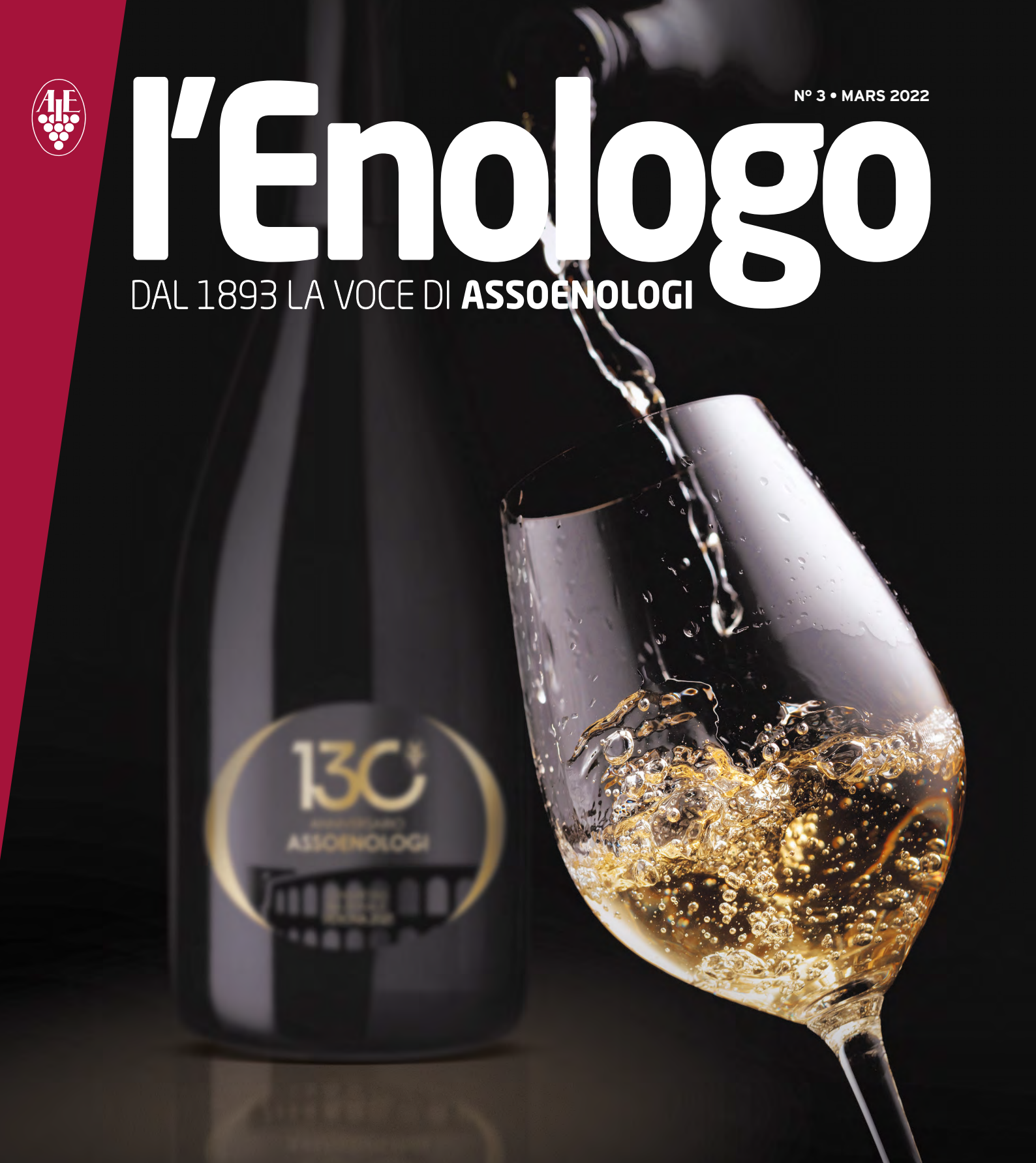
Nº 3 • MARS 2022

# l'Enologo

DAL 1893 LA VOCE DI **ASSOENOLOGI**




Verone, 25/26/27 mars 2022

## 75ème Congrès Assoenologi sous le signe du redémarrage du vin italien

Doc. tradotto in francese

# GESTION DES GAZ DISSOUS PENDANT LA VINIFICATION ET LEUR EFFET SUR LA QUALITÉ DU VIN

Rédiger par:



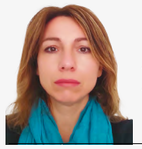
**Giuseppe Meglioli**[1]



**Federica Bonello**[2]



**Maurizio Petrozziello**[2]



**Andriani Asproudi**[2]



**Nir Levav**[3]

[1] Œnologue Conseil

[2] CREA
Centro di Ricerca Viticoltura ed Enologia - Asti - Italie

[3] Vinext
Avanguardia Enologica
San Martino Buon Albergo - Vérone - Italie

The experiment described here assessed the impact on the aromatic composition of wine of the membrane contactor technology used to control dissolved gases.

L'expérimentation décrite a évalué l'effet, sur la composition aromatique du vin, de la technologie des contacteurs membranaires utilisée pour maîtriser les gaz dissous.

En œnologie, la gestion et la maîtrise des gaz dissous sont une routine importante des pratiques de chais. L'analyse de l'oxygène est contrôlée à chaque étape : vinification, clarification avant la mise en bouteille et produit fini, car l'oxygène influence les profils aromatique et gustatif et la durée de conservation du produit. Connaître la concentration d'oxygène dissous dans le vin permet de mieux contrôler la quantité d'anhydride sulfureux à utiliser pendant la vinification, sachant que 1 mg d'$O_2$ réagit avec environ 4 mg de $SO_2$. Cela permet de répondre favorablement à la demande des consommateurs de réduire la quantité de dioxyde de soufre ajoutée aux vins en tant qu'antioxydant.

La maîtrise et l'analyse du $CO_2$ jouent un rôle important durant l'élevage (qui nécessite l'utilisation d'oxygène) et pendant la clarification pré-mise aidant à gérer l'impact sensoriel sur les vins. Elles sont également indispensables pour vérifier le respect des limites légales dans les vins tranquilles, pétillants et mousseux.

## Gestion de l'oxygène

Dans le cas des vins blancs et rosés, pendant l'élevage et durant la mise en bouteille, une mauvaise gestion de l'oxygène modifiera inévitablement leur profil aromatique entraînant une disparition précoce des arômes fruités ; en particulier ceux caractéristiques des thiols polyfonctionnels, présents dans certains vins, très sensibles à l'oxydation et responsables des notes de pamplemousse, de cassis et de fruit de la passion.

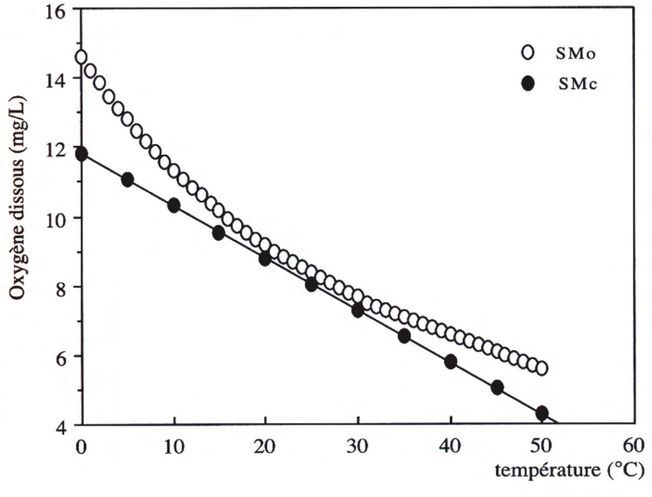
Les opérations de soutirage, de clarification, d'assemblage, de filtration et de mise en bouteille impliquent une dissolution importante d'oxygène, qui sera d'autant plus conséquente que le vin sera froid, puisque ce gaz est plus soluble dans le vin à basse température (**graphique 1**). Le tableau 1 indique les valeurs citées par la littérature scientifique à propos de la dissolution de l'oxygène dans le moût et dans le vin en contact avec l'air, au cours de différentes opérations œnologiques.

Il faut savoir qu'à la pression atmosphérique, un vin à 20°C ne peut contenir plus de 8,4 mg/l d'oxygène. Dans ces conditions, il sera saturé. Cette concentration varie évidemment en fonction de la température et de la pression.

| Opérations œnologiques | $O_2$ dissous mg/L |
|---|---|
| **Soutirage** | **1 - 2** |
| **Soutirage à l'air** | **4 - 8** |
| **Ouillage** | **0,1 - 1** |
| **Filtration avec kieselguhr** | **0,5 – 2,5** |
| **Stabilisation tartrique à froid** | **3 - 6** |
| **Centrifugation** | **1 – 2,5** |
| **Mise en bouteille** | **0,2 - 4** |

Tab. 1 - Dissolution de l'oxygène dans un moût et dans un vin en contact avec l'air, lors des principales pratiques œnologiques

L'oxygène se solubilise généralement au début et à la fin du soutirage lorsque les tuyaux reliés à la pompe sont vides. Il convient de les inerter avant le début de toute opération aux chais, en effet si la pompe fonctionne correctement pendant le soutirage, la dissolution de l'oxygène sera faible. Il sera également nécessaire d'inertiser les réservoirs, afin de ne pas rendre vaines toutes les opérations de prévention de l'oxydation. La taille du récipient est également importante. L'oxygène peut avoir un effet plus néfaste si les volumes de vin manipulés sont limités, par exemple lors du soutirage de barriques où de considérables quantités de gaz peuvent être dissoutes. Si nécessaire, une désoxygénation par *stripping* peut être effectuée en dispersant un gaz inerte dans le vin afin de diminuer la concentration en oxygène dissous. Pour plus d'efficacité, cette opération sera réalisée avec de l'azote très pur. Il est préférable d'utiliser comme gaz de *stripage* de l'azote en bouteilles plutôt que d'un générateur d'azote. Sa pureté devra être de 99,9%, plutôt que de 99,5%. Cette technique sera être utilisée avec parcimonie car elle peut appauvrir organoleptiquement le vin en éliminant de nombreux composés aromatiques de faible poids moléculaire. On obtiendra de meilleurs résultats en procédant à un *stripage* en ligne (tubes) plutôt que statique (contenants). Toutefois, l'efficacité de la pratique " statique" pourra être améliorée en divisant par deux la quantité d'azote à utiliser et en répétant l'opération une deuxième fois. Attention à la température du vin.




Graphique 1 - Courbe du seuil de saturation en oxygène dissous, en fonction de la température
SMo : courbe théorique SMc : courbe mesurée expérimentalement dans l'eau avec l'électrode C

## Gestion du dioxyde de carbone

Le consommateur de vin moderne recherche des produits souples et élégants, sans concentrations excessives de $CO_2$ qui seront perçues négativement. Dans l'équilibre gustatif du vin, le $CO_2$ contribue à augmenter la perception de l'acidité et à renforcer l'amertume et l'astringence due aux tanins. Par conséquent, si le vin est acide et tannique, le niveau de gaz carbonique dans le vin devrait être inférieur. Ainsi, lors de la mise en bouteille, il faudra ajuster le dosage en fonction de l'objectif commercial, en faisant particulièrement attention aux cépages qui donnent des vins généralement tanniques. En dégustation, plus le vin est servi froid, moins on perçoit de gaz carbonique, dont le seuil de perception à 20°C est de 500 - 600 mg/l. Au débouchage, il ne doit pas y avoir de perlage.
Dans la littérature, les valeurs recommandées de concentration de CO2 lors de la mise en bouteille sont :
• vins rouges légers, légèrement tanniques : 500 - 700 mg/litre
• vins rouges de garde : 300 - 400 mg/litre
• vins blancs et rosés : 600 - 1000 mg/litre
• vins blancs doux et rosés : 400 - 600 mg/litre.
Il est également utile de rappeler que le $CO_2$ contenu dans le vin protège partiellement contre l'oxydation : en effet, au contact de l'air (oxygène), le $CO_2$ dissous est libéré, ralentissant ainsi la vitesse de dissolution de l'oxygène.
Grâce à la décarbonication, en injectant des microbulles d'azote, les molécules d'oxygène, plus volatiles, seront éliminées en premier. Le $CO_2$, plus soluble dans le vin, est beaucoup plus difficile à éliminer. Un paramètre très important sera la température. Cette opération sera inefficace en dessous de 12°C. Un vin à 14°-15°C, voire à 18°C, facilitera au contraire la décarbonication. Bien gérée, cette opération permet de réduire la teneur en $CO_2$ d'environ 500 mg/l. Le débit de gaz utilisé pour la décarbonication devra être supérieur à celui de la désoxygénation.





## Utilisation de la technologie de contacteur membranaire à tamis moléculaire

Ces dernières années, de nouvelles méthodes de gestion des gaz ont été développées pour les chais. Parmi celles-ci, citons l'utilisation des technologies membranaires qui agissent comme des tamis moléculaires et permettent de gérer les échanges gazeux de faible poids moléculaire avec une grande précision et répétabilité.
Grâce à ce système, la gestion précise des gaz dissous dans le vin, in primis oxygène et dioxyde de carbone, mais aussi l'élimination de l'hydrogène sulfuré et de l'acétaldéhyde, constitue une innovation technologique importante et un outil intéressant pour ses applications œnologiques. En effet, la régulation des gaz dans le vin permet d'obtenir une considérable amélioration de la qualité sensorielle des produits finis, une réduction significative de l'anhydride sulfureux et de l'acide ascorbique utilisés et une prolongation de la durée de conservation tout en maintenant longtemps les caractéristiques aromatiques, chromatiques et gustatives des vins.

## Matériel et méthodes

**L'essai expérimental**
En juillet 2020, au domaine Ferraia de Ziano Piacentino (Italie), des tests d'élimination de l'oxygène et de régulation du dioxyde de carbone ont été effectués sur 3 vins : *2 vins blancs*, *Sauvignon blanc* et *Ortrugo* (cépage autochtone des collines de Plaisance, légèrement aromatique et généralement riche en terpènes) *et un vin rouge*, *Gutturnio*, élaboré à partir des cépages Barbera et Croatina.
Le système EquilibriO2 de Vinext a été utilisé pour les tests. (**Figure 1**) EquilibriO2 utilise une membrane hydrophobe connue également sous le nom de contacteur membranaire. Il s'agit d'une membrane à fibres creuses, où le gaz circule à l'intérieur des fibres (appelé lumen side) tandis que le vin circule à l'extérieur des fibres et dans le sens inverse (appelé shell side). L'échange gazeux se produit grâce à la différence de concentration et de pression partielle des gaz. Ainsi, la concentration de gaz est régulée sans contact direct entre le gaz technique et le vin, contrairement aux techniques basées sur le stripage. La prévalence des échanges gazeux entre les différentes molécules de gaz dissous dans le vin est due aux différents poids moléculaires des gaz.
Les gaz dissous les plus légers (azote, oxygène et sulfure d'hydrogène) s'échappe rapidement du vin, tandis que le dioxyde de carbone, dont le poids moléculaire est plus élevé, a besoin de plus de pression pour passer à travers les pores des fibres. Par conséquent, le traitement réduit l'oxygène dissous, l'azote et le sulfure d'hydrogène de plus de 90%, tandis que le dioxyde de carbone peut être diminué, maintenu ou, si nécessaire, augmenté.
Le système utilisé permet de mesurer automatiquement et en temps réel la concentration en $O_2$ et $CO_2$ à l'aide de capteurs de précision. Ces systèmes de contrôle garantissent la précision et l'automatisation complète de l'opération. Les meilleurs résultats, tant en termes de performance que de précision de la gestion des gaz, ont été obtenus avec la création d'une légère dépression côté gaz de la membrane (lumenside). Afin d'évaluer l'influence du traitement d'élimination et de régulation des gaz dans le vin sur la composante aromatique des vins traités, et ainsi l'effet sensoriel sur les produits obtenus, des échantillons de chaque vin ont été prélevés avant et après le passage dans le système, puis un screening complet des composés aromatiques a été réalisé. En outre, l'eau du circuit d'eau de la pompe à vide de l'équipement a également été échantillonnée.
L'objectif était d'exclure le risque d'appauvrissement de la composante aromatique à la suite du traitement, tandis que l'analyse des échantillons d'eau provenant du circuit d'eau où s'échappent les gaz a permis de vérifier l'éventuelle présence de composés aromatiques "arrachés" au vin.

Figure 1 - Modèle EquilibriO2 20.120




**L'analyse des composés aromatiques**
Les deux échantillons de chaque vin (Sauvignon blanc, Ortrugo et Gutturnio), prélevés avant et après le traitement, et les trois échantillons d'eau respectifs prélevés pendant le processus, ont été analysés par GC-MS pour la détermination des composés volatils afin d'évaluer l'impact du traitement sur l'arôme global du vin. Ainsi, le composant volatile de chaque échantillon a été isolé par extraction en phase solide (SPE, cartouches C18 EC) et analysé à l'aide des techniques habituelles de chromatographie en phase gazeuse combinées à la spectrométrie de masse (GC-MS) pour l'évaluation des composants aromatiques de la fermentation et de l'origine variétale des vins. Les composés présents à la fois dans la fraction " lipophile ", celle retenue par les cartouches, plus riche en arômes, et dans la fraction " hydrophile " non retenue, principalement riche en composés plus polaires, typiques du métabolisme des levures, ont ainsi été quantifiés. Le GC-MS utilisé pour l'analyse des arômes était un Agilent 7890 équipé d'un Agilent 5975 single quadrupole Mass Selective Detector (MSD).
Les composés ont été séparés sur une colonne capillaire HP-Innovax en silice fondue de 60 m, diamètre interne de 0,25 mm, film de 0,25 µm. Le gaz porteur était de l'hélium avec une pureté de 99,9999% et un débit constant de 1 ml/minute ; l'injection de l'échantillon a été réalisée en mode splitless à 40°C avec un temps de *purge* de 2 minutes ; la température de l'injecteur a été maintenue à 250°C, la température de l'interface à 230°C ; le gradient de température du four a suivi le schéma suivant 40 à 60°C à 3°C/min, isotherme à 60°C pendant 2 min, 60°C à 190°C à 2°C/min et 190°C à 230°C à 5°C/min avec isotherme final de 15 min. Les molécules

ont été identifiées en comparant l'indice de rétention linéaire (IRL) et les spectres MS avec les mêmes paramètres indiqués dans la bibliographie ou stockés dans la banque de données du programme d'identification (Chemstation, Agilent) ou, lorsque cela était possible, avec ceux déterminés en injectant des composés de référence purs dans le chromatographe en phase gazeuse.

## Résultats

Traitement du vin au chais
Le système EquilibriO2 a été utilisé lors du soutirage des vins. Le test a été réalisé sur 3 vins :

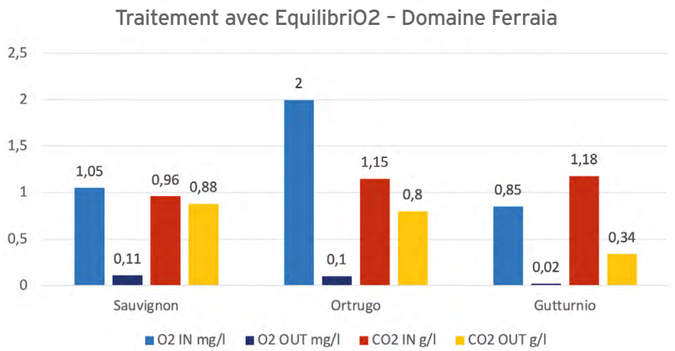
- Sauvignon blanc: élimination de l'$O_2$ et maintien du $CO_2$
- Ortrugo: réduction maximale de l'oxygène et réduction partielle du $CO_2$
- Gutturni : mode d'extraction maximale des gaz avec une réduction totale de l'$O_2$ (environ 95%) et une réduction du $CO_2$ d'environ 70%.

Le **graphique 2** illustre les résultats des 3 tests :

**Le profil aromatique des vins**
Le **tableau 2** présente les concentrations des principaux composés volatils déterminés dans les vins. Bien que les vins présentent des différences significatives dans leur composition, on constate que les deux tests "IN" (échantillon avant traitement membranaire) et "OUT" (échantillon

Graphique 2 - Modèle EquilibriO2 20.120






Graphique 2 - Concentration d'oxygène et de $CO_2$ dans les vins expérimentaux avant et après traitement.

après traitement membranaire) ne présentent pas de différences particulièrement significatives.
Les vins blancs présentent bien évidemment un profil plus caractérisé par la présence d'esters aux arômes fruités. Il s'agit notamment de *l'acétate d'isoamyle* avec ses notes caractéristiques de banane, de *l'acétate d'hexyle* (poire), de *l'hexanoate d'éthyle* (ananas) et de *l'octanoate d'éthyle*, floral et fruits tropicaux. Dans les vins d'Ortrugo, la présence très intéressante de composés variétaux terpéniques comme le *linalol* (concentration juste au-dessus du seuil de perception) apporte au vin des notes florales, fleur d'oranger et bergamote, et de *norisoprénoïdes* comme la β-damascénone, une importante substance odorante caractérisée par un arôme fruité (coing, pêche).
Les vins ont également été soumis à une analyse sensorielle (données non présentées). Les dégustateurs ont été invités à indiquer les éventuelles différences entre les échantillons et à les identifier. Le groupe de dégustation a différencié les vins en fonction des notes de réduction. Les vins OUT étaient plus parfumés, avec des odeurs fruitées plus intenses et plus franches, ce qui a amené le groupe de dégustation à les préférer. Dans l'échantillon d'*Ortrugo*, les notes de fruits blancs et de fleurs étaient plus intenses et plus franches dans l'échantillon OUT que dans l'échantillon IN.
Selon les dégustateurs, le *Gutturnio* a gagné en souplesse et en élégance en bouche, la perception tannique et celle de l'arrière-goût amer ont diminué. Le Gutturnio a une plus ample expression aromatique avec des notes de fruits rouges. Pour ces deux échantillons, le panel a nettement préféré l'échantillon traité plutôt que le vin tel quel.
En ce qui concerne le Sauvignon blanc IN, les notes de buis et de fruit de la passion étaient plus intensément exprimées que dans l'échantillon OUT, décrit comme plus fruité (pêche, poire). L'utilisation de la membrane dans le cas du *Sauvignon blanc* n'a conduit ni à une amélioration, ni à une dépréciation de la qualité du produit. Le panel, tout en indiquant de nettes différences, n'a pas exprimé de préférence univoque, 50% a préféré le produit IN, plus typique, et l'autre 50% l'échantillon OUT, au bouquet plus riche mais moins variétal.
Un très petit nombre de composés a été détecté dans les échantillons du circuit d'eau. Ce n'est que dans le Gutturnio que l'on a trouvé de faibles concentrations d'alcool isobutylique, dont la concentration était également élevée dans le vin OUT. Notons que le sulfure de diéthyle, avec son odeur de réduit, a été perçu dans tous les échantillons du circuit d'eau de la pompe à vide de l'équipement. Ce qui pourrait expliquer les différences perçues par les dégustateurs entre les échantillons IN et OUT, même si la préférence n'était pas toujours univoque.





| | Sauvignon | | Ortrugo | | Gutturnio | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | in | out | in | out | in | out |
| Butanoate d'éthyle | 95 | 117 | 90 | 87 | 55 | 20 |
| Alcool isobutylique (mg/L) | 7 | 8 | 6 | 8 | 25 | 21 |
| Acétate d'isoamyle | 1005 | 989 | 2286 | 2399 | 702 | 642 |
| Alcool iso-amylique (mg/L) | 64 | 66 | 65 | 52 | 97 | 62 |
| Hexanoate d'éthyle | 659 | 583 | 674 | 644 | 203 | 149 |
| 3-méthyl-1-pentanol | 39 | 41 | 38 | 25 | 38 | 39 |
| Lactate d'éthyle (mg/l) | 6 | 6 | 15 | 15 | 42 | 33 |
| Acétate d'hexyle | 257 | 294 | 174 | 184 | 17 | 17 |
| Hexanol | 1041 | 886 | 783 | 794 | 668 | 670 |
| Trans-3-hexénol | 30 | 26 | 15 | 20 | n.c. | n.c. |
| 3-éthoxypropanol | 283 | 291 | 198 | 325 | 299 | 362 |
| Cis-3-hexénol | 288 | 250 | 84 | 79 | 108 | 115 |
| Octanoate d'éthyle | 1259 | 1175 | 742 | 886 | 269 | 274 |
| 2-hydroxycaproate d'éthyle | 71 | 65 | 45 | 48 | 134 | 123 |
| Benzaldéhyde | 25 | 22 | 19 | 17 | 10 | 15 |
| 3-hydroxybutyrate d'éthyle | 269 | 239 | 258 | 294 | 225 | 289 |
| Acide isobutyrique | 316 | 294 | 226 | 387 | 629 | 846 |
| Hotrienol | 12 | 19 | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. |
| Acide butyrique | 271 | 258 | 371 | 626 | 187 | 256 |
| γ-butyrolactone | 2968 | 2587 | 1256 | 1517 | 4971 | 5491 |
| Acide isovalérique | 891 | 774 | 612 | 804 | 998 | 1245 |
| Décanoate d'éthyle | 502 | 507 | 247 | 326 | 79 | 67 |
| Linalool | 27 | 23 | 63 | 65 | 29 | 26 |
| γ-terpinéol | n.c. | n.c. | 78 | 95 | n.c. | n.c. |
| Méthionol | 1284 | 1334 | 744 | 1012 | 1593 | 1850 |
| Diéthylsuccinate | 1960 | 1767 | 1427 | 1333 | 1959 | 2468 |
| Éthyl-4-hydroxybutyrate | 3187 | 2687 | 1053 | 993 | 4568 | 5844 |
| γ-damascénone (ng/l) | n.c. | n.c. | 729 | 728 | n.c. | n.c. |
| Alcool benzylique | 38 | 36 | 11 | 11 | 13 | 13 |
| Acétovanillone | 38 | 5 | 4 | 5 | n.c. | n.c. |
| Glutarate de diéthyle | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Acide hexanoïque (mg/l) | 20 | 22 | 42 | 40 | 24 | 15 |
| Acide trans-2-hexénoïque | 188 | 189 | 338 | 394 | 148 | 121 |
| Acétate de 2-phényléthyle | 46 | 41 | 40 | 33 | 56 | 47 |
| 2-phényléthanol (mg/l) | 3491 | 2978 | 3833 | 3841 | 1199 | 1268 |
| Acide octanoïque | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | 34 | 43 |
| 3,7-diméthyl-1-octène-3,7-diol | 326 | 269 | 142 | 176 | 157 | 167 |
| 4-vinylguaiacol | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | 2 |
| Monoéthyl-2-hydroxyglutarate | 928 | 716 | 682 | 654 | 1368 | 1981 |
| Diéthyl-2-hydroxyglutarate | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | 283 | 574 |
| Acide phénylacétique | 2009 | 1688 | 2219 | 2148 | 550 | 524 |
| Acide décanoïque | n.c. | n.c. | 1625 | 1790 | n.c. | n.c. |
| 3-hydroxy-γ-damascone (ng/l) | 1009 | 1157 | 157 | 149 | 157 | 80 |
| 4-vinylphénol | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | 6 | n.c. |
| Acide benzoïque | 4 | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. |
| Acide laurique | 56 | 49 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| Vanilline | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. |
| 3-hydroxy-7,8-dihydro-γ-ionone | 104 | 82 | 666 | 524 | 659 | 699 |
| Acide palmitique | n.c. | n.c. | 49 | 49 | n.c. | n.c. |

Tab. 2 - Composition aromatique des vins Sauvignon blanc, Ortrugo et Gutturnio avant (IN) et après (OUT) le traitement membranaire. Données exprimées en équivalent µg/L du standard interne 1-heptanol, sauf indication contraire.

| Composés | Sauvignon | Ortrugo | Gutturnio |
|---|---|---|---|
| Alcool isobutylique | n.c. | n.c. | 446 |
| Acétate d'isoamyle | n.c. | n.c. | 50 |
| Alcool iso-amylique (mg/l) | n.c. | 1 | 3 |
| Sulfure de diéthyle | 230 | 280 | 176 |
| Lactate d'éthyle | n.c. | 114 | 129 |
| 4-OH-4-méthyl-2-pentanone | 56 | 41 | 32 |
| Acide acétique | 14 | n.c. | n.c. |
| Benzaldéhyde | 5 | 3 | 5 |
| Linalol | 6 | 5 | 7 |
| 2-phényléthanol | 30 | 100 | 144 |
| Acétophénone | 103 | 64 | 107 |
| Acide stéarique | 21 | 66 | n.c. |
| Acide palmitique | n.c. | 133 | n.c. |
| Gaïacol | n.c. | 14 | 26 |

Tab. 3 - Composition aromatique des échantillons d'eau prélevés après le traitement. Données exprimées en équivalents µg/L standard interne 1-heptanol, sauf indication contraire.

## Conclusions

Avec l'expérimentation décrite, nous avons tenté d'évaluer l'effet sur la composition aromatique du vin de la technologie des contacteurs à membrane, utilisée pour maîtriser les gaz dissous. Elle a permis de mettre en évidence certains résultats importants résumés ci-après.
Tout d'abord, la composition aromatique des vins avant et après traitement est pratiquement préservée, c'est-à-dire qu'elle ne subit pas de modifications significatives. Certaines molécules à faible poids moléculaire, et notamment les disulfures malodorants, sont éliminées par le traitement, comme l'a montré l'analyse de l'eau recueillie en aval du traitement. Certaines indications intéressantes, à approfondir, sont mises en évidence par l'analyse sensorielle des vins, qui a permis de distinguer les vins OUT, étant plus parfumés avec des odeurs généralement plus fruitées et plus intenses, des vins dégustés avant traitement.

## Bibliographie


• Adoua R., Mietton-Peuchot M., Milisic V. - Modelling of oxygen transfer in wines - Chemical Engineering Science, 65, 5455-5463, 2010

• Chiciuc I. - Etude des paramètres affectant le transfert d'oxygène dans les vins - Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, décembre 2010 - https://wwww.theses.fr/149648375

• Chiciuc I., Farines V., Mietton-Peuchot M., Devatine A. - Effect of wine properties and operating mude upon efficiency of mass transfer during micro-oxygenation - International Journal of Food Engineering, Vol. 6 (6), 9, 2010

• Devatine A., Chiciuc I., Mietton-Peuchot M. - The protecting role of dissolved carbon dioxide against wine oxidation: a simple and rational approach - Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 45, n° 3, 189-197, 2011

• Devatine A., Chiciuc I., Poupot C., Mietton-Peuchot M. - Micro-oxigenation of wine in presence of dissolved carbon dioxide, Chemical Engineering Science, 62, 4579-4588, 2007

• Devatine A., Poupot C., Mietton-Peuchot M. - Mesure de l'oxygène dissous, Chapitre d'ouvrage "oxygène et vin: du role de l'oxygène à la technique de micro-oxygénation"

• Errichiello F., Picariello L., Guerriero A., Moio L., Forino M., Gambuti A. - The Management of Dissolved Oxygen by a Polypropylene Hollow Fiber Membrane Contactor Affects Wine Aging. Molecules 2021, 26, 3593

• Levav N. - L'effetto sensoriale della regolazione e l'eliminazione dei gas disciolti nel vino - Infowine. Rivista internet di Viticoltura ed Enologia. 2019 Available online at: https://www.infowine.com/it/articoli_tecnici/l_effetto_sensoriale_della_regolazione_e_l_eliminazione_dei_gas_disciolti_nel_vino_img_6125.htm

• Mondot L., Vidal j.c. - Unitè Expérimentale de Peche Rouge, Montpellier, France. Gestione dei gas disciolti in enologia mediante contattore a membrana: stato dell'arte - Articoli Tecnici - Infowine Rivista internet di Viticoltura ed Enologia. 2019. Available online at: https://www.infowine.com/it/articoli_tecnici/gestione_dei_gas_disciolti_in_enologia_mediante_contattore_a_membrana_stato_dell_arte_sc_17648.htm

• Petrozziello M., Guaita M., Bosso A. - Il Controllo dell'ossigeno nel vino. Informatore Agrario 2004, 60, 61-66

• Vivas N. - Théorie et Pratique de l'élevage Des Vins Rouges; Féret, 2014 ■