



Qualité environnementale des ambiances intérieures des bâtiments vinicoles : choix et contrôle objectifs des matériaux

Pascal CHATONNET, Julien ESCOBESSA et Stéphane BOUTOU

Laboratoire EXCELL
Parc Innolin 10 rue du golf
33700 MERIGNAC
www.labexcell.com

Introduction A la suite du problème de contamination des atmosphères intérieures de nombreuses caves vinicoles par le pentachlorophénol (PCP) et ses dérivés dans les années 90, il est apparu de plus en plus évident que la nature et la qualité des matériaux employés dans la construction des chais était un paramètre qui avait été largement négligé au cours du siècle dernier. En effet, compte tenu de la sensibilité en général du vin vis-à-vis des différentes pollutions en phase gazeuse capables de nuire à distance au gré du déplacement de l'air, la connaissance détaillée de la composition des matériaux et de leur émission de composés volatils est devenue, avec le raisonnement du conditionnement de l'air, un élément capital de la construction ou du remaniement des installations vinicoles.

Actuellement, le souci environnemental dans la construction s'affirme chaque jour un peu plus. On parle désormais d'éco-construction et de haute qualité environnementale (HQE) pour désigner des architectures intégrant des matériaux qui permettent de réduire les impacts sur l'écosystème au sens large, tout au long de la vie du bâtiment, depuis sa mise en chantier jusqu'à sa démolition (cycle de vie global). On recherche de plus en plus des matériaux dits écologiques et durables ; des labels officiels permettant de qualifier la construction ou le caractère écologique de ses composants sont désormais disponibles.

Cependant, un produit éco-responsable n'est pas forcément parfaitement adapté à l'environnement particulier des caves vinicoles. L'omniprésente humidité, l'existence fréquente d'organismes xylophages, le renouvellement nécessairement limité de l'atmosphère (ventilation) dans certaines parties des bâtiments, l'indispensable inertie olfactive dans d'autres, imposent des caractéristiques particulières aux matériaux utilisés dans les atmosphères intérieures qualifiées de sensibles (chai d'élevage, de vinification, salle de dégustation et de conditionnement...). En d'autres termes, même s'il est absolument évident que des matières premières renouvelables et aussi proches de la nature que possible doivent être privilégiées, un produit labellisé « écologique » ne conviendra pas forcément à l'usage particulier envisagé soit pour des questions basiques de durabilité, soit plus complexes liées à l'émission de composés organiques volatils à court ou long terme.

La démarche LABEL VERT EXCELL™, qui a récemment évolué vers le concept de ZONE VERTE EXCELL™, essaye de concilier à la fois l'approche éco-responsable avec la connaissance de la nature, de la quantité des émissions de composés volatils capables de passer à court ou moyen terme dans l'atmosphère intérieure de vie et de travail et susceptible d'influer d'une part sur la qualité sanitaire et le confort de l'air respiré et d'autre part sur la composition et la qualité des produits qui y seront stockés (matières sèches, contenants,...) ou manipulés (vins).

Ainsi, en examinant la composition détaillée des matériaux (bois, isolants intérieurs, parements, revêtements de surface,...) et en mesurant l'émission de composés dans l'atmosphère, il est désormais possible de vérifier l'absence de composés critiques présentant des limites d'exposition connues (aldéhydes, solvants résiduels...) ou de composés réputés indésirables, soit pour l'inconfort immédiat généré par leur odeur caractéristique, soit par leur capacité à générer à terme (plus ou moins long), au cours de leur vieillissement naturel (cas de certaines essences de bois par exemple), ou à la suite de leur dégradation chimique ou microbiologique (cas de certains pesticides ou retardateurs de flammes générateurs de chloro- ou de bromoanisoles par exemple), des composés aromatiques susceptibles d'altérer les vins élaborés dans ces ambiances ou la « neutralité olfactive » recherchée logiquement dans ces locaux.

Différents exemples de matériaux contrôlés, d'origine naturelle ou industrielle, supposés plus ou moins éco-responsables, permettent d'illustrer cette démarche. Désormais, le choix d'un matériau entrant directement au contact de l'air intérieur peut et doit être raisonné par rapport à toutes les connaissances à disposition.

Le bois comme matériau de construction et d'isolation naturel



Le bois est par essence le matériau éco responsable par définition. Il comporte de nombreux avantages et certaines limitations ; son traitement préventif et souvent obligatoire dans certaines régions a causé beaucoup de problèmes par le passé ce qui a généré, à tort, une réaction négative vis-à-vis de ce matériau polyvalent.

Cas des panneaux à base de bois



Le recyclage des sous-produits du bois est une bonne chose, mais il faut faire attention aux colles utilisées qui peuvent, elles, être polluantes pour l'environnement et pour les atmosphères intérieures (phénol et formaldéhyde). L'émission de formaldéhyde est réglementée et les procédures de contrôle précisées (NF EN 312 et 13986 pour les panneaux

de particules et NF EN 14080 pour les éléments lamellés-collés) ; ces mesures sont désormais intégrées aux contrôles ZONE VERTE EXCELL pour ce type de matériau.

Le taux d'émission d'un panneau décroît avec le temps, mais il augmente dans des conditions d'humidité ou de température élevée (chai de vinification ou d'élevage, « sous-face » isolante sous toiture). Il est donc déconseillé d'utiliser ces panneaux en ambiance vinicole sauf à utiliser des matériaux possédant à la fois un test d'émission de COV et une attestation ZONE VERTE EXCELL contrôlant la quantité de phénol (non réglementé) et de formaldéhyde (réglementé en concentration totale ou/et émission).



Figure 1 – Structure du phénol et du formaldéhyde émis par les systèmes de collage des panneaux agglomérés à base de bois

Les panneaux classés « E1 » ont un taux d'émission de formaldéhyde très bas (moins de 9 à 10 mg par 100 g de panneau sec). Les contreplaqués ont une émission faible et la plupart des OSB (Oriented Strand Board) ainsi que nombre de MDF (fibres moyenne densité) sont E1. Il est préférable d'utiliser ceux qui ont un agrément technique, reconnaissables au marquage sur la face ou le côté (par exemple ATG/H.701 C E1).

Le problème des insectes et des champignons xylophages En France, les dégâts des termites sont limités à des régions particulières du Sud-Ouest ; dans ces régions le traitement des bois de structure et de charpente est rendu obligatoire ! S'il est vrai que les champignons comme le mэрule peuvent causer des dégâts considérables, les conditions de son développement sont très rares, et introuvables dans un bâtiment bien conçu. Les autres champignons ne se développent que dans des circonstances d'humidité très forte qui correspondent aux situations extrêmes des chais d'élevage enterrés.

Pour arrêter la propagation des champignons xylophages, il a été souvent recommandé de pulvériser une solution aqueuse d'hypochlorite de sodium aussi appelée eau de Javel. Ce traitement est à proscrire car il génèrera chimiquement ipso facto des quantités importante de TCP précurseur du TCA !

Une attaque de champignons ne peut commencer que si l'humidité du bois excède 20 % (voire 22 à 25 % pour des bois plus résistants). L'humidité normale d'un bois atteint 6 à 8 % dans une maison avec chauffage central (humidité relative de l'air \pm 45 %), 10 à 12 % dans une ambiance intérieure (20 °C), avec air à 60 % d'humidité (salle de stockage, bouteiller); 12 à 18 % pour un bois extérieur sous abri avec une humidité relative de l'air \pm 75 %. Les attaques de champignons sont donc limitées aux chais d'élevage en barriques (Hr 75-90%).

Utilisation de bois traité ou non traité ? Il faut préserver le bois lorsque sa durabilité naturelle est insuffisante pour garantir la longévité d'un ouvrage et uniquement dans ce cas. Les produits de préservation du bois contiennent des biocides dont il ne faut user, pour d'évidentes raisons de santé, de respect de l'environnement et de limitation de risque de contamination indirecte, qu'avec mesure. Pourtant, il est indispensable ou obligatoire de protéger les structures portantes, même si le bois utilisé est durable.

Les isolants thermiques naturels et moins naturels



chanvre



vermiculite



Feuilles polymères complexes aluminisées (Triso™)



Laine de mouton



Laine de verre



Polystyrène



Liège granulé ou compacté



Ouate de cellulose



Polyuréthane



Tissus recyclés compactés



Laine de roche

Planche I - Exemple de divers isolants thermiques du plus au moins écologiques

Les principaux isolants thermiques utilisés pour l'isolation des murs et soutes sont, par ordre croissant de conductivité thermique :

- la mousse de polyuréthane : excellent isolant, cher, elle est moins stable dans le temps que ses concurrents pas très écologique mais émettant peu de COV,
- la laine de verre : bon marché, stable, irritante pour la peau lors de la pose, elle est proposée en panneaux ou en rouleaux,
- la laine de roche : semblable à la laine de verre mais moins désagréable à poser, elle ne fond pas au contact de la flamme.
- la perlite : roche d'origine volcanique utilisable en vrac mais génératrice de poussière ; la vermiculite possède des propriétés similaires.
- Les mousses de polymère :
 - *polystyrène expansé : il présente les avantages des polymères et de l'air ; léger, rigide, fragile, facile à découper, il doit être protégé des rongeurs, ne nécessite pas de pare vapeur. Existe en plaques incompressibles pour l'isolation des dalles flottantes, sensible au feu doit donc être traité.
 - *polystyrène extrudé (Styrodur, Depron)
- la fibre de bois - moins bon isolant que les précédents et moins bon marché, mais plus écologique, utilisée en vrac et bourrée entre deux cloisons.
- la laine de mouton : très écologique mais peu répandu et donc plus cher ;
- la paille : peu stable au cours du temps, sensible à l'humidité et au feu ;
- le chanvre, le béton de chanvre, la brique de chanvre sont assez intéressants au plan écologique mais nécessiteront des épaisseurs conséquentes ;
- ouate de cellulose : idem que le chanvre ;
- les polymères : plastique, caoutchouc... avec feuille d'aluminium : sont présentés souvent comme très performants au plan de l'isolation mais leur performance dépend beaucoup des conditions de pose et de la quantité de couches.

Contrôle du traitement chimique des matériaux de construction et d'isolation

Dans le cas de chantiers de construction, de rénovation ou de réhabilitation, on doit contrôler les matériaux destinés à la réalisation de plafonds, de murs, de sols, de surfaces isolantes pouvant être mis en contact indirect avec des produits sensibles (vins en vrac ou non principalement). Ces matériaux ont la plupart du temps des certifications ou labellisations dans leurs domaines respectifs, des avis techniques positifs quant à leur mise sur le marché. Cependant, il est régulièrement constaté la présence notable de composés dits « à risque » en milieu vinicole.

Ce fut par exemple le cas pour une sous face en bois destinée à la réalisation de plafonds directement en contact avec l'atmosphère du local (chai d'élevage). L'analyse de ce matériau a mis en évidence la présence de pentachlorophénol (PCP) à des teneurs supérieures à 170 ng/g. Cette teneur n'est bien évidemment pas liée à un traitement à base de ce pesticide. En effet, le PCP est interdit d'usage depuis 1994 et les teneurs liées à un traitement que l'on aurait mesuré auraient été bien supérieures. Cependant, le risque de dégradation en haloanisoles malodorant est bel et bien présent. Le seuil de risque fixé par le Laboratoire Excell pour garantir l'absence d'émission d'anisoles malodorants est aujourd'hui bien plus faible (teneur limite en PCP fixée à 50 ng/g), car cette bio-dégradation est facilitée dans les conditions d'hygrométrie et de confinement particulières très fréquentes dans les chais d'élevages et de vinification par exemple.

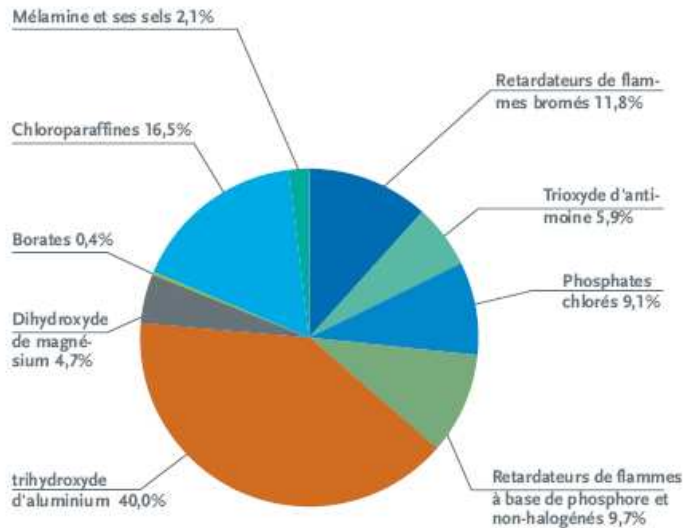
Les origines de cette contamination indirecte sont variées. Le matériau en question a pu être stocké dans un local anciennement contaminé par cette substance ; il a encore pu être traité

avec un produit « sain » au départ mais ayant séjourné dans un bac de traitement ayant servi antérieurement (plusieurs années auparavant éventuellement) à un traitement par du PCP et mal nettoyé

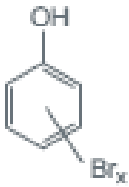
Le laboratoire a donc décidé de ne pas décerner à ce produit la ZONE VERTE EXCELL™, étant donné le risque avéré à moyen terme de contamination de produits dits sensibles. D'une manière générale, les matériaux en bois ou à base de bois et particulièrement ceux à base de pin, doivent faire l'objet d'un contrôle systématique.

D'autres matériaux obligatoirement utilisés pour des raisons en particulier énergétiques lors d'aménagements de locaux sont les isolants. Ceux-ci, alors même qu'ils semblent éloignés par définition des produits sensibles, sont souvent des matériaux « à problèmes ». Bien que possédant déjà des attestations de conformités par des organismes certificateurs, les fabricants de ces matériaux se contentent généralement du contrôle de la réaction au feu de leur produit. Mais un excellent comportement au feu ne va pas garantir l'absence de risque quant au stockage de produits sensibles comme du vin en vrac. Bien au contraire parfois !

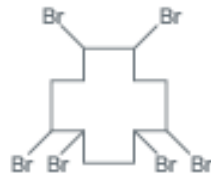
En effet, certains isolants (polymères plastiques et dérivés du bois) contiennent des retardateurs de flamme halogénés réactifs (chloroparaffines et dérivés bromés) ; les composés le plus souvent utilisés comme intermédiaires dans la production de retardateurs de flammes sont à base de polymères bromés (plus de 75 BFR différents : éthers de polybromodiphényle, polystyrène bromé, bromophénols, figure 2).



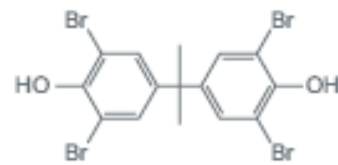
Les bromophénols



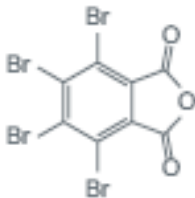
L'hexabromocyclododécane (HBCD)



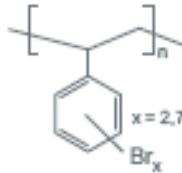
Le tétrabromobisphénol A (TBBPA)



L'anhydride tétrabromophthalique



Le polystyrène bromé



Les éthers de polybromodiphényle (PBDEs)

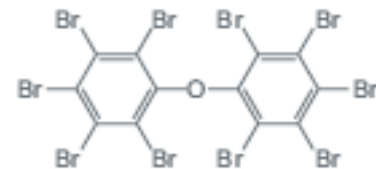


Figure 2 – Principaux composés retardateurs de flamme employés dans le monde et structure des dérivés bromés potentiellement précurseurs de Tribromoanisole (TBA) et dérivés

Ainsi, on peut retrouver fréquemment du 2,4,6-tribromophénol (communément appelé TBP) dans les polymères et les composites isolants ! Cette molécule représente un risque supérieur à celui du PCP en cas de dégradation en 2,4,6-tribromoanisole (TBA), composé à forte odeur de « moisi » mais avec un seuil de perception bien plus faible que le PCA ou le 2,3,4,6-TeCA dérivés des polychlorophénols (figure 3).

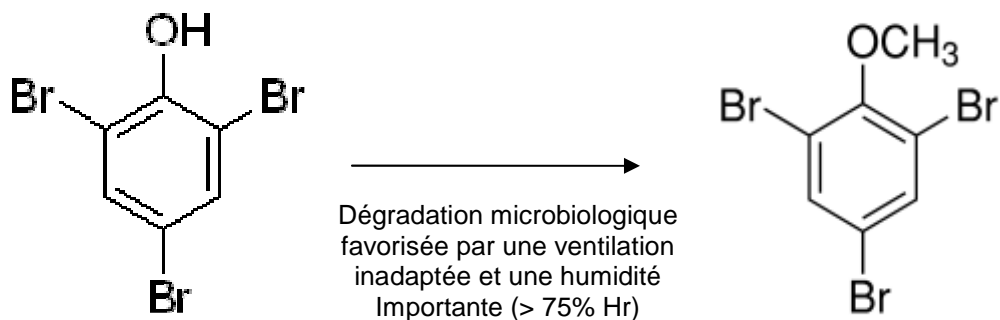


Figure 3- Biotransformation des halophénols en haloanisoles malodorants par l'intermédiaire de micro-organismes possédant une activité phényl-O-méthylase – Exemple de la transformation du 2,4,6-tribromophénol (TBP) en 2,4,6-tribromoanisole (TBA)

On constate donc bien à travers ces deux exemples que la problématique due aux composés organo-halogénés est bel et bien toujours présente aujourd'hui. Même si la présence de PCP, contaminé par du 2,3,4,6-tétrachlorophénol (TeCP) ou du 2,4,6-trichlorophénol (TCP), est aujourd'hui toujours accidentelle dans les matériaux de construction, il conviendra de surveiller particulièrement dans les années à venir les composés bromés dont l'utilisation est parfaitement légale (les bromophénols, le tétrabromobisphénol A ou les éthers de polybromodiphényle présentent les risques les plus importants).

Les produits de traitements du bois (fongicide, insecticide en général et anti-termite en particulier...) sont aujourd'hui la plupart du temps exempts d'halophénols. De plus, tous ces produits possèdent des certificats de qualité garantissant les performances de ces biocides ; ces certificats intègrent parfois également les exigences concernant la santé et l'environnement. Les essais analytiques réalisés dans le cadre de la procédure d'agrément ZONE VERTE s'ajoutent aux exigences légales et visent à rechercher la présence d'éléments mineurs au plan quantitatif, mais majeurs en terme d'émission de composés organiques volatils indésirables car responsables de nuisance olfactive ou/et représentant un risque d'altération de la composition et de la qualité des produits stockés dans l'ambiance considérée. A titre d'exemple, un produit de traitement des bois bénéficiant de tous les certificats d'efficacité pour la protection vis-à-vis des insectes xylophages (certification CTBA+) émettait même après 48 heures de séchage de fortes teneurs de naphthalène, un hydrocarbure aromatique polycyclique.

Le naphthalène (autrefois utilisé comme répulsif pour les mites), en plus d'une nocivité avérée, a également une forte odeur caractéristique. Ainsi, les teneurs retrouvées (plus de 6000 µg/g en émission) se sont révélées être incompatibles avec les critères d'acceptation environnementaux et organoleptiques de la ZONE VERTE EXCELL™. En effet, à ces teneurs là, le risque est grand de retrouver ce composé indésirable tout d'abord dans le contenant (barrique, foudre, ...) puis dans le vin par contact direct (avec un matériau pollué placé au contact) ou indirect (*via* l'air pollué).

Il peut être surprenant qu'un produit bénéficiant d'une attestation ZONE VERTE EXCELL contienne ou soit à base de pesticides mais ces derniers sont utiles ou indispensables à la protection des matériaux sensibles comme certaines essences de bois. Les pesticides organochlorés et organophosphorés réputés les plus toxiques, les moins biodégradables

(normalement interdits d'emploi) et ceux qui sont précurseurs d'haloanisoles sont parfaitement ciblés et leur présence exclut la délivrance de l'attestation.

Dans le cas de pyréthrénoïdes de synthèse (perméthrine, cyperméthrine, bifenthrine notamment), ces composés insecticides, bien que fortement toxiques pour la faune aquatique et possédant un coefficient de bioaccumulation important ($\log K_{ow} = 5-6$), ne sont pas pour le moment exclus du référentiel EXCELL ZONE VERTE. En effet, très peu solubles dans l'eau ($S = 4-6 \mu\text{g/l}$), très fortement adhérent aux particules traitées ($K_{oc} = 15000-550000$) et résistant aux hydrolyses, le risque de propagation de ce type de molécule dans l'atmosphère et l'environnement est limité. En outre, aucun produit de bio-dégradation indésirable n'a été pour le moment identifié. Néanmoins, compte tenu de la toxicité de la molécule (notamment par son activité anticholinestérase), nous restons attentif au développement des travaux toxicologiques se rapportant à ces molécules et nous attacherons à leur quantification dans les atmosphères intérieures pour mieux jauger les risques.

D'autres exemples comme des revêtements de sols dits « verts » destinés à être utilisés dans des cuveries illustrent bien le fait qu'il convient d'adapter les interprétations des normes environnementales en fonction de l'utilisation spécifique prévue d'un produit et des problématiques liées au monde vitivinicole. On peut en effet rencontrer des sols en résines époxydiques émettant de fortes quantités de phénol (teneurs acceptables en terme de toxicité), ce composé étant incompatible avec le stockage des produits sensibles en raison de sa forte odeur caractéristique qui risque d'altérer à long terme le goût du vin.

Le bilan environnemental de la ZONE VERTE EXCELL™

En plus des analyses « classiques » ZONE VERTE EXCELL™ un contrôle de la qualité des ambiances sensibles, c'est-à-dire un contrôle de l'atmosphère du local destiné à contenir des produits sensibles après mise en service de tous les produits est parfaitement réalisable. C'est le cas en fin de chantier lors de l'étape de réception finale du bâtiment. En effet, même si tous les produits (peintures, revêtements de sol, lambris, vernis,...) ont obtenu l'attestation ZONE VERTE EXCELL™ après les essais effectués en laboratoire, le maître d'œuvre peut vouloir s'assurer que toutes les applications ont été effectuées correctement ou bien que d'autres matériaux anciennement présents ne sont pas source de pollution.

Le système de contrôle des atmosphères par piégeage statique *in situ* QUICK TRAP EXCELL permet rapidement (4 heures) de cibler et de quantifier les principaux composés ciblés. Des dispositions pourront alors être prises, la non réception ou par exemple une ventilation adéquate avant la mise en service définitive des locaux en cas d'identification d'émissions résiduelles indésirables (notamment des résidus de solvant).

Conclusions

Le souci de la réalisation de bâtiments aussi durables et éco-responsables que possible est parfaitement louable. Néanmoins, il ne faut pas perdre de vue les contraintes techniques et réglementaires qui s'imposent au maître d'œuvre et qui s'avèrent parfois contradictoires ou incompatibles avec le souci écologique.

Les matériaux naturels présentent certains avantages mais ils ne sont pas forcément les plus adaptés et les plus performants pour réaliser des installations modernes, adaptées aux contraintes techniques d'aujourd'hui et capables de rester performants demain.

L'étude détaillée de la composition et de l'émission dans l'environnement des différents types de matériaux entrant dans ces bâtiments permet de connaître, au-delà de l'impact global sur l'environnement (bilan carbone élargit), leur incidence à court, moyen et long terme sur la composition et la qualité de l'ambiance de travail ou de séjour des vins ce qui demeure primordial.

L'application du concept ZONE VERTE EXCELL en collaboration avec les cabinets d'architectes, les bureaux de contrôles et les fabricants des divers matériaux permet de réaliser de nouveaux bâtiments capables de prendre en compte les nouvelles exigences de notre siècle.