Connaissance Vigne Vin, 1982, **16**, N° 1, 45-61.

INTERVENTION DU BOIS DE CHÊNE DANS L'ÉVOLUTION DES VINS ROUGES ÉLEVÉS EN BARRIQUES

P. PONTALLIER, Marie-Hélène SALAGOÏTY-AUGUSTE et P. RIBÉREAU-GAYON

Institut d'Œnologie, Université de Bordeaux II
351, cours de la Libération, 33405 Talence Cedex (France)

INTRODUCTION

L'élevage des vins rouges en fûts de chêne est caractérisé par une pénétration lente et continue d'oxygène. Des résultats récents (PONTALLIER, 1981 a et 1981 b) montrent que cette aération ménagée constitue un facteur important du vieillissement en barriques.

Le bois de chêne apporte également au vin un ensemble d'éléments taniques et aromatiques qui modifient ses caractères organoleptiques. Cet apport du bois au vin dépend bien entendu, d'une part de la dimension du récipient, d'autre part de la nature du bois ; on sait que le bois neuf a une influence bien supérieure à celle du vieux bois. Mais un lot de barriques de chêne neuves ne conduit jamais, pour le même vin, à une note boisée uniforme ; les fûts neufs se signalent en effet par une grande diversité, fonction entre autre de l'origine du bois, des conditions de son séchage, ainsi que des techniques de fabrication et d'affranchissement. Les incidences de ces facteurs sur la qualité du vin sont certaines.

L'élevage en fût apporte au vin d'autres modifications secondaires Certaines sont favorables, par exemple l'élimination du gaz carbonique dans les vins nouveaux et leur clarification. D'autres au contraire sont néfastes et elles concernent les fûts usagés et mal entretenus qui peuvent communiquer des mauvais goûts à caractère moisi, ou entraîner des augmentations excessives d'acidité volatile et d'acétate d'éthyle (RIBÉREAU-GAYON et PEYNAUD, 1961 ; RIBÉREAU-GAYON, 1971).

La garde en fût est aussi caractérisée par des frais importants concernant leur achat, leur manipulation et la perte par évaporation.

Ces différentes considérations montrent l'intérêt d'une parfaite maîtrise des conditions de l'élevage des vins, de façon à bénéficier de ses avantages au moindre coût, tout en évitant ses inconvénients.

L'objet de ce travail est d'étudier l'influence de quelques paramètres de fabrication et d'utilisation des fûts sur l'évolution des caractères organoleptiques des vins rouges.

LES FUTS DE CHENE UTILISES POUR LA CONSERVATION DES VINS

I. — ORIGINE DU BOIS

Les tonnelleries de la région bordelaise utilisent des bois de chêne en provenance de deux régions principales, le Limousin et le Centre de la France (Allier).

Les chênes du Limousin (essentiellement *Quercus Robur)* croissent sur des terres argilo-calcaires et granitiques riches, en taillis sous futaie. De ce fait, les accroissements annuels sont larges et réguliers ; la structure est grossière ; la porosité du bois est importante ; les tanins représentent environ 10 p. 100 de l'extrait sec.

Les chênes du centre de la France *(Quercus sessilis* dominant) occupent des terroirs argilo-siliceux plus pauvres et forment de hautes futaies, dont le plus bel exemple est la forêt de Tronçais. Les accroissements annuels sont minces ; le grain est serré et la porosité peu importante ; les tanins représentent de l'ordre de 6 p. 100 de l'extrait sec.

II. — CONDITIONS DE SECHAGE

La résistance mécanique du fût suppose que le taux d'humidité du bois soit en équilibre avec celui du milieu ambiant, de l'ordre de 14 à 18 p. 100 dans nos régions occidentales tempérées. L'utilisation des bois de chêne en tonnellerie doit donc être précédée d'un séchage ; ce dernier peut être obtenu, soit par une méthode naturelle, soit par une méthode artificielle.

Le séchage naturel se pratique à l'air libre, pendant une durée minimale de trois ans. Au cours de cette période d'autres phénomènes interviennent, en plus du séchage proprement dit ; d'abord le lessivage du bois par les eaux de pluie, entraîne une diminution globale du taux de tanins ; en outre, un ensemble de réactions d'hydrolyse et d'oxydation est provoqué par l'action conjuguée d'enzymes du bois et d'enzymes secrétés par des microorganismes se développant sur le bois *(Ascomycètes,* éventuellement *Basidiomycètes* et bactéries) (MARCHE et JOSEPH, 1975). Ces réactions conduiraient à une condensation et une polymérisation des tanins du bois. Elles restent mal connues.

Le séchage artificiel est réalisé par séjour des merrains de chêne d'environ un mois dans une étuve ventilée portée à 40-60 °C. Cette technique permet de limiter considérablement le temps de séchage, sans altérer les qualités mécaniques du bois. Elle a néanmoins une incidence certaine sur l'évolution des constituants du bois ; en particulier les réactions précédentes ne peuvent pas avoir lieu.

III. — CINTRAGE ET AFFRANCHISSEMENT

En dehors des deux facteurs précédents, origine du bois de chêne et mode de séchage, un élément important de la diversité des fûts est lié aux conditions de leur élaboration, notamment en ce qui concerne le cintrage des douelles ; il peut être réalisé par deux méthodes, à la vapeur ou au feu. Dans ce dernier cas intervient un brûlage plus ou moins intense, qui favoriserait la formation d'aldéhydes aromatiques dans le bois (PUECH, 1978).

Egalement la technique d'affranchissement des fûts est un facteur certain de variation. Cette pratique courante correspond au besoin empirique d'éliminer d'éventuelles matières taniques astringentes et des principes odorants désagréables. Elle consiste à faire dégorger le bois, soit à la vapeur, soit à l'eau bouillante, soit encore par un séjour prolongé (deux jours) avec de l'eau légèrement sulfitée (0,5 à 1 g par litre) ; cette dernière opération constitue certainement un affranchissement plus « doux » que les deux précédents. SINGLETON (1974) considère que ces prétraitements sont un gaspillage des possibilités du bois et suggère de ne pas affranchir les fûts. En réalité leurs conséquences n'ont jamais été précisées.

IV. — ROLE DU BOIS DANS L'EVOLUTION DES VINS ROUGES

Au cours de l'élevage des vins rouges en barriques, il intervient une dissolution de certains éléments du bois, éventuellement après modification, parmi lesquels des tanins et des principes odorants qui participent aux caractères des grands vins rouges.

L'extraction des tanins du bois de chêne a été étudiée par SINGLETON et DRAPER (1961) et par SINGLETON et *al.* (1971). Ces auteurs ont constaté que les substances phénoliques extraites du chêne n'appartiennent pas à la famille des flavonoïdes ; ce sont d'une manière prédominante des gallotanins ou ellagitanins et des dérivés de la lignine.

Parmi les composés provenant de la dégradation de la lignine, GUYMON et CROWELL (1968, 1970 et 1972) d'une part, PUECH (1978) d'autre part ont identifié et dosé, dans différentes eaux-de-vie vieillies en fûts de chêne, des aldéhydes aromatiques (vanilline, syringealdéhyde, coniferaldéhyde et sinapaldéhyde) ; le syringealdéhyde et la vanilline représentent respectivement environ 50 p. 100 et 30 p. 100 des aldéhydes totaux. L'oxydation des aldéhydes aromatiques conduirait aux acides syringique et vanillique. Dans le cas des vins, les conditions d'extraction sont moins favorables (degré alcoolique plus faible), mais on peut soupçonner l'intervention de phénomènes semblables.

L'élevage des vins rouges en fûts de bois s'accompagne également d'une dissolution d'autres substances odorantes, qui échappent encore en grande partie à l'analyse chimique. Des observations effectuées dans

la pratique depuis longtemps montrent que le caractère aromatique « boisé » varie dans des proportions importantes, à la fois en intensité et en nature (plus ou moins « vanillé », « poussiéreux », « sec », « fondu »), suivant le type de barriques, défini notamment par l'origine et le mode de séchage des bois de chêne.

Il ressort de cette discussion le caractère empirique et aléatoire de la conservation des grands vins en fûts de chêne. On sait l'intervention de certains facteurs, mais ils n'ont pas fait l'objet d'une expérimentation systématique.

MATERIELS ET METHODES

Pour préciser tous ces problèmes, dans le cas particulier des vins de Bordeaux, une expérimentation a été entreprise, sur les millésimes 1978 et 1979, dans trois chais (Graves, Médoc, St-Emilion).

Les essais entrepris en 1978 et 1979 ont porté respectivement sur 70 et 24 barriques ; les facteurs étudiés sont les suivants :

— Origine des bois de chêne : deux origines
  — Limousin
  — Centre de la France
— Séchage : deux modes de séchage
  — Séchage artificiel
  — Séchage naturel à l'air libre (3 ans)
— Cintrage : deux techniques de cintrage
  — Cintrage « au feu »
  — Cintrage « à la vapeur »
— Affranchissement
  — Trempage des barriques à l'eau froide
  — Affranchissement à la vapeur d'eau ou à l'eau chaude

Les barriques faisant l'objet de cette expérience ont été construites dans la même tonnellerie (SEGUIN-MOREAU, Cognac) ; il s'agit de barriques bordelaises (capacité 225 litres), n'ayant subi, au moment de leur livraison, aucune préparation ni contrôle à l'eau ou à la vapeur. L'identification des bois, ainsi que la numérotation des fûts, ont été rigoureusement suivies tout au long de leur préparation et de leur construction. Ce protocole de fabrication des fûts a été appliqué pour les deux millésimes 1978 et 1979 ; le montage des barriques a eu lieu en décembre 1978 et en décem-

bre 1979. Les lots de bois utilisés dans ces deux cas étaient bien entendu différents.

Dans le courant des mois de janvier-février de l'année suivant la récolte, les barriques ont été affranchies, selon différents procédés, et immédiatement remplies avec du vin brut (Graves) ou filtré (St-Emilion et Médoc), ayant dans tous les cas subi la fermentation malolactique. Les techniques d'élevage varient légèrement d'un cru à l'autre ; les soutirages sont plus ou moins fréquents ; le sulfitage est légèrement variable suivant les chais (Graves, Médoc : SO_2 libre 20/25 mg par litre ; St-Emilion : SO_2 libre 10-12 mg par litre). Dans tous les cas, les soutirages éventuels permettent au vin de retrouver sa barrique d'origine. Par ailleurs, dans le chai de St-Emilion, les barriques sont mises chaque année en comparaison avec un lot de cuves en ciment, remplies le même jour avec le même vin. La comparaison des résultats est décrite par ailleurs (PONTALLIER, 1981 b).

Le but de cette expérimentation est : (1) étudier le rôle du bois dans l'évolution des vins rouges ; (2) déterminer l'influence respective des facteurs d'origine du bois, mode de séchage, cintrage et technique d'affranchissement, dans l'élevage des vins rouges en barriques de chêne. A cet effet, on a suivi, tout au long de la conservation, l'évolution des caractères analytiques.

Les dosages chimiques des principaux éléments de la constitution du vin ont été réalisés avec les méthodes classiques (RIBÉREAU-GAYON et *al.*, 1972). Les substances volatiles (alcools supérieurs et esters) sont dosées par chromatographie en phase gazeuse (BERTRAND, 1975). Les composés phénoliques sont dosés avec les méthodes les plus récentes (SINGLETON et ESAU, 1969 ; GLORIES, 1978) en faisant appel aux différents indices, caractéristiques de la structure de ces substances. Les acides phénols sont dosés par chromatographie liquide haute pression (AUGUSTE, 1979) ; le vin subit au préalable une hydrolyse alcaline, qui libère les acides phénols de leurs combinaisons, puis une purification sur résine échangeuse d'anions.

On a effectué également des dégustations régulières. Le Jury, composé de cinq à sept dégustateurs qualifiés, devait dans chaque cas, d'une part, décrire les caractères organoleptiques des vins, en particulier le caractère boisé, d'autre part, les classer par ordre de préférence.

DISCUSSION DE L'ANALYSE CHIMIQUE

I. — EVOLUTION DES SUBSTANCES NON PHENOLIQUES

Les résultats concernant l'évolution de quelques substances non phénoliques (acides, alcools supérieurs et esters), dosées par chromatographie en phase gazeuse, sont rassemblés dans les tableaux I et II. Ils

ne font pas apparaître de différences significatives entre les vins logés en cuves et en barriques, sauf en ce qui concerne l'augmentation de l'acidité volatile des vins rouges en barriques qui passe de 0,35 à 0,50 g par litre (exprimée en H_2SO_4). Les chiffres montrent que cette augmentation est due essentiellement à la production d'acide acétique ; mais on remarque que l'acide acétique dosé par chromatographie en phase gazeuse représente seulement une partie de l'acidité volatile et que son augmentation en fûts de bois correspond à 0,08 g par litre (en H_2SO_4) et non 0,15. Ces résultats indiquent bien l'intérêt d'établir de véritables bilans de l'acidité volatile telle qu'elle est dosée avec les méthodes traditionnelles.

TABLEAU I

Teneurs en acides d'un vin rouge (St-Emilion 1978) conservé pendant un an en cuves et en barriques de chêne neuves

Sauf indication contraire, les chiffres représentent des mg par litre.

	BARRIQUES DE CHENE NEUVES (MOYENNE SUR 4 BARRIQUES)	CUVES CIMENT (MOYENNE SUR 4 CUVES)
Acidité totale } g H_2SO_4 par l	3,55	3,40
Acidité volatile }	0,50	0,35
pH	3,56	3,59
Acide acétique	333	231
Acide propionique	1,64	1,42
Acide méthyl-2 propionique	1,60	1,55
Acide butyrique	0,83	0,69
Acide méthyl-3 butyrique	1,30	1,18
Acide hexanoïque	2,30	2,27
Acide octanoïque	1,70	2,27
Acide décanoïque	0,25	0,48
Acide lactique	1980	1645
Acide succinique	404	360
Acide citramalique	25	25
Acide malique	7	17
Acide tartrique	1680	1540
Acide citrique	8	8
Acide gallique	57	60

Les mécanismes mis en jeu dans cette production d'acide acétique sont essentiellement d'ordre microbiologique. Mais les microorganismes responsables n'ont pas été identifiés avec précision.

Parmi les substances non phénoliques du vin rouge, les composés aromatiques autres que les alcools supérieurs et les esters précédemment envisagés, constituent une famille importante qui est affectée par la conservation en fût de bois. L'étude de leur évolution dans le temps suppose l'emploi de techniques fines d'analyse, utilisant la chromatographie en phase gazeuse ; ces techniques sont actuellement en pleine évolution. Des analysees comparatives ont été effectuées sur des vins rouges conservés en cuves et en barriques, à l'aide d'un appareil Varian 3700 équipé d'une colonne capillaire pyrex FFAP WCOT (longueur 50 m, diamètre 0,25 mm), après passage des vins sur résine chromosorb.

TABLEAU II

Teneurs en alcools supérieurs et en esters d'un vin rouge (St-Emilion, 1978) conservé pendant un an en cuves et en barriques de chêne neuves

les chiffres représentent des mg par litre.

	BARRIQUES DE CHENE (MOYENNE SUR 4 BARRIQUES)	CUVES CIMENT (MOYENNE SUR 4 CUVES)
Méthanol	256	270
Propanol-1	27	27
Méthyl-2-propanol-1	75	75
Butanol-1	2,7	2,6
Méthyl-2 butanol-1	63	63
Méthyl-3 butanol-1	246	252
Hexanol	0,73	0,75
Pnényl-2 éthanol	60	85
Succinate de diéthyle	27	32
Acétate d'éthyle	96	85
Acétate de méthyl-3 butyle	0,30	0,40
Acétate d'hexyle	0,005	0,010
Acétate de phényl-2 éthyle	0,032	0,065
Hexanaoate d'éthyle	0,23	0,25
Octanoate d'éthyle	0,23	0,34
Décanoate d'éthyle	0,03	0,06
Dodécanoate d'éthyle	traces	traces

Les chromatogrammes obtenus montrent quelques différences significatives, d'une part, entre les vins conservés en cuves et en barriques, d'autre part, entre les vins conservés dans différentes barriques. Nous n'avons pas cherché à interpréter ces premiers résultats, car il s'agit

d'un travail d'une grande complexité ; en tout cas ils indiquent une direction dans laquelle les recherches dans ce domaine devront être poursuivies.

II. — EVOLUTION DES COMPOSES PHENOLIQUES

Ces substances sont modifiées par l'extraction de certaines substances du bois et par la transformation des constituants propres du vin par oxydation.

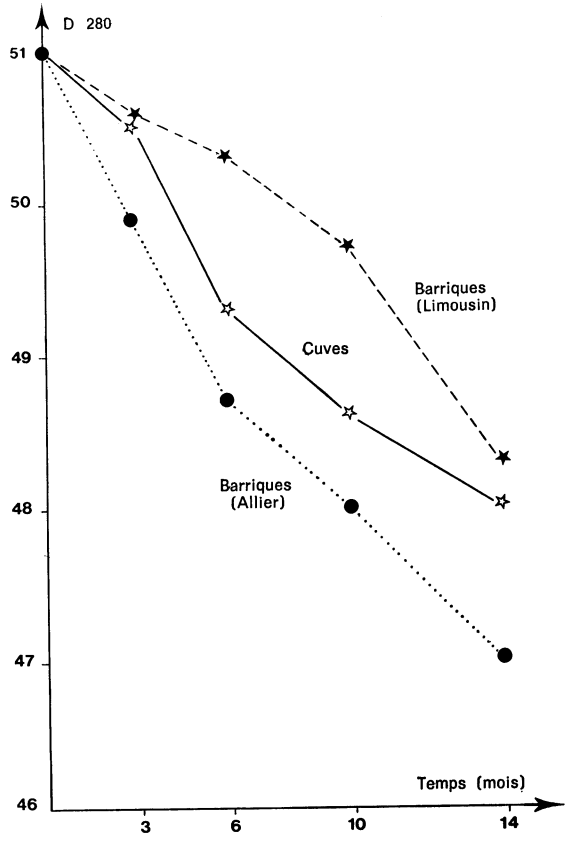


Fig. 1. — Evolution en fonction du temps de la quantité totale de composés phénoliques (mesurée par l'indice D 280) d'un vin rouge (Saint-Emilion, 1978), conservé en cuves (moyenne sur 9 cuves) et en barriques d'origines différentes (deux origines : Limousin et Allier, moyenne sur 5 barriques)

En ce qui concerne l'évolution des anthocyanes et de la couleur, les phénomènes essentiels sont liés à l'aération ménagée qui accompagne la garde en fût et qui est relativement constante pour les fûts neufs, quelle que soit leur origine. La conséquence est une augmentation de l'intensité colorante, avec cependant une diminution de la teneur en anthocyanes ; ces faits essentiels (PONTALLIER, 1981 a et 1981 b) sont précisés par ailleurs.

Au cours de la conservation, on observe une chute régulière de la quantité de composés phénoliques totaux. Cette diminution correspond à la fois à une précipitation de matière colorante, essentiellement pendant les mois d'hiver, et à une transformation des molécules, particulièrement pendant les mois d'été. Dans le cas des barriques de chêne neuves, il se produit une dissolution de composés phénoliques du bois, plus ou moins importante en fonction de l'origine géographique des chênes.

Les résultats concernant l'évolution de la quantité totale de composés phénoliques, mesurée par la densité optique à 280 nm du vin dilué (indice D 280), montrent les faits suivants (figure 1 et tableau III) : (1) l'évolution est différente en cuves et en barriques ; (2) dans ce dernier cas, l'origine du bois de chêne (Limousin et Allier) a une influence certaine.

TABLEAU III

Influence de l'origine du bois de chêne sur la teneur en composés phénoliques totaux (mesurée par l'indice D_{280}) de vins rouges conservés dans des barriques différentes pendant un an

	BARRIQUES DE CHENE (origine Allier)	BARRIQUES DE CHENE (origine Limousin)
Graves 1978 (moyenne sur 6 barriques)	48	50
Médoc 1978 (moyenne sur 6 barriques)	51	53
St-Emilion 1978 (moyenne sur 6 barriques)	49	50
St-Emilion 1979 (moyenne sur 4 barriques)	44	45

Les barriques de chêne du Centre de la France (Allier) apportent au vin rouge une plus faible quantité de composés phénoliques par rapport au bois de chêne du Limousin ; les phénomènes de précipitation et de transformation des molécules, qui diminuent les composés phénoliques, sont alors plus importants que les phénomènes de dissolution ; la teneur en composés phénoliques totaux est plus faible qu'en cuve. Dans le cas des barriques de chêne du Limousin, caractérisé par une plus forte teneur en tanins, l'apport de composés phénoliques du bois permet d'obtenir une teneur en composés phénoliques totaux du vin supérieure à celle observée en cuves.

TABLEAU IV

Influence de l'origine et du mode de séchage du bois de chêne sur les teneurs en acides phénols totaux de trois vins rouges conservés pendant un an en barriques

les chiffres représentent des mg par litre.

	MEDOC 1978					St-EMILION 1978					GRAVES 1978				
	O	ASN	ASA	LSN	LSA	O	ASN	ASA	LSN	LSA	O	ASN	ASA	LSN	LSA
Acide gallique	50	67	110	104	104	40	81	99	70	89	56	42	46	48	60
Acide protocatéchique	7	10	11	11	12	6	6	7	8	7	7	8	6	9	7
Acide p-hydroxybenzoïque	14	20	25	19	16	8	7	7	8	8	12	9	9	9	7
Acide vanillique	10	7	8	8	8	9	4	4	5	5	11	6	5	6	4
Acide syringique	18	15	16	15	14	13	7	7	8	8	25	10	10	11	8
Acide caféique	31	22	38	39	31	5	4	36	5	5	8	62	72	13	7
Acide p-coumarique	21	24	32	29	23	10	3	19	3	3	7	22	23	6	2
Total	151	165	240	225	208	91	112	179	124	125	116	159	171	102	94

O = lot initial (au moment de la mise en barriques) ;
ASN = chêne de l'Allier, séchage naturel ; LSN = chêne du Limousin, séchage naturel ;
ASA = chêne de l'Allier, séchage artificiel ; LSA = chêne du Limousin, séchage artificiel.

Cette interprétation découle directement des courbes de la figure 1 qui porte sur un seul type de vin (St-Emilion, 1978). Les résultats sont confirmés par les chiffres du tableau III ; dans quatre cas le vin conservé un an dans des barriques en chêne de l'Allier a une teneur en composés phénoliques plus faible que le même vin conservé dans des barriques en chêne du Limousin.

Ces chiffres confirment que les quantités de tanin apportées par le bois sont relativement modestes par rapport au tanin du raisin ; cet apport de « tanin » du bois de chêne au vin n'est certainement pas le phénomène essentiel de l'élevage en barriques. En aucun cas il ne peut s'agir de flavonoïdes (SINGLETON et *al.*, 1971), car le dosage des tanins, par la méthode utilisant la transformation des leucoanthocyanes en anthocyanes sous l'effet du chauffage en milieu acide, ne fait pas apparaître de différences significatives entre les vins en cuves et en barriques.

III. — INFLUENCE DE L'ORIGNE ET DU MODE DE SECHAGE DU BOIS DE CHENE SUR LA TENEUR DU VIN EN ACIDES PHENOLS TOTAUX

Parmi les composés phénoliques provenant du bois et susceptibles d'intervenir dans le vin rouge, les aldéhydes aromatiques (Vanilline) et leurs produits d'oxydation, les acides phénols, constituent sans doute une famille plus importante. Ils ont été dosés par chromatographie liquide haute pression dans des vins rouges du Médoc, de St-Emilion et des Graves, du millésime 1978, élevés en barriques de bois de chêne du Limousin et de l'Allier, séchés naturellement et artificiellement. Les résultats (Tableau IV) montrent d'abord une augmentation de la teneur en acides phénols totaux au cours de la conservation en barriques. Il peut s'agir d'un phénomène d'oxydation d'aldéhydes aromatiques déjà présents dans le vin et (ou) d'un phénomène de dissolution, par le vin, d'aldéhydes ou d'acides phénols du bois. Les travaux ultérieurs devraient permettre de préciser l'importance respective de ces deux phénomènes ; ils devront prendre en compte le dosage des aldéhydes.

Les résultats du tableau IV indiquent aussi l'existence de différences significatives entre le comportement des différentes barriques : Allier séchage artificiel (ASA), Allier séchage naturel (ASN), Limousin séchage artificiel (LSA)) et Limousin séchage naturel (ASN). On peut admettre que l'intensité des phénomènes oxydatifs est sensiblement la même d'une barrique à l'autre, car l'évolution des anthocyanes, étudiée par ailleurs, traduit une aération ménagée pratiquement uniforme dans tous les cas. Par conséquent les différences observées, concernant la teneur des vins en acides phénols totaux, sont essentiellement le reflet d'un phénomène de dissolution, dont l'importance et (ou) la cinétique varient d'une barrique à l'autre. En particulier la teneur en acides phénols totaux est toujours nettement supérieure dans le vin conservé en barriques de bois de chêne de l'Allier séché artificiellement (ASA), quel que soit le

cru ; les variations les plus importantes affectent surtout les acides cinnamiques (caféique et p-coumarique). Par contre, concernant la teneur totale en acides phénols, les barriques LSA et LSN ne sont pas significativement aussi différentes ; tout au contraire le vin LSN est plutôt plus riche en acides phénols que LSA. Autrement dit, ces résultats montrent que le séchage artificiel n'agit pas de la même manière sur le bois de chêne de l'Allier et sur celui du Limousin ; dans le premier cas, il induit dans le vin une nette augmentation de la teneur en acides phénols totaux, non observée dans le second cas. Ce résultat devra être rapproché de celui de la dégustation de ces quatre vins qui conduit à des résultats similaires concernant l'incidence du séchage sur les deux types de bois.

DISCUSSION DES RESULTATS DES EXAMENS ORGANOLEPTIQUES

I. — INFLUENCE DE L'ORIGINE DU BOIS DE CHENE

Le bois de chêne de l'Allier, avec l'un ou l'autre mode de séchage, apporte toujours au vin un caractère boisé plus intense que le bois de chêne du Limousin. Dans le cas d'un élevage prolongé en barriques de ce type, le caractère boisé peut même dominer fortement les caractères organoleptiques propres du vin. A titre d'exemple, les vins du millésime 1978 de Saint-Emilion, élevés en barriques de chêne de l'Allier, ont acquis au bout de trois mois de conservation, un caractère boisé agréable et équilibré ; il augmente ensuite jusqu'à devenir, au-delà d'un an, excessif par rapport aux caractères propres du vin qui sont exagérément dominés par ceux du bois.

Dans le cas du bois du Limousin, séché artificiellement ou naturellement l'apport boisé est beaucoup plus discret ; en particulier l'arôme est moins développé et moins agréable.

Ces observations sont apparemment en contradiction avec les résultats analytiques précédents (tableau III et figure 1), qui traduisent un enrichissement en composés phénoliques plus important dans les barriques du Limousin. Elles confirment que l'arôme spécifique, apporté au vin par le bois de chêne, n'est pas de nature phénolique.

II. — INFLUENCE DES CONDITIONS DU SECHAGE DU BOIS

Les conditions de séchage des merrains de chêne exercent une influence déterminante sur l'aptitude des barriques à conférer au vin une note boisée appréciée. Dans le cas du bois de l'Allier séché naturellement (ASN), le vin acquiert en quelques mois (trois à quatre mois par exemple pour les vins de Saint-Emilion, 1978) un caractère boisé puissant vanillé, bien fondu en bouche ; les vins correspondant sont significativement classés en tête dans toutes les dégustations, quel que soit le cru et le millésime (1978 et 1979). Par contre, lorsque ce bois est séché artificiellement (ASA), le caractère boisé devient agressif, « vert » « poussiéreux », parfois légèrement résineux.

Cette influence des conditions du séchage, déterminante pour le bois de l'Allier, est moins nette avec le bois du Limousin. Lorsque ce bois est séché naturellement (LSN), il apporte au vin une note boisée moins intense que le bois de l'Allier, parfois même très discrète, peu vanillée ; on note dans certains cas une légère amertume en finale. Avec le séchage artificiel (LSA), on retrouve ce caractère boisé discret, mais quelquefois plus fin et plus agréable. LSA est souvent classé avant LSN ; on ne retrouve pas la même uniformité de résultats que dans le cas du bois de l'Allier. L'incidence du séchage sur ces deux bois rappelle celle observée à propos de la teneur en acides phénols.

III. — INFLUENCE DES CONDITIONS DU CINTRAGE DU FUT ET DE SON AFFRANCHISSEMENT

A propos du mode de cintrage, les deux techniques employées, au feu de bois et à la vapeur, ne modifient pas sensiblement le comportement des fûts. Nous n'avons pas observé de différences analytiques significatives ; les résultats organoleptiques n'ont pas été systématiquement en faveur de l'une ou l'autre technique.

Deux types d'affranchissement ont été comparés, l'un « fort », réalisé à l'eau chaude (80 °C) ou à la vapeur, l'autre plus « doux », effectué à l'eau froide par simple rinçage ou par trempage pendant 48 heures ; les techniques varient suivant les crus. D'une manière générale, nous avons constaté, comme dans le cas du séchage, une réaction différente des bois aux conditions d'affranchissement. En particulier, les barriques ASN donnent de meilleurs résultats lorsqu'elles sont peu affranchies ; les barriques LSA doivent au contraire être fortement affranchies. Ces différences de comportement sont certainement en relation avec la nature des substances extraites dans les deux cas.

CONCLUSIONS

Les différentes observations effectuées dans le temps (deux millésimes contrôlés pendant plus d'un an) et dans l'espace (trois crus situés dans trois appellations différentes de la région de Bordeaux), conduisent donc à des résultats significativement convergents, concernant l'influence de l'origine du bois de chêne (Allier et Limousin) et des conditions de séchage (naturelles ou artificielles). Le bois de l'Allier donne de meilleurs résultats, surtout s'il est séché naturellement. Le bois du Limousin est moins sensible aux conditions de séchage. Bien entendu ces premiers résultats devront être complétés, en particulier en suivant l'évolution des vins qui ont fait l'objet de ces travaux.

La qualité intrinsèque du vin intervient aussi dans le comportement pendant la garde en fût. Les vins les plus riches supportent le mieux un caractère boisé important et sont les moins sensibles aux différences liées à la nature du fût. En dehors de la notion de rentabilité, l'élevage

en barriques suppose une richesse aromatique et gustative suffisante du vin, capable de supporter de manière harmonieuse l'apport organoleptique du bois.

Pour des raisons économiques, on envisage parfois l'utilisation de barriques « usagées », ayant déjà servi 1 ou 2 ans, parfois plus. L'apport organoleptique du bois au vin est beaucoup plus faible. Mais aussi on peut craindre des contaminations microbiennes, pouvant être à l'origine d'augmentation d'acidité volatile et d'apparition de mauvais goût. Enfin les échanges gazeux (perte de gaz carbonique et pénétration d'oxygène) sont moins importants par suite d'une sorte d'encollage interne du bois par les dépôts tartriques et de matière colorante. Les chiffres du tableau V montrent bien, dans le vin conservé en barriques neuves par rapport à celui conservé en barriques usagées, une intensité colorante plus élevée, avec un taux d'anthocyanes plus faible et un indice de condensation plus élevé ; ces faits traduisent des phénomènes oxydatifs plus intenses.

TABLEAU V

Etat des composés phénoliques d'un vin rouge (1979) après 6 mois de conservation en barriques neuves et en barriques d'un an

	MOYENNE SUR 8 BARRIQUES NEUVES	MOYENNE SUR 2 BARRIQUES D'UN AN
Intensité colorante	0,59	0,53
Teinte	0,64	0,64
Anthocyanes (mg/l)	290	305
Indice de condensation	32	28
D_{280} (composés phénoliques totaux)	44,5	44,0
Tanin (g/l)	2,7	2,8

Il est certain que la garde en fût fait partie de la tradition vinicole bordelaise et qu'elle est nécessaire à l'affinement des grands vins rouges. Mais elle ne doit pas être laissée au hasard. A l'origine la barrique servait aussi à l'expédition du vin ; elle était donc renouvelée systématiquement chaque année. Lorsqu'elle a cessé d'être un récipient de transport, on a pu avoir la tentation de conserver les fûts pendant de nombreuses années ; c'était certainement une erreur.

Bien sûr tous les vins ne peuvent pas supporter une garde d'une année et plus en fûts neufs ; dans bien des cas le caractère boisé serait excessif et le prix de revient prohibitif. On s'oriente alors vers une

conservation partiellement en fûts neufs, partiellement en fûts usagés ; mais ces derniers doivent être en parfait état.

Une autre solution consiste à effectuer un séjour limité en barriques neuves, par rotation du vin en fûts et en cuves ; par exemple 3 mois en barriques et 9 mois en cuves pour chaque quart de la récolte, pendant un an de conservation. Bien entendu l'absence de pénétration d'oxygène en cuves doit être compensée par des soutirages plus fréquents.

Remerciements

Les auteurs remercient MM. A. BERTRAND et J.-N. BOIDRON, pour l'aide qu'ils ont apportée, concernant l'analyse des constituants volatils des vins par chromatographie en phase gazeuse.

Manuscrit reçu le 26 janvier 1982, accepté pour publication le 15 février 1982.

RÉSUMÉ

Une expérimentation complète montre, de manière significative, la supériorité du chêne de l'Allier ; le séchage naturel à l'air apporte un caractère boisé vanillé plus fin et plus puissant que celui communiqué par le séchage artificiel à l'étuve. Le chêne du Limousin ne communique pas un caractère boisé aussi intense et aussi agréable ; il est moins sensible aux conditions de séchage. Les résultats des examens organoleptiques sont confirmés par le dosage des acides phénols des vins. Le mode de cintrage du fût (au feu ou à la vapeur) et les conditions de son affranchissement (à l'eau froide, à l'eau chaude, à la vapeur) n'ont pas une incidence aussi prépondérante.

SUMMARY

A complete analysis shows to a significant degree, the superiority of Allier oak ; natural open air drying develops a finer and stronger vanilla wood character than that given by artificial oven drying. Limousin oak doesn't give as intense nor as nice a woody character ; it is less sensitive to the drying method. Organoleptic test results are confirmed by phenol acid measurements in wines. The method to form barrels (by flame or steam) and the conditions for soaking out (by cold water, hot water, steam) don't have as preponderant an influence.

ZUSAMMENFASSUNG

Ein ganz ausführrlicher Versuch zeigt eine signifikative Uberlegenheit des Allier Eichholzes. Die natürliche Trocknung, in der luft, führt zu einem feiner vanilliertem und kraftigerem Charakter als das künstlich, im Ausdämpfungsapparat getrocknete Holz.

Die Limousin Eiche führt nicht zu einem so kräftigen und angenehmen Charakter ; sie ist nicht so empfindlich bezüglich der Trocknungsmethode. Die Erbebnisse der organoleptischen Prüfung sind bestätigt durch die Bestimmung der Phenolsaüren in den Weinen. Die Art des Biegens der Fässer (Feuer oder Dunst) und die Eidenschaften der Ertösens (kaltes Wasser, warmes Wasser, Dunst) spielen keine so entscheidende Rolle.

RESUMEN

Una experiencia completa muestra, de manera significativa, la superioridad del roble de Allier ; el secado natural al aire aporta a la madera un carácter más fino y más notable que cuando se seca artificialmente en estufa. El roble de Limousin no da ese carácter a la madera tan intenso y tan agradable, aunque es menos sensible a las condiciones de secado. Los resultados de los exámenes organolépticos se confirman por la determinación de los ácidos fenólicos de los vinos. La forma de hacer las duelas de la barrica (al fuego o al vapor) y las condiciones de su fabricación (con agua fria, caliente o vapor) no tienen tampoco influencia preponderante.

RIASSUNTO

Una sperimentazione completa mostra con un modo significativo, la superioritá della quercia dell'Allier ; l'essicamento naturale all'aria aggiunge un carattere con odore di legno, vanigliato piû sottile e pûi potente di quello communicato coll'essicamento artificiale con la stufa. La quercia del Limousino non communica un carattere con odore di legno cosî intenso e cosî piacevole ; è meno sensibile alle condizioni di essicamento. I risultati degli esami organolettici sono confermati della botte (al fuoco o al vapore) e le condizioni del suo avvinare (con acqua fredda, con acqua calda o con vapore) non hanno un'incidenza decisiva.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUGUSTE M.-H., 1979. Application de la chromatographie en phase liquide à haute pression à l'analyse des moûts et des vins. *Thèse 3e cycle,* Université de Bordeaux II.

BERTRAND A., 1975. Recherches sur l'analyse des vins par chromatographie en phase gazeuse. *Thèse Doctorat d'Etat ès Sciences,* Université de Bordeaux II.

GLORIES Y., 1978. Recherches sur la matière colorante des vins rouges. *Thèse Doctorat d'Etat ès Sciences,* Université de Bordeaux II.

GUYMON J.F. et CROWELL E.A., 1968. Separation of vanillin, syringaldehyd and other aromatic compounds in the extracts of french and american oak woods by brandy and aqueous alcohol solutions. *Qualitas Plant. Mat. veg.,* **16**, 320-333.

GUYMON J.F. et CROWELL E.A., 1970. Brandy aging. Some comparisons of american and french oak cooperage. *Wines and Vines,* **51**, 23-25.

GUYMON J.L. et CROWELL E.A., 1972. G. C. Separated brandy components derived from french and american oaks. *Am. J. Enol, Vitic.,* **23**, 114-120.

MARCHE M. et JOSEPH E., 1975. Etude théorique sur le cognac, sa composition et son vieillissement naturel en fûts de chêne. *Rev. Fr. Œnologie,* **57**, 1-106.

PONTALLIER P., 1981 a. Les conditions d'élevage des vins rouges en fûts et en cuves. *in Actualités Œnologiques et Viticoles,* Dunod éd., Paris.

PONTALLIER P., 1981 b. Recherches sur les conditions d'élevage des vins rouges. Rôle des phénomènes oxydatifs. *Thèse Docteur-Ingénieur,* Université de Bordeaux II.

PUECH J.L., 1978. Vieillissement des eaux-de-vie en fûts de chêne. *Thèse Doctorat de Spécialité,* Université de Toulouse.

RIBÉREAU-GAYON P., 1971. Recherches technologiques sur les composés phénoliques des vins rouges. III. — Influence du mode de logement sur les caractères chimiques et organoleptiques des vins rouge, plus particulièrement sur leur couleur. *Connaissance Vigne Vin,* **5**, n° 1, 87-97.

RIBÉREAU-GAYON J. et PEYNAUD E., 1961. *Traité d'Œnologie,* Tome II, Béranger, Paris.

RIBÉREAU-GAYON J., PEYNAUD E., RIBÉREAU-GAYON P. et SUDRAUD P., 1972. *Sciencees et Techniques du Vin.* Tome 1, « *Analyse et contrôle du vin* », Dunod éd., Paris.

SINGLETON V.L., 1974. in *The Chemistry of wine making.* (p. 184-211), A.D. WEBB éd., Washington.

SINGLETON V.L. et DRAPER D.E., 1961. Wood chips and wine treatment ; the nature of aqueous alcohol extracts. *Am. J. Enol. Vitic.,* **12**, 152-158.

SINGLETON V.L. et ESAU P., 1969. *Phenolic substances in grape and wine and their significance.* Academic Press, New York.

SINGLETON V.L., SULLIVAN A.R. et KRAMER C., 1971. An analysis of wine to indicate aging in wood or tratment with wood chips or tannic acid. *Am. J. Enol. Vitic.,* **22**, 161-166.