

# L'OXYGÈNE : UN ENJEU POUR LES VINS BLANCS

Il est connu depuis toujours que **les vins blancs doivent être élaborés sans oxydation**. En effet, il en résulte un jaunissement de la couleur, la perte des arômes typiques et la formation d'arômes défectueux, le stade ultime étant la madérisation. Les vins blancs sont plus pauvres en composés protecteurs de l'oxydation que les rouges ; ils contiennent peu de composés phénoliques et surtout pas d'anthocyanes qui sont des antioxydants. A partir de l'éclatement des baies, les composés du raisin, puis du moût et du vin peuvent être en contact avec l'oxygène de l'air. Les conséquences des différentes étapes de l'élaboration des vins blancs doivent être analysées afin de mettre en œuvre les pratiques les plus appropriées.

## 1/ LES MECANISMES DE L'OXYDATION

La figure 1 représente de façon simplifiée les mécanismes de l'oxydation dans les moûts et vins blancs. Deux voies peuvent être empruntées.

- Voie 1 : l'oxygène réagit directement avec les arômes et les détruit.
- Voie 2 : l'oxygène réagit avec les polyphénols qui sont alors transformés en quinones. Des enzymes (polyphénols oxydases) et des ions métalliques (fer, cuivre) sont impliqués et accélèrent la vitesse des réactions.

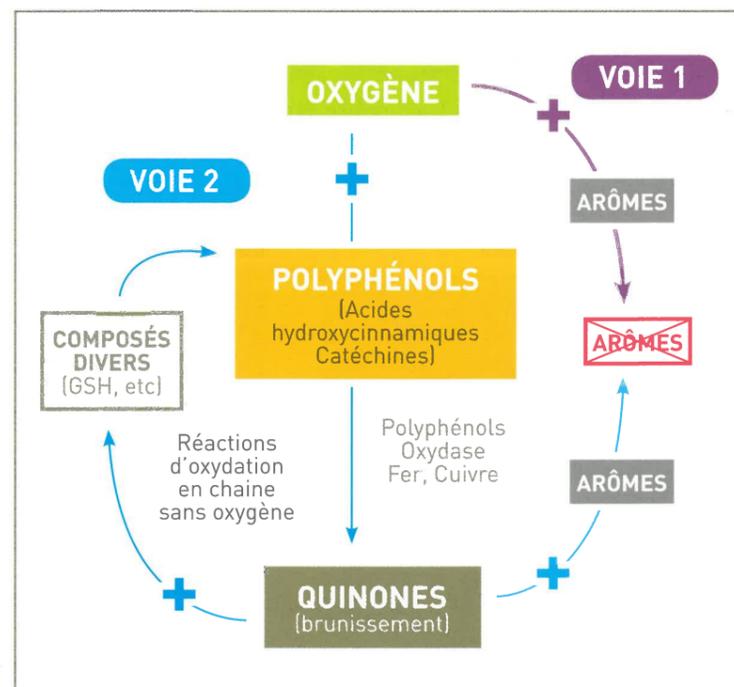


Figure 1 : mécanismes de l'oxydation - Schéma simplifié

Les **quinones** proviennent principalement, soit des acides hydroxycinnamiques, le plus abondant étant l'acide caftarique, soit des catéchines. **Elles sont de couleur jaune-marron, communiquant une teinte brune au moût ou au vin**. Ces quinones sont des substances oxydantes très réactives. **Comme l'oxygène, elles vont détruire les arômes.**

Les quinones vont aussi réagir avec beaucoup d'autres composés, en particulier :

- Le **glutathion**, réducteur puissant, **protège les arômes et la couleur**. C'est la réaction la plus importante au moment de l'éclatement de la baie et de la libération du moût : les quinones d'acide caftarique réagissent avec le glutathion pour former un produit appelé Grape Reaction Product. Le rapport entre le glutathion naturel et la teneur en acide caftarique est une caractéristique des cépages et détermine leur sensibilité à l'oxydation.

- Les catéchines qui appartiennent à la famille des tanins et qui se dissolvent dans le moût pendant les phases d'extraction (macération, traitements des raisins et surtout pressurage). Il s'agit alors de réactions en chaîne qui entraînent des phénomènes d'oxydation de la couleur et des arômes, même en l'absence d'oxygène dissous. **Les catéchines sont donc particulièrement dangereuses.**

## 2/ INCIDENCE DE L'OXYGÈNE DE LA VENDANGE AU MOÛT

**Les raisins contiennent des précurseurs d'arômes qui ne sont pas oxydables.** Les arômes sensibles à l'oxygène se forment pendant la fermentation alcoolique, c'est-à-dire en milieu réducteur, ne contenant théoriquement ni oxygène, ni quinones. Cependant **un moût oxydé donne un vin moins aromatique** comme le montre la figure 2. De plus, surtout dans le cas des vendanges triturées, **l'action de l'oxygène sur les moûts aboutit, par d'autres mécanismes, à la formation d'odeurs végétales et herbacées.**

Dans les moûts, la consommation d'oxygène est très rapide car elle est catalysée par l'activité polyphénols oxydase. Des enzymes d'oxydation, la tyrosinase du raisin et la laccase de *Botrytis cinerea*, accélèrent les réactions : à son maximum, la consommation d'oxygène atteint 1 à 2 mg/L/mn. Il est à noter que dans le vin l'oxydation est en général le résultat de réactions chimiques plus lentes. L'exception vient des vendanges pourries qui laissent souvent dans les vins de la laccase, enzyme active très longtemps (plusieurs années).

**Dans la pratique, on évite donc toute oxygénation non maîtrisée du moût et on le protège contre l'oxydation.**

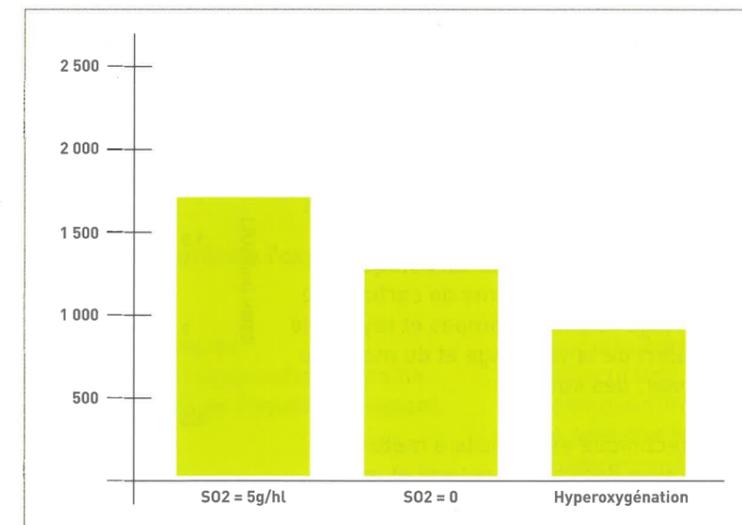


Figure 2 : oxydation du moût et intensité odorante

### 2.1/ Protection des moûts contre l'oxydation

**Des moyens antioxydants sont mis en œuvre pour prévenir l'oxydation des moûts.**

- **Récolter** des raisins non écrasés, ce qui n'est pas possible en vendange mécanique.
- **Protéger** le moût dès les premiers litres extraits. Le SO<sub>2</sub> est le moyen le plus répandu. On peut aussi inerte ou utiliser l'acide ascorbique dans des conditions bien précises. Il faut éviter de sulfiter la vendange : le SO<sub>2</sub>, par son pouvoir dissolvant, va entraîner une augmentation de la teneur en catéchines et amplifier les risques d'oxydation au cours du vieillissement.
- **Travailler** les raisins et les moûts à température suffisamment basse pour ralentir les phénomènes enzymatiques.
- **Limiter** l'extraction des composés phénoliques : éviter la macération, ne pas triturer la vendange, extraire le maximum de moût à basse pression et avec le minimum de rebêchages.
- **Séparer** les moûts de fin de presses qui sont riches en composés phénoliques et pauvres en glutathion (figure 3). Avant la mise en fermentation, les fins de presses subiront un traitement spécifique : elles ne seront pas sulfitées pour les laisser s'oxyder et collées, par exemple avec de la PVPP. Ainsi, on diminuera leurs notes végétales au bénéfice des notes thiolées, on atténuera l'astringence et l'amertume en augmentant le gras et le volume.
- **Purifier** les moûts par débouillage et éventuellement collage pour réduire les enzymes d'oxydation, tyrosinase principalement qui est liée aux bourbes, et la teneur en composés phénoliques.

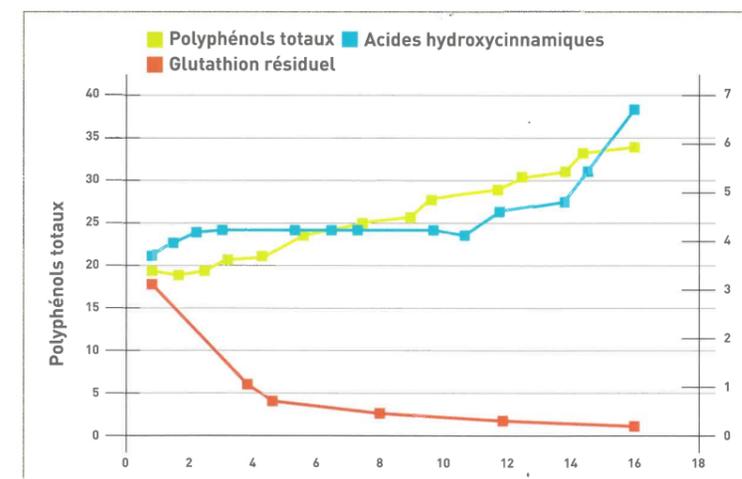


Figure 3 : évolution des composés phénoliques et du glutathion au cours du pressurage

## 2.2/ Vinifications en conditions réductrices

Dans certaines régions, afin de préserver le maximum du potentiel aromatique contenu dans le raisin, la vinification est opérée en l'absence la plus poussée possible d'oxygène.

- Le raisin et le moût sont travaillés sous gaz inerte : soit de l'azote en bouteilles du commerce ou produit par un générateur, soit du gaz carbonique en bouteilles ou sous forme de carboglace.
- L'inertage total des pompes et tuyaux de transfert de la vendange et du moût, du pressoir, des cuves.

Cette technique est difficile à mettre en œuvre avec des raisins entiers et, pour des raisons évidentes, impossible avec de la vendange mécanique. La question se pose de savoir si elle est souhaitable sur le plan de la qualité finale du vin. Une étude récente a montré qu'une oxygénation légère et maîtrisée d'un moût entraîne l'augmentation d'un précurseur d'arômes, appelé G3MH (figure 4) ; la variation est faible mais significative.

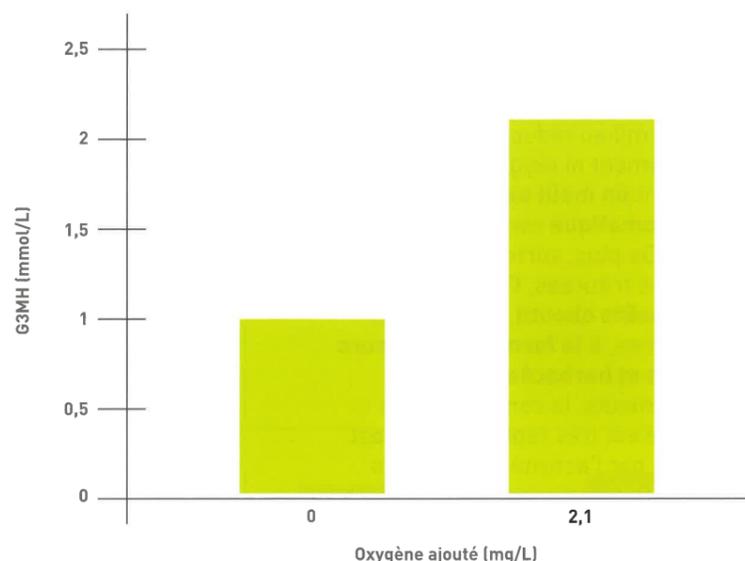


Figure 4 : oxygénation ménagée des moûts (Aurélié Roland, 2010)

## 3/ L'OXYGÈNE PENDANT LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

### 3.1/ Intérêt de l'oxygène

L'oxygène est indispensable au bon déroulement de la fermentation alcoolique en favorisant la multiplication des levures et leur résistance à l'alcool. L'oxygénation est également nécessaire pour détruire des composés réducteurs qui, soit masquent les bons arômes, soit communiquent de mauvaises odeurs.

### 3.2/ Principe

Les levures en fermentation consomment très rapidement, dès les premières heures, l'oxygène dissous et le gaz carbonique de fermentation empêche sa pénétration. On apporte donc 6 à 10 mg/L d'oxygène lorsque les levures sont à la fin de leur phase de croissance, c'est-à-dire entre le premier tiers et la moitié de la fermentation. En cas d'apparition de goûts de réduct, des apports complémentaires sont effectués.

### 3.3/ Méthodes d'oxygénation

Le procédé le plus simple est le remontage à l'air. Son efficacité est très variable. En effet, une gangue de gaz carbonique se forme autour du jet de moût en fermentation qui sort du robinet de la cuve, si bien que l'oxygène de l'air ne l'atteint pas. Il faut une ventilation au niveau de ce jet, soit en se plaçant dans un courant d'air, soit provoquée par un ventilateur.

L'injection d'oxygène pur est le plus sûr moyen de dissoudre la quantité souhaitée. Elle se fait à l'aide d'un diffuseur que l'on plonge dans la cuve. Lorsqu'on utilise un cliqueur, le calcul est basé sur la pression de l'oxygène, la durée d'injection et le volume à traiter.

Le remontage avec un manchon en inox fritté en entrée de pompe améliore la pénétration de l'air mais accroît les risques de débordement des cuves.

## 3/ L'OXYGÈNE PENDANT L'ÉLEVAGE

La règle générale est qu'après la fermentation alcoolique, les vins blancs nécessitent une bonne protection contre l'oxygène. La présence d'oxygène induit des risques :

- Destruction des arômes et du caractère fruité.
- Vieillesse prématurée qui se traduit par la perte de la nuance verte et l'apparition d'arômes atypiques (fleurs fanées, cire, encaustique).

### 4.1/ Oxygénation

Cependant, la qualité de certains vins peut être améliorée grâce à l'oxygénation qui permet de :

- Enlever des goûts de réduct.
- Affiner les arômes par élimination de « masques » aromatiques.

Il n'est pas exclu, mais cette hypothèse reste à prouver, que l'oxygénation entraîne parfois la libération d'arômes ou des modifications favorables de l'équilibre existant.

Différentes méthodes permettent d'oxygéner les vins :

- **L'aération, par soutirage ou par simple remontage**, est facile à mettre en œuvre. Aucun matériel n'est nécessaire. L'oxygène est apporté en une seule fois, en quantité importante mais très variable et mal maîtrisée. La surface de contact avec l'air, la température, la teneur en gaz carbonique du vin interviennent.
- **L'injection d'oxygène pur en quantité connue**. La macro-oxygénation au moyen d'un cliqueur, la micro-oxygénation grâce à un diffuseur programmable et la nano-oxygénation apportent respectivement des quantités d'oxygène de plus en plus faibles sur des durées de plus en plus longues. L'oxygène est consommé très rapidement après son injection, si bien que pratiquement à aucun moment on ne trouve d'oxygène dissous mesurable dans le vin.

Seule la dégustation permet d'apprécier l'effet de l'oxygénation.

### 4.2/ Les lies

Les lies contiennent essentiellement des levures mortes en voie de décomposition. Elles ont un rôle antioxydant puissant : elles peuvent consommer de l'oxygène pendant plusieurs mois, à condition d'être au contact immédiat du vin. **Le maintien des lies en suspension protège le vin de tout risque oxydatif.**

De plus, dès qu'elles sont mortes, les levures libèrent, en quantité variable, des substances favorables à la conservation des vins, parmi lesquelles le glutathion.

### 4.3/ Réduction

Paradoxalement, selon leur composition et leur état, **les lies possèdent la double propriété de pouvoir communiquer des goûts de réduct et de pouvoir enlever des goûts de réduct**. La conservation sur lies totales augmente les risques de goût de réduct et ceci d'autant plus que la hauteur de la cuve est grande.

**Un grand nombre de substances chimiques peuvent communiquer des goûts de réduct.** La dégustation régulière, au moins deux fois par semaine, des vins et des lies permet de détecter précocement une déviation.

Plusieurs traitements curatifs sont possibles, chacun étant adapté au type de réduct à enlever. La difficulté est que les arômes de sauvignon et les composés responsables des goûts de réduct sont de la même famille chimique.

- Un balayage à l'azote est parfois suffisant lorsqu'on est en présence d'hydrogène sulfuré (odeur d'œufs pourris) apparu récemment.
- Le soutirage avec aération ou l'injection d'oxygène ont un effet plus fort.
- Le « collage » avec de bonnes lies fraîches constitue un excellent traitement qui élimine le défaut gustatif tout en préservant, voire en améliorant, les qualités du vin.
- L'addition de tanins galliques (environ 3 g/hL) sur un vin limpide donne parfois de bons résultats.
- L'addition de sulfate de cuivre est la solution la plus radicale. Elle n'est pas adaptée à tous les goûts de réduct. Elle ne doit être utilisée qu'en dernière extrémité car elle enrichit le vin en cuivre avec, pour les blancs et les rosés un risque de casse cuivreuse.

On apporte la quantité d'oxygène juste nécessaire pour atteindre l'objectif visé. Cette quantité ne peut pas être prédéterminée avec précision, d'autant plus qu'en raison de la présence de gaz carbonique, seule une partie de l'oxygène apporté se dissout.

Plus le traitement est tardif, plus il devra être énergique et donc plus il pourra diminuer la qualité du vin.

### 4.4/ Désoxygénation

Il peut arriver que, pour des raisons accidentelles ou à cause d'un processus de travail particulier, la teneur en oxygène d'un vin soit excessive. **L'injection d'azote permet de retirer une partie de l'oxygène dissous.**

Le tableau I indique les débits d'azote à appliquer et la longueur de tuyau nécessaire en sortie de pompe, en fonction du débit de la pompe et du diamètre des tuyaux.

**Tableau I :** désoxygénation par injection d'azote

Azote en L/min à 15°C pour éliminer 1mg/L d'O <sub>2</sub>					
Débit de la pompe (hl/H)					
	50	100	150	200	250
	4,2	8,3	12,5	16,6	20,8

Longueur de tuyau nécessaire en sortie de pompe					
Diamètre du tuyau	Débit de la pompe (hl/H)				
		50	100	150	200
40 mm	7m	13m	20m	-	-
50 mm	-	9m	13m	17m	21m
60 mm	-	-	9m	12m	15m

## 5/ CONDITIONNEMENT ET MISE EN BOUTEILLES

### 5.1/ Quantités d'oxygène dissoutes

**Au cours des différentes opérations de conditionnement et de mise en bouteilles, la dissolution d'oxygène est très variable,** comme le montre le tableau II extrait en grande partie d'une étude conduite par J.B. ALINC du pôle technique du BIVB, qui est en bonne cohérence avec des études faites dans d'autres vignobles et celles que nous avons nous-mêmes conduites. Les pompages et la stabilisation par le froid artificiel sont des sources toujours importantes et peu compressibles. A l'inverse, le collage et le soutirage selon qu'ils sont faits avec ou sans aération, la filtration et la mise en bouteilles en fonction du volume traité peuvent apporter des quantités d'oxygène extrêmement variables.

**Tableau II :** dissolution d'oxygène au cours du conditionnement. Jean-Baptiste ALINC (Pôle Technique et Qualité du BIVB)

Opération	Mini		Moyenne		Maxi		Facteur de variation
	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	
Collage	0,14	3,88	1,36	19,68	3,21	20,74	1 à 23
Pompage	1,03	28,53	4,41	20,41	1,91	12,34	1 à 2
Soutirage aéré	2,05	-	3,08	-	4,40	-	1 à 2
Soutirage sans air	0,05	-	0,25	-	0,51	-	1 à 10
Filtration	0,15	4,16	0,79	11,43	3,70	23,90	1 à 25
Stabilisation contact	1,51	41,83	1,66	24,02	1,80	11,63	1 à 1,2
Tirage milieu	0,97	26,87	0,94	13,60	2,38	15,37	1 à 2
Espace de tête	0,11	3,05	0,75	10,85	2,48	16,02	1 à 23
<b>TOTAL</b>	<b>3,61</b>	<b>100</b>	<b>6,91</b>	<b>100</b>	<b>15,48</b>	<b>100</b>	<b>1 à 4</b>

### 5.2/ Facteurs influençant la quantité d'oxygène dissous

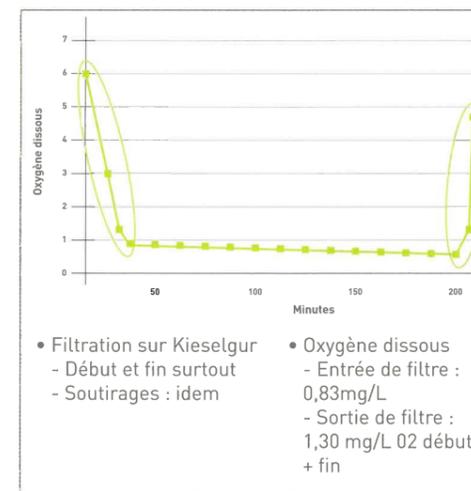
#### 5.2.1/ Volume conditionné

**Les circuits de manipulation du vin, tuyaux, pompes, cuves vides contiennent une quantité donnée d'oxygène qui va se dissoudre dans la totalité du vin conditionné.** Plus le volume de vin est élevé, plus la proportion d'oxygène apporté sera faible. Le tableau III montre un exemple de calcul pour un tuyau de 10 m de longueur et de 40 mm de diamètre. De même, les figures 5 et 6 montrent qu'en début de filtration et en début de tirage, les quantités d'oxygène apportées sont très élevées par rapport à la suite des opérations. Lorsqu'on arrive à la fin, le taux d'oxygène dissous remonte quand les circuits se vident.

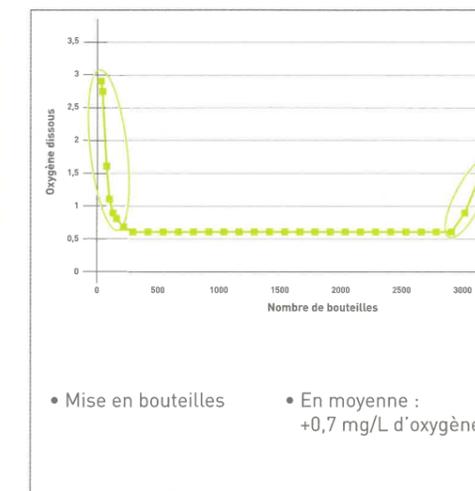
Tuyau : 10m de longueur et 40mm de diamètre  
Volume : 12,57L, soit 3 677 mg d'oxygène

Volume cuve (hL)	Oxygène dissous (mg/L)
100	0,37
50	0,74
25	1,47

**Tableau III :** oxygène dissous en fonction du volume de vin conditionné



**Figure 5 :** oxygène dissous pendant une filtration



**Figure 6 :** oxygène dissous pendant un tirage

Tirage	O <sub>2</sub> sans inertage	O <sub>2</sub> avec inertage	Différence (%)
A	1,01	0,38	62,4
B	0,71	0,16	77,5
C	1,42	0,41	71,1
D	1,10	0,28	74,5
Moyenne	1,06	0,31	70,8

**Tableau IV :** inertage des bouteilles lors du tirage

L'inertage des circuits permet de pallier cet inconvénient. L'inertage des bouteilles lors du tirage permet de réduire de 70 % en moyenne l'oxygène dissous au cours de cette ultime étape (tableau IV).

#### 5.2.2/ Température

Plus la température est basse, plus l'oxygène est soluble (tableau V). Mais, plus la température est élevée, plus la vitesse d'oxydation est rapide. Ainsi, à l'occasion d'une stabilisation tartrique par le froid, l'oxygène se dissout pendant le refroidissement et oxyde le vin au moment de son réchauffement.

Température	20°C	10°C	0°C
O <sub>2</sub> soluble mg/L	8,0	9,7	11,4

**Tableau V :** Solubilité de l'oxygène en fonction de la température

#### 5.2.3/ Autres facteurs

La quantité d'oxygène qui se dissout est d'autant plus faible que la surface de contact du vin avec l'air est faible au cours d'une opération donnée ; la taille des bulles d'air ou d'oxygène ainsi que l'éclatement du vin interviennent. Plus le vin est chargé en gaz carbonique, moins l'oxygène est soluble ; pour les teneurs en CO<sub>2</sub> de nos vins blancs, on peut estimer qu'environ 10 % de l'oxygène introduit est réellement dissous.

## 6/ OXYGENE ET VIN EN BOUTEILLE

### 5.1/ Quantités d'oxygène dissoutes

On constate que dans un lot de tirage, le vin évolue différemment d'une bouteille à l'autre. Les écarts sont plus ou moins marqués. Cette **hétérogénéité est en partie due à ce qu'on appelle l'oxydation aléatoire.**

De nombreux paramètres interviennent dans l'évolution des vins stockés en bouteilles.

- **Le type de bouchage** : les bouchons à vis sont les plus imperméables, tandis que les bouchons synthétiques peuvent être plus perméables mais avec une quantité constante de passage d'oxygène. Les bouchons liège sont intermédiaires avec une variabilité un peu plus importante et qui dépend des lots.
- **Les dimensions des goulots des bouteilles** peuvent être irrégulières dans certaines fabrications avec les conséquences qui en découlent sur la perméabilité du bouchage.
- **L'espace de tête**, c'est-à-dire le volume vide sous le bouchon intervient par son volume, sa composition gazeuse (air, azote ou gaz carbonique) et sa pression interne.
- **Les conditions générales du tirage**, en particulier la vitesse d'embouteillage.
- **La température de stockage** : plus elle est élevée et plus elle fluctue au cours des saisons, plus l'évolution du vin sera rapide et défavorable.
- L'équilibre entre **les composés oxydants et réducteurs** naturels du vin.
- Les teneurs en SO<sub>2</sub> libre et total.

## Conclusion

A toutes les étapes de leur élaboration, l'oxygène a des conséquences significatives sur la qualité des vins. La compréhension des phénomènes liés à l'oxygène doit être précisée et approfondie sur de nombreux points. **La maîtrise des apports d'oxygène représente une voie importante de progression dans la qualité et la régularité de la qualité de nos vins blancs.**

