

# ASPECTS SENSORIELS DE L'USAGE DE CHENE EN ŒNOLOGIE : DE L'ELEVAGE EN BARRIQUE JUSQU'À VIEILLISSEMENT EN BOUTEILLES.

## A. Prida

Tonnellerie Seguin Moreau, Z.I. Merpins, B.P. 94, 16103 Cognac, France. [www.seguin-moreau.fr](http://www.seguin-moreau.fr)

Téléphone : 05 45 82 62 22 Télécopie : 05 45 82 14 28

[aprida@seguin-moreau.fr](mailto:aprida@seguin-moreau.fr)

## 1. INTRODUCTION

La maturation du vin en fût est une étape essentielle dans l'élaboration des grands vins et spiritueux. Au cours de l'élevage en fût, les extractibles du bois de chêne se diffusent dans et modifient les arômes et le goût du vin et d'alcool, en apportant des notes vanillées, épicées, fumées, etc. D'autre part, l'oxydation ménagée des substances présentes dans les vins et alcools causée par la pénétration d'oxygène à travers la barrique modifie favorablement les caractéristiques organoleptiques du vin telles que la couleur, le goût et l'odorat.

En effet, l'utilisation du bois (aussi bien les fûts que les grands contenants tels que foudres et cuves) apporte de nombreux bénéfices à l'élaboration des vins. Au cours de ces dernières années, les vignerons ressentent et expriment de plus en plus le besoin d'utiliser le fût de chêne ; compagnon traditionnel des vins de qualité, mais souvent oublié au profit de méthodes plus industrielles. - L'utilisation du bois demande également une maîtrise du procédé qui doit mettre en valeur le vin et ne pas le « standardiser » et le « banaliser » avec un boisé trop dominant.

## 2. BOIS DE CHENE

Plus de 800 espèces, ainsi que plusieurs hybrides composent le genre botanique *Quercus* (chêne) et couvrent une grande partie de l'Europe, d'Asie et d'Amérique de Nord. Pourtant, très peu d'entre elles peuvent être utilisées dans la tonnellerie, en raison de leurs propriétés mécaniques (« étanchéité » au premier rang), mais aussi gustatives.



Figure 1. Distribution de *Quercus* (d'après Keller)

Parmi les espèces utilisées, les deux groupes les plus répandus sont :

- **Les chênes d'origine européenne : chêne sessile (*Quercus petraea* Liebl.) et chêne pédonculé (*Quercus robur* L.), principalement.** Ces deux espèces sont très répandues dans les forêts françaises, faisant de ces dernières les principales sources de la tonnellerie. Pour autant, l'aire de végétation de ces deux espèces s'étend du Nord de l'Espagne aux montagnes de l'Oural en Russie. On trouve en Europe également d'autres espèces botaniques utilisées épisodiquement pour la fabrication de fûts : *Quercus frainnetto* (Balcanes, Hongries, nord d'Italie), *Quercus pyrenaica* et *Quercus faginea* (Espagne) etc.

- **Les Chênes d'origine d'Amérique du Nord.** Ces chênes, regroupés sous le nom générique de Chêne blanc d'Amérique, sont représentés principalement par l'espèce botanique *Quercus alba* L. et d'autres espèces proches telles que *Q. prinus* L., *Q. bicolor* Wild., *Q. macrocarpa* Michx. ... L'aire de leur végétation est le territoire des Etats-Unis, avec une présence majoritaire sur la Côte Est. Le bois de chêne américain est traditionnellement destiné à la fabrication des fûts à bourbon et à rhum : ça reste son premier marché. Il est à noter que ce type de bois est de plus en plus utilisé dans l'élaboration des vins.

On trouve également des références à l'utilisation d'espèces provenant d'Extrême Orient et du Japon : *Quercus dentata*, *Quercus mongolica*, *Quercus crispula*. L'utilisation de ce type de bois ne revêt actuellement aucune importance au plan économique, et n'a pas fait non plus la preuve de son intérêt.

## 2.1. La notion grain

Le grain : cette notion très importante et très utilisée par les tonneliers comme critère de la qualité du chêne est liée à l'accroissement annuel et représente la distance moyenne entre 2 cernes. Selon la classification acceptée par la majorité des tonneliers, le bois est classifié en 4 catégories : grain extrafin (moins de 1 mm), grain fin (1-2 mm), grain moyen (2-4 mm), et gros grain (plus de 4 mm).

Cette notion de grain utilisée empiriquement par les tonneliers dépend à la fois de l'origine botanique et géographique. L'influence de l'origine botanique réside dans le fait que les deux espèces botaniques de chêne français utilisées en tonnellerie ; chêne sessile (*Quercus petraea*) et chêne pédonculé (*Quercus robur*) ont des vitesses de croissance différentes. Le chêne pédonculé donne généralement des grains plus gros.

L'influence de l'origine géographique s'exprime par l'aptitude des facteurs écologiques (sol, climat etc.) à favoriser ou freiner la croissance des arbres. Un cycle long de végétation permet d'avoir une plus grande proportion de bois final, c'est-à-dire d'augmenter la distance entre les cernes.

Le duramen est riche en lignine et en tanins imprégnés ; il est imperméable dans la direction longitudinale grâce à la tylose. Le phénomène de tylose consiste en l'obturation des vaisseaux de bois par des petits particules – thylls, ce que rend le bois étanche. Cette propriété permet d'utiliser ce bois en tonnellerie. Les espèces de chêne qui ne développent pas la tylose ne sont pas étanches, à l'image des chênes rouges d'Amérique.

Seul « le bois parfait » est destiné à la fabrication des merrains, l'aubier étant systématiquement éliminé lors des opérations de merranderie. Après le billonnage des grumes, le duramen du bois de chêne des merrains est fendu en quartier pour respecter l'intégrité des fibres. Ce type de débit qui assure une meilleure étanchéité est cependant associé à un rendement faible : il faut entre 4 et 5 m<sup>3</sup> de grumes pour produire 1 m<sup>3</sup> de merrains : c'est la principale cause du coût élevé des merrains. Pour optimiser la matière, le mérandier est actuellement assisté par des systèmes numériques.

Le chêne blanc américain est caractérisé par une plus forte densité et une tylose plus importante : le chêne américain peut donc être scié plutôt que fendu, ce qui permet d'obtenir un meilleur rendement que pour le chêne français.

## 2.2 Composition chimique du bois

Le bois de chêne est caractérisé par la présence des trois classes principales de composés :

- Eau
- Substances formant les parois cellulaires (macromolécules).
- Substances extractives.

Le bois vert est très riche en eau, l'humidité pouvant aller jusqu'à 40-60%. Lors du séchage, l'humidité décroît jusqu'à la teneur de 12 à 18%, appropriée pour la fabrication des fûts. Plusieurs propriétés physiques dépendent de l'humidité, dont les dimensions qui changent (retrait) à l'issue du séchage. Les réactions chimiques qui opèrent pendant la chauffe des merrains dépendent également de leur taux d'humidité.

Les parois cellulaires représentent 85 à 95% de la masse sèche du bois et sont formées de 3 types des macromolécules : cellulose, hémicelluloses et lignine. Ces polymères sont à l'origine de certaines propriétés mécaniques du bois : résistance, élasticité sous l'action de la température, propriété d'isolation thermique, étanchéité aux liquides et perméabilité aux gaz.

Les polymères du bois ne sont pas extractibles au cours de l'élevage des vins. Par contre, ils sont à l'origine de substances monomériques extractibles, sous l'effet de la chauffe, ou pendant l'hydrolyse réalisée au cours de l'élevage des eaux-de-vie en fûts (liquides à forte teneur en éthanol).

## 2.3 Substances extractives.

Le bois de chêne est riche en composés dits « extractifs », car ils peuvent s'extraire par des solvants telle que l'eau, le vin et des solutions hydro alcooliques à faible degré d'éthanol. La teneur en substances extractives peut aller jusqu'à représenter 10% de la matière sèche du bois.

Sans être exhaustif et du point de vue œnologique seulement, on peut citer ici deux des principales catégories de composés extractifs :

- Tanins de chêne (ellagitanins)
- Substances volatiles

2.3.1. Ellagitanins : Les substances phénoliques et notamment les ellagitanins sont les composés les plus abondants parmi les composés extractibles du bois. Les ellagitanins sont responsables de la dureté de chêne et protègent l'arbre vivant ou mort contre les altérations microbiologiques. Les ellagitanins monomères et dimères (majoritaires : vescalagine et castalagine – jusqu'à 50% de la teneur totale en ellagitanins; minoritaires : grandinine, roburines A-E, et produits d'hydrolyse – acide ellagique, vescaline, castaline) ont été identifiés dans le chêne de tonnellerie.

Les ellagitanins sont présents en quantités abondantes dans le duramen du bois de chêne (6 à 10% de bois sec). En outre, une partie importante des ellagitanins polymérisés imprègne les parois cellulaires du duramen et est insoluble.

## 2.4. Substances volatiles.

2.4.1. Substances aliphatiques : Les aldéhydes et les cétones non-saturés sont présents dans le bois de chêne dans des concentrations relativement réduites. Par contre nombre d'entre eux sont caractérisés par un fort pouvoir odorant. Parmi ceux-ci on peut citer E (trans)-2 nonenal, 3-octen1-on, E (trans)-2-octenal, 1-decanal. Chatonnet et Dubourdiou ont déterminé que ces substances sont responsables de l'arôme spécifique de bois frais et de l'arôme dit de « planche » ou de « sciure », un défaut majeur pour un vin élevé en fût de chêne. L'origine possible de ces composés est la transformation chimique ou enzymatique des acides gras, présents dans le bois, les plus abondants étant les acides oléique, linoléique, et palmitique.

2.4.2. Lactones : Plusieurs lactones appartenant aux groupes  $\gamma$ -octa, nona et decalactones ont été identifiées dans le bois de chêne. Mais parmi elles, les deux isomères de b-méthyl-g-octolactones (aussi appelée « whisky-lactone ») méritent une attention spéciale. Ces deux composés sont considérés par plusieurs auteurs comme étant, et de loin, les molécules les plus importantes dans la perception organoleptique des vins élevés en fût de chêne. A l'état pur, ces composés, sont caractérisés par des notes noix de coco ou boisé, mais en mélanges complexes comme le vin, ils rappellent la note « boisé-vanillé », « doux ».

Wilkinson et al. a déterminé la présence dans le bois de chêne de différents précurseurs de whisky-lactone. La présence des whisky-lactones dans les vins boisés est alors la somme des whisky-lactones libre et des whisky-lactones obtenues à partir des précurseurs au cours de la maturation, de la chauffe et même au cours de l'hydrolyse en milieu liquide (vin).

2.4.3. Divers : Les aldéhydes aromatiques (vanilline, syringaldéhyde, sinapaldéhyde, coniféraldéhyde etc...) proviennent de la dégradation de la lignine. Leurs teneurs sont faibles dans le bois non traité thermiquement. Par contre, la chauffe fait apparaître ces composés. L'eugénol, un phénol volatil à fort arôme de clou de girofle, est le plus répandu et un des plus importants au plan sensoriel dans le bois natif.

## 3. FACTEURS DE VARIABILITE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DE BOIS DE CHENE. PRINCIPES DE SELECTION DU BOIS EN TONNELLERIE.

Le bois de chêne est caractérisé par une variabilité importante du point de vue anatomique, chimique et physique. Parmi les facteurs qui contribuent à cette variabilité on peut citer : l'espèce botanique, (*Quercus alba*, *Quercus robur*, *Quercus petraea*), l'individu (effet « arbre » au sein d'un peuplement), l'âge du bois, la largeur de cerne (ou « grain ») et l'origine géographique (effet « forêt » ou effet « zone écologique »). Les tonneliers utilisent ces facteurs comme critères de qualité et de spécificité du bois pour créer leurs gammes de produits.

### 3.1. Variabilité intra-arbre

La distribution des teneurs en composés extractibles et notamment des ellagitanins n'est pas homogène dans les différentes parties de l'arbre. Masson et al et Mosedale et al ont montré que l'aubier est une zone très pauvre en ellagitanins, tandis que la zone de transition aubier-duramen est la partie la plus riche. Puis, plus on approche du cœur de l'arbre, plus la teneur en ellagitanins diminue. Par contre, les mêmes auteurs n'ont pas constaté une variation de distribution importante dans le sens de la longueur/hauteur de l'arbre.

### 3.2 Variabilité inter-espèce

De nombreux travaux montrent que le chêne pédonculé ou *Quercus robur* est en général plus riche en ellagitanins que le chêne sessile ou *Quercus petraea* ou à l'opposé le chêne pédonculé présente des teneurs plus faibles en composés volatils et en particulier en cis-whisky-lactone que le chêne sessile. Le chêne blanc américain est caractérisé par une teneur en composés aromatiques plus forte et une teneur en tanins plus faible par rapport aux deux espèces européennes.

### 3.3 Grain

Le “grain” du bois, paramètre influencé par l’espèce botanique, mais aussi par les conditions de croissance de l’arbre en forêt, est considéré comme un indicateur de la composition chimique du bois de chêne. Il est souvent observé comme étant proportionnel à la teneur en extrait sec, en ellagitannins et est anticorrélé avec les substances volatiles. Pourtant, d’autres études montrent que l’effet probable de l’influence du grain s’explique par une différence statistique entre la représentation des espèces dans les merrains de « gros grain » (chêne pédonculé, à croissance rapide) et de grain fin (majoritairement chêne sessile, à croissance lente). Le tri des merrains sur la base de la finesse du grain fin (le grain fin est très recherché pour les vins) a pour objectif d’augmenter la proportion de chêne sessile.

### 3.4. Origine géographique. Conditions écologiques.

L’influence de l’origine géographique (effet “ forêt ”) est mal connue car souvent, les travaux déjà réalisés ne prennent pas en compte l’espèce. Ainsi, dans la comparaison de deux forêts ayant différentes distributions d’espèces botaniques, l’effet forêt est souvent confondu avec l’effet espèce botanique.

Toutefois, en pratique et sur la base des connaissances empiriques, la provenance du bois est souvent mise en avant au regard de l’image des « forêts prestige ».

### 3.5. Comparaison des effets espèce et conditions de végétation. Variabilité « individuelle ».

Prida et al. ont réalisé une étude de comparaison des effets espèce et conditions de végétation a été réalisé sur une parcelle forestière mixte équienne (Forêt de la Petite Charnie, Sarthe, France) comptant 297 chênes sessiles et pédonculés répartis en fonction de différentes zones écologiques : vallée, pente et colline.

L’analyse de variance montre que les deux espèces (sessile et pédonculé) se caractérisent par des différences significatives concernant la teneur globale en ellagitannins. Il en est de même pour les substances volatiles (*cis* et *trans* whisky-lactone, eugénol).

Les chênes pédonculés et sessiles présentent une distribution pratiquement gaussienne, caractérisée par des pics distincts pour chacune des deux espèces. Cependant, et bien que l’on observe des valeurs moyennes différentes, il n’y a pas de séparation nette entre ces deux espèces.

Le chêne pédonculé se caractérise par une très faible teneur en whisky-lactone. La distribution des échantillons de bois de chêne sessile est particulièrement intéressante grâce à son profil bimodal. Le premier optimum correspond aux chênes sessiles pauvres en whisky-lactone et le deuxième optimum aux plus riches.

En conséquence, on peut dire que le chêne sessile possède en moyenne des teneurs beaucoup plus élevées en *cis* whisky-lactone que le chêne pédonculé. Il existe quand même une proportion non négligeable de chênes sessiles pauvres en whisky-lactone et dont les teneurs sont comparables à celles des chênes pédonculés.

Afin d’évaluer l’effet des zones écologiques, l’analyse de variance a été réalisée pour tous les bois confondu, mais aussi pour les bois de même espèce répartis dans les 3 zones écologiques suivantes. Les résultats obtenus montrent l’absence de différences significatives entre les zones écologiques étudiées, aussi bien pour les chênes sessiles que pédonculés. Par contre, l’effet zone a été trouvé dans le cas relatif à tous les bois confondu.

Il s’agit tous simplement de l’effet espèce, car elles ont toutes deux (sessile et pédonculé) été distribuées d’une manière hétérogène dans le peuplement (beaucoup de sessile dans la colline et peu dans la vallée). Cette observation montre encore une fois que l’effet zone (dans l’absolu effet « forêt ») est beaucoup moins important que l’effet espèce botanique et pourtant souvent confondu avec ce dernier, en raison d’une distribution hétérogène des espèces de chênes dans les forêts.

Il est important également de mentionner ici une forte variabilité interindividuelle, car on trouve sur la même parcelle, au sein de la même espèce, toutes autres conditions étant égales par ailleurs (grain, âge...), des différences assez impressionnantes (ex. valeur en whisky lactone varie de 0,01 à 50 µg/g).

La variabilité naturelle de la composition chimique du bois de chêne à merrains rend difficile la production de fûts de qualité identique. La maîtrise de la provenance et de l’origine botanique du bois résout partiellement cette difficulté. Aussi, l’analyse chimique du bois de chêne peut être considérée comme un outil complémentaire aux critères traditionnels de sélection (espèce, provenance ou origine, grain, etc.) pour optimiser le contrôle de la qualité du bois de chêne à merrain.

## 4. SECHAGE DES MERRAINS.

Après abatage, le bois de chêne a un taux d’humidité de 40 à 60%, qui évoluera vers un taux final, après maturation, de 12 à 18% (taux convenable pour la fabrication des fûts).

Les merrains sont séchés à l’air libre, entreposés sur palettes. La durée du séchage naturel varie selon les tonneliers mais s’établit généralement entre 1,5 et 3 ans : cette durée est très souvent mise en avant comme un argument de qualité du bois.

Le séchage modifie les propriétés chimiques et organoleptiques du bois de chêne. Au cours de cette période, le bois perd son caractère « vert », acide et astringent. Il devient alors apte à être utilisé en tonnellerie. Les conditions de séchage (intempéries, température et humidité ambiante) jouent un rôle important sur la qualité des bois. L’arrosage artificiel relié au monitoring météo permet d’obtenir une meilleure reproductibilité et de compenser le manque d’eau au cours des étés trop secs. La

technique d'empilage des merrains est également un facteur capital, qui permet d'assurer une circulation de l'air et de l'eau à l'intérieur des piles, afin d'obtenir une homogénéité de résultat de séchage.

Au cours du séchage à l'air du merrain, outre la diminution de l'humidité, on assiste à une modification de la composition chimique du bois de chêne. Toutefois, on relève dans la littérature des résultats contradictoires en ce qui concerne l'évolution de certains extractibles du bois. Les mécanismes invoqués pour expliquer ces transformations sont variés : lessivage du bois par les eaux de pluie (ou par l'arrosage des piles), oxydation, hydrolyse et/ou polymérisation des polyphénols du bois. Il peut également y avoir des transformations microbiologiques au cours de la colonisation microbienne des merrains. Enfin, les ellagitannins ainsi que d'autres extractibles du bois de chêne migrent vers la surface des douelles avec l'eau libre. Cette migration se fait sous le contrôle de la circulation de l'air, de l'humidité et de la température ambiante.

## 5. FABRICATION DES FUTS. CHAUFFE.

Une fois entrés dans le processus de fabrication des fûts, les merrains sont soumis aux différentes opérations d'écourtage, de jointage, de dolage et parfois d'évidage. Ces opérations à la fois précises et laborieuses, faites historiquement à la main par les tonneliers, sont désormais réalisées par des machines numériques.

Une fois usinés, les merrains, devenus douelles, sont appareillés pour former la coque du futur fût. Les douelles sont ensuite assemblées autour d'un premier cercle pour former une rose, puis cintrées. Le but du cintrage est de courber les douelles pour leur donner la forme finale du fût. Le cintrage s'effectue principalement au feu de bois, mais d'autres techniques de cintrage à la vapeur ou par immersion dans l'eau chaude sont également utilisées.

Au cours du cintrage, les températures ne sont pas suffisamment élevées pour entraîner des changements profonds du bois. Ces changements se produisent en revanche au cours de la deuxième chauffe appelée aussi « bousinage ».

Selon l'intensité de la chauffe - légère, moyenne, forte etc.- on obtient des caractéristiques spécifiques. Les tonnellerie proposent différents programmes de chauffe, en réponse aux attentes des vignerons et des œnologues.

Au cours du bousinage, les températures atteignent 200 à 250°C à la surface interne des douelles et diminuent fortement en profondeur de bois pour atteindre 50 à 80°C à la surface externe. La composition chimique du bois varie donc en fonction de l'épaisseur de la douelle et des caractéristiques des différents polymères sous l'action de la chaleur. La température contribue également à des changements physiques du bois, en créant par exemple des fissures qui permettront aux liquides de pénétrer en profondeur dans le bois pour en extraire les extractibles. Au cours de la chauffe, on constate la dégradation des macromolécules du bois entraînant la formation de nombreuses substances volatiles. Il se forme des phénols volatils (gàicol, 4-méthylgàicol, eugénol, syringol, etc..) et des aldéhydes aromatiques (vanilline, syringaldéhyde, etc..) à partir de la lignine ; des dérivés furaniques et pyraniques (furfural, 5-hydroxyméthylfurfural, 5-méthylfurfural, maltol, isomaltol, hydroxymaltol, etc..) à partir des hémicellulose et de la cellulose.

Ces molécules possèdent des arômes intenses, susceptibles d'orienter les qualités organoleptiques des vins : par exemple les aldéhydes aromatiques avec des notes de pâtisserie, de viennoiserie, les composés furaniques avec des notes de toasté, caramel et les phénols volatils avec des notes d'épice, de grillé, de caramel. Sous l'influence de la chaleur, la formation de whisky-lactones a pour origine son précurseur, puis la teneur de cette lactone diminue avec l'augmentation de la température. Toutefois, plusieurs auteurs constatent que la teneur en whisky-lactones sur le bois toasté est corrélée avec celle identifiée dans le bois avant la chauffe. Les ellagitannins sont des composés thermosensibles : aussi, leur teneur est très faible dans les deux premiers millimètres d'épaisseur de la douelle à l'issue d'une chauffe forte.

## 6. ELEVAGE DES VINS EN FUTS.

Le vieillissement en barrique de chêne est une étape essentielle pour l'élaboration des grands vins. Durant l'élevage sous bois, deux phénomènes principaux se déroulent :

- d'une part l'oxydation des substances présentes dans les vins ou les alcools, due à la pénétration de l'oxygène à travers le fût.
- d'autre part la diffusion des extractibles du bois de chêne.

### 6.1 Pénétration de l'oxygène.

Le bois est un matériau poreux qui permet un échange entre le vin et l'atmosphère. Feuillat a défini le fût comme une « interface active » entre un milieu liquide (vin) et un milieu gazeux (air ambiant de la cave) qui, grâce à ses propriétés physiques et chimiques détermine les phénomènes d'échanges entre ces deux milieux. Parmi les phénomènes d'échange, on peut citer la « consume », c'est-à-dire la perte de vin, qui varie entre 1 et 9% en fonction des conditions du chai (température et humidité).

La « consume », qui se produit au cours de l'élevage, détermine la formation du creux (ciel gazeux), c'est-à-dire l'espace vide dans la partie supérieure du fût. D'après Ribéro-Gayon, la piste de l'oxydation du vin au niveau de l'interface « ciel gazeux »/liquide est prépondérante à la diffusion de l'oxygène au travers des douelles.

Les phénomènes d'oxydation dépendent alors de la surface de contact « ciel gazeux »/vin, qui à son tour dépend de l'intensité de « consume » et de la périodicité des ouillages. Plus la « consume » est intense et les ouillages sont espacés, plus l'oxydation est importante.

Outre l'oxydation au niveau du creux, les différents auteurs citent les phénomènes liés à la pénétration de l'oxygène à travers le bois.

Singleton considère que l'oxygène pénètre préférentiellement à travers le bois sec, plutôt qu'à travers le bois imprégné de vin. Feuillat montre que l'oxygène qui pénètre à travers le bois est en partie consommé avant même de venir équilibrer le système « évaporation-dépression-contraintes mécaniques », car il entre en réaction avec les ellagitanins à la frontière vin/bois. Les ellagitanins peuvent être considérés comme une barrière entre l'air et le vin, et servent de transporteurs d'oxygène entre ces deux phases. En résumé de tous les phénomènes mentionnés, on peut admettre que l'oxydation se fait par :

- l'échange au niveau de la surface « ciel gazeux » /vin ;
- la surface du fût (à travers le bois) ;
- les opérations technologiques (ouillages, soutirages).

## 6.2. Extraction des substances du bois de chêne.

**6.2.1. Substances aromatiques :** Les extractibles majeurs qui interviennent sur l'odorat (whisky-lactones, eugénoles, vanilline, etc..) sont extraits à partir du bois de chêne et sont présents dans les vins dans des concentrations supérieures à leur seuil de détection organoleptique.

Plus généralement les dégustateurs parlent de notes caractérisées par une description « **boisé/vanillé** » et des notes groupées sous le descripteur « **torréfaction/grillé/fumé** ».

**6.2.2. Arômes de « boisé-vanillé » :** Les deux familles de composés (la vanilline et ses dérivés d'une part et les whisky-lactones d'autre part) ont été identifiées par différents auteurs comme étant à l'origine des sensations « vanille-boisé ». Les représentants typiques et les plus odorants de ces deux classes sont la vanilline (arôme vanille) et la cis-whisky-lactone (arôme noix de coco). Pourtant, dans les milieux complexes tels que le vin, ils jouent un rôle beaucoup plus important que celui, uniquement, de conférer aux vins des notes « vanille » et « noix de coco ».

Les études démontrent que la présence de cis-whisky-lactone, en plus de sa contribution à l'arôme de noix de coco, permet d'augmenter les intensités des descripteurs « fruits rouges/noirs », « café », « chocolat noir », « lacté » et de gommer la note « terreux », « planche ».

Si on analyse le rôle organoleptique de la vanilline dans le vin, il a été démontré que la teneur en vanilline dans le vin n'est pas uniquement conditionnée par les facteurs de fabrication des fûts (Essence de chêne, chauffe), mais aussi par les facteurs œnologiques. Spillman et al. a montré que la teneur en vanilline est presque 2 fois inférieure dans les vins blancs et rouges élevés en fûts de chêne par rapport au vin-modèle (solutions hydro alcooliques ajustées au pH du vin) élevé exactement dans les mêmes conditions.

Cette diminution est alors attribuée au fait que la vanilline peut être transformée sous l'action de la microflore levurienne au cours de la fermentation ou de l'élevage des vins en présence de lies dans les fûts : ce qui est le cas des vins réels mais pas du vin-modèle. L'alcool vanylique, vanylique-ethyl éther, ainsi que d'autres molécules pas encore clairement identifiées en sont les produits de transformation.

Ainsi la teneur en vanilline est un large compromis entre les mécanismes d'extraction à partir du bois et de transformation dans le milieu vin.

**6.2.3. Arômes de « torréfaction/grillé/fumé » :** Parmi les substances qui contribuent aux notes de « torréfaction/grillé/fumé », on peut citer les substances furaniques issues de la thermolyse des hémicelluloses et des celluloses du bois au cours du bousinage des fûts : furfural, 5HMF, 5MF. Ces composés se caractérisent à l'état pur par des arômes de pain grillé, amande, caramel, crème brûlée. Par contre, leurs seuils de perception dans le vin sont assez élevés (ex. 15mg/L pour furfural, tandis que sa concentration dans les vins varie entre 0,4 et 3 mg/L). Dans le milieu vin, ces composés font l'objet de différentes transformations microbiologiques, ce qui conduit à la diminution de leur teneur. D'autre part, ces composés peuvent être à l'origine de produits de transformation au pouvoir odorant très élevé comme le furfuryl-thiol - une molécule très fortement odorante (seuil de perception (2ng/L), qui rappelle l'arôme de café. Cette molécule est le résultat de la transformation du furfural sous l'action des bactéries lactiques au cours de la fermentation malolactique, ou dans des conditions réductives d'élevage. Par contre, il est très difficile de mesurer l'importance de cette molécule, car elle n'est pas très stable dans le milieu vin.

D'autres composés responsables de cette sensation sont les phénols volatils, qui sont soit des produits issus du bois (chauffe), soit des produits issus des transformations microbiologiques.

Effectivement, la chauffe des fûts génère une production importante de phénols volatils, parmi lesquels on peut distinguer gaïacol, 4-méthyl-gaïacol, propyl-gaïacol, iso-eugénoles etc... Ces composés qui provoquent un fort arôme de « fumé/brûlé » ou « pharmaceutique/âpre » proviennent de la dégradation de la lignine. Une forte intensité de chauffe favorise leur formation. Parmi ces composés, deux d'entre eux (gaïacol, 4-méthyl-gaïacol) jouent le rôle organoleptique le plus important.

**6.2.4. Tanins :** Les propriétés organoleptiques des extraits du bois de chêne concernent principalement la sensation tactile d'astringence et du goût amer et acide. Pourtant, l'apport direct d'astringence et d'amertume du vin par le bois reste un sujet très obscur. En effet, les ellagitanins issus du bois ne sont pas stables dans les vins. Au cours de l'élevage ces composés étant très hydrosolubles passent rapidement dans le milieu vin.

Mais une petite partie seulement de ces composés survit à l'état natif dans le vin ou leur extraction à partir du bois de chêne est compensée par la transformation dans le milieu alcoolique. L'autre partie subit différentes modifications.

Les ellagitanins sont hydrolysés jusqu'aux vescaline et castaline et acide ellagique, ou condensés avec des polyphénols ou protéines du vin. La grande partie des ellagitanins se combine avec des substances du vin, notamment avec des flavanols (catechin et épicatechin), anthocyanes (malvidine et malvidine-glucoside), l'éthanol et des thiols. Il y a en effet un grand nombre de polyphénols du vin (flavonoïdes), plus ou moins polymérisés : la chimie des produits de condensation est très complexe. Pour l'instant, seules les formes des plus petites masses moléculaires sont identifiées.

La comparaison des teneurs en ellagitanins (généralement quelques mg/L) dans les vins avec leurs seuils de perception gustative ne permet pas de mesurer leur importance dans le goût, compte tenu déjà de la présence des polyphénols natifs issus du raisin, dans des concentrations bien supérieures (quelques g/L). La question de l'importance gustative des ellagitanins et de leurs dérivés dans le vin reste pour autant ouverte, car la chimie de ces composés est très compliquée et il est possible qu'il existe des molécules encore non identifiées et pouvant avoir un fort impact sur le goût des vins.

D'autre part, les tanins du bois semblent avoir un impact indirect sur les vins logés en fût car, grâce à leurs structures chimiques, ce sont des molécules très oxydables qui peuvent par conséquent changer l'équilibre Red-Ox d'un vin. Il a été démontré que la présence des ellagitanins augmente la consommation d'oxygène dans les vins.

## 7. EPUISEMENT DES FUTS

Il est démontré que la couche du bois de chêne au contact direct du vin s'épuise, mais également elle devient imperméable car elle se colmate avec les précipités du vin (acide tartrique, colloïdes, etc..) empêchant par la suite la diffusion des extractibles du bois. De plus, le bois de chêne peut être altéré par des levures sauvages, des bactéries acétiques etc... Il est considéré que la durée optimale d'utilisation d'un fût à vin est comprise entre 3 et 5 ans. Les plus vieux fûts n'apportent plus de composés extractibles du bois au vin, mais ils sont utilisés comme contenant permettant l'oxydation, ce qui souvent le cas en Champagne. Cependant, l'utilisation de ces contenants usagés requiert une grande rigueur au niveau de l'hygiène, car les fûts peuvent devenir rapidement des sources de contamination par une microflore non-désirable, ainsi que par les produits de son métabolisme.

Les sulfitages successifs des fûts d'occasion peuvent également compromettre la qualité des vins en leur apportant une dureté et une sécheresse liées à l'extraction des sulfates issus de l'oxydation de SO<sub>2</sub> dans le milieu bois. L'apport des dérivés de SO<sub>2</sub> à partir des fûts usagés peut conditionner un retard de fermentation malolactique, ainsi que la formation excessive de produits soufrés aux arômes/goûts réduits lors la fermentation alcoolique.