

# Contrôle de la conformité des bouchons : objectifs et paramètres à l'usage des professionnels.

CHATONNET P., LABADIE Dominique

Laboratoire Excell, Parc Innolin, 10, rue du golf 33700 Mérignac.  
pchatonnet@libertysurf.fr

**Le bouchage représente l'ultime intervention du vinificateur sur le vin. Au delà, l'évolution de la qualité du produit embouteillé ne dépendra plus que des conditions de stockage et des performances de l'obturateur employé. On comprend donc l'importance du choix de ce dernier et des conditions de mise en œuvre. Bien souvent, les critères de choix et les méthodes de contrôle des performances des bouchons reposent sur des principes subjectifs voire même erronés. Le choix d'un bouchon est ainsi souvent vécu comme un jet de dés où le signe de croix revêt autant d'importance que le raisonnement logique. Pourtant, l'expérience acquise au cours de nombreuses années de contrôle de la qualité en utilisant des techniques éprouvées permet d'affirmer aujourd'hui que, sous réserve de conditions de bouchage satisfaisantes, il est possible de garantir les performances des bouchons en mesurant certaines de leurs caractéristiques physiques et mécaniques. L'inertie organoleptique demeure toujours plus difficile à apprécier, mais des progrès très significatifs ont été accomplis afin d'alléger le risque et la charge de contrôle. Dans ce travail, nous traiterons des paramètres et des techniques de contrôle de la qualité des bouchons applicables à la sélection des obturateurs au moment de leur achat (contrôle achat) et avant leur utilisation (contrôle livraison) en vue de prédire leur comportement mécanique sur les chaînes industrielles et dans le goulot des bouteilles, ainsi que leur influence sur la composition et la qualité du vin. Nous ne traiterons que du cas des obturateurs cylindriques, dits bouchons chevilles, et particulièrement des contrôles applicables au cas des bouchons en liège et dérivés.**

## 1 Critères de choix d'un bouchon

Les critères de sélection sont nombreux et ne reposent pas dans la plupart des cas sur des données objectives. Les bouchons sont très souvent choisis en fonction de leur aspect visuel et de leur prix et plus rarement en fonction de leurs performances et de leur destination exacte. Le liège est un matériau naturel que l'on peut cependant caractériser avec précision. Le choix d'un bouchon peut se résumer en trois objectifs principaux :

- L'étanchéité absolue : le liquide contenu dans la bouteille ne doit pas s'échapper, l'oxygène ne doit pas pénétrer, tout au moins pas massivement.
- La neutralité : le bouchon ne doit en aucun cas modifier la composition originelle ni les caractéristiques visuelles et organoleptiques des vins. Tous les produits entrant dans la fabrication des bouchons (encre, traitement de surface...) doivent être conformes à la législation française, européenne et américaine, sur les matériaux destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires.
- La durée de vie : la durée présumée de garde d'un vin est un point primordial dans le choix du bouchon. Le contenu ne doit subir aucune dégradation jusqu'à la durée maximale de conservation.

La durée de vie dépendra :

- du type de vin ;
- de la durée maximale de conservation du produit considéré (elle peut varier de quelques mois à plusieurs dizaines d'années) ;
- des caractéristiques de la bouteille ;
- des conditions de mise en bouteille ;
- des conditions de stockage et de transport.

## 1.1- Influence du type de vin

Selon le type de vin, les critères de sélection devront être adaptés :

### 1.1.1- Cas des vins blancs ou rosés

Ces vins présentent souvent une certaine quantité de dioxyde de carbone (600 à 1200 mg/l voire plus) indispensable à la qualité organoleptique du produit. Il faudra donc utiliser des bouchons étanches au gaz à une certaine pression. Les vins mousseux nécessitent l'utilisation d'obturateurs résistants à la forte pression interne (2,5 à 5 bars).

Ce type de vins est en outre relativement sensible à l'oxydation. L'obturateur employé devra garantir une bonne stabilité des anti-oxydants naturels et exogènes (dioxyde de soufre, acide ascorbique) afin de prévenir toute évolution prématurée.

L'aspect visuel de ces produits doit être parfait car il est facile d'y détecter le moindre désordre. Par exemple, les particules de liège pouvant être cédées par les bouchons nuisent à la présentation de ces vins. Le choix des bouchons, libérant peu ou pas de poussières après compression dans les mors de la boucheuse, s'imposera donc. Il faut absolument éviter l'utilisation de bouchons ayant du liège dit "terreux", un colmatage défectueux (critères rédhibitoires) ou des bouts avec de larges lenticelles.

Enfin, le traitement de surface des bouchons doit être adapté à la température de service. Certains d'entre-eux peuvent entraîner un débouchage difficile, voire impossible, quand la température s'abaisse en dessous de 12°C.

### 1.1.2- Cas des vins rouges

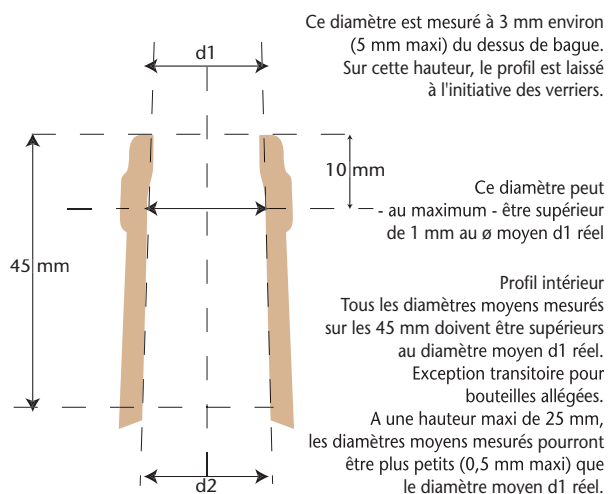
En raison de leur plus grande résistance aux chocs oxydatifs de part leur constitution (richesse en polyphénols), l'étanchéité au gaz des bouchons est un critère secondaire mais qui ne doit pas pour autant être négligé. Le choix des bouchons libérant peu de poussières est aussi important que pour les vins blancs et les vins rosés, mais on peut fixer un seuil de tolérance plus élevé en raison de la couleur propice à leur dissimulation.

## 1.2- Durée de conservation

### 1.2.1- Vins de garde (conservation supérieure à 2 ans)

L'emploi de bouchons en liège naturel est conseillé. Les obturateurs synthétiques en matière plastique ne présentent pas encore de stabilité à l'oxydation supérieure à celle d'un produit en liège naturel ou composite de bonne qualité. Les obturateurs en matière plastique ne peuvent donc pas être raisonnablement utilisés pour le bouchage des vins blancs au delà de six mois. Dans le cas des vins rouges, de part leur moindre sensibilité à la diffusion d'oxygène, il est plus facile d'utiliser des obturateurs synthétiques, mais il est difficilement envisageable de boucher des produits devant se bonifier lentement avec le temps.

Les bouchons doivent dans tous les cas avoir une parfaite étanchéité au liquide. Les qualités mécaniques, évaluées par le test de pression hydrostatique (cf. pages suivantes), doivent être suffisantes ainsi que le retour élastique du liège. Le pourcentage de défauts de structure (déformations, plissements, veines creuses...) doit être faible. Le traitement de surface doit être approprié (le produit utilisé doit rendre la surface du bouchon hydrophobe et demeurer stable dans le temps).



d1	$\varnothing 18,5 \pm 0,5$	avec ovalisation 0,5 mm maxi comprise entre $\varnothing$ maxi 19 mm et $\varnothing$ mini 18 mm
d2	$\varnothing 20 \pm 1$	avec ovalisation 1 mm maxi comprise entre $\varnothing$ maxi 21 mm et $\varnothing$ mini 19 mm
brochage	17,5 mm mini	à travers col. pour utilisation de canules de $\varnothing 16$ mm maxi

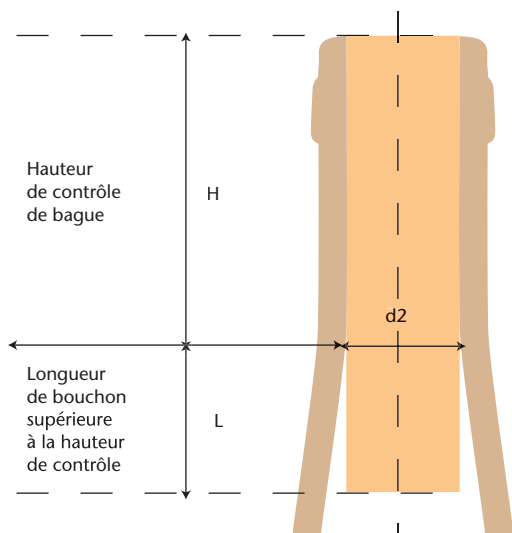


Figure 1- Caractéristiques de la bague CETIE – Influence sur la définition des caractéristiques dimensionnelles des bouchons adaptés au bouchage (source INE)

### 1.2.2- Vins à rotation rapide (conservation inférieure à 2 ans)

Dans ce cas, le choix du bouchon sera guidé en premier lieu par une bonne étanchéité plutôt que par la durée de vie de l'obturateur (maintien de ses propriétés originelles avec le temps). Pour ce type de produit, l'utilisation de bouchons autres que ceux en liège naturel (composites, agglomérés à base de liège et bouchons synthétiques en matière plastique) peut donc être envisagée.

### 1.3- Influence des caractéristiques de la bouteille

Le diamètre interne du col de la bouteille et les conditions de transport et de stockage prévisibles conduisent à la définition des caractéristiques dimensionnelles (longueur et diamètre) du bouchon à utiliser.

La bague la plus répandue sur le marché répond désormais aux caractéristiques CETIE décrite dans la figure 1. La cote de contrôle d2 a été calculée pour assurer l'étanchéité en fonction du retour élastique du liège (norme H35-100). En dessous de ce point, la forme du col est évasée. Un bouchon plus long n'appliquera pas dans cette partie de pression suffisante pour assurer l'étanchéité. Ceci est indépendant du niveau de remplissage.

La hauteur de remplissage de la bouteille pour respecter le

volume permet de définir la longueur du bouchon. Celle-ci devra surtout être déterminée en fonction des variations maximales de température que pourront subir les bouteilles durant leur remplissage (thermolisation), leur stockage et leur transport. La figure 2 décrit les limites d'étanchéité prévisibles, en fonction de la dilatation du liquide employé, selon la hauteur de remplissage (imposée par le volume et le type de verrerie) et la longueur du bouchon. La teneur en alcool et en sucres sont les principaux facteurs susceptibles d'influencer le coefficient de dilatation des vins. En accord avec les caractéristiques des bagues des bouteilles et les contraintes thermiques imposées par les conditions de transport, il est certain que les bouchons de grande longueur (au delà de 49 mm et en particulier les 54 mm) n'offrent pas, bien au contraire, la garantie d'un meilleur bouchage.

L'utilisation des bouchons de longueur moyenne à importante (> 45 mm) présentant un plus bel aspect vis-à-vis du consommateur, impose souvent l'utilisation de bouteilles à niveau de remplissage plus bas (63 mm) pour autoriser un volume de dégarni plus important et résister ainsi à une plus forte élévation de la température.

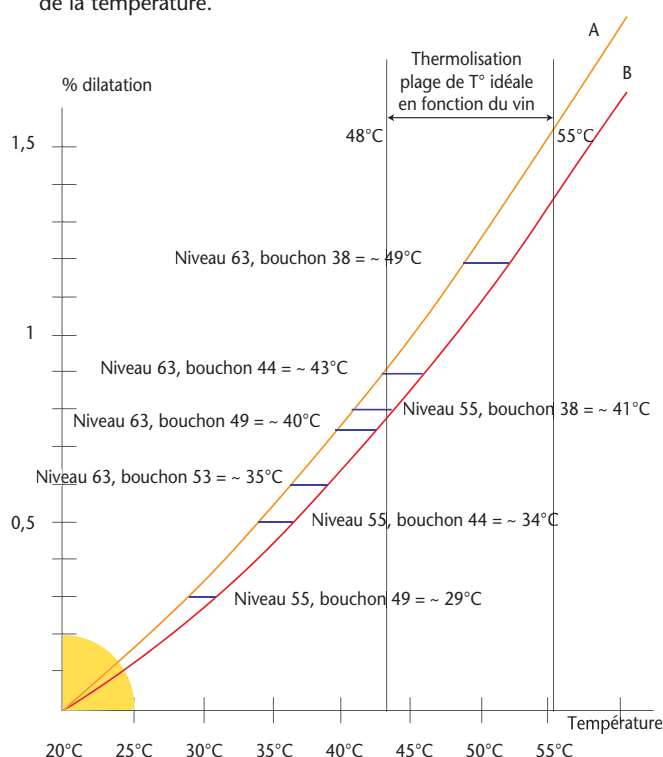


Figure 2- Influence de la variation de température sur la dilatation du liquide et la limite d'étanchéité du bouchon en fonction du niveau de remplissage et de la longueur du bouchon employé (source INE) Vin A = éthanol 16 % vol., vin B = 10 % vol.

### 1.4- Influence des conditions d'embouteillage

#### 1.4.1- Mise en bouteille avec surpression (bouchage à pression atmosphérique ou sous pression)

Dans cette configuration de bouchons, les bouchons doivent présenter un indice de pression d'étanchéité supérieur à 1,5 bar. Dans le cas contraire, des remontées capillaires de liquide le long des bouchons risquent d'apparaître très rapidement.

Le traitement de surface des bouchons doit être sélectionné spécifiquement. En effet, certaines résines élastomères ou émulsions d'huiles de silicone ou de téflon à faible coefficient de friction (forte glisse) peuvent provoquer un phénomène d'enfoncement ou de remontée aléatoire si la dose n'est pas adéquate : les bouchons s'enfoncent puis ressortent des goulots sous l'effet de la pression.

#### 1.4.2- Cadence d'embouteillage

Ce critère est très important. Il détermine les qualités d'élasticité des bouchons et de friction de leur état de surface après traitement.

Pour des cadences supérieures à 1200 bouteilles par heure avec une boucheuse mono-tête, indépendamment du diamètre, il faut impérativement choisir un liège ayant de bonnes propriétés "élastiques" (retour élastique >98 % 30 secondes après compression et faible anisotropie de réaction) ainsi qu'un traitement de surface possédant des coefficients de frottement verre-liège peu élevés (< 0,3) mais pas trop glissant (> 0,15).

#### 1.4.3- Cas particulier de la mise en bouteille à chaud

Dans ce cas particulier, il faut surtout choisir un traitement de surface parfaitement approprié. On recommande des élastomères de silicone parfaitement polymérisés ou plus difficilement de la paraffine adaptée (point de fusion > 58°C) pour éviter tout collage suite à sa fusion dans le goulot de la bouteille. Les bouchons de grande longueur (> 45 mm) sont en général assez inadaptés à ces conditions de remplissage spécifiques.

## 2 Choix du traitement de surface

Comme détaillé plus haut, le revêtement de surface du bouchon doit être choisi en fonction de plusieurs critères tels que les conditions de mise en bouteille (cadence, température d'embouteillage, mode de bouchage...), le type de vin à boucher, le stockage ou le transport des bouteilles, car il n'existe pas aujourd'hui de produit idéal.

Plusieurs produits sont disponibles : la paraffine, les résines élastomères de silicone, les huiles de paraffine ou de silicone, les émulsions de différents produits (mélanges de silicone, d'huile de silicone ou de paraffine, de polyéthylène, etc. dans l'eau, stabilisés par un agent tensio-actif). Ces produits ont des propriétés hydrophobes différentes, des caractéristiques de glisse variables, des comportements vis-à-vis de la température différents et des réponses au débouchage opposées. On doit donc choisir le traitement de surface des bouchons en fonction des diverses exigences et compatibilités afin qu'il puisse garantir de bons résultats.

### 2.1- Conditions de mise en bouteille

Pour des mises en bouteille créant d'importantes surpressions (supérieures à 1 bar), l'emploi de résines élastomères de silicone doit être pratiqué avec des doses adéquates. La combinaison avec de la paraffine permet d'ajuster la friction. Des bandes larges de paraffine permettent de maîtriser l'enfoncement et la tenue des bouchons soumis à de fortes surpressions (vins mousseux).

### 2.2- Type de vin

Le traitement de surface doit être adapté à la température de service du vin et aux chocs thermiques que peuvent éventuellement subir les vins pendant leur transport. Le traitement à la paraffine est le plus sensible aux variations de température. Les forces d'extraction à 10°C de bouchons traités à la paraffine peuvent être augmentées de 50 % par rapport à celles obtenues avec un débouchage à 20°C. Le traitement avec une résine élastomère de silicone est toujours le moins sensible aux variations de température.

Dans le cas de l'utilisation de bouchons synthétiques en matière plastique, on observe des réactions différentes selon les polymères et les techniques de fabrication utilisées mais la diminution de la température entraîne généralement une augmentation de 25 à 35 % des forces d'extraction.

## 3 Principaux critères d'un cahier des charges

Ce type de document peut posséder différentes formes. Il a toujours pour objectif de contractualiser les relations entre le client et ses fournisseurs en établissant les spécifications d'ordre technique auxquelles devront répondre les bouchons, ainsi que les modalités de commande, de livraison et de contrôle

correspondant. Appliqué aux produits faisant l'objet d'une procédure de commande avalisée, il permet de déterminer soit le Niveau de Qualité Acceptable (NQA), soit une tolérance, afin de donner un critère d'acceptation ou rejet du lot sur la base d'une méthodologie d'échantillonnage et de contrôles analytiques conjointement définis. De fait, il doit se référer aux documents normatifs disponibles et sert de document de référence pour régler les éventuels litiges entre clients et fournisseurs.

Le cahier des charges doit tout d'abord définir les caractéristiques du produit à conditionner les conditions de travail, les caractéristiques du bouchon commandé et les critères d'acceptation ou de refus des lots point par point ainsi que les contrôles mis en œuvre. Le document devra définir le champ d'application du cahier des charges et préciser sa validité dans le temps. Son contenu et son importance peuvent varier fortement selon le niveau d'exigence formulé vis-à-vis du fournisseur, mais on devrait retrouver une trame centrale commune articulée autour des éléments suivants :

### 3.1- Caractéristiques du vin, conditions d'embouteillage et de stockage du produit fini.

- nature du produit à boucher,
- caractéristiques complètes de la bouteille à obturer,
- caractéristiques de remplissage,
- conditions de stockage (température) et mode d'expédition du produit,
- durée de conservation envisagée du produit fini.

### 3.2- Conditions de contrôle

- nombre de bouchons prélevés, nombre d'emballages contrôlés,
- précision du niveau de contrôle correspondant généralement à la norme NFX 06-022 tirée des tables statistiques des "US Military Standards"

Exemple :

Taille du lot : 35001-50000 bouchons

Prélèvement dans au moins 5 % des emballages

Echantillon statistiquement représentatif selon NFX 06-022 :

- niveau I = 125 (contrôle normal)
- niveau II = 315
- niveau III = 500 (contrôle renforcé)

### 3.3- Caractéristiques du bouchon, modalités de transport et stockage.

- type de bouchon choisi
- caractéristiques physiques et mécaniques,
- définition de l'étampage (marquage),
- traitement de surface et coloration,
- caractéristiques de l'inertie chimique (oxydants, solvants, migrants...) et organoleptique (conditions d'évaluation, dosage de contaminants spécifiques...),
- identification,
- modalités de commande, de transport et de livraison,
- conditions d'expédition, de stockage et délai d'utilisation des bouchons après réception.

La qualité demandée au fournisseur doit être définie aussi précisément que possible. De même, toutes les conditions en cas de refus d'un lot, les frais engendrés par un nouveau tirage ou tout autre opération permettant d'améliorer la qualité des bouchons devront être précisés à l'avance dans ce document.

### 3.4- Modalités d'acceptation ou de rejet des bouchons livrés

- modalités de prise d'échantillon,
- niveaux et moyens de contrôle/acceptation ou rejet du lot,
- spécifications techniques particulières.
- Chaque paramètre contrôlé sera assorti d'un niveau de qualité acceptable (NQA) qui précise, pour un nombre de bouchons contrôlés, le nombre de bouchons permettant l'acceptation et le rejet du lot par rapport au résultat du contrôle. Selon l'aspect

critique du paramètre contrôlé, le nombre de bouchons contrôlés sera plus ou moins important et le NQA plus ou moins faible. Exemple :

- paramètre critique : diamètre minimum
    - nombre de bouchons contrôlés n = 50
    - NQA = 2,5 (niveau II)
  - paramètre secondaire : longueur
    - nombre de bouchons contrôlés n = 50
    - NQA = 10
- Certains défauts jugés particulièrement critiques peuvent faire l'objet de rejet dès qu'il est possible de détecter leur présence (résidus d'oxydants, défauts organoleptiques, colorant illégal...)

## 4 Contrôles des bouchons à l'achat

Le contrôle avant l'achat des bouchons utilise une combinaison de tests permettant d'éliminer les bouchons qui ne sont pas adaptés à l'usage envisagé parmi différents lots de bouchons proposés à l'achat, et de sélectionner ceux qui présentent le meilleur rapport qualité/prix.

### 4.1- Choix visuel des bouchons en liège naturel

Les bouchons en liège naturel sont classés visuellement en catégories : extra ou 0, 1°, 2°, 3°, 4°, 5° et 6°. Ce classement repose sur l'abondance et la taille des lenticelles et il est réalisé par l'observation de bouchons livrés par rapport à ceux représentés sur une planche photographique éditée par la Fédération Nationale des Syndicats du Liège (FNSL) (figure 3).

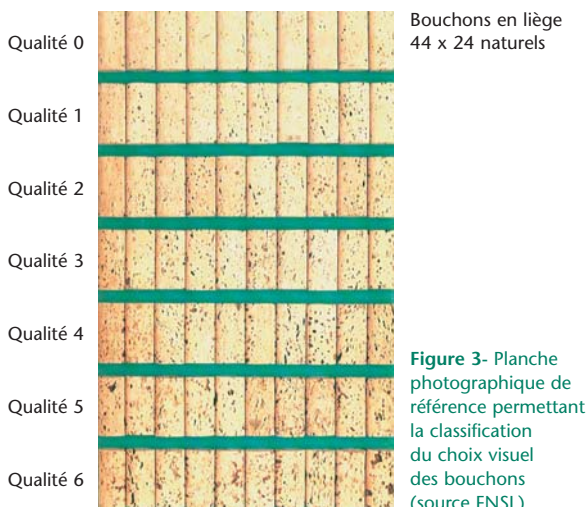


Figure 3- Planche photographique de référence permettant la classification du choix visuel des bouchons (source FNSL)

Le choix visuel influence peu ou pas les propriétés mécaniques du liège naturel jusqu'au 3<sup>ème</sup> choix mais il conditionne toujours le prix du bouchon. Il n'existe pas non plus de relation entre les propriétés mécaniques du bouchon et la masse volumique du liège, critère parfois employé pour les contrôles. Le nombre d'accroissements annuels (cernes) visibles sur le bouchon n'indique rien sur l'âge du liège au moment de son démasclage. Il n'existe pas de nombre minimum d'accroissements pour garantir un bon bouchage. Par contre, il est certain qu'un grand nombre d'accroissements (>20) peut influencer l'élasticité et la force de relaxation après compression. Les lièges avec un nombre plus faible de cernes sont souvent plus élastiques mais n'exercent pas forcément moins de force de réaction après relaxation. Les lièges présentant par contre une hétérogénéité dans leur croissance, c'est-à-dire avec un mélange d'accroissements fins et larges visibles de manière opposée sur le miroir d'un même bouchon, posséderont une anisotropie de réaction (écart de réaction entre les directions longitudinales et radiales par rapport aux accroissements annuels) plus important (force de relaxation hétérogène, sensibilité exacerbée à l'ovalisation, risque de fuite localisée,...).

### 4.2- Défauts de matière première des bouchons en liège naturel

L'examen visuel permet de déceler les défauts liés à la matière première ou à la fabrication qui seraient susceptibles d'affecter l'étanchéité du bouchage. Ils portent atteinte à l'homogénéité du tissu subéreux et à ses caractéristiques physiques et mécaniques et peuvent selon leur catégorie provoquer un défaut d'étanchéité du bouchage. Parmi les défauts du liège les plus fréquents et décelables visuellement, on peut citer : les crevasses, la croûte, la mie, le liège vert, le liège soufflé, les galeries d'insectes (bupreste : *Coroebus undatus* ou fourmi : *Crematogaster scutellaris*), les veines sèches (défaut de croissance du liège une année particulière) (figure 4), l'ovalisation excessive...

Selon leur fréquence, leur importance (taille et profondeur) et leur position sur le bouchon, il est possible d'évaluer leurs conséquences sur l'étanchéité du bouchage. D'autres défauts ou imperfections ne sont détectables qu'à la suite de tests physiques spécifiques (résistance à la pression hydrostatique). Les conséquences sur le bouchage, des défauts mis ainsi en évidence, sont nettement plus importantes que celles des défauts précédents pourtant très apparents. En effet, ils correspondent parfaitement aux déformations irréversibles apparaissant avec le vieillissement du bouchon et qui affecteront ses performances à moyen et long terme (figure 5). Le dépistage de ces défauts particuliers, directement liés à la texture et à la composition du tissu subéreux, est donc capital lorsqu'il s'agit de boucher des vins de garde (> 5 ans) ou de très longue garde (> 10 ans) !

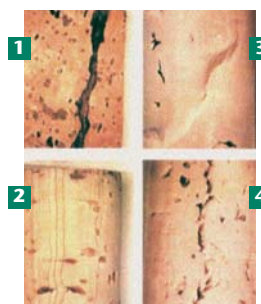


Figure 4- Exemple de quelques défauts du liège naturel. 1 : galerie d'insecte, 2 : veines sèches, 3 : liège vert, 4 : crevasses



Figure 5- Mise en évidence de défauts de structure du liège apparaissant à terme après mise en œuvre du test de résistance à la bombe hydrostatique (16 h, 8 bars, 20°C)

### 4.3- Défauts générés lors de la fabrication des bouchons

Les bouchons naturels sont fabriqués à l'emporte-pièce dans une planche de liège à l'aide d'un tube calibré au diamètre du bouchon. Le tubage trop rapproché, surtout lorsqu'il est automatique, peut créer une "gouttière" sur les bouchons. Cette empreinte (canal sur toute la longueur du bouchon) constitue une zone de passage préférentielle du vin.

### 4.4- Contrôle dimensionnel

Bien évidemment, le contrôle des diamètres des bouchons est beaucoup plus important que leur longueur. Un diamètre de

tubage trop faible (< 23,6 mm pour un bouchage sur bague plate CETIE) et une importante ovalisation (> 0,5 mm) ne pourront pas assurer une bonne étanchéité de bouchage.

Ce contrôle est réalisé à l'aide d'un pied à coulisse ou de tout autre système de mesure adapté (comparateur). Il permet de vérifier que la longueur et surtout le diamètre des bouchons utilisés sur une bague CETIE classique correspondent aux spécifications normalisées, c'est-à-dire +/- 0,5 mm pour la longueur et +/- 0,4 mm pour un diamètre de 24 mm.

Des diamètres minimums trop faibles (< 23,5 mm pour des bouchons commercialisés à un diamètre donné de 24 mm en liège naturel) ou une ovalisation excessive (diamètre maximum - diamètre minimum > 0,5 mm) peuvent entraîner une étanchéité insuffisante du bouchage.

Le contrôle dimensionnel doit être effectué sur des bouchons conditionnés 24 heures à une température de 20°C et à une humidité relative de 65 % pour respecter la norme ISO mais malheureusement très peu de laboratoires respectent ces conditions d'analyse.

#### 4.5- Tests organoleptiques

L'analyse sensorielle des lièges peut être réalisée selon différentes méthodologies : trempage des bouchons dans l'eau et/ou le produit à boucher ou encore brûlage du liège. Ces tests permettent de mettre en évidence différents "mauvais goûts ou odeurs" (liégeux, terreux, moisi, etc...). Les dégustateurs doivent être sensibilisés à la détection des défauts olfactifs ou gustatifs pour réaliser correctement cet essai. La présence d'un défaut olfactif ou gustatif représente un défaut réhibitoire, tout le lot doit être alors rejeté. La mise en œuvre de ces contrôles impose le respect d'un plan d'échantillonnage rigoureux et représente une charge de travail considérable. Les tests utilisant des macérations globales sont plus faciles à mettre en œuvre et permettent une sélection rapide mais souvent trop sévère.

#### 4.6- Contrôle de la contamination des bouchons par le 2,4,6-trichloroanisole

Il est possible de réaliser, en complément des tests organoleptiques, un dosage de la contamination du lot de bouchons par les contaminants organo-chlorés et notamment par le 2,4,6-trichloroanisole (TCA), composé responsable de la majorité des redoutables "goûts de liège moisi".

L'interprétation des résultats doit être effectuée par rapport au taux de migration du 2,4,6-trichloroanisole dans le vin et du seuil d'altération de ce contaminant. Très peu de laboratoires disposent de ces connaissances et la majeure partie se borne à donner des résultats sans pouvoir les interpréter exactement. Le dosage du TCA doit permettre de garantir l'absence d'une fréquence excessive de pollution gênante par rapport à une détection du polluant dans les bouchons soumis au contrôle. La fréquence d'altération admissible dépend du type de vin considéré et de son temps de stockage prévisible : certains pourront admettre 3 % de bouteilles contaminées quand d'autres supporteront difficilement 0,5 % ou moins...

Différentes techniques peuvent être employées pour mesurer la teneur en TCA des bouchons mais la qualité du résultat dépendra toujours essentiellement de la qualité et de la représentativité de l'échantillonnage effectué ! Dans des lots de qualité jugée satisfaisante, c'est-à-dire ne conduisant pas à une fréquence d'altération excessive, il existe toujours la possibilité de trouver des bouchons contaminés à un niveau élevé. La différence entre un lot à risque et un lot à faible risque ne réside donc que dans la fréquence des niveaux de contamination élevés. En raison des écarts de contamination existants au sein d'un même lot, il n'existe pas souvent de relation entre le niveau de contamination moyen et le risque réel de pollution excessive des bouteilles (figure 6).

Le dosage du TCA total présent dans les obturateurs n'est pas corrélé de manière satisfaisante avec l'apparition d'un défaut dans le vin car seule la fraction migrante pose un problème. On peut néanmoins utiliser ce type de dosage si l'on connaît les caractéristiques de migration du TCA vers le vin. Nous disposons d'un grand nombre d'observations pratiques pour estimer les fourchettes de migration dans le cas du liège naturel. En revanche, ces données sont encore insuffisantes lorsqu'il s'agit des bouchons synthétiques à base de liège de nouvelle génération et des bouchons composites mêlant corps à base agglomérée et rondelles de liège naturel.

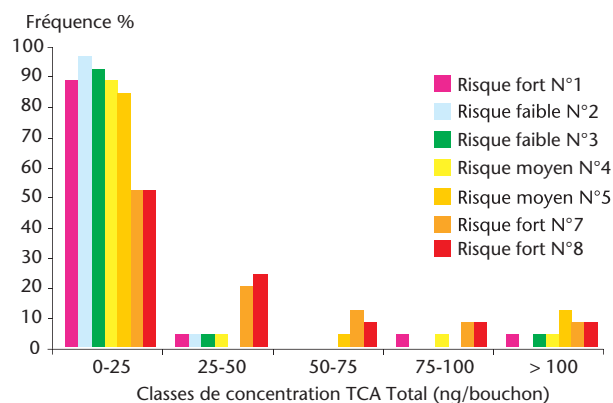


Figure 6- Exemples de variation de la teneur en 2,4,6-TCA total individuelle de bouchons de lots qualifiés au préalable par test organoleptique individuel selon le risque d'apparition de défauts organoleptiques

Les matières agglomérées sont souvent riches en contaminant mais la migration effective peut être considérablement réduite par rapport à celle du liège naturel en raison de l'usage d'agents agglomérants synthétiques. L'écart de migration effective dépend du type de fabrication mais les variations observées ne sont pas toujours reproductibles pour une même fabrication (figure 7).

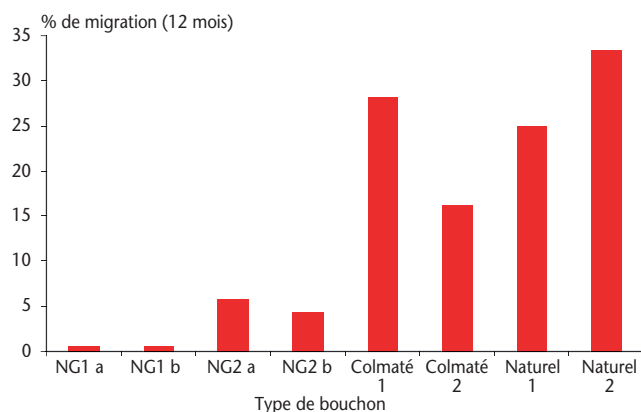


Figure 7- Exemples de variation de la migration du 2,4,6-TCA d'obturateurs en liège ou à base de liège selon les fabrications

Pour cette raison, le dosage du TCA facilement extractible, c'est-à-dire diffusant dans une macération de bouchons dans une solution modèle ou dans du vin, est plus facilement mis en relation avec la migration susceptible d'apparaître dans une bouteille bouchée. Cependant, cette méthodologie utilise une macération globale des bouchons d'un échantillon, soumise aux lois de l'équilibre de la migration entre bouchons et liquide. Ainsi, pour des lièges naturels, sous respect de la représentativité de l'échantillon soumis à l'essai, il est possible de qualifier les lots à risque nul ou faible quand il n'est possible que de détecter des traces de TCA (< 3 ng/l). Lorsque les dosages révèlent une quantité importante de TCA (> 6 ng/l), il existe potentiellement un risque de contamination mais il est toujours impossible d'estimer sa fréquence ; on peut alors refuser des livraisons contenant seulement quelques bouchons fortement contaminés mais qui

à l'échelle du lot resteraient parfaitement utilisables. Enfin, dans le cas des concentrations intermédiaires, il est impossible de conclure avec certitude sur le risque à l'utilisation. De plus, l'utilisation de cette même méthodologie pour les produits agglomérés et composites est délicate en raison de l'influence des formules de fabrication sur la migration du TCA et son éventuelle re-fixation au cours de la macération globale par les polymères employés.

La compétence des analystes est donc très loin de suffire en matière de contrôle du TCA ! Tous les laboratoires de contrôle sont souvent loin de disposer de l'expertise nécessaire à la réalisation d'essais parfaits et surtout des connaissances permettant d'interpréter les résultats et de conseiller les demandeurs.

#### 4.7- Test de tenue du colmatage des bouchons en liège colmaté

La tenue du colmatage est appréciée par examen visuel, après compression et immersion des bouchons dans l'eau bouillante. Une vérification de la tenue du mélange colle-poudre de liège et de son adhérence au bouchon permet d'éviter tout problème ultérieur de détachement de particules de colmatage dans les bouteilles.

#### 4.8- Test de tenue à la pression hydrostatique



Figure 8- Classification des bouchons après le test de résistance à la pression hydrostatique

Ce test est important, car il permet de mettre en évidence des défauts parfaitement invisibles (figures 5 et 8). Les bouchons sont immergés sous l'eau et maintenus sous une pression de 8 bars pendant 16 heures. À la sortie de la bombe hydrostatique, les bouchons sont examinés visuellement et classés en trois catégories. La classe I correspondant aux bouchons de la meilleure qualité n'ayant subi aucune déformation rémanente. La classe II correspondant aux bouchons présentant des déformations superficielles qui risquent d'affecter la qualité de l'étanchéité au cours du vieillissement. La classe III correspond aux bouchons possédant des déformations importantes qui affecteront l'étanchéité du bouchage.

#### 4.9- Mesure du retour dimensionnel

La mesure des diamètres avant et après passage à la pression hydrostatique (après séchage de 48 heures) permet d'apprécier la qualité du retour élastique du liège. Le niveau de reprise dimensionnelle doit être supérieur à 98 % pour être jugé satisfaisant.

On peut également mesurer le "retour élastique instantané" des bouchons après compression dans les mors d'une boucheuse travaillant à cadence industrielle (diamètre de compression à définir entre 15 et 16 mm, vitesse de compression non inférieure à 1000 mm/s, mesure après 30 s ou 180 s). Les bouchons possédant un retour élastique, après trois minutes, inférieur à 90 % ne devraient pas être utilisés.

## 5 Contrôle des bouchons à la livraison

À ce stade, différents tests sont susceptibles d'être appliqués. Ils permettent de contrôler que les bouchons livrés correspondent bien à ceux initialement commandés et que les opérations de finition (traitement de surface et marquage) ont bien été réalisées. Les cahiers des charges propres à chaque entreprise peuvent exiger des spécifications particulières et doivent préciser les limites d'acceptation et de rejet.

### 5.1- Contrôle visuel

La comparaison visuelle permet de déterminer facilement si les bouchons livrés correspondent à la qualité demandée. Des écarts supérieurs à quelques pour cent de chaque classe de choix témoignent d'un mélange de lots ou de la livraison d'un autre lot que celui au préalable contrôlé au moment de l'achat !

### 5.2- Force d'extraction (ISO 9727 et UNE 56921)

Pour assurer un débouchage manuel aisé, la force d'extraction doit être inférieure à 35 daN. En dessous de 15 daN, un risque d'enfoncement du bouchon, qui tourne dans le goulot, peut exister. Au delà de 45 daN, le débouchage manuel devient très difficile. Il n'existe aucune relation entre la force d'extraction du bouchon et l'étanchéité du bouchage.

### 5.3- Comportement à l'étanchéité au liquide (NP 2803)

La mesure de la pression d'étanchéité au liquide permet de mesurer la résistance du bouchage à une remontée capillaire de liquide. On opère avec des tubes calibrés entre 0 et 2 bars qui correspondent au diamètre interne du goulot de la bouteille qui sera utilisée en faisant varier la pression pas à pas lentement (norme NP0823). La qualité est jugée satisfaisante si la totalité des bouchons possède une pression d'étanchéité au moins égale à 1,5 bars. Les lots présentant des pressions limites, inférieures à 1,5 bars, entraîneront un pourcentage élevé de bouteilles "couleuses". Sous respect de bonnes conditions d'embouteillage et de stockage, l'étanchéité du bouchage au liquide est conditionnée à la fois par les performances du liège et par la qualité du revêtement de surface.

### 5.4- Pression d'étanchéité au gaz

Pour garantir une parfaite stabilité des produits au cours de leur conservation en bouteilles, le bouchage doit non seulement être étanche au liquide mais posséder également une bonne étanchéité au gaz. Un bon bouchage se caractérise par une pression limite d'étanchéité au gaz (sur tube calibré) au moins égale à 1,5 bars. En dessous de 1 bar, la perte de gaz et le risque d'oxydation brutale est important sur les vins blancs et rosés.

Cette mesure est effectuée selon le principe du "point de bulle" (limite de résistance à la pression) ; elle ne permet pas cependant d'apprécier la diffusion lente qui existe toujours à travers le corps du bouchon et surtout de l'interface verre-obturateur. Une pression d'étanchéité au gaz satisfaisante ne permet donc pas de garantir pour autant une bonne tenue vis-à-vis de l'oxydation ! Beaucoup d'obturateurs synthétiques en matière plastique possèdent d'excellentes pressions d'étanchéité et se révèlent pour autant de piètres barrières à l'oxygène au cours du temps...

### 5.5- Mesure de l'absorption de liquide (ISO 9727)

Ce test normalisé (ISO 9727) mesure la prise de poids des bouchons par absorption de liquide après conservation de la bouteille couchée pendant 8 jours à 23°C±2. L'absorption maximum tolérée dépend de la durée de stockage prévue pour le vin considéré.

Toute imprégnation supérieure à 300 mg/bouchon traduit un défaut lié au revêtement de surface et/ou au liège, mais des exigences plus faibles peuvent être demandées pour des vins de garde.

### 5.6- Régularité de l'enfoncement

Ce test est réalisé en respectant des cadences de bouchage industriel (1 500 bouteilles, par heure et par tête) et en utilisant des bouteilles à col normalisé (bague CETIE ou autres). La boucheuse manuelle est inadaptée. Le bouchon doit être à ras du goulot pour assurer une bonne étanchéité. Toute irrégularité de l'enfoncement traduit un défaut du revêtement de surface

(coefficient de friction insuffisant ou excessif) susceptible de causer de graves difficultés sur la chaîne d'embouteillage.

### 5.7- Poussières extractibles

La masse de poussières libérées par les lièges est déterminée après compression dans les mors d'une boucheuse par agitation des bouchons dans un mélange hydro-alcoolique de titre alcoométrique proche de celui du vin. Les poussières sont ensuite recueillies sur une membrane tarée, puis pesées après séchage (charte Codiliège). Cet essai est particulièrement recommandé pour les bouchons destinés au bouchage de vins blancs, rosés ou spiritueux afin d'éviter les problèmes de "voltigeurs". Il est délicat de se fixer une tolérance exprimée uniquement en masse de poussières. En effet, il faut tenir compte aussi de la taille des particules. La numération des particules par classe de taille est envisageable.

### 5.8- Mesure du retour dimensionnel après compression mécanique

La mesure des diamètres avant et après compression dans les mors d'une boucheuse travaillant à cadence industrielle (1 500 bouteilles par heure, diamètre de compression 15,5 mm) permet d'apprécier la qualité du retour élastique du bouchon après compression. Le niveau de reprise dimensionnelle doit être strictement supérieur à 90 % après 3 minutes pour être jugé satisfaisant.

La compression doit être obligatoirement réalisée en respectant des conditions industrielles. En effet, les essais effectués avec une boucheuse manuelle sont irréguliers et non représentatifs des conditions de la pratique (vitesse de compression trop faible). Ce test permet d'évaluer la capacité du liège à reprendre ses dimensions en fonction du temps, afin d'en déduire notamment le temps de station verticale nécessaire aux bouteilles après bouchage (en particulier dans le cas de liège à "veinage" serré et à élasticité plus faible).

### 5.9- Contrôle de résidus d'oxydants

Ce test permet de contrôler l'absence de produits de lavage à caractère oxydant provenant du lavage des bouchons (hypochlorites, peroxydes). Afin de garantir un bon processus de fabrication, ces résidus ne doivent jamais être détectables (< 0,001 méq/bouchon). Les kits de détection visuels conduisent souvent à des sur-évaluations.

### 5.10- Humidité des bouchons (UNE 56921)

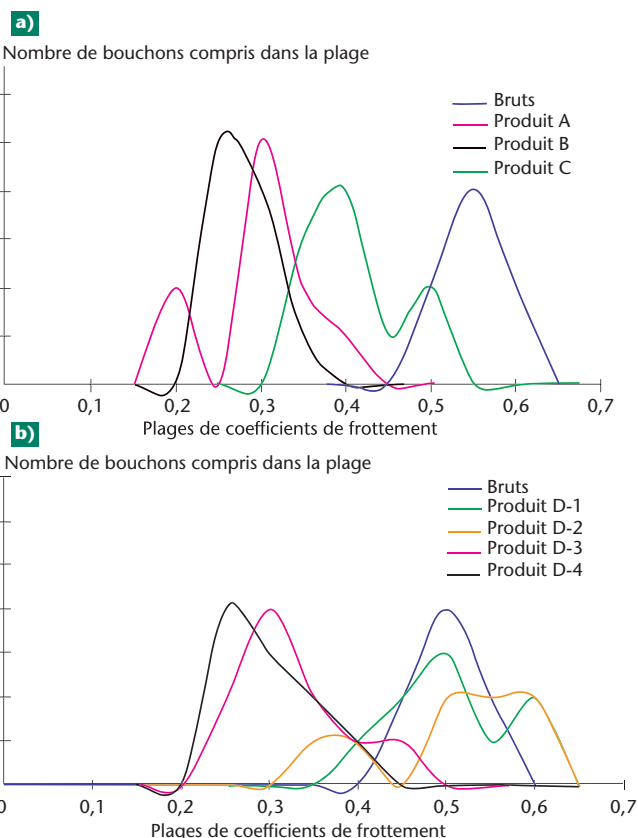
L'humidité du liège est importante à plusieurs titres. Elle influence en partie les qualités mécaniques du liège et elle conditionne considérablement le développement de la flore microbienne des bouchons. Si le taux d'hydratation est trop élevé, il y a un risque de développement de moisissures, le lot de bouchons ne devra pas être utilisé (risque de mauvais goût). Un taux d'hydratation trop élevé (> 8 %) sera donc un défaut rédhibitoire. Mais en dessous de 4 %, les propriétés mécaniques du bouchon, et en particulier leur élasticité, peuvent être amoindries.

Le taux d'humidité est déterminé par séchage à l'étuve jusqu'à poids constant. Il existe sur le marché certains appareils équipés d'électrodes (mesure de la capacité) permettant une détermination rapide de l'humidité. A l'origine, conçus pour des matériaux d'un autre type et notamment pour le bois, ils doivent absolument être étalonnés sur le liège. La précision de la mesure est de  $\pm 1$  % pour les plus performants d'entre eux à condition de les faire étalonner au moins annuellement.

### 5.11- Mesure du coefficient de frottement verre-liège

Cet essai permet de déceler d'éventuels problèmes de bouchage (mauvais enfoncement des bouchons dans les goulots...) et de débouchage. Il permet surtout d'apporter un éclairage nouveau sur la qualité du traitement de surface appliqué sur les bouchons

et en particulier de l'homogénéité de son dépôt sur le rouleau du bouchon pour optimiser le procédé de traitement chez le bouchonnier (figure 9).



**Figure 9-** Application de la mesure du coefficient de frottement obturateur/verre aux contrôles des performances du traitement de surface appliqué (n= 24 bouchons/lot de 15000) (source Laboratoire Excell) (a) Influence de la nature du traitement de surface appliqué – (b) Influence pour un traitement donné de la dose appliquée

Cet essai permet aussi de différencier les différents types de produit de traitement de surface utilisés (paraffines, silicones, mélanges huile-silicone, émulsions...) et l'effet de la dose (figure 9). Les tribomètres offerts sur le marché sont inadaptés à une mesure sur des bouchons cylindriques car ils ne travaillent que sur une seule génératrice au moment de l'analyse ; la multiplication des génératrices n'est pas forcément représentative de la friction à l'échelle du bouchon et cette mesure demeure particulièrement délicate à réaliser.

### 5.12- Mesure de la tension superficielle (angle de contact statique)

Cette mesure consiste à déposer une goutte de liquide témoin (eau ou mélange hydro-alcoolique à 12 % vol) de tension superficielle connue, sur la surface d'un bouchon et de mesurer l'angle de raccordement liquide/solide (figure 10 page suivante). L'utilisation d'une gamme de solvants de tension connue permet également de mesurer l'énergie superficielle du bouchon qui influence sa mouillabilité et sa glisse.

Cette mesure permet d'apprécier entre autres :

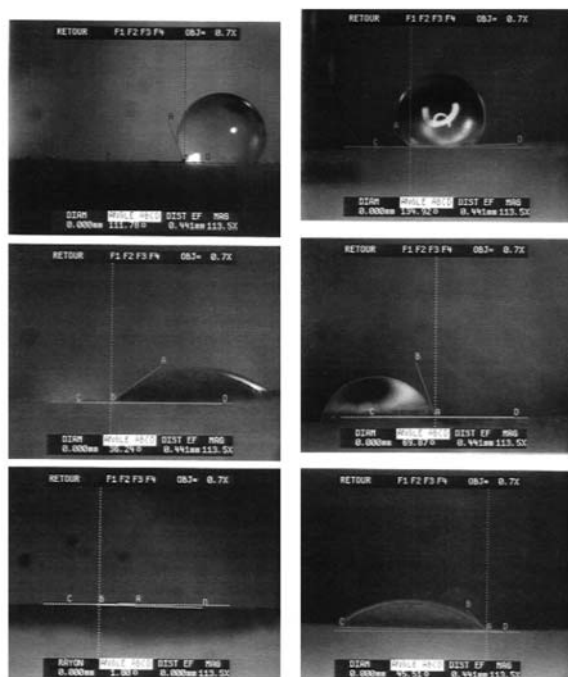
- la mouillabilité (hydrophilie) des lièges ou des traitements de surface,
- l'agressivité du lavage effectué sur les bouchons (modification de l'hydrophobie naturelle),
- l'homogénéité des traitements de surface (moyennant un nombre de répétitions et un traitement statistique adapté).

Cet essai est complémentaire de la mesure de l'imprégnation de liquide par les bouchons au cours du temps. L'appareillage nécessaire et les conditions opératoires (température, aspect sanitaire de l'atmosphère, saturation et équilibre de l'atmosphère



de mesure) doivent être spécifiquement adaptés au bouchon cylindrique. Cette mesure très fine peut apporter des résultats intéressants permettant d'expliquer certains mauvais comportements de mouillabilité superficielle des bouchons au cours du temps, des problèmes de marquage à l'encre, etc...

L'ancien test de migration capillaire d'un colorant est totalement dépassé car il ne permet de déceler que les cas les plus graves et jamais les défauts plus discrets mais tout autant dangereux.



- 1 : liège naturel 1° non lavé
- 2 : liège naturel 5-6° non lavé
- 3 : liège naturel 1° lavé au peroxyde d'hydrogène alcalin pH 13,
- 4 : liège naturel 1° traitement paraffine à chaud
- 5 : liège naturel 1° traité silicones élastomères polymérisables à froid
- 6 : liège naturel 1° traitement émulsion silicone+polyéthylène+latex Surface fortement hydrophobe  $\theta > 100^\circ$ , assez fortement hydrophobe 80-100°, moyennement hydrophobe 80-50°, faiblement hydrophobe  $< 50^\circ$ , mouillable  $< 20^\circ$ .

Figure 10- Exemples d'application de la mesure de la tension superficielle (angle  $\theta$ ) pour mesurer des caractéristiques hydrophobes du bouchon en liège (source Laboratoire Excell).

### 5.13- Contrôles spécifiques des bouchons composites et agglomérés

#### 5.13.1- Tenue de l'agglomération

Des tests de tenue dans l'eau bouillante permettent d'apprécier la qualité et la stabilité de l'agglomération du granulé de liège.

#### 5.13.2- Résistance à la torsion (NP 2803)

La mesure de la force et de l'angle de rupture à la torsion est effectuée à l'aide d'un banc de mesure équipé d'un rapporteur pour déterminer le moment de torsion. La mesure peut être effectuée sur le corps du bouchon ou spécifiquement sur les rondelles collées dans le cas des bouchons composites.

### 5.14- Contrôle des obturateurs synthétiques

Le développement de l'usage d'obturateurs en matières plastiques en remplacement des bouchons en liège pour le bouchage de certains vins a été important au cours de ces dernières années. La multiplication de marques et des types de bouchons sur le marché ne s'est pas toujours accompagnée de procédures d'évaluation des performances sérieuses. Certains obturateurs possèdent des caractéristiques intéressantes et d'autre beaucoup moins mais tous peuvent être utilisés si l'on sait adapter leur choix.

Sur le plan physique, dimensionnel et mécanique, il est certain que ces obturateurs présentent des caractéristiques très homogènes et reproductibles. En revanche, le traitement de surface des obturateurs synthétiques est tout comme dans le cas du liège, soumis à des aléas d'application. Il est donc toujours utile de réaliser des essais préalables de qualité d'insertion si l'on ne veut pas prendre le risque d'arrêt de chaîne.

Les obturateurs synthétiques se sont essentiellement répandus pour éviter tous les risques de pollution du vin par le TCA souvent présent dans les produits à base liège traditionnels. Pour autant, s'il est certain que ces obturateurs ne contiennent pas de TCA, ils peuvent se contaminer très facilement en cas de stockage en ambiance polluée et transmettre leurs polluants au vin. De plus, l'usage de produits en partie recyclés motive des procédures de contrôles de l'inertie organoleptique qui sont simplifiées par rapport au cas du liège.

D'autres migrants peuvent être apportés au vin par les matières premières à la base de ces bouchons synthétiques. Il est facile de détecter la présence de différents composés volatils et semi-volatils typiques des polymères synthétiques pétroliers (plastifiants, durcisseurs, anti-oxydants, solvants...) dans les vins bouchés et notamment dans ceux bouchés avec des matières plastiques industrielles (figure 11). En conséquence, il est souhaitable et parfaitement possible de contrôler l'inertie chimique et organoleptique de ces obturateurs par une analyse de migrants caractéristiques.

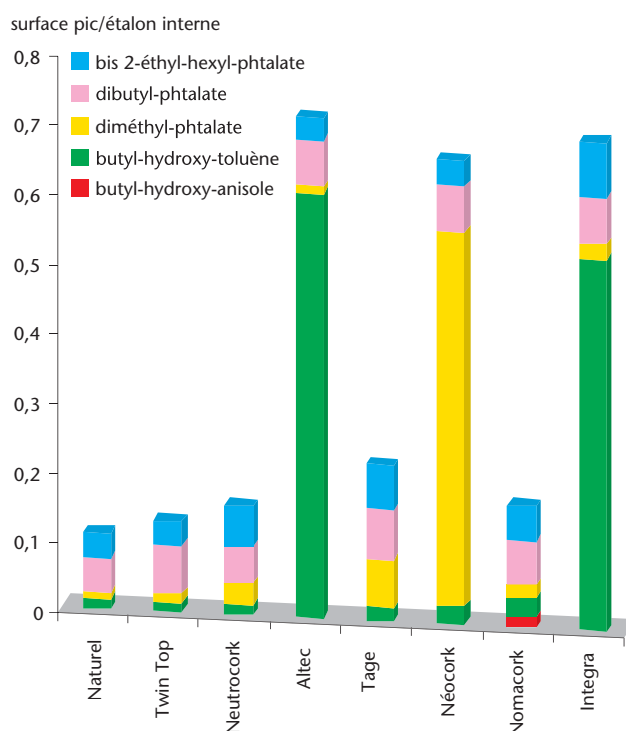


Figure 11- Analyse de la migration de composés caractéristiques des polymères synthétiques après douze mois de conservation du même vin bouché avec différents types d'obturateurs

Mais le risque principal de l'utilisation des obturateurs synthétiques reste leur sensibilité à la diffusion de l'oxygène et à provoquer une oxydation du vin qui, dans le meilleur des cas, affecte négativement leur capacité de conservation en provoquant un vieillissement prématuré et au pire une oxydation brutale dans le cas des vins blancs sensibles. En effet, on observe des performances très variables d'un obturateur à l'autre (figure 12) et on ne connaît pas bien la variabilité existant pour un type donné au sein d'un même lot ou de différentes fabrications. La mise au point de tests prédictifs de la tenue à l'oxydation permet donc d'une part d'adapter le type d'obturateur au vin et aux conditions de conservation envisagées et d'autre part de vérifier les performances du lot livré.

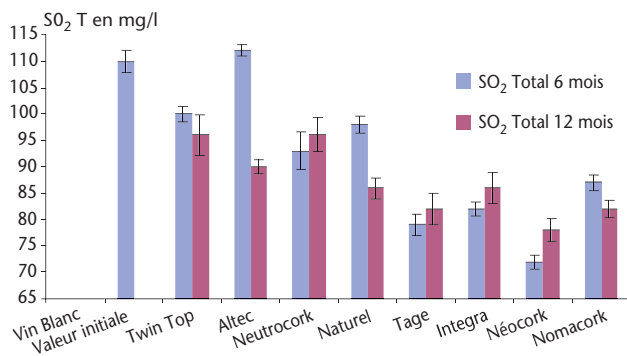


Figure 12- Evolution comparative de la teneur en anti-oxydant exogène (dioxyde de soufre total) d'un même vin blanc bouché avec différents types d'obturbateurs après six et douze mois de conservation dans des conditions de stockage contrôlées. (source Excell)

## CONCLUSION

**Parce que le bouchage est l'ultime opération conduisant à l'élaboration d'un vin, cette opération requiert tous les soins. Les opérations de sélection et de contrôle des performances des obturbateurs sont indispensables à la maîtrise de la qualité.**

**Dans le cas de l'utilisation de bouchons en liège naturel, matériau qui a fait depuis longtemps les preuves de ses performances, l'hétérogénéité inévitable liée à la matière première naturelle employée, nécessite une attention particulière. La mise au point de produits plus techniques permet de réduire la variabilité des performances d'une manière importante, mais il demeure indispensable de procéder au contrôle de certains paramètres pour éviter une prise de risque inconsidérée.**

**L'utilité des contrôles effectués dépend pour beaucoup de la qualité de l'échantillon soumis à l'essai. Beaucoup de soins doivent donc être apportés au prélèvement des échantillons. Les analyses effectuées doivent ensuite être réalisées par un personnel compétent, doté d'un matériel adapté et respectant au minimum les méthodes d'essais normalisées. Certains laboratoires réalisent encore des essais dépassés et sans aucun intérêt. L'utilisation des services d'un laboratoire accrédité est indispensable pour garantir la qualité et la reproductibilité des résultats lorsqu'un avis indépendant est demandé ! Les essais doivent toujours porter sur un nombre suffisant d'échantillons pour être réellement valables. Trop de contrôles sont encore effectués sur un nombre ridiculement faible d'obturbateurs. Enfin, les contrôles ne sont rien sans l'interprétation par un technicien expert en la matière, c'est-à-dire sachant intégrer la combinaison des résultats de différents tests, pour finalement conclure sur les performances du lot en question.**

**Le contrôle du risque de contamination par la migration de contaminants tel que le TCA est un sujet très à la mode. Beaucoup se sont improvisés pour l'analyse de cette molécule à l'aide de diverses techniques, mais sans réellement connaître les difficultés inhérentes à l'interprétation des données qui sont produites. C'est ainsi que malgré la multiplication des analyses, le problème de contamination par le TCA n'apparaît pas avoir significativement diminué. Il n'est possible aujourd'hui de garantir l'absence de risque de pollution qu'en rejetant un nombre excessif de lots de bouchons en liège. Le développement de nouvelles techniques et méthodes de traitement des résultats pour une meilleure interprétation est en cours et permettra, nous l'espérons, de réels progrès en la matière, tant à l'échelle des fabricants que des utilisateurs.**

**L'usage des nouveaux obturbateurs synthétiques n'est pas non plus sans poser certains problèmes. Il est vrai que leur emploi permet aujourd'hui de résoudre le problème du TCA qui affecte un faible pourcentage des bouteilles commercialisées sur la planète. Il est également certain qu'il sera impossible de généraliser l'usage de ce type d'obturbateur en raison de leur sensibilité accrue à**

**l'oxydation et ce avec une fréquence bien supérieure à ce qu'il est possible d'observer avec le problème du TCA. Il y a donc encore beaucoup d'améliorations à apporter dans le domaine du bouchage et de l'évaluation objective des performances. C'est ce à quoi nous avons décidé de nous consacrer pour le bien de l'industrie vinicole et des industries connexes dans leur ensemble.**

## EN RÉSUMÉ ...

Le bouchage représente l'ultime intervention du vinificateur sur le vin. Au-delà, l'évolution de la qualité du produit conditionné ne dépendra plus que des conditions de stockage et des performances de l'obturbateur employé. On comprend donc l'importance du choix de ce dernier et des conditions de mise en œuvre.

Dans ce travail, nous traitons des paramètres et des techniques de contrôle de la qualité des obturbateurs applicables à la sélection des obturbateurs au moment de leur achat (contrôle achat) et avant leur utilisation (contrôle livraison) en vue de prédire leur comportement mécanique sur les chaînes industrielles et dans le goulot des bouteilles ainsi que leur conséquence sur la composition et la qualité du vin.

Dans le cas de l'utilisation de bouchons en liège naturel, matériau qui a fait depuis longtemps les preuves de ses performances, l'hétérogénéité inévitable liée à la matière première naturelle employée, nécessite une attention particulière.

La mise au point de produits plus techniques permet de réduire la variabilité des performances d'une manière importante, mais il demeure indispensable de procéder au contrôle de certains paramètres pour éviter une prise de risque inconsidérée. L'utilité des contrôles effectués dépend pour beaucoup de la qualité de l'échantillon soumis à l'essai. Les analyses effectuées doivent ensuite être réalisées par un personnel compétent, doté d'un matériel adapté et respectant au minimum les méthodes d'essais normalisées.

Les essais doivent toujours porter sur un nombre suffisant d'échantillons pour être réellement valables.

Enfin, les contrôles ne sont rien sans l'interprétation par un technicien expert en la matière, c'est-à-dire sachant intégrer les combinaisons des résultats de différents tests, pour finalement conclure sur les performances du lot en question.

Le contrôle du risque de contamination par la migration de contaminants tel que le TCA est un sujet très à la mode. Malgré la multiplication des analyses, le problème de contamination par le TCA n'apparaît pas avoir significativement diminué.

En raison de la distribution des bouchons contaminés au sein d'un lot, il n'est possible aujourd'hui de garantir l'absence totale d'un risque de pollution qu'en rejetant un nombre excessif de lots de bouchons en liège.

Le développement de nouvelles techniques et méthodes de traitement des bouchons doit permettre de réels progrès en la matière, tant à l'échelle des fabricants que des utilisateurs.

L'usage des nouveaux obturbateurs synthétiques n'est pas non plus sans poser certains problèmes. Il est vrai que leur emploi permet aujourd'hui de résoudre le problème du TCA qui affecte un pourcentage notable, mais cependant faible, des bouteilles commercialisées sur la planète. Il est également certain qu'il sera impossible de généraliser l'usage de ce type d'obturbateur en raison de leur sensibilité accrue à l'oxydation et ce avec une fréquence bien supérieure à ce qu'il est possible d'observer avec le problème du TCA.

Mots clés : conditionnement, bouchage liège, contrôles, conformité, cahier des charges.