



Quantification et identification des phénomènes de transfert d'oxygène au-travers des barriques

Yang Qiu¹, Soizic Lacampagne¹, Marie Mirabel², Martine Mietton-Peuchot¹, Rémy Ghidossi¹

¹ Université de Bordeaux/ISW/Unité de recherche OEnologie EA 4577/USC 1366/Inra/Bordeaux INP, 210 chemin de Leyssotte, CS 50008, 33882 Villenave d'Ornon cedex, France
² Chêne & Cie, structure de R&D de la tonnellerie Taransaud, ZAC de la Garosse, 250 rue des droits de l'Homme, 33240 Saint-André-de-Cubzac, France

De par les propriétés physiques et chimiques particulières du bois de chêne, une barrique est le siège de phénomènes de transfert très complexes. Grâce au développement d'un perméamètre gaz/liquide innovant, les flux d'oxygène de part et d'autre de la cellule ont été mesurés et un bilan matière complet sur la barrique a pu être réalisé. Au cours de ce travail de thèse, il a été démontré que le transfert d'oxygène se fait essentiellement à l'inter-douelle dans les zones de faibles pressions et que le phénomène de désorption est prépondérant dans l'apport total d'oxygène.

Dans cette étude¹, les expériences sont réalisées d'après le bilan matière ci-dessous :

O_2 transféré à travers la douelle + O_2 transféré à travers l'inter-douelle + O_2 transféré à l'interface bonde/barrique + O_2 désorbé du chêne = O_2 consommé par les composés extraits du bois + O_2 consommé par le vin + O_2 résiduel.

De nombreux auteurs ont déjà quantifié les apports d'oxygène totaux et les estiment entre 20 et 27 mg.L⁻¹.an⁻¹ mais aucune étude ne permettait jusqu'alors de réaliser un bilan matière complet^{2, 3}. Pour ce faire, un perméamètre innovant a été développé permettant de reproduire le transfert d'oxygène au travers des barriques à l'échelle du laboratoire (figure 1).

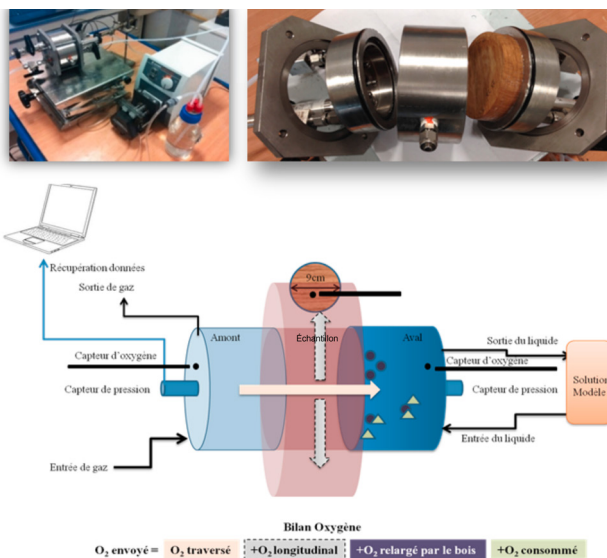


FIGURE 1. Cellule expérimentale (photographie et méthodologie) permettant de quantifier le transfert du gaz au travers du bois. Les échantillons de chêne ont été découpés dans des douelles de chêne (non toastées à grain fin) fournies par le tonnellerie Taransaud. Ils mesuraient 9 cm de diamètre et 2,3 cm d'épaisseur, soit entiers, soit coupés en deux morceaux par le milieu pour reproduire les joints entre les douelles.

Pour reproduire les conditions opératoires sur notre cellule, il a été nécessaire de déterminer les pressions inter-douelles. Des bandes colorimétriques de pression (Prescale) ont été utilisées sur une barrique réelle pour évaluer les gradients existants en son sein. Les niveaux de rouge permettent de déterminer les forces appliquées à l'interdouelle.

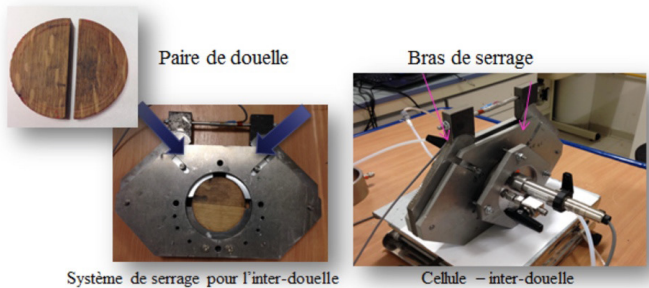


FIGURE 2. Méthodologie d'étude de la pression inter-douelle. Ce dispositif a été spécialement conçu pour tester le taux de transfert d'oxygène à travers les interstices entre les douelles avec le perméamètre. Un morceau de chêne sélectionné a été coupé en deux, les deux moitiés étant pressées ensemble dans le système de serrage.

Ces mêmes pressions ont été reproduites sur le perméamètre avec l'aide de deux demi-douelles et d'un bras de serrage calibré pour évaluer les transferts de gaz (figure 2).

Ces mesures ont montré de nettes disparités car des pressions inter-douelles de plus de 20 bars existent sur les pièces de fonds. Celles mesurées sur les pièces de corps de la barrique vont de 4 bars au centre de la douelle à 14 bars aux extrémités. A partir de ce constat, ces pressions ont été reproduites et des transferts mesurés par le passage d'oxygène pur au travers des différentes modalités (douelle entière et demi-douelle sur lesquelles une pression inter-douelle définie est appliquée). L'oxygène pur a été retenu pour éviter l'artefact lié à la désorption de gaz. En effet, la saturation d'un vin en oxygène avec de l'air est de 8,4 mg/L (à 20°C) mais de 42 mg/L avec de l'oxygène pur car la pression partielle est 5 fois plus élevée. Ainsi, nous sommes certains que de l'oxygène pur traverse réellement le bois



quand les concentrations dépassent 8,4 mg/L et que ce taux n'est pas imputable à la désorption d'air. Des pressions de 3, 8, 14 et 24 bars ont été appliquées et la concentration en oxygène au cours du temps a été suivie (figure 3).

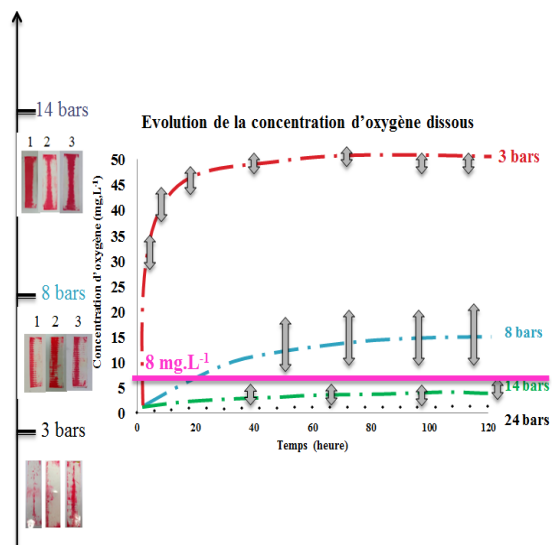


FIGURE 3. Transfert d'oxygène à l'inter-douelle pour différentes modalités (3, 8, 14 et 24 bars de pression de serrage). Lors des travaux de chai, il est souvent observé que les points de contact les plus faibles dans une barrique se situent autour du trou de la bonde et au milieu des douelles, là où elles sont le plus courbées. Une pression de 3 bars peut être observée dans ces zones alors que des pressions de 8, 14 et 20 bars existent principalement sur toute la longueur d'une douelle, avec 20 bars à chaque extrémité.

Les mesures avec le perméamètre ont permis de montrer qu'une pression de 24 bars appliquée à l'inter-douelle limite fortement le transfert d'oxygène pur entre les demi-douelles. Une diminution de la pression appliquée à 14 bars et 8 bars va faciliter le transfert du gaz car la condition de contact est moins bonne : au bout de 5 jours, dans ces conditions, la concentration de l'oxygène dissous peut atteindre 10 mg/L. Avec une pression appliquée à 3 bars à l'inter-douelle, le transfert d'oxygène peut atteindre 40 mg/L en 5 heures. À noter, l'étanchéité des pièces du fond est assurée par des pressions élevées (25 à 30 bars à l'inter-douelle). La pression de 3 bars correspond à la pression inter-douelle du centre de la barrique.

Il a également été montré au cours de ce travail que les conditions de contact douelle / douelle (rugosité de surface) avaient un impact sur les phénomènes de transfert. En effet, le contact doit être amélioré en considérant ce paramètre pour limiter les passages préférentiels.

Il a aussi été constaté que la douelle de chêne complète (dont l'épaisseur est entre 23 et 27 mm) est imperméable au gaz quand elle est en contact avec du liquide. Le transfert de gaz ne se fait donc pas au travers du bois. Cette imperméabilité est due à la fois à la structure du bois et à ses interconnexions. La présence des thylles observées sur le plan ligneux⁴ limite le transfert longitudinal. Les connexions limitantes sont les perforations et les ponctuations qui sont imbibées pendant l'élevage. Le bois de chêne est ainsi rendu imperméable car les phénomènes diffusifs sont très lents sur ces interconnexions.

Ainsi, la perméabilité à l'air de la barrique dépend principalement de la qualité du contact à l'inter-douelle (état de surface et pression). Il semble que les points faibles de la barrique (transfert d'oxygène principal) se situent aux pressions d'inter-douelle faibles (3 bars). Ces points sont situés au milieu des douelles d'une barrique. À terme, il semblerait judicieux pour les tonneliers de modifier le positionnement des cercles pour pouvoir fabriquer des barriques à perméabilité mieux régulée (pression homogène le long de l'inter-douelle).

Le transfert d'oxygène par désorption du gaz contenu dans le bois de chêne est prépondérant

Pour quantifier l'ensemble des paramètres de l'équation, la désorption d'oxygène amenée par les douelles à la solution en contact a également été déterminée. Des douelles ont été utilisées dans des solutions modèles avec un ratio surface de bois/matrice équivalent à celui rencontré dans le cas d'utilisation de la barrique (2 m²/ 225 l). Les résultats montrent que la désorption du gaz contenu dans le bois de chêne représente une part conséquente des 20-27 mg.L⁻¹.an⁻¹ qu'apporte une barrique sur un élevage complet d'un an (entre 35 et 50 %). Ce phénomène se déroule simultanément à l'imprégnation du liquide dans le bois intervenant le premier mois. Cette imprégnation s'explique par le fait que le vin pénètre dans les vaisseaux ce qui l'amène en quelques jours jusqu'à 4 mm de profondeur (phénomène rapide d'imprégnation) pour atteindre 7 mm au bout de 1 mois. Il a été constaté une corrélation forte entre cette cinétique d'imprégnation et celle du relargage d'oxygène par désorption. Ainsi, 10 mg/L est apporté au vin au cours du premier mois ce qui représente une quantité très importante.

Au cours de ce travail, il a également été montré que le transfert de gaz au niveau de la bonde (silicone) ne représente que quelques mg/L ce qui est très faible au regard des données de la désorption et du transfert total. Cependant, ces valeurs dépendent nettement du type de bonde et de l'utilisation.

L'ensemble de ces résultats permet de mieux comprendre les facteurs qui influencent le phénomène du transfert de l'oxygène pendant l'élevage en barrique, de mieux guider les utilisateurs pour l'emploi de ce contenant et de fournir aux tonneliers des données pour améliorer leurs procédures de fabrication. La gestion des gaz dissous est primordiale et nécessite une attention particulière quel que soit le niveau de l'élaboration du vin.

De nouveaux travaux de recherche sont nécessaires

Des études complémentaires seraient intéressantes à réaliser telles que (i) l'étude de l'influence de la teneur en alcool sur la cinétique de l'imprégnation du bois et sur la désorption d'oxygène du bois et (ii) l'étude de l'influence du nettoyage de la barrique sur la désorption de l'oxygène du bois et la cinétique de l'imprégnation. ■

Source : Article prenant sa source de l'article de recherche "Oxygen desorption and oxygen transfer through oak staves and oak stave gaps: an innovative permeameter" (OENO One, 2018).

1 Qiu Y., Lacampagne S., Mirabel M., Mietton-Peuchot M., & Ghidossi R. (2018). Oxygen desorption and oxygen transfer through oak staves and oak stave gaps: an innovative permeameter. *OENO One*, 52(1). <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.1.909>

2 Giraud, W. (2009). Étude physico-chimique de l'interface bois-vin pendant l'élevage en barriques (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).

3 Nevares, I., & del Alamo-Sanza, M. (2015). Oak Stave Oxygen Permeation: A New Tool To Make Barrels with Different Wine Oxygenation Potentials. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(4), 1268-1275.

4 Hansmann, C. H., Wimmer, W. G. R., & Teischinger, A. (2002). Permeability of wood-A review. *Drevarsky Vyskum*, 47(4), 1-16.