



# Feuille de route de décarbonation de la filière « filière Verre » - Juin 2023

## Sommaire (interactif)

### Table des matières

1 -	Introduction – Le secteur du verre en France.....	3
2 -	Inventaire des émissions de gaz à effet de serre de la filière .....	6
a)	Périmètre des émissions .....	6
b)	Origine des émissions de gaz à effet de serre .....	7
	Une grande demande d'énergie thermique : 80% des émissions .....	7
	20% des émissions indépendantes de la consommation énergétique .....	9
c)	Historique des émissions (scopes 1 et 2).....	10
d)	Périmètre des émissions du scope 3.....	12
3 -	Trajectoire de réduction des émissions de la filière .....	14
a)	Évolution de la production de la filière.....	14
b)	Leviers de réduction des émissions de GES de la filière .....	14
	Le recyclage : un levier de décarbonation majeur et un bénéfice matière .....	15
	L'amélioration de l'efficacité énergétique .....	16
	Le remplacement des usages du fioul.....	17
	L'utilisation de biogaz.....	17
	L'électrification des procédés .....	17
	Le recours à l'hydrogène .....	19
	Le déploiement du Carbone Capture and Storage. ....	20
c)	Objectifs de réduction des émissions de la filière.....	21
	Leviers identifiés par la filière pour l'atteinte des objectifs 2050.....	25
d)	Besoins correspondants.....	27
e)	Impact pressenti du MACF.....	28
4 -	Réalisations et projets emblématiques.....	28
5 -	Le soutien attendu de l'Etat pour la décarbonation de la filière .....	29
6 -	Annexe : des réalisations et des projets nombreux et diversifiés. ....	32
a)	De nombreux projets de décarbonation réalisés .....	32
b)	Lauréats des appels à projets Décarbonation.....	42

## Synthèse (max 1-2 pages)

Les émissions de l'industrie verrière sont à 80% des émissions liées à l'usage de combustible fossile et à 20% des émissions de process (en générale dans l'industrie le ratio est de 60/40).

La feuille de route de décarbonation de la filière Verre correspond à une réduction de :

- 1.12 MtCO<sub>2</sub>e de ses émissions de GES Scope 1 en 2030 et de 2.5 MtCO<sub>2</sub>e en 2050 par rapport à 2015, **soit une réduction de 42% et de 93% respectivement, dans le scénario le plus ambitieux ;**
- 0.81 MtCO<sub>2</sub>e de ses émissions de GES Scope 1 en 2030 et de 2.38 MtCO<sub>2</sub>e en 2050 par rapport à 2015, **soit une réduction de 30% et de 88% respectivement, dans le scénario central ;**
- 0.58 MtCO<sub>2</sub>e de ses émissions de GES Scope 1 en 2030 et de 2.18 MtCO<sub>2</sub>e en 2050 par rapport à 2015, **soit une réduction de 22% et de 81% respectivement, dans le scénario tendanciel.**

Cette réduction sera rendue possible par :

- La réduction des émissions de process via l'utilisation de calcin (verre recyclé) issu de la collecte du verre, le verre étant recyclable à 100% et à l'infini
- Un changement de mix énergétique :
  - fin de l'usage du fuel
  - électrification accrue des procédés (électricité décarbonée)
  - substitution du gaz naturel fossile résiduel par utilisation de biométhane
- L'amélioration de l'efficacité énergétique

La réalisation de cette feuille de route dépend principalement des conditions suivantes : la disponibilité et compétitivité des énergies décarbonées, la facilité de raccordement au réseau électrique, une économie circulaire performante des produits verriers (collecte et recyclage).

## 1 - Introduction – Le secteur du verre en France

La Fédération des Chambres Syndicales des Industries du Verre - (FCSIV) représente, sur le plan national, les industries verrières. Elle regroupe : les chambres syndicales des Verreries Mécaniques de France (CSVMF) intégrant les producteurs de Verre creux (emballage et gobeletterie) et la chambre syndicale des fabricants de verre plat (CSFVP), et celle des Verreries Techniques (fibre de verre, laine de verre, verres spéciaux).

Le secteur verrier représente plus de 80 fours répartis sur une cinquantaine de sites en France. La FCSIV regroupe les principaux verriers industriels opérant en France.

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

- sur le type de produit fabriqué : bouteilles et pots, flaconnage, verre plat, fibre de verre, laine de verre, art de la table et verres spéciaux
- sur la nature chimique du verre produit : verre sodocalcique (majoritairement), verre borosilicate ou verres spéciaux.
- sur les marchés visés qui induisent des spécificités de process : taille des installations et des fours, température de fusion, potentiel Redox des fours, coloration du verre, processus de formage des articles, exigences de qualité,
- sur les matières premières utilisées (près de 65 % de calcin<sup>1</sup> dans le verre d'emballage, très peu de calcin externe dans les arts de la table)
- sur la taille du four (d'une dizaine de tonne par jour à plusieurs centaines de tonnes par jour)
- sur la durée de vie des fours (de 2 ans à 20 ans),
- sur les énergies utilisées : des fours à gaz avec un « appoint » électrique et des fours 100 % électriques.

Une valeur moyenne représente donc difficilement la réalité et la diversité du secteur.

La France est le troisième producteur européen de verre, avec une production d'environ 5 millions de tonnes par an depuis 2012. Une cinquantaine de sites assurent cette production, alors que près 700 sites sont liés à la transformation du verre plat. De nombreux types de verres pour des usages sont produits, mais deux marchés principaux se démarquent :

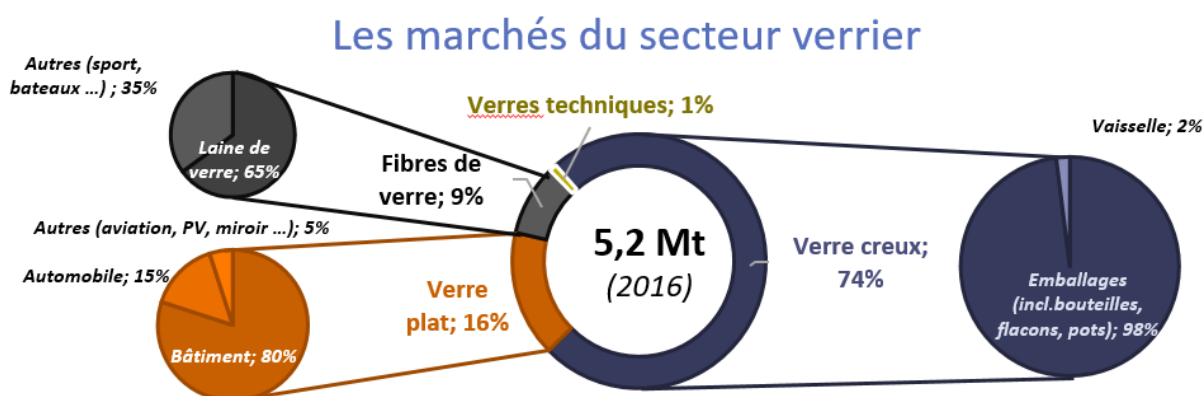
---

<sup>1</sup> Verre recyclé

- Verre creux (emballages, arts de la table) : 74% de la production de verre en France sur 33 sites
- Verre plat et fibre principalement pour le bâtiment : entre 15 et 20% de la production de verre en France sur 13 sites

Une trentaine de sites de production concentrent 50% des emplois (35 000 au total) et 75% des émissions de CO<sub>2</sub> du secteur. Les produits tels que les emballages sont généralement vendus ou conditionnés dans un rayon de 300 km autour des lieux de production mais ces produits verriers sont souvent associés à des secteurs exportateurs, en particulier les secteurs des vins et spiritueux, parfums et cosmétiques. Le calcin, matière première recyclée du verre, est préparé dans 14 sites de traitement proches des verreries et est très peu échangé au niveau international.

Il est à noter que les efforts d'écoconception, notamment via l'allégement dans le secteur de l'emballage, ont permis de fournir davantage d'emballage pour une même quantité de verre produite. Le poids des bouteilles de champagne a ainsi été réduit de 7% en passant de 900 à 835g<sup>2</sup>.



Source<sup>3</sup> : « Plans de Transition Sectoriels - Mémo d'analyse des enjeux de décarbonation du secteur du verre »

A noter également que la répartition géographique des sites verriers, au plus près des clients pour l'emballage alimentaire, avec une forte concentration dans la vallée de la Bresle pour le flaconnage ne permet pas le déploiement de toutes les technologies bas carbone de manière similaire sur l'ensemble des sites (proximité de réseau hydrogène par exemple).

<sup>2</sup> <https://www.champagne.fr/fr/decouvrir-le-champagne/un-grand-vin-d-assemblage/flaconnage-bouteilles-champagne>

<sup>3</sup> Source : <https://finance-climact.fr/actualite/decarboner-le-secteur-du-verre>



## 2 - Inventaire des émissions de gaz à effet de serre de la filière

### a) Périmètre des émissions

La production du verre s'effectue en chauffant les matières premières à une température de l'ordre de 1300/1500°C. L'apport d'énergie requis par cette activité à **feu continu** est principalement assuré par du gaz naturel et de l'électricité. La présence de carbonate au sein des matières premières utilisées conduit à des émissions de CO<sub>2</sub> dites de process pouvant varier en fonction de différents facteurs dont le taux d'introduction de calcin (verre recyclé). Une partie de l'énergie, principalement du gaz naturel, est également utilisée lors des procédés aval (recuisson et rebrûlage des surfaces des articles...).

En 2015, les émissions de gaz à effet de serre (GES) de l'industrie française ont représenté 83,8 Mt de CO<sub>2</sub> eq<sup>4</sup> et celles des industries des produits minéraux non métalliques se sont élevées à 19,1 Mt CO<sub>2</sub> (22,8% des émissions de l'industrie).

**Les émissions de l'ensemble du secteur verrier représentent 2,7 M tonnes de CO<sub>2</sub> dont 2 200 kt liées à la combustion et 500 kt liées à la décarbonatation des matières premières (données SECTEN - CITEPA). Cela représente 3% des émissions de GES de l'industrie et 0,6% des émissions nationales (à noter qu'en 2015 la production dans le secteur du verre plat connaissait un des plus faibles volumes des 10 dernières années (16% en deçà de la moyenne 2013-2020)).**

Le scénario de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) prévoit pour la filière de la production de minéraux non métalliques une réduction des émissions de respectivement 24% en 2030 et 85% en 2050 par rapport à 2015.

L'Etat et la filière conviennent ici d'une feuille de route pour la décarbonation du secteur du verre aux horizons 2030 et 2050 visant à tendre vers le scénario de la SNBC, en détaillant les leviers qui seront mis en œuvre pour rendre cette trajectoire possible.

La trajectoire de la profession verrière pour 2030 prévoit ainsi une réduction de ses émissions de 0,81 Mt CO<sub>2</sub>eq, soit une diminution de 30 % par rapport au niveau de 2015 à production constante, en phase avec le scénario de la SNBC.

Pour la période 2030-2050, la trajectoire retenue est une réduction de 2,38 Mt CO<sub>2</sub>eq en 2050 par rapport à 2015, soit une réduction de 88 % par rapport à 2015.

La présente feuille de route n'a pas vocation à être définitive. Elle sera amendée sur la base des travaux en cours par ailleurs (par exemple le Plan de Transition Sectoriels de l'ADEME), de l'évolution des technologies et de la disponibilité des différentes sources d'énergie.

---

<sup>4</sup> Les émissions sont exprimées en équivalent CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>eq) en fonction de leur impact sur l'effet de serre (1 kg de méthane a par exemple un impact 25 fois plus important qu'1 kg de CO<sub>2</sub>).

En parallèle, d'autres travaux - au prisme plus large - sont en cours entre l'ADEME et certains secteurs de l'industrie, dont l'industrie du verre, pour co-construire des trajectoires de décarbonation ambitieuses à horizon 2050, conformément aux objectifs de l'industrie de la Stratégie Nationale Bas Carbone, sur la base d'analyses bibliographiques, d'échanges avec les industriels et de retours d'experts (projet des Plans de Transition Sectoriels).

Ces travaux permettent également d'estimer les investissements nécessaires pour déployer les leviers de décarbonation identifiés à l'échelle du secteur, d'identifier les impacts sur l'emploi, et de mettre en contexte la trajectoire du secteur en tenant compte de son implantation territoriale et de ses marchés également en transition. Au travers d'échanges et d'ateliers, le projet permet de soulever auprès des industriels et leurs parties prenantes (clients, fournisseurs, compétiteurs, financeurs, etc.) les actions publiques et privées à mettre en place pour suivre les trajectoires de décarbonation. Pour suivre l'avancement du projet : <https://finance-climact.fr/actualite/plans-de-transitions-sectoriels/>

Enfin, une autre initiative de l'ADEME est portée par le projet ACT, méthode d'évaluation de stratégie de décarbonation à destination des entreprises. Cette méthode est en cours de test en collaboration avec quelques entreprises volontaires.

## b) Origine des émissions de gaz à effet de serre

### **Une grande demande d'énergie thermique : 80% des émissions**

Le secteur du verre représente 3% des émissions de GES de l'industrie française, pour un total de 2,7 MtCO<sub>2</sub> d'émissions directes en 2019.<sup>5</sup> Ces émissions sont dues principalement à une forte demande de chaleur assurée par la combustion de gaz naturel fossile et de fioul: en 2017, le secteur verrier représentait 3 % de l'énergie thermique et 2 % de l'énergie électrique consommées par l'industrie soit un total de l'ordre de 12 TWh/an. Suite à de nombreux investissements, les émissions spécifiques (requis pour produire une tonne de verre) ont très significativement baissé au cours des dernières décennies (Figure 2).

---

<sup>5</sup> Sources : FédéVerre. Les dernières données CITEPA 2019 font état d'émissions à hauteur de 2,9 MtCO<sub>2</sub> pour l'année 2017

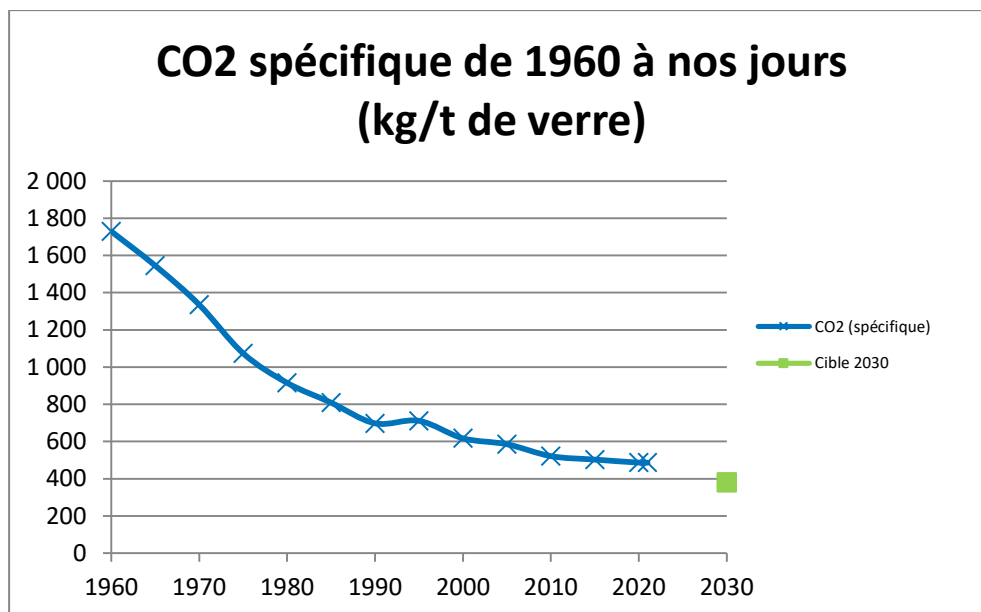
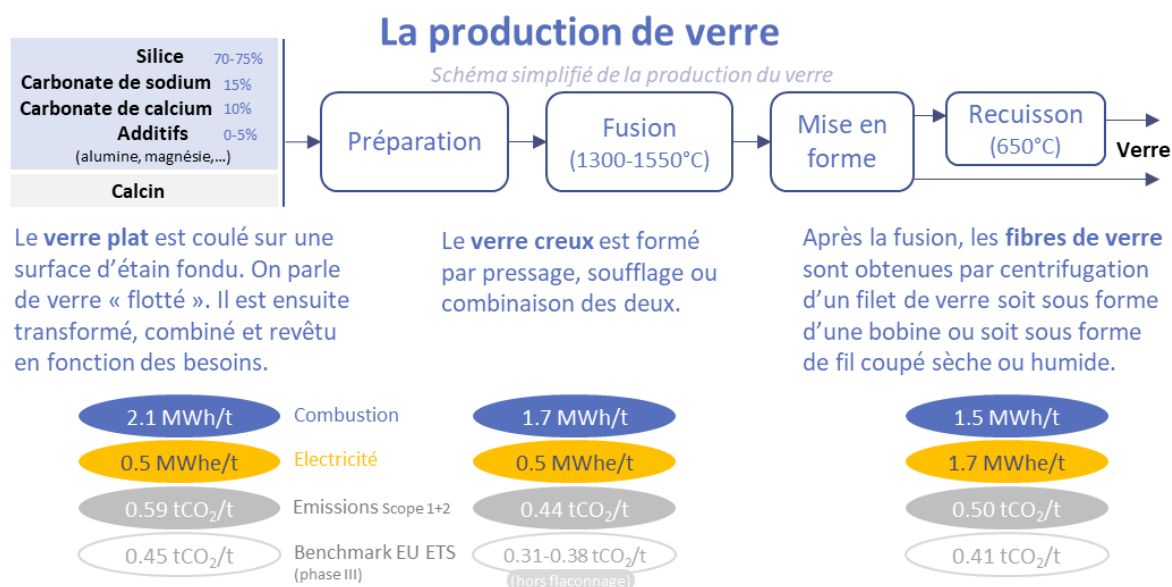


Figure 2 : Historique des émissions spécifiques (périmètre FCSIV). La répartition de la production varie entre les différents produits verriers, ce qui peut expliquer des variations des émissions spécifiques.



Source : « Plans de Transition Sectoriels - Mémo d'analyse des enjeux de décarbonation du secteur du verre »

Le verre sodocalcique est fabriqué par fusion du sable, de carbonates de sodium et du calcaire dans des fours de caractéristiques très différentes en fonction des produits : d'une capacité de quelques tonnes à plusieurs centaines de tonnes, pour une durée de vie de 2 à 20 ans. Un four à verre fonctionne sans interruption pendant toute sa durée de vie.

La fusion du verre représente 87 % des consommations énergétiques pour le verre plat, environ 80 % pour le verre d'emballage et de l'ordre de 40% pour la laine de verre, en fonction des besoins en énergie de l'aval du process. L'ajout de carbonate de sodium comme « fondant » permet d'abaisser la température de fusion à 1 300 – 1 550 °C (1750°C pour de la silice seule).



Sur l'ensemble du parc, l'énergie consommée provient à 75 % du gaz naturel et 20 % de l'électricité. Les consommations résiduelles de fioul diminuent et sont vouées à disparaître rapidement. Des fours électriques existent pour la fabrication de verre creux mais sont de faible capacité et incorporent peu de calcin. Il est donc important de noter qu'une modification de la répartition de la production entre les secteurs verriers (creux/plat/laine et fibre/art de la table/technique) entrainerait mécaniquement une modification des émissions, les émissions spécifiques variant sensiblement entre les différents secteurs du fait d'équipements, de mix énergétiques et de compositions différentes.

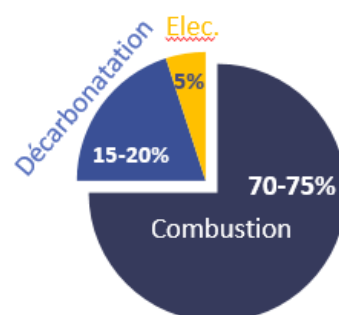
### 20% des émissions indépendantes de la consommation énergétique

Le CO<sub>2</sub> représente 95 % des émissions de gaz à effet de serre du secteur du verre. Il est principalement relâché lors de la combustion du gaz naturel fossile à hauteur de 80% mais également par décarbonatation de certaines des matières premières pour le verre sodocalcique, à hauteur de 20% :

- Le carbonate de sodium et/ou de potassium qui permet de diminuer la température de fusion de la composition.
- Le calcaire et la dolomie, qui permettent d'abaisser la viscosité du verre et également d'améliorer la résistance hydrolytique du verre.

La diversité de la filière s'illustre par la durée de vie des fours et leurs capacités. Les émissions associées à chaque secteur varient également fortement en fonction du type de verre, du taux d'intégration de calcin....Les technologies de fusion bas carbone envisageables ne sont donc pas similaire pour l'ensemble des secteurs verriers.

### Emissions de CO<sub>2</sub> Scope 1&2



Source : « Plans de Transition Sectoriels - Mémo d'analyse des enjeux de décarbonation du secteur du verre »

**Tableau 1 : Emissions 2021 des différents sous-secteurs verriers et principales caractéristiques des fours**

		Nombre de sites	Nombre de fours	Emission des sites soumis à ETS (2021 en kt CO <sub>2</sub> )	Capacité type (t/j)	Durée de vie type (en années)
Verre creux	Art de la table	4	13	269	100	8
	Bouteilles et pots	19	33	1 239	300	15
	Flaconnage	4	8	133	80	9
	Pharmacie	3	11	58	80	7
	Total	30	65	1 699		
Verre plat		6	7	664	600	20
Verres spéciaux		5	9	63	2-290	
Fibre		2	4	66		12
Laine		5	5	103	200	8
<b>Total</b>		<b>48</b>	<b>90</b>	<b>2 596</b>		

### c) Historique des émissions (scopes 1 et 2)

#### Évolution entre 2015 et 2021 des émissions de GES de scope 1

Les émissions 2015 et 2021 des sites verriers soumis à ETS sont disponibles dans le tableau 2. L'évolution des émissions spécifiques sont présentées en figure 2 (p6). Il faut noter que la répartition des productions à iso-tonnage pour la filière a un impact sur les émissions spécifiques. L'évolution de la consommation énergétique totale pour chaque type d'énergie est indiquée en Figure 3. Il faut noter que le niveau d'activité diffère entre les années comparées.

**Tableau 2 : Emissions 2015 et 2021 des sites verriers soumis à ETS en kt**

		2015	2021
Verre creux	Art de la table	277	269
	Bouteilles et pots	1 338	1 239
	Flaconnage	181	133
	Pharmacie	68	58
	<b>Total</b>	<b>1 864</b>	<b>1 699</b>
Verre plat		565	664
Verres spéciaux		52	63
Fibre		78	66
Laine		97	103
<b>Total</b>		<b>2 656</b>	<b>2 596</b>
En 2015 certains float (four de verre plat) étaient à l'arrêt			

Le mix énergétique a évolué entre 2015 et 2021 avec une baisse du recours au fuel au profit du gaz naturel fossile (Figure 2 et 3).

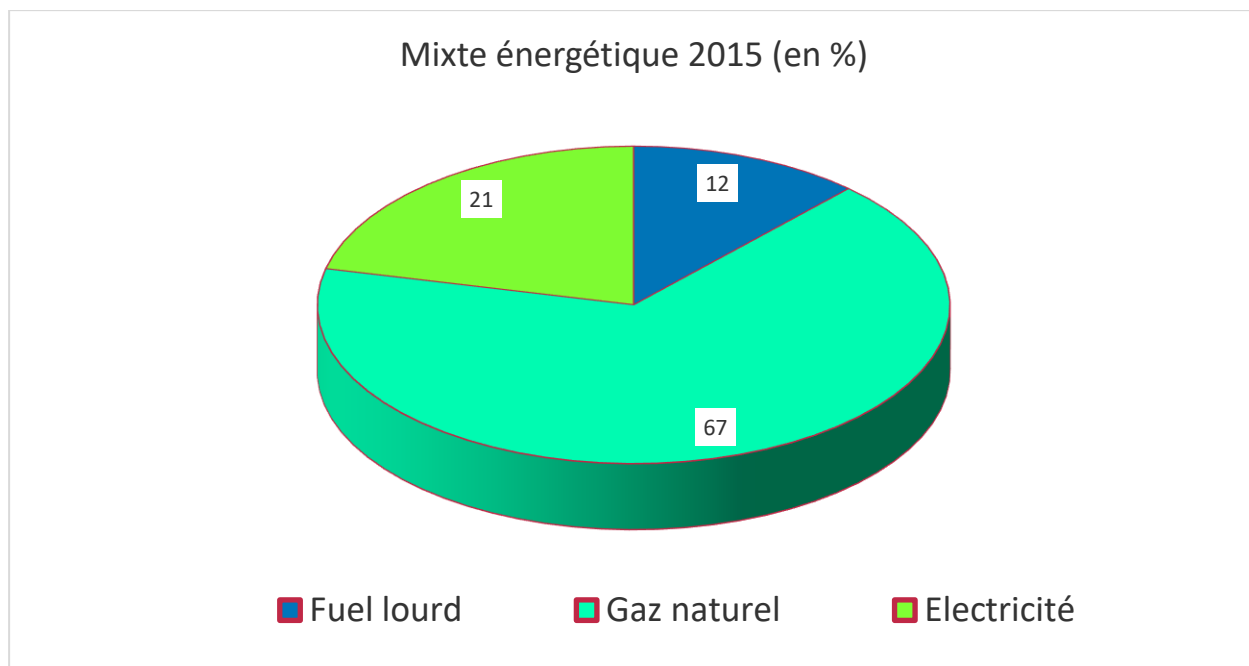


Figure 3 : mix énergétique de la filière verre en 2015

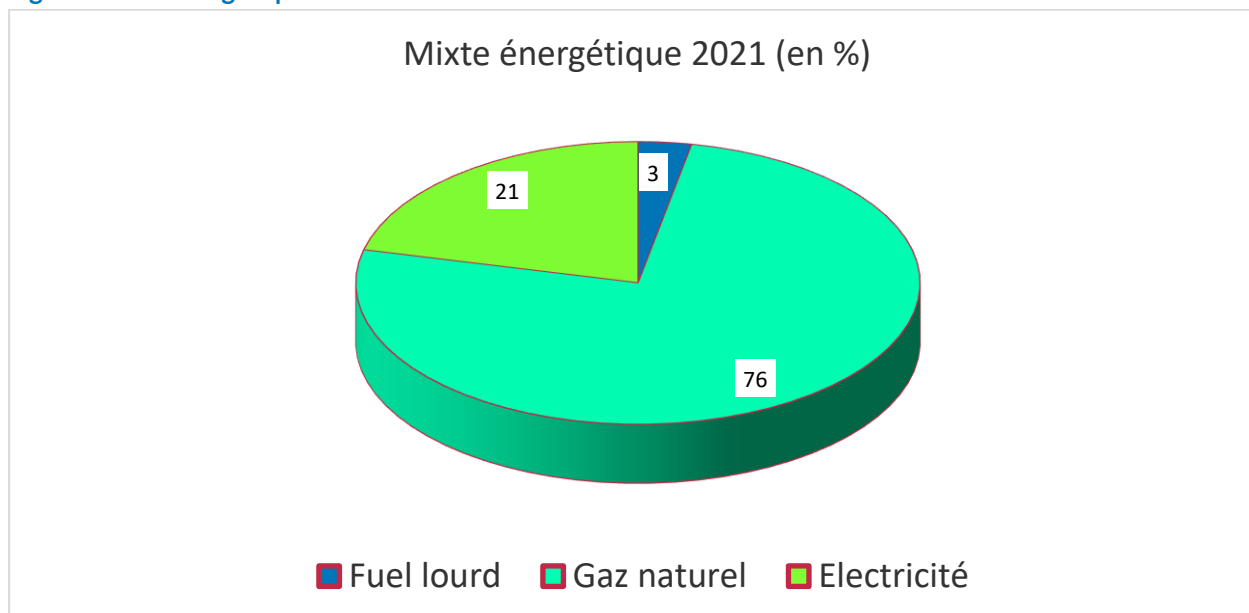


Figure 4: mix énergétique de la filière verre en 2021

Tableau 3: Energie consommée par la filière verre entre 2015 et 2021

	2015		2021	
	TWh	%	TWh	%
Fuel lourd	1,3	12	0,3	3
Gaz naturel	7,4	67	8,5	76
Electricité	2,4	21	2,4	21
Butane /propane	0.009	0	0,001	0
Total énergie	11	100	11,2	100

## Évolution entre 2015 et 2021 des émissions de GES de scope 2

Les émissions du scope 2, directement associées à la consommation d'électricité sont estimées sur la base d'un facteur d'émission de 35 gCO<sub>2</sub>e/kWh<sup>6</sup>. Les émissions associées au scope 2 sont ainsi de 81 585 t CO<sub>2</sub> en 2015 et de 84 000 t CO<sub>2</sub> en 2021.

### d) Périmètre des émissions du scope 3

La très grande diversité des activités verrières en termes d'application (emballage, bâtiment, transport...) ne permet pas la constitution d'un inventaire du scope 3 au niveau de la filière.

Parmi les émissions du scope 3 figurent notamment celles associées aux matières premières utilisées, à titre d'exemple pour la production du carbonate de soude, sur la base d'un facteur d'émission de 0.325 kg CO<sub>2</sub>/kg<sup>7</sup> en Europe et de 0,476 kg CO<sub>2</sub>/kg<sup>8</sup>, les émissions amonts associées sont de l'ordre de 162.5 kt/an à 238 kt/an compte tenu d'une consommation des verriers de l'ordre de 500 kt/an. Le carbonate de soude est en partie importé (Turquie, Etats-Unis, autres pays européens). Le carbonate de soude permet d'abaisser la température de fusion et réduit ainsi les besoins en énergie. A noter que l'usage de calcin permet de limiter le besoin en matières premières donc le carbonate de sodium.

Certains produits font partie des solutions de lutte contre le changement climatique, lors de la phase d'usage notamment en limitant les consommations d'énergie du bâtiment (vitrage isolant, laine de verre) avec un retour sur investissement en termes de carbone très court comparativement à la durée de vie de ces produits. L'énergie émise pour la production d'un vitrage performant est ainsi « compensée » en 6 à 20 mois d'usage de ce vitrage en fonction des conditions climatiques<sup>9</sup>. Ces produits font donc clairement partie des solutions nécessaires à la mise en place d'une société neutre en carbone.



<sup>6</sup> Rapport de la France, En application de l'article 15 du règlement UE, 2018 relatif à un mécanisme pour la surveillance et la déclaration des émissions de gaz à effet de serre, Actualisation 2015, 66p. Disponible via

<sup>7</sup> Ecoinvent 1999, Europe – hors transport

<sup>8</sup> Ecoinvent 2011-2018, monde – hors transport

<sup>9</sup> <https://glassforeurope.com/wp-content/uploads/2020/01/flat-glass-climate-neutral-europe.pdf>

**Figure 5 : Exemple de produits verriers présentant un bénéfice énergétique lors de l'usage.**

### 3 - Trajectoire de réduction des émissions de la filière

#### a) Évolution de la production de la filière

Par hypothèse, la production verrière en France est considérée comme restant du même ordre de grandeur dans le cadre de ce document sur la période étudiée compte tenu des marchés desservis. Les besoins en termes de rénovation du bâti en France afin de réduire les consommations associées offrent des perspectives pour les produits verre plat et d'isolation.

#### b) Leviers de réduction des émissions de GES de la filière

Pour répondre aux objectifs de la SNBC, la filière se propose de mobiliser plusieurs leviers<sup>10</sup>, certaines actions étant déjà engagées ou la continuité d'actions existantes. Ces leviers sont répartis en 2 catégories en fonction de leur niveau de maturité.

L'horizon de temps considéré et la durée de vie des équipements limitent pour la première échéance les possibilités de recours aux options supposant une reconstruction complète des équipements, **seules de l'ordre de 45% des émissions seront concernées par la reconstruction des installations de fusion avant 2030.**

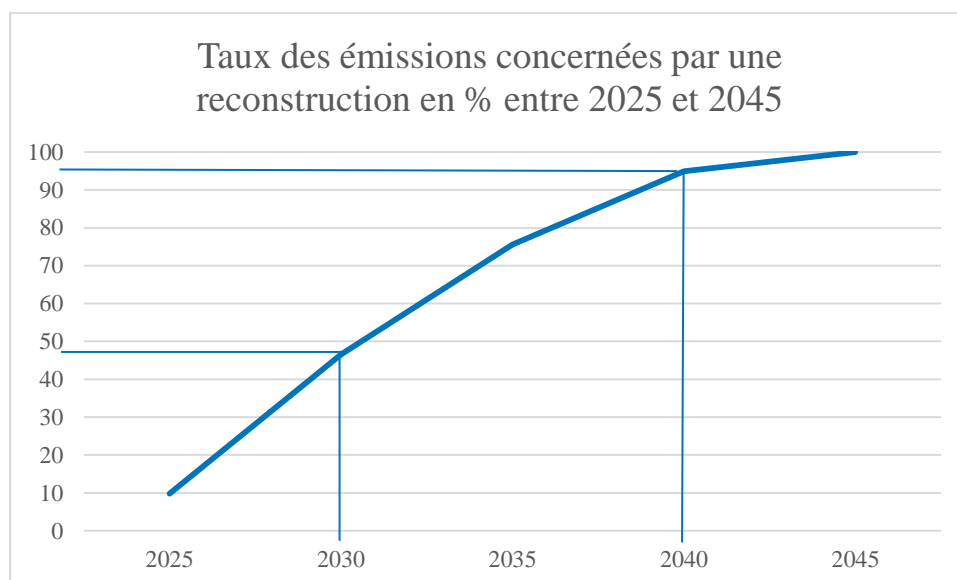


Figure 6 : taux des émissions concernées par une reconstruction entre 2025 et 2045 en %.

<sup>10</sup> Les estimations suivantes se fondent sur une hypothèse de production constante en termes de quantité et de mix de produits. Il est aussi utile de noter que certaines mesures pourraient ne pas être totalement additionnables (par exemple, des mesures d'efficacité énergétique sur des fours à gaz ne seront pas appliquées si le processus est électrifié).

**Des leviers matures**, dont le déploiement dépendra des conditions économiques, sont détaillés ci-dessous.

### **Le recyclage : un levier de décarbonation majeur et un bénéfice matière**

**Le remplacement de matières premières vierges par du calcin** (verre recyclé) est un levier majeur. Une tonne de calcin permet d'éviter plus de 300 kg de CO<sub>2</sub> d'émission sur le site verrier, par la réduction de consommation du four et par le moindre recours à des matières carbonatées. A noter que le recours au calcin permet également d'éviter plus de 200 kg de CO<sub>2</sub> dans la partie amont de la chaîne de valeur (synthèse du carbonate de soude, extraction des matières premières naturelles, transports...).

Le verre est **recyclable à 100 % et à l'infini**. Le calcin, verre trié en vue du recyclage, permet d'économiser les énergies de réactions chimiques nécessaires à l'obtention du verre et permet également de diminuer la quantité de MP carbonatées utilisées : au résultat, 10% de calcin permet de réduire la consommation d'énergie du four de 2.5-3% et de 10% les émissions CO<sub>2</sub> de process.

Certains fours de verre incorporent d'ores et déjà 90% de calcin dans le cas du verre coloré. L'incorporation de davantage de calcin dans l'ensemble des fours impose de poursuivre les efforts de démélange (séparation du verre coloré et du verre incolore) lors du traitement du verre afin d'orienter le verre blanc vers les fours de verre blanc.

Un autre enjeu majeur du recyclage est la grande disparité du niveau de collecte et tri en fonction du type de verre et de secteur : environ 80% des emballages (verre creux) sont collectés contre moins de 5% des verres plats utilisés dans les secteurs de l'automobile et du bâtiment. Cela se traduit par une incorporation du calcin dans la production de verre à hauteur de 65% pour les verres creux contre seulement 20% pour le verre plat (principalement des chutes de production) et de l'ordre de 40% pour la laine de verre. Un enjeu majeur est donc de poursuivre la progression de la collecte des différents types de verre en fin de vie. Le développement des différents dispositifs de REP (Responsabilité Elargie des Producteurs) mis en place par les pouvoirs publics est un levier majeur pour l'amélioration de la collecte de verre.

### **Actions et projets identifiés**

- 1) Mobiliser l'ensemble des acteurs afin d'augmenter les taux de collecte de verre et investir les montants nécessaires au traitement du verre collecté.
- 2) La filière emballage a signé, en 2019, 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 contre un taux actuel de 78 % soit 400 kt supplémentaires.

- 3) 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 et poursuivra ses efforts dans le cadre de la mise en place de la REP à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2023. Dans ce contexte, l'objectif de valorisation du verre plat est fixé dans le cadre de la REP à 18% en 2027 (versus actuellement moins de 5 %, sur un gisement évalué à 200 kt<sup>11</sup>).
- 4) A terme, l'augmentation de l'utilisation du calcin (+ 20 % pour le verre d'emballage) devra être accompagnée par l'augmentation des capacités de démélange du verre collecté. En effet, les capacités existantes permettraient d'augmenter le taux de calcin incorporé sous réserve d'augmenter les performances de démélange, en particulier dans le cas de la production de verre blanc.

**Sur la période 2015-2021, la hausse de la collecte s'élève à 280 kt, en ligne avec l'objectif prévu.**

### L'amélioration de l'efficacité énergétique

Plusieurs leviers d'efficacité énergétique sont déployables en fonction des spécificités des sites et des installations : préchauffage de la charge, récupération de la chaleur fatale, reconstruction du four et isolants performants, technologie oxy-combustion, optimisation du design des fours (par la modélisation notamment), optimisation de la conduite des fours, etc.

#### Actions et projets identifiés

- La certification ISO 50 001 d'au moins 90% des sites verriers en 2030, contre 60% en 2015.
- Poursuivre les investissements nécessaires afin de réduire la consommation d'énergie spécifique, au-delà de la baisse liée à l'augmentation de l'utilisation du calcin.

Pour accompagner les industriels dans des actions d'efficacité énergétique, l'ADEME propose notamment les dispositifs suivants :

- PROREFEI (prorefei.org), formation de référents énergie dans l'industrie
- INVEEST (invest.org), formation de directeurs (de site ou financiers) au financement de projets bas-carbone.

La filière s'engage à utiliser autant que faire se peut les outils de soutien public mis en place (notamment pour la décarbonation de l'industrie), ainsi que ceux disponibles au niveau européen, pour atteindre les objectifs de réduction. Une publicité des

---

<sup>11</sup> Source : ADEME, TERRA, TBC Innovations, ELCEMAÏ Environnement, Au-Dev-Ant, E. Parola (2021) – Etude de préfiguration de la filière REP Produits et Matériaux de Construction du secteur du Bâtiment



différents mécanismes sera assurée et un bilan du recours aux différents dispositifs sera dressé par la filière.

### **Le remplacement des usages du fioul.**

En 2020, le recours au fioul représente 0,25 TWh. Dans le contexte géopolitique actuel (guerre en Ukraine), le recours au fioul est une alternative temporaire et conjoncturelle sollicitée pour pallier la réduction de l'alimentation en gaz sous réserve de sa disponibilité et d'une révision de l'encadrement des émissions via les arrêtés préfectoraux.

### **L'utilisation de biogaz.**

Cette option ne requiert pas de modification de nos installations et s'appuie sur les infrastructures de transport et de stockage existantes. Par ailleurs, le biométhane est une ressource « locale » garantissant plus de souveraineté nationale et d'indépendance. Les dernières estimations envisagent jusqu'à 70 TWh de gaz renouvelable en 2030 et jusqu'à 320 TWh en 2050<sup>12</sup>.

**Le recours au biométhane est la méthode la plus immédiate et la plus simple** à mettre en œuvre pour décarboner les activités de la filière car cela ne suppose pas de changement des installations.

Toutefois, si les besoins de la filière semblent cohérents avec les projections de production prévues, les coûts restent à ce jour trop élevés pour permettre un déploiement à grande échelle. Une reconnaissance complète de la neutralité carbone de ce vecteur par l'Etat est d'ailleurs attendue par la filière pour s'assurer de leur pertinence.

Enfin la disponibilité locale et l'acceptabilité des installations de méthanisation par les riverains sont des critères essentiels pour le recours à ce levier.

### **Actions et projets identifiés**

- S'approvisionner en biogaz à hauteur de **620 GWh/an à l'horizon 2030** sous réserve de la disponibilité de biogaz (absence de conflit d'usage à des fins alimentaires notamment) et de conditions technico-économiques acceptables, y compris une comptabilité carbone dans le cadre de l'ETS incitative (comme indiqué dans le scénario médian).

### **L'électrification des procédés**

---

<sup>12</sup> Panorama des gaz renouvelable en 2022, conférence de presse

La maturité technique des technologies en cours de développement, ainsi que le contexte économique, aujourd'hui encore défavorable à la substitution du gaz par l'électricité, conditionne le recours à ce levier. Plusieurs investissements ont cependant été annoncés. L'électrification complète n'est pas encore technologiquement disponible pour l'ensemble des secteurs verriers, notamment pour les plus gros fours, mais des fours hybrides sont envisagés avec jusqu'à 80% d'électricité.

A noter que les fours verriers ont historiquement été bi-énergie (fuel/gaz puis gaz/électricité pour certains). Pour les fours de grandes tailles, le développement de four hybride gaz-électricité avec des taux variables permettra une souplesse saisonnière permettant une adaptation aux ressources disponibles et participerait ainsi à la flexibilité globale du système énergétique.

Le mix énergétique de la filière comporte 20% d'électricité. Cette moyenne recouvre des situations très diverses avec des fours 100% électriques (pour la production de laine de verre par exemple) et des fours avec un faible boosting électrique.

A ce stade il n'existe pas de technologie permettant d'électrifier l'ensemble des procédés verriers du fait de la grande diversité de nos activités (verre extra blanc sans calcin, verre coloré avec calcin, verres oxydés ou réduits, four de 10t/j versus four de 600 t/j).

Outre la difficulté technique, les surcoûts (CAPEX initial : raccordement au réseau, varivolts, OPEX : coûts de l'électricité versus coût du gaz et durée de vie des fours réduite) associés à la fusion électrique entravent le déploiement de ces technologies.

### **Actions et projets identifiés**

- Investir dans l'électrification des équipements (fours, arches de cuisson/trempe...) à hauteur de **1,3 TWh/an d'ici 2030** sous réserve des conditions technico-économiques et des conditions de raccordement au réseau transport. Plusieurs projets sont en cours au sein des entreprises verrières françaises pour développer des projets d'électrification (fours 100% électriques ou fours hybrides électricité/gaz avec un taux d'électricité pouvant atteindre 80% contre 20% actuellement), comme présenté dans le scénario médian.

La plupart des verriers d'emballage opérant en France s'étaient engagés au sein du projet sectoriel européen « Furnace for the Future », regroupant 19 des verriers européens du secteur du verre creux. Ce projet visait à construire un four industriel hybride (80% électrique et 20% gaz) de grande capacité (350 tonnes de verre par jour) et pouvant accepter un haut taux de calcin dans le cadre d'une coopération associant la quasi-totalité des verriers d'emballage européens. Un projet déposé dans le cadre

du Fond d'innovation ETS n'a pas été sélectionné lors de la seconde phase (300 projets déposés, 70 retenus à l'issue de la première phase et 7 projets financés). Ce projet a néanmoins permis aux différents acteurs d'approfondir le sujet et plusieurs investissements d'électrification ont été annoncés depuis<sup>13</sup>.

La substitution des fours actuels par ce nouveau type de four permettrait de réduire de 50% les émissions des sites concernés. Les premières installations de ce nouveau type de four en France sont annoncées pour 2024.

## Le recours à l'hydrogène

**Ce levier dont le niveau de maturité ne permet pas la quantification du bénéfice carbone avec le même niveau de confiance** sera probablement davantage effectif en 2050.

Le recours à l'hydrogène pourra se faire soit en mélange dans le gaz (gaz naturel durant la période de transition, biogaz ensuite) soit via une utilisation 100% hydrogène. Les possibilités d'acceptation de l'hydrogène pour les différents sites verriers sont toutefois encore objet d'étude et de tests avec le soutien de l'ADEME (projet Hyrex). Les données à acquérir portent sur les impacts suivants :

- sur les brûleurs et la transmission d'énergie radiative
- sur les propriétés du verre
- sur la durée de vie des réfractaires et les adaptations nécessaires.

Un projet a été mené avec le soutien de l'ADEME pour tester le bon fonctionnement des équipements verriers en cas d'injection d'hydrogène dans le réseau de gaz naturel. L'adoption à plus large échelle de l'hydrogène, avec des fours fonctionnant uniquement avec ce gaz, nécessitera toutefois un contexte de disponibilité de la ressource particulièrement favorable ainsi que la levée des verrous technologiques et une analyse économique approfondie.

Une priorité sera néanmoins donnée à la substitution des usages existants de l'hydrogène dans le processus de fabrication du verre (principalement pour l'inertage de l'atmosphère du bain d'étain – 1 826 000 m<sup>3</sup>/an), qui est aujourd'hui produit à partir de méthane. Ce remplacement ne réduira pas les émissions directes des sites verriers mais participera à la création du marché de l'hydrogène renouvelable et bas carbone et donc à la décarbonation de l'industrie.

Par ailleurs, les cadres réglementaires et assurantiels devraient être adaptés pour simplifier l'instruction des dossiers, notamment pour permettre les essais sur sites. Il

---

<sup>13</sup> [https://www.verallia.com/wp-content/uploads/2022/02/Verallia-FY-2021-Results\\_Transcript.pdf](https://www.verallia.com/wp-content/uploads/2022/02/Verallia-FY-2021-Results_Transcript.pdf)

apparaît par ailleurs nécessaire de développer les infrastructures de livraison d'hydrogène, le recours à un transport par camion conduisant à des impacts importants et semblant moins efficace énergétiquement (compression requise pour le transport).

La filière prévoit ainsi de s'approvisionner à hauteur de **100 GWh/an à l'horizon 2030** en hydrogène comme vecteur énergétique sous réserve de la disponibilité de l'hydrogène et de conditions technico-économiques acceptables, comme présenté dans le scénario médian.

### **Le déploiement du Carbone Capture and Storage.**

Lors de l'élaboration du Plan de Transition Sectoriel en collaboration avec l'ADEME, une attention sera portée à ce sujet afin de dimensionner les possibilités de recours au CCS/CCU en tenant compte de la répartition géographique des sites verriers, et de la faisabilité technico-économique en fonction des caractéristiques techniques de chaque four. Un focus sera fait sur la convergence de ce type de technologie avec les technologies d'oxy-combustion. Les travaux génériques menés par l'ADEME<sup>14</sup> identifient des zones géographiques pertinentes et limitent a priori les possibilités de recours au stockage géologique sur tout le territoire. Ce levier n'est pas activé dans cette version de la feuille de route.

---

<sup>14</sup> Source : ADEME (2020) – Le captage et stockage géologique (CSC) du CO<sub>2</sub> en France

### c) Objectifs de réduction des émissions de la filière

L'ensemble des scénarii présentés par la suite sont résumé ci-dessous pour l'évolution des émissions de GES par la figure 7, pour la composition du mix énergétique en 2030 et 2050 par le tableau 4 et pour les émissions de GES évitées via les différents leviers via le tableau 5.

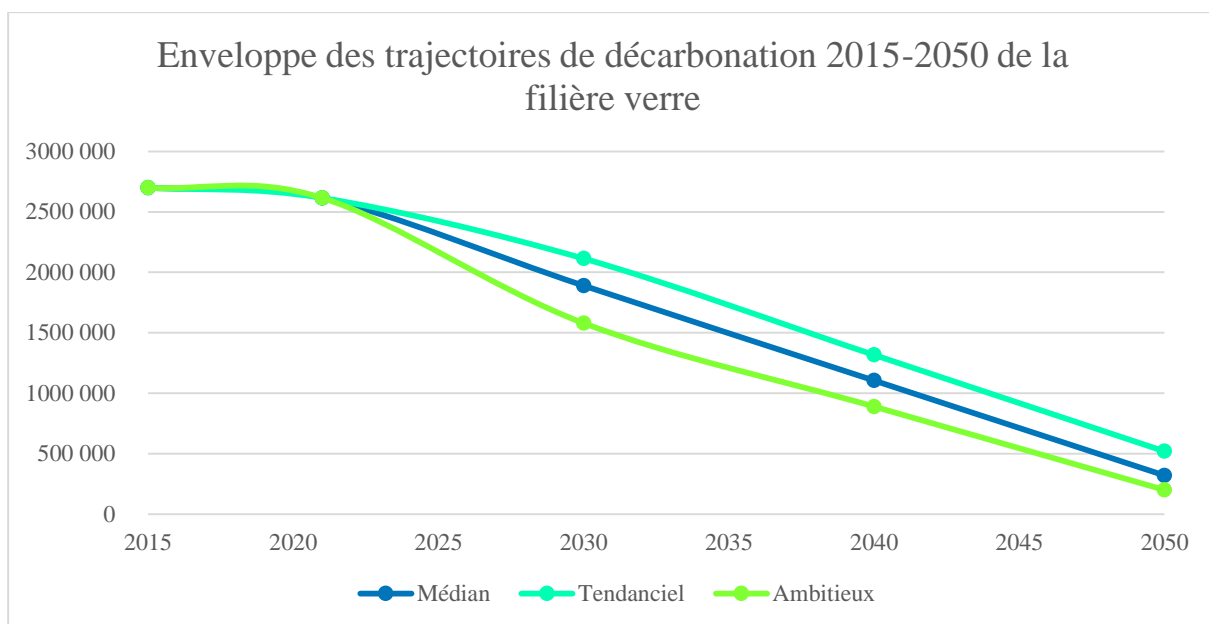


Figure 7 : enveloppe des trajectoires de décarbonation 2015-2050 de la filière verre

Tableau 4 : mix énergétique des différents scénarii et besoins associés

		2030			2050		
		Ambitieux	Médian	Tendanciel	Ambitieux	Médian	Tendanciel
Electricité	%	45,00	35,00	30,00	45,00	45,00	40,00
	TWh	4,67	3,63	3,11	4,24	4,24	3,83
Gaz	%	44,40	58,00	66,00	0,00	0,00	10,00
	TWh	4,61	6,02	6,85	0,00	0,00	0,96
Biogaz	%	9,60	6,00	3,00	40,00	40,00	35,00
	TWh	1,00	0,62	0,31	3,77	3,77	3,36
Fuel	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	TWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hydrogène	%	1,00	1,00	1,00	15,00	15,00	15,00
	TWh	0,10	0,10	0,10	1,41	1,41	1,44

Tableau 5 : Emissions évitées par les différents leviers en 2030 (en kt CO2 eq)

	Ambitieux	Médian	Tendanciel
Recours au calcin	-165	-144	-90
Efficacité énergétique	-22	-22	-22

Fin du fuel	-254	-217	-195
Recours au biogaz	-204	-128	-64
Electrification y compris amélioration de l'efficacité énergétique afférente	-454	-275	-196
Hydrogène	-21	-21	-21

## Scénario ambitieux

Dans ce scénario les leviers sont activés dans les proportions suivantes en 2030:

1. Le remplacement de matières premières vierges par du calcin avec un objectif de 550 kT supplémentaires (par rapport à 2015) de calcin : **- 165 kt CO<sub>2</sub>eq.**
2. L'amélioration de l'efficacité énergétique de l'ordre de 1 % (hors recyclage et électrification)<sup>15</sup> par rapport à 2015 : **- 22 kt CO<sub>2</sub>eq.**
3. Le remplacement de la totalité des usages du fioul à hauteur de 1,33 TWh par du gaz et par de l'électricité soit de l'ordre de **-254 kt de CO<sub>2</sub>eq.** En 2020, le recours au fioul ne représente plus que 0,25 TWh.
4. L'utilisation de biogaz en remplacement du gaz naturel à hauteur de 1 TWh sur l'ensemble du secteur : **-204 kt CO<sub>2</sub>eq.**
5. Augmentation de l'électrification des procédés de 20% à 45% soit **-454 kt CO<sub>2</sub>eq**<sup>16</sup> sur la base des consommations d'énergie visée en 2030.

Des leviers dont le niveau de maturité ne permet pas la quantification du bénéfice carbone avec le même niveau de confiance et dont l'activation sera probablement davantage effective en 2050 :

6. Le recours à l'hydrogène est plus limité et conduit à 21 kt de CO<sub>2</sub> évitées.

En 2050, l'ensemble des combustibles fossiles auraient disparu du mix énergétique et le recyclage atteindrait 1 Mt supplémentaires par rapport à 2015.

<sup>15</sup> Le recyclage est intégré via une baisse complémentaire des besoins en énergies et la baisse des émissions de décarbonation des matières premières remplacées.

<sup>16</sup> Les émissions associées à la production d'électricité ne sont pas incluses dans les estimations car dépendantes du mix énergétique futur. Le transfert d'énergie dans le cadre de la fusion électrique étant plus élevé, l'efficacité énergétique est améliorée suite à l'électrification.

Au total un tel scénario conduit à des émissions de 1 579 kt correspondant à une baisse de 42% en 2030 (cf figure 10) et de 200 kt en 2050 soit une baisse de 93% (figure 11).

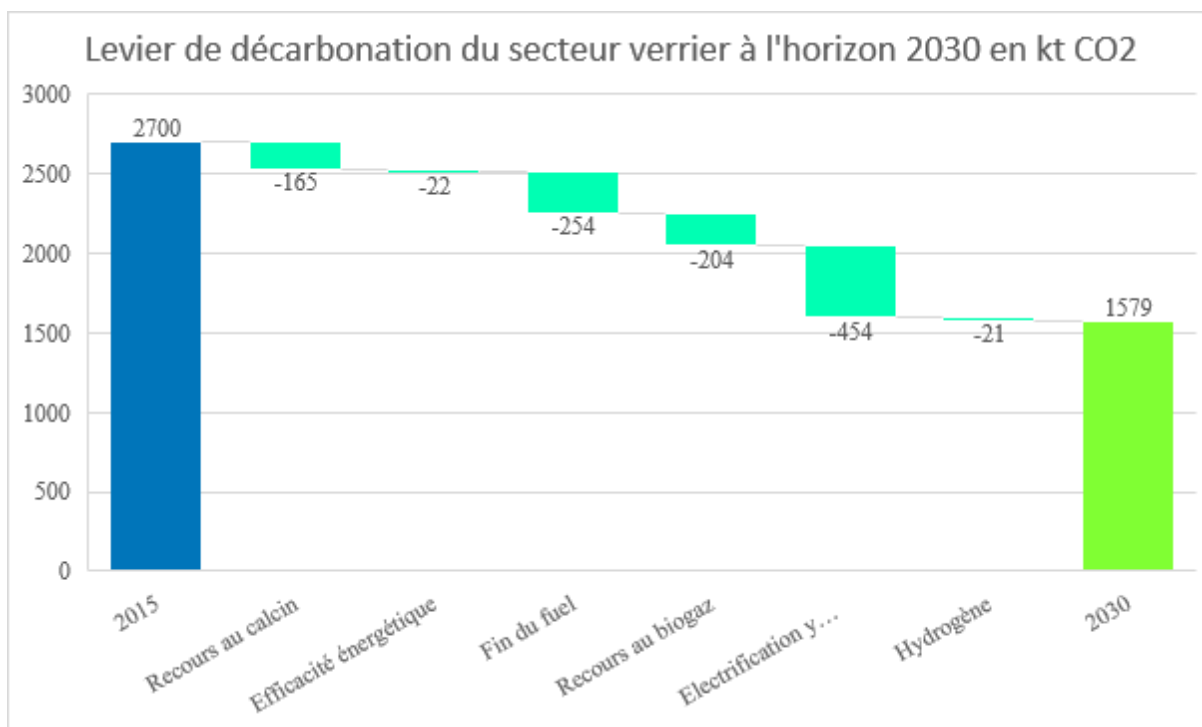


Figure 8: leviers de décarbonation à horizon 2030 pour le scénario ambitieux

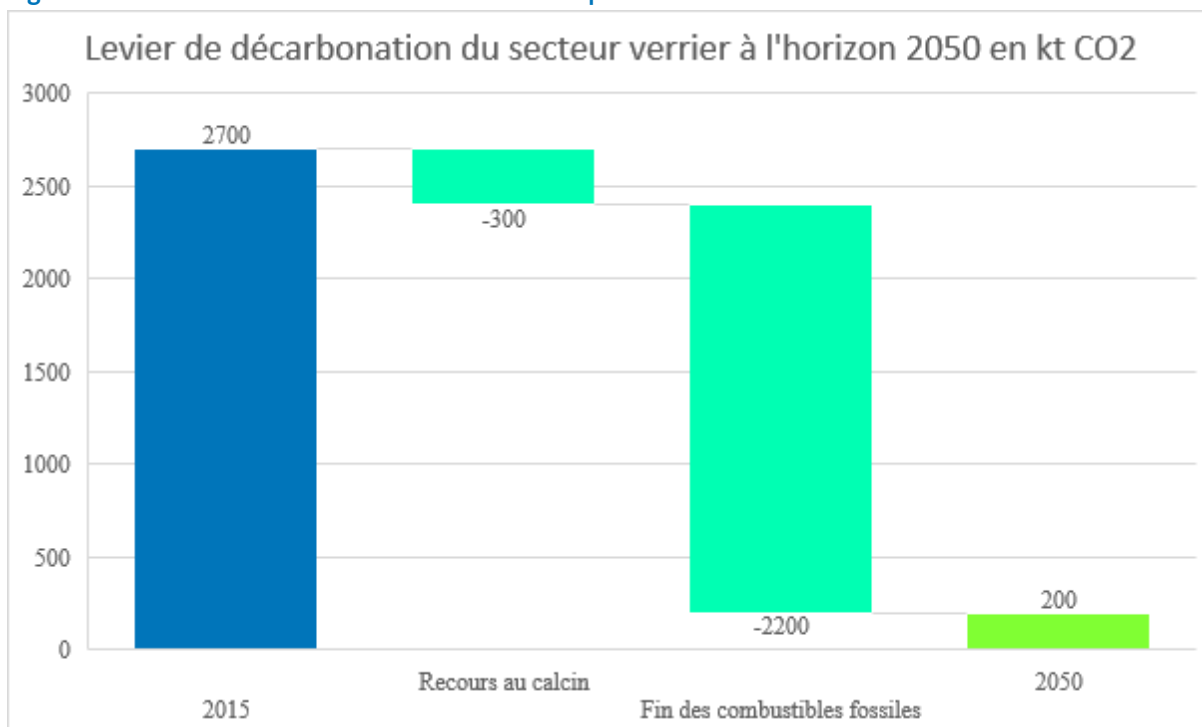


Figure 9 : leviers de décarbonation à horizon 2050 pour le scénario ambitieux

La fin des combustibles fossiles est permise par le déploiement de fours électriques et surtout de fours hybrides électricité/gaz renouvelable avec un ratio variable entre 20

et 80% pour chacun de ces vecteurs énergétiques. Cette flexibilité constitue un atout majeur pour s'adapter aux conditions économiques, de disponibilité des ressources et techniques.

### **Scénario central**

Dans ce scénario les leviers sont activés dans les proportions suivantes en 2030 :

1. Le remplacement de matières premières vierges par du calcin avec un objectif de 400 kT supplémentaires (par rapport à 2015) de calcin dans l'emballage et de 80 kt de calcin dans le verre plat : **- 144 kt CO2eq.**
2. L'amélioration de l'efficacité énergétique de l'ordre de 1 % hors recyclage et électrification<sup>17</sup> par rapport à 2015 : **- 22 kt CO2eq.**
3. Le remplacement de la totalité des usages du fioul à hauteur de 1,33 TWh par du gaz et par de l'électricité soit de l'ordre de **-217 kt de CO2eq.** En 2020, le recours au fioul ne représente plus que 0,25 TWh.
4. L'utilisation de biogaz en remplacement du gaz naturel à hauteur de 0,62 TWh sur l'ensemble du secteur : **-128 kt CO2eq.**
5. Electrification de 35% soit **-275kt CO2eq**<sup>18</sup> sur la base des consommations d'énergie visée en 2030.

Des leviers dont le niveau de maturité ne permet pas la quantification du bénéfice carbone avec le même niveau de confiance et dont l'activation sera probablement davantage effective en 2050 :

6. Le recours à l'hydrogène conduit à 21 kt de CO<sub>2</sub> eq évitées.

---

<sup>17</sup> Le recyclage est intégré via une baisse complémentaire des besoins en énergies et la baisse des émissions de décarbonatation des matières premières remplacées.

<sup>18</sup> Les émissions associées à la production d'électricité ne sont pas incluses dans les estimations car dépendantes du mix énergétique futur. Le transfert d'énergie dans le cadre de la fusion électrique étant plus élevé, l'efficacité énergétique est améliorée suite à l'électrification.



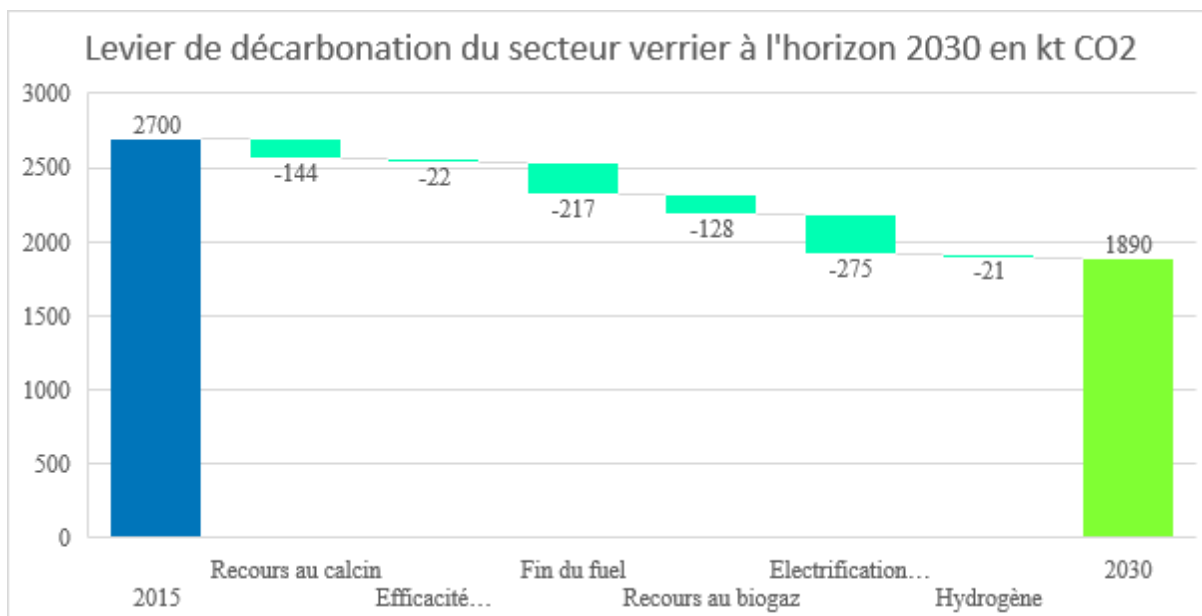


Figure 10 : leviers de décarbonation à horizon 2030 pour le scenario central

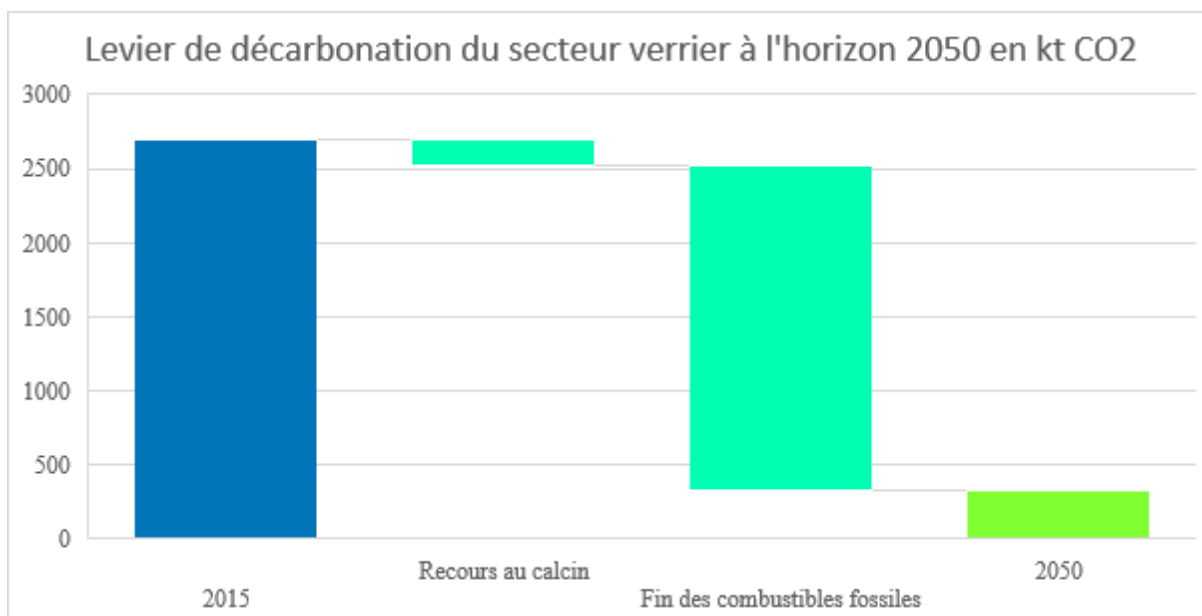


Figure 11 : leviers de décarbonation à horizon 2050 pour le scenario central

### Leviers identifiés par la filière pour l'atteinte des objectifs 2050

La Stratégie Nationale Bas Carbone prévoit une réduction des émissions de l'industrie de 81% en 2050 par rapport au niveau d'émissions en 2015. Afin de développer les technologies de rupture nécessaires pour atteindre ces objectifs, la filière s'engage à :

1. Participer au développement des technologies nécessaires à l'électrification des fours verrier de grande capacité et proposer des scénarios d'électrification de la filière.
2. Participer au développement des technologies nécessaires à l'utilisation de l'hydrogène en substitution des combustibles fossiles, notamment pour le rebrûlage dans le secteur du flaconnage et des arts de la table, sous réserve de la disponibilité de l'hydrogène décarboné pour les sites concernés.
3. Etudier, dans le cadre du Plan de Transition Sectoriel coordonnée par l'ADEME, le recours à des technologies de captage et de stockage de CO<sub>2</sub>, adaptées aux spécificités des sites verriers (concentration en CO<sub>2</sub> des fumées, localisation des sites...). La réutilisation du CO<sub>2</sub> sera aussi étudiée.

D'ici 2050 l'ensemble des fours seront reconstruits ce qui permet d'envisager la mise en œuvre des technologies les plus performantes sur l'ensemble des sites.

Les besoins en énergie projeté en 2050 seraient de l'ordre de 9,4 TWh, fourni à hauteur de 45% par de l'électricité soit 4,24 TWh, 40% par du biogaz soit 3,77 TWh et 15% par de l'hydrogène soit 1,41 TWh. Ce mix est similaire à celui du scenario ambitieux.

### **Scénario tendancier**

Le scenario tendancier comporte un recours moindre au biogaz, un taux d'électrification réduit essentiellement liés à la disponibilité de ces ressources décarbonées et un taux de recyclage « limité ».

A horizon 2030, avec une disponibilité du biogaz réduite de moitié, soit 3%, la réduction des émissions est amputée de 64 kt. Par ailleurs une électrification à 30% en lieu et place de 35% conduirait à des émissions supérieures de 79 kt. La limitation du taux de calcin, avec une collecte de 300 kt et non 480 kt, conduit à une hausse des émissions de 54 kt.

Au total un tel scenario conduit à des émissions supérieures de 197 kt soit 2 114 kt en 2030 correspondant à une baisse de 22%.

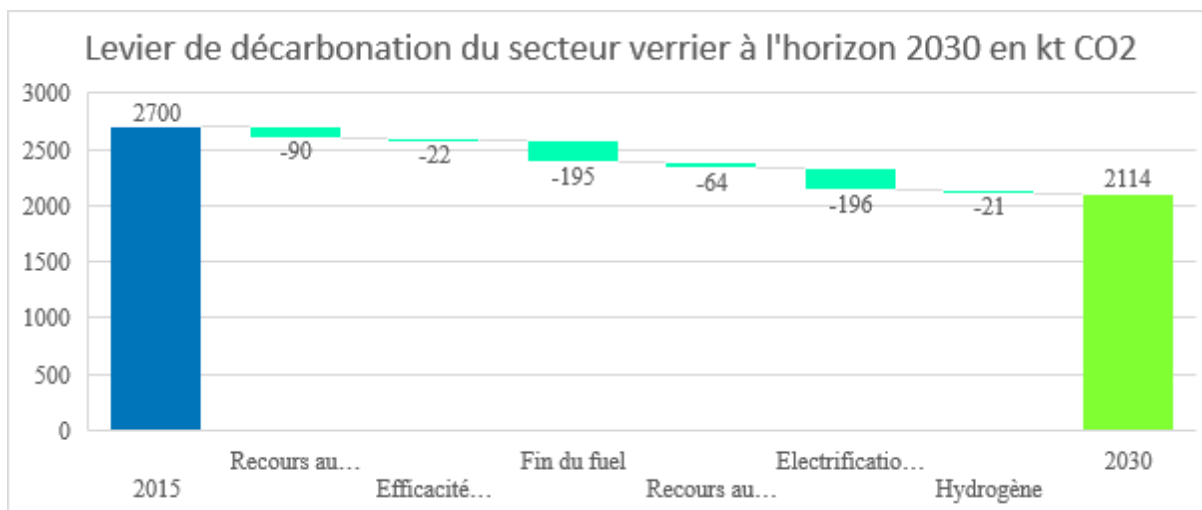


Figure 12 : leviers de décarbonation à horizon 2030 pour le scénario tendanciel

En 2050 avec un résiduel de gaz naturel de l'ordre de 10% dans le mix énergétique, ce scénario conduit à des émissions de 517 kt soit une baisse de 81% des émissions versus 2015.

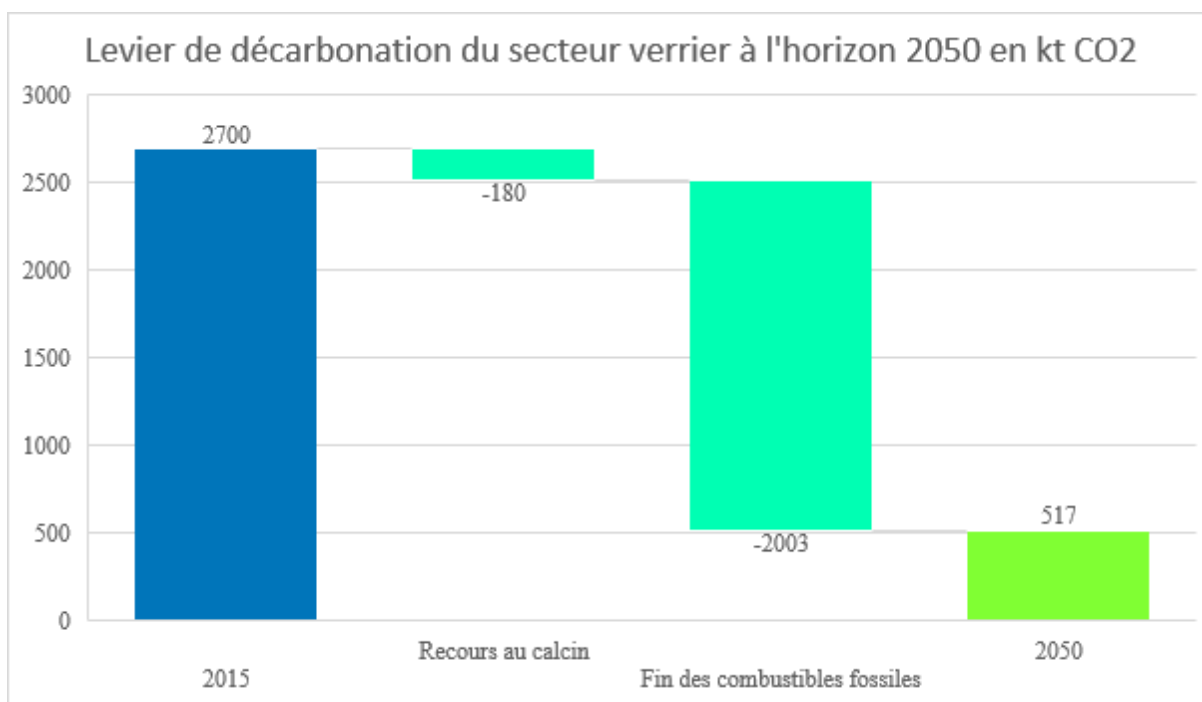


Figure 13 : leviers de décarbonation à horizon 2050 pour le scénario tendanciel

#### d) Besoins correspondants

La synthèse des besoins en énergie est résumée dans le tableau ci-dessous pour l'ensemble des scénarii.

Tableau 6 : bilan des besoins énergétiques selon les différents scénarii

	2030			2050		
	Ambitieux	Central	Tendanciel	Ambitieux	Central	Tendanciel
Besoin en électricité en TWh	4,7	3,6	3,1	4,2	4,2	3,8
Emissions scope 2 associées en t CO2	163 461	127 137	108 974	148 537	148 537	134 213
Besoin en biogaz en TWh	1,0	0,6	0,3	3,8	3,8	3,4
Besoin en hydrogène en TWh	0,1	0,1	0,1	1,4	1,4	1,4

### e) Impact pressenti du MACF

La mise en place du MACF assure dans l'esprit une saine concurrence avec les autres régions du monde. Ce principe apparemment simple suscite malgré tout de nombreuses questions quant à sa mise en œuvre, aux risques de contournement pour des importations à destination de l'Europe ainsi qu'au risque de perte de compétitivité des exportations européennes. L'examen et le suivi du déploiement sur les 5 filières prioritaires est donc essentiel pour s'assurer du bon fonctionnement de ce dispositif.

A ce stade les secteurs verriers sont hors MACF. Il semble néanmoins important de souligner les risques pour la chaîne aval du secteur du verre plat, si l'import de vitrage montée n'était pas soumis au MACF, les produits « made in Europe » ne seraient alors plus compétitifs face aux importations. Pour le secteur de l'emballage, les produits de nos clients (vins, spiritueux, parfumerie et cosmétique) verraient leur compétitivité en Europe et à l'export menacé par un tel dispositif.

## 4 - Réalisations et projets emblématiques

Depuis de nombreuses années la filière a mené de nombreuses actions (voir en annexe) illustrant la diversité des actions et l'engagement des verriers dans le domaine de la décarbonation.

De plus, plusieurs projets verriers lauréats des dispositifs mis en place par le gouvernement sont prévus dans les années à venir (également en annexe).

## 5 - Le soutien attendu de l'Etat pour la décarbonation de la filière

Dans le cadre de France Relance, le Gouvernement a mis en place un soutien ambitieux de 1,2 Md€ en faveur de la décarbonation de l'industrie : soutien à l'efficacité énergétique, à la chaleur bas-carbone, à l'électrification et à l'évolution des procédés, à l'utilisation de matières recyclées, auquel s'ajoutent des guichets pour soutenir les projets de recherche et innovation, en particulier des démonstrateurs par le biais du programme des investissements d'avenir PIA4. En remarque générale, la filière attend de la stabilité pour les dispositifs de soutien mais aussi pour le cadre fiscal et réglementaire.

En particulier la filière souhaite le maintien des dispositifs DECARB IND, DECARB FLASH, et du Fonds Chaleur afin de favoriser l'efficacité énergétique.

L'ensemble des mesures doivent tenir compte de l'hétérogénéité du secteur et des différences en termes de levier de décarbonation.

En premier lieu, les critères de décision de financement des projets de décarbonation devraient être révisés. Il ne devrait plus s'appuyer autant sur le critère de coût à la tonne évitée : ceci ne prend pas en compte les potentiels économies d'échelle lors du déploiement des dispositifs soutenus et favorise au final le financement des projets les plus « faciles ».

Les mesures supplémentaires qui pourraient être mises en place sont les suivantes :

### 1. Concernant le biogaz et l'hydrogène

- a. Assurer la prise en compte de la neutralité carbone de l'hydrogène décarboné dans le calcul des émissions des sites industriels.
- b. Améliorer la reconnaissance de la neutralité carbone du biogaz dans le calcul des émissions des sites industriels notamment via l'utilisation des garanties d'origine.
- c. Etudier un soutien à l'investissement et au fonctionnement pour la production de biogaz en autoconsommation, les dispositifs existants se concentrant sur l'injection dans le réseau (qui implique des étapes de traitement du biogaz supplémentaires) ou sur la cogénération pour la production d'électricité<sup>19</sup>, y compris pour les équipements permettant de gérer les variations et les éventuels besoins de purification.

---

<sup>19</sup> Site de l'ADEME : <https://agirpourlatransition.ademe.fr/entreprises/dispositif-aide/financement-dinstallations-methanisation-injection-cogeneration-chaleur>

- d. Soutenir la mise en place de dispositifs de type « contrat pour différence » pour pérenniser l’approvisionnement en biogaz des sites verriers y compris via le réseau et ce sans indexation sur le cours du carbone – le recours au biogaz ayant pour objectif de s’affranchir de l’évolution des coûts du carbone.
- e. Etudier les modalités de valorisation des digestats de la production de biogaz pour un retour au sol (aspects technico économiques et réglementaires).
- f. Etudier un soutien à l’investissement concernant les équipements nécessaires au pilotage des installations utilisant une partie significative de bio-méthane compte tenu des possibles variations de la qualité d’approvisionnement du biogaz.
- g. Favoriser l’essor de projets transverses entre les acteurs d’un territoire pour permettre la mise en œuvre commune de centre de production de biogaz et d’hydrogène.
- h. Supprimer des AAP la restriction de l’usage d’hydrogène comme combustible pour les projets permettant d’établir la faisabilité des technologies afférentes.
- i. Garantir aux sites recourant à l’électrification la reconnaissance du caractère non déléstable de leur activité.
- j. Clarifier le lien entre hydrogène et électricité disponible y compris au niveau local (voir les problématiques de raccordement ci-dessous)

## 2. Concernant l’électricité :

- a. Maintenir les outils permettant un accès compétitif stable et prévisible à l’électricité bas carbone, tout en incitant à la diminution de la consommation énergétique
- b. Prévoir un mécanisme de révision de la liste des secteurs éligible à la compensation des coûts indirects, éventuellement avec un périmètre plus fin que l’échelle sectorielle afin de permettre la compensation pour les sites ayant recours de manière importante à l’électricité – par exemple avec une distinction en fonction de la taille des fours et du rythme d’électrification.
- c. Favoriser le raccordement au réseau électrique

- Etudier un soutien à l'investissement concernant le raccordement au réseau électrique lors de l'électrification des sites verriers, tels que les postes de transformation
  - Réduire les délais de raccordement et la complexité du process
  - Simplifier les échanges avec les différents gestionnaires de réseau (l'électrification impliquant de passer du réseau de distribution au réseau de transport).
- d. Soutenir le déploiement des projets d'efficacité énergétique et d'électrification en prolongeant les dispositifs tel que l'appel à projet décarbonation de l'industrie « Efficacité énergétique et évolution des procédés »,)
- e. Garantir aux sites recourant à l'électrification la reconnaissance du caractère non déléstable de leur activité.
3. Un soutien financier à la R&D et à l'innovation pour les technologies de décarbonation de l'industrie, puis à leur déploiement, par exemple sur les projets suivants :
- a. Développement de fours électriques de forte capacité et d'autres équipements électriques (feeders, arches de cuisson, arches de trempe)
  - b. Développement d'équipements verriers fonctionnant à l'hydrogène
4. Une réflexion stratégique sur les solutions de déploiement d'infrastructures nécessaires pour les technologies de fours hydrogène, de captage et stockage du CO<sub>2</sub>, afin d'assurer la desserte par les réseaux afférents des sites dont la décarbonation repose sur ces vecteurs.
5. Une Politique de soutiens financiers au démélange sur les sites de traitement pour permettre d'accroître l'insertion de calcin dans les fours verriers

## 6 - Annexe : des réalisations et des projets nombreux et diversifiés.

### a) De nombreux projets de décarbonation réalisés

#### 2014 - Amélioration de la récupération de chaleur



##### Projet Pochet - Guimerville (76) – Normandie

Remplacement d'un four unit – melter par un four à boucle de plus grande capacité permettant une baisse de 45% de la consommation d'énergie / tonne de verre produit, soit un gain de 3150 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

#### 2015 - Rénovation d'un four



##### Verallia - Saint Romain le Puy (42610) – Auvergne Rhône Alpes

La rénovation du four n°3 avec la mise en place d'une nouvelle instrumentation permet l'évolution du mix gaz-fioul conduisant à une réduction des émissions de 5160 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

#### 2015- Rénovation du four



##### Verallia - Chalon sur Saône (71) – Bourgogne

Rénovation du four n°3, mise en place d'une nouvelle instrumentation permettant l'évolution du mix gaz-fioul soit une réduction des émissions de 4800 tonnes eq CO<sub>2</sub>/an.

#### 2015 - Rénovation d'un four



##### Verallia - Albi (81100) – Occitanie

La rénovation du four n°1 avec la mise en place d'une nouvelle instrumentation pour évolution du mix gaz-fioul conduit à une réduction des émissions de 4170 tonnes eq CO<sub>2</sub>/an.

#### 2015/2016- Reconstruction complète d'un four





## Saint-Gobain - Aniche (59580) – Hauts-de-France

La reconstruction du four et sa conversion de combustible entraîne la réduction de 40 000 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

### 2016 - Reconstruction d'un four



## Verallia - Oiry (51200) – Grand Est

La reconstruction du four n°3 avec la mise en place d'une nouvelle instrumentation permet l'évolution du mix gaz-fioul conduisant à une réduction des émissions de 5500 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

### 2016 - Reconstruction complète d'un four



## Eurofloat - Salaise (38150) – Auvergne-Rhône-Alpes

La reconstruction du four entraîne la réduction de 20 000 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

### 2017 - Rénovation d'un four



## Verallia - Albi (81100) – Occitanie

La rénovation du four n°2 avec la mise en place d'une nouvelle instrumentation pour évolution du mix gaz-fioul conduit à une réduction des émissions de 820 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an..

### 2017 - Reconstruction d'un four



## Verallia - Cognac (16100) – Nouvelle Aquitaine

Reconstruction du four n°2, mise en place d'une nouvelle instrumentation permettant l'évolution du mix gaz-fioul soit une réduction des émissions de 3600 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

## 2018 - Reconstruction complète d'un four



## Verescence - Mers les bains (80350) – Normandie

La reconstruction d'un des fours et sa conversion de combustible entraîne la réduction de 12 500 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

## 2018 - Reconstruction complète d'un four



## O-I - Reims (51000) – Marne

La reconstruction d'un des fours et son instrumentation entraîne la réduction de 4520 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

## 2017/2018 - Action de sensibilisation et régulation



## ARC France - Arques (62) - Hauts de France

Un suivi spécifique de l'énergie et une sensibilisation sur l'un des ateliers et la mise en place d'une régulation sur les bâtiments administratifs ont permis d'obtenir environ 28% de baisse de consommations de chauffage du périmètre considéré, soit 840 MWh PCI de gaz, id 168 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

## 2018 - Reconstruction d'un four



## Verallia - Vauxrot (02880) – Haut de France

La reconstruction du four avec changement de technologie de brûleurs transversaux à four à boucle permet la réduction des émissions de 16600 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

## 2019 - Compresseur



## Verallia - Vauxrot (02880) – Haut de France

Le remplacement d'un compresseur d'air permettant de fonctionner à 2 compresseurs au lieu de 3 à décharge a conduit à la réduction des émissions de 420 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

## 2019 - Récupération de chaleur fatale



### Saint-Gobain - Aniche (59580) – Hauts-de-France

La récupération de la chaleur fatale du process au niveau de l'étenderie pour le chauffage des locaux de stockage du verre entraîne une réduction des émissions de 700 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

## 2019 - Récupération de chaleur



### Verallia - Oiry (51200) – Grand Est

L'implantation d'un échangeur de récupération de chaleur sur les Arches de recuisson afin de réchauffer le circuit chauffage du Bout Froid conduit à une baisse des émissions de l'ordre de 1000 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

## 2019 - Remplacement d'un compresseur



### Verallia - Chalon sur Saône (71) – Bourgogne

Remplacement d'un compresseur d'air par un modèle plus efficient soit 830 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

## 2019 - Rénovation d'un four



### Verallia - Lagnieu (01150) – Auvergne Rhône Alpes

L'amélioration du four 1 avec une nouvelle instrumentation permet l'évolution du mix gaz-fioul conduisant à une réduction des émissions de 2500 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

## 2019 - Compresseur d'air



### Verallia - Oiry (51200) – Grand Est

La mise en place d'une nouvelle installation de compression d'air conduit à une réduction des émissions de 420 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

## 2019 - Remplacement des compresseurs d'air



### Verallia - Cognac (16100) – Nouvelle Aquitaine

Remplacement d'un compresseur d'air par un modèle plus efficient soit 980 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an évitées.

## 2020 - Reconstruction d'un four



### Verallia - Cognac (16100) – Nouvelle Aquitaine

Reconstruction du four n°3, la mise en place d'une nouvelle instrumentation permettant l'évolution du mix gaz-fioul conduit à une réduction des émissions de 1100 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

## 2020 - Rénovation d'un four



### Verallia - Saint Romain le Puy (42610) – Auvergne Rhône Alpes

La reconstruction du four 2 avec la mise en place d'une nouvelle instrumentation permet l'évolution du mix gaz-fioul conduisant à une réduction des émissions de 5100 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

## 2020 - Déploiement éclairage LED sur sites



## Eurofloat et Saint-Gobain - Salaise (38150) – Auvergne-Rhône-Alpes et Chantereine (60150) - Hauts-de-France

Le déploiement de l'éclairage LED sur l'ensemble des deux sites permet l'économie de 600 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

### 2020 - Reconstruction complète d'un four



#### O-I - Veauce (42340) – Loire

La reconstruction d'un des fours et son instrumentation entraîne la réduction de 4 840 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

### 2020 - Reconstruction complète d'un four



#### O-I - Gironcourt (88170) – Vosges

La reconstruction d'un four avec des matériaux ayant une efficacité énergétique plus performante ainsi que son instrumentation entraîne la réduction de 4 230 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

### 2020 - Rénovation d'une centrale de production d'air comprimé



#### O-I - Gironcourt (88170) – Vosges

La rénovation d'une centrale de production d'air comprimé avec des équipements ayant une meilleure efficacité énergétique entraîne la réduction de 370 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

### 2020 - Renouvellement d'un contrat de fourniture d'utilités (En cours)



#### O-I - Béziers (34500) – Hérault

Le renouvellement d'un contrat de fourniture d'utilités avec une solution technique ayant une meilleure efficacité énergétique ainsi qu'un contrat de performance énergétique entraîne la réduction de 50 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an.

## 2021 - Reconstruction d'un four



### Verallia - Lagnieu (01150) – Auvergne Rhône Alpes

La reconstruction du four 2 avec la mise en place d'une nouvelle instrumentation permet l'évolution du mix gaz-fioul conduisant à une baisse des émissions de 2500 tonnes CO2 eq /an.

## 2021 - Reconstruction complète d'un four



### SGD Pharma – Sucy-en-Brie (94880) – Ile de France

La reconstruction complète d'un four, son instrumentation et la hausse de la part de boosting électrique entraine une baisse de 10% des émissions soit de l'ordre de 1300 tonnes CO2 eq /an.

## 2021 - Reconstruction complète d'un four



### Verescence - Mers les bains (80350) – Normandie

L'enrichissement de l'un des fours avec de l'oxygène a permis de réduire ses émissions de CO2 de 550 tonnes CO2 eq /an.

## 2021 - Récupération de chaleur fatale



### Eurofloat - Salaise (38150) – Auvergne-Rhône-Alpes

La récupération de la chaleur fatale du process au niveau de l'étenderie pour le chauffage des locaux de stockage du verre entraine une réduction des émissions de 500 tonnes CO2 eq /an.

## 2021 - Reconstruction complète d'un four



### Stoelzle - Masnières (59241) – Hauts-de-France

La reconstruction d'un des fours et sa conversion de combustible en un four gaz avec boosting entraîne la réduction de 3230 tonnes CO2 eq /an.

#### 2020/2021 - Décarbonation par les matières premières



### ARC France - Arques (62) - Hauts de France

La substitution de matières carbonées dans la composition (dépôt de 2 brevets par Arc France) a permis de réduire de 14% en 2020 et 2021 par rapport à la moyenne des années 2014 à 2018 les émissions de procédés. Cette action sera poursuivie dans les années à venir.

#### 2020/2021 - Mise en place d'un éclairage par LED



### ARC France - Arques (62) - Hauts de France

Un programme de remplacement progressif des éclairages du site par des éclairages LED sur 5 bâtiments de stockage permet d'économiser 600 MWh par an.

#### 2021 - Gunitage des régénérateurs



### - ARC France - Arques (62) - Hauts de France

Le gunitage concerne les régénérateurs des fours conventionnels. Ce gunitage consiste à isoler l'enveloppe extérieure des régénérateurs. Les avantages d'isoler sont la consommation énergétique et la limitation des entrées d'air froid parasite. Dans le temps, les régénérateurs sont sujets à mouvements (dilatations) provoquant des fissurations propices aux entrées d'air. En 2021, le gunitage a été réalisé sur le four D permettant de diminuer les émissions de CO2 de 205 tonnes CO2 eq /an.

Les gunitages de 3 autres régénérateurs sont planifiés en 2022 et 2023, amenant à une réduction totale de 820 tonnes CO2 eq /an.

## 2021 - Réorganisation des ateliers décor



### ARC France - Arques (62) - Hauts de France

Le regroupement de 2 unités de décor en une seule conduit à des gains importants liés aux climatisations arrêtées, ventilations trempes et gaz trempes mutualisés.... Les gains de cette action réalisée en 2021 sont de l'ordre, sur une année pleine, de 1856 tonnes CO2 eq /an.

## 2018/2021 - Amélioration des salles des machines



### ARC France - Arques (62) - Hauts de France

Le remplacement des compresseurs et pompes à vide - rendements améliorés - au niveau de ses utilités et les améliorations effectuées entre 2018 et 2021 permettent un gain annuel de 1 400MWh électrique, soit 42 tonnes CO2 eq /an.

## 2021 - Amélioration de la récupération de la chaleur fatale (en cours)



### Saint-Gobain - Chantereine (60150) - Hauts-de-France

La modernisation du réseau de chauffage de l'usine utilisant de la chaleur fatale du process permet l'économie de 1500 tonnes CO2 eq /an.

## 2021 - Reconstruction complète d'un four



### SGD Pharma - Sucy en brie (94880) – Ile de France

La reconstruction complète d'un four, son instrumentation et la hausse de la part de boosting électrique entraîne une baisse de 10% des émissions soit de l'ordre de 1300 tonnes CO2 eq /an.

## 2022 - Reconstruction complète d'un four





## Verescence - Mers les bains (80350) – Normandie

Le déploiement, en cours, de récupération de chaleur fatale pour chauffer ses locaux réduisant ainsi ses émissions de CO2 de 2 300 tonnes CO2 eq /an.

### 2022 - Reconstruction complète d'un four



## O-I - Puy-Guillaume (63290) – Puy de Dôme

La reconstruction d'un des fours et son instrumentation entraine la réduction de 5 342 tonnes CO2 eq /an.

### 2022 - Récupération de chaleur fatale (En cours)



## O-I - Labégude (07200) – Ardèche

La récupération de chaleur fatale au niveau des arches de cuisson afin de substituer le chauffage des locaux et la production d'eau chaude sanitaire ainsi qu'un contrat de performance énergétique entraine la réduction de 370 tonnes CO2 eq /an.

### 2022 - Rénovation d'une turbine hydraulique (En cours)



## O-I - Labégude (07200) – Ardèche

La rénovation d'une turbine hydraulique datant de 1946 afin de produire de l'électricité en autoconsommation entraine la réduction de 74 tonnes CO2 eq /an.

## b) Lauréats des appels à projets Décarbonation



### ENERGIE CIRCULAIRE pour VERALLIA

## Projet ORC (Organic Rankine Cycle) - VERALLIA : récupération de chaleur de fours de verrerie pour valorisation en énergie mécanique via un ORC

### Lagnieu (01) – Auvergne-Rhône-Alpes

La plus importante usine européenne de production de pots en verre génère de la chaleur fatale non valorisée, émise dans les fumées de ses fours. Ce projet porté par Energie Circulaire, spécialiste de l'efficacité énergétique industrielle et filiale d'Enertime, transformera cette chaleur fatale principalement en énergie mécanique destinée à entraîner un gros compresseur d'air de 1,8 MW via un ORC.

Cette valorisation permettra au site d'économiser chaque année 31 400 MWh d'électricité tout en évitant les émissions de 770 t de CO<sub>2</sub>, soit une réduction de 15% de la consommation spécifique d'électricité/tonne de verre produit.

Ce projet est considéré comme pilote avec un objectif de déploiement sur d'autres sites. Le Groupe Verallia est engagé sur une réduction de ses émissions de CO<sub>2</sub> de 27,5 % entre 2019 et 2030.



### ENGIE Energie Services (pour O-I France SAS)

## Suppression de la consommation de fioul des fours du site et récupération de la chaleur fatale des fours

### Vayres (33) – Région Nouvelle-Aquitaine

Le fabricant de bouteille de verre O-I France, sur le site de Vayres, utilise un mix de fioul et de gaz pour alimenter ses fours de production. Le projet consiste à passer sur des fours 100% gaz, et à récupérer l'énergie fatale des fours pour produire une partie de la chaleur et de l'électricité du site, ainsi que de remplacer la chaudière par un équipement plus efficient.

L'objectif du groupe est de réduire de 25% ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030. Par l'innovation, l'entreprise veut rester leader dans la transformation des processus verriers, des produits et des relations avec son environnement pour donner vie à un avenir durable.

Cet ensemble de projets sert cet objectif, en permettant de supprimer à 100% la consommation de fioul lourd du site, de couvrir quasiment 10% des besoins du site en électricité, et de baisser ses émissions de GES de 6 530 tonnes de CO<sub>2e</sub> par an.



O-I France SAS – Site de Vayres

## Modification de technologie de production de verre

### Vayres (33) – Région Nouvelle-Aquitaine

Le projet consiste à remplacer un four par une technologie Gas Oxy Advanced Technology (GOAT) qui utilise de l'oxygène pour sa combustion ainsi qu'un préchauffage des matières premières via de la récupération de chaleur fatale. Ceci amène une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> à hauteur de 4 957t CO<sub>2</sub>/an

Ce projet est Lauréat du Plan de Relance « Efficacité énergétique et décarbonation des procédés » et planifié pour fin 2022.



E.ON BUSINESS SOLUTIONS - Pour AGC INTERPANE Glass France

## Spécialiste des solutions énergétiques intégrées – Projet d'ORC pour AGC INTERPANE Glass France

### Seingbouse (57) –Grand Est

Le projet porté par E.ON Business Solutions prévoit la production d'électricité locale intégralement consommée par le site de production et de transformation de verre plat d'AGC Interpane Glass France. La chaleur fatale des fumées du four verrier sera valorisée à travers un cycle ORC (Organic Rankine Cycle) produisant une électricité 100% décarbonée et couvrant environ 20% des besoins en électricité du site.

Ce projet innovant permettra de décarboner le mix électrique du site d'AGC Interpane Glass France, en réduisant ses émissions de CO<sub>2</sub> de 455 t /an en moyenne et contribuera ainsi à l'atteinte des objectifs du Groupe AGC de réduire de 30% ses émissions de CO<sub>2</sub> d'ici 2030 (base 2020).



International Cookware

## Projet « SEQUOIA » – Reconstruction performante d'un four de fusion

### Châteauroux (36) – Région Centre-Val de Loire

International Cookware produit plus de 40 000 tonnes/an de verre Borosilicate sous la marque Pyrex®. L'industriel verrier remplace un four de fusion. Les investissements 2022 sont focalisés sur l'amélioration supplémentaire de son efficacité énergétique et la poursuite de son électrification

Cette opération permet de passer de 49% à 54% le taux d'électrification du four mixte gaz-oxygène / électricité. Elle permet d'économiser 3800 MWh EP par an, soit 1100 tonnes de CO<sub>2e</sub> par an.

Ce projet s'inscrit dans sa stratégie de décarbonation, engagée depuis 1998, en visant à terme un mix à 80% d'électricité / 20% d'hydrogène.



Saint-Gobain Glass

## Projet « Tri Calcin »

### Emerchicourt (59) – Région Hauts-de-France

---

Le groupe Saint-Gobain s'est engagé à atteindre la neutralité carbone en 2050 et s'est fixé des étapes intermédiaires ambitieuses pour 2025 et 2030. Ainsi, dans une double démarche de décarbonation et de transition vers l'économie circulaire, Saint-Gobain Glass France souhaite investir dans un procédé d'amélioration du tri et du contrôle du calcin (verre issu du recyclage).

L'augmentation du taux de calcin utilisé en substitution des ressources naturelles (notamment le sable) induira une réduction de la consommation d'énergie et une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de plus de 6 000 t CO<sub>2</sub>/an.



Saint-Gobain Isover

## Matériaux pour la construction – Projet d'augmentation du taux de calcin

### Orange (84) – Région Provence-Alpes-Côte d'Azur

---

Dans le cadre des orientations définies par le plan France Relance et de la future réglementation environnemental pour l'isolation des bâtiments, ISOVER France anticipe une augmentation du besoin du marché en produits isolants et bas carbone.

ISOVER France a engagé depuis plus de 20 ans une démarche volontaire d'introduction de matières issues du recyclage dans ses produits. L'utilisation de ces calcins externes présente divers avantages dont celui d'une réduction significative de ses émissions de CO<sub>2</sub> lors de la production. Ce projet d'investissement sur le site d'Orange permettra d'augmenter le taux de matières recyclées dans son four de fusion verrière et de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 2 800 tonnes par an.