

## O CONTROLO DAS ADIÇÕES DE OXIGÉNIO DURANTE O ACONDICIONAMENTO. PARTE 1: PRINCÍPIOS E PREPARAÇÃO DOS VINHOS

VIDAL Jean Claude\*, MOUTOUNET Michel\*\*

\* INRA, UE999 Pech-Rouge, F-11430 Gruissan

\*\* INRA, UMR1083 Sciences pour l'œnologie, F-34000 Montpellier

Apresentado no Congresso de UFOE Limoux 30 de Maio de 2008. Publicado na Revue Française d'œnologie n°229

### Introdução

Os fenómenos de oxidação, dependentes da presença de oxigénio, influenciam a evolução dos vinhos. Uma oxigenação controlada contribui para a estabilização da cor e para a diminuição da adstringência dos vinhos tintos quer durante o estágio em barricas (1,2) quer em depósitos micro oxigenados (3). Por outro lado, parece necessário proteger do oxigénio os vinhos brancos que se bebem jovens (4,5).

Em enologia admite-se frequentemente, que a oxidação excessiva é desfavorável à qualidade dos vinhos. Vários autores demonstraram que 2 mg/L de oxigénio em excesso nos vinhos brancos provoca, após alguns meses, modificações sensoriais significativas (6,7). Ora, os diversos estudos realizados para caracterizar as adições em oxigénio dissolvido durante as operações a que o vinho é sujeito indicam que o itinerário tecnológico que conduz ao acondicionamento do vinho constitui uma das fases mais críticas (8-17) sobretudo se considerarmos que as garrafas obturadas, podem contar apenas com os parâmetros de conservação (temperatura, higrometria, luz...) para controlar a evolução dos vinhos.

Além disso, outros estudos (18,19) mostraram que a quantidade de oxigénio contido no *headspace* durante o enchimento em garrafa ou em Bag in Box é frequentemente significativo e que ao longo do tempo é consumido pelo vinho.

Após resumo de algumas noções teóricas, será apresentado neste artigo o balanço das adições de oxigénio dissolvido no vinho e do oxigénio contido no *headspace* do vasilhame mais do que nas condições para controlar e diminuir estas adições.

### Generalidades

#### *Solubilidade do oxigénio*

As alterações gasosas entre o vinho e o ar são regidas pelo equilíbrio das pressões parciais. No ar o oxigénio representa cerca de um quinto do volume, a sua pressão parcial é, à pressão normal (1013 hPa), a 20 °C e em relação ao ar saturado de vapor de água, 206 hPa. Nestas condições, ao equilíbrio de saturação em relação ao ar, os vinhos contêm 6 ml/L ou seja 8,4 mg/L de oxigénio dissolvido. Nestas condições, ao equilíbrio de saturação em relação ao ar, os vinhos contêm 6 ml/L ou seja 8,4 mg/L de oxigénio dissolvido. A uma pressão constante, a concentração de oxigénio dissolvido diminui exponencialmente com o aumento da temperatura, enquanto aumenta proporcionalmente à pressão. O oxigénio e o azoto são gases pouco solúveis especialmente quando comparados com o dióxido de carbono." O oxigénio e o azoto são gases pouco solúveis especialmente quando comparados com o dióxido de carbono.

#### *Dissolução do oxigénio*

Quando um gás entra em contacto com uma fase líquida, difunde-se progressivamente. O máximo que se pode alcançar corresponde ao nível de saturação para as condições de pressão e de temperatura existentes. A rapidez de dissolução é descrita pela lei de difusão (lei de Fick  $dc/dt = k_1 \cdot a (C - C_i)^1$ ), que depende essencialmente da superfície de contacto gás/líquido ( $m^2/m^3$ ) e da

---

<sup>1</sup> C = concentração do gás em equilíbrio (associado à pressão parcial pela lei de Henry); C = concentração inicial de gás dissolvido; k1 = coeficiente volúmico de transferência de matéria; a = superfície específica de interface gás/líquido expressa em  $m^2 / m^3$ .

concentração inicial do gás no líquido. Os enriquecimentos do vinho em oxigénio do ar serão tanto mais rápidos quanto maior for a superfície da fase líquida assim como a finura e a persistência da sua emulsão com o ar e será tanto maior quanto menor for a concentração inicial. As baixas temperaturas são factores que favorecem, em certa medida, a velocidade de difusão.

#### *Consumo de oxigénio*

A presença de oxigénio nos vinhos, após a sua dissolução, não é um estado estável no tempo. O oxigénio dissolvido é progressivamente consumido por diversos substratos, principalmente pelos polifenóis (20). O desaparecimento dos aromas florais é mais rápido sob o efeito de adições de oxigénio, mesmo a 15 °C, e as alterações aromáticas ocorrem antes das alterações cromáticas (4).

Um vinho saturado de ar consome o oxigénio do *headspace* numa ou várias semanas. As cinéticas são mais rápidas nos vinhos tintos do que nos vinhos brancos. Ao contrário dos fenómenos de dissolução, a rapidez de consumo aumenta quando a temperatura aumenta. Em condições enológicas observa-se que as cinéticas de oxidação são muito lentas, nomeadamente se forem comparadas com as oxidações enzimáticas que se produzem nos mostos de uva. Se o ar for renovado, o consumo de oxigénio prossegue. A capacidade total de absorção dos vinhos é muito elevada; está compreendida entre 80 mg/L para os vinhos brancos e 800 mg/L no caso dos vinhos tintos.

#### *O oxigénio dissolvido nos vinhos*

O nível de oxigénio dissolvido, presente num dado momento nos vinhos, depende da cinética de dissolução e do consumo. Quando se efectua uma operação a um vinho (decantação, trasfega, *bâtonnage*, ...) a cinética de dissolução do oxigénio do ar em contacto com o vinho é superior, em geral, à de consumo pelos constituintes do vinho; determinam-se neste caso as concentrações de oxigénio dissolvido na ordem dos mg/L e a saturação poderá ser alcançada em função da superfície de vinho exposta ao ar. O oxigénio dissolvido durante os diferentes tratamentos tecnológicos entra em reacção com os constituintes do vinho e desaparece progressivamente do meio, até atingir níveis muito baixos. Por conseguinte, em regime estático (vinhos em depósitos de armazenamento ou em período de estágio, e em parte também o caso dos vinhos em garrafa) a cinética de dissolução torna-se inferior à do consumo, de modo que as concentrações em oxigénio dissolvido no interior do vinho são muito baixas, compreendidas no intervalo médio de 10 a 40 µg/L. Nesta situação, as trocas gasosas estão limitadas à superfície do vinho em contacto com uma fase gasosa e à que está directamente em contacto com o vasilhame (barrica, garrafa, filme).

#### *Métodos e dispositivos para a determinação do oxigénio*

Um ponto importante nesta determinação é a importância de se realizar *in situ*, característica que distingue a medição do oxigénio dissolvido nos vinhos de outros parâmetros analíticos normalmente utilizados em vinhos.

A optimização das tecnologias de fabrico das sondas polarográficas e o desenvolvimento da quantificação de micro quantidades de oxigénio do princípio de funcionamento da pilha galvânica de Hersh para satisfazer as necessidades da indústria nuclear e cervejeira permitiram disponibilizar meios para aceder à determinação de microgramas por litro em dissolução e de algumas centésimas de percentagem v/v em gases. Há cerca de 4-5 anos apareceu uma nova geração de aparelhos que utilizam a luminescência como princípio para a determinação. Alguns deles permitem inclusivamente uma quantificação não destrutiva devido à utilização de *focos* luminescentes que se colam nas paredes internas das garrafas e de uma fibra óptica colocada em frente, do lado exterior.

Deste modo, estabelecer um diagnóstico de uma operação unitária, de uma inertização, de um tratamento relativo à adição em oxigénio dissolvido ou de um balanço em oxigénio total após o acondicionamento (18, 21) é actualmente acessível a todos os profissionais.

### Adições de oxigénio durante os tratamentos dos vinhos

A monitorização das concentrações em oxigénio dissolvido, efectuada em diferentes locais de enchimento dos vinhos permite obter, em situações enológicas, dados sobre os níveis de enriquecimento e sobre a sua variabilidade. Os resultados sobre as adições de oxigénio apresentadas neste parágrafo foram posteriormente confirmados (11,12,13,17,22).

Para uma dada operação (filtração, centrifugação...), as quantidades dissolvidas dependem muito das condições em que são geridos os diferentes equipamentos com os quais são tratados os vinhos. O enriquecimento ocorrerá principalmente no início da transferência, se o circuito não tiver sido inertizado ou previamente avinhado, mas também no final da operação nos casos em que não se aplique nenhuma precaução particular de manuseamento no fim do circuito (14). Nestas diferentes situações o enriquecimento global como resultado do tratamento dependerá fundamentalmente do volume tratado, penalizando os equipamentos e instalações sobredimensionadas, assim como os pequenos volumes.

A bombagem, em condições industriais dissolve pouco oxigénio, excepto no caso de uma bomba centrífuga que cavita. Num estudo comparativo de diferentes bombas, Desseigne (23) salientou que não é possível evitar um ligeiro arejamento dos vinhos no início da transferência com as bombas de pistão equipadas com "câmaras de ar". O registo de dados em contínuo durante a centrifugação mostrou dissoluções de oxigénio regulares em cada sequência de recolha dos depósitos retirados dos copos da centrífuga (14). A análise comparativa de diversos locais mostrou que a filtração (por aluvionagem ou tangencial) pode provocar um ganho em oxigénio de 0,1 a 2,2 mg/L.

A estabilização tartárica está na origem de um enriquecimento mais importante (de 0,6 a 5,7 mg/L), sobretudo com as técnicas tradicionais que utilizam o frio. As operações com o vinho frio, sem protecção ao nível do oxigénio, durante a filtração com kieselguhr e o enchimento do cristalizador ou do depósito isotérmico, constituem um dos principais pontos fracos do itinerário tecnológico (15).

O engarrafamento constitui o 2º ponto crítico, de tal forma que após esta operação não é possível intervir directamente no vinho (16). Do mesmo modo, o enchimento do bag in box enriquece globalmente menos o vinho visto que o saco está "em vazio". A incorporação média de oxigénio para o bag in box é de 0,5 mg/L enquanto para o engarrafamento é de 1,6 mg/L.

Estas diferentes possibilidades de dissolução de oxigénio durante o enchimento fazem com que seja fácil verificar que os vinhos acondicionados contenham quantidades de oxigénio dissolvido de 2 a 4 mg/L. Ao adicionar o oxigénio do *headspace* após obturação, serão obtidas quantidades de oxigénio total próximas de 6 mg para alguns lotes de garrafas de 750 mL (19) e 6 mg por cada litro de vinho para alguns lotes em bag in box de 3L (18).

Operações	Adições médias de oxigénio dissolvido em mg/L			
	Vidal et al. 2001, 2004 (14, 15, 16)	Valade et al. 2006 (12, 13)	Castellari et al. 2004 (11)	Alinc et al. 2008 (17)
Trasfega por baixo		0,30	0,37	
Trasfega por cima		3,10	0,37	
Trasfega por baixo			1,30	
Aplicação e eliminação dos produtos de colagem				1,36-1,47
Bombagem	0,1 A 0,2		0,10	1,41
Elaboração dos lotes			1,75	
Filtração por aluvionagem contínua	0,70	0,70	0,24	0,79
Filtração por placas/lentilhas	0,20	0,50	0,04	
Filtração por cartuchos	0,10		0,06	
Filtração tangencial	1,50		0,20	
Centrifugação	1,00	0,95	1,20	

Refrigeração			1,30	
Aquecimento por permutador			0,15	
Estabilização THK contínua	2,40	1,20	4,00	
Estabilização THK estática	2,38 + 5,70*			
Estabilização THK por contacto	2,43			1,66
Electrodíálise	1,30		0,28	
Engarrafamento fixo dissolvido	1,60	2,0 a 7,0**		1,00
.....gasoso mg/garrafa	0,38 a 4,3			0,27 a 1,86
Acondicionamento em bag in box	0,50			

Tabela 1 : Recolha bibliográfica das incorporações de oxigénio por operação.

- \* 5,70 mg/L : Estimativa de oxigénio dissolvido consumido durante a estabilização estática.

\*\* Em vinhos efervescentes, oxigénio consumido pelas leveduras.

### Evolução do oxigénio dissolvido e gasoso dos vinhos envasilhados

A partir do momento em que o vinho é acondicionado, as concentrações em oxigénio das fases gasosa e líquida diminuem durante os dois primeiros meses. A cinética depende da temperatura (24). De seguida, esta diminuição abranda, antes que as concentrações se estabilizem progressivamente para valores inferiores a 0,1 mg/L no vinho e a 1% v/v para o *headspace*. Para além de que, qualquer que seja o vinho estudado e a data de análise (mesmo em amostras com 39 anos), a percentagem de saturação de oxigénio do *headspace* é sempre superior à do vinho. Isto significa que para se atingir o equilíbrio, a transferência de oxigénio se faz sempre do *headspace* para o vinho (caso da garrafa na posição vertical). Assim, à medida que o vinho consome o oxigénio que contém, há uma dissolução do oxigénio do *headspace* para o vinho através da superfície de contacto gás-liquído.

Durante o engarrafamento, imediatamente após a obturação, a quantidade de oxigénio retido no *headspace* não é insignificante. Nos casos observados por Vidal e Moutounet (19), variava entre 0,38 e 3,58 mg/garrafa, dependendo principalmente do tipo de vedante, do volume do *headspace* e da técnica de protecção contra o oxigénio utilizada na obturação. Uma investigação posterior mostrou que o rolhamento sem vácuo ou sem um gás inerte é responsável pelo aumento líquido desta quantidade podendo atingir 4,3 mg/garrafa. Além disso, tanto neste caso como no caso dos vinhos ricos em gás carbónico para os quais uma parte deste gás vai migrar no *headspace*, a supressão induzida provoca uma dissolução mais rápida do oxigénio.

Durante o primeiro período, o oxigénio é consumido, dando lugar a algumas reacções de oxidação. É possível supor que as velocidades destas reacções estão determinadas pelo oxigénio contido na garrafa, no momento do engarrafamento, ao qual poderiam ser adicionadas algumas miligramas de oxigénio contido no vedante libertadas durante os 20 primeiros dias, como diversos autores o descreveram (25, 26). A cinética destas reacções diminui com a rarefacção progressiva do oxigénio. A velocidade experimental média de consumo de oxigénio é superior a várias dezenas de microgramas/garrafa/dia durante os 30 primeiros dias a 15 °C, diminuindo a partir do segundo mês para valores inferiores a 10 µg/garrafa/dia. Este resultado é coerente com as velocidades de difusão através do vedante na ordem do µg ou do décimo µg/garrafa/dia descritos recentemente (25, 26). Isto demonstra igualmente que a esta temperatura, a cinética de penetração através do vedante é interior às cinéticas de dissolução/consumo no interior de uma garrafa, caso contrário não se verificaria um enriquecimento progressivo em oxigénio.

Um estudo experimental, em vias de ser publicado, realizado num vinho branco Sauvignon em garrafa colocou em evidência o impacto directo das más condições de engarrafamento (concentrações em oxigénio dissolvido elevadas e rolhamento sem vácuo e sem gás inerte) na quantidade de oxigénio total e nas perdas de SO<sub>2</sub> livre. Com efeito, nas garrafas que continham 5,85 mg de oxigénio total imediatamente após o rolhamento, as perdas de SO<sub>2</sub> livre aumentam para 44% ao fim de um mês, enquanto nas garrafas que continham 1,67 mg, estas mesmas perdas não vão além dos 12%. Após 18 meses de conservação a 17 °C, a concentração média de

SO<sub>2</sub> livre das garrafas engarrafadas em boas condições eram de 20 em vez de 10 mg/L para a outra modalidade.

Os fenómenos descritos para as garrafas foram igualmente observados para os sacos (BIB) (18), mas com uma diferença fundamental. Mesmo que a incorporação de oxigénio seja mais baixa durante o enchimento do que na garrafa, uma vez que a quase totalidade de oxigénio total contido à partida é consumido, os teores em oxigénio da fase gasosa e sobretudo da fase dissolvida estabilizam a níveis claramente superiores aos da garrafa. Isto confirma que as trocas gasosas são mais intensas em bag in box já que o conjunto filme/torneira é mais permeável do que uma rolha ou uma cápsula. A difusão mais elevada de oxigénio é responsável pelas perdas em SO<sub>2</sub> livre e por uma maior evolução da cor. Estas constatações podem variar com as propriedades de permeabilidade dos filmes que constituem o BIB.

## **Soluções para reduzir a dissolução de oxigénio nos vinhos**

### *Desoxigenação dos vinhos*

A desoxigenação consiste em “desolubilizar” o oxigénio em excesso presente nos vinhos injectando microbolhas de um gás neutro. As microbolhas são geradas por um injector sinterizado de 2 a 20 micrones de porosidade colocado num injector instalado à saída das bombas de trasfega. Durante o processo, são as moléculas de oxigénio as primeiras a ser eliminadas. O gás carbónico, claramente mais solúvel no vinho é sujeito ao processo de desabsorção de forma mais difícil. O débito de gás para descarbonação é, por conseguinte, mais elevado do que para a desoxigenação. O débito de gás neutro é normalmente igual a 10% do débito da bomba que bombeia o vinho. Este valor deve ser aumentado se a concentração de oxigénio dissolvido for superior a 5 mg/L (27). Pouchain e Cazorla estabeleceram a equação que permite modelizar uma operação de desoxigenação, assim como os elementos técnicos necessários aos cálculos (porosidade do sinterizado, débito de gás...) (28). Habitualmente, é possível eliminar 80 a 85% do oxigénio dissolvido com um consumo de azoto na ordem dos 0,5 a 1 litro / litro de vinho e um comprimento de tubagem após a injeção de aproximadamente 25m.

As transferências gás/líquido obtidas no interior de um injector, ao qual o vinho chega através de um orifício, anexado a uma câmara onde se produz a mistura com o gás de inertização, antes da difusão, apresentam uma eficácia de cerca de 20% superior à observada com um contacto por bolha clássico por material sinterizado (28).

Quanto à desoxigenação por envio de azoto através do tubo de remontagem, é menos eficaz. Com efeito, a quantidade de gás é importante, perdem-se aromas devido à agitação, e eliminam-se pelo menos 20% do oxigénio (dados Linde).

Recentemente, apareceram no mercado desoxigenadores de membranas. São invólucros que contêm fibras hidrofóbicas microporosas ocas que têm a vantagem de possuir uma grande superfície de contacto gás/líquido através de poros uniformemente repartidos pela fibra (28). Em teoria, a sua grande superfície de troca permite-lhes desoxigenar eficazmente quantidades importantes de líquido, na condição que o líquido seja suficientemente límpido para não colmatar as membranas. Ensaio efectuados com outros líquidos incitaram a indústria a programar para breve investigações com vinhos.

### Qualidade do gás neutro

Tudo depende das concentrações em CO<sub>2</sub> dissolvidas que se pretende conservar no vinho. Com efeito, quanto mais se pretender conservar o gás dissolvido, maior será a sua percentagem no gás de inertização (entre 20 e 50%), segundo os parâmetros estabelecidos por Lonvaud-Fumel (29). Contudo, como verificou Falkenburg (30), quanto maior for a percentagem de CO<sub>2</sub> na solução de inertização, menos eficaz será a desoxigenação. Como resultado de vários ensaios, este autor concluiu que uma solução gasosa a 70% N<sub>2</sub> e 30 % CO<sub>2</sub> (tem um fluxo de gás igual a 25 L/mn e

um fluxo de transferência de vinho de 180 hL/h) é a melhor solução de compromisso para desoxigenar um vinho tranquilo sem diminuir de forma sensível a concentração de gás carbónico dissolvido no vinho.

#### *Inertização dos depósitos*

A inertização consiste em efectuar uma purga do espaço vazio a baixa pressão de forma a substituir o ar pelo gás neutro. Uma inertização com árgon necessita teoricamente de uma purga limitada a uma vez o volume a inertizar em vez de 3 a 4 para o azoto. Uma mistura de 80% de árgon e 20% de CO<sub>2</sub> permitirá uma inertização eficaz com “efeito pistão” (o que não ocorre com uma solução de 80% azoto e de 20% de CO<sub>2</sub>) limitando os riscos de descarbonação (como com o azoto puro) e os riscos de uma sobrecarbonação (como com o CO<sub>2</sub> puro). As trasfegas do vinho devem ser associadas a uma adição de gás neutro equivalente em volume ao vinho trasfegado.

Um ensaio de inertização com a ajuda de um flutuador-difusor (Purgal® Air Liquide) num depósito cheio a 120 hL num volume total de 140 hL levado a cabo no INRA Gruissan mostrou que o nível de oxigénio residual no céu gasoso diminui para 0,5 % v/v com CO<sub>2</sub> puro ou com a solução 80% árgon e 20% CO<sub>2</sub>, no entanto, é difícil diminuir para menos de 2% v/v com o azoto. Contudo, o CO<sub>2</sub> puro não permite conservar por muito tempo um vinho branco ou rosé sem sobrecarbonação. Neste exemplo, o consumo de gás foi 2 vezes menos elevado para obter menos de 2% de oxigénio residual do que com o azoto e os tempos de purga 2,5 vezes mais curtos (20 em vez de 50 mn) (31).

A adega Sieurs d'Arques em Limoux injecta CO<sub>2</sub> durante 6 mn à saída da bomba e antes do início da trasfega para inertizar o circuito entre a saída (40-60 m de tubagem flexível com um diâmetro de 70 mm) e o depósito de recepção (160-800 hL) de modo a formar uma camada de CO<sub>2</sub> de 50 cm a 1 m de altura suficiente para reduzir a taxa de oxigénio gasoso inferior a 5% v/v. A pressão de injeção do gás não ultrapassa os 200 kPa, a fim de evitar movimentos gasosos que destruiriam a manta de CO<sub>2</sub>. Nestas condições de trabalho, a adição média situa-se perto dos 0,1 para uma concentração inicial de oxigénio dissolvido de 1 mg/L. Estes dados confirmam as observações feitas por Vidal et al. sobre as bombagens (14).

Allen (32) afirma que no caso de uma cuba em fase de descarga normalmente fechada, a reoxigenação do céu gasoso é de 0,3%, 1% e 2% dia respectivamente para o árgon, o gás carbónico e o azoto.

Estes dados demonstram que à excepção do árgon, é importante introduzir gás todos os 2-3 dias.

Relativamente à inertização dos circuitos, se o diâmetro das tubagens que conduzem o gás neutro for muito reduzido, as perdas de carga induzidas podem conduzir a uma depressão na extremidade da linha provocando uma dissolução do oxigénio. É necessário prever uma pressão de regulação de gás suficiente para evitar este problema.

#### Fontes de gases de inertização

Deixando de parte os sistemas que fornecem gás de inertização a partir de garrafas ou geradores de azoto, o gelo seco ou neve carbónica continua a ser uma escolha muito popular, pois é de fácil utilização. É fabricado por compactação de neve carbónica com a ajuda de prensas hidráulicas e depois expelido sob a forma de granulados (pellets) ou varinhas (sticks). Teoricamente, para 1000 L de céu gasoso, são necessários 2 Kg/dia. Na prática, é necessário multiplicar esta quantidade por dois, sabendo que o produto tem um tempo de vida de apenas 12 horas aproximadamente. É por este motivo que se recomenda a sua utilização apenas para períodos curtos de armazenamento.

#### Alguns dados sobre custos

Considerando um valor de 100 para o m<sup>3</sup> de azoto em garrafa B50, o CO<sub>2</sub> custa 99, a mistura 80% de azoto + 20 % CO<sub>2</sub> custará 122, o árgon 216, a solução 80% de árgon + 20 % CO<sub>2</sub> custará 226 (fonte Messer).

Os produtores de Plaimont estimaram cerca de 1€/hL o custo único do consumo de gás neutro da vinificação até ao engarrafamento (La Vigne Oct. 2006), para a mesma utilização a La Baume calculou este custo a 0,5 €/hL em 2001 (34). A adega cooperativa de Arque em Limoux calculou o custo a 0,8 €/hL em 2007 (0,3 durante a vinificação e estágio e 0,5 para o engarrafamento). A utilização de gases inertes deve ser racionada em função da valorização do produto final.

#### *Bombagens e trasfegas*

As etapas críticas das operações de bombagem e trasfega são o início e o fim da operação. No funcionamento em contínuo, estas operações não enriquecem o vinho. Os enriquecimentos devem-se assim a uma tomada de ar no início e no fim da bombagem, à dissolução do ar do volume do circuito do contacto do vinho com o ar nos depósitos de partida e de chegada. É igualmente de sublinhar que se o depósito de chegada for cheio por cima, a altura da queda, que depende da posição do tubo influencia de forma importante a dissolução.

A velocidade linear do líquido é considerada como um parâmetro que pode provocar turbulências nas canalizações e induzir dissoluções de oxigénio (35). Estes autores mostraram que a velocidade óptima de débito não turbulento é de 0,1 m/s, o que é incompatível com os tratamentos industriais, a menos que sejam utilizadas secções de canalização muito largas. Foi definida uma velocidade máxima aceitável de 1 m/s a 1,5 m/s, através da fórmula  $V_1 = 35,4 d/a^2$  para determinar a velocidade linear  $V_1$  (em m/s) de um líquido em função do débito  $d$  (em hL/h) e do diâmetro da canalização  $a$  (em mm).

A utilização de PIGs permite recuperar o produto sem o oxigenar (mantendo a linha sob azoto), limitar os refluxos separar os lotes durante uma trasfega ou um acondicionamento.

Segundo os controlos efectuados pela empresa Oenodev uma trasfega de barricas e enchimento do depósito de destino por cima, com uma bomba mono em vez de uma bomba de pistão, permite limitar as incorporações a 1,2-2,4 mg/L em vez de 4,3 mg/L.

Trabalhar em condições de protecção aumenta a duração da operação. Para descarregar uma cisterna em condições habituais são suficientes 35 mn, são necessários 1h30 quando se respeitam determinadas normas, ou seja 30-45 mn para a inertização do circuito e do depósito e 30-45 mn para o esvaziamento do circuito e da cisterna (Grands Chais de France, La Vigne oct. 2004).

<b>Operação</b>	<b>Conselho</b>	<b>Objectivos</b>
Bombagem	Colocar a bomba próxima da cuba de partida/saída	Limitar a duração da aspiração
	Preferir as bombas mono	Induzir um regime menos turbulento que as bombas de pistão nomeadamente no início.
	Evitar as bombas centrífugas	Evitar o risco de cavitação. Muito penalizador para a adição.
	Limitar os cotovelos, as conexões, os tubos suspensos	Obter uma melhor inertização e enchimento das canalizações.
	Inertizar as tubagens e depósitos antes do início.	Empobrecer em oxigénio a fase gasosa em contacto com o vinho para limitar a dissolução.
	Injectar azoto durante os primeiros hectolitros e para empurrar os últimos. Bombear em velocidade lenta no início e no fim da transferência, quando as tubagens não estão cheias de vinho.	Limitar o aumento das adições de oxigénio nos momentos mais críticos.

Tabela 2 : Conselhos práticos para reduzir as concentrações de oxigénio ao longo de uma bombagem.

Aplicação e eliminação de produtos de colagem

Segundo os controlos efectuados pelo BIVB (22), a adição média observada durante a operação de colagem é de 1,36 mg/L com um desvio padrão de 0,83. Excepto, se um arejamento for praticado ou não, as condições operacionais são a principal fonte de heterogeneidade (volume de vinho a tratar, dimensões dos depósitos...).

Na óptica de uma protecção máxima do vinho face ao oxigénio, uma redução da adição pode ser obtida principalmente através de uma simples bombagem, diminuindo ao máximo a altura da queda do vinho quando se incorpora a cola e logo de seguida realizar uma remontagem do vinho com a ajuda de um tubo de remontagem parece a prática mais adaptada contra um enriquecimento em oxigénio.

A eliminação da cola não é nem mais nem menos do que uma trasfega, ver o parágrafo sobre bombagens e trasfegas.

#### *Procedimentos de clarificação*

As adições de oxigénio através de uma filtração com kieselguhr, em condições de utilização sem particular protecção, são função do volume de vinho filtrado com o mesmo bolo. O enriquecimento do vinho realiza-se principalmente nos primeiros hectolitros devido à libertação do oxigénio contido nas porosidades do kieselguhr e ao esvaziamento da câmara de ar comprimido.

Quanto aos filtros tangenciais ou de placas, a dissolução realiza-se principalmente durante o enchimento e o esvaziamento do equipamento.

Encher com azoto o dispositivo de evacuação de lamas da centrifugadora deve permitir diminuir a incorporação de oxigénio que se limita de qualquer modo a uma centena de microlitros por litro.

Operação	Conselho	Objectivo
Filtração com kieselguhr, Filtração tangencial, centrifugação	Injectar o azoto à saída do filtro sobretudo durante a saída dos primeiros hectolitros.	Limitar o aumento da adição no início, incluindo desoxigenar o vinho.
	Esvaziar os filtros com azoto.	Limitar o aumento da adição nos momentos mais críticos
	Retrofiltração azotada em filtro tangencial com alimentação contínua.	
	Expulsar os sedimentos da centrifugadora com azoto.	Diminuir o impacto negativo do início e do fim no volume total tratado.
Filtrar, centrifugar lotes com volumes importantes.		

*Tabela 3: Conselhos práticos para reduzir a concentração de oxigénio ao longo das operações de clarificação.*

#### *Estabilização tartárica*

Tradicionalmente, a inertização do cristizador e dos depósitos isotérmicos de estabilização antes da chegada do vinho frio, mantendo-os sob gás neutro até ao esvaziamento total do depósito, assim como uma injeção de gás durante a filtração constituem meios de luta eficazes contra os enriquecimentos importantes do vinho. A adição de azoto à saída do filtro permite mesmo desoxigenar o vinho (15).

O enriquecimento em oxigénio durante o tratamento por electrodiálise é menor, sobretudo se o aparelho tiver sido suficientemente inertizado com o objectivo de reduzir o oxigénio contido abaixo de 2% v/v de oxigénio retido (15).

*A segunda parte do artigo, dedicada ao acondicionamento e à bibliografia, será publicada proximamente em Infowine.com*

**Keywords:** dissolved and gaseous oxygen, Sulphur Dioxide, packaging, bottle, bag-in-box.

#### **Synthesis:**

The adaptation of method for measuring dissolved oxygen in any type of container (thanks to the creation of gas tight circuits) and the control uninterrupted of more than 14.000 still wine hl of all [WWW.INFOWINE.COM](http://WWW.INFOWINE.COM) – REVISTA INTERNET DE VITICULTURA E ENOLOGIA, N. 9/2008



kinds during their conditioning (reception, treatment, bottling or bag in box packaging) made it possible to characterize oxygen additions of the various operations undergone by wine and to propose solutions to reduce them, in order to limit the use of antioxidants (SO<sub>2</sub>, acid ascorbic) while preserving the aromas as well as possible and by lengthening the shelf life of conditioned wines.

In a general way, final total pick-up depends much on the relationship between the volume of wine to be treated and the volume of the circuit.

The most important enrichments occur especially during the operations of cold tartaric stabilisation and during the bottling, especially if no protection is taken to protect the wine from oxygen from ambient air.

As for the oxygen trapped during conditioning in the headspace, the tests carried out show that the quantity of oxygen trapped in the headspace right after obturation varies from 0.38 to 3.58 mg per bottle, to which it is necessary to add the dissolved oxygen in the wine whose measured values vary from 0.5 to 6 mg/L.

The rationalization of the operating conditions, the judicious use of neutral gases especially at the beginning and the end of operation, as well as the bottle blanketing before filling then right before closure made it possible right now to control and decrease significantly the oxygen pick up of all the operations related to conditioning. The aim is to go down under the milligram of total oxygen trapped in bottle or bag in box is already reached on certain installations.

**Palavras chave :** oxigénio dissolvido e gasoso, inertização, SO<sub>2</sub> acondicionamento, garrafa, bag-in-box

**Resumo :**

A adaptação dos métodos para a determinação do oxigénio dissolvido em todo o tipo de vasilhame (devido à criação de circuitos impermeáveis aos gases) e o controlo contínuo de mais de 14.000 hL de vinhos tranquilos de todos os tipos ao longo do seu acondicionamento (recepção, tratamento, engarrafamento ou bag in box) permitiram caracterizar as adições de oxigénio de diferentes operações às quais são submetidos os vinhos e propor soluções para as reduzir, com o objectivo de limitar a utilização de antioxidantes (SO<sub>2</sub>, ácido ascórbico) preservando ao mesmo tempo os aromas e prolongando o tempo de conservação dos vinhos acondicionados.

De forma geral, o enriquecimento global final depende muito da relação entre o volume de vinho a tratar e o volume do circuito, assim como as práticas utilizadas.

Os enriquecimentos mais importantes produzem-se sobretudo durante as operações de estabilização tartárica pelo frio e ao longo do engarrafamento, principalmente se não for aplicada nenhuma medida de protecção do vinho face à temperatura ambiente.

Relativamente ao oxigénio contido no *headspace* durante o acondicionamento, os ensaios efectuados mostram que a quantidade de oxigénio contido no headspace, imediatamente após a obturação varia entre 0,38 e 3,58 mg/garrafa, ao qual é necessário adicionar o oxigénio dissolvido no vinho cujos valores medidos variam entre 0,5 e 6 mg/L.

A racionalização das condições de trabalho, a utilização racionada de gases inertes sobretudo no início e no fim da operação, assim como a inertização da garrafa antes do enchimento imediatamente antes da obturação permitiram diminuir significativamente as adições de oxigénio de todas as operações ligadas ao acondicionamento. O objectivo de descer abaixo do miligrama de oxigénio total contido na garrafa ou em bag in box já foi alcançado em determinadas instalações.

Finalmente, os responsáveis pela operação de enchimento terão cada vez mais possibilidades de adequar a evolução qualitativa do perfil de vinho desejado e o tipo de vedante, devido aos progressos efectuados na homogeneização dos vedantes e da sua taxa de permeabilidade ao oxigénio (Oxygen Transfert Rate).