

## **BOTTI E BARRIQUES SECONDO TEBALDI: SCEGLI I LEGNI IN BASE AI RISULTATI DESIDERATI**

A cura dell'Ufficio Tecnico di Tebaldi Srl

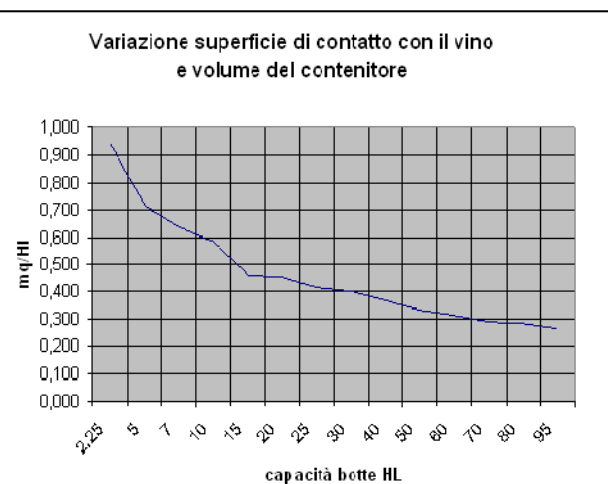


Fino agli inizi degli anni '90 del secolo scorso in Italia pochi o addirittura pochissimi avevano competenze ed esperienza sull'uso delle barrique, i piccoli contenitori in legno di quercia di origine francese. Molto di più si sapeva sull'uso delle botti di grandi dimensioni, la cui fabbricazione era affidata all'abilità dei mastri bottai che operavano spesso con tradizioni secolari in ogni regione d'Italia.

Per imparare a scegliere e ad utilizzare barriques e tonneaux sui nostri vini ci si affidò allora ai produttori francesi, che si trovavano in una posizione privilegiata, sia per la presenza delle più grandi foreste di rovere adatta alla tonnellerie del nostro continente sia per la lunga tradizione di uso di questi contenitori. Anche in Francia tuttavia proprio in quegli anni il rapporto tra vino e legno stava cambiando e la barrique era passata da semplice contenitore a vero e proprio strumento per un'enologia ragionata. Sono gli anni in cui anche la scienza si avvicina al mondo della tonnellerie per aiutarlo a studiare i fenomeni e a standardizzare i processi (Chatonnet, 1991; Chatonnet et al., 1989; Dubois et al., 1989; Di Stefano R., 1988).

È proprio in quegli anni, per l'esattezza nel 1992, che Marco Tebaldi inizia il suo percorso di conoscenza nel mondo del legno importando le prime barriques dalla Francia. Un percorso che si è andato approfondendo nei decenni successivi, nei quali Tebaldi e il suo staff acquisiscono le competenze necessarie per consigliare le scelte più adatte per ogni vino ai produttori italiani e quelle relative ai criteri di selezione e trasformazione del legno e ai meccanismi dell'industria della tonnellerie.

Ma negli anni le tendenze cambiano e l'enologia non sfugge ai corsi e ai ricorsi nei quali si rincorrono mode e tradizioni e così negli ultimi anni i produttori riscoprono con interesse le potenzialità dell'affinamento nelle botti della tradizione italiana, preferendo quelle di medie dimensioni comprese tra i 10 e i 30 hl di capienza, nelle quali il rapporto tra superficie/volume permette ancora al vino di avvantaggiarsi dell'azione di cessione e ossigenazione del legno.



**Fig.1:** Con le dimensioni del fusto, dal più piccolo (la barrique) al più grande (la botte di varie dimensioni) cambia il rapporto tra il volume di vino e la superficie di scambio tra vino e legno. Nei contenitori di minori dimensioni, questo rapporto è più elevato e l'influenza organolettica dei composti estratti dal legno è maggiore, così come superiori sono le quantità di ossigeno che attraverso la superficie porosa del legno passano in soluzione nel vino. Si favorisce così la corretta evoluzione ossidativa dei composti fenolici e la stabilizzazione del colore.

### Sua maestà la quercia

Sebbene nel passato la produzione di botti fosse legata alle essenze maggiormente presenti sul territorio (in Italia ad esempio in assenza di foreste di rovere le botti erano prevalentemente in castagno) e anche in tempi recenti alcuni abbiano descritto possibili utilizzi di altre specie come il ciliegio o l'acacia, la quercia rimane la fonte principale e più adatta alla produzione di barriques e tonneaux, ma anche di botti e tini in legno. Questa attitudine è legata non soltanto alle proprietà meccaniche e fisiche di resistenza, tenuta e microporosità, ma anche alla composizione chimica del legno, ricco in sostanze estraibili in grado di interagire con il profilo organolettico del vino.

Le specie del genere *Quercus* utilizzate sono *Quercus robur* o *pedunculata* (nome comune Farnia), *Quercus petraea* o *sessilis* (il Rovere propriamente detto) diffuse nelle foreste dell'Europa centrale e orientale e *Quercus Alba* o Rovere Americano, presente invece in America del Nord. Le tre specie differiscono per le caratteristiche fisiche del legno (il rovere europeo ad esempio è caratterizzato da una maggiore porosità e grana più fine rispetto al rovere americano che per questo motivo non è adatto alla produzione di doghe con la tecnica dello spacco). Anche tra le specie europee le differenze in materia di estraibili sono notevoli (Tab. 1).

	<i>Quercus sessilis</i>	<i>Quercus pedunculata</i>
Estraibili totali	90	140
Ellagitannini (mg/g)	8	15
Catechina (mg/g)	0,3	0,45
Metil octolattoni (cis + trans) (µg/g)	77	16
Eugenolo	8	2
Vanillina	8	6

**Tab.1: Caratteristiche degli estraibili presenti nel legno delle due specie di quercia europea ottenuti con una soluzione idroalcolica al 12% (da Chatonnet, 1991)**

Le foreste tuttavia difficilmente sono costituite soltanto da una delle due specie in purezza. Più frequentemente le due specie (e i loro numerosi ibridi) convivono e in alcuni casi, in funzione soprattutto delle caratteristiche pedoclimatiche, si ha la prevalenza dell'una o dell'altra.

Non è facile distinguere il legno di quercia sulla base della specie, soprattutto una volta tagliato e ridotto in assi come lo si trova sui piazzali dei *merrandier* (i commercianti di legname dai quali si forniscono le tonnellerie). Dando per costante la composizione botanica dei legni provenienti dalle diverse foreste è stata introdotta, soprattutto per i legni di origine francese, una sorta di classificazione di qualità basata sulla provenienza del legname. Un criterio che riflette quello che il terroir rappresenta per il mondo del vino, che applicato alle foreste di rovere risulta molto affascinante ma poco oggettivo. Vediamo perché.

### La nozione di foresta, un mito da sfatare

La qualità del legno dipende da una serie di fattori che vanno oltre alla sola zona geografica. A influirvi sono fattori ambientali come il suolo, il clima e il microclima, l'orientamento e l'esposizione, la genetica (la specie) e l'età delle piante, ma anche fattori antropici come la conduzione forestale, la fittezza (le fustaie più fitte sono le migliori), la presenza di altri alberi in competizione con le piante ecc. Il servizio forestale francese, l'ONF, gestisce quasi totalmente la vendita all'incanto dei tronchi delle parcelle che ogni anno vengono scelte per essere abbattute nelle diverse aree forestali.



I merrandier le acquistano e ne ottengono le assi dalle quali nasceranno le doghe di barrique, tonneaux e botti, applicando diverse tecniche di spacco (per le prime due categorie di contenitori) o di taglio per segatura (per i contenitori di maggiori dimensioni). In una catasta di assi di un merrandier quindi vi possono essere legni diversi per specie botanica, caratteristiche del legno legate al microclima e di diversa qualità perché ottenuti da diverse porzioni del tronco. I legni provenienti dalle foreste francesi più note per la loro qualità come quelle della regione dell'**Allier** sono sicuramente tra i migliori per una serie di fattori che comprendono anche l'esperienza dei merrandier

nelle operazioni di scelta e di taglio ma ciò non esclude che anche in altre foreste si possano trovare ottimi legni e tagli pregiati. Nel caso delle foreste dell'Est Europeo ed in particolare della **Slavonia** ad esempio, una regione compresa tra la Croazia e l'Ungheria, quello che manca sono soprattutto le conoscenze sulla composizione botanica e sulle attitudini enologiche dei legni, ma una buona gestione forestale unita all'applicazione di criteri di scelta adeguati permettono talvolta di ottenere risultati di elevata qualità. In questa zona le due specie di quercia sono presenti su superfici molto estese nelle pianure, dove prevale la *Q. pedunculata*, e in collina, dove domina invece la *Q. sessilis*. La conoscenza della provenienza del legno rappresenta quindi sicuramente una buona partenza per una classificazione. Ma non è sufficiente.

#### **Criteri di classificazione oggettivi e legati al risultato**

Se la nozione legata alla provenienza geografica non basta, per una classificazione del legno da tonnellerie sono quindi necessari dei parametri di scelta oggettivi.

Per la valutazione delle caratteristiche meccaniche legate al comportamento del futuro contenitore nei confronti dell'ossigeno viene utilizzato il concetto di **grana**, che definisce la dimensione o meglio lo spessore medio dei cerchi di accrescimento annuale, presenti nella sezione trasversale del tronco.

La grana dipende dall'andamento stagionale e dalla velocità di accrescimento della pianta nel periodo primaverile ed estivo e offre quindi informazioni sulle caratteristiche istologiche del legno, sulla sua porosità ed in modo meno diretto anche sulla presenza e la quantità di estraibili.

La porzione di legno che interessa il bottaio infatti, il durame, è quella interna allo xilema (la zona di accrescimento) ed è formata dai tessuti che a seguito del processo, detto di duraminizzazione, hanno accumulato nelle cellule morte e nei vasi chiusi dalle talle e pertanto più impermeabili al passaggio dei liquidi, sostanze di vario tipo come fenoli, oli, gomme, polisaccaridi, acidi organici e sostanze minerali che ne garantiscono la tenuta e la presenza di sostanze estraibili di interesse enologico.

La grana non fornisce però informazioni sulla composizione e la qualità degli estraibili, fondamentali nella scelta del legno e nella sua classificazione in funzione delle possibili applicazioni enologiche. Una classificazione che permetta di stimare e valutare il potenziale e l'attitudine enologica dei legni fin dal periodo di stagionatura del legno è possibile infatti solo basando il criterio di scelta sull'impatto organolettico degli **estraibili** in grado di influenzare i caratteri gustativi e aromatici del vino finito.

Molti autori hanno analizzato la composizione in composti fenolici e aromatici del legno nuovo con l'analisi HPLC e GC e dei vini affinati in esso, per identificare la qualità dei composti presenti, le differenze tra i diversi legni in funzione di provenienza, stagionatura, grado di tostatura e cessione in condizioni diverse di

vinificazione (da Chatonnet P., 1991, Vivas N., 2002).

Sebbene l'approccio analitico sia sicuramente una via percorribile anche in fase di produzione, nell'identificazione di un parametro da applicare nella valutazione dei processi di stagionatura e nella classificazione dei legni da destinare alle diverse applicazioni enologiche, l'esperienza dei maestri tonnelleri di Bel Air, partner francese di Tebaldi per la produzione di piccoli fusti, hanno verificato una maggiore rispondenza con il risultato enologico nell'applicazione di un metodo puramente sensoriale di valutazione delle caratteristiche delle doghe.

### Il metodo Bel Air di degustazione del legno



Il metodo di degustazione del legno consente di valutare l'andamento e la durata della fase di stagionatura e di applicare una nuova classificazione basata sulle potenzialità enologiche ed organolettiche del legno.

Le doghe, provenienti da legni scelti da parcelle selezionate ed omogenee delle foreste francesi vengono valutate a partire dal quindicesimo mese e fino alla fine del periodo di stagionatura.

In questo periodo, fondamentale per la qualità del legno, le doghe preformate e disposte in cataste sostano sui piazzali della tonnellerie.

L'azione degli agenti meteorici, pioggia, alternanza delle temperature invernali ed estive, della luce, e dei microorganismi, soprattutto funghi e muffe che si sviluppano sulla loro superficie e al loro interno, porta alla trasformazione di molti dei composti presenti nel legno tra i quali ricordiamo l'idrolisi e il dilavamento dei composti erbacei e amari caratteristici del legno verde come le cumarine, o la formazione di composti di evoluzione aromaticamente attivi (Tab. 2).

Composti presenti nel legno fresco	Come si trasformano nella stagionatura	Effetto
Tannini ellagici (es vescalagina)	Acidi ellagico, monomeri, oligomeri	Influenza sulle caratteristiche di struttura e astringenza
Cumarine	Passano dallo stato glicosidato alla forma di agliconi liberi	Vengono più facilmente dilavate e riducono la sensazione di amaro e "verde"
Lignina	Aldeidi fenoliche (Aldeide vanillica)	Aroma di "vaniglia" aumenterà ancora con la tostatura
Carotenoidi	Norisoprenoidi	Riduzione di colore del legno
Lattoni ( $\beta$ metilgammaoctolattone)	Passaggio della forma trans (legno) alla forma cis (albicocca, cocco)	Cocco, albicocca

**Tab. 2: Che cosa accade nel corso della stagionatura?**

*Sopra alcune delle trasformazioni che avvengono nel legno di quercia durante il periodo di stagionatura.*

Dal campione rappresentativo del lotto (varie doghe di ogni catasta) si ottiene del truciolo poi finemente sminuzzato. L'estrazione avviene in sola acqua oligominerale per 48 ore in quanto si è verificata una minore influenza sulle caratteristiche organolettiche rispetto a quanto avviene con una soluzione idroalcolica. Quindi gli estratti vengono degustati dallo staff di Bel Air che compila una scheda di valutazione delle caratteristiche aromatiche, che aiutano tra le altre cose a definire la durata della maturazione, e di quelle gustative che consentono di prevedere l'impronta strutturante degli estraibili sulle caratteristiche dei vini che ospiteranno una volta trasformate le doghe in barriques. È stato a lungo verificato che l'analisi chimica dei soli estraibili non dà risultati coerenti con quella sensoriale.

### Scegliere il legno più adatto al vino sulla base dei risultati desiderati

L'introduzione di un metodo di classificazione basato su caratteristiche oggettive che hanno una relazione diretta con le potenzialità e il risultato enologico ha permesso di proporre una gamma di barriques e tonneaux classificati sulla base della loro capacità strutturante: dai legni **Volupté** con struttura più forte e maggiore contenuto in sostanze estraibili, a quelli della serie **Revelation** con caratteristiche equilibrate, fino ai fusti **Elegance** con struttura più leggera.



Una classificazione di questo tipo permette di prevedere con maggiore affidabilità i risultati della combinazione legno-vino, senza necessariamente passare da una serie di lunghe esperienze per valutare il risultato di ogni legno sul proprio vino. Permette inoltre un adattamento ideale alle caratteristiche di ogni annata.

Per fare un esempio l'esperienza francese ci insegna che in annate nelle quali i vini presentano strutture leggermente deficitarie e contenuto in composti polifenolici non elevati (pur mantenendo una buona qualità) i **legni più strutturanti possano essere di aiuto**.

Nuove consapevolezza che aiutano i tecnici nella miglior valorizzazione della materia prima.

La tostatura, da leggera a media e forte, consente un'ulteriore modulazione delle caratteristiche dei legni proposti, soprattutto in funzione dei composti aromatici ceduti al vino (Tab. 3).

Tostatura	Temperatura (alla superficie della doga) x tempo	Caratteristiche del legno
Leggera	180-200° x 40 minuti	Aroma di quercia fresca
Media	180 – 200 ° x 50 minuti	Aroma di quercia fresca e note tostate boisé
Forte	180 – 220° x 60 minuti	Aroma boisé con note di torrefazione, minerale, cenere

**Tab. 3:** La tostatura a fiamma o con altre tecniche di riscaldamento è il processo che consente di piegare le doghe per la formatura finale delle botti e che porta alla formazione di composti aromatici tipici, derivati dalla degradazione termica dei componenti del legno, soprattutto lignina e polisaccaridi. In funzione delle temperature si parla di tostatura leggera, media o forte.



Tra i fusti più esclusivi, in gamma la barrique **Absolue**, adatta a lunghi affinamenti per i vini di pregio (le tavole vengono stagionate per tempi prolungati, fino oltre i 36 mesi).

Su questa esecuzione poi anche la tostatura segue un particolare procedimento per modificare la parte aromatica senza snaturare le caratteristiche del legno.

La barrique Absolue diventa il fiore all'occhiello della produzione, con un numero limitato ogni anno che varia secondo le condizioni meteorologiche durante stagionatura: per raggiungere il momento ottimale della lavorazione necessita un mix equilibrato di pioggia, umidità, vento e sole che non sempre si verifica. Questo fusto rappresenta per la tonnellerie ciò che i grandi vini riserva sono per i produttori vinicoli nelle varie annate.

Un altro fusto esclusivo di recente introduzione è il **Demi-Muid**, capacità da 600 l che unisce le caratteristiche sopra indicate con doghe del fasciame da 27 mm, mentre i fondi sono con spessori da 36 mm. Il Demi-Muid sta dando grandi risultati nei vini da lungo affinamento tradizionale in botte, laddove è utile un maggior supporto tannico in annate difficili come la presente, o per caratteristica del vitigno dove i tannini del legno, uniti alla micro ossigenazione del fusto più piccolo, contribuiscono meglio a raggiungere l'obiettivo enologico.

### Legno, vino e ossigeno

I processi di maturazione del vino nei contenitori in legno, barrique, tonneaux e botti, sono legati all'azione combinata dei composti fenolici e aromatici del legno e della micro-ossigenazione lenta e costante data dal materiale poroso del carato.

Ma quanto ossigeno passa attraverso il legno, cosa influisce sul suo accesso nel vino e come è possibile controllare e gestire questo apporto?

Tra i primi ad aver affrontato questo aspetto, Nicolas Vivas e Yves Glorie dell'Università di Bordeaux hanno analizzato nel 1997 le diverse vie di accesso dell'ossigeno in due barrique stimando che l'ossigeno penetri nella barrique per il 21% attraverso il cocchiume, per il 63% dai giunti presenti tra le doghe e solo per il 16% attraverso lo spessore del legno della doga.

I ricercatori spagnoli dell'**Università di Valladolid** del gruppo di ricerca enologica **UvaMox Ignacio Nevares e Maria del Alamo Sanza** hanno approfondito questi aspetti, sviluppando metodologie di indagine strumentale avanzate basate sul principio dell'ossiluminescenza per la misura non distruttiva dell'ossigeno disciolto.

I loro risultati hanno consentito di dare risposta a una serie di domande di fronte alle quali si trova a cercare spesso una risposta chi produce, vende o utilizza barrique.

### **Quale parametro è possibile utilizzare per esprimere l'ossigeno che penetra nel vino conservato in barrique?**

Si chiama **OTR** che sta per **Oxygen Transmission Rate** e misura la quantità di ossigeno che passa attraverso un materiale in un determinato periodo, in altri termini il tasso o la velocità di accesso dell'ossigeno.

I ricercatori spagnoli hanno misurato l'OTR delle barrique inserendo in un numero significativo di contenitori

in legno di diversa provenienza e origine, riempite con una soluzione modello di vino sintetico nel quale non vi fosse consumo di ossigeno, delle sonde a optoluminescenza poste in posizioni diverse.

#### Quanto ossigeno penetra complessivamente nelle barrique in legno francese o americano?

L'OTR globale è l'ossigeno totale che penetra nella barrique, quello che passa dai giunti tra le doghe, quello che penetra dalla loro parete e quello che entra dal cocchiume quando la barrique viene aperta e nelle operazioni di colmatatura.

**La misura dell'ossigeno disciolto stimata in un sistema modello che si accumula nel corso di un anno è l'OTR annuo globale e i valori medi riportati per le barrique in legno francese (*Quercus petraea*) sono di 27 mg/l/anno mentre quelli per il legno americano (*Quercus alba*) sono di 32 mg/l/anno.**

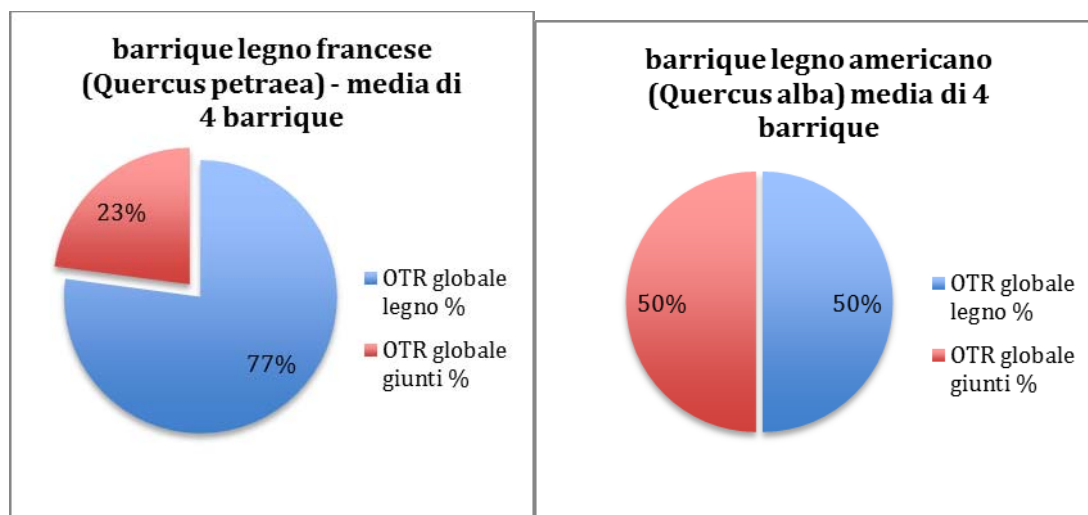
#### Quali sono le sue vie di accesso?

Per stimare il solo apporto attraverso la porosità del legno i ricercatori hanno sigillato le linee di giunzione tra le doghe e hanno misurato così l'OTR del legno. La differenza tra l'OTR globale e quella del legno rappresenta l'ossigeno che penetra attraverso i giunti delle doghe.

E i risultati hanno ribaltato quanto osservato per l'OTR globale:

**L'OTR del legno di rovere francese è superiore a quello misurato in legno di rovere americano.**

**L'OTR globale dipende quindi non solo dalla porosità del legno ma anche dalle tecniche di assemblaggio e produzione delle barrique.**



#### Con quale dinamica l'ossigeno penetra nella barrique nel corso del tempo a partire dal riempimento?

Le stime di cui abbiamo parlato consentono di caratterizzare le barrique e le differenze esistenti tra loro per origine del legno e tecniche di fabbricazione, ma nella realtà l'OTR delle barrique varia dal loro riempimento e nei mesi successivi. **La misura dinamica dell'OTR** nel periodo di un anno porta a osservare che l'accesso dell'ossigeno è massimo al momento del riempimento della barrique vuota, raggiunge il 37% dell'ossigeno totale che entra nella barrique nei primi due mesi e va progressivamente a diminuire per attestarsi a valori di circa 5 mg/l/anno nei mesi successivi. I dati visti, ottenuti misurando l'OTR solo nel primo periodo e

applicandolo per estrapolazione alla stima dell'OTR globale in mg/l/anno sono pertanto sovrastimati e la loro correzione, tenendo conto della dinamica di accesso dell'ossigeno, porta a valori reali di **8 mg/l e 11 mg/l di ossigeno che penetra nel periodo di un anno nelle barrique rispettivamente in legno francese e americano.**

#### **Come passa in soluzione nel vino l'ossigeno dell'aria che attraversa lo spessore del legno e cosa influisce sulla sua capacità di dissoluzione?**

**Lo spessore della doga si comporta come una membrana semipermeabile nella quale l'ossigeno gassoso presente nell'aria diffonde e passa in soluzione nel liquido, tanto più lentamente quanto maggiore è l'umidità del legno nel quale avviene questo passaggio.**

La presenza di acqua in forma libera nello spessore di legno impregnato di vino forma una sorta di barriera alla dissoluzione dell'ossigeno che è minore e più lenta nel legno bagnato rispetto a quanto avviene attraverso la doga di legno secco posta a contatto con il vino. È l'incremento dello spessore del legno interessato da questo fronte umido a determinare il rallentamento di accesso dell'ossigeno descritto nella dinamica dell'OTR.

#### **Quanto ossigeno penetra nel vino dall'apertura del cocchiere e le operazioni di colmataura?**

I tappi in silicone mantengono ermetica la chiusura della barrique nella quale si creano delle condizioni di vuoto che portano alla creazione di un volume di scolmo nello spazio di testa e alla deformazione della barrique. I due fenomeni sono diversi in funzione del legno, con maggiore propensione alla deformazione (e quindi con un minor volume di scolmo) nel caso del legno francese.

All'apertura del tappo la deformazione cessa e il volume di scolmo si riempie di aria. Se tutto l'ossigeno contenuto in quel volume passasse in soluzione si osserverebbe un incremento massimo di ossigeno disciolto di circa 0,14 mg/l, ma così non avviene perché quel volume è rapidamente riempito con il vino utilizzato per la colmataura il cui contenuto in ossigeno disciolto rappresenta quindi il contributo all'OTR dato da questa operazione e le misure fatte attestano che sia del tutto **trascurabile**.

**Per informazioni e schede prodotto**

**[www.tebaldi.it](http://www.tebaldi.it) / PRODOTTI / BARRIQUES E TONNEAUX – BOTTI E TINI**



**Per approfondire:**

Chatonnet, P., (1991) *Incidences du Bois de Chêne sur la Composition Chimique et les Qualités Organoleptiques des Vins: Applications Technologiques*, Thesis, Université de Bordeaux II, U.F.R. Institut d'Oenologie.

Chatonnet, P., Boidron, J.N., Pons, M., *Effect on heat on oak wood and its chemical composition. Part 2. Variations of certain compounds in relation to toasting intensity* (1989) *Connaissance de la Vigne et du Vin*, 23, pp. 223-250

Dubois, P., *Apports du fût de chêne neuf a l'arôme des vins* (1989) *Revue Française D'Oenologie*, 29 (120), pp. 19-24  
Vivas N., *Manuel de tonnellerie*, 2002. Edizioni Feret.

SPILLMAN, P. J., SEFTON, M. A. and GAWEL, R. (2004), *The effect of oak wood source, location of seasoning and coopering on the composition of volatile compounds in oak-matured wines*. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10: 216–226. doi: 10.1111/j.1755-0238.2004.tb00025.x

Maria del Alamo Sanza, *Progressi nello studio della velocità di ingresso dell'ossigeno nelle barrique*, Corsi di formazione Vinidea, 14 dicembre 2015.

[http://www.infowine.com/it/video/progressi\\_nello\\_studio\\_della\\_velocita\\_di\\_ingresso\\_dell\\_ossigeno\\_nelle\\_barrique\\_sc\\_13130.htm](http://www.infowine.com/it/video/progressi_nello_studio_della_velocita_di_ingresso_dell_ossigeno_nelle_barrique_sc_13130.htm)

Vivas, N.; Glories, Y.: «*Modélisation et calcul du bilan des apports d'oxygène au cours de l'élevage des vins rouges. II. Les apports liés au passage d'oxygène au travers de la barrique*». *Progrès Agricole et Viticole* 1997; 114 (13-14): 315.

Ignacio Nevares Domínguez, María del Álamo-Sanza. *Oxygène et barriques. Actualisation des connaissances Quantité et voies de pénétration de l'oxygène dans la barrique*. *Revue des Œnologues* n° 153, 42-44.

Nevares, I., Crespo, R., Gonzalez, C. and del Alamo-Sanza, M. (2014), *Imaging of oxygen transmission in the oak wood of wine barrels using optical sensors and a colour camera*. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20: 353–360. doi: 10.1111/ajgw.12104

María del Alamo-Sanza e Ignacio Nevares, *Oxygen Transfer Rate in Oak Barrels. Annual evaluation for dynamic oxygen intake and entry*, *Practical Winery & Vineyard, Wines & Vines*, (2015) December.

Documento divulgato a cura di

**Tebaldi Srl**

Via Colomba 14 - Colognola ai Colli (VR)

Tel. + 39 0457675023

[www.tebaldi.it](http://www.tebaldi.it)

[tebaldi@tebaldi.it](mailto:tebaldi@tebaldi.it)