

Recyclage du verre

De tout temps, les verriers ont recyclé leurs rebuts de fabrication dans les fours. Cette pratique assurait non seulement des économies de matières premières mais elle apportait aussi une amélioration sensible des mécanismes de fusion de la composition vitrifiable. Les quantités introduites, appelées de nos jours calcin interne, restaient modestes, de l'ordre de 10 % en poids de la composition vitrifiable. À partir des années 70, une organisation originale entre les collectivités locales, les verriers et les traiteurs de verre, s'est mise en place pour collecter, à grande échelle le verre usagé (ou verre ménager) auprès des particuliers. Ce système fonctionne très bien et a permis d'accroître, de façon importante et régulière, le taux de recyclage du verre usagé dans les fours jusqu'à des valeurs proches de 90 %, par exemple, sur certains fours bouteilles en verre coloré. Ainsi ce verre usagé, appelé calcin externe, est devenu pro-

gressivement une véritable matière première avec des exigences de qualité élevées pour permettre d'élaborer un verre de qualité identique à celui obtenu avec des matières premières conventionnelles. Aujourd'hui, cette pratique continue à progresser dans le cadre des impératifs du développement durable: on considère désormais le recyclage comme un outil stratégique pour l'industrie du verre car il va permettre de faire face aux contraintes environnementales, en particulier sur les émissions de gaz à effet de serre, qui touchent cette industrie.

ORIGINES DU VERRE RECYCLÉ

On distingue deux sources de verre usagé destiné, après traitement, au recyclage dans les fours de verrerie:

- *le verre ménager* issu des collectes sélectives (container verre) et des collectes multimatériaux (poubelle verte); cette source représente 85 % du verre recyclé et se caractérise par une compo-



Gérard Pajean*

sition chimique assez homogène et stable, pour une région donnée, puisqu'il s'agit du mélange de tous les emballages en verre consommés sur un territoire bien défini; par contre ce verre est très pollué par des contaminants minéraux (cailloux, poteries, porcelaine...) et par des contaminants organiques (bois, papiers, plastiques, résidus alimentaires...). La photo ci-dessous montre l'état de ce verre collecté avant traitement.

- *le verre industriel* issu d'activités industrielles utilisant du verre plat ou du verre creux et produisant ponctuellement des rebuts importants, comme les brasseurs ou les entreprises de découpe et de façonnage de verre plat et de verres spéciaux; ce gisement représente 15 % du verre recyclé, reconnu pour être de bonne qualité car peu contaminé mais de composition chimique variable.

QUALITÉ REQUISE, TRAITEMENT DU CALCIN BRUT

Le verre ainsi collecté doit subir un traitement afin d'éliminer les polluants néfastes pour la qualité des futurs produits fabriqués ou nocifs pour le fonctionnement et la durée de vie des fours. Ce sont:

- *les contaminants minéraux infusibles*, cailloux, porcelaines, céramiques, qui, au-dessus d'une taille de quelques centimètres ne peuvent être digérés par le four et vont se retrouver dans le produit fini; ces contaminants sont opaques et pour-



Calcin brut avant traitement

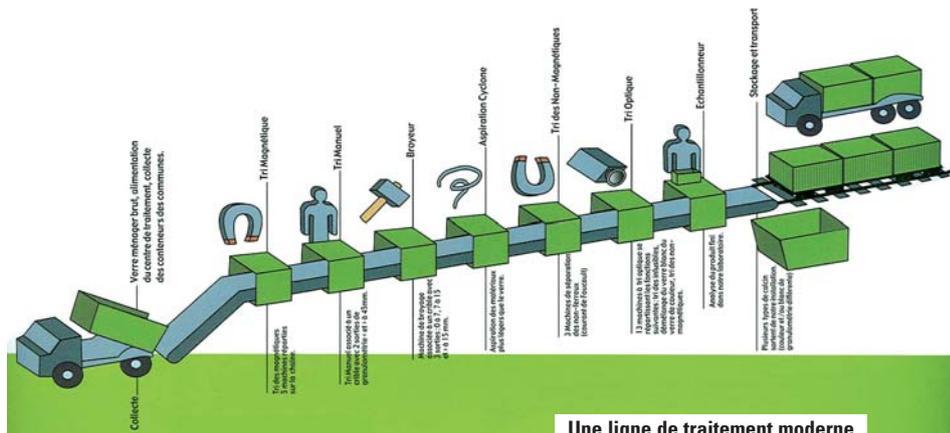
*Membre du Comité scientifique et technique de la revue Verre

ront être détectés optiquement - les métaux magnétiques pouvant générer dans le verre des traînées colorées et des inclusions solides et gazeuses (bouillons); ils seront magnétiquement séparés du verre par passage sur bande transporteuse équipée d'un aimant permanent puissant

- les métaux non magnétiques, comme l'aluminium provenant des capsules et des systèmes de bouchage, susceptibles de réagir avec la silice en formant des billes de silicium, cassantes et dangereuses; ces polluants seront triés par des détecteurs à courant de Foucault.

- les matériaux organiques solubles (résidus alimentaires) et insolubles (étiquettes papier, particules de carton, de plastique...): ces contaminants sont des puissants réducteurs par leur teneur élevée en carbone, et donc capables au cours de leur décomposition au sein du mélange vitrifiable de modifier le caractère oxydoréduction du bain de verre; cette modification aura alors des conséquences dommageables sur la couleur du verre élaboré et sa transmission dans l'infrarouge. L'élimination de ces contaminants organiques se fera par maturation / lavage pour les résidus alimentaires solubles et par tri manuel et soufflage / aspiration pour les déchets solides

- les vitrocéramiques: ce sont des verres spéciaux utilisés pour la fabrication d'objets culinaires, très résistants à la chaleur et gardant une viscosité élevée aux températures de travail du verre sodocalcique, d'où des perturbations sérieuses sur son processus de formage; ces contaminants sont très difficiles à détecter et à trier. Des machines nouvelles de tri par couleur pour extraire le verre blanc du verre coloré sont en cours de dévelop-



Une ligne de traitement moderne

pement et pourront aussi, par des réglages spécifiques, éliminer ces vitrocéramiques grâce à leur faible couleur jaune orangé caractéristique.

Tous ces traitements sont désormais assurés par des sociétés spécialisées, compétentes (appelées traiteurs de calcin) utilisant des techniques classiques de tri (tri manuel, broyage, criblage, tamisage, soufflage, séparation magnétique... mais aussi des technologies nouvelles de détection optoélectronique et de traitement informatique. Le schéma ci-dessus montre une ligne complète de traitement du verre usagé et la photo ci-contre donne un aperçu du résultat obtenu après ce traitement. Enfin le tableau 1, donne une idée du cahier des charges en vigueur et donc du niveau de qualité désormais exigé par les verriers pour une utilisation massive de ce calcin externe dans les fours.

UTILISATION DU VERRE RECYCLÉ ET CONSÉQUENCES SUR LA MARCHE DES FOURS

Ce verre ainsi traité est en réalité un mélange de toutes les tein-

tes existantes d'où l'appellation calcin externe mixte: il est donc surtout consommé par les fours en verre coloré; pour les fours en verre blanc il est nécessaire de pratiquer un tri supplémentaire pour extraire le verre non



Calcin mixte traité

coloré. Cette opération peut se faire soit à la source grâce à des containers dédiés, soit sur les lignes de traitements grâce à des machines de séparation optiques spécifiques; ces opérations sont encore coûteuses et donc peu développées. À ce jour la règle retenue pour le recyclage du verre est celle du tableau 2 (page suivante), en terme d'utilisation maximum possible dans les fours.

granulométrie < 3,15 mm	< 10%
granulométrie > 50 mm	0%
teneur en matériaux infusibles	< 50 g/t
teneur en métaux magnétiques	< 5 g/t
teneur en métaux non magnétiques	< 5 g/t
teneur matériaux organiques solides	< 500 g/t
perte au feu (réducteur totaux)	< 0,25%
teneur en humidité	< 3%

Tableau 1

Tableau 2

	Calcin mixte traité	Calcin blanc trié à la source	Calcin blanc trié optiquement
Four blanc	0%	5%	10%
Four mi-blanc	0%	40%	0%
Four feuille morte, ambre	70%	nc	nc
Four vert	90%	nc	nc

nc = non concerné

L'introduction de ce verre traité dans les fours à la place des matières premières habituelles présente un intérêt considérable sur le plan énergétique et sur le plan environnemental, d'où l'engagement des verriers à recycler en moyenne 60 % du verre fabriqué et utilisé en France :

- une sauvegarde des matières premières naturelles, sable, calcaire, feldspath, équivalente à 1,8 millions de tonnes par an
- une réduction des consommations d'énergie de 15 % : cette

d'oxyde de soufre (SOx) et de poussières de 10 %, représentant plus de 1 000 tonnes de sulfate par an - et enfin une réduction des émissions de gaz carbonique (CO₂), gaz à effet de serre, de 30 % ; sur l'ensemble des productions françaises annuelles cette diminution est estimée à 450 000 tonnes de CO₂ rejeté.

Les principales données énergétiques et environnementales relatives à la fusion d'un verre, comparativement sans calcin et avec 60 % de calcin, sont donc les suivantes :

	Pour 1000 kg de verre élaboré	
	0 % calcin	60 % calcin
Consommation de matières premières naturelles	920 kg	368 kg
Consommation de matières premières de synthèse	256 kg	102 kg
Consommation de matières premières	1176 kg	470 kg
Consommation de calcin	0 kg	600 kg
Consommation énergétique	1200 kWh	1020 kWh
Consommation en équivalent fuel	105 kg	89 kg
Emissions de CO ₂ issues des matières premières	174 kg	71 kg
Emissions de CO ₂ issues du fuel	336 kg	286 kg
Emissions de CO ₂ total	510 kg	357 kg
Emissions de poussières	0,3 kg	0,27 kg
Emissions de SOx	4,0 kg	3,6 kg
Emissions de NOx	2,0 kg	2,0 kg

réduction correspond au gain sur les enthalpies de décomposition et de vitrification des matières premières remplacées par le verre recyclé ; elle représente pour les fours chauffés au fioul une économie de 15 kg de fioul par tonne de verre fondu. Cette diminution de consommation de fioul dans les fours aura comme effets supplémentaires :

- une réduction des émissions

EVOLUTIONS EN COURS

Actuellement le niveau de recyclage se situe au voisinage de 55 % du gisement de verre usagé avec une tendance à une relative stagnation depuis quelques années. Ce ralentissement s'explique par une insuffisance de verre brut collecté, et par un manque de calcin blanc pour les nombreux fours élaborant du verre blanc. Des actions sont en

cours pour densifier le nombre de containers destinés au recyclage du verre, et pour introduire le tri par couleur à la source en mettant à la disposition des usagers un container supplémentaire réservé au verre blanc.

Enfin, à signaler que d'autres voies de valorisation se développent afin de trouver des débouchés pour du verre de récupération particulièrement pollué et qui, même après traitement, ne pourrait satisfaire le cahier des charges des verriers. Cela concerne par exemple :

- des lots de calcin ménager trop contaminés ou de granulométrie trop fine et donc difficiles à trier
- des lots de verre spéciaux, de composition chimique trop éloignée des verres sodocalcique
- les rejets des machines de tri optique des nombreuses lignes de traitement du calcin ménager brut.

Dans ce cas, on pratique des opérations de broyages et de tamisage pour obtenir une poudre de verre de granulométrie voisine de 1 mm. Cette poudre trouve alors de nombreuses applications comme additifs (peintures, matériaux plastiques, béton, carrelage, tuiles...) ou mieux pour élaborer de nouveaux matériaux pour le bâtiment comme les mousses de verre isolantes, ou les billes de verre expansé. ■



Ligne de tri optique