



HAL
open science

L'industrie du verre en France

Xavier Capilla, Daniel Coillot, Eric van Hullebusch

► **To cite this version:**

Xavier Capilla, Daniel Coillot, Eric van Hullebusch. L'industrie du verre en France. *Matériaux & Techniques*, 2022, 110, 10.1051/mattech/2022023 . insu-03824269

HAL Id: insu-03824269

<https://insu.hal.science/insu-03824269>

Submitted on 21 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution| 4.0 International License

L'industrie du verre en France

Xavier Capilla^{1,*}, Daniel Coillot², et Eric van Hullebusch³

¹ Institut du verre, Paris, France

² Baccarat, Paris, France

³ Université de Paris, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS, UMR 7154, 75238 Paris, France

Reçu le 24 novembre 2021 / Accepté le 18 mars 2022

Résumé. La France est un producteur majeur de produit verrier en Europe. La production est très diverse en termes de composition verrière et d'usage : verre sodocalcique pour les arts de la table, le bâtiment, l'automobile et l'emballage, verre borosilicaté pour les arts culinaires, les emballages pharmaceutiques, les laboratoires, verres spéciaux pour des applications aussi nombreuses que variées... La grande diversité des applications conduit l'industrie du verre à se conformer à de nombreuses réglementations que ce soit sur le produit ou sur le procédé. Avec un taux de recyclage en croissance et de multiples options en cours d'étude pour adapter le procédé à la lutte contre le changement climatique, le verre répond aux enjeux de notre société et reste un matériau innovant et moderne.

Mots clés : verre / industrie / France

Abstract. France is a major producer of glass products in Europe. Production is very diverse in terms of glass composition and use: soda-lime glass for tableware, construction, automotive and packaging, borosilicate glass for culinary arts, pharmaceutical packaging, laboratories, special glass for many different applications... The wide range of applications means that the glass industry has to comply with numerous regulations, both on the product and on the process. With a growing recycling rate and multiple options being studied to adapt the process to the fight against climate change, glass meets the challenges of our society and remains an innovative and modern material.

Keywords: glass / industry / France

1 Introduction

Produit depuis l'antiquité, le verre présente de manière générale des propriétés très intéressantes : durabilité chimique, transmission/absorption optique, isolation thermique et électrique, recyclabilité à 100 % sans perte de ses propriétés...

La production du verre s'effectue à partir d'un mélange vitrifiable composé de matières premières synthétiques ou d'origines naturelles (oxydes, carbonates, sulfates, hydroxydes...) et de calcin (verre recyclé). Ce mélange est fusionné dans un four à une température de l'ordre de 1400/1500 °C pour générer un liquide homogène qui sera à l'origine du verre une fois refroidi. L'industrie verrière française représente plus de 80 fours à bassin répartis sur une cinquantaine de sites en France.

Le secteur verrier présente une très grande diversité, à la fois :

– sur le type de produits fabriqués : bouteilles et pots, flaconnage, verre plat, fibre de verre, laine de verre, art de la table et d'ornementation, bijoux et verres spéciaux (protection radiologique, verres à usages médicaux, stockage des déchets nucléaire...);

– sur les marchés visés qui induisent des spécificités de procédés industriels : température de fusion, atmosphère réductrice ou oxydante des fours, exigences de qualité, taille des installations, type de machine de formage et d'usinage, cadences, techniques de parachèvement, etc.;

– sur la nature du verre produit : verre sodocalcique (majoritairement), verre borosilicate (mélange initial comportant de l'oxyde de bore), cristal (mélange initial comportant de l'oxyde de plomb) ou verres spéciaux;

– sur le type de matières premières utilisées, leurs spécifications et leurs teneurs (près de 65 % de calcin post consommateur dans le verre d'emballage en moyenne mais plus de 90 % de calcin dans certains fours, pas de calcin externe dans la partie pharmaceutique);

* e-mail: xavier.capilla@institutduverre.fr

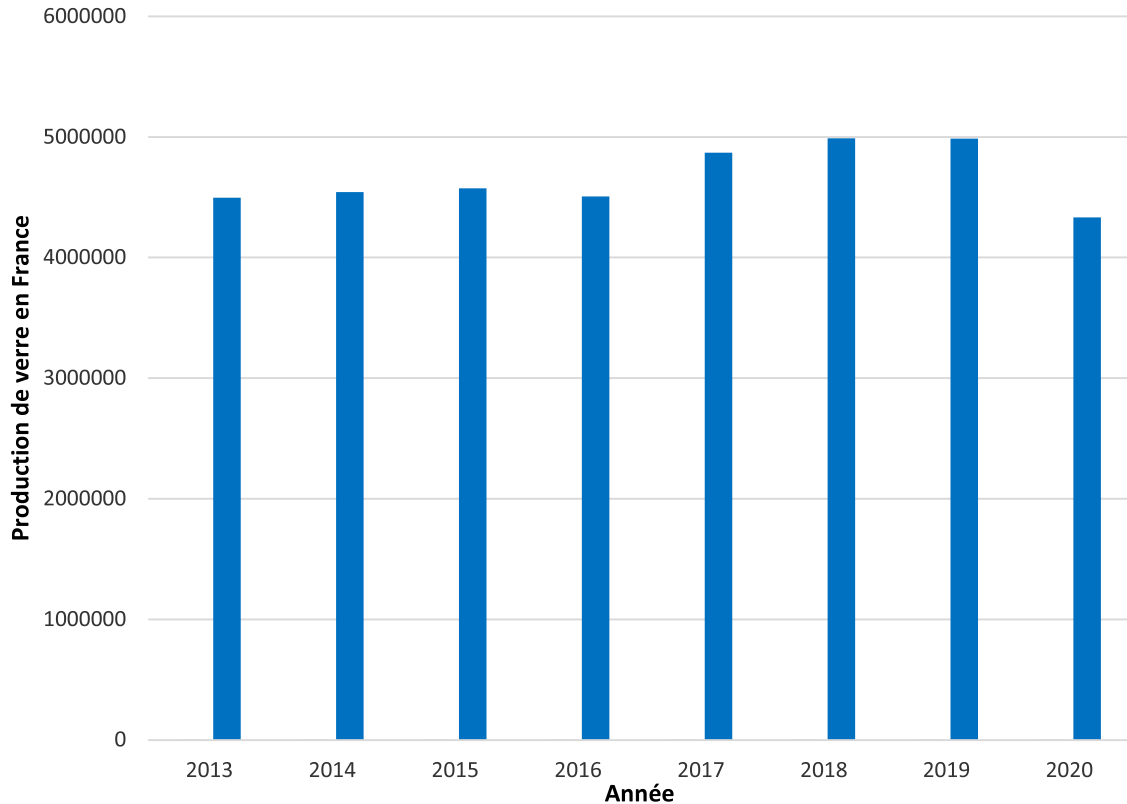


Fig. 1. Production de verre en France (en t) sur l'ensemble des secteurs verriers entre 2013 et 2019 (Fédération des chambres syndicales de l'industrie du verre).

- sur la taille, le design et la technologie des fours (de la production quasiment artisanal sur un four à pot à plusieurs centaines de tonnes par jour sur des four à bassin) qui engendreront des coûts, rendements et performances variables en fonction de l'application ;

- sur la durée de vie des fours (de 2 ans à 20 ans) ;

- sur les énergies utilisées : des fours 100 % électriques à des fours à gaz avec un « appoint » (*boosting*) électrique et une consommation de fioul lourd en forte décroissance...

Les données, exprimées sous forme agrégée ou en moyenne, représentent donc difficilement la réalité et la diversité du secteur.

2 Les différents secteurs verriers en France

La production verrière en France atteint presque 5 millions de tonne par an en 2019 en recul en 2020 du fait de la crise sanitaire Covid (Fig. 1). Le secteur emploie directement près de 25 000 salariés en France (source : open.urssaf.fr) notamment sur 43 sites produisant plus de 20 t/jour (seuil de la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement). L'industrie verrière française occupe la deuxième place en Europe.

La production industrielle d'article en verre se décompose en plusieurs étapes. Après la fusion des matières premières dans le four, les articles sont formés à chaud selon différents procédés spécifiques de formage, majoritairement mécanisés, qui dépendent de l'article à produire. L'ensemble des articles est ensuite recuit dans des arches, permettant

d'éliminer les contraintes générées lors du formage par une maîtrise du refroidissement jusqu'à la température ambiante. Dans certains cas, les articles peuvent être trempés thermiquement pour leur conférer des propriétés mécaniques renforcées. Au final, les articles formés peuvent faire l'objet d'étapes complémentaires de transformation (décoration, taille, mise en forme pour le verre plat, céramisation pour les vitro-céramiques...) éventuellement sur un site différent de la production initiale.

2.1 Verre d'emballage

L'industrie du verre d'emballage regroupe les producteurs de bouteilles, de pots et de flacons. La production est de l'ordre de 3 millions de tonne par an. Les marchés afférents sont principalement les domaines agro-alimentaires, celui des cosmétiques et des parfums et celui de la pharmacie. On peut notamment évoquer le territoire de la Vallée de la Bresle (Hauts-de-France) qui regroupe de nombreux acteurs rayonnant à l'international dans le flaconnage de Luxe.

Cette partie de l'industrie verrière est donc intimement liée à des secteurs très exportateurs, partie intégrante de l'image de notre pays. Ce secteur produit essentiellement des verres sodo-calciques et borosilicatés en lien avec la fonctionnalité souhaitée de l'article final. À titre d'exemple, les verres pharmaceutiques sont classifiés en trois types selon leur performance en termes de résistance hydrolytique :

- le type I correspond à un verre borosilicate considéré comme neutre et réutilisable ;

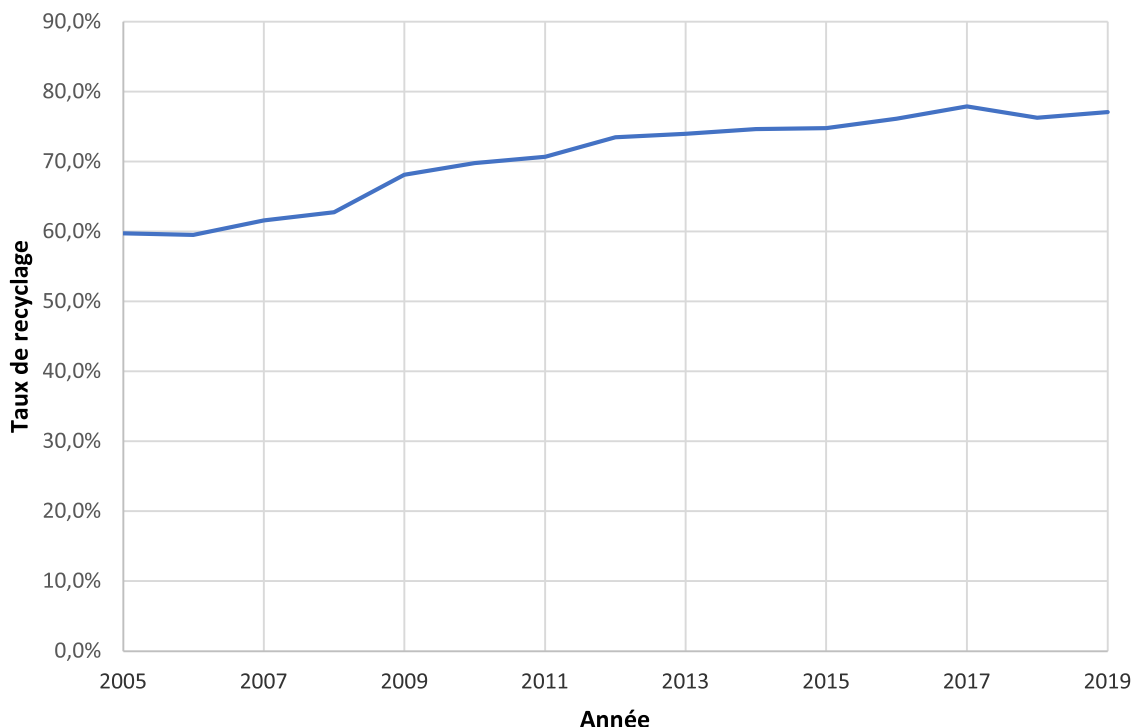


Fig. 2. Évolution du taux de recyclage du verre d'emballage en % en France entre 2005 et 2019 (<http://www.verre-avenir.fr/Le-recyclage-du-verre>).

- le type II est un verre sodocalcique, ayant subi un traitement de désalcalinisation de surface par des composés soufrés pour limiter les échanges ioniques contenant/contenu, et pouvant être utilisé pour l'administration de médicament par voies injectables ;
- le type III est un verre sodocalcique classique avec une résistance hydrolytique plus faible utilisé pour les médicaments administrés par voie orale.

2.2 Verre plat

L'industrie du verre plat alimente les marchés du bâtiment et de l'automobile. Une fois le verre plat produit, il doit être transformé (découpe, mise en forme, traitement, assemblage) afin de répondre aux attentes des clients. La production est de l'ordre de 1 million de tonne par an. Ce secteur produit essentiellement des verres sodocalciques.

Ces produits intègrent des nouvelles technologies en fonctionnalisant la surface du verre, via le dépôt de couches minces, ce qui permet notamment d'améliorer l'efficacité thermique et le confort des bâtiments et automobiles.

2.3 Art de la table

Cette partie de l'industrie regroupe la production des articles en verre destiné à la table et caractéristique d'un savoir-faire français : verres pour boire, saladier, assiettes, plats pour la cuisson... mais aussi des articles de décoration.

Ce secteur produit plusieurs types de verre : sodocalcique, borosilicaté, opale, cristal... et regroupe de nombreux acteurs et métiers allant du petit atelier artisanal (pièce unique) à la production industrielle avec des cadences importantes.

2.4 Laine de verre, fibre et verre spéciaux

Ce secteur produit la laine de verre destinée à l'isolation mais aussi les fibres de renforcement utilisées dans les matériaux composites et enfin l'ensemble des verres spéciaux (optique, vitrage de protection pour la radiologie, écrans, renforcement osseux, scellements, stockage des déchets nucléaires...). Les verres spéciaux recouvrent également des volumes significatifs de vitrocéramiques destinées aux plaques de cuisson et aux vitres pare-feu.

Ce secteur produit par nature des quantités limitées de verre souvent très qualitatives en lien avec les exigences et le cahier des charges des applications associées. Il est souvent à l'origine d'innovations de rupture basées sur des études fondamentales. Par exemple, des compositions de verre novatrices à base de chalcogène sont actuellement en cours de transfert industrielle dans le domaine des fibres optiques et des lentilles infrarouges.

3 Verre et recyclage

Le verre a la particularité d'être recyclable à 100 % et à l'infini ce qui permet à la fois d'économiser les matières premières et de réduire les besoins en énergie liés à sa production [1,2].

Mis en place depuis plus de 45 ans, à ce jour, en France, le recyclage permet au calcin de constituer la matière première majoritaire des verriers. Le recyclage du verre est déjà largement généralisé notamment en ce qui concerne le verre d'emballage, secteur où le calcin représente de l'ordre de 65 % des matières premières. Le taux de recyclage des emballages en verre progresse régulièrement depuis la mise en place de la démarche au milieu des années 1970 (Fig. 2). à ce jour, l'industrie verrière utilise l'ensemble du calcin disponible sur le marché français et pourrait en utiliser davantage, sous réserve que le calcin proposé réponde aux exigences de qualité des différentes productions. L'expérience montre qu'il est possible de produire du verre de très bonne qualité avec des taux de calcin supérieur à 80 %.

La filière emballage a signé avec l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur du verre (collectivités, éco-organismes, embouteilleurs, distributeurs et verriers) une charte « Verre 100 % Solutions » visant à accroître le taux de collecte des emballages en verre afin d'atteindre 90 % en 2025 (le taux actuel est de 77,1 %, source : verre-avenir.fr). Cela représente une augmentation de la collecte d'environ 400 kt annuellement.

La filière verre plat bâtiment s'est engagée dans un Engagement de Croissance Verte (ECV) en 2017 afin d'améliorer la collecte du verre plat issu des bâtiments. Ses travaux seront certainement très utiles à l'établissement d'un circuit du recyclage plus efficace dans le cadre de la Responsabilité Elargie du Producteur (REP) mis en place par la loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire adoptée en janvier 2020.

D'autres filières verrières de valorisation sont par ailleurs étudiés afin notamment de valoriser les verres spéciaux (sous forme de frites de verre, de billes ou de mousses) [3] ou la laine de verre... L'industrie du verre est donc pleinement engagée dans la mise en œuvre concrète de l'économie circulaire.

4 Verre et réglementations

Le verre présente des propriétés d'inertie et de stabilité très intéressantes par rapport aux autres matériaux, ayant notamment conduit les autorités américaines à reconnaître le verre sodo-calcique comme GRAS (*Generally Recognize As Safe*). Cependant, il existe de nombreuses réglementations qui encadrent la production d'article en verre en lien avec les aspects hygiène, sécurité et environnement d'une part et les aspects fonctionnalités du produit fini d'autre part.

4.1 REACH

Le règlement REACH (*Registration, Evaluation and Authorisation of Chemical*) vise à protéger la santé humaine et l'environnement des risques potentiels des substances chimiques en Europe. Il s'articule autour de la fourniture de données sur les propriétés des substances produites/importées en Europe (Enregistrement) et de procédure d'identification des risques puis de gestion des risques le cas échéant (Restriction et Autorisation).

Les verres sont exemptés d'enregistrement via l'annexe V.11 de REACH, sous réserve de ne pas contenir de constituants répondant aux critères de classification comme substances dangereuses conformément au règlement CLP (Classification, Labelling, Packaging) à moins que des données expérimentales concluantes n'indiquent que ces constituants ne sont jamais disponibles durant le cycle de vie de la substance.

Les articles en verre sont constitués d'un mélange de divers éléments chimiques (silicium, sodium, calcium, potassium ...) intimement liés lors de la fusion et formant un réseau vitreux aléatoire et complexe. Par conséquent les matières premières utilisées pour la production sont des intermédiaires, transformés au cours du procédé en la substance verre.

4.2 Matériau en contact des denrées alimentaires

Les articles en verre, sauf exception, ne présentent pas de niveaux significatifs de migration [4]. Ils sont en général testés comme les articles en céramique en ce qui concerne les niveaux de migration de cadmium et de plomb. En Europe, la réglementation est en cours de révision afin d'intégrer « officiellement » les articles en verre dans les textes encadrant la céramique, d'élargir la liste des métaux concernés et de réviser les protocoles de test (prise en compte des temps de contact et des usages répétitifs) (JRC Technical Report par Simoneau et al. [5]). La modification des protocoles de test a déjà été adoptée au niveau normatif via la révision de la norme ISO 70786. Le protocole consiste, dans un premier temps, à mettre en contact les contenants alimentaires avec de l'acide acétique (4 % v/v) à 22 °C pendant 24 h ou trois fois 2 h – le mode opératoire dépendant de la fonctionnalité de l'article. Dans un second temps, la teneur des éléments chimiques ciblés est mesurée dans l'acide acétique.

En France, la DGCCRF limite également la migration de trois autres métaux aluminium, cobalt et arsenic (<https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Materiaux-au-contact-des-denrees-alimentaires>). Les valeurs actuelles de migration varient en fonction des catégories d'article. En France pour la catégorie la plus courante, les valeurs sont 4 mg/L pour le plomb, 0,3 mg/L pour le cadmium, 1 mg/L pour l'aluminium, 0,02 mg/L pour le cobalt et en deçà de la limite de détection pour l'arsenic.

4.3 Bijoux

En ce qui concerne les restrictions européennes s'appliquant aux bijoux et aux articles que les enfants sont susceptibles de mettre en bouche, une dérogation permanente s'applique au cristal.

4.4 RoHS

Le cristal (catégories 1 à 4 de la Directive 69/493) bénéficie d'une exemption à la directive sur les restrictions au plomb dans les équipements électriques et électroniques. Les exemptions à la RoHS sont accordées par la Commission européenne pour une période de cinq ans, renouvelable à chaque fois.

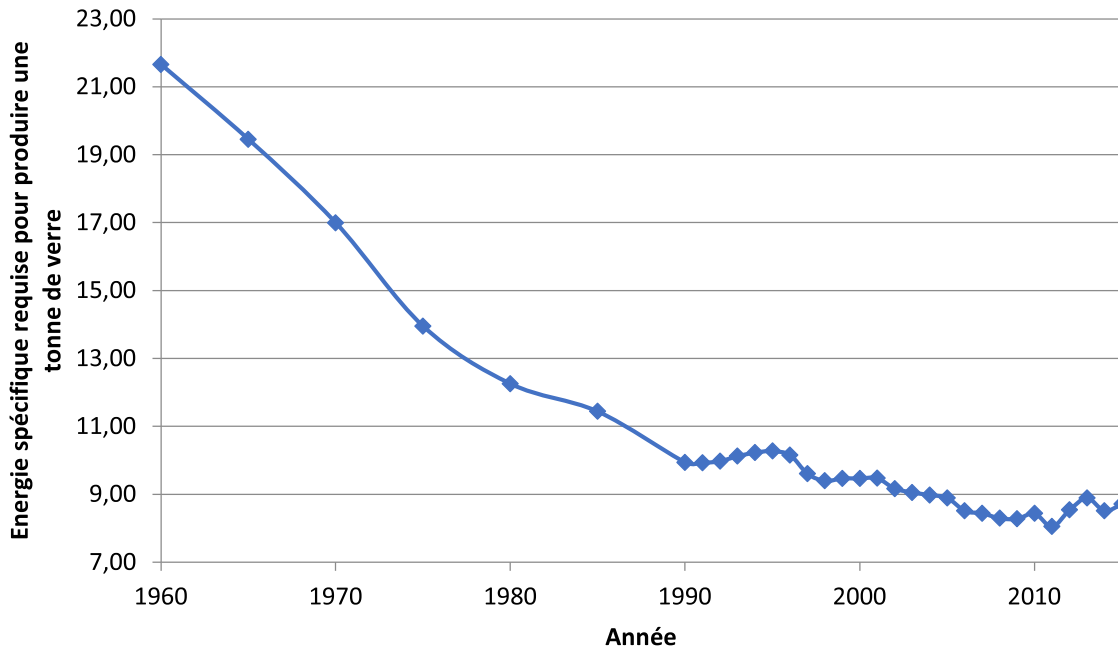


Fig. 3. Énergie spécifique (GJ/t) pour produire une tonne de verre (ensemble des secteurs verriers) de 1960 à 2018.

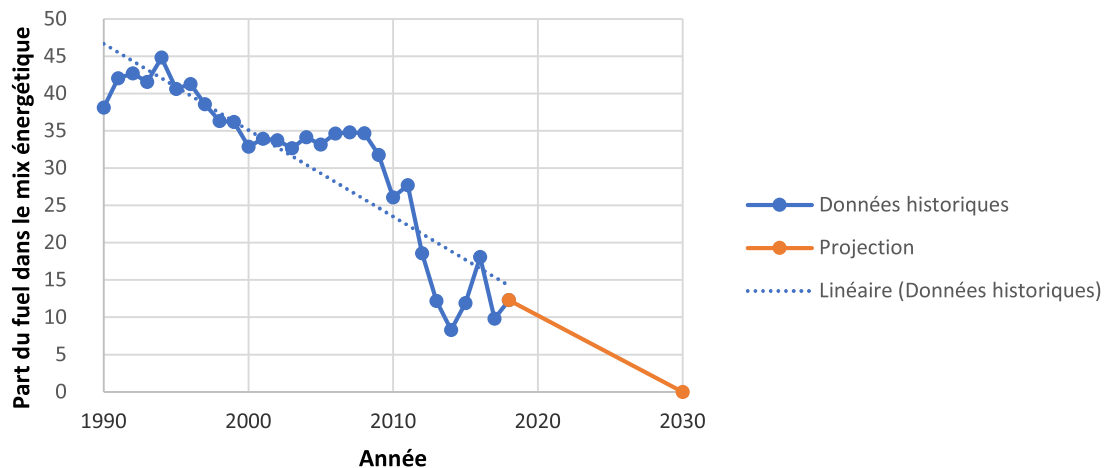


Fig. 4. Évolution de la part du fuel dans le mix énergétique du secteur verrier en % de 1990 à 2030 (projection).

En parallèle, la démarche RSE (Responsabilité Sociétale des Entreprises) initiée globalement et volontairement par les acteurs verriers a pour but de se préoccuper des impacts sociaux et environnementaux de leurs activités. Il en découle une approche vertueuse de l'ensemble des parties prenantes (entreprise, client, fournisseur) qui contribue au développement durable tout en conservant la viabilité économique du secteur verrier.

5 Le verre face au défi du changement climatique

Le verre, produit, par la fusion de matière première, requiert de l'énergie. L'essor des préoccupations liées au changement climatique a poussé depuis de nombreuses années l'industrie du verre à réduire ses consommations par

tonne de verre produite (Fig. 3). Les émissions sont associées pour partie à la combustion des énergies fossiles (75 à 80 % des émissions) et pour partie à la décarbonation des matières premières (20 à 25 % avec une forte variabilité selon les secteurs verriers).

Conscient que les efforts de l'ensemble des secteurs de la société seront nécessaires, l'industrie du verre poursuit ses efforts afin de décarboner sa production et travaille sur différents axes :

- Hausse du taux de calcin – voir paragraphe sur le recyclage
- Amélioration de l'efficacité énergétique : à chaque reconstruction de four, la conception est optimisée afin de réduire les besoins en énergie et ainsi les émissions de gaz à effet de serre. Les techniques d'oxycombustion sont également mise en place (permettant aussi de limiter les émissions de NOx).

- Changement de source d'énergie :
 - Commencé depuis plusieurs années, la décroissance de la part du fioul se poursuit. Le fioul devrait disparaître du mix énergétique verrier d'ici une décennie (Fig. 4).
 - La part d'électricité augmente dans le mix énergétique et les industriels travaillent à l'augmenter davantage avec un projet collectif (<https://feve.org/about-glass/furnace-of-the-future/>) qui regroupe 19 verriers. Pour certains types de verre et certaines applications, des fours 100 % électrique avec un design et une technologie spécifique peuvent être utilisés.
 - Le recours à du biométhane qui permet de réduire les émissions associées à l'usage du gaz.
 - Le recours à l'hydrogène en mélange dans le gaz naturel dans un premier temps et éventuellement comme source exclusive d'énergie à plus long terme est également étudié par les verriers.

6 Conclusion

Grâce à sa nature amorphe, il existe une infinité de composition de verre qui confère à ce matériau des propriétés modulables adaptées pour de nombreuses applications. Il peut notamment présenter une excellente durabilité chimique qui lui permet de répondre aux normes sanitaires de plus en plus strictes en ce qui concerne le contact avec les denrées alimentaires. Matériau historique, il fait toujours l'objet de nombreuses études académiques et industrielles qui conduisent à des innovations technologiques et des découvertes :

- sur la structure des verres et ses propriétés associées toujours plus performantes ;

- sur les produits réalisés et leur fonctionnalité en lien avec l'évolution des nombreuses applications ;
- sur le procédé mis en œuvre.

Ce matériau s'inscrit ainsi dans l'avenir, notamment en réduisant les émissions de gaz à effet de serre associées à sa production, en permettant la mise en œuvre d'une économie circulaire.

Références

1. A.W. Larsen, H. Merrild, T.H. Christensen, Recycling of glass: accounting of greenhouse gases and global warming contributions, *Waste Manage. Res.* **27(8)**, 754–762 (2009), <https://doi.org/10.1177/0734242X09342148>
2. T.D. Dyer, Glass recycling, in: *Handbook of Recycling*, Elsevier, pp. 191–209, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396459-5.00014-3>
3. R. Lebullenger, F.O. Mear, Glass recycling, in: J.D. Musgraves, J. Hu, L. Calvez (Eds.), *Springer Handbook of Glass*, Springer Handbooks, Springer, Cham, 2019, https://doi.org/10.1007/978-3-319-93728-1_39
4. K.C. Cho, Y.E. Jo, S.Y. Park, et al., Monitoring of heavy metals migrated from glassware, ceramics, enamelware, and earthenware, *J. Food Hyg. Saf.* **35(1)**, 23–30 (2020), <https://doi.org/10.13103/JFHS.2020.35.1.23>
5. C. Simoneau, G. Beldi, N. Jakubowska, M. Peltzer, Towards suitable tests for the migration of metals from ceramic and crystal tableware: Work in support of the revision of the Ceramic Directive 84/500/EEC, EUR 28872 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, ISBN 978-92-79-76302-1 (pdf), <https://doi.org/10.2760/54169> (online), JRC108092

Citation de l'article: Xavier Capilla, Daniel Coillot and Eric van Hullebusch, Sustainability screening in the context of advanced material development for printed electronics, *Matériaux & Techniques* **110**, 401. (2022)