

# Fumées de fours



## Fiche technique Intégration des énergies renouvelables et de récupération dans l'industrie

### Description de la technologie

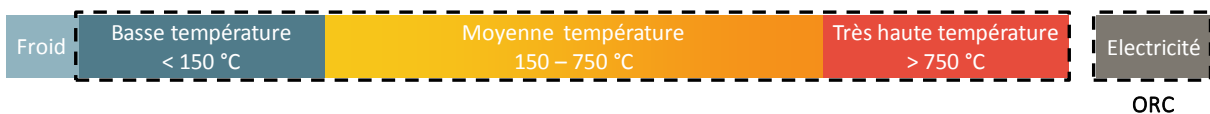


Crédit : CETIAT

Les gaz évacués par un four peuvent contenir entre 25 % et 60 % de l'énergie qui est perdue dans les fumées.

Les fumées de combustion émises par les fours industriels peuvent quant à elles être valorisées par l'intermédiaire d'un échangeur, soit gaz-gaz (à plaques, à tubes), soit gaz-liquide (à ailettes, caloduc). [1] Le choix de l'échangeur dépendra du type de four, du niveau de température des fumées, de l'espace disponible et du fluide caloporteur dans le cas d'un échangeur air-liquide. Une hotte peut aussi être installée en contact avec les fumées afin de préchauffer les pièces avant de les faire entrer dans le four. [2]

### Usages



Les échangeurs sur fumées de four permettent de récupérer de la chaleur à des températures pouvant dépasser les 200°C car les fumées de fours industriels peuvent atteindre des températures entre 400°C et 600°C, voire 1 000°C dans certains cas. Les usages sont alors nombreux et dépendent de la température récupérée (préchauffage de l'air de combustion, préchauffage des pièces avant entrée dans le four, ou autres procédés industriels). [3][2]

Une machine ORC peut être ajoutée en sortie de l'échangeur pour transformer l'énergie thermique en énergie électrique. [2]

### Secteurs d'utilisation par vecteur énergétique

Préchauffage de four et/ou de pièces

Verre  
Métallurgie

Flux de fluides

Agroalimentaire  
Céramiques et terres cuites  
Équipements et assemblages (traitements thermiques)  
Industrie chimique et pharmaceutique  
Industrie du papier et du carton  
Métallurgie (traitements de surface)  
Raffinage (séparation des gaz)  
Travail du bois  
Textile  
Tous secteurs (ECS, chauffage)

## Illustration d'utilisation de la technologie dans les retours d'expérience

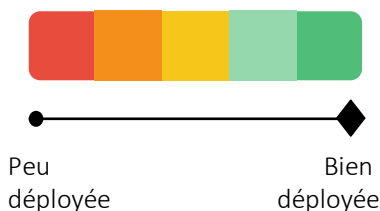
- [L'Oréal. Géothermie très basse énergie sur aquifère avec thermofrigopompe et récupération de chaleur fatale.](#)
- [GIE Osiris. Chaudière biomasse et bois déchet, récupération de chaleur, réseau de chaleur et intégration thermique à l'échelle d'une plateforme chimique.](#)
- [Ker Noé. Cogénération biogaz et machine ORC sur fumées du moteur biogaz dans une exploitation agricole.](#)

## Coûts

Le coût de la récupération d'énergie sur fumées de fours dépend fortement des fours concernés et des niveaux de températures. Il n'y a donc pas de coût moyen de production.

A titre d'exemple, un récent retour d'expérience, concernant du préchauffage de l'air de combustion de fours utilisés dans l'agroalimentaire grâce à quatre échangeurs, a coûté 300 EUR/kW<sub>échangeur</sub> et permis des économies de 35 MWh/an/kW<sub>échangeur</sub>.

## Diffusion de la technologie de récupération

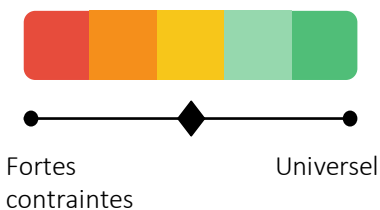


Peu déployée

Bien déployée

Les projets de récupération de chaleur sur fumées de fours en industrie sont moins courants que les projets sur chaudière à vapeur, car leurs coûts sont plus élevés et leur intégration moins standard. En contrepartie, ils offrent une meilleure efficacité.

## Contraintes d'intégration sur site



Fortes contraintes

Universel

Suivant l'utilisation faite de la chaleur fatale, préchauffage du four ou intégration à un autre procédé sur le site par exemple, l'installation sur site sera plus ou moins complexe. Elle pourra nécessiter une modification des réseaux de distribution ou l'ajout d'un stockage. Ces installations peuvent donc nécessiter des modifications du site industriel pour libérer la place nécessaire.

## Contraintes d'opération et de maintenance



Complexes

Aisées

Les contraintes d'opération et de maintenance dépendent de l'installation, du type de four et de l'échangeur utilisé.

## Disponibilité et accessibilité de la ressource



Faibles

Fortes

Les fumées en sortie de fours industriels traditionnels peuvent avoir des températures très élevées, jusqu'à 1 000°C. Les fours intégrant déjà une récupération interne des fumées pour préchauffer le four, relâchent des gaz à des températures plus faibles, en dessous de 400°C [2]. La source de chaleur fatale peut cependant être difficilement utilisable si elle est située trop loin de l'usage que l'on veut en faire ou si sa production est décalée dans le temps avec l'usage. Dans ces cas, pour rendre la ressource accessible, une stratégie de distribution et/ou de stockage de chaleur peut s'avérer nécessaire, et générer une complexité technique et économique.

## Performance environnementale



Par convention, l'ADEME considère un contenu CO<sub>2</sub> de 0 gCO<sub>2</sub>/kWh pour les énergies de récupération quelle que soit leur origine. Le gain environnemental en tonnes de CO<sub>2</sub> évitées sera donc proportionnel à la quantité d'énergie fossile économisée et à son empreinte carbone. Par exemple, des économies de consommation de gaz naturel permettront d'éviter 243 kgCO<sub>2</sub>/kWh PCI. [4]

## Mécanismes de soutien

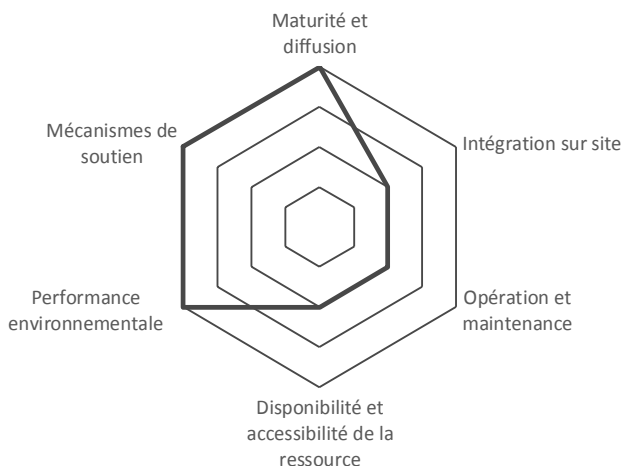


L'ADEME accompagne [les projets de récupération de chaleur fatale](#) à travers le [Fonds Chaleur](#), en finançant des équipements de captage, stockage, transport et distribution de chaleur dans un site industriel, du moment où l'opération ne peut pas être couverte par les Certificats d'économie d'énergie (CEE) via une fiche d'opération standardisée. Par contre, les installations de récupération et de valorisation sur un même équipement ne sont pas éligibles. [5]

La récupération de chaleur sur fours industriels fait l'objet d'une fiche d'opération standardisée dans le cadre des CEE : Fiche IND-UT-118 : « Brûleur avec dispositif de récupération de chaleur sur un four industriel ». [6]

D'une manière générale, les opérations de récupération d'énergie peuvent aussi bénéficier de dispositifs financiers comme les prêts de la Banque publique d'investissement (BPI), et/ou d'un amortissement dégressif ou exceptionnel des équipements. [7] [8]

## En résumé



La récupération de chaleur sur fumées de fours est largement utilisée dans l'industrie et permet d'atteindre des températures très élevées ce qui lui permet de couvrir une large gamme d'usages. C'est une technologie facile à intégrer en général, bien que comme les autres énergies de récupération, l'ajout d'une solution de stockage et/ou d'un réseau de distribution de la chaleur peut complexifier son intégration. Plusieurs mécanismes de soutien sont dédiés à cette filière.

## Sources

- [1] *Brochure*, Trianon Echangeur, web, 2017
- [2] *Heat Recovery – A guide to key systems and applications*, Carbon Trust,
- [3] *Module ORCHID installé dans la fonderie FMGC*, Enertime, web, [lien](#), 2017
- [4] *Base Carbone*, ADEME, 2017
- [5] *Chaleur fatale industrielle*, ADEME, 2015
- [6] *Catalogue complet opérations standardisées (Arr 25)*, Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2017
- [7] *Amortissement dégressif ou exceptionnel des matériels destinés à économiser l'énergie et des équipements de production d'énergies renouvelables*, Code Général des Impôts, Livre premier, Première partie, Titre premier, Chapitre premier, Section I, Article 2.
- [8] *Prêt vert*, bpifrance.fr, web, [lien](#), 2017

# Intégration des énergies renouvelables et de récupération dans l'industrie

## Fiche technique

### Fumées de fours

Cette fiche décrit la technologie des fumées de fours en identifiant les forces et faiblesses de cette technologie pour son intégration dans l'industrie : coûts de production de l'énergie, niveau de maturité et de diffusion, facilité d'intégration sur site, contraintes d'opérations et de maintenance, empreinte carbone.

Cette fiche permet de caractériser la technologie afin d'identifier les avantages qu'elle apporte, mais aussi les freins et difficultés à surmonter.

## L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition Ecologique et Solidaire et du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.



[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)



010723 - F8