

Imagerie par rayons X et classification supervisée basée sur le transfert d'oxygène de bouchons en liège tubés

Adrien Stolidi¹, Julie Escoda¹, Veronique Chevalier², Christophe Loisel², Dimitri Tixador², Dominique Tourneix²

¹ Université Paris-Saclay – CEA – List – F-91120 – Palaiseau – France.

² Diam Bouchage – Céret – France.



Extrait de la Revue des Œnologues n° 178
search.oeno.tm.fr

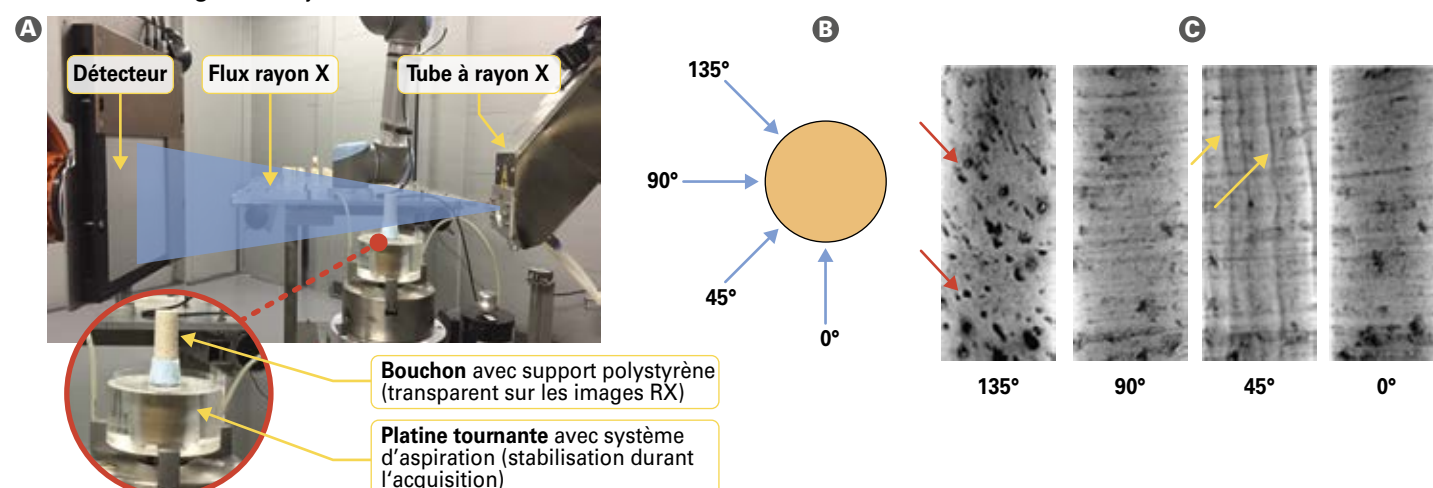
Introduction

Les bouchons en liège issus du tubage d'une écorce de chêne-liège, dits bouchons naturels, sont considérés dans la profession viticole comme une solution qualitative pour garder les vins en bouteille. L'exigence accrue, à la fois des vignerons et des consommateurs pour des vins bien conservés, a poussé la profession à perfectionner le travail de sélection des bouchons en liège. La qualité de ces derniers a longtemps été associée à un tri visuel des bouchons, que celui-ci soit fait manuellement ou par le biais de machines équipées de caméras optiques de plus en plus sophistiquées. On peut retrouver dans la littérature des travaux portant sur du tri automatique par vision (caméra) s'appuyant sur des algorithmes de classification [1-3]. Cependant,

le classement des bouchons se fait encore aujourd'hui sur des critères esthétiques de surface. Les bouchons les plus beaux, classés comme « Fleur », ne présentent aucun défaut apparent (absence de trou, de lenticelle boisée, de défaut de couleur...). Il reste cependant toujours difficile de bien statuer sur la qualité globale d'un bouchon en extrayant seulement des informations issues de son enveloppe externe. La bonne qualité d'un bouchon naturel dépend en réalité de ses propriétés mécaniques et élastiques et de la capacité de sa structure à laisser passer des quantités raisonnables d'oxygène de l'extérieur vers l'intérieur de la bouteille, au contact du vin. En effet, les vins ont des compositions plus ou moins tanniques qui sont consommatrices d'oxygène et les propriétés physiques d'étanchéité du bouchon vont permettre une cinétique de

passage de l'oxygène plus ou moins rapide et quantitative, influençant directement le profil sensoriel du vin après avoir été gardé en bouteille. Récemment, Chevalier et al. [4] ont publié des mesures d'OIR (Oxygen Initial Release: quantité d'oxygène relarguée dans la bouteille durant les 6 premiers mois, exprimée en mg) sur des bouchons naturels classés comme étant visuellement parmi les hauts de gamme, c'est-à-dire présentant peu de défauts de surface. Ces mesures ont mis en évidence que le tri opéré par des équipements, actuellement utilisés par les producteurs de bouchons en liège tubés, ne permet pas de classer les bouchons en fonction de leur capacité en termes de passage d'oxygène. Dans des lots de bouchons visuellement classés haut de gamme, il est fréquent de distinguer selon les types de vin, des évolutions sensorielles différenciées de celui-ci, en lien avec ces variations de perméabilité. Certains bouchons peuvent être considérés comme des « fuyards » qui entraîneront une évolution oxydative rapide du vin gardé en bouteille. On retrouve des études utilisant des méthodes d'analyses permettant de sonder le cœur du bouchon [5, 6] comme les travaux de Lagorce-Tachon et al. [7] où ils montrent notamment que le nombre de défauts en surfaces des bouchons conduit à une sous-estimation de la porosité interne. À notre connaissance, il n'existe pas d'analyse non destructive industrialisable mettant en exergue un ou plusieurs critères permettant de déterminer si la structure du bouchon permettra ou non un passage d'oxygène adéquat, afin d'offrir aux vignerons des gammes de bouchons naturels dont l'OTR (Oxygen Transfer Rate) est maîtrisé avec un écart-type acceptable en termes d'impact sensoriel. Contrairement à un tri visuel, l'imagerie

■ **Figure 1:** A Banc d'acquisition. B Schéma des angles d'acquisition des projections utilisées et C exemples de projections correspondantes. L'angle 0° est colinéaire aux lenticelles (deux exemples flèches rouges) et l'angle 90° est colinéaire aux anneaux de croissance du liège (flèches jaunes).



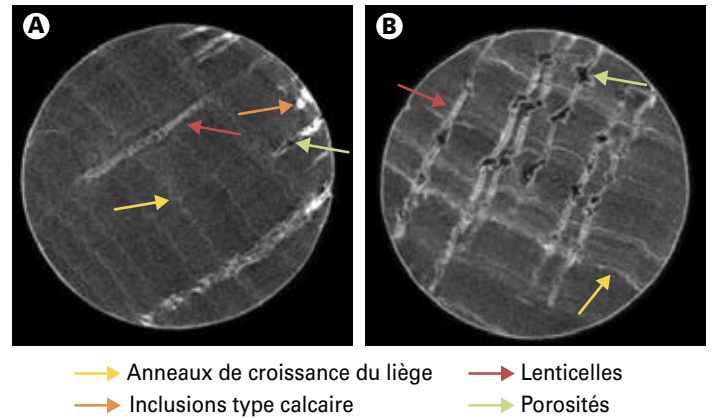
par rayons X prend en compte toute la structure interne des bouchons et paraît adaptée pour inférer leur qualité. Ainsi, la présente étude propose une classification supervisée (c'est-à-dire, une classification basée sur l'apprentissage d'une règle de classement à partir d'un ensemble de données, appelé base d'apprentissage, dont le classement est déjà connu) de bouchons « fuyant/non fuyant » produite à partir d'un algorithme de classification SVM (machines à support vecteur) prenant comme entrée des critères extraits d'images rayons X de bouchons en liège tubés. La supervision de cette classification vient de la mesure d'OIR des bouchons. Un premier lot (lot 1) de 142 bouchons en liège tubés a ainsi été mesuré en OIR et acquis par la suite par tomographie rayons X. Un prétraitement des images rayons X 2D et 3D a été effectué et des critères de tri définis. Ces critères constituent les données d'entrée fournies à l'algorithme de classification SVM. Les résultats de la classification du lot 1 sont présentés sur des données 3D et 2D tout comme l'influence des paramètres expérimentaux sur cette classification. L'objectif de la classification basée sur des images 3D est d'évaluer la qualité des résultats pouvant être obtenus en ayant pour chaque bouchon une information plus complète. L'objectif de la classification basée sur les images 2D est d'évaluer la qualité des résultats pouvant être obtenus dans des conditions applicables dans le cadre industriel. Les images 2D du lot 1 serviront ensuite de base d'apprentissage afin d'évaluer directement un lot 2 de 436 bouchons issus d'autres sources de production, sans mesure OIR préalable. Les résultats de classification du lot 2 sont présentés et vérifiés *a posteriori* par une nouvelle analyse OIR. Les résultats obtenus en incluant ce lot 2 dans la base d'apprentissage sont aussi évalués.

Mesure OIR et imagerie par rayons X

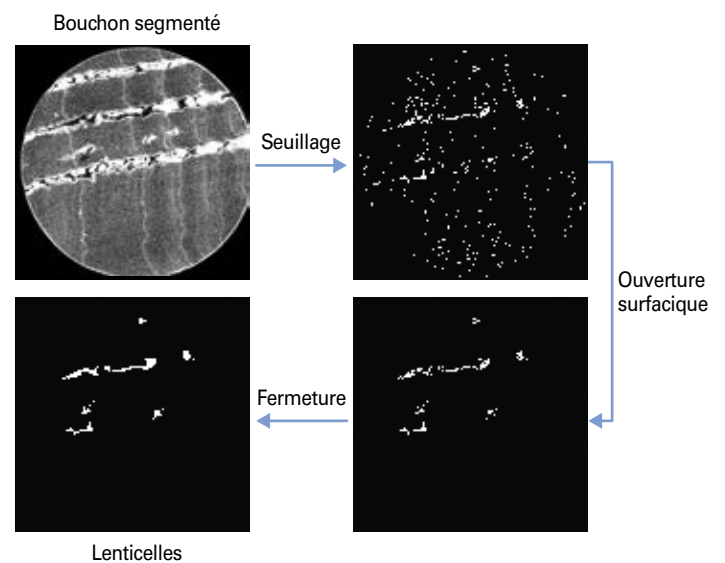
La mesure OIR a été effectuée sur des bouchons par ailleurs triés visuellement et classés dans le haut de gamme par la profession (Lot Supérieur, Extra et Fleur). Les mesures de transferts en oxygène ont été réalisées par chimiluminescence sur 60 jours. L'équipement utilisé est un Fibox 3 LCD Trace V6 de PreSens Precision Sensing GmbH. Le système est composé d'une sonde émettrice/réceptrice, qui émet un flux lumineux bleu. Ce flux est dirigé sur un capteur (appelé également pastille) collé à l'intérieur d'une bouteille transparente. Ces capteurs sont constitués de composés fluorescents, qui absorbent l'énergie lumineuse envoyée par la sonde, puis la restituent sous forme de lumière rouge. La mesure est basée sur le fait que l'intensité du signal réfléchi est inversement proportionnelle à la concentration en oxygène dans la bouteille. Cette méthode est largement répandue dans la filière [8, 9]. À partir de ces mesures, les bouchons sont classés en deux catégories « Fuyant » et « Non fuyant » au gaz, en s'appuyant sur la mesure de l'OIR [4]. On considérera qu'un bouchon est fuyant si l'OIR est supérieur à 3 mg et non fuyant si l'OIR est inférieur à 3 mg. Pour ce lot 1, on a 40 bouchons fuyants et 102 bouchons non fuyants. Les bouchons ont été acquis en tomographie par rayons X. Cela consiste à acquérir un jeu de projections (ou radiographies) suivant plusieurs angles de vue. Ceci est illustré ici pour quelques angles à la **figure 1**.

Ces images 2D sont la projection du volume du bouchon. Avec ces différents angles de vue, il est possible, par l'utilisation d'un algorithme de reconstruction, d'obtenir une image 3D du bouchon. Un exemple de deux coupes axiales extraites de deux volumes de bouchons reconstruits est présenté en **figure 2**. Pour ces acquisitions, les paramètres choisis apportent un bon compromis en contraste et résolution spatiale, cette dernière étant estimée à 60 µm. Pour chaque acquisition tomographique, 720 projections par pas angulaire de 0,5° ont été acquises afin de reconstruire une image 3D du bouchon. Les images

■ **Figure 2 : Coupe d'une reconstruction 3D de bouchon.**
Coupe **A** : bouchon avec OTR à 0,004 cm³/jour (non fuyant).
Coupe **B** : bouchon avec OTR à 0,071 cm³/jour (fuyant).



■ **Figure 3 : Schéma de segmentation des lenticelles sur les images 3D de tomographie à partir des bouchons segmentés.**



produites par radiographie ou tomographie ne permettent pas de discriminer d'emblée un bouchon fuyant ou non fuyant.

Le classifieur utilisé prend comme entrée des caractéristiques calculées sur des images. Cependant, les projections (images 2D) et reconstructions (images 3D) obtenues ne peuvent pas être utilisées directement (présence du fond sur les images, bouchons orientés différemment, zones d'intérêts nécessaires) et doivent être prétraitées. Ces prétraitements ne seront pas tous détaillés ici mais ils consistent à :

- détecter la zone de l'image où est présent le bouchon, en 2D et 3D par méthode de segmentation ;
- recalculer les orientations des bouchons afin de pouvoir

effectuer l'analyse des anneaux de croissance ;

- segmenter les lenticelles et les zones boisées.

Ce dernier traitement est illustré à la **figure 3**. Les lenticelles sont détournées à partir d'une image segmentée du bouchon selon la méthode suivante : les lenticelles sont extraites par seuillage en première étape. Afin de raffiner la segmentation ainsi obtenue, une ouverture surfacique (suppression des composantes connexes de volume inférieur à un seuil donné) est appliquée. Enfin, une fermeture morphologique [10] est appliquée afin de reconnecter les composantes des lenticelles. Chaque étape est effectuée en 3D, seule une coupe est présentée en **figure 3** par soucis de visualisation.

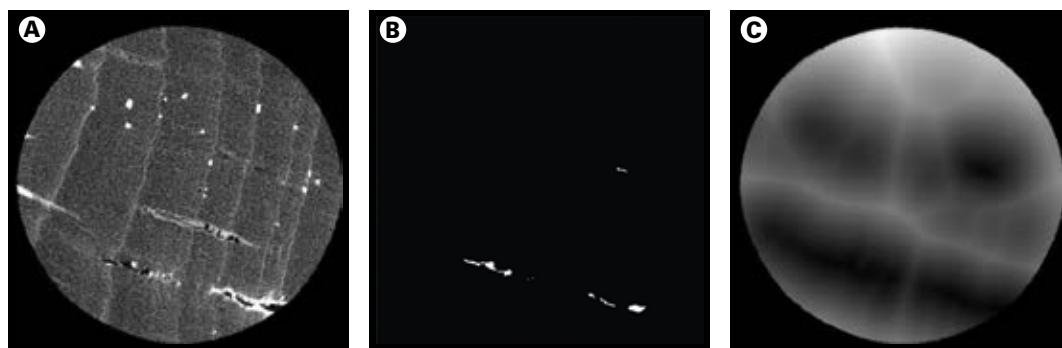
Critères et méthode de classification

Critères

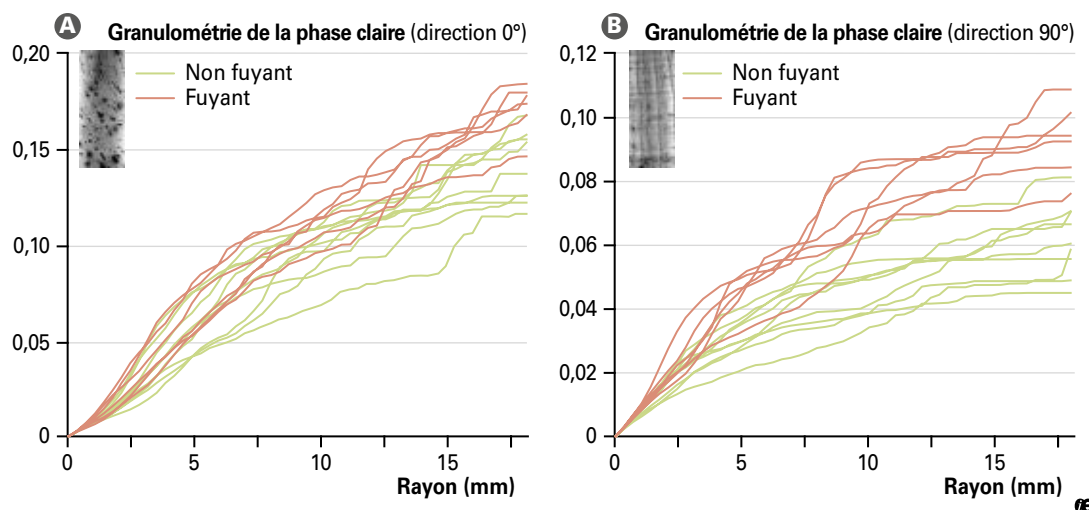
Les critères ont été établis à partir de différentes hypothèses qui ont été faites au cours de cette étude pour expliquer en quoi la microstructure du bouchon peut influencer son OIR. Les critères de tris établis peuvent être spécifiques au type d'images considérées (2D ou 3D). Il s'agit alors d'évaluer la texture (au sens traitement d'image) du bouchon, la répartition spatiale des différents constituants du bouchon, leur volume, la percolation entre le haut et le bas du bouchon, l'effet des anneaux de croissance et bien sûr les niveaux de gris des images (leur moyenne et dispersion). Tous ces critères ne peuvent être détaillés ici, mais deux exemples peuvent être donnés pour illustration avec comme premier critère l'histogramme de la carte de distance: la carte de distance est obtenue à partir d'une image segmentée, en attribuant à chaque voxel (pixel 3D) d'une phase donnée la distance au voxel de la phase complémentaire le plus proche. Par exemple, si nous considérons l'image segmentée des lenticelles, nous obtenons pour chaque voxel en dehors des lenticelles la distance à la lenticelle la plus proche (**figure 4**). Ce calcul est effectué ici en 3D.

L'histogramme des valeurs ainsi obtenues est alors utilisé comme caractéristique pour la classification. L'objectif de ce critère est d'évaluer si l'éloignement des différentes zones considérées (lenticelles/zones boisées/lenticelles et zones boisées) est caractéristique d'un faible passage d'oxygène. Un autre critère que l'on peut donner en exemple est la granulométrie [10]. Ce critère représente la distribution de taille des objets dans l'image. Nous nous intéressons ici successivement aux objets sombres (lenticelles, porosités locales) et aux objets clairs (inclusions minérales et anneaux de croissance) de l'image. La **figure 5** présente les courbes de granulométrie pour deux radiographies

■ **Figure 4:** Exemple de calcul de la carte de distance, illustration via une coupe tomographique. À partir de **A** l'image 3D; **B** l'image 3D des lenticelles est segmentée, et **C** la carte de distance 3D aux lenticelles est calculée : une valeur élevée (respectivement faible) de distance est représentée par une couleur proche du blanc (respectivement noir).



■ **Figure 5:** Courbes de granulométrie de la phase claire de bouchons fuyants et non fuyants issues de radiographies présent **A** à un angle de 0°, colinéaire aux lenticelles, et **B** à un angle de 90°, perpendiculaire aux lenticelles.



(0° et 90°) (**figure 1**), pour le cas phase claire. Il apparaît qu'avec ce seul critère on ne peut clairement pas dissocier les bouchons fuyants, représentés par les courbes rouges, des bouchons non fuyants, représentés par les courbes vertes. Il faut pour cela utiliser une méthode plus avancée, décrite ci-après.

Méthode de classification

Une méthode de classification supervisée s'appuyant sur un algorithme de machine à support vecteur (SVM) est ici utilisée pour la classification des bouchons « fuyant/non fuyant ». Le principe de la classification supervisée consiste à apprendre une règle de classement à partir d'un ensemble de données (base d'apprentissage) dont le classement est déjà connu. Une fois le classement appris, il est possible de l'appliquer pour classer de nouvelles données.

Les SVM, introduits par Cortes et Vapnik en 1995 [11], sont une famille d'algorithmes bien connus pour leur capacité de généralisation. Ils sont très utilisés pour des problèmes de petites tailles (< 10⁴ exemples dans l'ensemble d'apprentissage) et possèdent un large éventail d'applications pratiques (reconnaissance de texte, classification d'images...). Il est par ailleurs nécessaire d'appliquer une pondération inversement proportionnelle à la taille de la classe correspondante lors de l'étape d'apprentissage pour tenir compte du déséquilibre du nombre de bouchons entre les deux classes (102 bouchons non fuyants, 40 bouchons fuyants). Différents classifieurs sont alors envisagés, il faut notamment faire le choix de caractéristiques calculées à partir des images 2D ou 3D. Pour cela, les résultats des différents classifieurs obtenus sont évalués à l'aide de la stratégie Leave One Out (LOO). Cette stratégie consiste à sortir successivement chacun des bouchons de la base d'apprentissage, à effectuer l'apprentissage à partir de cette nouvelle base, puis à classer le bouchon sorti de la base. Les résultats obtenus sont présentés sous la forme d'une matrice de confusion contenant :

- le nombre de bouchons non fuyants classés non fuyants: vrais positifs (VP) ;
- le nombre de bouchons fuyants classés fuyants: vrais négatifs (VN) ;
- le nombre de bouchons non fuyants classés fuyants: faux négatifs (FN) ;
- le nombre de bouchons fuyants classés non fuyants: faux positifs (FP).

Les résultats sont quantifiés dans cette étude par les mesures de *précision*, de *rappel* et d'*exactitude* définies par :

$$\text{précision} = \frac{VP}{(VP + FP)} ; \text{rappel} = \frac{VP}{(VP + FN)} ; \text{exactitude} = \frac{VP + VN}{\text{population totale}}$$

L'*exactitude* représente le pourcentage de bouchons correctement classés. La *précision* représente, parmi les bouchons classés non fuyants, le pourcentage de bouchons réellement non fuyants. De manière pratique, la valeur FP correspond au nombre de bouchons fuyants alors qu'ils sont certifiés non fuyants par la méthode et quantifié par la valeur de *précision*. La valeur de FN correspond au nombre de bouchons qu'on certifie comme fuyants par la méthode alors qu'ils ne le sont pas et quantifié par la valeur de *rappel*. Ces trois critères doivent être maximisés. La méthode complète de classification est résumée en **figure 6**.

Résultats et discussion

Classification du lot 1 à partir d'images 3D

Différentes combinaisons de critères ont été testées. La combinaison de critères suivante donne les meilleurs résultats de classification :

- fraction volumique et volume moyen des lenticelles/des zones boisées/des lenticelles et zones boisées prises ensemble;
- épaisseur sans lenticelles/sans zones boisées/sans lenticelles et zones boisées;
- percolation;
- nombre d'anneaux de croissance et autocorrélation.

Les résultats de classification des bouchons sont reportés dans la matrice de confusion présentée en **figure 7**. À cette même figure, est présentée la répartition VN, VP, FN et FP selon 5 classes issues des mesures OIR. À partir de la matrice de confusion, on calcule une *exactitude* de 80 %. On peut constater que pour les bouchons qualitatifs (< 0,55; < 1,1 et < 3,0 mg d'oxygène relargué sur 60 jours), les limites de la classification impactent le coût de production avec une valeur de *rappel* de 82 %. Dit autrement, sur 95 bouchons classés non fuyants, 18 de plus auraient pu être valorisés. En revanche, pour les bouchons fuyants de classes < 8,0 et > 8,0 mg, les limites de la classification impliquent des ventes de bouchons certifiés non fuyants alors qu'ils le sont (11 bouchons sur 95); cela se quantifie par la valeur de *précision* de 88 %. Il faudrait atteindre une valeur de *précision* proche de 100 % pour certifier une vente de bouchon non fuyant. Les bouchons FP et FN sont uniformément répartis sur les 5 classes.

Classification du lot 1 à partir d'images 2D

Il s'agit ici de mettre en place un algorithme de classification utilisant non pas les images 3D reconstruites, mais directement des images 2D de projections, afin de se placer dans une configuration applicable dans un cadre industriel. Différentes combinaisons d'images parmi celles présentées en **figure 1** sont considérées. Parmi les couples caractéristiques/comбинаisons de projections envisagés, celui donnant l'*exactitude* la plus élevée est la granulométrie des structures claires (la distribution statistique de leur taille [10]) calculée sur les images 0° et 90°. La valeur de l'*exactitude* est alors de 77 % (**figure 8**). La valeur de la *précision* est de 83 %. Dit autrement sur les 105 bouchons classifiés non fuyants, 18 seraient vendus alors qu'ils sont fuyants. Pour ce qui est de la valeur de *rappel* elle est de 85 % ce qui correspond au fait qu'en plus des 105 bouchons certifiés non fuyants, 15 bouchons classifiés fuyants auraient pu être valorisés mais seraient écartés ou requalifiés alors qu'ils étaient non fuyants. Pour valoriser ces bouchons, il faudrait une valeur de *rappel* proche de 100 %. On peut noter qu'avec seulement deux projections bien choisies vis-à-vis de la structure du liège,

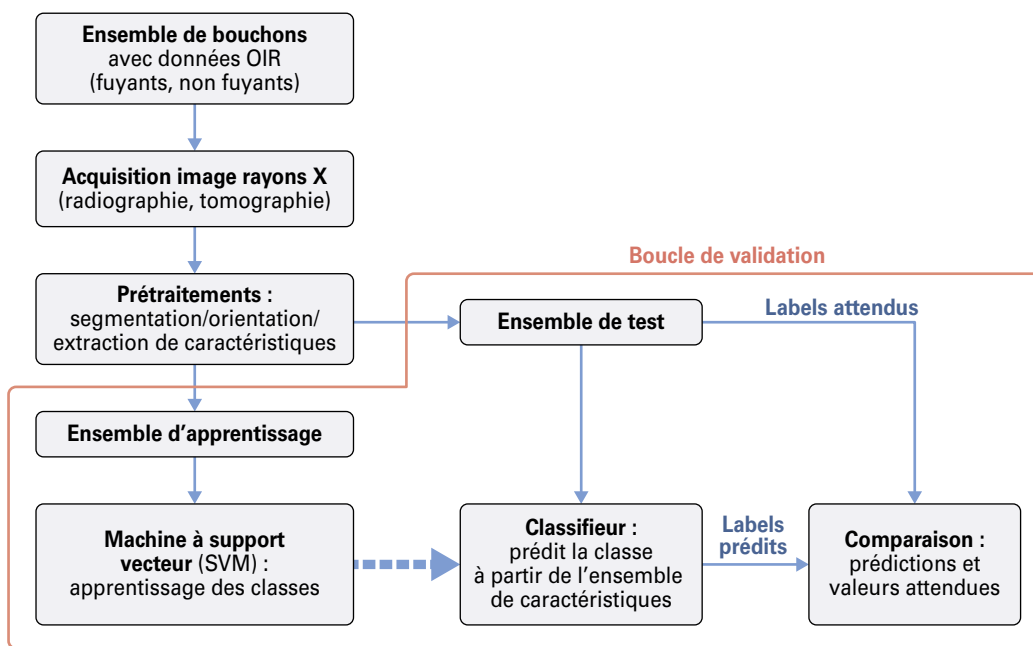
c'est-à-dire colinéaire aux lenticelles pour l'une et colinéaire aux anneaux de croissance du liège pour l'autre, on perd peu en *exactitude* et *précision* et on augmente même légèrement la valeur de *rappel*, en comparaison avec les résultats obtenus en utilisant les images 3D. Ceci est satisfaisant vis-à-vis de la classification par les images 3D beaucoup plus longue et lourde à mettre en œuvre que ce soit pour l'acquisition ou la classification.

Les paramètres expérimentaux, tels que la taille de la source de rayons X induisant du flou sur l'image ou bien le bruit d'acquisition, influencent la qualité de l'image et donc la qualité de la classification. Sans détailler ici, nos travaux ont montré que pour les images 2D, le bruit ou le flou ont peu d'influence sur la classification supervisée; il apparaît que l'opérateur de granulométrie est particulièrement robuste.

Classification du lot 2 à partir d'images 2D

Suite aux résultats sur le lot 1, la classification des 436 bouchons du lot 2 a été faite à partir d'images 2D (0° et 90°) via l'opérateur de granulométrie. La **figure 9** présente la matrice de confusion issue de la classification sachant que la base d'apprentissage est composée des images du lot 1. On peut par ailleurs réitérer la classification en utilisant comme base d'apprentissage le lot 1 et le lot 2 via une stratégie LOO. La matrice de confusion est aussi donnée dans ce cas-là en **figure 9**. Ainsi, les valeurs d'*exactitude* sont respectivement de 57 % et 69 %, les valeurs de *précision* respectives de 58 % et 66 % et les valeurs de *rappel* sont de 71 % et 86 %. On peut noter qu'avec une base d'apprentissage de bouchons issus seulement du lot 1, classer des bouchons issus d'autres filières ne donne pas de résultats satisfaisants. On observe en effet que les images des bouchons du lot 2 sont parfois très différentes de celles du lot 1, cela peut être dû à l'origine différente du liège ou

■ **Figure 6: Diagramme récapitulatif de la méthode de classification utilisée.**

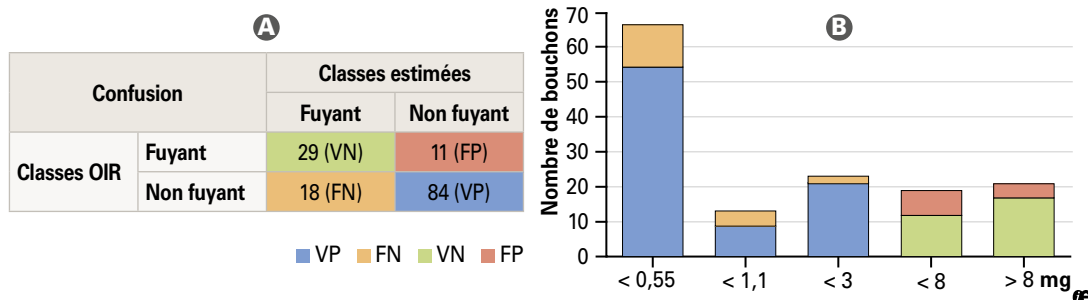


alors à des bouchons de qualité différente (le lot 1 ne contenant que des bouchons fleur, extra et sup.). En versant ces bouchons dans la base d'apprentissage (stratégie LOO), on améliore la classification. Il n'en reste pas moins que les valeurs de *précision* et *rappel* restent significatives. Sur 298 bouchons classés non fuyants, 101 sont en fait fuyants. Par ailleurs, 33 sont mal classés (estimés fuyants alors qu'ils sont non fuyants).

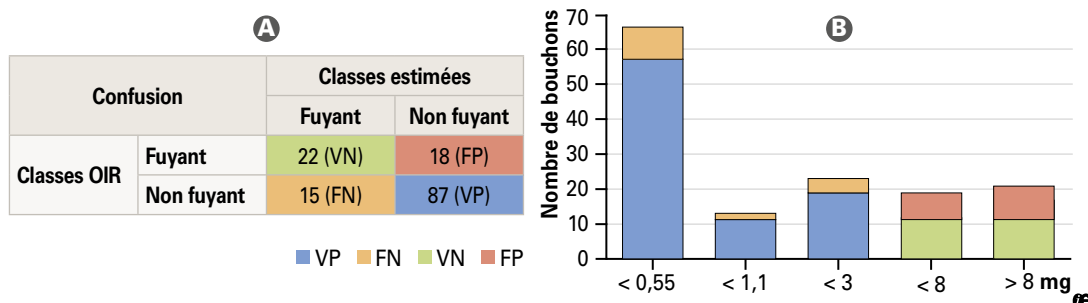
Conclusions et perspectives

Cette étude présente une méthode de classification supervisée de bouchons en liège tubés utilisant des images rayons X. Ce type de méthode a été utilisé car il est apparu que la structure interne des bouchons en liège tubé peut être très proche pour un bouchon très fuyant ou très isolant. Ainsi, on a pu constater que des bouchons dont les images rayons X montrent la présence d'importantes porosités, pouvant être le siège de poches d'oxygène, pouvaient être très étanches et que des bouchons dont les images rayons X montrent l'absence de défauts importants pouvaient être très fuyants. Il est donc difficile sur des images brutes pour l'homme de l'art de faire une discrimination sérieuse. Un large panel de critères a donc été testé et évalué sur les images 2D et 3D. Il en ressort que pour une application industrielle et notamment pour répondre à des exigences de cadence, l'utilisation de deux images 2D suivant un angle colinéaire et perpendiculaire aux lenticelles serait satisfaisante. La robustesse du classifieur aux conditions d'acquisitions tels que le flou induit par la source rayons X ou le bruit, qui peuvent être non négligeables sur ligne industrielle en comparaison de conditions de laboratoire, a de plus été montrée afin d'anticiper les problématiques liées à une industrialisation. Cependant, les valeurs de *précision* restent encore insuffisantes pour le déploiement de la méthode en étape industrielle. En effet, pour

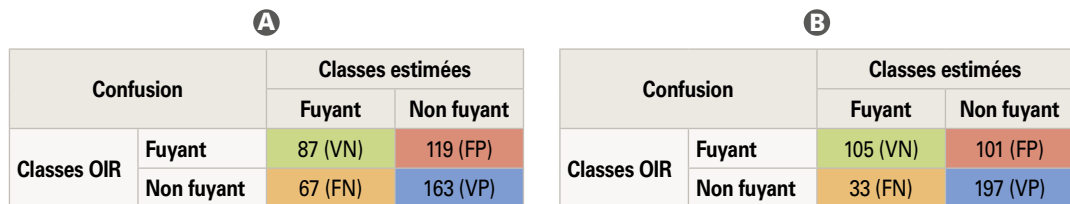
■ **Figure 7:** **A** Matrice de confusion issue de la classification sur images 3D. **B** Répartition des bouchons VP, FN dans les classes < 0,55; < 1,1 et < 3,0 mg d'oxygène relargué sur 60 jours et des bouchons VN et FP dans les classes < 8,0 et > 8,0 mg.



■ **Figure 8:** **A** Matrice de confusion issue de la classification sur images 2D à 0° et 90°. **B** Répartition des bouchons VP, FN dans les classes < 0,55; < 1,1 et < 3,0 mg d'oxygène relargué sur 60 jours et des bouchons VN et FP dans les classes < 8,0 et > 8,0 mg.



■ **Figure 9:** **A** Matrice de confusion issue de la classification sur images 2D à 0° et 90° du lot 2 avec base d'apprentissage lot 1. **B** Matrice de confusion issue de la classification sur images 2D à 0° et 90° du lot 2 avec base d'apprentissage lot 1 et 2 (stratégie LOO).



le cas des images 2D du lot 1 (cas d'acquisition pouvant être industrialisable) 17 % des bouchons seraient en fait fuyants (> 3 mg d'oxygène relargué en 60 jours). Les valeurs de *rappel* peuvent être acceptables face à la garantie d'un bouchon en liège tubé non fuyant, qui dans le cas des images 2D du lot 1 correspondrait à 14 % des bouchons qui seraient écartés ou requalifiés. L'identification non destructive des bouchons en liège traditionnels entre fuyards et étanches reste encore un défi à relever. Cependant, des axes

d'améliorations sont à l'étude, incluant bien entendu, l'extension de la base d'apprentissage avec de nouvelles mesures OIR. En effet, le liège est un matériau possédant une très grande variabilité, ce qui a pour conséquence la nécessité d'une base d'apprentissage de grande taille, pour assurer sa représentativité statistique. La difficulté est alors l'obtention des données OIR, qui sont coûteuses en temps. Sous réserve que, dans nos conditions expérimentales, l'analyse structurale du bouchon par imagerie rayons X permette de révéler tous les paramètres identifiants la perméabilité, les premiers résultats de classification présentés sont encourageants en dépit de la faible taille de la base. Ajouté à cela que la méthode ne nécessite que peu de vues (2 radiographies), et une robustesse aux bruits d'acquisitions acceptable, ces méthodes semblent prometteuses pour une adaptation à du contrôle en ligne. ■

NDLR: Les références bibliographiques indiquées dans cet article de [1] à [11] sont disponibles sur le site internet de la Revue des Œnologues: search.oeno.tm.fr



Article publié avec l'aimable autorisation de la Revue des Œnologues

N° 178 Janvier 2021 – pages 55 à 59 – "Imagerie par rayons X et classification supervisée basée sur le transfert d'oxygène de bouchons en liège tubés" – Adrien Stolidi, Julie Escoda, Veronique Chevalier, Christophe Loisel, Dimitri Tixador, Dominique Tourneix

La référence internationale de l'actualité scientifique et technique vitivinicole, depuis plus de 40 ans en France et dans 60 pays.

■ Plus de 6000 articles archivés par mots-clés search.oeno.tm.fr ■ Pour tout contact: infos@mail.oeno.tm.fr ■

« Si c'est Diam, je dis Oui ! »

winissimo © Photo - R. Sprang * Niveau de CO₂ mesurable à la limite de quantification 0,3 mg/l

Depuis plus de 10 ans, Diam révolutionne le monde du vin. Véritable solution œnologique, les bouchons Diam préservent la bonne évolution du vin en bouteille telle que souhaitée par son créateur, le vigneron. Année après année, Diam, gardien des arômes, offre des performances mécaniques et une neutralité sensorielle* inégalées qui, associées à des perméabilités maîtrisées, permettent l'expression des différents profils sensoriels des vins. En choisissant Diam, le vigneron a la satisfaction d'offrir le meilleur de son travail aux amateurs de vin. « Si c'est Diam, je dis Oui ! »

www.diam-cork.com

Nathalie Blanc-Marest, Vigneronne, Mas Carlot - Bruno Le Breton, Vigneron, Domaine de la Jasse et Montlobre.

DIAM

Le gardien des arômes

revue des œnologues

Sciences et techniques de la vigne et du vin
et des techniques vitivinicoles
et œnologiques



Le trimestriel de
tous les acteurs
de la filière
vitivinicole

L'actualité scientifique & technique

- Depuis plus de 40 ans, dans 60 pays
- Revue internationale en langue française
- Viticulture | Œnologie | Conditionnement

Le trimestriel des acteurs de la filière

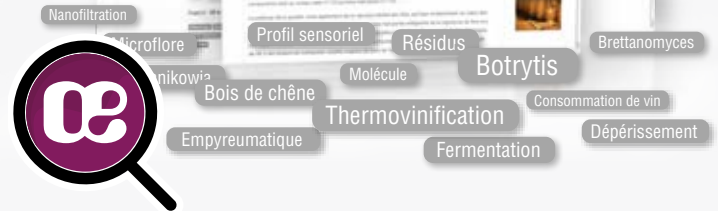
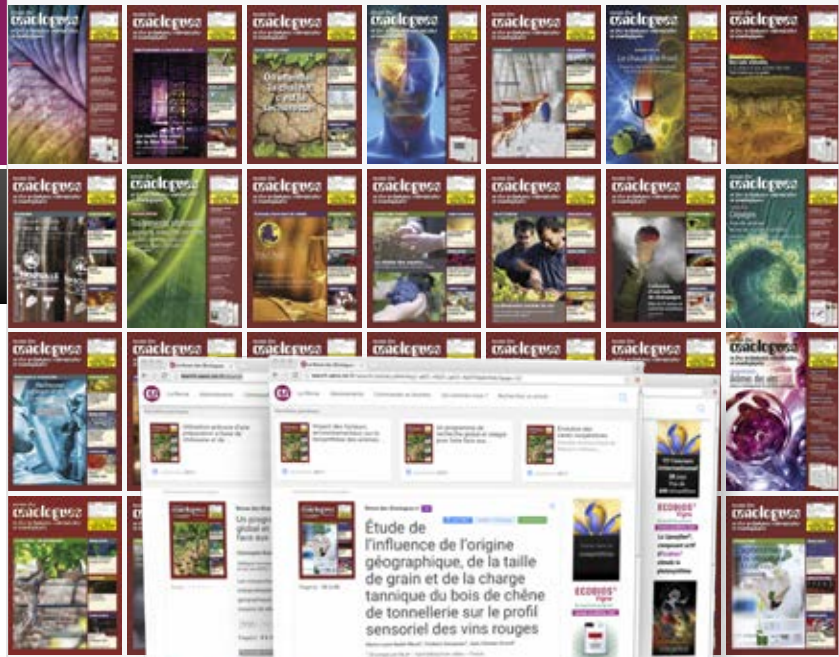
« Les lecteurs de la Revue des Œnologues sont à la recherche d'informations fiables et de conseils techniques précis pour réaliser des investissements concrets et mettre en place des solutions opérationnelles en viticulture et œnologie.

Aujourd'hui, plus que jamais, il est indispensable d'être bien informé et ce, par des professionnels conscients des réalités et des enjeux techniques de la filière ».

Henri-Laurent Arnould
Ingénieur agronome œnologue
Directeur de la Revue des Œnologues



search.oeno.tm.fr



À la source de l'information

- Accès libre à un large corpus d'informations scientifiques & techniques
- Informations évaluées et sélectionnées, depuis plus de 40 ans, par la Revue des Œnologues

Plus vite à l'essentiel...

- Accès rapide par mots-clés
- Résumés, bibliographies, listes d'articles
- Plus de 6 000 articles et 5 000 contributeurs



search.oeno.tm.fr
Search engine | Viticulture
Œnologie | Revue des Œnologues