

Nous vous présentons dans ce dossier (pages 14 à 46) les conférences données lors de la journée rencontres USTV, qui s'est déroulée à Bordeaux le 30 octobre 2003 au campus de l'Institut de Chimie de la matière condensée, sur le thème de l'élaboration des verres.

A noter que l'intervention de Franck Lainault (Gaz de France) qui traite des transferts thermiques en fours de verrerie, sera publiée dans notre N°3, consacré aux réfractaires et fours de verrerie.



J E A N
P I E R R E
H O U D A E R
DIRECTEUR GÉNÉRAL
DE L'INSTITUT
D U V E R R E
EXPERT À L'AERES

LÉGISLATIONS ENVIRONNEMENTALES ET IMPACTS VIS-À-VIS DE L'INDUSTRIE VERRIÈRE

» ENVIRONMENTAL LEGISLATIONS AND IMPACTS ON GLASS INDUSTRY

DANS CE COURT EXPOSÉ, NOUS ALLONS VOIR RAPIDEMENT CE QUE L'ÉVOLUTION DES LÉGISLATIONS EUROPÉENNES ET FRANÇAISES, DEPUIS UNE QUINZAINE D'ANNÉES, A ENTRAÎNÉ COMME CHANGEMENTS CHEZ LES VERRIERS VIS-À-VIS DE L'ENVIRONNEMENT JE RAPPELLE CE QUE VOUS CONNAISSEZ TOUS : LE VERRE EST LE MATÉRIAU ÉCOLOGIQUE PAR EXCELLENCE. IL EST INERTE

VIS-À-VIS DE L'EXTÉRIEUR, TRANSPARENT ET PEUT ÊTRE COLORÉ. AVEC LE VERRE, NOUS N'AVONS PAS DE RISQUES MAJEURS POUR L'ENVIRONNEMENT. IL EST RECYCLABLE À L'INFINI. NÉANMOINS, POUR FABRIQUER DU VERRE, IL FAUT UTILISER DE L'ÉNERGIE. DONC LES MOTS-CLÉ À RETENIR SERONT : ÉCONOMIE D'ÉNERGIE, RECYCLAGE, MAÎTRISE DE LA POLLUTION INDUITE PAR LA FABRICATION.

In this brief report, we'll examine the changes concerning the environment in the glass industry caused by the evolution of the French and European legislations during the last fifteen years. I remind all of you know: glass is an ecological material. It is inert, transparent and it could be coloured. By using a manufacturing glass, there's no risk for the environment. It could be infinitely recycled, which is generally accepted. Nevertheless, glass production uses energy. Keywords are then: energy saving, recycling, pollution control resulting from production.

LÉGISLATIONS CONCERNANT LES VERRERIES ET L'ENVIRONNEMENT

L'environnement est le domaine qui a vu paraître le plus de textes officiels tant à Bruxelles qu'à Paris.

Principaux textes intéressant les verriers :

- La Directive CE concernant la prévention et la réduction intégrée de la pollution IPPC.

Elle vise à une approche intégrée de la pollution air, eau, sols, avec un permis d'exploiter unique et utilise la notion de BAT. En français : les meilleures techniques disponibles.

- La Directive 94/62/CE concernant les emballages et les déchets d'emballages, ainsi que toutes les directives d'application et les décrets annexes.

Les rejets de SO_x

Chaque fois qu'ils le peuvent les verriers limitent la quantité de sulfates introduite dans la composition verrière et fabriquent des verres dits "réduits" (particulièrement pour les verres colorés). Par ailleurs, pour éviter les SO_x, on utilise des combustibles sans soufre, ou avec de faibles teneurs (quelquefois même combustion mixte),

Textes législatifs environnementaux intéressant les verriers

F - 2003 : Arrêté relatif à l'industrie du verre et de la fibre minérale

UE - 1996 : Directive relative à la prévention et à la réduction intégrée de la pollution (IPPC)

Définition des BAT (Meilleures Techniques Disponibles) et établissement du BREF (BAT Référence Document)

F - 1993 : Arrêté relatif à l'industrie du verre

UE - 1984 : Lutte contre la pollution atmosphérique en provenance des installations industrielles

UE - 1996 : Directive Euratom concernant la radioactivité naturelle

F - 2002 : Décret transposant en France la Directive précédente

Evolution de la réglementation environnementale

- Rejets dans l'air
 - ⇒ SO_x
 - ⇒ NO_x
 - ⇒ CO₂
 - ⇒ Poussières
 - ⇒ F et Cl
- Rejets dans l'eau
- Bruits
- Maîtrise de l'élimination et du recyclage des déchets dans les usines
- Légionellose

pour respecter les limites. Le choix du combustible en fonction des contraintes environnementales a un impact sur le prix de revient.

Les NO_x

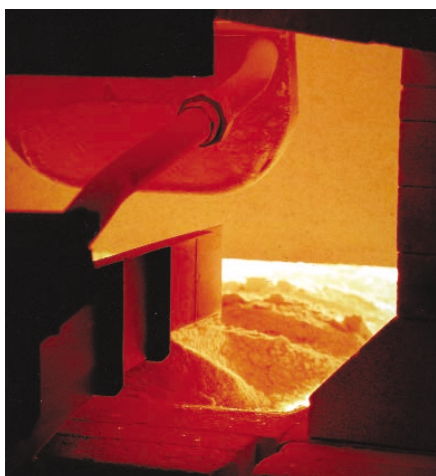
La baisse des rejets d'oxydes d'azote est une des priorités absolues depuis quelques années. Les développements effectués par les verriers ont montré que les mesures primaires de réduction à la source étaient prometteuses (voir les nombreuses publications).

En effet, par un contrôle adéquat du développement de la flamme au-dessus du bain de verre (modifications des brûleurs, géométrie, angle d'inclinaison, positions, nombre et type d'injecteurs, optimisation des réglages de combustion, quelquefois même modification de la géométrie des fours) l'on arrive donc, dans certains cas, à atteindre 500 mg NO_x/Nm³, soit 1kg/t verre.

D'autres techniques sont aussi disponibles telles la fusion à l'oxygène et le reburning. Elles ont des avantages et des inconvénients, et coûtent plus cher.



Ces trois photos de la Verrerie BSN à Reims, prises à trois dates différentes : 1966, 1969 et 1995, montrent bien la diminution de la pollution atmosphérique, malgré un tonnage de production accru.



Phase d'enfournement.



Vue interne d'un four à boucle.

Les poussières

Le seuil de $30 \text{ mg}/\text{Nm}^3$, fixé par le nouvel arrêté, ne sera atteignable qu'en équipant le four d'un système de filtration des fumées. La mise en place de ces filtres se fera pour les installations existantes lors de l'arrêt des fours, tandis que les nouveaux fours devront en être équipés dès leur démarrage. La mise en place de filtres va générer un flux de déchets, qu'il faudra mettre en décharge lorsque le recyclage interne ne sera pas possible. Aucune valorisation de ces produits soufrés n'a, pour l'instant, été trouvée.

Fluor et Chlore

Quelquefois présents à l'état de traces dans les matières premières, ainsi que produits par certains traitements de surface, après neutralisation des fumées, ces gaz se retrouvent dans les poussières (pas plus de $5 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ pour HF, et $30 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ pour Cl)

Le CO₂

Presque toutes les verreries ont déposé, ou vont déposer, un engagement volontaire de baisse du CO₂ à l'AERES (association des

entreprises pour la réduction des effets de serre) dont l'objectif plus général est de favoriser la mise en place du Protocole de Kyoto. Il s'agit pour l'industrie de participer à l'effort nécessaire de réduction des émissions de CO₂. Pour rappel, l'Union européenne doit réduire de 8% ses rejets de GES (gaz à effet de serre) entre 1990 et 2008/2012.

Les rejets d'eau

Toutes les verreries industrielles françaises sont équipées d'installations de traitement des eaux usées. Généralement, elles ont mis en place un recyclage maximum afin de limiter les prélèvements. Cela a été un effort d'investissement considérable, et chaque usine a dû investir environ 700 000 euros.

Le bruit

Jusqu'à là les DRIRE ont demandé des cartographies de bruits à chaque verrerie. Ces études qui ont été menées, il y a quelques années, ont permis d'apporter des améliorations. Le bruit est maintenant systématiquement pris en

compte dans tous les investissements réalisés, par exemple dans les salles de compresseurs.

Déchets internes aux verreries

Dans tous les ateliers d'usine, il y a des mini-déchetteries où l'on sépare les déchets de façon à pouvoir les valoriser au maximum afin d'en mettre le minimum en décharge. Le système fonctionne bien dans toutes les verreries françaises.

La légionellose

Le nouvel arrêté verrier a ajouté ce paragraphe bien qu'aucun incident sérieux n'ait eu lieu, à ma connaissance, en verrerie. Néanmoins, la prudence impose que l'on mette sous contrôle en verrerie tous les circuits et tours de refroidissement.

LES LÉGISLATIONS ET LE PROCESS VERRIER

Le recyclage du verre

L'organisation du recyclage du calcin ménager a démarré en France en 1974. Il s'est ensuite développé et on a vu apparaître les sociétés agréées Eco-Emballage et Adelphe qui ont repris le

flambeau, après les verriers. Actuellement 60% du verre d'emballage fabriqué en France provient de verre recyclé. Les pourcentages utilisables du calcin, toutes teintes mélangées sont :

- pour la teinte verte (champagne) : environ 80 à 95 %
- feuille morte : 50 à 65 %
- ambre : 20 à 90 % selon la teinte plus ou moins foncée. Dans le cas d'un tri par couleurs, il est possible de réintroduire le calcin non coloré, blanc et mi-blanc, en teinte mi-blanc. Ce calcin permet également d'augmenter le pourcentage global utilisé en teinte feuille morte (il vient en complément du calcin coloré).

L'avantage que présente pour l'environnement l'utilisation de calcin est aisément démontré :

- moins de mise en décharge, puisque recyclage
- économie d'énergie :
 - gain de 2,5 % pour 10 % de calcin introduit dans le mélange vitrifiable, soit un gain de 20 % d'énergie pour 80 % de calcin introduit
 - moins d'exploitation des ressources naturelles, donc moins d'ouvertures de carrières.

Les inconvénients, eux, sont également identifiés :

- un traitement est nécessaire pour éliminer les impuretés liées à la collecte
- une surveillance de la qualité livrée doit être exercée vis-à-vis des métaux lourds.

Les poussières

LES POUSSIÈRES DES VERRES SPÉCIAUX

Les poussières spéciales (contenant notamment du

plomb) émises lors de la fabrication de verres spéciaux (TV, cristallerie). Le but des verriers est alors double :

1. réduire les émissions de poussières

- la réduction se fait par filtration (filtres électrostatiques qui ont l'avantage de travailler à plus de 400°C, ce qui évite d'avoir à trop refroidir les fumées. C'est le type de filtre utilisé pour les fours "écran" en fabrication de TV où il n'y a pas de plomb)
- filtres à manches pour les cristalleries et les fours "cône TV"; les fumées traversent des manches filtrantes régulièrement décolmatées à contre-courant. Les poussières tombent dans une trémie qui est envoyée ensuite par un convoyeur dans un container bien étanche ; souvent plusieurs centaines de manches filtrantes sont utilisées pour un four de production.

2. recycler les déchets dans le procédé de fusion

Le recyclage total est possible chaque fois qu'il ne remet pas en cause les qualités du produit à obtenir

POUSSIÈRES EN VERRE SODOCALCIQUE

Celles-ci peuvent être de deux types :

1. Sulfates de chambre : récupérés dans les carnaux et au pied des régénérateurs de chaleur des fours verriers :

Voici dans le tableau ci-dessus deux analyses types en pourcentage :

Pour la profession verrière française, la quantité est inférieure à 1000 t/an.

	chauffage au gaz	chauffage au fuel lourd HTS
SO ₂	58	62-68
Si	1,7	1 à 7
Na	20	10 à 25
K	1,1	1
Ca	4,8	1 à 8
Mg	0,9	0,4 à 1
Al	0,5	0,5 à 3
Fe	0,3	0,1 à 0,4
Ni	0,02	0,1 à 0,4
Cr	3,38	0,1 à 0,5
Zn	-	0,1
Pb	2,4	0,5 à 2
V	0	0,5 à 2
As	0,33	0,1 à 0,8



Sortie de ligne de production

2. Poussières après traitement de fumées

Si les fumées acides, par exemple, subissaient un traitement à la chaux, la quantité de poussière récupérée serait beaucoup plus importante (estimation : pratiquement 100 000 t/an).

La mise en décharge de ce type de déchets impose de les mettre en décharges de classe 1, lesquelles excluent les déchets trop solubles. C'est pourquoi différentes recherches ont été faites pour les inertier, les valoriser et les réutiliser.

Dans un premier temps, les verriers ont envisagé la possibilité d'un lavage de ces résidus afin de les rendre conformes. Les expériences ont montré qu'après deux lavages, les quantités extraites sont toujours largement supérieures au seuil toléré et ne permettent donc pas une mise en décharge immédiate. Des essais d'inertage dans le bitume et ciments spéciaux ont été réalisés pour ces sulfates de chambre.

En Allemagne, on utilise l'élimination en mines de sel pour ce type de déchet (15 000 € frais de dossier, puis 750 € la tonne !)

La vitrification est possible, mais son coût reste très élevé (technique de la paroi froide CEA, brevet Tréditherm). De toute manière, s'il y a inertage, l'on a un coût élevé : minimum 90 €/t plus décharge de classe 1- maximum.200 à 300 €/t.

La meilleure solution consiste donc à réutiliser ces poussières en tant que matières premières alternatives. Par exemple, les sulfates de chambre après broyage et tamisage sont réutilisés par certains verriers, sans problème, en teinte verte. D'autres verriers arrivent à réutiliser tout ou partie des poussières de neutralisation des fumées. Le recyclage est donc la voie privilégiée pour ce type de poussières.

RÉFECTION DES FOURS VERRIERS : POUSSIÈRES ET DÉCHETS

La réglementation française (arrêté du 18/12/1992) interdit à juste titre la mise en décharge des déchets radioactifs. D'où le problème rencontré par les industriels lors de la mise en décharge de déchets par nature très légèrement radioactifs, car les exploitants de décharge se sont équipés (comme le veut la loi) de portiques dont le seuil d'alarme est réglé au plus bas en fonction du bruit de fond radiologique ambiant.

D'autre part, la Directive Euratom 96/29 (décret français du 4/04/2002) fait entrer, dans le champ d'application des principes de radioprotection, la radioactivité d'origine naturelle qui jusqu'ici ne faisait l'objet d'aucun contrôle particulier. De façon générale :

- Le verre sodocalcique est constitué par la fusion d'un mélange d'oxydes à base de matières premières naturelles ou industrielles.
- Les fours sont conçus pour fondre de larges quantités de verre (de 20 à 750 t/j) pendant des périodes allant jusqu'à 15 ans.
- Les fours sont composés de réfractaires (silice, électrofondus, silicoalumineux, des isolants) et la quantité totale de réfractaire d'un grand four peut atteindre 8000 tonnes.

Une étude exhaustive de cette problématique a été réalisée par la Fédération des Chambres syndicales de l'Industrie du verre et un groupe de travail assisté de spécialistes du recyclage et de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN). Au total, plus de 30 échantillons ont été étudiés : matières premières, calcin, mélange vitrifiable, verre, poussières usagées, tant sur le plan de l'analyse chimique que sur le plan de la radioactivité.

La radioactivité se mesure en Becquerel (ce qui correspond à la désintégration d'un noyau par seconde. L'activité rapportée à la masse s'exprime en Becquerel/g). Par exemple, l'activité massique du zircon naturel est de 60 Bq/g, les briques relativement ordinaires : 0,6 à 1 Bq/g, les phosphates 3 Bq/g, le granit breton : de 1,5 à 8 Bq/g.

Les conclusions des études montrent :

- les matières premières et les verres analysés ne présentent pas d'activité au-delà des seuils de détection des méthodes utilisées
- les poussières de bas de chambre et de filtration des fumées présentent systématiquement un niveau d'activité supérieure au niveau naturel, mais encore très faible. Il n'y a pas de risque radiologique associé au recyclage interne de déchets verriers issus des fumées des fours (ni pour les personnes, ni pour les produits).
- les réfractaires et le mélange de déchets réfractaires contenant du zircon présentent aussi une radioactivité naturelle supérieure



Verrerie du Languedoc : atelier de composition et liaison vers le four.

au niveau moyen naturel. Cela provient de traces d'uranium et de thorium naturel présentes dans les matières premières naturelles utilisées pour la fabrication des réfractaires au zircon.

- L'exposition induite par la manipulation et l'élimination de ces déchets en centre de stockage de déchets industriels spéciaux a été évaluée par l'Institut de protection et de sûreté nucléaire.

Elle est inférieure à 1 mSv/an, même en prenant les déchets présentant la radioactivité la plus grande. Ces déchets peuvent donc normalement être acceptés en centre de stockage de déchets industriels spéciaux.

Verre opale

La fabrication de verre opale émet du gaz fluor, très volatil à haute température. Les verres dits " opaques " contiennent généralement

de 5 à 7 % de fluor. Pour obtenir cette concentration en four à flamme classique, il fallait en introduire autrefois environ 10 %.

Pour éviter les pertes et donc la contamination, la plupart des verriers ont donc changé de type de four et utilisent à présent des fours électriques appelés aussi fours à voûte froide.

Le principe en est simple : le verre est fondu par effet Joule et une couche épaisse de composition froide, non fondue, recouvre la partie supérieure du bain.

Cette couche de composition piège le fluor émis, lequel est ainsi immédiatement réutilisé, sans perte.

Traçabilité

Au Journal officiel des communautés européennes est paru le 1er février 2002, le règlement CE n° 178/2002, relatif à la sécurité alimentaire.

Il impose pour les producteurs de bouteilles, notamment, une identification et un marquage des produits finis permettant de retrouver tous les éléments liés à la production (cela incluant les éléments liés au transport, stockage, fabrication, matières premières utilisées).

H.A.C.C.P.

Ce même règlement recommande l'utilisation de la méthode HACCP, analyse des risques et points de contrôle critiques, dans la fabrication des emballages alimentaires.

Cette méthode, déjà largement utilisée dans l'agroalimentaire pour garantir la sécurité des produits, consiste à effectuer une analyse des risques puis à formaliser la mise sous contrôle des points critiques et à effectuer des actions correctrices.

Textes européens	
Directives 94/62/CE du 20/12/94 (JOCE L365 du 31/12/94)	Emballage et déchets d'emballages
Décision n°97/129/CE du 28/01/97 (JOCE L50 du 20/02/97)	Système d'identification des matériaux d'emballage
Décision n°97/138/CE du 03/02/97 JOCE L52 du 22/02/97)	Tableaux correspondant au système de base de données
Directive 97/69/ CE de 1997	Définition, classement des substances cancérigènes
Décision C398 du 19/02/01 (JOCE L62 du 02/03/01)	Dérogation pour les emballages en verre
Règlement n°178 de 2002 (JOCE du 1/12/2002)	Sécurité alimentaire
Textes français	
Décrets n°92-377 du 1/04/92 (JO du 03/04/92)	Déchets d'emballages ménagers
Décret n°94-609 du 13/07/94 (JO du 21/07/94) Circulaire d'application 95-49 du 13/04/95)	Déchets d'emballages industriels et commerciaux
Décret n°96-1008 du 18/11/96 (JO du 24/11/96 et rectificatif au JO du 11/01/97)	Plans d'élimination des déchets ménagers et assimilés
Décret 98-638 du 20/07/98 (JO du 25/07/98)	Prise en compte des exigences liées à l'environnement dans la conception et la fabrication des emballages

LÉGISLATIONS CONCERNANT LES PRODUITS VERRIERS

Voici les principaux textes législatifs parus depuis 1992 se rapportant aux produits verriers.

Plomb/Cadmium

La Directive européenne 94.62 a prévu une réduction des métaux lourds dans les emballages et déchets emballages. La limite maximale est de 100 ppm pour la somme des 4 éléments : Pb, Hg, Cd, et Cr⁶⁺.

Elle indique que ceux-ci doivent être mesurés en % en masse dans l'emballage, alors que la législation américaine CONEG prévoit la mesure des migrations dans le contenu, ce qui paraît plus raisonnable et plus logique. Des quatre éléments décrits,

seul le plomb a quelquefois posé problème. En effet, il y a environ 30 ans, les surcapsules des bouteilles étaient généralement constituées par une feuille de plomb, d'où une faible teneur en plomb du calcin ménager recyclé (allant jusqu'à environ 150 ppm dans la masse). Il peut aussi y avoir des problèmes de pollution du calcin par l'introduction accidentelle de verre au Pb (cônes TV et cristal).

Les verriers ont établi un dossier technique prouvant que, même si le verre contient dans la masse des milliers de ppm d'oxyde de Pb, celui-ci ne migre pas dans le contenu des emballages (dossier établi avec les tests en vigueur, européens et américains). Mais, la directive étant déjà sortie, une négociation a

permis d'élargir la limite à 200 ppm de plomb dans le verre jusqu'en 2006. Aujourd'hui, chaque verrier d'emballage a dû mettre en place un suivi analytique de ces productions afin de garantir les faibles teneurs en Pb des fabrications. De plus, il doit rechercher les sources suspectes d'être à l'origine des niveaux de concentration élevés en métaux lourds, d'où un suivi important des qualités du calcin. En ce qui concerne les émaux contenant auparavant souvent du plomb, et quelquefois du cadmium, beaucoup de travaux de recherche ont été effectués et à présent presque toutes les couleurs peuvent être réalisées avec des émaux sans Pb et sans Cd.

Le Cr⁶⁺

Le chrome, qui a cet état de valence (6+), est à présent réputé cancérigène. D'où l'obligation pour les verriers, dans les verres colorés au chrome, de passer des verres oxydés aux verres réduits, afin de garantir qu'ils ne peuvent pas contenir de Cr⁶⁺.

Ils appliquent la notion de nombre Redox, qui caractérise le degré d'oxydo-réduction de la composition enfournée. Cette méthodologie a été décrite dans l'exposé d'Alain Abraham (Chef de service Fusion Laboratoire aux Verreries du Courval) lors de la journée d'étude technique du 15 octobre 1998 intitulée : "Matières premières dans l'industrie verrière, évolution face aux nouvelles exigences : qualité, environnement".

Généralement cette notion de verre réduit et de verre oxydé est recoupée par le dosage du % S exprimé en SO₃.

Si le pourcentage en $SO_3 > 0,1 \%$ → nombre Redox positif → verre oxydé
 Si le pourcentage en $SO_3 < 0,1 \%$ → nombre Redox négatif → verre réduit
 En changement de teinte, la zone dangereuse se situe entre le nombre Redox -5 et +5 (risques notamment de bouillons de sulfates)

états de valence pour le verre réduit	états de valence pour le verre oxydé
Fe^{2+}/Fe^{3+}	Fe^{3+}
Cr^{3+}	Cr^{3+}/Cr^{6+}
Mn^{2+}	Mn^{2+}/Mn^{3+}
S^{-}/SO_4^{2-}	SO_4^{2-}
Verre réduit (faible pression d'oxygène)	verre oxydé (forte pression d'oxygène)

Dès connaissances des risques liés au chrome à la valence 6, les verriers (en verre creux) ont donc fabriqué des verres colorés contenant du chrome III (verre réduit ou neutre). Cela a nécessité de modifier les réglages des brûleurs et des fours (gestion de courants de convection, notamment, car la pénétration des rayons infrarouges des flammes dans le bain de verre était changée).
 De plus, le changement de verre oxydé à verre réduit peut entraîner des ennuis : présence de bouillons ou mousse, sur le bain de verre. Il faut donc baisser lentement le nombre Redox afin de limiter les réactions entre verres de degrés d'oxydation différents et cela peut demander un temps assez important (quelquefois plusieurs semaines).

Le fait de travailler en verre réduit présente des avantages et des inconvénients.

Inconvénients :

- risque d'augmentation de bouillons
- la conduite du four plus pointue, plus difficile, doit être bien adaptée
- risque de mousse en zone plus froide, donc des gradients thermiques plus marqués, des verres plus chargés en gaz et plus sensibles au rebullage.

Avantages :

- une baisse de température, donc de consommation, et une durée de vie du four allongée
- baisse des grains (infondus)
- moins de sulfate dans la composition, d'où coût de composition un petit peu moins élevé et moins de rejets de SOx.

Les laines minérales

Les producteurs de laine minérale ont, depuis plus de 20 ans, effectué de nombreuses études sur les fibres de verre et de roche afin de mieux connaître leurs effets potentiels sur la santé. Plus de mille publications scientifiques en traitent et cela était nécessaire après les problèmes que nous avons connus avec l'amiante. Les efforts de R et D ont non seulement porté sur les produits mais aussi sur les processus de production. Dans le cadre de la Directive 97/69 CE de 1997 définissant les critères d'exonéra-



Aire de regroupement du calcin ménager.

tion du classement cancérigène, les fibres et laines minérales sont classées en "ne pouvant être cancérigènes pour l'homme". Elles peuvent donc être utilisées en toute sécurité

Traitement de surface interne

Pour neutraliser la surface interne de pots en verre, l'on utilisait quelquefois un gaz fluoré. L'évolution de la législation l'a interdit et les verriers sont revenus au traitement plus traditionnel à base d'anhydride sulfureux (SO_2) ou effectuent un dépôt de SiO_2 par CVD (déposition en phase vapeur) ou plasma. D'autre part, pour les carafes en cristal contenant du cognac destiné à être exporté (aux Etats Unis notamment), les cristalliers effectuent généralement à l'intérieur de ces carafes un traitement protecteur : par exemple un dépôt de SiO_2 par CVD ou plasma.

Déclaration de conformité

Elle doit être fournie à toute demande des services de contrôle des Pays par le responsable de la mise sur le marché de l'emballage, vide ou plein. Elle doit être écrite et attester que l'emballage mis sur le marché est conforme aux articles 3 et 4 du décret 98/638 relatif à la prise en compte des exigences liées à l'environnement dans la conception et la fabrication des emballages ■