ANNEXE G

CERTIFICATS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

Opération n° IND-UT-137

Mise en place d'un système de pompe(s) à chaleur en rehausse de température de chaleur fatale récupérée

1. Secteur d'application

Industrie.

2. Dénomination

Mise en place d'un système de pompe(s) à chaleur (PAC) de type air/air, air/eau ou eau/eau à compression de vapeur entrainée par un moteur électrique en rehausse de température dont la source froide est de la chaleur fatale récupérée afin de couvrir un besoin de chaleur sur le site (procédé, chauffage des locaux ou eau chaude sanitaire) de puissance thermique « chaud » inférieure ou égale à 2 MW.

La présente fiche n'est pas cumulable avec les fiches IND-BA-112, IND-UT-103, IND-UT-117, IND-UT-118, IND-UT-138 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 est réalisée par un professionnel.

La présente fiche s'applique aux systèmes de pompe(s) à chaleur (PAC) de type air/air, air/eau ou eau/eau à compression de vapeur entrainée par un moteur électrique en rehausse de température à partir d'une source de chaleur fatale générée par un site industriel et de puissance thermique « chaud » inférieure ou égale à 2 MW.

Un système de pompe(s) à chaleur désigne une ou plusieurs pompe(s) à chaleur, montées en parallèle ou en série, ainsi que les pompes et ventilateurs des sources froides et chaudes de chacune des pompes à chaleur.

La source froide du système de pompe(s) à chaleur est le fluide en entrée de ce système.

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 en continu sur l'année supérieure à 25 °C.

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

La chaleur fatale valorisée par l'opération n'a pas fait l'objet de valorisation antérieure à l'opération.

Le système de PAC :

– utilise un ou des fluide(s) frigorigène(s) dont le PRG (potentiel de réchauffement global) est strictement inférieur à 150 ;
– a un coefficient de performance (COP) annuel moyen, tel que $\text{COP annuel moyen} = \frac{Q}{E_{élec}}$, supérieur au COP annuel moyen minimal défini conformément au tableau ci-dessous en fonction de la rehausse en température et de la température de l'eau en sortie du condenseur.

Q (en kWh/an) est l'énergie thermique annuelle fournie sous forme de chaleur en sortie du système calculée en fonction des points de fonctionnement et durées identifiés dans l'étude de dimensionnement et $E_{élec}$ (en kWh/an) est l'énergie électrique annuelle absorbée par le système qui est la somme des énergies électriques absorbées par le ou les compresseur(s) et les auxiliaires, définis ci-dessous, calculée en fonction des points de fonctionnement et durées identifiés dans l'étude de dimensionnement.

Les auxiliaires du système de PAC correspondent aux pompes et ventilateurs de la source froide et de la source chaude, qu'ils soient préexistants à l'opération ou non.

Ecart de température entre le fluide caloporteur en sortie du condenseur et le fluide frigoporteur en sortie de l'évaporateur (en K)	COP annuel moyen minimal pour une PAC dont la température en sortie de condenseur est inférieure ou égale à 100 °C	COP annuel moyen minimal pour une PAC dont la température en sortie de condenseur est supérieure à 100 °C
< 30	5,9	4,5
30	5,9	4,5
31	5,7	4,3
32	5,5	4,2
33	5,4	4,1
34	5,2	3,9
35	5,1	3,8
36	4,9	3,7
37	4,8	3,6

Ecart de température entre le fluide caloporteur en sortie du condenseur et le fluide frigoporteur en sortie de l'évaporateur (en K)	COP annuel moyen minimal pour une PAC dont la température en sortie de condenseur est inférieure ou égale à 100 °C	COP annuel moyen minimal pour une PAC dont la température en sortie de condenseur est supérieure à 100 °C
38	**4,7**	**3,5**
39	**4,5**	**3,4**
40	**4,4**	**3,4**
41	**4,3**	**3,3**
42	**4,2**	**3,2**
43	**4,1**	**3,1**
44	**4,0**	**3,1**
45	**3,9**	**3,0**
46	**3,9**	**2,9**
47	**3,8**	**2,9**
48	**3,7**	**2,8**
49	**3,6**	**2,7**
50	**3,5**	**2,7**
51	**3,5**	**2,6**
52	**3,4**	**2,6**
53	**3,3**	**2,5**
54	**3,3**	**2,5**
55	**3,2**	**2,4**
56	**3,2**	**2,4**
57	**3,1**	**2,4**
58	**3,1**	**2,3**
59	**3,0**	**2,3**
60	**3,0**	**2,2**
61	**2,9**	**2,2**
62	**2,9**	**2,2**
63	**2,8**	**2,1**
64	**2,8**	**2,1**
65	**2,7**	**2,1**
66	**2,7**	**2,0**
67	**2,6**	**2,0**
68	**2,6**	**2,0**
69	**2,6**	**2,0**
≥ 70	**2,5**	**2,0**

La mise en place du système de pompe(s) à chaleur fait l'objet d'une étude préalable de dimensionnement, établie, datée et signée par le professionnel ou un bureau d'étude. Elle vise à évaluer les économies d'énergie attendues, en évaluant la chaleur valorisée au regard de la chaleur fatale récupérable et des besoins de chaleur du site industriel. Elle vise également à montrer la cohérence dans le temps entre la récupération de chaleur et les besoins de chaud du site industriel.

L'étude de dimensionnement comporte les éléments suivants :

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

a) La raison sociale et l'adresse du bénéficiaire ;

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

II. – **Description des caractéristiques techniques des flux :**

L'étude de dimensionnement considère :

– dans le cas d'un site existant : la chaleur fatale et les besoins d'une année représentative du fonctionnement du site ;
– dans le cas d'un site existant ne disposant pas d'un historique de mesures, sous réserve de justification de l'indisponibilité de données suffisantes : la chaleur fatale et les besoins annuels représentatifs du fonctionnement du site, estimés d'après une campagne de mesures sur d'une durée supérieure ou égale à deux mois ;
– dans le cas d'un site neuf : la chaleur fatale et les besoins annuels représentatifs du fonctionnement du site, calculés à partir d'une simulation thermique.

II.1. **Chaleur fatale :**

a) Indication de la nature de la chaleur fatale récupérable et récupérée (buées de séchage, fumées de fours ou de chaudières, condenseurs froid, etc.) ;

b) Evaluation de la quantité de chaleur fatale récupérée par l'opération, indication de la température et réalisation de la courbe de charge correspondant à la disponibilité de la chaleur fatale récupérable (en y soustrayant l'éventuelle chaleur fatale déjà récupérée avant l'opération) sur une année représentative ; si les sources de chaleur fatale sont multiples, la courbe de charge correspondant à la disponibilité de la chaleur fatale récupérable est la somme des courbes individuelles de chaque source et la température de la chaleur fatale est la somme des températures de chaque source pondérée par le volume associé ;

c) Description des équipements existants permettant déjà une récupération de chaleur provenant de la source concernée par l'opération et ceux qui sont mis en place dans le cadre de l'opération.

II.2. **Besoin de chaleur du site industriel :**

a) Indication de la nature des besoins de chaleur du site à couvrir pour les usages : procédés industriels, eau chaude sanitaire et/ou chauffage des locaux ;

b) Evaluation de la quantité de chaleur nécessaire pour couvrir les besoins identifiés du site, indication de la température et réalisation de la courbe de charge correspondante sur une année représentative ; la puissance nécessaire du ou des condenseurs pour couvrir les besoins de chaleur identifiés est évaluée à cette fin ; si les besoins en chaleur du site sont multiples, la courbe de charge correspondante est la somme des courbes individuelles de chaque besoin.

II.3. **Dimensionnement du système de PAC :**

a) Justification de la durée prévisionnelle de fonctionnement du système par l'étude de la simultanéité entre la disponibilité de la chaleur fatale et des besoins de chaleur du site industriel ; pour cela, on réalisera une superposition des courbes de charge (temps synchrone) sur la durée considérée par l'étude de dimensionnement ; on définit ainsi la durée annuelle D, exprimée en heures, pendant laquelle la valorisation de la chaleur fatale permet de couvrir tout ou partie des besoins de chaleur ; cette durée ne peut être supérieure à 8 760 heures ;

b) Indication des températures de la chaleur fatale récupérée et de la chaleur produite par le système, qui doivent être réputées constantes ;

c) Identification des points de fonctionnement principaux et des durées de fonctionnement associées (entre 5 et 10 points de fonctionnement) du système en fonction des valeurs prises par les courbes de charge réalisées aux *b* du II.1 et *b* du II.2 sur une année représentative ;

d) Calcul de Q (en kWh/an), l'énergie thermique annuelle fournie sous forme de chaleur en sortie du système calculée en fonction des points de fonctionnement et durées identifiés au *c* du II.3 ;

e) Calcul de $E_{élec}$ (en kWh/an), l'énergie électrique annuelle absorbée par le système, qui est la somme des énergies électriques absorbées par le ou les compresseur(s) et les auxiliaires, définis ci-dessous, calculée en fonction des points de fonctionnement et durées identifiés au *c* du II.3 ;

f) Calcul du COP annuel moyen = $Q/E_{élec}$;

g) Justification du bon dimensionnement de la pompe à chaleur au regard des besoins à couvrir sur une année représentative, qui précise en particulier :

i. La puissance électrique maximale absorbée par le système évaluée grâce aux courbes de charge réalisées aux *b* du II.1 et *b* du II.2 ;

ii. Les températures de fonctionnement du système (en sortie du condenseur, côté besoin, et en sortie de l'évaporateur, côté source) permettant de calculer l'écart de température, ΔT moyen, sur les périodes de fonctionnement ;

iii. La puissance thermique « chaud » (en kW), c'est-à-dire la puissance thermique maximale nécessaire du système ;

iv. Pour chaque point de fonctionnement identifié au *c* du II.3 :

- la durée de fonctionnement ;
- la puissance thermique (en kW thermique) ;
- le taux de charge (en %), c'est-à-dire le rapport entre la puissance thermique au point de fonctionnement considéré et la puissance thermique « chaud » ;
- la puissance électrique absorbée par le ou les compresseurs et les auxiliaires (en kW électrique) ;

h) Description du système incluant la ou les pompe(s) à chaleur ainsi que les pompes de distribution et les ventilateurs, la longueur du circuit de distribution, les éventuels stockages, etc., accompagnée d'un schéma simplifié de l'installation. Ce schéma fait apparaitre au minimum la ou les pompe(s) à chaleur, les pompes de distribution, les ventilateurs, les éventuels stockages, la ou les source(s) de chaleur fatale, le ou les besoin(s) alimentés, le circuit de distribution et les puissances et températures des différents réseaux ;

i) Evaluation des économies d'énergie attendues, sur une période annuelle représentative ;

j) Justification du fait que la température d'entrée du condenseur, côté besoin, lorsque le système de PAC est en fonctionnement, est en permanence supérieure à la moyenne des températures de chaleur fatale disponible.

Le système de PAC installé est tel que :

- l'énergie thermique annuelle fournie par le système installé est supérieure ou égale à celle calculée au *d* du II.3 ci-dessus de l'étude de dimensionnement ;
- l'énergie électrique annuelle absorbée par le système installé est inférieure ou égale à celle calculée au *e* du II.3 ci-dessus de l'étude de dimensionnement.

Dans le cas où la récupération de chaleur nécessiterait l'installation d'un système comportant plusieurs pompes à chaleur, la présente fiche ne sera utilisée qu'à une seule reprise. Le bilan est global aux bornes du système.

Aucun équipement du système ne doit avoir fait l'objet, en dehors de l'opération considérée, d'une valorisation au titre du dispositif des certificats d'économies d'énergie.

Dans le cas d'un montage de PAC en parallèle :

i. Le besoin de chaleur considéré est commun ;

ii. L'énergie thermique fournie sous forme de chaleur Q du système est la somme des énergies thermiques fournies sous forme de chaleur en sortie de chaque PAC. De même, la puissance thermique du système est la somme des puissances thermiques fournies en sortie de chaque PAC.

Dans le cas d'un montage de PAC en série :

i. La première pompe à chaleur doit être alimentée par la chaleur fatale, directement ou par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur ;

ii. L'énergie thermique fournie sous forme de chaleur Q du système est celle fournie en sortie de la dernière pompe à chaleur. De même, la puissance thermique du système est celle fournie en sortie de la dernière pompe à chaleur.

Les instruments de mesure suivants sont installés :

- pour mesurer la puissance électrique absorbée : des wattmètres sur le ou les compresseur(s) et les auxiliaires ;
- pour mesurer la quantité de chaleur délivrée : un dispositif de mesure d'énergie thermique (débitmètre au niveau du ou des condenseur(s) et sondes de température en entrée et sortie du ou des condenseur[s]).

Les mesures sont enregistrées et conservées par le bénéficiaire pendant neuf ans à compter de la date d'achèvement de l'opération. Le bénéficiaire s'engage à transmettre ses mesures à des fins de traitements statistiques et de contrôle.

Dans le cas de la mise en place d'une pompe à chaleur simple :

La preuve de la réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'une pompe à chaleur en rehausse de température de chaleur fatale récupérée, la puissance plaquée du ou des compresseur(s), les puissances thermiques fournies et puissances électriques absorbées du ou des compresseur(s) et, s'ils ne préexistaient pas à l'opération, des auxiliaires, à tous les points de fonctionnement identifiés dans l'étude de dimensionnement.

A défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'un équipement avec ses marque et référence et elle est complétée par un document issu du fabricant indiquant que l'équipement de marque et référence installé est une pompe à chaleur et mentionnant la puissance plaquée du ou des compresseur(s), les puissances thermiques fournies et puissances électriques absorbées du ou des compresseur(s) et, s'ils ne préexistaient pas à l'opération, des auxiliaires, à tous les points de fonctionnement identifiés dans l'étude de dimensionnement.

Dans le cas de la mise en place d'un système comportant plusieurs pompes à chaleur :

La preuve de la réalisation de l'opération mentionne la mise en place de plusieurs pompes à chaleur en rehausse de température de chaleur fatale récupérée, montées en série ou en parallèle, la puissance plaquée du ou des compresseur(s), les puissances thermiques fournies et puissances électriques absorbées du ou des compresseur(s) et, s'ils ne préexistaient pas à l'opération, des auxiliaires, à tous les points de fonctionnement identifiés dans l'étude de dimensionnement.

A défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'équipements avec leurs marque et référence et elle est complétée, pour chaque équipement, d'un document issu du fabricant indiquant que l'équipement de marque et référence installé est une pompe à chaleur et mentionnant la puissance plaquée du ou des compresseur(s), les puissances thermiques fournies et puissances électriques absorbées du ou des compresseur (s) et, s'ils ne préexistaient pas à l'opération, des auxiliaires, à tous les points de fonctionnement identifiés dans l'étude de dimensionnement.

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

4. **Durée de vie conventionnelle**

14 ans.

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

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

$$10{,}986 \times (Q - 1{,}9 \times E_{élec})$$

Q (en kWh/an) est l'énergie thermique annuelle fournie sous forme de chaleur en sortie du système, calculée au *d* du II.3 ci-dessus de l'étude de dimensionnement.

$E_{élec}$ (en kWh/an) est l'énergie électrique annuelle absorbée par le système, qui est la somme des énergies électriques absorbées par le ou les compresseur(s) et les auxiliaires, calculée au *e* du II.3 ci-dessus de l'étude de dimensionnement.

Annexe 1 à la fiche d'opération standardisée IND-UT-137, définissant le contenu de la partie A de l'attestation sur l'honneur

A. – **IND-UT-137 (v. A62.1) : Mise en place d'un système de pompe(s) à chaleur (PAC) de type air/air, air/eau ou eau/eau à compression de vapeur entrainée par un moteur électrique en rehausse de température dont la source froide est de la chaleur fatale récupérée afin de couvrir un besoin de chaleur sur le site (procédé, chauffage des locaux ou eau chaude sanitaire) de puissance thermique « chaud » inférieure ou égale à 2 MW.**

*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

*L'équipement installé est un système de pompe(s) à chaleur (PAC) à compression de vapeur entrainée par un moteur électrique : ☐ OUI ☐ NON

*Le(s) PRG (Potentiel de Réchauffement Global) du ou des fluide(s) frigorigène(s) utilisés sont strictement inférieurs à 150 :

☐ OUI ☐ NON

*La puissance thermique « chaud » du système installé est inférieure ou égale à 2 MW : ☐ OUI ☐ NON

*Nombre de pompes à chaleur installées : .....

*Auxiliaires du système :

– nombre de pompes : ..... dont préexistantes à l'opération : .....
– nombre de ventilateurs : ..... dont préexistants à l'opération : .....

*Durée annuelle d'utilisation du système (D) : ..... heures

*Energie thermique annuelle fournie sous forme de chaleur en sortie du système (Q) :

– telle que calculée dans l'étude de dimensionnement : ..... kWh/an
– telle que résultant du système installé : ..... kWh.an

*Energie électrique annuelle absorbée par le système qui est la somme des énergies électriques absorbées par le ou les compresseur(s) et les auxiliaires ($E_{élec}$) :

– telle que calculée dans l'étude de dimensionnement : ..... kWh/an
– telle que résultant du système installé : ..... kWh/an