*COP annuel moyen du système de PAC :

– tel que calculé dans l'étude de dimensionnement : .....

– tel que résultant du système installé : .....

*Ecart de température entre sortie d'eau condenseur et sortie d'eau évaporateur : ..... K

*Température de l'eau en sortie de condenseur : ..... K

Point de fonctionnement	Taux de charge du système indiqué dans l'étude de dimensionnement (en %)	Puissance thermique fournie indiquée dans l'étude de dimensionnement	Puissance thermique fournie par le système installé (en kW thermique)	Puissance électrique absorbée par le ou le compresseur(s) et les auxiliaires, indiquée dans l'étude de dimensionnement	Puissance électrique absorbée par le ou le compresseur(s) et les auxiliaires installés (en kW électrique)	Durée de fonctionnement du système à ce point de fonctionnement, indiquée dans l'étude de dimensionnement (en heures)
*1						
*2						
*3						
*4						
*5						
6						
7						
8						
9						
10						

*Installation des instruments de mesure suivants : wattmètre(s) sur le ou les compresseur(s) et les auxiliaires, débitmètre(s) au niveau du ou des condenseur(s) et sondes de température en entrée et sortie du ou des condenseur(s) : ☐ OUI ☐ NON

*Le bénéficiaire s'engage à conserver pendant neuf ans à compter de la date d'achèvement de l'opération et mettre à disposition de l'administration les mesures issues des instruments de mesure susmentionnés : ☐ OUI ☐ NON

Coordonnées de l'entité ayant établi l'étude de dimensionnement préalable :

*Raison sociale : .....

*Numéro SIREN : .....

*Référence de l'étude de dimensionnement : .....

*Date de l'étude de dimensionnement : ..... / ..... / .....

Caractéristiques du système de pompe(s) à chaleur : (A ne remplir que si ces caractéristiques ne sont pas mentionnées sur la preuve de réalisation de l'opération)

*Marque(s) : .....

*Référence(s) : .....

Rappel : N'est pas éligible à la présente opération, un système dont tout ou partie des équipements ou de la chaleur fatale récupérée a été valorisée au moyen de l'une des fiches suivantes : IND-BA-112, IND-UT-103, IND-UT-117, IND-UT-118, IND-UT-138 et IND-UT-139.

CERTIFICATS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

Opération n° IND-UT-138

Conversion de chaleur fatale en électricité ou en air comprimé

1. **Secteur d'application**

Industrie.

2. **Dénomination**

Mise en place d'un système de récupération de chaleur fatale sur les effluents d'un équipement industriel ou d'un ensemble d'équipements industriels (fours, sécheurs, groupes frigorifiques, traitements humides, traitements thermiques, etc.) pour conversion en électricité ou en air comprimé autoconsommés sur site, *via* un échangeur thermique et une machine thermodynamique.

La chaleur fatale est une chaleur générée par une installation qui n'en constitue pas une des finalités premières, et qui n'est pas récupérée. Dans le cadre de la présente fiche, est considérée comme chaleur fatale un effluent liquide ou gazeux répondant à la définition précédente et ayant une température de rejet supérieure à 25 °C.

La chaleur fatale est générée par le site industriel concerné par l'opération.

Ne sont pas éligibles à la présente fiche :

– l'installation d'un système de récupération et de conversion de chaleur fatale sur les effluents d'un équipement de secours ;
– la production d'électricité ou d'air comprimé pour vente à un tiers ;
– les installations valorisant une quantité de chaleur fatale prélevée supérieure à 16 GWh/an.

La présente fiche n'est pas cumulable avec les fiches IND-BA-112, IND-UT-103, IND-UT-117, IND-UT-118, IND-UT-137 et IND-UT-139.

La présente fiche s'applique aux opérations engagées avant le 1er janvier 2030.

3. **Conditions pour la délivrance de certificats**

La mise en place du système de récupération et de conversion de chaleur fatale fait l'objet d'une étude préalable de dimensionnement établie, datée et signée par le professionnel ou un bureau d'étude.

Cette étude comporte les éléments suivants :

I. – **Identification de l'opération :**

a) Raison sociale et adresse du bénéficiaire ;

b) Adresse du chantier si différente de l'adresse du bénéficiaire.

II. – **Identification des équipements émetteurs de chaleur fatale et des auxiliaires :**

a) Identification du ou des équipement(s) émetteur(s) de chaleur fatale concerné(s) par l'opération :

i. Type d'équipement (ex : four, sécheur…) ;
ii. Marque et référence ;
iii. Durée et mode de fonctionnement annuels ;
iv. Sur la base de l'historique de fonctionnement des deux dernières années *a minima*, ou à défaut, de simulations, évalue la puissance de chaleur fatale récupérable, c'est-à-dire le gisement total disponible en y soustrayant l'éventuelle puissance de chaleur fatale déjà récupérée avant l'opération ;

b) Identification des équipements auxiliaires préexistants nécessaires à l'évacuation de la chaleur fatale avant l'opération :

i. Type d'équipement (ventilateur, pompe) ;
ii. Evaluation de leur consommation électrique sur la base de l'historique de fonctionnement des deux dernières années *a minima*, ou à défaut, de simulations ;

c) Identification des équipements auxiliaires supplémentaires à installer dans le cadre de l'opération (incluant les éventuels auxiliaires servant au respect des textes en vigueur en matière de réglementation des dilutions sur les effluents en sortie de machine thermodynamique) :

i. Type d'équipement ;
ii. Evaluation de leur consommation électrique.

III. – **Validation du projet et dimensionnement des équipements :**

a) Validation et justification de la pertinence technique d'une valorisation de la chaleur fatale en électricité / en air comprimé plutôt qu'en chaleur utile ou en froid, sur la base d'une évaluation des besoins du site industriel et de son environnement local (sites industriels voisins, réseaux de chaleur urbains, etc.) ;

b) Dimensionnement de l'échangeur et de la machine thermodynamique en fonction des caractéristiques des effluents valorisés (puissance de chaleur récupérée, gamme de température, caractéristiques physico-chimiques, puissance électrique absorbée par la machine thermodynamique et, selon le cas, puissance électrique produite ou volume d'air comprimé produit) ; dans le cas d'effluents encrassants ou corrosifs, l'étude de dimensionnement inclut la définition d'un plan de maintenance de l'échangeur ;

c) Evaluation des économies d'énergie attendues en calculant :

i. $P_{récup}$ (kW), la puissance thermique apportée en entrée de la machine thermodynamique, en cohérence avec le dimensionnement de l'échangeur et de la machine thermodynamique ;

ii. Le rendement brut de la machine thermodynamique (ne prenant pas en compte les auxiliaires) η (%) :

– dans le cas de la production d'électricité :

$$\eta = \frac{\text{Puissance électrique produite par la machine thermodynamique} - \text{Puissance électrique absorbée par la machine thermodynamique}}{\text{Puissance thermique absorbée}}$$

– dans le cas de la production d'air comprimé :

$$\eta = \frac{\left(\text{Volume d'air comprimé produit}\,[\text{Nm}^3/\text{h}] \times 0{,}15\right) - \text{Puissance électrique absorbée par la machine thermodynamique}}{\text{Puissance thermique absorbée}}$$

iii. La puissance électrique absorbée par les auxiliaires avant et après l'opération, et P_{conso} (kW), la variation de la puissance électrique absorbée par les auxiliaires avant et après l'opération ;

iv. D (heures), la durée annuelle de fonctionnement de la machine thermodynamique, fonction du rythme de fonctionnement et des arrêts de maintenance des sources de chaleur, ainsi que des arrêts de maintenance du système de récupération de chaleur ;

v. Calcul des économies d'énergie annuelles selon la formule suivante (kWh/an) : $D \times (P_{récup} \times \eta - P_{conso})$;

d) Evaluation de l'impact économique de l'opération sur la facture énergétique du bénéficiaire.

L'installation des équipements est réalisée par un professionnel.

La machine thermodynamique installée présente un rendement énergétique brut (ne prenant pas en compte les consommations des auxiliaires), η, respectant la condition suivante :

$$\eta \geq 0{,}1 \times \left(1 - \frac{T°_{\text{source froide}}}{T°_{\text{chaleur en entrée de la machine}}}\right)$$

Dans le cadre de la présente fiche, le terme « auxiliaires » désigne les pompes et/ou ventilateurs utilisés pour :

– évacuer l'effluent porteur de chaleur fatale préalablement à l'opération ;
– transférer tout ou partie de l'effluent porteur de chaleur fatale vers la machine thermodynamique ;
– évacuer l'effluent porteur de la chaleur fatale résiduelle issue de la machine thermodynamique.

Le système de récupération de chaleur fatale installé est tel que :

– la puissance de chaleur récupérée nominale du système installé est supérieure ou égale à $P_{récup}$ issue de l'étude de dimensionnement ;
– selon le cas, la puissance électrique nominale produite par le système installé est supérieure ou égale à la puissance électrique produite par le système issue de l'étude de dimensionnement ou le volume d'air comprimé produit par le système installé est supérieur ou égal à celui issu de l'étude de dimensionnement ;
– la puissance électrique absorbée nominale du système installé (ne prenant pas en compte les auxiliaires) est inférieure ou égale à celle issue de l'étude de dimensionnement ;
– le rendement brut du système installé est supérieur ou égal au rendement brut, η, issu de l'étude de dimensionnement ;
– la variation de la puissance électrique absorbée par les auxiliaires induite par le système installé est inférieure ou égale à P_{conso} issue de l'étude de dimensionnement.

Les équipements installés sont équipés d'un système de mesure permettant de suivre :

– la quantité de chaleur absorbée par la machine thermodynamique ;
– la quantité d'énergie électrique absorbée par la machine thermodynamique ;
– la quantité d'énergie électrique absorbée par les auxiliaires ;
– la quantité d'énergie électrique ou de volume normé d'air comprimé produite en sortie de la machine thermodynamique.

Les données de suivi issues du système de mesure susmentionné sont archivées par le bénéficiaire sous forme de bilans annuels et mensuels et sont conservées pendant neuf ans à compter de la date d'achèvement de l'opération. Le bénéficiaire s'engage à transmettre ses données à des fins de traitements statistiques et de contrôle, ou sur demande de l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie afin de contribuer à l'amélioration des connaissances.

Le document justificatif spécifique à l'opération est l'étude de dimensionnement susmentionnée. Cette étude est tenue à disposition par le bénéficiaire en cas de contrôle.

La preuve de la réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'un système de récupération de chaleur fatale pour conversion, selon le cas, en électricité ou en air comprimé. Elle précise également :

– la marque, la référence et la puissance de chaleur récupérée nominale (kW) du ou des échangeurs installés ;
– la puissance électrique absorbée nominale de la machine thermodynamique hors auxiliaires (kW) ;
– la marque, la référence et la puissance électrique absorbée nominale des auxiliaires, en distinguant les auxiliaires préexistants à l'opération et les auxiliaires installés dans le cadre de l'opération ;
– selon le cas, la puissance électrique nominale produite (kW) ou le volume d'air comprimé produit (Nm^3/h) par la machine thermodynamique installée.

A défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'équipements avec leurs marques et références et la marque, la référence et la puissance électrique absorbée nominale des auxiliaires préexistants à

l'opération. Elle est complétée par un document issu du fabricant indiquant que les équipements de marques et références installés constituent un système de récupération et de conversion de chaleur, selon le cas, en électricité ou en air comprimé, mentionnant sa puissance de chaleur récupérée nominale (kW), sa puissance électrique absorbée nominale hors auxiliaires (kW) et, selon le cas, sa puissance électrique nominale produite (kW) ou le volume d'air comprimé produit (Nm^3/h), et précisant la liste des auxiliaires devant être installés et leur puissance électrique nominale absorbée (kW).

Dans le cas d'une machine thermodynamique modulaire mise en œuvre en deux étapes (installation initiale de faible puissance puis installation complémentaire pour atteindre la puissance finale), la demande de certificats d'économies d'énergie ne peut être déposée qu'après l'installation finale. Le demandeur de certificats d'économies d'énergie archive les preuves des dates d'engagement et d'achèvement des deux installations.

4. **Durée de vie conventionnelle**

20 ans.

5. **Montant de certificats en kWh cumac**

Le volume de certificats d'économies d'énergie est déterminé comme suit :

$$14{,}134 \times D \times (P_{récup} \times \eta - P_{conso})$$

D, $P_{récup}$, η et P_{conso} sont des paramètres dont les valeurs sont indiquées dans l'étude de dimensionnement :

– D est la durée annuelle de fonctionnement (en heures) ;
– $P_{récup}$ est la puissance thermique apportée par le fluide caloporteur à la machine thermodynamique (en kW thermique) ;
– η est le rendement brut estimé de la machine thermodynamique (en %) ;
– P_{conso} est la puissance électrique absorbée par les auxiliaires (en kW électrique).

Annexe 1 à la fiche d'opération standardisée IND-UT-138, définissant le contenu de la partie A de l'attestation sur l'honneur

A. – **IND-UT-138 (v. A62.1) : Mise en place d'un système de récupération de chaleur fatale sur les effluents d'un équipement industriel ou d'un ensemble d'équipements industriels (fours, sécheurs, groupes frigorifiques, traitements humides, traitements thermiques, etc.) pour conversion en électricité ou en air comprimé autoconsommés sur site, *via* un échangeur thermique et une machine thermodynamique.**

*Date d'engagement de l'opération (ex : date d'acceptation du devis) : .....
Date de preuve de réalisation de l'opération (ex : date de la facture) : .....
Référence de la facture : .....
*Nom du site des travaux : .....
*Adresse des travaux : .....
Complément d'adresse : .....
*Code postal : .....
*Ville : .....

*La chaleur fatale valorisée dans le cadre de l'opération n'était pas déjà récupérée antérieurement à l'opération :
☐ OUI ☐ NON

*Le système installé produit (cocher une seule case) :
☐ de l'électricité consommée sur site
☐ de l'air comprimé utilisé sur site

*Chaleur fatale valorisée prélevée sur les effluents d'un équipement de secours : ☐ OUI ☐ NON
*Quantité de chaleur fatale prélevée dans le cadre de l'opération : ..... GWh/an
*Durée annuelle de fonctionnement de la machine thermodynamique (D) : ..... heures
*Puissance thermique apportée en entrée de la machine thermodynamique ($P_{récup}$), issue de l'étude de dimensionnement : ..... kW
*Puissance de chaleur récupérée nominale du système installé : ..... kW
*Puissance électrique absorbée nominale du système issu de l'étude de dimensionnement (ne prenant pas en compte les auxiliaires) : ..... kW
*Puissance électrique absorbée nominale du système installé (ne prenant pas en compte les auxiliaires) : .. kW
*Variation de la puissance électrique absorbée par les auxiliaires de la machine thermodynamique, issue de l'étude de dimensionnement : ..... kW
*Variation de la puissance électrique absorbée par les auxiliaires induite par le système installé : ..... kW
*Dans le cas de la production d'électricité, puissance électrique produite par la machine thermodynamique, issue de l'étude de dimensionnement : ..... kW
*Dans le cas de la production d'électricité, puissance électrique nominale produite par la machine thermodynamique installée : ..... kW