



LIFE CleanOx - LIFE16 CCM/BG/000059

LIFE CleanOx

Cleanest oxy-fuel combustion technology with radiation based waste heat recovery for glass melting furnaces

Layman's Report





Table of Contents

Détails du projet	3
Partenaires	3
Projet LIFE CleanOx	4
Objectifs du projet	4
Contexte	5
Methodologie	6
Technologie	7
Resultats	8
Replicabilité	12
Transferabilité	13
Réseau et dissémination	14
Contact	18

Détails du projet

NOM DU PROJET : Cleanest oxy-fuel combustion technology with radiation based waste heat recovery for glass melting furnaces

DURÉE : 1^{er} juillet 2017 - 31 décembre 2022

CONTRIBUTION FINANCIÈRE DE L'UE: 1,244,869 €

SECTEUR : Climate Change Mitigation

COORDINATEUR DU PROJET : Paşabahçe

Partenaires



Avec la contribution du programme LIFE de l'Union Européenne
LIFE CleanOx - LIFE16 CCM/BG/000059

Projet LIFE CleanOx

Le projet LIFE CleanOx est dirigé par Paşabahçe Bulgaria EAD, l'entité chargée des arts de la table du groupe Şişecam, en collaboration avec Air Liquide. Ce projet, enregistré sous le nom de **LIFE16 CCM/BG/000059**, a été financé par la Commission européenne dans le cadre du programme LIFE. Il a débuté le 1er juillet 2017 pour se terminer le 31 décembre 2022.

Objectifs du projet

Le projet visait à contribuer à la mise en œuvre de la directive sur les émissions industrielles et de l'accord de Paris, ainsi qu'à l'éventuelle mise en œuvre d'une nouvelle stratégie de politique industrielle. Plus précisément, le projet consistait à faire la **démonstration d'un échangeur de chaleur radiatif (R-HX)** innovant basé sur la solution HeatOx et avait trois objectifs principaux :

- **Réduction des émissions de GES** liées à la production de verre de table (par rapport à la combustion de l'air à l'aide d'un échangeur de chaleur régénératif : 30% de CO₂ et 90% d'émissions de NO_x en moins).
- **Augmentation de l'efficacité thermique** dans les usines de verre de table (par rapport à la combustion à l'air avec un échangeur de chaleur régénératif : 23 % de moins).
- **Réduction significative des dépenses d'investissement (50-75 %)** par rapport au système LIFE Eco-HeatOx.

Contexte

Observation : En tant que processus de fabrication à forte intensité énergétique, il n'est pas surprenant que les principaux impacts environnementaux associés à la fabrication de verre pour vaisselle soient le potentiel de réchauffement planétaire (principalement dû aux émissions de CO₂ provenant de l'utilisation de matières premières et de combustibles) et la demande d'énergie primaire (à laquelle la production d'énergie en amont, en particulier le gaz naturel, contribue principalement). La fabrication du verre pour vaisselle est un émetteur important de gaz à effet de serre (GES), en particulier de dioxyde de carbone (CO₂). Le CO₂ dans la fabrication du verre provient de deux sources : l'utilisation de combustibles fossiles pour alimenter les fours et le carbone contenu et libéré par les matières premières pendant le processus de fusion. Le projet proposé vise à réduire l'impact environnemental de la production de verre de table en préchauffant l'O₂ et le GN pour la combustion à l'aide d'un échangeur de chaleur radiatif innovant. Il s'attaque principalement au problème climatique majeur des émissions industrielles de CO₂ et, en même temps, offre d'autres avantages environnementaux tels que la réduction des émissions de NO_x par rapport à la combustion d'air de pointe. Contrairement aux technologies précédentes, le caractère abordable de la technologie contribuera de manière significative à sa promotion, ce qui entraînera un impact environnemental plus important.

Amélioration étudiée : L'un des principaux problèmes environnementaux liés à la production de verre pour vaisselle est le niveau élevé d'émissions de NO_x dû à la forte consommation d'énergie. Avec les températures élevées dans les fours à verre (jusqu'à 1650 °C et jusqu'à 2500 °C dans la flamme), la principale source de NO_x est le NO_x généré thermiquement, provenant de l'oxydation de l'azote dans l'atmosphère de combustion à des températures supérieures à 1300 °C. La principale source d'azote est l'air de combustion.

Methodologie

Project Start

JUL: project start
OCT: KOM in AL's
Innovation Campus
Paris

Bypass flue gas PO

End of the bypass
flue gas engineering
& PO issued in Sept

R-HX startup

NOV: start-up
DEC: performances
assessment



2018

2020

2022

2017

2019

2021



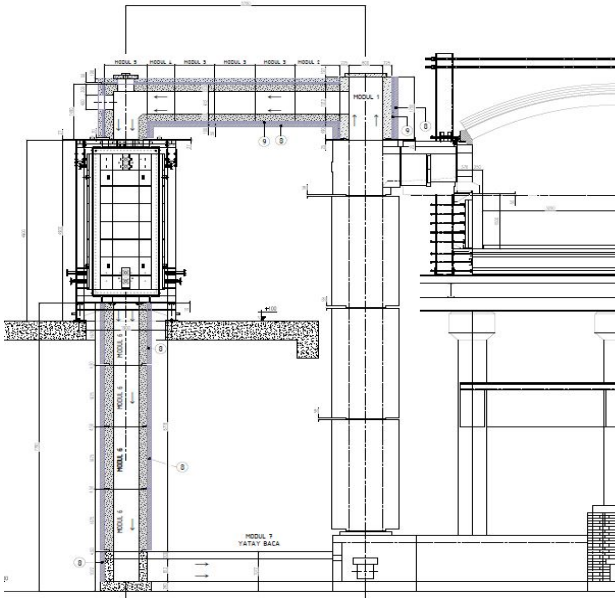
R-HX delivery

+ Flue gas bypass
channel engineering
+ AL's small test unit

Eqpt delivery

SEPT: start of the
site activities
OCT: R-HX
installation

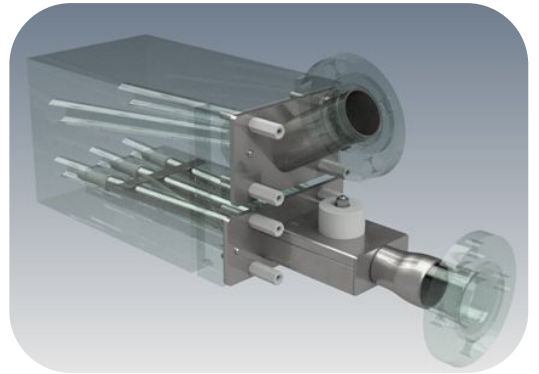
B furnace rebuild



Canal de dérivation des fumées à gauche et échangeur de chaleur
radiatif à droite.

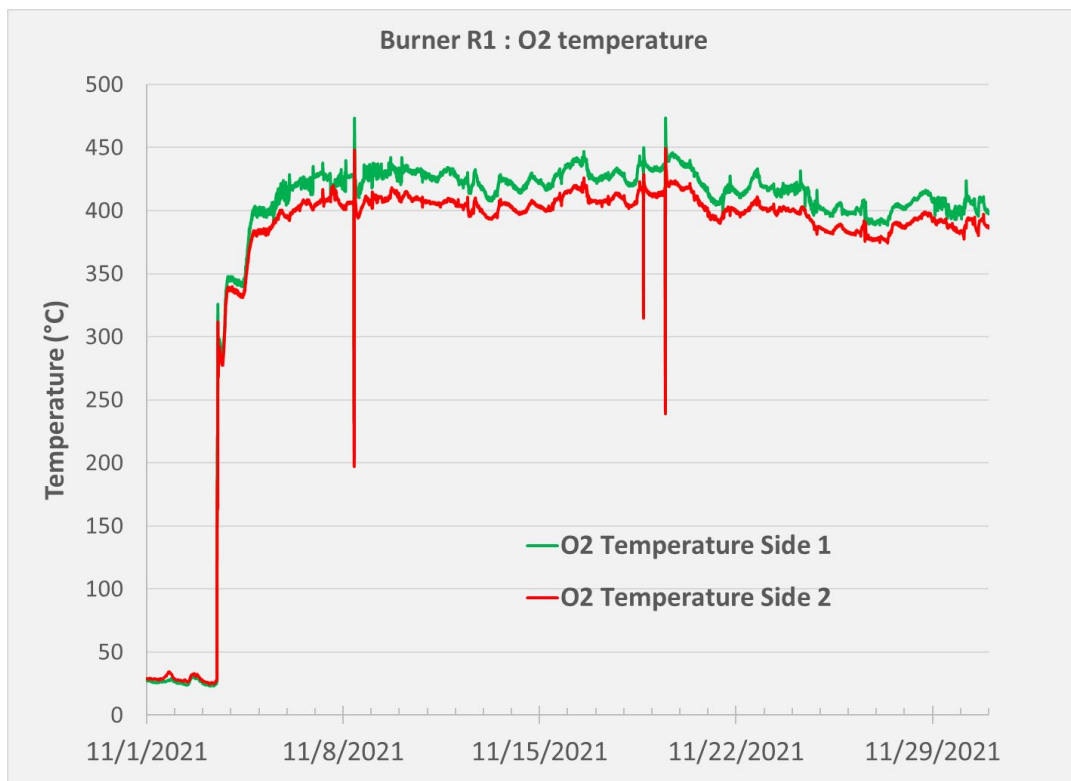
Technologie

LIFE CleanOx est composé des deux principales briques technologiques suivantes : l'échangeur de chaleur et les brûleurs. Dans le CleanOx, l'oxygène et le gaz naturel sont préchauffés directement par les gaz de combustion chauds, sans fluide intermédiaire. La principale avancée technologique est un nouvel échangeur de chaleur radiatif qui permet d'éviter l'étape intermédiaire de chauffage de l'air sans compromettre la sécurité.



Résultats

Efficacité énergétique: L'échangeur de chaleur radiatif n'a pas été en mesure d'améliorer les économies d'énergie et la réduction des émissions de CO₂ réalisées par LIFE Eco-HeatOx, déjà mis en œuvre dans l'usine, mais il devrait offrir des performances similaires à l'échelle supérieure.

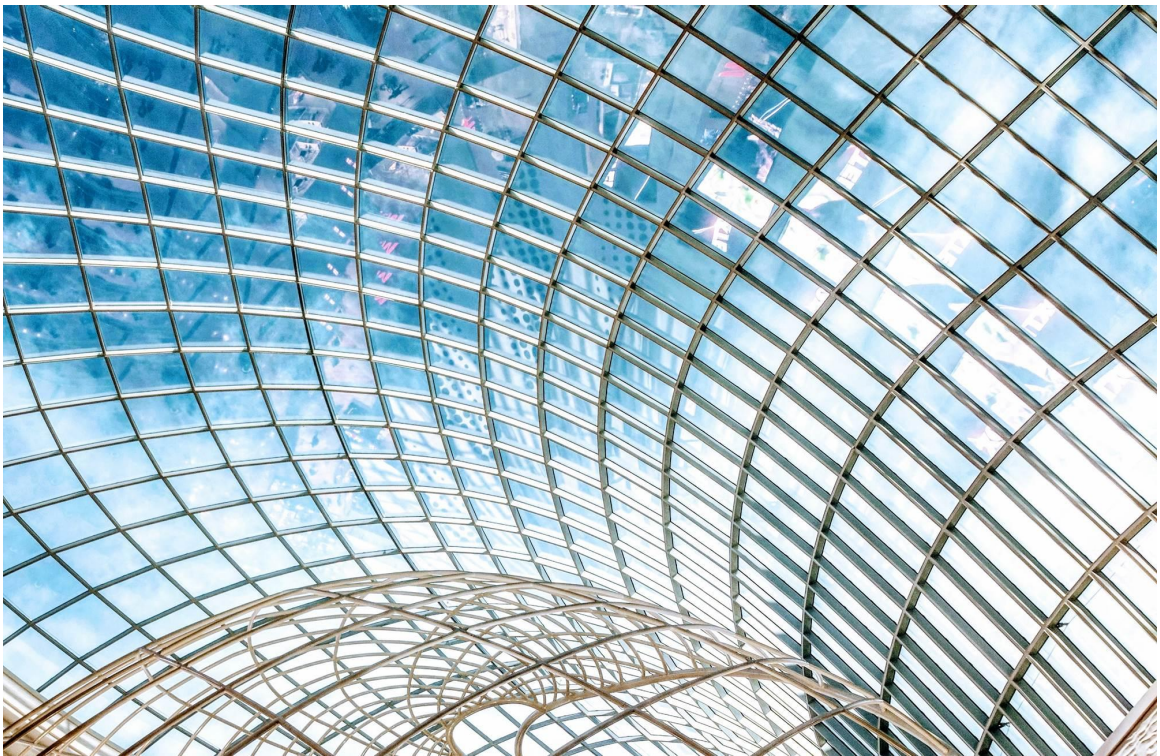


Réduction des émissions : D'après les résultats des essais, il a été constaté une réduction de 23 % des émissions de CO₂ et de 90 % des émissions de NO_x (par rapport à la combustion de l'air avec un échangeur de chaleur régénératif), ce qui équivaut au programme LIFE Eco-HeatOx, déjà mis en œuvre dans l'usine.

Résultats

Réduction du CAPEX et de l’empreinte : Il a été confirmé que l'échangeur de chaleur radiatif permet de réduire considérablement la complexité globale du système, l'empreinte physique et les dépenses d'investissement. Ces avantages favoriseront une mise en œuvre plus généralisée de l'oxycombustion et de la récupération de chaleur dans l'industrie du verre (et d'autres industries), ce qui permettra d'améliorer considérablement l'efficacité énergétique et de réduire les émissions par rapport à la combustion de l'air.

Productivité et qualité : La production et la qualité du verre étaient les mêmes que celles de base.



Résultats

Impact environnemental: L'objectif principal du projet, et du programme LIFE, est de réduire l'impact de l'homme sur la nature. Tous les résultats des indicateurs environnementaux sont présentés dans le tableau suivant :

Résultats des indicateurs environnementaux			
	Avant projet (combustion par air)	Test de performance	Attendu à l'échelle
Production (Tonnes/jour)	220	NA	220
Energie Consommation (kg/Tonne de verre)	5.3	4.4	4.1
CO2 - Combustion (kg/Tonne de verre)	335	277	259
CO2 - raw materials (kg/Tonne de verre)	112	112	112
CO2 - O2 production (kg/Tonne de verre)	NA	17	16
Total CO2 (kg/Tonne de verre)	447	406	387
Total NOx (NO + NO2) (kg/Tonne de verre)	5.2	0.52	0.52

Sommaire des résultats

 Production

 Consommation

 Qualité

 Emissions de CO₂

 Emissions de NO_x

Replicabilité

CleanOx permet à l'industrie du verre de se conformer aux réglementations climatiques actuelles et d'aller plus loin grâce à la réduction de la consommation de carburant et d'oxygène et de CO₂ par rapport à la combustion d'air généralisée. Il est conforme à la politique climatique de l'UE concernant la production industrielle à forte intensité d'énergie et de gaz à effet de serre et peut conduire à l'élaboration d'une politique et d'une législation plus strictes de l'Union.

Par conséquent, outre la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la viabilité économique de la technologie innovante proposée est essentielle pour contribuer aux objectifs climatiques de l'UE par une large reproduction après démonstration. D'où la contribution du projet au développement et à la démonstration d'une technologie innovante d'atténuation du changement climatique susceptible d'être reproduite et transférée à d'autres industries à forte intensité énergétique.

Aujourd'hui, environ 35 fours fonctionnent par oxy-combustion dans l'UE, principalement pour la production de fibre de verre et de verre technique. La capacité des fours pour la production de verre d'emballage et de verre flotté représente près de 82 % de la production de verre en tonnage. Elles représentent 293 unités et peuvent être potentiellement converties à la technologie CleanOx. Cette technologie pourrait être mise en œuvre dans tous ces fours lorsqu'ils seront reconstruits, puisqu'elle pourrait fonctionner avec n'importe quel type de verre et n'importe quel type de combustible.

Transferabilité

À la fin de la durée de vie habituelle d'une chaudière (7 à 12 ans), lorsque la décision d'investir dans la rénovation est prise, l'oxy-combustion avec la technologie CleanOx peut éventuellement être mise en œuvre. Ensuite, dans 15 ans, la majeure partie des fours à verre soufflé pourrait être convertie à l'oxycombustion avec la technologie CleanOx. En poursuivant le développement pour adapter la conception du CleanOx, il sera étendu à d'autres processus de fabrication à " haute température " tels que la fusion et le traitement thermique, pour l'acier et les métaux non ferreux, les fonderies et les processus de recyclage des métaux non ferreux, mais aussi pour le ciment et d'autres " matériaux minéraux non métalliques de base ". Dans cette industrie, les économies potentielles de CO₂ et d'énergie dépendront de la température des fumées et des caractéristiques du procédé, ce qui a permis d'obtenir une réduction moyenne estimée à environ 50 % du CO₂ provenant de la combustion directe dans le procédé.

Les connaissances et les données acquises au cours du projet LIFE CleanOx sont très précieuses pour d'autres fours à verre ainsi que pour l'acier, le ciment, l'émail, les frites ou toute autre industrie nécessitant l'utilisation de grandes quantités d'énergie pour la fusion dans des fours de petite ou moyenne taille. Par conséquent, des activités de R&D (à l'échelle pilote) seraient nécessaires dans un premier temps afin d'adapter la brique technologique (échangeur de chaleur radiatif) aux particularités des autres fours ciblés (cycle discontinu, polluants spéciaux dans les fumées, etc.). Ensuite, une démonstration industrielle serait mise en œuvre avec des partenaires pour valider la transférabilité et lancer le déploiement.

Réseau et dissémination

Le projet améliore l'état de l'art pour la mise en œuvre d'actions efficaces d'atténuation du changement climatique. Ces connaissances seront diffusées dans le but d'être appliquées dans la pratique.

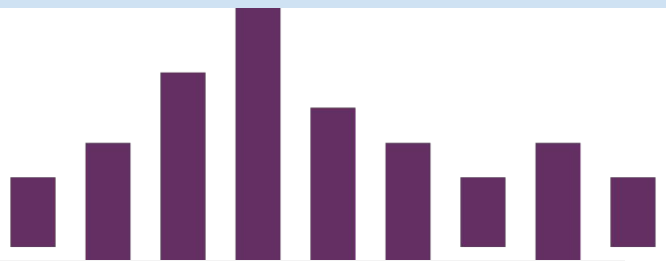
Dans le cadre des activités de mise en réseau et de diffusion, les partenaires du projet ont pris contact avec d'autres projets LIFE et ont présenté le projet LIFE CleanOx lors de différents séminaires et conférences.

1ere action: Şişecam et Air Liquide ont participé à la réunion annuelle 2017 de l'ICG (International Commission on Glass) à Istanbul (Turquie). Cette réunion annuelle de l'ICG s'est tenue conjointement avec le 32e symposium Şişecam sur le verre, où Şişecam a invité les acteurs du monde du verre à partager et à discuter des connaissances sur les derniers développements en matière de science du verre et de technologie de fabrication. A l'occasion de ce GIC, Air Liquide a fait une présentation des résultats du projet Life Eco-HeatOx et a introduit le nouveau projet Life CleanOx.

2eme action: À l'occasion du séminaire Glass Trend (Glass Technology Research & New Developments) sur le thème " Comment faire face aux défis technologiques de l'accord de Paris sur le climat ? " à Marktheidenfeld (Allemagne) en 2018, les deux partenaires étaient présents et ont assisté à la session " Matières premières à faible teneur en carbone " où Şişecam a présenté les propriétés de fusion du lot de fibres de verre à faible teneur en gaz et à la session " Technologies de combustion à faible teneur en carbone et récupération de chaleur " où Air Liquide a présenté les technologies et modèles de combustion contribuant à la neutralité carbone développés par Air Liquide.

3eme action: Air Liquide a participé à l'Asia Green Glassmaking Plant Summit 2018 qui s'est tenu au Pullman Shanghai Skyway. La conférence était consacrée à la construction d'une verrerie numérique à haut rendement énergétique, HE-ULE.

4eme action: La réunion annuelle de l'ICG (International Commission on Glass) 2018 s'est tenue à Yokohama (Japon). Le thème principal de l'ICG 2018 était "Innovations dans le verre et les technologies du verre : Contributions à une société durable". Plus de 500 professionnels de l'industrie du verre ont participé à l'événement. Air Liquide a fait une présentation sur "HeatOx to Glass industry for Low Carbon & Circular Economy".



5eme action: La réunion de la plateforme LIFE sur l'atténuation du changement climatique dans les industries à forte intensité énergétique, qui s'est tenue à Utrecht (Pays-Bas) en 2018, a rassemblé des bénéficiaires du programme LIFE et d'autres mécanismes de financement de l'UE, des décideurs et des parties prenantes dans le but de discuter de la manière dont les industries à forte intensité énergétique (IIE) peuvent contribuer à la mise en œuvre de la feuille de route de l'Union européenne pour la décarbonisation. Le bénéficiaire du projet LIFE CleanOx a été invité à participer à la réunion de la plateforme en raison de sa contribution à rendre l'industrie européenne plus respectueuse du climat et moins consommatrice d'énergie.

6eme action: Les deux partenaires du projet ont participé au salon Glasstec (salon international de la production, de la transformation et des produits en verre) en 2018 et en 2022 à Düsseldorf (Allemagne).

À Glasstec 2018, Air Liquide a présenté des solutions qui assurent une " EFFICACITÉ CLAIRE " pour la production et le traitement du verre. Parmi les technologies présentées par Air Liquide, la technologie HeatOx était le fleuron !

Grâce aux lunettes connectées, des sessions de live-streaming ont été organisées entre les partenaires du projet afin de permettre aux participants du Glasstec de visiter la technologie HeatOx pour le verre mise en œuvre à Paşabahçe en Bulgarie. Il s'agissait d'une première du genre : les visiteurs du stand d'Air Liquide ont été emmenés de cette manière à l'usine en Bulgarie pour voir virtuellement le processus Heatox dans un environnement réel, tout en restant assis à Düsseldorf. Ces sessions de live-streaming de l'installation HeatOx en Bulgarie ont attiré une centaine de participants et de clients pour un voyage unique en direct.

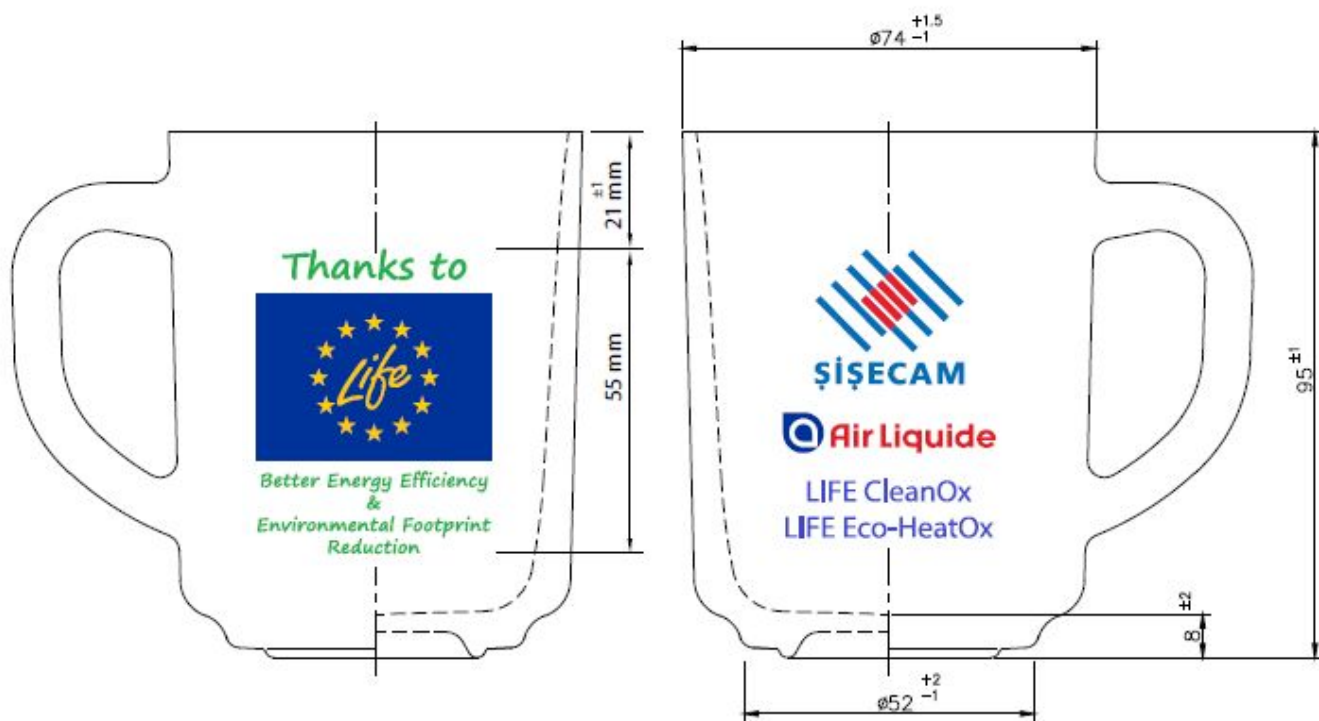
Un modèle 3D de la technologie HeatOx a également été mis à disposition par Air Liquide sur son stand.

Pendant le Glasstec 2022, la devise du salon d'Air Liquide était "Growing Clean with Air Liquide". Avec les solutions d'oxy-combustion, de récupération de chaleur et de combustion d'hydrogène dans son portefeuille de technologies, Air Liquide a pu présenter des solutions énergétiques à faible émission de carbone aux verriers et aux parties intéressées.

Au salon GLASSTEC, Air Liquide a également présenté une nouvelle installation d'oxygène sur site permettant de réduire l'empreinte CO2 sur les sites des clients.

7eme action: Air Liquide, Paşabahçe et Şişecam ont présenté conjointement la technologie HeatOx et le projet LIFE CleanOx lors de la Glass Problem Conference à Columbus, Ohio (USA) à de multiples reprises, afin que les participants soient au courant du développement continu de la technologie, incluant notamment un article présenté par Şişecam en 2016 et une présentation de Four Major Levers for Contribution of Glass Industry Decarbonization en 2019. En 2022, les partenaires ont présenté les derniers résultats de l'échangeur de chaleur radiatif du projet Life CleanOx lors du 83e GPC.

Dans le cadre du projet CleanOx, Paşabahçe, Şişecam et Air Liquide ont également travaillé sur le verre suivant qui a été fabriqué dans l'usine de Paşabahçe en Bulgarie. Le but était de communiquer sur le projet LIFE+ :



Contact

Coordinateur :

Hasan SABANOV

Paşabahçe

HSABANOV@sisecam.com

Partenaires :

Emre DUMANKAYA

Paşabahçe

EDUMANKAYA@sisecam.com

Tam LAM

Air Liquide

tam.lam@airliquide.com

Site internet : <https://www.lifecleanox.com/>



LIFE CleanOx project LIFE16 CCM/BG/000059



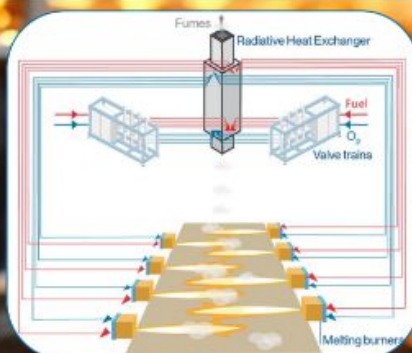
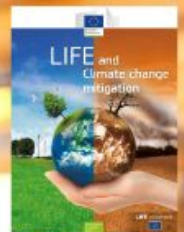
CLEANEST OXY-FUEL COMBUSTION TECHNOLOGY WITH RADIATION BASED WASTE HEAT RECOVERY FOR GLASS MELTING FURNACES (LIFE16 CCM/BG/000059)

Project Description: Lowering GHG emissions and energy consumption in the glass industry in order to be environmentally sustainable. LIFE CleanOx aims at facilitating waste heat recovery for oxy-fuel furnaces with an innovative heat recovery system. The project will focus on tableware glass.

- **Demonstration** of an innovative **radiative heat exchanger** building on successfully completed LIFE Eco-HeatOx project.
- **Project duration:** from 01-JUL-2017 to 30-JUN-2021
- **Total budget** : 2,794,283 €
- **EU contribution** : 1,244,869 €



With the contribution of the European Commission LIFE programme



Project Objectives:

- 1) **Reduction of GHG emissions (CO₂ & NO_x)** associated with tableware glass melting compared to regenerative air-fuel combustion:
 - **CO₂ emissions by 30%**
 - **NO_x emissions by 90%**
- 2) **Energy savings by 30%** compared to regenerative air-fuel combustion.
- 3) **CAPEX reduction by 50%** compared to LIFE Eco-HeatOx.

