. Le sol est caractérisé par la présence d'une arène plus ou moins épaisse laissant apparents quelques rares blocs sur les versants sauf en haut de versant plus rocheux (THOUVENOT, 1994).

### Caractéristiques de gestion sylvopastorale

La forêt A est une suberaie dégradée par des incendies mais elle présente un début de reprise de gestion après abandon. La propriété est très irrégulière, elle est partagée en plusieurs zones : zones travaillées et débroussaillées, zones embroussaillées et zones brûlées. L'ensemble est pâtré par des chèvres, non semé et non fertilisé.

La forêt B est une suberaie pâtrée par un troupeau de chèvres qui entretiennent le débroussaillement. La moitié de la propriété est semée de trèfle souterrain (*Trifolium subterraneum*) et la totalité de la propriété est fertilisée (Superphosphate simple 18%).

La forêt C est non semée et non fertilisée. Le débroussaillement est plus ou moins régulier, il est assuré par un travail du sol avec une charrue à disques et par le pâturage d'un petit troupeau de moutons. La forêt D est une suberaie embroussaillée, non semée, non fertilisée et non pâtrée. Il n'y a aucune gestion forestière ou de pâturage.

Les quatre propriétés présentent des gestions totalement différentes. Les sites B et C sont des suberaies de type "dehesa", composées de chênes-lièges en peuplements clairs (respectivement 50 à 90 arbres/ha et 70 à 80 arbres/ha), permettant la présence d'un sous-étage herbacé diversifié (graminées, légumineuses) ainsi que le pâturage de troupeaux de



Photo 4 : Suberaie pâtrée par un troupeau de chèvres.



Photo 5 : Sursemis sous suberaie à Argelès (Pyrénées Orientales)

moutons ou de chèvres. Le site A mais surtout le site D sont plutôt de type "forêt" avec une forte densité (respectivement 200 à 250 arbres/ha et 300 à 350 arbres/ha) et avec un sous-étage arbustif dense de type maquis.

### Méthodes d'échantillonnage

#### Caractéristiques des arbres et du peuplement

L'échantillonnage est fait sur 100 chênes-lièges par propriété suivant une ligne représentative de la topographie et du peuplement de la propriété. Les arbres ont approximativement le même âge et ont subi le même nombre de déliègeage. Diverses caractéristiques du peuplement forestier sont relevées sur chaque arbre : le diamètre de l'arbre à

	Forêt A	Forêt B	Forêt C	Forêt D
Diamètre de l'arbre (cm)	43	42	40	36
Hauteur de l'arbre (m)	11	10	8	8
Diamètre de canopée (m)	7	7	7	4
Hauteur de déliègeage (cm)	251	212	185	149
Epaisseur de liège (cm)	3.5	3.1	3.1	2.8
Volume de liège (dm <sup>3</sup> )	110	84	74	47
Densité des forêts (arbres/ha)	291	86	92	441

Chiffres soulignés : test de Fischer, différence significative ( $p < 0.05$ ).

Tab. III : Mesures des arbres

1.30 m, la hauteur de l'arbre, le diamètre de canopée, la hauteur de déliègeage, l'épaisseur du liège, le volume de liège démasclé et la densité en arbres. La densité est estimée en mesurant la distance entre l'arbre échantilloné et les quatre arbres les plus proches pris dans quatre directions opposées.

Le tableau III donne les moyennes des 100 arbres dans chaque forêt. Les valeurs soulignées sont les moyennes qui sont significativement différentes (supérieures ou inférieures) des autres forêts.

Dans la forêt A, les hauteurs d'arbres sont relativement élevées (11 m), ainsi que les diamètres (43 cm), les hauteurs de déliègeage (251 cm) et les épaisseurs de liège (3.5 cm). Cette forêt est constituée de grands arbres, donc produisant un volume de liège plus important (110 dm<sup>3</sup>) que dans les autres sites. Les forêts B et C sont constituées d'arbres de diamètres moyens (respectivement 42 et 40 cm), des épaisseurs de liège moyennes (3.1 cm pour les deux forêts) et des hauteurs d'arbres moyennes (respectivement 10 et 8 m). La forêt D a des petites hauteurs d'arbres (8 m), des diamètres de canopée faibles (4 m), des diamètres d'arbres les plus petits (36 cm), des hauteurs de déliègeage faibles (149 cm) et des épaisseurs de liège faibles (2.8 cm). En comparaison avec les autres forêts, la forêt D est constituée de petits arbres produisant un volume de liège plutôt faible (47 dm<sup>3</sup>).

### Estimation de la qualité du liège sur "calas"

Des morceaux de liège de 10 cm sur 10 cm (appelés "calas") sont prélevés sur chaque arbre échantilloné. Les prélèvements se font toujours à une même hauteur de 1.30 m et du même côté Est de l'arbre. L'estimation de la qualité du liège est faite par des experts de l'industrie du liège. Les échantillons sont triés en déchet et calibres (Tab. IV). Le calibre des échantillons est déterminé en fonction de l'épaisseur du liège exprimée en lignes de 2.25 mm. Les calibres sont ensuite subdivisés en qualité visuelle inférieure ou supérieure. L'estimation de la qualité se fait à l'œil et au toucher d'après la texture, la densité des lenticelles, la finesse et la souplesse du grain ainsi que l'absence de défauts.

### Estimation de la qualité du liège sur bouchons

Chaque arbre est entièrement délié et les planches de liège échantillonées sont laissées un an à l'air libre. Après bouillage et passage en cave de maturation, elles sont transformées en bouchons. L'évaluation de la qualité du liège d'un arbre se fait à partir des ratios de choix visuels des bouchons. Les choix sont déterminés par des experts de l'industrie du liège, sur 200 bouchons par arbre, pris au hasard. Les choix des bouchons sont classés par ordre de qualité visuelle décroissante : super, 1, 2, 3, 4, 5, 6 et déchets. Ils sont fonction du nombre et de la taille des lenticelles ainsi que des éventuels défauts présents sur le bouchon.

La répartition des choix faite sur les bouchons provenant de chaque arbre étudié permet de donner la qualité du liège de l'arbre entier. A chaque choix est attribuée une valeur basée sur le prix de vente des bouchons (Tab. V). Un indice de qualité est calculé pour chaque arbre à partir des pourcentages de tous les choix de bouchons et de leur valeur (moyenne pondérée).

### Méthodes d'analyses minérales

Les analyses minérales sont réalisées à partir de poudre résultant du ponçage de morceaux de liège (ROBERT et al, 1996). Les teneurs des macroéléments (N, P, K, Ca, Mg) et oligoéléments (Fe, Cu, Zn, Mn) sont déterminées par des méthodes classiques (ROBERT et al, 1996). La minéralisation de N se fait en utilisant H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en présence d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Les autres éléments sont déterminés après extraction des cendres obtenues à 550°C avec HCl. N et P sont dosés au spectro-

Calibre	Epaisseur en lignes	Epaisseur en mm
Liège mince	< 12 lignes	< 27 mm
Classe 12	12 à 13 lignes	27 mm à 29 mm
Classe 13/15	13 à 15 lignes	29 mm à 34 mm
Classe 15/20	15 à 20 lignes	34 mm à 45 mm
Liège épais	> 20 lignes	> 45 mm

Tab. IV : Epaisseurs en lignes et en millimètres des divers calibres de liège

Choix	Super	1	2	3	4	5	6	Déchet
Valeur	182	161	114	100	71	48	39	20

Tab. V : Echelle de valeur des choix des bouchons (sans unité)

photomètre, en utilisant la méthode au bleu indophénol et le complexe phosphomolybdique, respectivement. Les autres macroéléments (K, Ca, Mg) et les oligoéléments sont dosés au spectrophotomètre d'absorption atomique fonctionnant en émission pour K.

## Résultats

### *Estimation de la qualité du liège de chaque forêt*

Les propriétés sont classées par ordre décroissant de qualité du liège estimée sur "calas" (Tab. VI).

La forêt C présente le pourcentage de liège bouchonnable (classes 12, 13/15, 15/20 et liège épais) le plus élevé : 78% dont 21 % de liège de qualité visuelle supérieure. La forêt B et la forêt A fournissent les mêmes quantités de lièges bouchonnables : respectivement 60 % et 58 % avec 21 % de liège de qualité visuelle supérieure pour chacune des forêts. Pour la forêt D, le pourcentage de liège bouchonnable n'est que de 38 % avec seulement 4 % de liège de qualité visuelle supérieure.

	Liège bouchonnable	Qualité supérieure
(1) Forêt C	78%	21%
(2) Forêt B	60%	21%
(3) Forêt A	58%	21%
(4) Forêt D	38%	4%

**Tab. VI : Classement des forêts en fonction du pourcentage de liège bouchonnable**

	S - 1	2 - 3 - 4	5 - 6 - D	Moyennes des indices de qualité du liège
(1) Forêt C	10%	45%	45%	76
(2) Forêt B	8%	45%	47%	73
(3) Forêt A	6%	43%	51%	68
(4) Forêt D	7%	33%	60%	63

**Tab. VII : Répartition en pourcentages des choix des bouchons et moyennes des indices de qualité du liège**

	% matière sèche					mg/kg matière sèche			
	P	K	Ca	Mg	N	Mn	Cu	Zn	Fe
Forêt A	0.029	0.213	0.167	0.018	0.531	34	13.8	7.2	190
Forêt B	0.040	0.237	0.132	0.017	0.615	35	16.4	10.9	157
Forêt C	0.035	0.270	0.113	0.011	0.472	25	13.0	7.7	132
Forêt D	0.027	0.136	0.198	0.013	0.562	52	10.6	11.0	191

**Tab. VIII : Composition minérale du liège**

Les forêts sont également classées d'après la qualité du liège estimée sur bouchons (Tab. VII).

Le classement des forêts est le même que la qualité visuelle du liège soit estimée sur "calas" ou sur bouchons. L'estimation de la qualité visuelle du liège faite sur "calas" est donc représentative du liège de l'ensemble de l'arbre. De plus, la qualité du liège a également été évaluée par des paramètres physiques du liège tels que la masse volumique et les forces de compression. Ces résultats qui seront publiés ultérieurement confirment le classement des forêts.

### *Corrélations entre qualité visuelle du liège et caractéristiques des arbres*

Les coefficients de corrélation (r) entre la qualité visuelle du liège estimée sur "calas" ou sur bouchons et les variables mesurées sur les arbres de chaque propriété ont été calculés. Aucun coefficient de corrélation n'est significatif. La qualité visuelle du liège ne dépend donc pas des caractéristiques des arbres mesurées.

### *Corrélations entre qualité visuelle du liège et éléments minéraux du liège*

Les résultats concernant les analyses minérales du liège sont présentés tableau VIII. L'ordre de grandeur des teneurs en éléments minéraux du liège est donné : P : 0.03 à 0.04 % m.s, K : 0.14 à 0.27 % m.s, Ca : 0.11 à 0.20 % m.s, Mg : 0.01 à 0.02 % m.s, N : 0.47 à 0.61 % m.s, Mn : 25 à 52 mg/kg m.s, Cu : 10.6 à 16.4 mg/kg m.s, Zn : 7.2 à 11.0 mg/kg m.s et Fe : 132 à 191 mg/kg m.s.

Les coefficients de corrélation entre indices de qualité du liège et teneurs en P, K, Ca, Mg, N, Mn, Cu, Zn et Fe du liège ont été calculés. Une seule corrélation est significative, entre les indices de qualité du liège et la teneur en K du liège pour la totalité des forêts ( $r = 0.23$ ). Cependant, le coefficient de corrélation entre la teneur en K du liège et la qualité visuelle de celui-ci est faible. De plus, si on considère les données obtenues, pour une basse qualité de liège (indices de qualité inférieurs à 48), la moyenne des teneurs en K est de 0.20 % de matière sèche avec un intervalle de confiance de (0.10, 0.29). Pour une bonne qualité de liège (indices de qualité compris entre 48 et 114), la moyenne des teneurs en K est de 0.24 % de matière sèche avec un intervalle de confiance de (0.22, 0.26). L'amplitude des variations dans chaque catégorie et les recouplements des intervalles sont donc trop importants pour retenir une échelle de qualité du liège.

# Discussion

Dans cette étude, aucune corrélation significative n'a été établie entre la qualité visuelle du liège et les diverses caractéristiques des arbres et du peuplement.

La hauteur et le diamètre de l'arbre ainsi que le diamètre de canopée ne sont pas statistiquement liée à la qualité. En effet, des gros arbres ne produisent pas systématiquement du liège de faible qualité et des petits arbres ne sont pas synonymes de bonne qualité du liège. De plus, il n'y a pas de relation simple entre l'épaisseur et la qualité du liège. Ainsi, des planches de faible épaisseur peuvent fournir du liège de mauvaise qualité et des planches de forte épaisseur du liège de bonne qualité. D'ailleurs, il est connu que les lièges épais sont moins denses et plus faciles à comprimer que les lièges minces. Enfin, la hauteur de déliègeage connue pour influencer la qualité du liège ne semble pas être dans cette étude corrélée significativement à la qualité du liège. Ainsi, l'observation de Montoya (1988) selon laquelle la qualité de liège est meilleure quand la hauteur du déliègeage appliquée est plus grande n'est pas vérifiée. D'ailleurs, dans le cas d'abus dans l'application de hauteur de déliègeage, on arrive plutôt à un effet inverse. En effet, l'augmentation de qualité avec la hauteur se trouve limitée par la diminution progressive de l'épaisseur du liège produit dans les parties hautes de l'arbre. Si on augmente trop la hauteur de déliègeage, l'arbre va donner du liège plus mauvais et il y aura plus de blessures dans le déliègeage, ce qui réduit sa vie productive. Par conséquent, le volume de liège produit qui est une fonction directe du diamètre de l'arbre, de l'épaisseur de liège et de la hauteur de déliègeage n'est pas en rapport avec la qualité du liège. Ce résultat s'oppose à ceux qui soutiennent que quantité produite et qualité du liège sont inversement corrélées. Ainsi une grande production de liège n'entraîne pas forcément une faible qualité de liège. De plus, la densité moyenne d'arbres par hectare ne semble pas être directement liée à la qualité du liège. Ainsi, une forte densité n'est pas toujours représentative de liège de mauvaise qualité.

Cette étude montre également que le potassium est le seul élément dont la teneur a une faible liaison significative avec la qualité du liège. On peut alors se demander de quelle façon la teneur en potassium du liège est liée à la qualité visuelle de celui-ci. Le potassium est connu pour être un activateur général du métabolisme. Il se trouve en grande quantité dans les organes qui en ont besoin, là où l'activité physiologique est très intense et où les protéines cellulaires sont en construction. Il joue un rôle positif dans les divisions cellulaires, d'où son importance dans les phénomènes de croissance (MARTIN-PREVEL, 1978). D'ailleurs, des études précédentes ont montré que les fortes teneurs en potassium favorisent l'accroissement en épaisseur du liège (ORGEAS, 1996/1, 1996/2 ; ROBERT, 1997). Il se peut donc que la nutrition minérale en potassium détermine indirectement la porosité, (donc la qualité) à travers son influence sur la croissance. Le potassium pourrait aussi améliorer la qualité du liège en favorisant le fonctionnement du phellogène.

En ce qui concerne les relations entre qualité visuelle du liège et caractéristiques des forêts, le petit nombre de forêts étudiées (quatre) n'est pas suffisant pour tirer des conclusions générales.

# Conclusion

Une analyse statistique sur un grand nombre d'échantillons a permis de montrer que la qualité visuelle du liège n'est pas significativement liée aux caractéristiques des arbres et du peuplement, à savoir le diamètre et la hauteur de l'arbre, le diamètre de canopée, la hauteur de déliègeage, l'épaisseur du liège, le volume de liège levé et la densité en arbres. La relation inverse entre qualité et quantité habituellement fournie par les professionnels du liège n'est donc pas validé dans cette étude. De plus, les observations concernant la situation géographique, le climat, la topographie, l'altitude, la nature de la roche mère ou la gestion sylvopastorale faites sur quatre forêts ne peuvent être appliquées de façon générale. Il n'est donc pas possible d'après ces travaux d'estimer la qualité du liège à partir des caractéristiques d'un arbre ou des facteurs du milieu. De plus, parmi les éléments minéraux du liège, seule la teneur en potassium du liège est significativement liée à la qualité visuelle de celui-ci. Toutefois, cette liaison est trop faible pour permettre de substituer à l'échelle empirique traditionnelle la seule mesure du taux de potassium dans le liège.

Ce manque de relation avec les paramètres de l'arbre pourrait s'expliquer par le fait que la variabilité de la qualité du liège vient de la forte variabilité génétique des arbres à l'intérieur d'une faible population (LUMARET, 1996). En effet, les caractéristiques de reproduction sexuée du chêne-liège, les phénomènes d'hybridation interspécifique et d'allogamie ont permis l'existence et le maintien d'une grande diversité génétique à l'intérieur des populations (GARCIA-VALDECANTOS, 1995). Cette haute diversité génétique est conforme à la haute variabilité de la qualité et de la production de liège par les chênes-lièges. La qualité du liège tiendrait, donc, pour une grande part, au caractère individuel de l'arbre qui le porte.

Donc, en l'absence de critères plus simples, l'échantillonnage de "calas" pour la détermination de la qualité du liège de l'arbre reste valable. En effet, l'estimation de la qualité visuelle du liège sur "calas" est représentative de la qualité visuelle du liège de l'arbre estimée à partir des bouchons. D'ailleurs, la qualité visuelle du liège estimée sur "calas" est également corrélée aux paramètres physiques de qualité du liège. En effet, des liaisons significatives entre qualité visuelle du liège estimée sur "calas" et masse volumique du liège ainsi que force de compression du liège ont été trouvées lors d'une étude complémentaire.

**M.C., Ph.M.**

# Bibliographie

- Bossuet G. (1988) - Sylviculture du liège et rénovation de la suberaie. Forêt Méditerranéenne, X (1), 162-163.
- Douheret J., Salazar-Sampaio J. (1988) - Le liège. Forêt Méditerranéenne, X (1), 154-190.
- Garcia-Valdecantos JL., Elena Rosello JA. (1995) - Genetic variability of *Quercus suber* L. First results of provenance test and isozyme analysis. PROCORK, Workshop 1, "European Research on Cork-oak and Cork", Lisbon, 18-19 octobre 1995.

- Gonzalez Adrados J.R. (1989) - Influencia del medio fisico en la calidad del corcho de los alcornocales extremenos. Communicacion presentada a las "Primeras Jornadas Cientifico - Technicas sobre Selvicultura del Alcornocal". Caceres, 9 y 10 de noviembre de 1989.
- Lumaret (1996) - Evaluation de l'état génétique des peuplements de chênes-lièges à l'aide de marqueurs génétiques et relations avec le niveau de régénération (France). Communication au séminaire méditerranéen sur la régénération des forêts de chênes-lièges. Tabarka (Tunisie), 22-23 octobre 1996.
- Martin-Prevel P (1978). - Rôle des éléments minéraux chez les végétaux. Fruits, vol. 33, n° 7-8, pp. 521-529.
- Montoya O.J.M. (1988) - Los alcornocales. Ministerio Agricultura Madrid, 155 p.
- Orgeas J., Bonin G. (1996/1) - Economie des nutriments du chêne-liège (*Quercus suber* L.) en relation avec la production de liège et les caractéristiques des milieux forestiers, dans le massif des Maures (Var) - Thèse Université de Provence, laboratoire de biosystématique et écologie méditerranéenne.
- Orgeas J., Bonin G. (1996/2) - Variabilité des nutriments foliaires de *Quercus suber* L. dans différentes situations écologiques dans le massif des Maures (Var, France) et relations avec la production de liège. Annales des Sciences Forestières, n° 53, pp. 615-624.
- Pereira H. (1981) - Studies on the chemical composition of virgin and reproduction cork of *Quercus suber* L. Anais do Instituto Superior de Agronomia (Lisboa), vol. XL, 17-25.
- Pereira H. (1988/1) - Chemical composition and variability of cork from *Quercus suber* L. Wood Sci. Technol., 22 (3), 211-218.
- Pereira H., Marques A.V. (1988/2) - The effect of chemical treatments on the cellular structure of cork. IAWA Bulletin, 9 (4), 337-345.
- Poirot F. (1992) - Le liège et la bouchonnerie en Roussillon. CONFLENT, 14p.
- Ribas-Marques I. (1952) - Etude sur la constitution chimique du liège. Chimie et Industrie, 68 (3), 333-350.
- Robert B., Bertoni G., Sayag D., Masson P. (1996) - Assessment of mineral nutrition of cork-oak through foliar analysis. Communication in Soil Science and Plant Analysis, vol. 27, n° 9 et 10, pp. 2091-2109.
- Robert B. (1997) - Contribution to the study of the cork-oak (*Quercus suber* L.) mineral nutrition in the natural medium. Thèse ENSA Toulouse-Université de Gérone, 151 p.
- Seigue A. (1989) - La richesse de la forêt méditerranéenne française, ses originalités - La production du liège, 10 p.
- Thouvenot L. (1994) - Le Vallespir, Caractères écologiques. Rapport de la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt des Pyrénées-Orientales, 230 p.

## Résumé

Ce travail est consacré à l'étude de l'influence des caractéristiques des chênes-lièges et de la composition minérale du liège sur la qualité de celui-ci. Les caractéristiques étudiées sont : diamètre et hauteur de l'arbre, diamètre de canopée, hauteur de déliegeage, épaisseur du liège, volume de liège levé et densité en arbres. La composition minérale du liège est déterminée pour P, K, Ca, Mg, N, Mn, Cu, Zn et Fe. La qualité visuelle du liège est estimée à partir de "calas" et à partir des bouchons obtenus de chaque arbre. Il est montré que la qualité du liège n'est liée à aucune des caractéristiques des arbres. De plus, seule la teneur en K du liège est faiblement liée à la qualité de celui-ci.

## Summary

### Contribution to the analysis of factors affecting the quality of raw cork

This study investigates the influence of certain features of a cork oak tree, as well as the cork's mineral composition, on the quality of the harvested cork. The characteristics studied were : diameter and height of the trees, diameter of the canopy, height to which the cork was harvested, thickness and volume of the harvested cork and, finally, density of the stands. The mineral composition was determined for P, K, Ca, Mg, N, Mn, Cu, Zn and Fe. The quality of the cork's appearance was judged from the «calas» and from the corks obtained from a given tree's raw cork. The study has shown that the quality of the cork is not dependent on any of the various features monitored. Furthermore, only K content has an incidence on cork quality, and them only to a very slight degree.

## Riassunto

### Contributo all'analisi dei fattori della qualità del sughero greggio.

Questo lavoro è consacrato allo studio dell'influenza delle caratteristiche dei sugheri e della composizione minerale del sughero sulla qualità di questo. Le caratteristiche studiate sono : diametro e altezza dell'albero, diametro di canopea, altezza di taglio del sughero, volume del sughero tolto e densità in alberi.

La composizione minerale del sughero è determinata per P, K, Ca, Mg, N, Mn, Cu, Zn e Fe. La qualità visiva del sughero è stimata dai "calas" e dai tappi ottenuti da ogni albero. È mostrato che la qualità del sughero non è legata a nessuna caratteristica degli alberi. Inoltre, solo il tenore in K del sughero è debolmente legato alla qualità di questo.