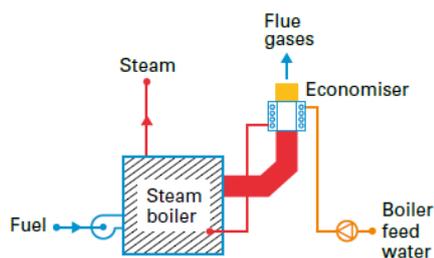


# Fumées de chaudières à vapeur

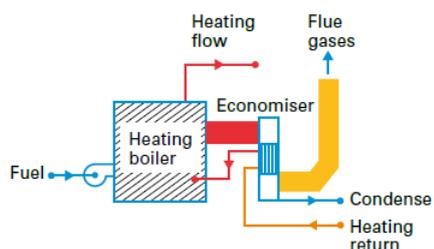


Fiche technique  
Intégration des énergies renouvelables et de récupération dans l'industrie

## Description de la technologie



Economiseur sur chaudière à vapeur [3]



Economiseur et condenseur sur chaudière à vapeur [3]

Les gaz évacués par une chaudière à vapeur peuvent contenir jusqu'à 20 % de l'énergie primaire fournie en entrée.

Pour récupérer la chaleur fatale contenue dans les gaz effluents d'une chaudière à vapeur, un économiseur peut être installé sur le conduit de cheminée pour être utilisé comme échangeur gaz/liquide entre la fumée et un fluide secondaire (souvent de l'eau). Cet économiseur placé en amont de la cheminée pourra permettre d'économiser jusqu'à 6 % de combustible. Cependant, pour éviter toute condensation dans la cheminée, la température du gaz en sortie d'économiseur ne peut pas passer en dessous de son point de rosée, ce qui limite la quantité d'énergie récupérable. [1]

Une partie de la chaleur sensible contenue dans ces gaz peut alors être récupérée grâce à l'ajout d'un condenseur après l'économiseur. En condensant la vapeur d'eau présente dans les fumées, ces systèmes peuvent permettre d'économiser entre 10 % et 15 % du combustible. [1]

## Usages



La chaleur récupérée sur les chaudières vapeur au niveau de l'économiseur peut avoir plusieurs usages. Dans le cas où le taux de retour des condensats dans la chaudière est faible, et donc que le débit d'eau froide d'appoint de la bûche est important, il peut être intéressant d'utiliser cette chaleur pour préchauffer l'eau d'alimentation. Dans le cas contraire, la chaleur est plutôt utilisée soit pour préchauffer l'air de combustion soit pour chauffer de l'eau destinée à un usage procédé ou à de l'eau chaude sanitaire. [1]

Une machine ORC peut être ajoutée en sortie de l'économiseur pour transformer l'énergie thermique en énergie électrique. [3]

## 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 source de chaleur fatale 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

### CAPEX :

170 EUR/kW en moyenne

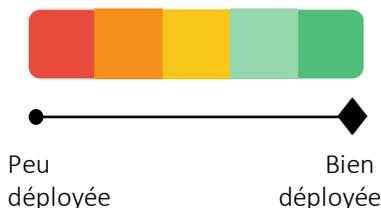
### Coût de production :

4 – 13 EUR/MWh

Plusieurs technologies existent pour récupérer de la chaleur fatale issue de fumées de chaudières, seuls les économiseurs sont approfondis ici. Le coût d'investissement d'un projet d'installation d'économiseur sur chaudière vapeur dépend de la taille de la chaudière. Rapporté à la puissance de l'échangeur, un tel projet coûte environ 170 EUR/kW, sur la base de cas typiques issus de retours d'expérience.

La récupération sur fumées de chaudières vapeur a un coût total de production allant de 4 à 13 EUR/MWh. L'ajout d'un condenseur derrière l'économiseur demande un investissement plus important car le système doit pouvoir résister aux condensats de nature corrosive, ce qui nécessite l'installation d'un échangeur en inox et le gainage de la cheminée. [1]

## Diffusion de la technologie



### Économiseur sur chaudière vapeur

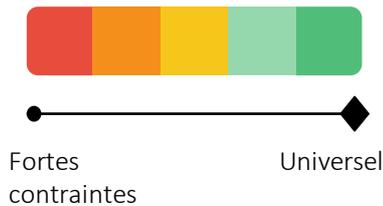
L'ajout d'un économiseur sur des fumées de chaudières est une technologie mature, utilisée depuis des décennies. [3]

### Économiseur et condenseur sur chaudière vapeur

Les projets alliant un condenseur à l'économiseur sont beaucoup moins fréquents mais observés dans de nombreux secteurs industriels. [1]

## Contraintes d'intégration sur site

### Économiseur



Fortes  
contraintes

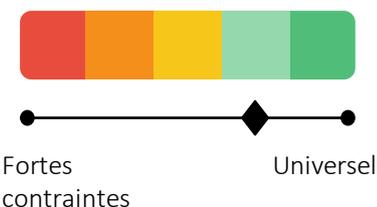
Universel

### Économiseur sur chaudière vapeur

L'installation des économiseurs ne pose pas de difficultés particulières et la conception de ces installations se fait souvent sur-mesure, ce qui facilite leur intégration sur site. [1]

Si l'eau chauffée par l'économiseur est de l'eau non consommée en continu par l'unité de production, une cuve tampon pourra être installée comme moyen de stockage, ce qui nécessiterait dans certains cas un aménagement du site. [3]

### Économiseur et condenseur



Fortes  
contraintes

Universel

### Économiseur et condenseur sur chaudière vapeur

Alors que les économiseurs seuls peuvent être installés directement au niveau de la cheminée d'évacuation des gaz, les économiseurs avec condenseurs sont souvent installés au sol, juste à côté de l'orifice de sortie des gaz de la chaudière. Leur installation peut donc nécessiter des modifications du site industriel pour libérer la place nécessaire. [3]

## Contraintes d'opération et de maintenance

### Économiseur



Complexes

Aisées

### Économiseur sur chaudière vapeur

Les économiseurs utilisés sur les chaudières vapeur sont simples d'utilisation mais peuvent induire, en opération, des pertes de charge sur le réseau. [1]

### Économiseur et condenseur



Complexes

Aisées

### Économiseur et condenseur sur chaudière vapeur

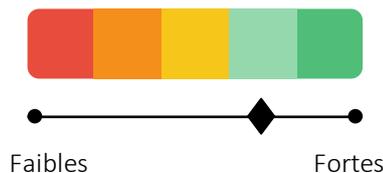
Avec l'ajout d'un condenseur et donc la présence d'eau à l'état liquide, des problématiques de corrosion peuvent se poser et nécessitent une maintenance plus importante que les économiseurs seuls. [1]

## Disponibilité et accessibilité de la ressource

### Économiseur / économiseur et condenseur sur chaudière vapeur

Dans le cas fréquent où la chaleur récupérée sur les fumées est réutilisée en entrée de la chaudière, aucun problème d'accessibilité et de disponibilité de la ressource ne se pose.

Par contre, si cette chaleur est vouée à être utilisée sur un autre procédé, elle peut être plus 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.



Faibles

Fortes

La température des gaz issus de chaudières à vapeur se situe entre 80 et 95°C quand la chaleur est récupérée sur un condenseur après l'économiseur (température de changement de phase) et peut dépasser les 100°C lorsque la chaleur sensible uniquement est récupérée via un économiseur. [3]

## 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. [6]

## Mécanismes de soutien



La récupération de chaleur sur les chaudières à vapeur industrielles fait l'objet de fiches d'opérations standardisées dans le cadre du dispositif de Certificats d'économie d'énergie (CEE) : [7]

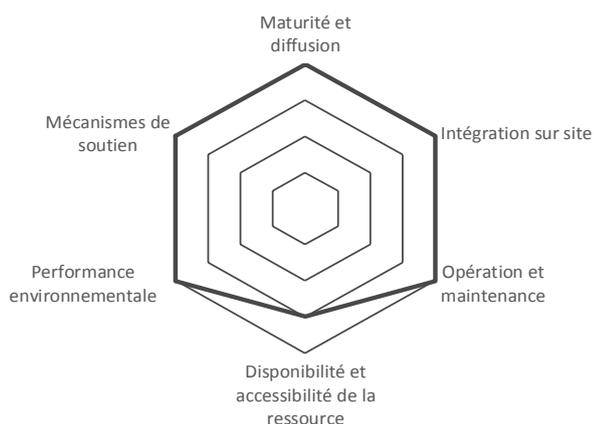
- Fiche IND-UT-104 « Economiseur sur les effluents gazeux d'une chaudière de production de vapeur ».
- Fiche IND-UT-130 : « Condenseur sur les effluents gazeux d'une chaudière de production de vapeur ».

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. [8][9]

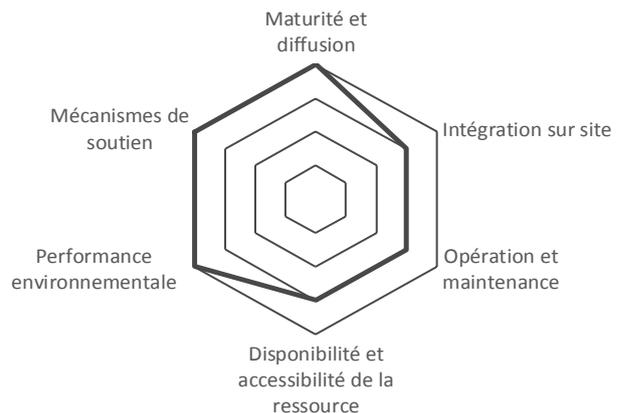
L'ADEME accompagne [les projets de récupération de chaleur fatale](#) à travers le [Fonds Chaleur](#), en finançant des équipements de captage, stockage, transport et distribution de chaleur dans un site industriel, du moment où l'opération ne peut pas être couverte par une fiche d'opération standardisée. Par contre, les installations de récupération et de valorisation sur un même équipement ne sont pas éligibles. [10]

## En résumé

### Économiseur sur chaudière à vapeur



### Économiseur et condenseur sur chaudière à vapeur



La récupération de chaleur sur les fumées d'une chaudière vapeur, avec ou sans addition d'un condenseur, est une pratique très répandue. Certaines chaudières sont même vendues directement équipées d'un économiseur. Cette technologie est très facile à intégrer, surtout dans le cas le plus courant où elle est utilisée pour réalimenter directement la chaudière. La seule contrainte générée par l'ajout d'un condenseur concerne la maintenance de l'installation, rendue plus complexe du fait de la présence d'eau à l'état liquide dans le système de récupération.

- [1] *Récupération de chaleur fatale industrielle des économies d'énergie à la clé*, CETIAT, [lien](#)
- [3] Heat Recovery – A guide to key systems and applications, Carbon Trust,
- [4] Module ORCHID installé dans la fonderie FMGC, Enertime, web, [lien](#), 2017
- [5] *Récupération de chaleur des fumées d'une chaudière chez un équipementier*, Fiche n°38, ADEME, 2011
- [6] Base Carbone, ADEME, 2017
- [7] Catalogue complet opérations standardisées (Arr 25), Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2017
- [8] *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.
- [9] Prêt vert, bpifrance.fr, web, [lien](#), 2017
- [10] *Chaleur fatale industrielle*, ADEME, 2015

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

## Fiche technique Fumées de chaudières à vapeur

Cette fiche décrit la technologie des fumées de chaudières à vapeur 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 - F2