



## Les chênes européens *Q. robur* L. et *Q. petraea* (Matt.) Liebl. : Analyse des potentialités œnologiques des différents massifs forestiers

Nicolas VIVAS<sup>(1)</sup>, Christelle ABSALON<sup>(2)</sup>, Françoise BENOIST<sup>(2)</sup>,  
 Christiane VITRY<sup>(2)</sup>, Sébastien GRAZILLIER<sup>(1)</sup>, Gilles DE REVEL<sup>(3)</sup>, Alain BERTRAND<sup>(3)</sup>  
 (1)Tonnellerie Demptos détaché au  
 Centre d'Etude Structurale et d'Analyse des Molécules Organiques (CESAMO),  
 Université Bordeaux 1, 351, cours de la Libération, 33405 Talence, France  
 (2)CESAMO, CNRS UMR 5802 ;  
 (3)Faculté d'œnologie, Université Victor Segalen, Laboratoire de chimie analytique.

Mots clés : chênes, *Q. robur*, *Q. petraea*, porosité, grains, composition chimique, typicité aromatique

Une étude multiparamétrique a été conduite pour évaluer la composition et la qualité de bois issus de massifs forestiers européens. 283 échantillons provenant de 13 pays ont été analysés : Allemagne, Belgique, Bulgarie, Caucase, Croatie, Espagne, Lituanie, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Suisse et France. Seuls 9 ont été retenus, en relation avec l'importance du massif forestier et le volume de grumes exportées : Allemagne, Bulgarie, Caucase, Croatie, Lituanie, Pologne, République tchèque, Roumanie et France. On note une variabilité importante entre les échantillons, mais on peut distinguer un groupe à grains serrés, associé à une bonne porosité, un niveau en polyphénols extractibles et en arômes moyens. Il est remarquable de noter globalement que les bois des pays de l'Est, pour les échantillons analysés, sont davantage marqués par des notes vanillées que par des nuances boisées et épicées. Ceci souligne alors la typicité de ces bois.

L'élevage des vins en barriques a connu un très large essor depuis près de dix ans. Les apports du bois au vin sont aujourd'hui parfaitement compris, qu'ils soient directs par aromatisation (MAGA, 1989 ; BERTAND ; VIVAS et al., 1997) ou indirects par la porosité du bois, induisant des réactions d'oxydoréduction complexes et nombreuses (VIVAS, 1997 ; VIVAS, 1999). Dans ce contexte d'expansion du marché de la tonnellerie, on a connu récemment le développement de la demande en France de barriques en chêne américain, dont on a précisé par ailleurs les critères qualitatifs exigés (VIVAS, 1999), et en Espagne, indifféremment de chênes français et américain. La supériorité qualitative des chênes *Q. petraea* et *Q. robur* dans l'élevage des vins s'est affirmée. Dans une publication plus ancienne, nous avons abordé le problème des principales autres espèces européennes *Q. farnetto*, *Q. pyrenaica* (VIVAS, 1998). Cette tendance s'est généralisée de manière plus ou moins importante à tous les pays producteurs de vins. Cependant, face à ce comportement, le prix des bois français n'a cessé d'augmenter et pour maintenir des prix attractifs, la recherche de nouveaux massifs forestiers, cette fois hors de France, a permis d'identifier des forêts d'Europe de l'Est pouvant intéresser l'élevage des vins. Ces bois répondent à deux critères fondamentaux : un prix intéressant et une qualité indéniable.

La qualité du bois de chêne est un facteur important. En effet, le bois n'est pas un matériau inerte (PONTALLIER, 1981) ; il conditionne la composition et la qualité des vins (PONTALLIER et al., 1982 ; VIVAS et al., 1991 ; CHATONNET, 1992 ; SINGLETON, 1995 ; VIVAS, 1995a). L'impact du bois sur le vin est fonction, d'une part de son grain (FEUILLAT et al., 1993 ; VIVAS, 1995b), et d'autre part de ses divers composés (BOIDRON et al., 1988 ; AIKEN et NOBLE, 1984). La qualité du bois varie en fonction de l'origine botanique du chêne (SINGLETON, 1974 ; ROUS et ALDERSON, 1983), de son mode de

séchage (MARCHE et JOSEPH, 1975 ; VIVAS, 1993), de l'intensité du brûlage (CHATONNET et al., 1989 ; NONDEDEU et al., 1988 ; SARNI et al., 1990). Les critères qualitatifs du bois de chêne sont en relation avec les exigences de l'élevage des vins et des eaux-de-vie. D'abord, le bois doit être suffisamment poreux pour permettre le passage lent et continu de l'oxygène (VIVAS et GLORIES, 1993 ; FEUILLAT et al., 1993), ensuite il doit céder, en quantité modérée, ses composés phénoliques extractibles (lignines, ellagitannins, acides phénols, coumarines) et aromatiques (whisky-lactones, eugénol, vanilline...), pour ne pas renforcer l'astringence et ajouter de l'amertume, ainsi que pour ne pas alourdir le nez du vin par un excès d'arômes boisés (DUBOURDIEU, 1992). De plus, les fibres du bois doivent être droites et non coupées pour assurer l'étanchéité ; les bois avec des picots et des nœuds sont à éliminer pour les mêmes raisons. Cependant, certains de ces paramètres sont difficiles à suivre sur tous les lots de bois utilisés dans la fabrication des barriques. Les tonneliers ont donc recherché les meilleures critères phénotypiques permettant une classification visuelle rapide et sûre. Le bois de chêne de tonnellerie doit être de première qualité, avec peu d'aubier et des cernes réguliers, appelés communément le grain du bois (LACROIX, 1992). Les critères retenus, le plus souvent, sont l'origine géographique des bois et leurs grains (VIVAS, 1997). On classe habituellement les origines géographiques en fonction du type de grains ; ainsi les chênes du Limousin sont dits à grain grossier, ceux de l'Allier et des Vosges sont dits à grain fin. Ce sont donc l'ensemble de ces critères qui doit être pris en compte dans l'étude de massifs forestiers dont on ne connaît pas *a priori* les potentialités œnologiques.

Rappelons que dans le passé, avant la seconde guerre mondiale, les merrains provenaient de nombreux massifs forestiers d'Europe de l'Est (MOUILLEFERT, 1896 ; GRAFF et TCHELISTCHEFF, 1969 ; TARANSAUD, 1976).

Un grand nombre de pays produisaient leurs barriques avec les chênes régionaux. Aujourd'hui, une grande majorité de barriques destinée à l'élevage des vins est fabriquée avec des bois provenant de chênes français. Une première tentative de développer l'exploitation de chêne russe a été menée (CHATONNET, 1995). Cependant, il convient de toujours vérifier l'origine botanique des chênes, car, pour une structure de bois comparable, on peut trouver plusieurs espèces (LACROIX, communication personnelle ; ILLIC, 1991). Lorsque l'on examine un échantillonnage représentatif de bois, issus d'une forêt ou d'une région forestière plus étendue, trois paramètres importants sont à considérer prioritairement :

- La présence de thyllles et l'importance de la thyllose qui détermine l'étanchéité du fût et l'intensité des échanges avec le milieu extérieur (évaporation et échanges gazeux) ;
- La présence de composés phénoliques et plus particulièrement des ellagitanins qui participent à la fois à la durabilité du bois (LAVISCI *et al.*, 1991 ; SCALBERT, 1992), à l'évolution de la composition et à la qualité des vins au cours de l'élevage (VIVAS et GLORIES, 1993 ; VIVAS et GLORIES, 1996) ;
- La présence de composés aromatiques compatibles avec l'agrément olfactif des vins (MAGA, 1989).

Dans cet article, nous présentons donc la première étude multiparamétrique des principaux massifs forestiers européens, de *Q. petraea* et *Q. robur* en examinant la possibilité d'utiliser certains d'entre eux comme source d'approvisionnement régulière ; pour peu que les volumes de grumes soient suffisamment importants pour fournir des quantités appréciables de fûts de chêne d'un nouveau type. Ceci suggérant que ces barriques posséderaient des propriétés différentes du chêne français et américain ; il s'agit donc d'une alternative supplémentaire pour l'élevage des vins.

### Méthodologie expérimentale et paramètres qualitatifs de discrimination

La sélection de chênes destinés à la fabrication de barriques nécessite le respect d'un certain nombre de critères en relation d'abord avec les contraintes techniques de la tonnellerie, ensuite avec les exigences œnologiques de l'élevage des vins. On peut résumer ainsi les critères généraux de sélection du bois de tonnellerie :

- **Critères phénotypiques** : les barriques doivent être à la fois peu perméables et poreuses.
  - Présence de thyllles : pour la régulation des échanges gazeux et la limitation de la perméabilité ;
  - Présence de gros vaisseaux dans le bois de printemps : pour favoriser et faciliter les échanges gazeux à l'intérieur de la masse du bois ;
  - Présence de rayons ligneux en abondance : représentant une bonne structure assurant la résistance mécanique et l'étanchéité au liquide ;
  - Infradensité adaptée : représentation de l'état de la porosité du bois.
- **Critères chimiques** : les barriques doivent céder au vin des quantités modérées de composés phénoliques

et aromatiques s'harmonisant avec les constituants du vin.

- Présence d'ellagitanins : participation au réaction d'oxydoréductions ;
- Absence de substances à caractères amers : pas ou peu d'acide digallique et de gallotanins ;
- Présence de polymères thermoplastiques : lignine et hémicellulose qui permettent un bon cintrage et la formation d'arômes de chauffe ;
- Présence de substances hydrophobes : lignines qui permettent de limiter l'infiltration de vin dans l'épaisseur du bois.

Sur le plan pratique, nous avons constitué un schéma expérimental de sélection des forêts et des espèces en retenant trois critères discriminants. D'abord le genre et l'espèce : pour des raisons de simplification, nous ne retenons que les *Q. robur* L. et *Q. petraea* (Matt.) Liebl., que l'on retrouve presque partout en Europe et qui sont déjà largement utilisés en France. Puis, seuls les massifs forestiers importants pouvant réellement fournir des volumes conséquents de bois sont conservés. Ensuite, nous procédons à la sélection en fonction des paramètres cités plus haut, pour ne conserver enfin que les forêts dont les bois obtiennent de bonne notation après dégustation de leurs extraits hydroalcooliques réalisée de manière standard. La démarche suivie est résumée figure 1.

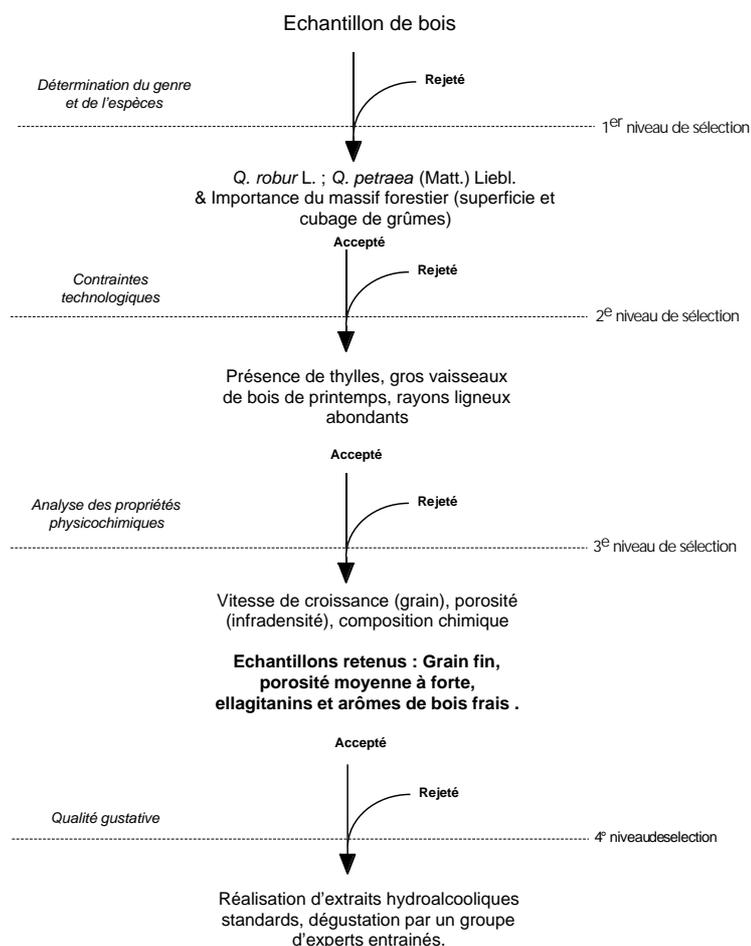


Figure 1 - Démarche expérimentale et critères de discrimination des massifs forestiers

Tableau 1 - Critères botaniques permettant de différencier les *Q. robur* et *Q. petraea*

	<i>Q. Robur</i> L. (chêne pédonculé)	<i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl. (chêne sessile)
Fleurs	Fleurs femelles éparses le long du pédoncule	Fleurs femelles par groupes, à l'aisselle des feuilles
Glands	Insérés à l'extrémité du pédoncule, de forme ovoïde-oblong, rapport long./diam. > 1.6 Coloration brun-jaune	Solitaires, ou en groupe, directement insérés sur le rameau, forme ovoïde-arrondie, rapport «long./diam. < 1.6 ; coloration brun-marron
Pédoncules	Longs, brillants et glabres	Absents ou très courts
Feuilles	Pétiole court, forme irrégulière, sans symétrie, largeur maximale atteinte au 2/3 de la longueur, rétrécissant jusqu'à la base, finissant par des petites oreillettes. Lobes irréguliers, arrondis, rarement anguleux et pointus. Limbe ondulé	Pétiole plus long (> 10 mm), formes régulières et symétrique, largeur maximale vers le milieu s'atténuant en coin à la base. Lobes réguliers et arrondis, souvent triangulaires et pointus, lobes nombreux et sinus aigus. Limbe plat
Feuillaison	Tardive	Précoce
Défeuillaison	Tardive	Précoce
Bourgeons	Ovoïdes	Ovoïdes pointus
Houppier	Large	Ramassé, serré
Ramification	Importante	Limitée

### Localisation des massifs forestiers étudiés

Un large échantillonnage a pu être constitué au cours des dix dernières années, soit par échange avec divers jardins botaniques ou centres de recherches à travers toute l'Europe. Certains prélèvements ont été pratiqués directement par nos soins lors de nos déplacements. On sait l'importance de l'identification des espèces pour ensuite pouvoir envisager l'analyse des contraintes de tonnellerie et vinicoles. Dans un premier temps, nous avons envisagé une évaluation générale des potentialités des principaux massifs forestiers européens (figure 2). Ensuite, en relation avec les critères qualitatifs de discrimination et de surface exploitable des forêts, nous n'avons retenu qu'un nombre limité d'origines faisant alors l'objet d'une étude plus détaillée et complète.

Nous avons retenu les massifs forestiers des pays suivants : Allemagne, Belgique, Bulgarie, Russie, Croatie, Espagne, Lituanie, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Suisse.



Figure 2 - Localisation des zones de prélèvement des échantillons

Les forêts de référence sont celles du Limousin, des Vosges et de l'Allier.

Sur les premiers critères de sélection (figure 1), nous ne retenons que : l'Allemagne, la Bulgarie, la Russie, la Croatie, la Lituanie, la Pologne, la République tchèque et la Roumanie. Les autres massifs forestiers sont souvent insuffisamment étendus. Une plantation de chênes d'une superficie de 100 000 ha minimum et une production de grumes d'au moins 5000 m<sup>3</sup> par pays sont requis.

### Variabilité morphologique de *Q. Robur* L. et *Q. petraea* (Matt.) Liebl. et diversité des espèces européennes

Les chênes pédonculé (*Q. robur* L. ou *Q. pedunculata* Ehrh.), sessile ou rouvre (*Q. petraea* (Matt.) Liebl. ou *Q. sessiliflora* Salisb. ou *Q. sessilis* Ehrh.) sont relativement aisés à distinguer par de nombreux critères phénotypiques (tableau 1). Même si ces deux espèces se rencontrent fréquemment dans les mêmes forêts, elles ont des exigences différentes. Le *Q. petraea* est heliophile, il résiste mieux à la sécheresse et préfère des sols pauvres, peu profonds et légèrement acides. Les tendances actuelles de replantation favorisent cette espèce, au détriment du *Q. robur*. Lors de l'examen d'un massif forestier, il faut être très attentif, car c'est souvent sur des arbres de 100 ans et plus que la mortalité liée à la sécheresse est la plus élevée. Mais les difficultés d'identification sont fréquentes, du fait de l'hybridation, à l'origine d'une variabilité interspécifique, rendant difficile l'attribution des caractères botaniques, soit à l'une, soit à l'autre des espèces. Ces hybridations sont rarement d'origine naturelle, car les dates de floraison des deux espèces sont décalées de 10 à 15 jours. L'existence et l'importance des formes intermédiaires font aujourd'hui encore l'objet de nombreuses discussions. On peut raisonnablement suggérer à la fois l'existence de variabilité intraspécifique et de variabilité de quelques formes intermédiaires comblant le vide de la variabilité entre ces deux espèces à l'origine de problèmes de confusion (figure 3). Au-delà, il existe une autre source de variabilité, en relation avec l'existence de sous-espèces décrites il y a fort longtemps (MENITZKY, 1971 ; JOVANOVIĆ et TUCOVIĆ, 1975) et récemment rappelée par KLEINSCHMIT (1993). Pour *Q. robur*, on recense les sous-genres *pedunculiflora*,

*longipes* et *erucifolia*. Pour *Q. petraea*, quatre sous-genres bien distincts sont décrits : il s'agit de *petraea*, *iberica*, *dshorchensis* et *medwediewii*.

L'examen des cartes de répartition (figure 4) montre que le chêne pédonculé est présent dans le centre et l'est de l'Europe, de l'Oural jusqu'à la côte atlantique ; au nord, le climat rigoureux le stoppe en Scandinavie, au sud, on le retrouve jusqu'en Grèce, Italie et Espagne. Le chêne sessile a une aire plus restreinte.

Mais, en plus des difficultés en relation avec la variabilité de chacune des espèces d'hybrides et de sous-genres, il existe de nombreuses autres espèces en mélange, pour lesquelles la confusion est parfois aisée. A titre d'exemple, nous citerons *Q. Frainetto* (Syn. *Q. conferta*, *Q. hungarica*, *Q. pannonica*, *Q. Franetto*) dans les Balkans, en Hongrie et dans le sud de l'Italie ; *Q. castaneifolia* dans le Caucase ; *Q. pyrenaica* (Syn. *Q. toza*, *Q. tauzin*) dans le sud de l'Europe ; *Q. faginea* (Syn. *Q. lusitanica*) dans le sud de l'Europe ; *Q. pontica* au Caucase.

### Caractéristiques physiques des échantillons de bois : grain et infradensité

Pour l'élevage des vins, les aspects en relation avec la porosité et l'intensité des échanges gazeux restent un souci de premier ordre. Sur l'échantillonnage dont nous disposons, nous avons pratiqué un certain nombre de mesures dont les conditions opératoires sont décrites dans le détail dans une autre publication (VIVAS, 1997). Si l'on ne considère que la moyenne des résultats par provenance, des différences notables apparaissent entre les massifs forestiers, en partie attribuables à l'origine botanique des bois (tableau 2). Mais le *Q. robur* ne donne pas toujours, comme on a tendance à le penser en France, des bois à grain grossier ; dans notre exemple, la Lituanie et la Pologne donne des bois à grain fin ou moyen. En Allemagne, des hybrides proches de *Q. robur* sur le plan morphologique possèdent des bois à grain très serré, qui présentent en outre de nombreux points communs avec *Q. petraea* de l'Allier (texture du bois, pourcentage de fibres et gros vaisseaux, thyllose, infradensité).

Pour tenter de visualiser la dispersion statistique des différents lots de bois, nous avons pratiqué une analyse cluster sur les caractères physiques (figure 5). Nous observons, par rapport à la référence française *Q. petraea* grain fin (Allier) et moyen (Vosges), que les échantillons provenant d'Allemagne, de Lituanie et du lot 11 de Pologne sont très proches des bois de l'Allier. A l'opposé, les groupes composés des échantillons provenant de Croatie, de Bulgarie, de République tchèque et de Russie constituent un ensemble dont le grain et les propriétés de porosité correspondent plus à des vitesses de croissance rapide et à des bois peu poreux. Mais ceci n'est vrai que pour les échantillons dont nous disposons ; il ne s'agit donc pas de généraliser les observations à l'ensemble des massifs forestiers de ces différents pays.

### Composition chimique et qualité gustative des extraits hydroalcooliques

Sur le tableau 3, nous avons regroupé les analyses chimiques pratiquées sur les bois. Seules les valeurs moyennes sont présentées, les écarts à la moyenne enregistrés sont importants et représentent de 15 à

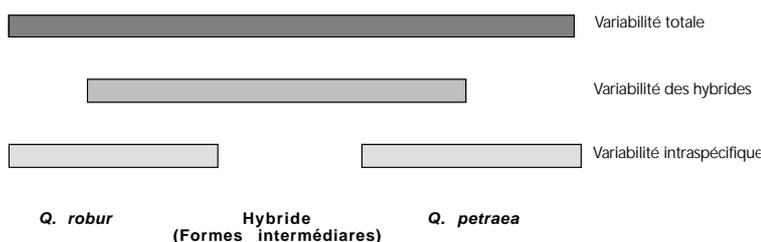


Figure 3 - Hypothèse d'interprétation de la composition du champ de variabilité totale de *Q. robur* et *Q. petraea*

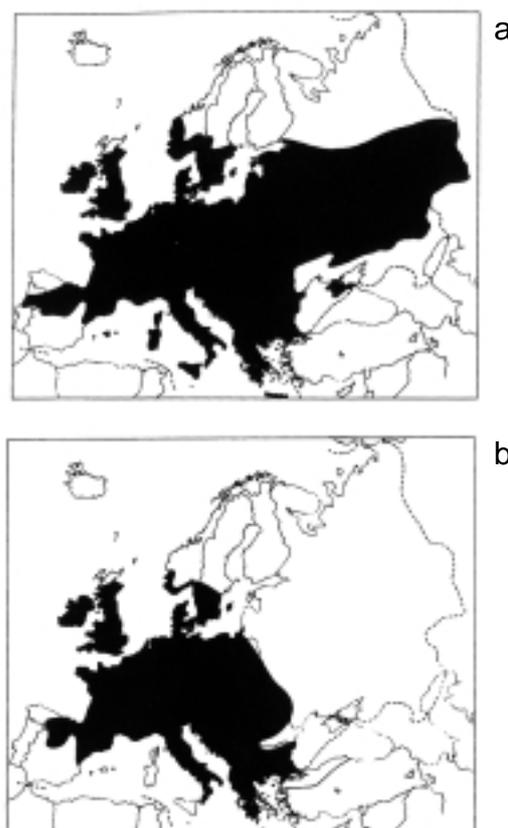


Figure 4 - Répartition géographique de *Q. robur* (a) et *Q. petraea* (b) en Europe (d'après RUBNER, 1934)

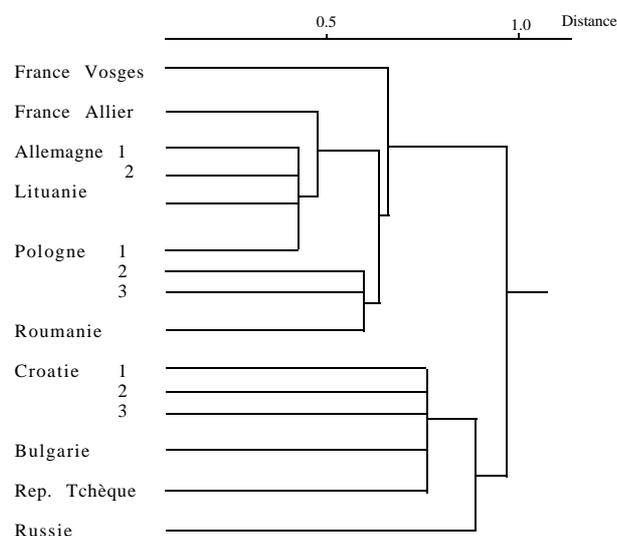


Figure 5 - Dendrogramme de l'analyse cluster de l'échantillonnage de bois de différents pays d'Europe

47 %. Cependant, il est possible de noter quelques faits remarquables. Les échantillons possédant des grains serrés sont les moins riches en polyphénols et les plus riches en composés aromatiques. Les échantillons provenant d'Allemagne, de Lituanie et du lot 11 de Pologne sont très proches des bois de l'Allier, comme lors de l'analyse des caractéristiques physiques, confirmant ainsi leur appartenance au groupe des chênes à

grain serré, avec ce que l'on peut en attendre sur le plan de la qualité du bois.

Les résultats des dégustations réalisées sur des extraits hydroalcooliques sont regroupés dans le tableau 4. Avant de commenter les résultats, il convient de donner quelques renseignements sur la méthodologie. Après avoir constaté la possibilité d'utiliser les bois pour la fabrication des barriques, il convient de vérifier

**Tableau 2 - Eléments de caractérisation de la structure et de la porosité des échantillons de bois d'Europe. Résultats moyens.**

Origine		Espèces <sup>8</sup>	Nombre d'échantillons	Vitesse de croissance		Ultrastructure			Porosité		
Pays	Régions <sup>7</sup>			Lc <sup>1</sup> (mm/an)	Texture <sup>2</sup> (Indice)	Gros vaisseaux <sup>3</sup> (% surface totale)	Fibres <sup>3</sup>	Tylose <sup>4</sup> (% surface g. vaisseaux)	Infradensité (Kg/m <sup>3</sup> )	Porosité <sup>5</sup> (%)	Selection <sup>6</sup>
France	Limousin (1)	<i>Q. robur</i>	49	4.2	0.76	14	39	78	723	7	0
	Vosges (2)	<i>Q. petraea</i>	48	2.6	0.74	16	36	87	695	9	référence
	Allier (3)	<i>Q. petraea</i>	39	1.2	0.70	18	32	90	620	17	référence
Allemagne	Emstein (4)	Hybride <i>p. robur</i> #	12	0.9	0.69	17	32	89	634	15	***
	Kempelhorn (5)	Hybride <i>p. robur</i> #	16	1.1	0.71	16	34	87	618	18	***
Bulgarie	n. communiquée	<i>Q. petraea</i>	9	1.7	0.75	13	38	82	710	11	*
Croatie	Motovunska suma (6)	<i>Q. robur</i>	11	1.9	0.72	13	37	87	654	14	**
	Skakavac (7)	<i>Q. robur</i>	13	2.2	0.78	12	38	77	745	5	*
	Okucani (8)	<i>Q. robur</i>	18	2.4	0.72	14	34	79	730	8	*
Lituanie	Sud (10)	<i>Q. robur</i>	16	1.1	0.52	16	32	79	617	16	***
Pologne	Czarna (11)	<i>Q. petraea + robur</i>	13	0.8	0.65	15	36	76	604	17	***
	Swidwin (12)	<i>Q. robur</i>	8	1.3	0.67	18	38	77	621	14	**
	Piaski (13)	<i>Q. petraea</i>	10	1.2	0.62	18	39	84	617	15	**
Roumanie	n. communiquée	<i>Q. petraea</i>	7	1.4	0.48	12	41	73	735	6	**
Russie	Caucase (9)	<i>Q. robur</i>	9	2.7	0.76	15	37	77	739	8	0
Rép. tchèque	Sud (14)	<i>Q. petraea</i>	5	1.6	0.72	14	39	76	718	10	*

<sup>1</sup>Largeur de cerne ; <sup>2</sup>Texture T : Largeur du bois final / Largeur de cerne ; <sup>3</sup>Observé en microscopie électronique à balayage et calcul réalisé par analyseur d'image  
<sup>4</sup>En microscopie électronique à balayage et estimation du pourcentage d'obturation des lumens des gros vaisseaux ; <sup>5</sup>En microscopie électronique à balayage : pourcentage de vide évalué sur clichés standardisés ; <sup>6</sup>Selection d'après le critère n°3 (fig. 1) : 0 rejeté, \* qualité moyenne, \*\*bonne qualité, \*\*\* très bonne qualité  
<sup>7</sup>Localisation figure 2 ; <sup>8</sup>D'après la morphologie des rameaux fructifères et la structure du duramen ; # Hybrides proches de *Q. robur*.

**Tableau 3 - Composition chimique moyenne des extraits hydroalcooliques des échantillons de bois de divers massifs forestiers**

Origine		Espèces <sup>8</sup>	Nombre d'échantillons	Extraits secs hydro-solubles (mg/g)	Ellagitannins totaux (mg/g)	Eugénol (µg/g)	Whisky lactones (µg/g)
Pays	Régions <sup>7</sup>						
France	Limousin (1)	<i>Q. robur</i>	49	123	65	0.9	6.4
	Vosges (2)	<i>Q. petraea</i>	48	95	71	0.8	43
	Allier (3)	<i>Q. petraea</i>	39	72	42	8.5	94
Allemagne	Emstein (4)	Hybride <i>p. robur</i> #	12	68	36	10.3	102
	Kempelhorn (5)	Hybride <i>p. robur</i> #	16	74	32	9.8	92
Bulgarie	n. dommuniquée	<i>Q. petraea</i>	9	112	74	0.3	7.3
Croatie	Motovunska suma (6)	<i>Q. robur</i>	11	97	64	0.7	7.3
	Skakavac (7)	<i>Q. robur</i>	13	103	67	0.5	9.2
	Okucani (8)	<i>Q. robur</i>	18	116	73	0.8	11.5
Lituanie	Sud (10)	<i>Q. robur</i>	16	94	39	5.4	23
Pologne	Czarna (11)	<i>Q. petraea + robur</i>	13	61	32	11.3	67
	Swidwin (12)	<i>Q. robur</i>	8	87	68	6.3	34
	Piaski (13)	<i>Q. petraea</i>	10	94	76	7.2	28
Roumanie	n. communiquée	<i>Q. petraea</i>	7	98	77	0.5	7.3
Russie	Caucase (9)	<i>Q. robur</i>	9	105	83	0.2	2.6
Rép. tchèque	Sud (14)	<i>Q. petraea</i>	5	126	85	0.3	1.2

Tableau 4 - Comparaison de la qualité organoleptique de divers extraits hydroalcoolique de chêne

Origine		Espèces <sup>8</sup>	Nombre d'échantillons	Couleur (N/5)	Nez (N/5)	Bouche		Note générale (N/10)
Pays	Régions <sup>7</sup>					Astringence (N/5)	Amertume (N/5)	
France	Limousin (1)	<i>Q. robur</i>	49	1.5a	1.9a	2.3a	1.1a	4a
	Vosges (2)	<i>Q. petraea</i>	48	1.8a	3.4b	2.8a	1.1a	6b
	Allier (3)	<i>Q. petraea</i>	39	3.2b	4.6c	1.2b	1.1a	7b
Allemagne	Emstein (4)	Hybride <i>p. robur</i> #	12	3.9c	4.4c	1.1b	1.3a	8c
	Kempelhorn (5)	Hybride <i>p. robur</i> #	16	3.4b	4.2c	1.2b	1.2a	8c
Bulgarie	n. communiquée	<i>Q. petraea</i>	9	2.2a	1.4a	2.2a	1.4a	3a
Croatie	Motovunska suma (6)	<i>Q. robur</i>	11	2.1a	3.9b	2.2a	1.3a	6b
	Skakavac (7)	<i>Q. robur</i>	13	1.8a	4.3c	2.4a	1.2a	7b
	Okucani (8)	<i>Q. robur</i>	18	1.3a	4.2ab	2.1a	1.1	5ab
Lituanie	Sud (10)	<i>Q. robur</i>	16	4.1c	3.9c	1.1b	1.1a	7b
Pologne	Czarna (11)	<i>Q. petraea + robur</i>	13	4.2c	3.4b	1.3a	1.2a	7b
	Swidwin (12)	<i>Q. robur</i>	8	2.2a	2.7b	1.1a	1.3a	6b
	Piaski (13)	<i>Q. petraea</i>	10	1.9a	2.8b	1.4a	1.2a	8b
Roumanie	n. communiquée	<i>Q. petraea</i>	7	1.2a	2.4a	2.4b	1.7b	3a
Russie	Caucase (9)	<i>Q. robur</i>	9	1.5a	1.3a	3.1c	1.2a	3a
Rep. Tchèque	Sud (14)	<i>Q. petraea</i>	5	1.7a	1.8a	2.9c	1.6b	2a

Les lettres identiques indiquent que les résultats, pour le critère sélectionné, ne sont pas significativement différents au seuil de confiance de 5 %.

que les extraits de ces espèces présentent des qualités gustatives qui permettront de les employer pour l'élevage des vins. Les essais directs d'élevage en barriques demandent des volumes de vins trop importants qui ne se justifient pas au premier stade de sélection des bois. Pour cela, nous avons imaginé un test simple, rapide et facilement réalisable sur des grandes séries d'échantillon. Le but est de réaliser, sur des extraits de bois en milieu hydroalcoolique modèle, des dégustations par un groupe de personnes préalablement entraînées. Ce groupe se compose de 12 personnes entraînées pendant 6 mois, à raison d'une séance tous les 15 jours, à percevoir, différencier et noter les sensations lors de la dégustation de produit pur et d'extrait de bois. Les solutions hydroalcooliques sont préparées à raison de 1 g de copeaux / 100 ml de liquide, 5 jours de macération en récipient clos sous azote, à 20°C sur table d'agitation. Les résultats des expériences de dégustation confirment les observations précédentes, montrant la supériorité, pour les critères choisis, des échantillons provenant d'Allemagne, de Lituanie et du lot 11 de Pologne. Ces derniers obtiennent des notes statistiquement comparables à celles enregistrées pour les bois de l'Allier ; les bois provenant de Bulgarie, de Roumanie, de Russie et de République tchèque étant systématiquement rejetés. Mais les dégustations ont révélé que, par rapport au bois français, les bois nettement préférés, provenant d'autres parties de l'Europe, sont marqués davantage par des notes vanillées et légères, plutôt que par des nuances épicées ou coco, habituellement retrouvées dans les bois à grain fin des forêts françaises. Ceci nous a conduit à pousser plus en avant une étude sur la typologie aromatique des massifs forestiers les plus intéressants.

### Typologie aromatique des échantillons possédant le meilleur potentiel qualitatif

Pour estimer les différences enregistrées lors des dégustations, nous avons procédé à la réalisation d'aromagrammes, en mesurant, en secondes, la persis-

tance aromatique des principales molécules odorantes du bois frais (eugénol, whisky-lactones, vanilline). Pour comparer les bilans aromatiques des échantillons, nous avons ramené tous les résultats en pourcentage. Les données correspondant à ces analyses sont portées sur la figure 6. On constate sur ces échantillons (fait confirmé par d'autres analyses pratiquées sur un échantillonnage plus large) que les bois sont plus marqués par des notes vanillées ; excepté pour l'échantillon d'Allemagne, qui présente des caractères convergents de type grain serré français.

Par ailleurs, nous avons rencontré des zones aromatiques (ZA) rappelant des odeurs d'orange, de champignon, de cacahuète, de poire, de café, de caramel et de fleur. Les molécules responsables n'ont pas encore été complètement identifiées, mais leur importance odorante justifie des travaux supplémentaires. Pour résumer, les premières acquisitions, les 60 % des échantillons de Pologne, se caractérisent par une forte ZA d'orange, 45 % des échantillons russes du Caucase par une forte ZA de poire. Des études en cours tentent d'élucider les nuances fruitées des extraits de bois de

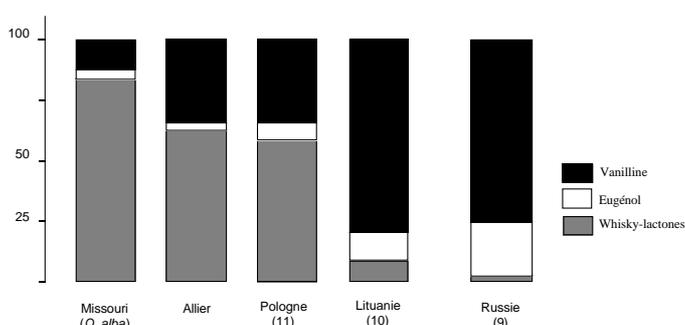


Figure 6 - Répartition centésimale de la persistance aromatique des principales molécules odorantes

(Réalisée par odométrie. Les chiffres font références à la localisation géographique des échantillons de bois, cf. figure 2.)

chêne. Des implications pratiques importantes sont attendues.

## Conclusion

L'étude conduite vise à évaluer les potentialités qualitatives de plusieurs massifs forestiers européens. Un certain nombre a été retenu pour la superficie et la production significative de grumes. Il s'agit de l'Allemagne, la Bulgarie, la Russie, la Croatie, la Lituanie, la Pologne, la République tchèque et la Roumanie. Sur l'échantillonnage dont nous disposons, il est possible de souligner de grandes similitudes entre les chênes d'Allemagne et ceux à grain serré de l'Allier. A l'opposé, les bois de Croatie, de Bulgarie, de la République tchèque et de Russie ont un grain moyen à gros. A la dégustation, ils restent en retrait par rapport aux autres bois testés.

Il est en outre intéressant de noter que l'essentiel des bois provenant d'Europe de l'Est possède majoritairement des nuances aromatiques marquées par la vanille. Les nuances bois frais ou épicées restent minoritaires. Ceci semble suggérer qu'au-delà de l'origine botanique et géographique des bois, il existe bien une typicité.

## Références bibliographiques

- AIKEN J.W. et NOBLE A.C. 1984. Composition and sensory properties of Cabernet Sauvignon wine aged in French versus American oak barrels. *Vitis*, **23**, 27-36.
- BARBE J.C. et BERTRAND A. 1996. Dosage des composés volatils issus du bois de chêne. Application à l'élevage de vins en fûts. *J. Sci. Tech. Tonnellerie*, **2**, 77-83.
- BOIDRON J.N., CHATONNET P. et PONS M. 1988. Influence du bois sur certaines substances odorantes des vins. *Connaissance Vigne Vin*, **22**, 275-294.
- CHATONNET P., 1995. Principales origines et caractéristiques des chênes destinés à l'élevage des vins. *Rev. Œnol.*, **75**, 15-18.
- CHATONNET P., BOIDRON J.N. et PONS M., 1989. Incidence du traitement thermique du bois de chêne sur sa composition chimique. II- Evolution de certains composés en fonction de l'intensité de brûlage. *Connaissance Vigne Vin*, **23**, 223-250.
- CHATONNET P., DUBOURDIEU D. et BOIDRON J.N. 1992. Incidence des conditions de fermentation et d'élevage des vins blancs secs en barriques sur leur composition en substances cédées par le bois de chêne. *Sci. Aliments*, **12**, 665-680.
- DUBOURDIEU D. 1992. Vinification des vins blancs secs en barriques. In *Le bois et la qualité des vins et des eaux-de-vie*, Guimberteau G., ed. Vigne et Vin Publications Internationales, Bordeaux, pp. 137-143.
- FEUILLAT F., HUBER F. et KELLER R., 1993. La porosité du bois de chêne (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* Liebl.) utilisé en tonnellerie. Relation avec la variabilité de quelques caractéristiques physiques et anatomiques du bois. *Rev. Fr. Œnol.*, (cahier scientifique), **142**, 5-19.
- GRAFF R.H. et TCHELISTCHEFF A., 1969. La production et le vieillissement du vin dans la petite futaille de chêne. *Wines Vines*, 1-13.
- ILIC J., 1991. *CSIRO atlas of hardwoods*. ed. Springer-Verlag, New York.
- JOVANOVIC M. et TOCOVIC A., 1975. Genetics of common and sessile oak (*Quercus robur* L. and *Q. petraea* Liebl.). *Ann. For Zagreb.*, **7**, 23-48.
- KLEINSCHMIT J., 1993. Intraspecific variation of growth and adaptive traits in European oak species. In Genetics of oaks, Kremer A., Savill P.S., Steiner K.C. (Eds.), *Ann. Sci. For.*, **50**, (Supl. 1), 166-185.
- LACROIX J.P., 1992. La gestion des forêts de chêne. In *Le bois et la qualité des vins et des eaux-de-vie*, coord. G. Guimberteau, ed. Vigne et Vin Publications Internationales, Bordeaux, 31-36.
- LAVISCI P., SCALBERT A., MASSON D. et JANIN G., 1991. Quality of Turkey oak (*Quercus cerris* L.) wood. *Holzforschung*, **45**, 291-296.
- MAGA J.A., 1989. The contribution of wood to the flavor of alcoholic beverages. *Food Rev. Int.*, **5**, 39-99.
- MARCHÉ M. et JOSEPH E., 1975. Etude théorique sur le Cognac, sa composition et son vieillissement naturel en fûts de chêne. *Rev. Fr. Œnol.*, **57**, 1-107.
- MENITZKY J.L., 1971. Dubi kavkaza. *Izv. Nauka. ANSSR*, 196.
- MOUILLEFERT P. 1896. Les merrains et la fabrication des tonneaux. *Rev. Viticulture*, **149**, 397-402 et **154**, 523-527.
- NONDEDEU L., LEAUTÉ R., GRANCHAMPS B., BONNICHON C., LAURICHESSE D., TRICHET P., 1988. Brûlage des barriques de chêne et qualité des vins du Médoc. *Progr. Agric. Vitic.*, **105**, 505-518.
- PONTALLIER P., 1981. Recherches sur les conditions d'élevage des vins rouges. Rôle des phénomènes oxydatifs. *Thèse docteur-ingénieur*, Université de Bordeaux II.
- Pontallier P., SALAGOITY-AUGUSTE M.H. et RIBÉREAU-GAYON P., 1982. Intervention du bois de chêne dans l'évolution des vins rouges. *Connaissance Vigne Vin*, **16**, 45-61.
- ROUS C. et ALDERSON B., 1983. Phenolic extraction curves for white wine aged in French and American barrels. *Am. J. Enol. Vitic.*, **34**, 211-215.
- SARNI F., RABIER P. et MOUTOUNET M., 1990. Fabrication des barriques et thermotraitements : relevé des températures. *Rev. Fr. Œnol.*, **123**, 53-58.
- Scalbert A., 1992. Quantitative methods for estimation of tannins in plant tissues. In : *Plant polyphenols : Synthesis, properties, significance*, Hemingway R.W. and Laks P.E. (eds.), Plenum press, New York, pp. 259-260.
- Singleton, V.L., 1974. Some aspects of wooden container as a factor in wine maturation. In : *Chemistry of wine making*, ACS, **137**, Webb, A.D. (Ed.), 311 p.
- SINGLETON V.L., 1995. Maturation of wines and spirits : Comparisons, facts, and hypotheses. *Am. J. Enol. Vitic.*, **46**, 98-115.
- TARANSAUD J., 1976. *Le livre de la tonnellerie*. La roue à livres diffusion (ed.), Paris.
- Vivas N., 1993. Les phénomènes liés à la maturation du bois de chêne pendant son séchage. *Rev. Œnol.*, **70**, 17-20.
- Vivas N., 1995a. L'influenza dei diversi tipi di legno sulle caratteristiche dei vini. *Il Consenso*, **9**, 2, 2-21.
- Vivas N., 1995b. Sur la notion de grain en tonnellerie. *J. Sci. Tech. Tonnellerie*, **1**, 17-48.
- Vivas N., 1997. Recherches sur la qualité du chêne Français de tonnellerie (*Q. petraea* Liebl., *Q. robur* L.) et sur les mécanismes d'oxydoréduction des vins rouges au cours de leur élevage en barriques. Thèse Doctorat Université Bordeaux II, 2 tomes, 250 p.
- VIVAS N., 1998. *Manuel de tonnellerie à l'usage des utilisateurs de futailles*. Feret ed., Bordeaux, 150 p.
- VIVAS N., 1999. *Les oxydations et les réductions dans les moûts et les vins*. Feret ed., Bordeaux, 164 p.
- VIVAS N., GLORIES Y et FRANÇOIS J. 1991. Mise au point sur l'élevage des vins rouges en fût de chêne. *Rev. Œnol.*, **62**, 17-21.
- VIVAS N. et GLORIES Y. 1993b. Les phénomènes d'oxydoréduction liés à l'élevage en barrique des vins rouges : Aspects technologiques. *Rev. Fr. Œnol.*, **142**, 33-38
- VIVAS N., BOURGEOIS G. et SAINT CRIQ DE GAULEJAC N. 1997. Arômes et précurseurs d'arômes du bois de chêne de tonnellerie. *Analisis Magazine*, **6**, 25, 19-23.