

Charte sur les bonnes pratiques de conservation des vins de la Vallée du Rhône

de l'élaboration à la distribution

Décembre 2009



R INTER RHÔNE
INTERPROFESSION DES VINS A.O.C. CÔTES DU RHÔNE & VALLÉE DU RHÔNE

Inter Rhône - Service Technique - 2260 Route du Grès - 84100 Orange

Tél. 04.90.11.46.00 – Fax 04.90.11.46.49 - technique@inter-rhone.com - www.institut-rhodanien.com

Charte sur les bonnes pratiques de conservation des vins de la Vallée du Rhône

de l'élaboration à la distribution

Décembre 2009

AVANT PROPOS

Le suivi aval qualité des vins de la Vallée du Rhône a mis en évidence l'importance de la maîtrise de l'oxygène dans l'amélioration de l'élaboration et de la conservation des vins.

Les professionnels et représentants d'Inter Rhône, à la demande des entreprises et de la Commission Suivi Aval Qualité, ont décidé d'engager une concertation avec l'ensemble des acteurs concernés : producteurs, négociants, embouteilleurs et distributeurs, sur ce thème.

L'objectif principal de ce groupe a été la rédaction d'une charte sur les bonnes pratiques de la conservation des vins de l'élaboration à la distribution, avec comme fil rouge la maîtrise des apports en oxygène.

Cette charte étudie l'impact des différentes interventions sur le vin à toutes les étapes : de la production, de la conservation, du conditionnement, du transport et du stockage des vins.

Elle est présentée sous la forme de 9 fiches pratiques qui abordent les principes de l'action et de la maîtrise de l'oxygène sur le vin, ainsi que les méthodes de mesures et de contrôles de l'oxygène.

Cette charte de bonnes pratiques, constitue une véritable « boîte à outils » au service de tous les intervenants de la filière vitivinicole et est applicable à différents niveaux selon le type et la taille des entreprises concernées.

Elle a pour objectifs :

- d'apporter des solutions pratiques pour maîtriser les apports d'oxygène sur vin, tout au long de la vie du produit.
- de maîtriser les conditions de conservation et leurs impacts sur la qualité des vins
- de développer les pratiques et les matériels innovants
- d'accompagner et former les entreprises de notre filière

Enfin, cette charte est le fruit d'un travail collaboratif et d'un engagement de tous les représentants du groupe dans une démarche de progrès et de maîtrise de la qualité de nos vins.

Christophe Riou
Directeur Technique Inter Rhône

Liste des fiches

Fiche N°1 L'Oxygène : Principes de dissolution, consommation par le vin en fonction de la température et du type de vin. Impact sur les micro-organismes. Rôle du SO₂.

Fiche N°2 Protection de la vendange.

Fiche N°3 Gestion de l'oxygène en élevage : soutirage à l'air, macro-oxygénation, micro-oxygénation.

Fiche N°4 Action préventive : l'inertage.

Fiche N°5 Etapes dynamiques : pompage, filtration, transfert et transport du vin en vrac.

Fiche N°6 Conditionnement : tirage et bouchage. Matériel et méthodes.

Fiche N°7 Transport et stockage du vin conditionné.

Fiche N°8 Mesures et contrôles de l'oxygène.

Fiche N°9 Action curative : la désoxygénation.

Sommaire

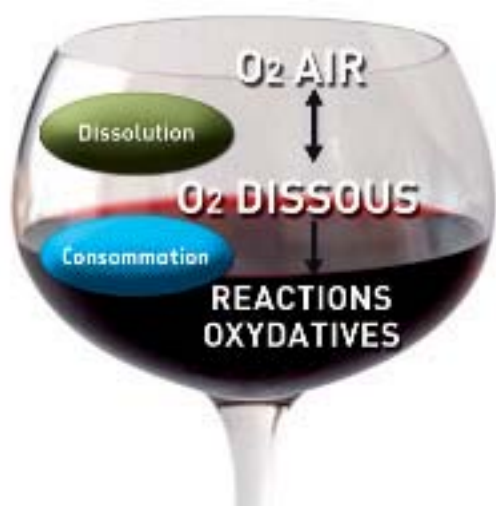
De l'élaboration à la conservation des vins.	Liste des étapes critiques	Fiches à consulter
<i>Du cep au quai</i>	<ul style="list-style-type: none">- Récolte- Transport	Fiches n° 1, 2
<i>Du quai à la cuve</i>	<ul style="list-style-type: none">- Réception- Pressurage direct- Macération pré-fermentaire- Refroidissement de la vendange- Thermovinification, flash détente	Fiches n° 1, 2, 4, 5
<i>Élevage</i>	<ul style="list-style-type: none">- Micro-oxygénation- Macro-oxygénation (cliqueur)- Soutirage- Filtration- Centrifugation- Élevage en bois	Fiches n° 1, 3, 4, 5, 8
<i>Préparation des vins et conditionnement</i>	<ul style="list-style-type: none">- Transport en vrac- Filtration et collage- Stabilisation tartrique	Fiches n° 1, 4, 5, 6, 8, 9
<i>Stockage</i>	<ul style="list-style-type: none">- Stockage	Fiches n° 1, 7
<i>Transport et distribution</i>	<ul style="list-style-type: none">- Transport et distribution	Fiches n° 1, 7

Un apport d'oxygène non maîtrisé induit des risques d'altérations et pour finir une oxydation **irréversible** du vin. A l'inverse, un apport d'oxygène maîtrisé (micro-bullage, élevage bois, soutirages judicieux) favorise l'épanouissement du vin.

L'impact de l'apport d'oxygène sur les moûts, les moûts en fermentation ou les vins ne doit pas être considéré sur le même plan car les mécanismes qui sont à l'origine de la **consommation de l'oxygène** et leurs conséquences sont différents.

Dans cette fiche, nous aborderons essentiellement les relations entre **oxygène et vin**.

I. Oxygène : Principes



Deux formes d'oxygène dosables :

- L'oxygène de l'air
 - Oxygène contenu dans l'air au-dessus du vin dans une cuve en vidange
 - Oxygène contenu dans l'espace de tête (entre le vin et le bouchon ou le robinet du BIB)
- L'oxygène dissous dans le vin

Figure 1 : Les différentes formes de l'oxygène

1.1 Solubilité de l'oxygène

Un gaz au contact d'un liquide, y diffuse progressivement jusqu'à saturation.

La solubilité de l'oxygène obéit à la loi de la pression partielle d'un gaz dans un liquide.

L'oxygène est peu soluble comparativement au dioxyde de carbone (CO₂).

La pression partielle de l'oxygène à l'équilibre dans le vin saturé d'air, à 20°C et à pression normale (1013 hPa), est 206 hPa.

Dans ces conditions, le vin **solubilise au maximum 0,6 % d'oxygène** soit 6 mL/L ou encore **8,4 mg/L d'oxygène**.



A SAVOIR : Plus un vin est froid, plus il peut contenir d'oxygène dissous.

Ex : La capacité de solubilisation de l'oxygène dans un vin est 8,4 mg/L maxi à 20°C, mais 12 mg/L maxi à 0°C.

En revanche, la teneur en éthanol n'a que très peu d'impact sur la solubilité de l'oxygène.

1.2 Dissolution de l'oxygène

Les facteurs aggravants sont :

- L'augmentation de la surface de contact air-vin
- Une émulsion fine et persistante
- De basses températures

L'oxygène dissous est en état instable dans le temps et est progressivement consommé par divers composés. C'est la seule forme d'oxygène dosable dans le vin. Il est donc impératif d'effectuer l'**analyse immédiatement après manipulation** du vin (pompage, filtration, conditionnement, etc.), si possible **sur site**, car tout mouvement de l'échantillon fausse le résultat.

1.3 Consommation de l'oxygène dans le vin

Une fois l'**oxygène consommé**, il devient **impossible à doser**. Par contre, il est associé à des molécules et continue d'avoir des effets oxydants.


Les éléments qui favorisent la consommation de l'oxygène sont :

- Les températures élevées
- La présence de polyphénols
- La présence de lies de levures

En consommant de l'oxygène, **les lies et les polyphénols protègent** les autres constituants du vin de l'oxydation.

Tableau 1 : Temps de consommation de l'oxygène par un vin rouge saturé en oxygène, en fonction de la température. (source : Moutounet)

Température (°C)	13	17	20	30
Temps de consommation de 8.4 mg/L	25 jours	18 jours	4 jours	3 jours

 **A SAVOIR** : La capacité de consommation d'oxygène cumulée, au cours de la vie des vins, est très élevée. Variable d'un vin à l'autre, elle est comprise entre 80 mg/L pour les vins blancs ordinaires et 800 mg/L (équivalent à environ 100 soutirages) pour les vins rouges « concentrés ». La capacité de consommation est souvent supérieure aux besoins du vin. De plus, la vitesse d'absorption est de plus en plus élevée au cours des apports.

II. La température : impact sur la conservation

2.1 Problématique

Les températures optimales varient selon :

- les étapes : récolte, phase pré-fermentaire, fermentations, clarification et élevage, conservation
- les risques considérés : oxydation, arrêt de fermentation, altérations microbiologiques.

2.2 Risques liés à des variations de température indésirables

En phase d'élevage :

- manipuler un vin à **moins de 13°C** risque d'entraîner une **dissolution importante** de l'oxygène
- stocker un vin à **plus de 17°C** risque d'entraîner une **consommation trop rapide** de l'oxygène.

Toute variation de température entraîne une variation de volume du vin : si la température diminue, le volume diminue, avec pour conséquence un risque de vidange, d'entrée d'air et d'apparition de fleur.

2.3 Solutions pratiques

Lors des phases de récolte et de vinification, la prise en compte de la dissolution de l'oxygène en fonction de la température n'est pas primordiale :

- Adapter la température en fonction du produit souhaité.
- Protéger les jus par des moyens physiques adaptés (voir fiche n°2).

En phase de clarification et d'élevage, durant l'hiver :

- Maintenir les vins à température basse (8 à 12°C) pour permettre les différentes précipitations et favoriser la stabilisation. Protéger le vin de tout contact avec l'oxygène, notamment au cours de transferts (voir fiche n°5).
- **Ne pas aérer un vin à moins de 8°C.**
- Privilégier des températures supérieures à 13°C lors d'une manipulation, afin de limiter la dissolution d'oxygène.

En dehors des périodes hivernales, conserver les vins à température constante idéalement entre 12 et 15°C.

III. Impact de l'oxygène et de la température sur les micro-organismes

3.1 Problématique

Les levures et les bactéries acétiques ont un métabolisme aérobie. Elles se développent en présence d'air. Les bactéries acétiques ont même un métabolisme « strict aérobie »: elles sont **inactives** tant que le vin fermente et reste **à l'abri de l'air**.

Les bactéries lactiques ont un métabolisme anaérobie.

En général, les germes peuvent se développer entre 10 et 40°C et leur **croissance est optimale** entre **20 et 30°C**.

Tous les germes utiles pour les fermentations deviennent indésirables lors de la stabilisation du vin. Ils constituent alors la **flore d'altération**.

3.2 Risques

Des populations de microorganismes indésirables risquent de se développer en cas d'apport d'oxygène non maîtrisé et/ou de température favorable. En particulier les soutirages et ouillages peuvent enrichir le vin en oxygène et favoriser la croissance des bactéries acétiques, d'ailleurs peu sensibles au SO₂.

3.3 Solutions

- Soutirer avec aération en fin de fermentation malolactique, pour éliminer un grand nombre de bactéries lactiques et rendre ainsi le sulfitage plus efficace.
- Stocker à moins de 10°C tant que le vin est chargé en microorganismes.
- Préparer le vin au conditionnement, de sorte qu'il soit pauvre en germes et que la quantité d'oxygène dissous soit faible. Si les conditions de conservation du vin conditionné sont ensuite défavorables, ces mesures préalables limitent largement les risques de déviations microbiologiques et d'oxydation.

IV. Rôle du SO₂

4.1 Problématique

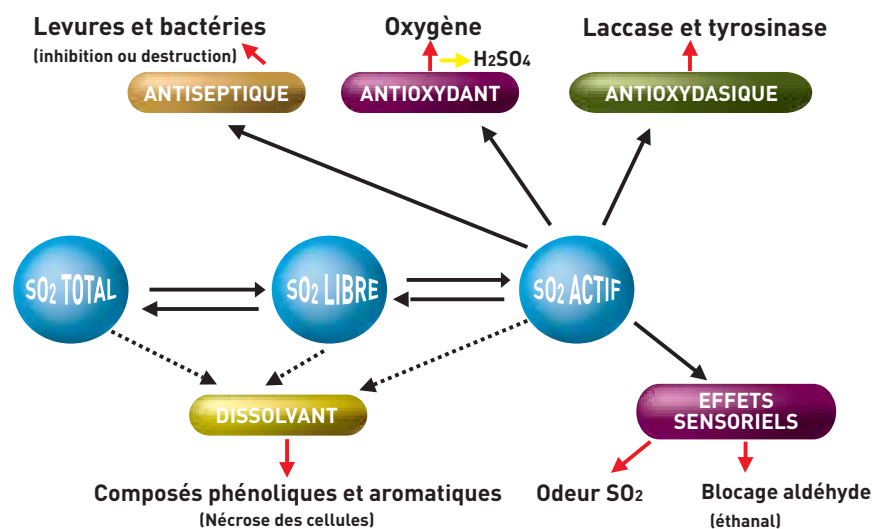


Figure 2 : Les effets du SO₂ (source : Jacques Blouin).

<p>SO₂ libre Forme plus importante si pH bas (3,20 à 3,40) température élevée (>25°C).</p>	<p>SO₂ combiné Forme plus importante si pH haut (3,40 à 3,90) température basse (<25°C).</p>
---	---

Le **SO₂ actif** est une petite fraction du SO₂ libre qui représente la fraction active du SO₂, fonction du pH, du degré et de la température.

4.2 Risques liés à un sulfitage insuffisant

En fin de fermentation malolactique, si l'action bactéricide du SO₂ est insuffisante, levures et bactéries risquent de se développer et d'entraîner une altération du vin :

- **Piqûre lactique** (dégradation des sucres résiduels par les bactéries lactiques), **maladie de la tourne** (dégradation des acides citrique et tartrique) ou **maladie de l'amertume** (dégradation du glycérol), etc.
- Apparition de notes phénolées dues aux levures de contamination de type Brettanomyces.

Durant l'élevage et lors du conditionnement, les risques sont :

- Développement de microorganismes indésirables
- Perte aromatique (réversible): **évent**
- **Oxydation irréversible**

4.3 Solutions pratiques

Elaborer des vins issus de vendanges très mûres implique des précautions, car de manière générale le pH du vin est élevé (proche de 4), par conséquent la fraction de SO₂ actif est faible.

- Conserver des vins de pH > 3,8 avec des doses de **SO₂ libre > 25 mg/L**.
- Apporter massivement le SO₂ en **fin de fermentation malolactique**, de l'ordre de **3 à 4 g/hL**, et en une seule fois, pour que le sulfitage ait un effet bactéricide efficace.

Un sulfitage à 4 g/hL est plus efficace que deux sulfitages à 2 g/hL.

- **Sulfiter tôt et avant toute manipulation** de vin, de sorte que le SO₂ bloque les premières réactions chimiques et enzymatiques d'oxydation. Il agit peu en curatif.

Tableau 2 : Préconisations et doses d'emploi du SO₂

Etape	Dose de SO ₂	Conseils
A la fin de la FML	3 à 4 g/hL	Contrôler par l'analyse les doses de SO ₂ libre et total.
Au cours de l'élevage	Maintenir le SO ₂ libre à 25 mg/L	Tenir compte des valeurs de pH et des températures de stockage.
Lors des transferts de vin	1 g/hL pour éviter l'oxydation	Mesurer l'oxygène dissous pour affiner le sulfitage.
Lors du conditionnement	Viser 30 mg/L de SO ₂ libre dans la bouteille	S'assurer de la stabilité du SO₂ libre plusieurs jours avant conditionnement . Dose à ajuster en fonction de la taille et du type de conditionnement.



A SAVOIR : L'oxygène dissous affecte la teneur en SO₂ libre et en SO₂ total. Une teneur en SO₂ total diminuée signifie que les phénomènes d'oxydation ont atteint un niveau de gravité élevé. C'est un paramètre aussi important à surveiller que le SO₂ libre.

En milieu aqueux, 8 mg/L d'oxygène oxydent 32 mg/L de SO₂ et produisent 49 mg/L d'acide sulfurique, dans le mois qui suit l'apport. Cependant, le vin étant un milieu complexe, cette équation ne s'applique pas exactement, et dans la pratique on constate qu'1 mg/L d'oxygène dissous dans le vin oxyde 1 à 4 mg/L de SO₂.



A SAVOIR : Depuis le 1er août 2009, les teneurs maximales légales en SO₂ total sont 150 mg/L pour les vins rouges, 200 mg/L pour les vins blancs et rosés secs.

V. Additif complémentaire au SO₂ : l'acide L. ascorbique

L'addition d'acide L. ascorbique est autorisée sur moût et sur vin, à la dose maximum de 250 mg/L.

La dose d'acide ascorbique ne doit pas dépasser 250 mg/L dans le vin traité.

5.1 Propriétés

L'acide ascorbique a un fort pouvoir antioxydant. Il s'oxyde plus rapidement que le SO₂. Il protège également le vin de la casse ferrique.

5.2 Risques

Utilisé **sans protection de SO₂**, ce produit très oxydable devient un catalyseur d'oxydation et conduit à l'**effet inverse** de celui recherché.

5.3 Solutions pratiques

- Sulfiter impérativement lors de l'ajout d'acide ascorbique.
- Utiliser sur moût avec la plus grande précaution. Au moment du conditionnement, à réserver aux vins dont le circuit de distribution est court.
- S'assurer que l'ajout d'acide ascorbique est autorisé dans le pays importateur, en cas de vins destinés à l'exportation.

NB : Nous n'évoquons pas l'acide sorbique, dont l'utilisation est réservée aux vins sucrés.



I. Récolte et transport de la vendange

1.1 Problématique

Au cours de cette étape, la matière première « solide » (grains hermétiques dont les constituants sont à l'abri de l'air) devient une phase solide et liquide (baies de raisins mêlées aux premiers jus libérés), où les constituants du raisin sont plus ou moins exposés à l'air suivant le mode :

- de cueillette (manuel ou machine),
- de transport (benne, caisse, etc.).

1.2 Risques liés à l'exposition à l'air non maîtrisée

L'exposition simultanée à l'air et à une température variable entraîne une oxydation des jus :

- dégradation de la couleur (brunissement des jus)
- perte aromatique, surtout pour les vins blancs et rosés (le glutathion puis indirectement les thiols sont dégradés).



A SAVOIR : La température joue un rôle important dans la phase de dissolution puis de consommation de l'oxygène par le jus : à température basse, on observe une dissolution rapide de l'oxygène ; à température haute, une consommation rapide de l'oxygène.

1.3 Solutions

- Vendanger à **température maîtrisée**, la nuit dans certains cas, lorsque les journées sont très chaudes :
 - pour limiter l'activité des enzymes oxydases
 - pour adapter la température à la capacité de réfrigération de la cave.
- Respecter le mieux possible **l'intégrité des grains** de raisin
- Protéger au maximum le raisin vis-à-vis de l'oxygène par :
 - des bennes à double fond et un sulfitage des jus d'écoulement
 - des bennes fermées et saturées en CO₂ à l'aide de glace carbonique
 - un transport rapide de la vendange après récolte.

II. Problèmes spécifiques des vendanges botrytisées : présence de laccase

2.1 Problématique

La laccase est l'enzyme polyphénol oxydase issue spécifiquement de *Botrytis Cinerea*, responsable de **la pourriture grise**.

2.2 Risques liés à la présence de ce champignon sur le raisin

En présence d'oxygène, la laccase **oxyde la majorité des polyphénols** des raisins et des vins. Elle entraîne une dégradation de la couleur et de la structure des vins.



A SAVOIR : Une simple fraction de raisins altérés peut nuire à la qualité de toute une cuve.

2.3 Solutions

- Trier la vendange à la vigne et sur table est la meilleure solution pour éviter ce problème.
- Sulfiter massivement (10 à 12 g/Hl) si le tri n'est pas envisageable.
- Traiter par **thermovinification** ou **flash détente**, seuls procédés capables de détruire définitivement la laccase par la chaleur (au-delà de 60°C).
- Veiller à ne pas contaminer les jus thermotraités par des jus botrytisés.

III. Pressurage de vendange fraîche en blanc et rosé

3.1 Problématique

A ce stade, l'objectif est **d'extraire les arômes variétaux**, leurs précurseurs et des antioxydants (glutathion) capables de protéger les thiols.



A SAVOIR : Lors du pressurage, les jus de raisins sont mis en présence de quantités non contrôlées d'oxygène et d'oxydases (principalement la tyrosinase du raisin et la laccase de *Botrytis Cinerea*).

3.2 Risques liés à la non maîtrise de l'oxygène durant le pressurage

Les dommages occasionnés sur les jus se concrétisent par :

- Une dégradation des polyphénols avec l'apparition de pigments jaunes et bruns.
- Une transformation des tanins en quinones.
- La destruction du glutathion qui est un puissant antioxydant (qui protège naturellement les thiols).

Au final, les vins blancs et rosés issus d'un **pressurage non protégé** de l'oxygène sont **plus colorés** (reflets jaunes ou orangés) et **moins aromatiques** (les thiols sont oxydés et se combinent aux quinones, formant des composés sans arôme).

3.3 Solutions

- Sulfiter permet de limiter fortement l'oxydation des jus de goutte (SO_2 facile à répartir), mais peu celle des presses (durant le cycle de pressurage). Le SO_2 n'agit pas directement sur la dissolution de l'oxygène, mais il bloque les premières réactions chimiques et enzymatiques d'oxydation.
- Eliminer l'oxygène lors du pressurage de la vendange fraîche limite les conséquences de l'oxydation des jus (non destruction du glutathion, peu de formation de quinones), avec pour conséquence des vins plus aromatiques et moins jaunes. L'apparition sur le marché de pressoirs travaillant à l'abri de l'oxygène va dans ce sens et confirme ces observations.



A SAVOIR : Dans certains cas, une oxygénation des moûts peut être recherchée pour éliminer les composés très oxydables.

Au cours de l'élevage, le vin a besoin d'oxygène pour évoluer favorablement. Ce constat est clair lorsqu'on compare l'évolution d'un vin conservé en foudre à celle d'un vin en cuve inox. L'oxygène, à condition d'être apporté de manière lente et continue, contribue à **la stabilisation de la couleur**, à **l'assouplissement des tanins**. La **quantité d'oxygène** en contact avec le vin doit être **maitrisée tout au long de l'élevage**, adaptée à la qualité du vin, à l'objectif du moment de consommation et au potentiel de garde.

Si le vin reçoit des doses cumulées d'oxygène trop importantes, en regard de ses besoins au cours de l'élevage, il risque de s'oxyder et de présenter des tanins secs.

Si le vin a été maintenu à l'abri total de l'air, sa couleur devient instable, sa structure tannique évolue peu et il est davantage sensible aux aérations violentes.

Diverses options d'oxygénation existent, certaines traditionnelles comme les contenants bois et les soutirages, d'autres plus récentes telles que la macro et la micro-oxygénation.

I. Contenants bois

1.1 Problématique

Traditionnellement, l'élevage en bois permet une oxydation ménagée.

1.2 Risques

Oxygénation difficile à maîtriser. Risque d'oxydation en cas d'apport trop important par rapport aux besoins du vin.

1.3 Solutions pratiques

Sachant que **les apports se cumulent**, les raisonner dans leur globalité afin d'oxygéner plus ou moins selon le profil sensoriel du vin et l'objectif produit.

Les apports d'oxygène se font :

- Par le trou de bonde (barrique bonde dessus) : l'évaporation du vin à travers la barrique (consume) est compensée par une entrée d'air au niveau du trou de bonde. Plus le grain du bois est grossier et l'humidité du chai faible, plus la consume est forte et donc les apports d'oxygène sont importants.
 - Bonde bois ou verre : apport d'oxygène important.
 - Bonde silicone frappée ou bonde bois de côté : apport quasi nul. Une dépression se crée

dans la barrique dont les fonds se rétractent. La barrique reste alors inertée et les ouillages peuvent être espacés.

Bonde ouverte : la barrique se remet à pression atmosphérique, le creux se forme. Un ouillage devient nécessaire.

- Par le vin d'ouillage. Ce vin, généralement fortement oxygéné, contribue à **l'apport d'oxygène dans la barrique.**



A SAVOIR : Pour apporter un minimum d'oxygène lors du ouillage : conditionner une fraction du vin en BIB, que l'on utilisera lors de cette opération.

- A travers la paroi du bois, l'apport en oxygène est relativement faible.
- Selon la taille du contenant : **plus le contenant est gros, plus les apports sont faibles** car le rapport surface / volume diminue.

II. Soutirage à l'air

2.1 Problématique

Un soutirage du vin s'avère utile lorsque le contenant ne laisse pas passer suffisamment d'oxygène.

La quantité nécessaire au vin sur une longue période est alors apportée en une fois.

2.2 Risques

Oxydation en cas d'apport important : l'oxygène dissous en quantité importante peut se combiner à des composés aromatiques ou faire évoluer la nuance.

2.3 Solutions

Vérifier le niveau de SO₂ libre et total avant soutirage puis quelques jours après. Réajuster si nécessaire.

III. Macro-oxygénation

Pour simplifier les soutirages, des diffuseurs d'oxygène ont été développés. Le principe est d'apporter de l'oxygène par **un diffuseur en céramique ou fritté inox** directement dans le vin. Ce procédé permet en quelques minutes de simuler l'apport d'oxygène d'un soutirage à l'air :

- en évitant de pomper ou déplacer le vin,
- en diminuant le risque de contamination puis altération microbienne lors du passage du vin par du matériel (pompes, tuyaux, etc.) non désinfecté.

La facilité de l'opération rend même possible le fractionnement des doses. La quantité d'oxygène dissous et l'impact négatif qu'il entraîne sur le vin sont donc plus faibles.



Commande Cliquezur (Vivelys)



Diffuseur Cliquezur (Vivelys)

IV. Micro-oxygénation

La micro-oxygénation permet de maîtriser davantage l'oxygénation et **d'éviter totalement les apports massifs d'oxygène**. L'objectif de cette technique (développement CEnodev-INRA) est de reproduire en cuve l'apport d'oxygène lent et continu qui se produit au travers d'une barrique. Contrairement au cliqueur, un appareil est nécessaire pour chaque cuve et le diffuseur y reste en permanence tout au long de l'élevage.



A SAVOIR : La micro-oxygénation présente des risques irréversibles et doit donc être pilotée par une personne ayant acquis l'expérience de cette technique.



Boitier de micro-oxygénation (Vivelys)



Diffuseur céramique (Vivelys)

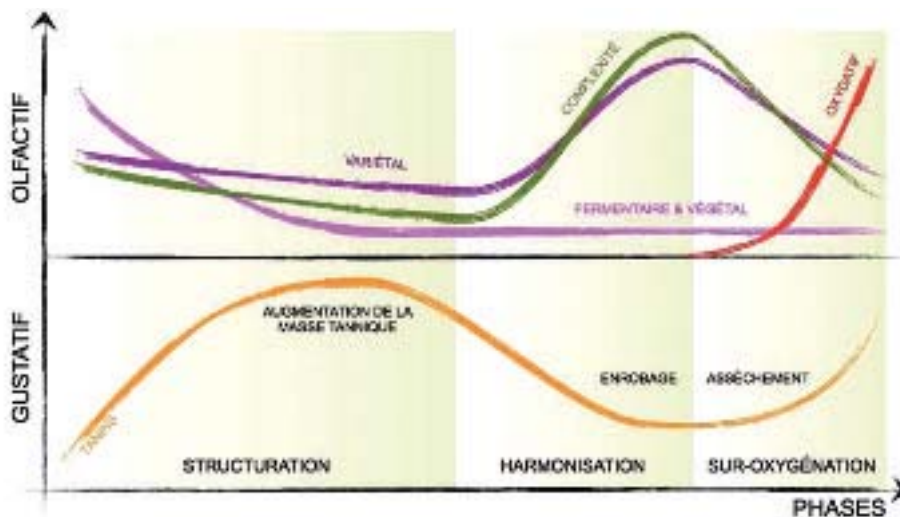


Figure 1 : différentes phases en micro-oxygénation (Source : Vivelys)

4.1 Points clés pour maîtriser la micro-oxygénation et risques associés

La dose d'oxygène doit être adaptée à la concentration du vin mais aussi à son équilibre. Le vin micro-oxygéné doit présenter un bon équilibre entre anthocyanes et tanins. Un vin insuffisamment coloré doit recevoir des doses d'oxygène faibles sous peine de développer des tanins secs.

Plus l'apport est précoce, plus il est efficace. Idéalement, il débute en fin de fermentation alcoolique, sous marc. C'est là que le vin contient le plus d'anthocyanes et qu'il est le plus apte à accepter l'oxygène.

- Procéder à une première étape d'apports importants, généralement compris entre 30 et 60 mL d'O₂ par litre de vin et par mois (mL/L/mois). Une légère production d'éthanal est généralement perçue à la dégustation. Cette étape est importante car elle déclenche les cascades de réactions chimiques permettant de stabiliser la couleur et d'enrober les tanins.
- **Dès l'apparition des notes d'éthanal, diminuer les doses** (d'environ 10 mL/L/mois dans un premier temps) jusqu'à disparition de la perception de l'éthanal. Si cette dernière persiste, en raison d'apports trop poussés, elle finira par disparaître lors de la fermentation malolactique puis du sulfitage. Cependant, plus les apports auront été forts et **l'éthanal persistant**, plus le profil aromatique sera déplacé de la palette des fruits frais vers celle des **fruits confiturés**.

Deux phases se succèdent alors :

- Une **phase de structuration** où la perception tannique est exacerbée. Si le vin doit être passé en barrique, c'est à ce moment là qu'il est le plus apte à le faire.
- Une **phase d'harmonisation** où les tanins s'assouplissent.



A SAVOIR : Une sécheresse tannique peut apparaître de manière irréversible si la micro-oxygénation est appliquée trop longtemps ou à des doses trop fortes. Seul un collage ou l'utilisation de lies peut éliminer partiellement ce défaut.

- **Réduire les doses** lors de la fermentation malolactique (FML), même si les apports peuvent être poursuivis. **Arrêter tout apport** pendant le **dernier tiers de la FML**.
- Recommencer les apports après le sulfitage de fin FML, si la température et le profil du vin le permettent. A ce stade cependant, l'erreur n'est plus permise. Des apports non maîtrisés conduisent à une oxydation irrémédiable du vin. Les doses apportées seront par conséquent généralement inférieures à 10 mL/L/mois.
- Réduire ensuite régulièrement les doses. Plus le temps passe et la température diminue, plus le besoin du vin en oxygène est faible. L'apport doit donc être adapté. **En dessous de 10°C** il est préférable d'arrêter tout apport.
- Attendre deux mois après l'arrêt de la micro-oxygénation avant de mettre en bouteille, afin de vérifier que le SO₂ est stable et que le vin ne retourne pas à un état réduit.
- Utiliser un oxymètre pour vérifier que **l'apport d'oxygène est inférieur à la consommation du vin** (en dehors de la première phase de montée à l'éthanal), afin que l'oxygène ne s'accumule pas sous forme dissoute. Contrôler la stabilité du SO₂ après fermentation malolactique, elle est également un bon marqueur.

I. Problématique

L'inertage est la mise du vin sous gaz inerte limitant toute dissolution d'oxygène.

- L'inertage constitue la **seule véritable solution préventive**, car il empêche le vin d'entrer en contact avec l'oxygène.
 - Il protège des déviations microbiennes aérobies, comme la piqûre acétique.
 - Il est un outil de gestion des cuves en vidange et de protection du vin lors des transferts.
- La concentration en oxygène dans l'air est de 21 %. La réduire à 1 % dans le ciel gazeux d'un contenant permet de minimiser son impact sur la qualité du vin. Et abaisser la concentration jusqu'à 0,5 % permet d'éviter toute formation de fleur à la surface du vin.

Tableau 1 : Les gaz inertes utilisés en œnologie

	Caractéristiques	Avantages	Inconvénients
L'azote (N₂) est le gaz inerte le plus utilisé actuellement en œnologie	Densité proche de celle de l'air Inodore, incolore	Economique Inerte Se dissout peu dans le vin	Potentiellement asphyxiant dès que O ₂ < 17% Risque d'assécher le vin et de dégazer du CO ₂
Le dioxyde de carbone (CO₂) Sous forme de gaz, neige carbonique ou carboglace (briques et bâtonnets)	Densité : 1,5 fois celle de l'air Incolore Inodore à faible concentration Très soluble	Inerte Facile à utiliser : plus lourd que l'air, il a tendance à rester à la surface du vin	Gaz mortel En utilisation pure, risque de sur-carbonatation car le CO ₂ est très soluble dans le vin.
L'argon (Ar) est naturellement présent dans l'air à une concentration d'environ 1%	Densité : 1,4 fois celle de l'air Incolore Inodore	Inerte Plus lourd que l'air Peu soluble dans le vin	Encore plus cher que l'azote et le CO ₂

II. Difficultés et risques liés à l'inertage

- Une dissolution du gaz inerte dans le vin est à craindre lors de l'usage exclusif du CO₂.
- Le gaz inerte risque de diffuser dans le chai.
- Le gaz peut être consommé de façon excessive en cas de non maîtrise de l'inertage.

L'absence de contrôle peut conduire à laisser une cuve sans protection suffisante, voire sans protection du tout. Investir dans un **oxymètre portatif** est indispensable.



A SAVOIR : La « technique de la bougie » est inadaptée pour vérifier un inertage, car une bougie s'éteint lorsque le taux d'oxygène est inférieur à 16,5 %. Elle ne permet pas de détecter la présence de CO₂ et peut même s'avérer dangereuse par son manque de fiabilité.

III. L'inertage en phase statique

3.1 L'inertage par balayage après remplissage

Lors du remplissage des cuves, un volume d'air, dit « ciel gazeux », reste confiné entre le vin et la voûte de la cuve. **L'inertage par balayage** consiste à balayer l'air en fin de remplissage et à le remplacer par un gaz neutre sous faible pression (20 mbars).

Le volume de balayage dépend du gaz utilisé (voir paragraphe choix du gaz).

Les soutirages doivent être accompagnés d'un **apport de gaz neutre**, dont le volume est égal au volume de vin soutiré.

3.1.1 Installations

- Une **installation fixe** comprend un stockage de gaz neutre, un équipement de détente très basse pression et des canalisations de distribution de gaz.

Dans un chai de taille moyenne à importante, une installation fixe de distribution de gaz permet l'inertage permanent de toutes les cuves en vidange.

- Une **installation mobile** comprend un diffuseur flottant (par exemple en forme de cloche ou de boule percée) et un tube de gaz allant du haut au bas de la cuve, idéalement en enrouleur, reliant le diffuseur à une bouteille de gaz.

Dans un chai de taille petite à moyenne, ces installations mobiles sont plus abordables.

3.1.2 Choix du gaz



A SAVOIR : 1 mol de gaz occupe un volume de 23,6 L à 15°C
1 m³ ↔ 1,18 kg d'azote ↔ 1,68 kg d'argon ↔ 1,87 kg de CO₂

3.1.2.1 Azote

En théorie il faut 1,18 kg d'azote pour remplacer 1 m³ d'air. En pratique, il faut 4 à 7 fois cette quantité, à cause des turbulences du gaz créées lors de l'injection de ce gaz dans le ciel gazeux de la cuve.

La meilleure façon de mettre en œuvre l'inertage à l'azote est d'utiliser le **système de surpression** décrit dans le paragraphe suivant.

La mise en œuvre de l'inertage par balayage à l'azote ne permet pas de descendre au dessous de 2 % d'oxygène résiduel, du fait de sa densité proche de l'air et des turbulences.

3.1.2.2 Dioxyde de carbone gazeux

En théorie il faut 1,87 kg de CO₂ pour remplacer 1 m³ d'air. En pratique, si l'on utilise du CO₂ pur, il faut injecter 2 à 3 fois le volume correspondant au volume de ciel gazeux à inerte,



pour compenser le CO₂ qui se dissout dans le vin. Dans ce cas, si la cuve n'est pas totalement hermétique, de l'air entre dans la cuve pour remplacer le CO₂ dissous.

Il ne faut pas non plus compter trop longtemps sur **l'effet « couverture » du CO₂** : au bout d'un moment, par phénomène d'osmose, l'oxygène éventuellement présent entre au contact du vin. L'inertage au CO₂ reste donc une **solution à court terme**.

3.1.2.3 Dioxyde de carbone solide

Sous forme de carboglace (en briques ou en bâtonnets) ou de neige carbonique (obtenue par la détente du gaz à l'aide d'un tromblon).

La carboglace peut être utilisée aussi bien pour refroidir les raisins que pour inerte. Elle ne doit pas être mise directement sur le vin : une enveloppe de glace peut se former autour des bâtonnets et empêcherait le gaz de diffuser. La carboglace peut être placée dans un récipient en plastique flottant à la surface.

Une brique de 2 kg de carboglace met environ 30 minutes à se sublimer. Ensuite 15 à 30 minutes suffisent pour que la couverture de CO₂ ainsi formée commence à se mélanger à l'air : c'est pourquoi cette solution doit être envisagée seulement pour de l'inertage à court terme (par exemple, dans une maie de pressoir).

3.1.2.4 Argon

En théorie il faut 1,68 kg d'argon pour remplacer 1 m³ d'air. En pratique il faut injecter 2 à 3 fois le volume correspondant au volume de ciel gazeux à inerte.

3.1.2.5 Mélanges gazeux

Le mélange le plus utilisé est constitué à **80 % d'azote** et à **20 % de CO₂** : le CO₂ permet de compenser **la décarbonatation engendrée par l'azote**. Ces proportions sont à raisonner en fonction du niveau de CO₂ dissous que l'on souhaite maintenir dans le vin et de la température de la cave : par exemple à 10°C, ces proportions 80-20% permettent de conserver une concentration de CO₂ de 500 mg/L.

Un mélange de **80% d'argon** et de **20% de CO₂** permet un inertage efficace, sans risque de décarbonatation ni de sur-carbonatation.

Certains mélanges gazeux s'achètent tels quels, ou peuvent se préparer à la cave grâce à une installation **de détendeurs et de cloches de pressions adéquates**.



A SAVOIR : Il faut raisonner le choix du gaz inerte en fonction du type de vin à protéger : par exemple, le CO₂ pur ou en mélange peut être plus intéressant pour les vins rosés, dans lesquels on souhaite garder plus de CO₂ dissous.

3.2 L'inertage en continu par légère surpression

3.2.1 Principe

Cette technique implique une différence de pression positive entre la cuve et l'extérieur (la cuve est en légère surpression), empêchant l'oxygène contenu dans l'air ambiant de rentrer dans la cuve.

Cette surpression compense les fluctuations du niveau du vin dans la cuve dues aux variations de température. Le **système de surpression**, en cas de baisse de température, injecte du gaz inerte pour compenser la perte de volume.

3.2.2 Installation

L'installation est composée d'un capteur de température ou régulateur de pression - type bonde aseptique (tuyau arrivant dans un espace tampon rempli d'eau) ou soupape mécanique.

3.2.3 Choix du gaz

Choisir l'azote ou les mélanges 80% azote et 20% CO₂ ou 70% - 30%, couramment employés car la même installation réalise l'inertage par balayage et l'inertage par surpression. **Cette technique est très consommatrice de gaz.**

IV. L'inertage en phase dynamique

4.1 Transfert par poussée au gaz inerte

4.1.1 Principe

Méthode consistant à pousser le vin d'un contenant à un autre, par pression au gaz inerte.

4.1.2 Applications

Écouler les barriques en poussant à l'azote avec une canne spéciale et une bonde silicone étanche pouvant résister à la surpression. A une pression de 1,4 bar, 6 minutes sont nécessaires pour vider une barrique de 225L. Cela est inutile si on cherche à soutirer à l'air. Même système si on utilise des fûts à bière pression en inox pour conserver le vin d'ouillage : injecter de l'azote pour sortir le volume de vin nécessaire. Le reste du vin d'ouillage en vidange dans le fût reste protégé.

4.1.3 Choix du gaz

Préférer ici **l'azote, plus économique et moins soluble.**

4.2 Inertage des circuits de transfert

4.2.1 Principe

Lors d'un transfert et/ou d'une opération de chai (filtration, etc.) les principaux risques de dissolution d'oxygène sont au démarrage et en fin d'opération :

- brassage lors de l'amorçage et cavitation de la pompe ou autre matériel (filtre, etc.)
- mise sous pression du vin au contact de l'air entraînant une dissolution immédiate de l'oxygène dans le vin lors du remplissage d'un filtre.

L'inertage des circuits de transfert et du matériel permet d'éviter cette prise d'oxygène initiale.

4.2.2 Matériel et mise en œuvre

Inerter une ligne de transfert en début d'opération : **remplir la ligne d'eau** puis **pousser l'eau avec le gaz inerte**. Le seul matériel nécessaire est un raccord avec injecteur à gaz que l'on intègre au préalable au début de la ligne à inerter.

En fin d'opération, **pousser le vin à l'eau** : cela nécessite un Y muni d'un mireur et d'une vanne intermédiaire.

4.2.3 Choix du gaz

Préférer l'azote car sa densité présente un intérêt pour la qualité de l'inertage du circuit de pompage.

4.2.4 Choix de la méthode préventive

Choisir le type d'inertage selon la **tolérance maximale en oxygène dissous** que la cave se fixe.

Choisir la technique à utiliser selon :

- les coûts de matériel et d'utilisation (gaz, eau, outillage, etc.) ou de prestation de service (carboglace)
- l'objectif visé (fréquence d'utilisation, stade de mise en place, efficacité, etc.)
- les contraintes en cave.

Investir en prenant en compte :

- le gaz : générateur à azote et/ou réservoirs de N₂ et CO₂ et/ou location de bouteilles de gaz
- le petit matériel de cave (diffuseurs, raccords)
- le matériel de mesure de l'oxygène (oxymètre)

V. Avantages de l'inertage

- Respecte la qualité du vin
- Limite le risque d'oxydation
- Réduit le sulfitage
- Evite certaines déviations microbiologiques aérobies
- Permet une gestion simplifiée du chai : possibilité de stocker le vin dans des cuves en vidange, pour une gestion plus souple des stocks, en réduisant les opérations de transferts entre cuves. Toutefois l'ouillage des cuves reste la précaution garantissant la meilleure protection vis-à-vis de l'oxygène.
- Simplifie la mise en œuvre (peu de manipulations)
- Se substitue efficacement aux systèmes de chapeaux flottants et bondes aseptiques.

Dans tous les cas, l'inertage doit être contrôlé par un **suivi régulier du taux d'oxygène dans le ciel gazeux**.

I. Pompage

1.1 Problématique

Durant cette **étape clé** qui se renouvelle plusieurs fois tout au long de la vinification et de l'élevage, le vin est manipulé avec des **risques importants** de turbulence, d'émulsion et de contact avec l'air.

1.2 Risques liés à la non maîtrise de cette étape

En cas de contact du vin avec l'air, les quantités d'oxygène dissous sont encore plus importantes qu'en phase statique, avec les conséquences décrites dans la fiche N°1.

En conditions normales, les quantités d'oxygène dissout sont comprises entre 0,1 et 1 mg/L. En cas de non maîtrise, ces concentrations sont nettement supérieures.

1.3 Solutions

Démarrer et finir le pompage à vitesse réduite : le risque de dissolution est maximum au démarrage et à l'arrêt du pompage à cause des turbulences occasionnées par la mise en mouvement du vin dans les tuyaux.



A SAVOIR : Au cours du pompage, pour éviter au maximum les turbulences, veiller à ce que la vitesse linéaire V dans la tuyauterie soit au maximum de 1,5 m/s.

Calcul simplifié : $V=35,4xd/a^2$, où d =débit d'écoulement en hL/h, a =diamètre du tuyau en mm


Limiter la longueur des tuyaux et le nombre de raccords. Vérifier l'état des joints.

Inerter les tuyaux avant tout pompage, avant que le vin ne « pousse » l'air dans les tuyaux d'acheminement. Cet inertage se fait à l'aide d'un gaz (CO₂, azote, argon). Dans le cas de très longues canalisations, l'eau est utilisée pour « pousser » l'air. Veiller à ce que cette pratique n'entraîne pas de mouillage.

Inerter entièrement la cuve de réception. Se limiter à un coussin de gaz pour les cuves de très grande contenance.

Remplir la cuve par le bas.

Eviter tout « effet venturi » provoqué par des raccords inadaptés ou mal serrés. Ce phénomène de prise d'air en continu durant le pompage peut générer des apports très importants d'oxygène.



Placer la pompe « en poussée » et non « en aspiration » dans la mesure du possible.

Eviter la présence de « **points hauts** » et de coudes tout au long des canalisations, car ils favorisent les phénomènes de turbulence en augmentant la surface liquide/air.

Veiller à ne pas pomper d'air en cas d'utilisation d'une pompe centrifuge, afin d'éviter tout phénomène de « cavitage » (la pompe tourne avec un mélange air/liquide qui occasionne un fort brassage).

II. Filtration et centrifugation



2.1 Problématique

Les contraintes sont celles du pompage et celles spécifiques à la phase de filtration.

2.2 Risques liés à la non maîtrise de cette phase

Des mesures effectuées par différents organismes, lors de filtrations par divers procédés, mettent en évidence des apports en oxygène compris entre 0,1 et 3,1 mg/L.

Ces disparités s'expliquent par :

- le volume de vin filtré
- le type de matériel
- les procédures de travail

2.3 Solutions

Inerter les tuyauteries, les cuves, sans oublier les modules de filtration.

Filtrer toujours d'**importants volumes** afin de minimiser l'impact des phases de début et de fin de filtration, les plus problématiques, car c'est au cours de ces phases que l'on dissout le plus d'oxygène.

III. Transfert et transport des vins



3.1 Problématique

Les vins sont fréquemment déplacés soit sur site, soit vers une destination plus ou moins proche (négoce, centre d'embouteillage, export par bateau). Les deux moyens les plus couramment utilisés sont : tuyauterie + pompe sur un même site

tuyauterie + pompe + camion citerne, wagon citerne ou Flexitank.

3.2 Risques liés à la non maîtrise de cette phase

En cas de contact avec l'air, d'importantes quantités d'oxygène risquent de se dissoudre dans le vin avec les conséquences évoquées dans la fiche N°1.

Aux risques induits par les tuyaux et les pompes s'ajoutent ceux occasionnés par les **poches multiples** des citernes, qui ne sont pas toujours pleines et provoquent un brassage important du vin (augmentation de la surface de contact vin / air) au cours du transport.

3.3 Solutions

Aux solutions préconisées pour le pompage viennent s'adjoindre les conseils suivants :

- **manipuler le vin entre 13 et 20°C** : les conséquences d'un apport excessif d'air seront limitées.
- dans le cas de transport en citerne multi-poches :
 - ne jamais transporter de vin dans des **poches en vidange**. Dans le cas contraire, les inerte.
 - **remplir systématiquement les poches par le bas** en évitant les remous.
 - fermer les vannes des poches au fur et à mesure qu'elles sont vidées, pour éviter tout phénomène de siphonage.

I. Problématique

Le conditionnement est une **étape déterminante** pour la qualité de nos vins de la Vallée du Rhône ; il ne doit pas réduire les efforts qualitatifs faits à la vigne, ni l'attention portée lors des vinifications et de l'élevage.

Limiter les apports en oxygène à cette étape est impératif pour préserver le potentiel qualitatif du vin.

Des études menées par Inter Rhône montrent que la quantité d'oxygène dissous lors d'un conditionnement peut atteindre **0,5 à 7 mg/L**.

En cas d'apport important en oxygène durant le tirage, **aucune action corrective** n'est possible après conditionnement.

II. Risques liés à une non maîtrise des apports d'oxygène

- Chute précoce du SO₂ libre
- Risque microbiologique
- Oxydation du vin
- Evolution prématurée de la couleur et des arômes

III. Les matières sèches

3.1 Les contrôles

Contrôler toutes les matières sèches (bouteille, bouchon, étiquette, contre-étiquette, carton) avant utilisation : conformité au cahier des charges et compatibilité avec le matériel de mise. Sinon, une anomalie survenant lors du conditionnement, risque d'occasionner des arrêts de la chaîne d'embouteillage, toujours préjudiciables à la qualité et souvent à l'origine d'entrée d'oxygène.

3.1.1 Les bouteilles

- Vérifier que le **diamètre interne du col** des bouteilles corresponde aux spécifications annoncées par les fabricants (y compris pour les bagues à vis).
- Exiger les **courbes de remplissage** établies par le fabricant pour chaque type de bouteille et privilégier celui dont le **niveau de remplissage** est **le plus faible**, afin d'avoir un espace de tête le plus étroit possible (et diminuer ainsi le taux d'oxygène dans l'espace de tête).
- Adapter la **longueur de bouchon** au niveau de remplissage, afin que l'espace de tête soit suffisant (10 mm de dégarni) pour absorber les élévations de volume en cas d'augmentation de la température, et **diminuer le risque de couleuses**.

Tableau 1 : Températures entraînant un risque de couleuses selon le dégarni

Niveau de remplissage	Longueur de bouchon	Risque de couleuse à partir de*
63 mm	38 mm	49°C
	45 mm	43°C
	49 mm	40°C
	54 mm	36°C
55 mm	38 mm	41°C
	45 mm	34°C
	49 mm	29°C
	54 mm	21°C

* pour une température de remplissage de 20°C, source INE.

3.1.2 Les bouchons

Contrôler les lots de bouchon selon la « **Charte de qualité pour le contrôle des lots de bouchons en Vallée du Rhône** » (disponible sur le site www.institut-rhodanien.com rubrique Colloques et publications puis Autres documents).

Vérifier les paramètres :

- analyses sensorielles ou taux de 2,4,6 Trichloroanisole relargable
- retour élastique du bouchon ou force restituée
- taux d'humidité
- dimensions du bouchon (longueur et diamètre)
- densité du bouchon

3.2 Choisir son obturateur

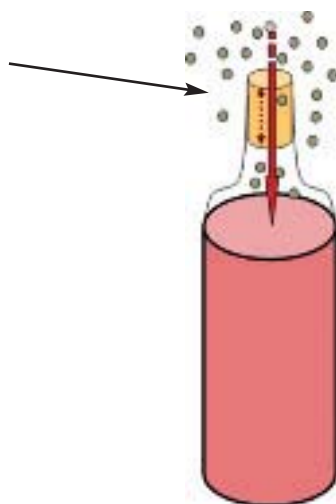
Il se fera

- en fonction des caractéristiques du vin, de son circuit de distribution : France/Export, caviste/grossiste/CHR/grande distribution/vente à la propriété,
- en fonction du col de la bouteille,
- selon son OTR (Oxygen Transmission Rate ou taux de transfert d'oxygène).



A SAVOIR : l'OTR est « la quantité d'oxygène traversant un obturateur dans un temps donné et dans des conditions données de température, de diamètre du col de bouteille utilisé et de différence de pression partielle entre les deux extrémités de l'obturateur ».

O₂ dans l'atmosphère, dans le bouchon, dans l'espace de tête, dissous dans le vin.



Echanges :

Au fur et à mesure que l'O₂ est consommé par le vin, sa concentration dans l'espace de tête et dans le bouchon diminue, sa pression partielle diminue, ce qui induit un lent transfert d'O₂ depuis l'extérieur vers l'intérieur de la bouteille.

Figure 1 : Passage de l'oxygène au travers du bouchon / source Nomacorrc



A SAVOIR : Les valeurs d'OTR communiquées par les bouchonniers sont souvent difficiles à comparer, car il faut tenir compte des conditions de leur détermination :

- les mesures peuvent être effectuées soit en utilisant de l'oxygène pur (100 %) soit de l'air (21 % d'O₂),
- les expressions varient :
 - en cm³ d'oxygène / jour / obturateur, mesurés dans l'oxygène pur.
 - en mg d'oxygène / mois / obturateur, mesurés dans l'air. Cette façon d'exprimer le résultat est la plus compréhensible pour un œnologue et correspond à l'ordre de grandeur des temps de conservation des vins.

Une valeur d'OTR fournie par un bouchonnier, même en mg/mois/obturateur, ne peut pas être simplement multipliée par le nombre de mois dans une année, car les taux de transfert ne sont pas linéaires.

L'OTR est communiqué par certains fabricants de bouchons.

IV. Le vin

- **Analyser le SO₂, l'O₂ et le CO₂ dissous une semaine avant le conditionnement.**
- **Réajuster le SO₂** libre nécessaire.
- Homogénéiser la cuve lors de tout réajustement.
- Mesurer la quantité d'O₂ dissous dans la cuve pré-mise (maximum conseillé : 1 mg/L) pour gérer le délai à respecter avant la mise (en fonction de la température du vin) et la dose de SO₂ à apporter.
- **Adapter l'indice de colmatage et la turbidité au média filtrant**, en fonction de l'objectif produit et du niveau de contamination microbienne accepté, afin d'éviter un colmatage le jour de la mise.
- **Réajuster en SO₂ et CO₂** lors de la filtration pré-mise. **Respecter un délai suffisant** (minimum 48 heures) pour s'assurer de l'efficacité des corrections apportées.

V. Le matériel

5.1 La tireuse

- **Privilégier la gravité** pour transférer le vin ou adopter des systèmes de pompage et de régulation performants (variation électronique).
- Adopter un système de **pompage asservi à la tireuse**, afin d'éviter le brassage du vin ainsi que les coups de bélier au niveau de la filtration.
- Utiliser un matériel d'embouteillage (pompe et ensemble rinceuse/tireuse/boucheuse) performant et le **réviser régulièrement**.
- Privilégier les tireuses à remplissage par gravité ou isobarométrique. Eviter si possible la mise à niveau par ré-aspiration.

5.2 La boucheuse

- S'équiper d'un **bouchage sous vide** est indispensable. **Contrôler régulièrement le vide** avec un aphromètre.

- Vérifier et changer les mors régulièrement pour éviter tout pincement du bouchon (favorisant le risque de couleuses et/ou un échange gazeux trop important).
- Adapter le réglage de serrage des mors au type de bouchage utilisé (synthétique/liège ; traitement de surface paraffine/silicone ; diamètre des bouchons 23/24/25, etc.). Valider le bon réglage à l'aide d'une pige ou d'un comparateur (ovalisation).
- Prévoir une **table d'accumulation** est indispensable pour stocker les bouteilles debout 3 minutes minimum.



A SAVOIR : Lors de la mise, l'apport d'O₂ dans chaque bouteille ne doit pas dépasser 2 mg/L (O₂ dissous + O₂ compris dans l'espace de tête). Les premières et dernières bouteilles d'une mise subissent des apports en O₂ plus importants que celles du milieu de mise. Si un audit oxygène met en évidence que le matériel d'embouteillage ne permet pas de respecter cette limite, un investissement ou un recours à la prestation de service peut s'avérer nécessaire.

5.3 En cas de sous-traitance :

Définir un cahier des charges entre les deux parties. S'inspirer du guide pratique réalisé par le C.E.T.I.E : « **Cahier N°13, Embouteillage mobile à façon des vins tranquilles** », les Editions de la Qualité, 2006. Le cahier des charges doit contenir :

- la valeur maximale d'apport en O₂ durant la mise
- l'exigence de rapports d'audits oxygène extérieurs (semestriels ou moins).

Choisir le sous-traitant selon :

- sa capacité à respecter le cahier des charges
- les mesures d'O₂ qu'il effectue en autocontrôle (où, quand, comment).

VI. Les méthodes

- Limiter la longueur des tuyaux et le nombre de raccords. Vérifier l'état des joints.
- Inerter et aviner le circuit de la cuve à la tireuse.
- S'assurer de **l'efficacité du système d'inertage** en mesurant le pourcentage d'O₂ dans la zone inertée.
- Redoubler de vigilance lors du conditionnement de **petits volumes de vin**.
- Eviter les arrêts de tirage.
- **Eviter de tirer des vins froids** (dissolution d'O₂ accrue).
- Valider ses **procédures de conditionnement** : mesurer la quantité d'O₂ dissous dans le vin et le pourcentage d'O₂ dans l'espace de tête après conditionnement, afin d'identifier des risques d'évolution prématurée et d'ajuster la dose de SO₂ libre à apporter pour les prochaines mises et améliorer son process.



VII. Cas particuliers

7.1 La capsule à vis

Se référer au guide de l'embouteillage N°6 du C.E.T.I.E : « Le bouchage à vis métallique pour vins tranquilles ». Cependant, nous tenons à insister sur les points suivants :

- **préparer les vins** pour un bouchage qui peut être très, voire trop, étanche et entraîner ainsi des problèmes de réduction.
- **former les opérateurs** au bouchage par capsulage à vis, qui nécessite une technicité encore plus grande qu'un bouchage classique.
- **inertiser** les bouteilles et les capsules. Sinon, l'espace de tête, beaucoup plus grand que dans le cas d'un bouchage classique, peut piéger beaucoup d'O₂.
- **contrôler le filetage** : il doit être conforme aux normes du fabricant, car il participe à l'étanchéité du bouchage. La fabrication d'une bouteille adaptée au capsulage à vis est beaucoup plus délicate que celle d'une bouteille à bague plate : la bague à vis est plus fine que la bague plate, elle est donc plus sensible à la casse.

7.2 L'outre à vin ou BIB

Dans le cas d'un conditionnement en outre à vin, se référer aux travaux menés par « Performance BIB » sur le site www.b-i-b.com. Cependant, nous tenons à insister sur les points suivants :

- **choisir un vin adapté** au conditionnement en BIB, de préférence caractérisé par son fruité et sa fraîcheur.
- **soigner la préparation** des vins. Trois paramètres doivent faire l'objet d'une attention particulière :
 - le SO₂ libre
40 mg/L minimum pour les blancs et rosés
35 mg/L minimum pour les rouges
Augmenter éventuellement ces doses pour des BIB de 1,5 à 3 litres.
 - le CO₂
Ne pas dépasser 800 mg/L dans tous les cas
 - la filtration
Stérile pour les blancs et les rosés
≤ 1 micron pour les rouges



A SAVOIR : Un conditionnement maîtrisé apporte 1 ou 2 mg/L d'O₂. À 1 mg/L d'O₂ supplémentaire, correspond environ un mois de durée de vie du BIB en moins. En conditions idéales de conservation, la durée de vie d'un vin en BIB est de 6 mois maximum.

I. Problématique

Après conditionnement, le vin doit être stocké et transporté dans des conditions optimales afin de lui assurer la meilleure conservation possible :

- **la température est le facteur principal.** Elle doit être constante ou tout au moins dans des plages de température nécessaires à sa bonne conservation, idéalement **entre 13 et 18°C**.
- **la position de la bouteille couchée** a de l'importance dans le cas de bouchage au liège ou avec ses dérivés.
- **le taux d'humidité** atmosphérique doit être maintenu entre 50 et 70 %.
- l'atmosphère doit être neutre et renouvelée.
- **la pénombre** est requise ou *a minima* l'absence de rayons UV.

II. Risques liés à des variations de température au cours du transport ou du stockage

L'impact le plus important sur la conservation du vin est celui de la température. Plus la température s'élève **au-dessus de 18 °C, plus le vieillissement du vin s'accélère**.

Les chocs thermiques, chauds ou froids, provoquent :

- un vieillissement prématuré du vin
- des précipitations tartriques et de matière colorante qui affectent la qualité du produit.

Il est important de suivre les **indicateurs d'évolution** d'un vin rouge, tels que sa couleur, ses arômes et le SO₂. Les exemples ci-après d'impact de la température de conservation sur ces indicateurs sont issus de l'étude sur la conservation des vins en bouteilles, mise en place par Inter Rhône entre 2001 et 2004.

2.1 La couleur du vin

Le vin jeune perd progressivement ses reflets bleu-violet et évolue vers une teinte jaune orangé.

Cette évolution se mesure par la **nuance** (figure 1), ou la teinte, qui est le rapport entre les densités optiques à 420 et 520 nm ($N = DO_{420} / DO_{520}$). Cette valeur augmente au cours de la conservation des vins, traduisant une évolution des formes moléculaires **vers le jaune orangé**. La rapidité de cette évolution varie en fonction des conditions de conservation du vin.



Figure 1 : Evolution de la nuance d'un vin rouge selon la température de conservation, étude Inter Rhône 2001-2004

2.2 La dégustation

Les notes aromatiques perçues au nez et en bouche ne sont pas les mêmes en fonction du stade d'évolution du vin. Un vin jeune est caractérisé par des arômes de fruits frais, qui évoluent **vers des fruits mûrs, confiturés** et transformés (cerise à l'eau de vie...). La structure du vin change également : d'abord charnu, **le vin s'arrondit et s'assouplit**, puis devient généralement plus léger voire plus sec et maigre dans sa phase de déclin.

2.3 Le SO₂

La teneur en dioxyde de soufre diminue au cours du temps (figure 3). En conditions de conservation défectueuses, **la chute du SO₂ est plus forte**. Le vin est alors davantage exposé aux risques d'oxydation : dégradation des arômes et de la couleur.

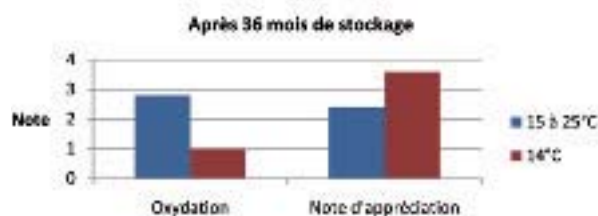


Figure 2 : Evolution sensorielle d'un vin rouge après 36 mois de stockage à différentes températures, étude Inter Rhône 2001-2004

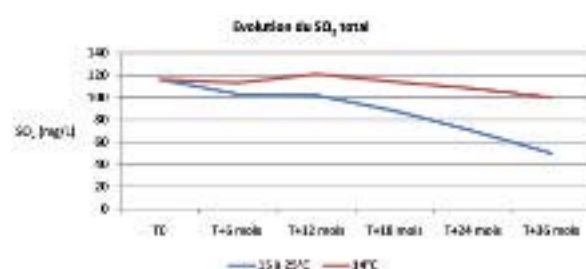


Figure 3 : Evolution du SO₂ total au cours de la conservation du vin à différentes températures, étude Inter Rhône 2001-2004

III. Solutions pratiques

3.1 Lors du transport

- Utiliser des camions ou containers maintenus à une **température stable et inférieure à 20°C**.
- Utiliser des **traceurs de température** et des **sondes thermiques** qui enregistrent les variations tout au long du transport.
- Pour le transport routier, éviter les départs en fin de semaine s'ils occasionnent une immobilisation du vin dans le camion.



A SAVOIR : En cas de transport maritime par container :

- **refuser le positionnement à l'extérieur**
- **privilégier le positionnement sous ligne de flottaison.**

3.1.1 Exemples de chaînes du frais

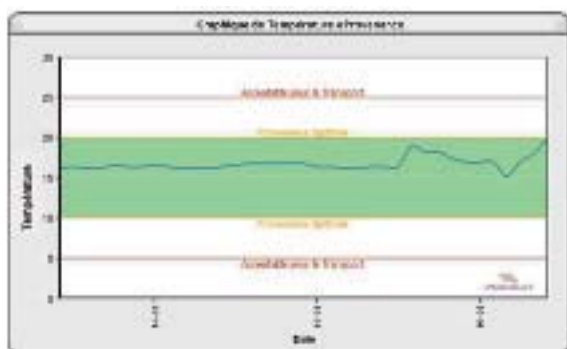


Figure 4 : Transport vers Paris, en 3 jours (mois de mai) en camion bâché.
Source : e provenance.

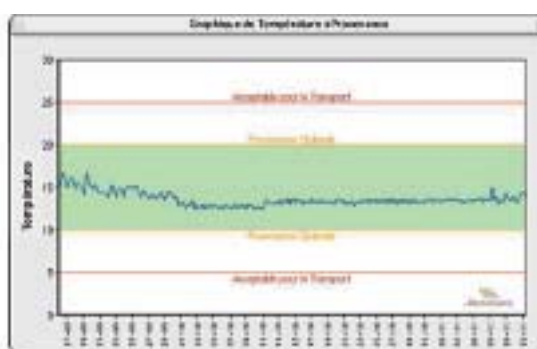


Figure 5 : Transport vers les États-Unis (Côte Ouest), en 2 mois (sept-nov) en conteneur réfrigéré. Source : e provenance.

3.1.2 Exemples de chaînes du frais rompues

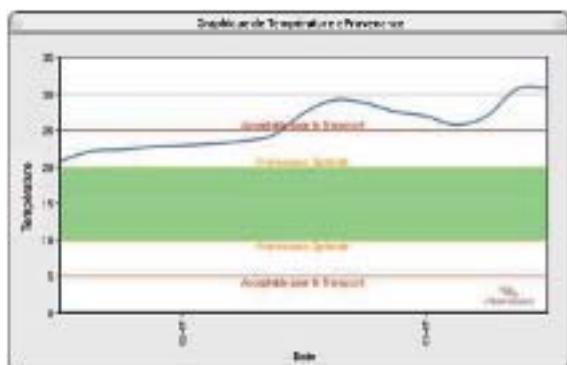


Figure 6 : Transport vers Nice, en 2 jours (mois de juillet) par un camion en dur.
Source : e provenance.

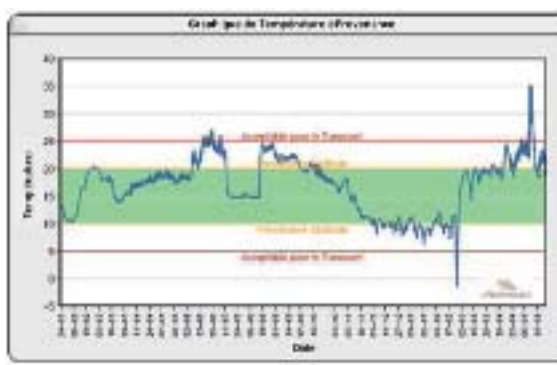


Figure 7: Transport vers les États-Unis (Côte Ouest), en 5 mois (janv/mai) par une multitude de types de transports.
Source : e provenance.

Ces graphiques résultent des mesures effectuées par eProvenance dans le monde en utilisant des capteurs de température RFID combinés à une base de données internet. eProvenance définit les chaînes du frais comme un processus certifié de stockage et de transport des vins du producteur au consommateur final.

3.2 Lors du stockage en distribution

Le metteur en marché peut indiquer la durée de vie estimée de son produit dans un document contractuel destiné au distributeur.

3.2.1 Entrepôts

- Éviter les chocs thermiques en ciblant des températures stables comprises entre 10 et 20°C.
- Stocker **à l'abri des odeurs, des chlorophénols et chloroanisoles.**
- Maintenir un **taux d'humidité** atmosphérique entre **50 et 70%** pour éviter que le liège se dessèche ou que les étiquettes et cartons se détériorent.

3.2.2 Rayons

- Conserver le vin **à l'abri de la lumière** ou *a minima* à l'abri des rayons UV pour éviter les goûts de lumière.

3.3 Lors du stockage sur le lieu de consommation

Le metteur en marché peut préconiser, sur la contre-étiquette :

- les conditions optimales de conservation
- la période de consommation optimale

Il existe différents principes de dosage de **l'oxygène dissous et de l'oxygène dans l'espace de tête**. Ils se sont améliorés au cours du temps. Chronologiquement sont apparues les méthodes chimiques, électrochimiques, puis par luminescence.

I. Méthodes de dosage de l'oxygène

1.1 Mesures directes de l'oxygène

Les méthodes **électrochimiques** (polarographique et coulométrique) et la méthode **par luminescence** permettent de connaître directement la teneur en oxygène dissous et/ou dans l'espace de tête à l'instant de la mesure.

1.2 Mesures indirectes d'oxydation

Seules les conséquences de la présence d'oxygène sont mesurées. Les paramètres dosés sont : SO₂, éthanal, DO 420 nm, famille de polyphénols, composés aromatiques.

II. Matériels et mesures



A SAVOIR : selon la méthode utilisée, l'oxygène peut être dosé sous forme gazeuse et/ou dissoute.

Les deux techniques les plus utilisées actuellement sont la **polarographie et la luminescence**. Certains appareils utilisant ces techniques permettent d'effectuer des mesures de la **précision du µg/L**.

L'avantage de certains matériels est de respecter l'intégrité de l'échantillon et de pouvoir ainsi suivre son évolution dans le temps. Par contre, cet échantillon, même s'il n'est pas ouvert, ne servira que pour les essais et ne sera donc pas commercialisable. Dans un cas comme dans l'autre, les mesures en cuve se font à l'aide **d'une sonde directement plongée dans la cuve** ou à la vanne de la cuve.

Le **choix de la méthode** d'analyse de l'oxygène doit tenir compte du **niveau de précision souhaité, du coût de l'appareil et de la facilité d'utilisation**.

Tableau 1 : Méthodes de dosage de l'oxygène

	Matériel	Caractéristiques	Principe	Mesure
Méthode polarographique	<p>Cathode en or et anode en argent</p> <p>Membrane perméable à l'oxygène</p>	<p>Réduit le courant résiduel</p> <p>Calibration dans l'air saturé de vapeur d'eau</p> <p>Autoconsommation d'oxygène</p>	<p>L'oxygène moléculaire qui traverse la membrane engendre un courant proportionnel à la pression partielle de l'oxygène dans le milieu étudié.</p>	<p>Soit par une sonde immergée dans le vin, soit par un circuit et une chambre étanche à l'air. Ex : Orbisphère</p> <p>Les appareils de mesure de l'oxygène dissous utilisant une cellule électrolytique donnent accès à la pression partielle.</p>
Méthode par luminescence	<p>Sonde : fibre optique et LED bleue</p> <p>Pastilles : membrane polymère photoluminescente servant de support de détection de l'oxygène</p>	<p>Calibration industrielle</p> <p>Recalibration possible</p>	<p>La luminescence est une émission de lumière dite « froide », produite par le retour des électrons excités vers un état de moindre énergie.</p>	<p>Excitation de la surface polymère sensible à l'O₂ par une diode électroluminescente bleue.</p> <p>Puis cette surface émet de la lumière rouge. Le temps écoulé entre l'excitation et l'émission est proportionnelle à la concentration en oxygène dissous.</p> <p>Mesures par une sonde immergée dans le vin, ou à travers les parois de la bouteille. Ex : PreSens, Nomasense, Hach Lange LDO, Oxsense</p>
Méthode coulométrique	<p>Cathode en argent et anode en plomb</p>	<p>Calibration dans l'air saturé de vapeur d'eau et sulfites.</p> <p>Autoconsommation d'oxygène</p>	<p>Proportionnalité entre l'intensité du courant et la masse d'oxygène transformée par ce courant dans un intervalle de temps donné.</p>	<p>Les mesures se font soit par une sonde immergée directement dans le vin, soit par un circuit et une chambre étanche à l'air.</p> <p>Ex : Neosens, WTW</p>



III. « Echantillonnage »

Les mesures d'oxygène sont intéressantes à faire dans le cadre d'un suivi, d'un diagnostic ou d'un état des lieux de la cave. Elles peuvent être effectuées par différents laboratoires, possédant le matériel nécessaire, **directement sur site**.

A SAVOIR : Lors d'une mise en bouteille ou en BIB, un audit oxygène est utile pour valider les procédés de travail et l'équipement. Cela permet de mettre en évidence les points forts et faibles de l'installation afin d'apporter si nécessaire des actions correctives.

Les cinq étapes de l'audit oxygène :

1. Définir ensemble les **objectifs à atteindre**/les problèmes à résoudre
2. Détecter les **sources d'apport en oxygène** en cave ou au conditionnement
3. Déterminer les **étapes critiques** à maîtriser pour valider l'efficacité des pratiques œnologiques et du matériel
4. Elaborer un **plan d'action** à mettre en place
5. **Valider les procédures** appliquées

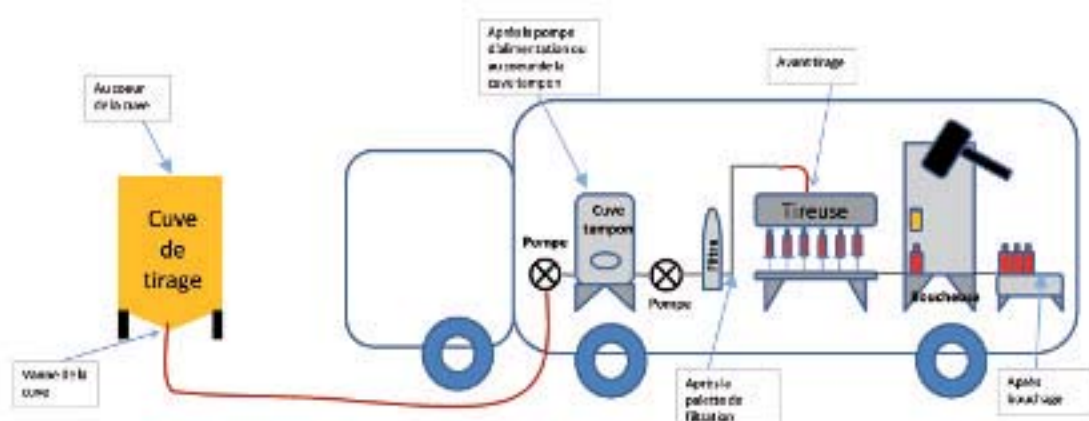


Figure 1 : Exemple de six points de mesure de l'oxygène lors d'une mise en bouteille

- Mesure de l'oxygène dissous dans les cuves initiale et tampon, ainsi que dans les tuyaux équipés de raccords de branchement.
- Mesure de l'oxygène dans l'espace de tête et de l'oxygène dissous dans les bouteilles ou BIB en sortie de chaque bec et ce en début, milieu et fin de mise.

A SAVOIR : Toute manipulation du vin, des bouteilles ou des BIB pourra modifier les résultats sur l'oxygène dissous ou gazeux. L'idéal est de faire les mesures directement sur site.

Il est important de **se fixer une teneur maximale d'apport en oxygène** à ne pas dépasser. En sachant que cette teneur vient s'ajouter à celle déjà contenue dans le vin avant la mise.

I. Problématique

La désoxygénation est une action curative, qui vient en appoint de toutes les actions préventives indispensables mises en place en amont.

La **connaissance** de la **quantité d'oxygène dissous** dans le vin à un instant « t » permet **d'identifier des étapes clés** où une **désoxygénation** est nécessaire :

- **à l'issue d'une étape** que l'on sait **à risque** vis-à-vis de l'oxygène (exemple : filtration en sortie de chambre froide pour la stabilisation tartrique).
- lors d'une **dissolution exceptionnelle** d'oxygène en grande quantité suite à une mauvaise manipulation (exemple : mauvais réglage d'une pompe lors d'un transfert et phénomène de cavitation).

Les objectifs de la désoxygénation :

- éviter que le vin ne s'oxyde
- respecter les exigences clients et les cahiers des charges en termes d'oxygène dissous, notamment avant conditionnement
- réduire les teneurs en SO_2

II. Risques liés à la désoxygénation

- **Efficacité insuffisante** : le vin porté à de hautes concentrations en oxygène dissous, même après désoxygénation, a pu en consommer une partie et avoir le temps de s'oxyder.
- **Perte aromatique** : certaines molécules aromatiques volatiles peuvent être éliminées en même temps que l'oxygène du vin. L'intensité olfactive du vin en serait diminuée.
- **Décarbonatation** du vin : la plupart des méthodes de désoxygénation présentent le risque d'éliminer du CO_2 , ce qui peut réduire les qualités organoleptiques du vin.

III. Solutions pratiques

3.1 Désoxygénation par injection de gaz neutre

3.1.1 Principe

La désoxygénation par injection de gaz neutre (figure 1) consiste à désolubiliser l'oxygène qui est contenu en excès dans le vin, en y injectant des bulles de gaz neutre (généralement de l'azote).

Les molécules les plus volatiles et les moins solubles en milieu hydroalcoolique migrent dans la phase gazeuse. Les gaz comme l'oxygène sont les premiers à traverser l'interface liquide/gaz. L'oxygène dissous se retrouve dans les bulles de gaz neutre. Il est ensuite expulsé du vin lorsque les bulles remontent à la surface.

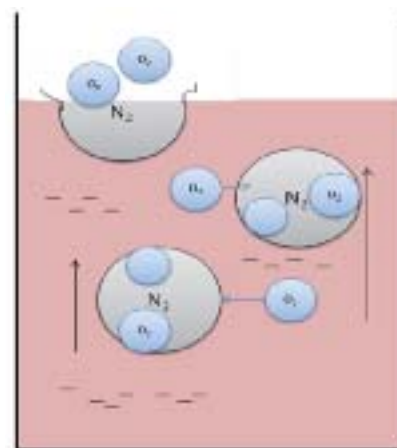


Figure 1 : Schéma de désoxygénation par injection de gaz neutre

3.1.2 Matériel

L'utilisation de métal fritté facilite la formation de bulles de gaz de petite taille. Dans le commerce, il existe différents types de matériels qui fonctionnent d'une manière générale sur le même principe. Mais chaque fabricant préconise des médias poreux sensiblement différents avec des tailles de pores variables.

3.1.3 Quel gaz neutre utiliser ?

Les gaz neutres les plus utilisés en œnologie sont le CO₂, l'azote (purs ou en mélange) et l'argon.

Le choix du gaz doit se faire en fonction de :

- sa solubilité, variable selon la température du vin
- l'objectif visé (désoxygéner et/ou carbonater)
- le coût du gaz

Ces gaz sont présentés dans la fiche n°4 sur l'inertage.

Cette technique peut être appliquée au cours d'un transfert de vin (en ligne) ou en phase statique par bullage dans une cuve.

3.1.4 Désoxygénation en ligne

Le gaz neutre est injecté dans le vin **après le point critique d'oxygénation**, au refoulement d'une pompe (par exemple en sortie de filtre).

Le gaz neutre est injecté généralement à débit d'environ 10% du débit du vin en circulation. Cette valeur doit être augmentée si la teneur en oxygène dissous est importante (> 5mg/L).

L'efficacité du process est directement liée **au temps de contact entre le gaz et le liquide**. La longueur de la canalisation après l'injecteur doit être d'au moins 25 mètres.



Figure 2 : Système d'injection en ligne (source LindeGroup)

Le débit du vin dans la canalisation doit être le plus élevé possible afin :

- d'entraîner les bulles d'azote formées loin de l'injecteur aussi vite que possible.
- d'éviter la coalescence entre bulles. Plus elles sont petites, plus la désoxygénation est efficace.
- de garantir des turbulences suffisantes afin de mélanger les bulles et le vin.



Figure 3 : Embout en inox fritté (source : LindeGroup)

3.1.5 Désoxygénation statique

L'injection de gaz neutre peut se faire directement en cuve :

- en passant une canne avec un embout fritté par la vanne du bas
- en lestant un fritté dans le fond de la cuve

Les bulles de gaz remontent, chargées d'oxygène.



A SAVOIR : Cette technique est efficace mais il est toujours préférable de désoxygéner dans une veine liquide (tuyau flexible ou fixe) plutôt que dans une cuve. Car plus l'interface est grande, plus la désoxygénation est efficace.

Désoxygéner le vin en deux fois à faible débit de gaz neutre (exemple : 40 L d'azote/min) est plus efficace que doubler le débit de gaz neutre injecté dans le vin.

La technique d'injection de gaz neutre dans une cuve est aussi utilisée pour **mélanger des additifs dans le vin** (adjuvants de collage, SO₂...) sans oxygéner le vin.

Exemple : brassage par injection d'azote à 30 L / hL de vin pendant 15 min pour une cuve de 1500 hL équivaut à 3h de recirculation à l'aide d'une pompe. Dans ce cas de figure, il est préférable d'utiliser un fritté à plus gros diamètre de pores car les grosses bulles ont un bon effet mélangeur tout en entraînant moins de molécules volatiles potentiellement aromatiques.

3.1.6 Avantages

- Facilité de mise en œuvre
- Excellente efficacité
- Coût peu élevé et investissement réduit

Il est possible d'**éliminer 80 à 95% de l'oxygène dissous** dans le vin avec une consommation de l'ordre de **0,5 à 1 litre d'azote par litre de vin**.

3.1.7 Inconvénients

- Réajustement du vin en CO₂ nécessaire après désoxygénation
- Risque de diffusion de gaz dans le chai

3.2 Désoxygénation par éjecteur

L'éjecteur est un appareil qui permet la désoxygénation et la carbonatation des vins par contact gaz/liquide, comme l'injecteur.

3.2.1 Principe

Le vin est injecté dans le gaz, contrairement à l'injection où le gaz neutre est injecté dans le vin. Le vin passe par une buse qui l'accélère avant qu'il entre en contact avec le gaz injecté. L'émulsion créée est accélérée dans un cylindre de transfert. Puis le vin traverse un cône de diffusion et retrouve une vitesse proche de sa vitesse initiale.

3.2.2 Avantages et inconvénients

L'efficacité de cette technique serait supérieure de 20% à celle de l'injecteur, mais elle est peu répandue.

3.3 Désoxygénation membranaire

3.3.1 Principe

Le principal composant de l'équipement est **un système de membranes hydrophobes** conçues de manière à permettre seulement le passage des gaz à faible poids moléculaire (les pores de la membrane font 0,03 μm de diamètre).

Le vin circule autour d'une membrane tubulaire dont l'intérieur est mis sous vide (figure 5), la différence de pression partielle entraîne alors les gaz du vin (O_2 et CO_2) vers le vide. Les applications les plus courantes de cette technique sont la **réduction du CO_2 et de l' O_2 du vin**.

Le rendement de la désoxygénation peut atteindre 92 %. Il dépend des caractéristiques du vin (niveau initial en gaz dissous, température, débit exigé, etc.).

3.3.2 Avantages

- Technique adaptée au traitement d'une **quantité importante de vin**, car les membranes permettent une grande surface d'échange.
- Ce système permet une maîtrise des gaz dissous au cours des différentes étapes de la vie du vin jusqu'au conditionnement.



Figure 4 : Le WINEBRANE®, commercialisé par INOXPA, est un système conçu pour optimiser et réguler la concentration des gaz dissous dans le vin.

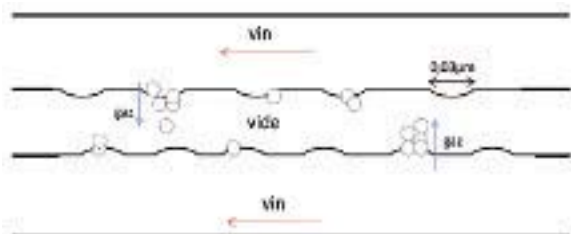


Figure 5 : Principe de fonctionnement du Winebrane®

- Ce système est **automatisable** et peut être **intégré à une chaîne de mise** en bouteille : différentes tailles de machines permettent de fonctionner à des cadences de 3000 à 25 000 bouteilles/heure.

3.3.3 Inconvénients

Après désoxygénation, un réajustement en CO₂ peut être nécessaire. Mais des développements sont faits et le CO₂ pourrait être réajusté en parallèle de la désoxygénation. À court terme, l'investissement est beaucoup plus onéreux que la désoxygénation par injection.

À long terme, le choix doit intégrer le coût des consommations (électrique, eau, etc.).

IV. Choix de la méthode curative

Faut-il désoxygéner ? Le choix est à faire selon :

- la teneur en oxygène dissous du vin à désoxygéner
- la tolérance maximale que la cave s'est fixée

Quelle technique utiliser ? Il faut choisir selon :

- les coûts de matériel et d'utilisation (gaz, eau, électricité, etc.) ou de prestation de service
- l'objectif visé (fréquence d'utilisation, stade de mise en place, efficacité, etc.)
- les contraintes en cave

Une fois que l'opérateur a choisi la technique la plus adaptée à ses besoins et ses contraintes, la désoxygénation doit être **pilotée par un suivi régulier** de l'**oxygène dissous en cuve de réception**.

Bibliographie

- La Maîtrise des apports d'oxygène au conditionnement. Vidal JC., Moutounet M.
Revue Française d'œnologie n° 229. 2008
- La mesure de l'oxygène dissous au chai : nouveau critère de l'assurance qualité. Moutounet M.- ENSA-INRA Montpellier - J.-C. Vidal – Unité Expérimentale d'œnologie de Pech Rouge – Gruissan. *L'innovation en viticulture/œnologie. 2005*
- Les apports d'oxygène au cours du traitement des vins. Bilan des observations sur site 1^{ère} partie. Vidal J.-C., Dufourcq T., Boulet J.-C., Moutounet M.
Revue française d'œnologie n° 190, 24-51. 2001
- Les apports d'oxygène au cours du traitement des vins. Bilan des observations sur site 2^{ème} partie Vidal J.-C., Boulet J.-C., Moutounet M.
Revue française d'œnologie n° 201, 32-38. 2003
- Les apports d'oxygène au cours du traitement des vins. Bilan des observations sur site 3^{ème} partie. Vidal J.-C., Boulet J.-C., Moutounet M.
Revue française d'œnologie n° 205, 25-33. 2004
- Chimie pratique du SO₂ en Œnologie : Jacques Blouin
Les journées techniques Rhodaniennes, Inter Rhône - 2001
- Charte des bouchonniers liégeurs – Fédération française des syndicats du liège - 2006
- Charte de qualité pour le contrôle des lots de bouchons en Vallée du Rhône – Inter Rhône - 2003
- Dossier Spécial : les gaz en œnologie ; rôle de l'oxygène.
Revue des Œnologues n° 125 S. 2007
- Le bouchage à vis métallique pour vins tranquilles.
Guide de l'embouteillage N° 6 - CE.T.I.E - 2007
- Embouteillage mobile à façon des vins tranquilles.
Les Cahiers de la Qualité en embouteillage N° 13 - CE.T.I.E - 2006
- Guide des bonnes pratiques pour le conditionnement du vin en BIB.
Dufrêne A., Shea P., Boulet J.-C. « Performance BIB » sur le site www.b-i-b.com. 2007
- Spécifications Techniques de l'emballage BIB pour le vin ; principes et paramètres-clés. Shea P, Vimont F. « Performance BIB » sur le site www.b-i-b.com. 2007
- Guide des bonnes pratiques pour le transport du vin en flexitanks. West L. « Performance BIB » sur le site www.b-i-b.com. 2008
- The use of inert gas in the wine making process :
<http://www.wineqc.com/papers/inertgas/inertgas.html>
- Messer propose une solution originale pour l'inertage des vins stockés en cuve : l'argon - un gaz à la fois inerte et dense. Messer France SAS.
Communiqué de presse Inertage des vins, Nov. 2007.
- Une expertise « oxygène » pour les caves. Vialis S. Inter Rhône
Le vigneron des CDR et du Sud Est n° 732, 7 - 9. 2009
- Maîtrise de l'oxygène de l'élevage au conditionnement des vins, Vialis S.,
www.institut-rhodanien.com/12eme. 2008

Charte sur les bonnes pratiques de conservation des vins de la Vallée du Rhône de l'élaboration à la distribution

Comité de suivi

AJM Conseil - Jean-Marie Aracil
Auchan - Daniel Chaussée
Cave de Tain - Xavier Frouin
Cave Terra Ventoux - Richard Oms
Château Pesquié - Paul Chaudière
Delas Frères - Jacques Grange
Domaine la Genestière - Christophe Barraud
Embouteillage Services - Jacques Beauclair
ESV - Céline Perrin
GMFD SAS - Véronique Torcollacci
Groupe Casino - Isabelle Poisson
Maison Jaboulet - Jacques Desvernois
La Compagnie Rhodanienne - Pierre Martin
Maison Chapoutier - Christelle Acosta
Marrenon - Charles Vivet
Nomacorc - Stéphane Vidal
Prodis - Dominique Ribéreau-Gayon
Vignerons Balma Venitia - Michèle Vacher
Vignobles Famille Quiot - Jean-Baptiste Quiot
Vignobles Michel Gassier - Isabelle Roquelaure
VIF de la Vallée du Rhône - Pierre SAYSSET
VinoFrance - Cédric Bigey
Inter Rhône - Françoise Dijon
Inter Rhône - Christophe Riou

Comité de rédaction

Service technique d'Inter Rhône : Viviane Bécart, Bernard Ganichot, Carole Puech,
Isabelle Thomas, Régine Valentin, Sophie Vialis, Patrick Vuchot
Cécile Vuchot

Et en collaboration avec

e provenance
Vivély
Air Liquide
Inoxpa

Crédit photos

Inter Rhône, Christophe Grilhé, Vivelys, Cave de Rasteau, Cave de Cairanne

document disponible et téléchargeable sur le site
www.institut-rhodanien.com