

Certificats d'économies d'énergie

Fiche de calcul – Opération n° BAT-TH-161

Maintien en température des groupes électrogènes de secours par pompe à chaleur de type air/eau

A - SECTEUR D'APPLICATION

Bâtiments tertiaires : locaux, neufs ou existants, d'un centre de traitement de données (ou « data center »), interne ou d'hébergement, ou d'un hôpital.

Un centre de traitement de données, ou data center, est un site physique regroupant des installations informatiques (serveurs, routeurs, commutateurs, disques durs, etc.) chargées de stocker et de distribuer des données à travers un réseau interne ou via un accès Internet. Il ne s'agit pas de salles informatiques avec opérateurs saisissant ou traitant des données informatiques.

B – DENOMINATION DE L'OPERATION

Mise en place d'une pompe à chaleur (PAC) de type air/eau en remplacement des résistances électriques de réchauffage et de maintien en température du moteur thermique utilisé sur un groupe électrogène de secours existant ou mise en place d'un groupe électrogène de secours neuf équipé d'une PAC de type air/eau pour le réchauffage et le maintien en température du moteur thermique utilisé par le groupe électrogène.

La présente fiche s'applique aux opérations engagées jusqu'au 31 Juillet 2029

C - CONDITIONS POUR LA DELIVRANCE DE CERTIFICATS

La mise en place de la pompe à chaleur (PAC) sur un groupe électrogène existant ou la mise en place du groupe électrogène neuf est réalisée par un professionnel.

Le groupe électrogène est un équipement de secours. A ce titre, il n'est utilisé qu'en cas d'absence de fourniture d'électricité par le système normal d'alimentation électrique des locaux ou lors des essais visant à s'assurer du bon fonctionnement du groupe électrogène.

Le groupe électrogène a une puissance nominale d'au moins 800 kW.

Pour les PAC concernées par le règlement (UE) n° 813/2013 de la Commission du 2 août 2013, l'efficacité énergétique saisonnière est supérieure ou égale à 111 %.

Dans tous les cas, le coefficient de performance (COP) de la PAC s'élève au moins à :

- a) 4,1 pour une PAC utilisant l'air à l'extérieur du local technique contenant le groupe électrogène ;
- b) 5,2 pour une PAC utilisant l'air à l'intérieur du local technique contenant le groupe électrogène.

Le COP susmentionné est déterminé en appliquant les norme et conditions suivantes :

- a) NF EN 14511, sous les conditions suivantes de température : température à l'entrée (échangeur extérieur) de 7°C extérieur/température à la sortie (échangeur intérieur) de 45°C, pour une PAC utilisant l'air à l'extérieur du local technique contenant le groupe électrogène ;

b) NF EN 14511, sous les conditions de température : température à l'entrée (échangeur extérieur) de 20°C/ température à la sortie (échangeur intérieur) de 45°C, pour une PAC utilisant l'air à l'intérieur du local technique contenant le groupe électrogène.

En cas d'opération sur un groupe électrogène existant, la pompe à chaleur de type air/eau se substitue à un système de maintien en température par résistance électrique et le maintien en température est réalisé intégralement par la pompe à chaleur.

En cas de mise en place d'un groupe électrogène neuf, le maintien en température est réalisé intégralement par une pompe à chaleur de type air/eau.

La puissance thermique de la PAC doit couvrir la puissance thermique réelle produite par la résistance électrique mais ne pourra pas être inférieure à 75% de la puissance nominale électrique de la résistance.

La preuve de la réalisation de l'opération mentionne :

a) Dans le cas d'une opération portant sur un groupe électrogène existant :

- la mise en place d'une pompe à chaleur (PAC) de type air/eau assurant intégralement le maintien en température du moteur thermique d'un groupe électrogène ;
- le coefficient de performance (COP) de la PAC, mesuré conformément aux exigences de la présente fiche ;

- la puissance nominale du groupe électrogène ;

b) Dans le cas de la mise en place d'un groupe électrogène neuf :

- la mise en place d'un groupe électrogène neuf comportant une PAC de type air/eau assurant intégralement le maintien en température des moteurs thermiques du groupe électrogène ;
- le coefficient de performance (COP) de la PAC, mesuré conformément aux exigences de la présente fiche ;

- la puissance nominale du groupe électrogène (en kW).

A défaut, dans le cas du a ci-dessus, la preuve de réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'un équipement avec ses marque et référence, la puissance nominale du groupe électrogène (en kW) et le fait que l'équipement mis en place assure intégralement le maintien en température du moteur thermique d'un groupe électrogène et elle est complétée par un document issu du fabricant ou d'un organisme établi dans l'Espace économique européen et accrédité selon la norme NF EN ISO/IEC 17065 par le Comité français d'accréditation (COFRAC) ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de European co-operation for Accreditation (EA), coordination européenne des organismes d'accréditation.

Ce document indique :

- que l'équipement de marque et référence est une pompe à chaleur de type air/eau ;
- le coefficient de performance (COP) de la PAC, mesuré conformément aux exigences de la présente fiche.

A défaut, dans le cas du b ci-dessus, 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 ou d'un organisme établi dans l'Espace économique européen et accrédité selon la norme NF EN ISO/IEC 17065 par le Comité français d'accréditation (COFRAC) ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de European co-operation for Accreditation (EA), coordination européenne des organismes d'accréditation.

Ce document indique :

- que l'équipement de marque et référence est un groupe électrogène dont le maintien en température du moteur thermique est assuré intégralement par une PAC de type air/eau ;

- le coefficient de performance (COP) de la PAC, mesuré conformément aux exigences de la présente fiche ;
- la puissance nominale du groupe électrogène.

En cas de mention d'une date de validité, ces documents sont considérés comme valables jusqu'à un an après leur date de fin de validité.

5 – DETAIL DES GISEMENTS ESTIMES

Détail des gisements pour les datacenters :

Il existerait à minima 215 datacenters en 2021 (voir carte global security)

On peut estimer que ces datacenters ont en moyenne 8 groupes électrogènes (le nombre varie en fonction des puissances des GE, de 0,8 à 4 MW)

Les datacenters hébergeurs représentent 30 à 40 % des datacenters en France selon les données)

$$\text{Nombre de datacenters} * \text{nombre de GE par datacenter} * 40\% = 215 * 8 * 0.4 = 688$$

A priori, au moins 650 groupes électrogènes de datacenter seraient éligibles à la fiche.

Les groupes électrogènes de secours sont maintenus en température durant leurs heures de non-fonctionnement, c'est-à-dire pendant 8730 heures chaque année en moyenne.

Nous faisons l'hypothèse, pour le calcul du gisement que les datacenters sont généralement équipés de groupes électrogènes d'une puissance inférieure à 800 kW, usuellement maintenus en température par des résistances de 6kW.

La consommation annuelle de cette résistance de 6kW est de 24 MWh pour un facteur de charge annuel de 45%.

Par ailleurs, les pompes à chaleurs considérées ont un COP annuel moyen supérieur à 4. Ainsi l'économie d'énergie réalisée lors du remplacement d'une résistance de réchauffage par une PAC de COP égal à 4,1 est de 18MWh, ce qui correspond à un gain d'environ 75%.

On obtient ainsi un gisement potentiel de 12,3 GWh.

Pour une durée de vie considérée de 11 ans, on obtient un gisement de 112,5 GWh cumac.

Pour le calcul du gisement annuel, on suppose un rythme de remplacement de 5% par an soit 60 groupes électrogènes par an.

Cela correspond à un gisement annuel d'environ 1,5 GWh/an.

La puissance type d'une résistance de chauffage est de 9 kW avec un facteur de charge annuel de 50% pour le maintien en température de groupes électrogènes de 1200 à 4000 kW. La consommation annuelle de la résistance (3730h par an) est de 39 MWh.

6 – REGLEMENTATION EN VIGUEUR OU PREVUE

1. Règlementation appliquée au maintien en température des moteurs de groupes électrogènes

Aucune réglementation n'est applicable spécifiquement aux systèmes de réchauffage et de maintien en température des moteurs de groupes électrogènes. Ce sont les réglementations applicables aux installations électriques dans leur ensemble (NFC 15100 par exemple) ou aux groupes électrogènes spécifiquement (rubrique ICPE 2910 par exemple) qui s'appliquent. Ces réglementations n'imposent rien de spécifique sur le réchauffage des moteurs

La mise en place d'un réchauffage moteur relève donc essentiellement des règles de l'art, en vue de protéger l'intégrité des machines et réduire le risque de casses ou de grippages dus à un démarrage à froid et à forte puissance.

De plus, aucune évolution de la réglementation applicable n'a été identifiée au moment de la rédaction de la présente fiche.

2. Réglementation appliquée aux groupes électrogènes :

- ISO 8528-1: 2018 : Groupes électrogènes à courant alternatif entraînés par moteurs alternatifs à combustion interne — Partie 1: Application, caractéristiques et performances, est applicable aux groupes électrogènes à courant alternatif entraînés par moteurs alternatifs à combustion interne.

Les groupes électrogènes doivent faire l'objet d'un entretien régulier :

- Vérification du niveau d'huile, d'eau et de combustible, du dispositif de réchauffage du moteur et de l'état de la source utilisée pour le démarrage tous les 15 jours.
- Essai tous les mois du démarrage automatique avec une charge minimum de 50% pendant une durée minimum de 30 minutes

- [Circulaire N°DHOS/E4/2006/393 du 8 septembre 2006](#) relative aux conditions techniques d'alimentation électrique des établissements de santé publics et privés.

Les installations normales et de secours doivent faire l'objet d'essais réalisés à périodicité régulière. Il faut en tout état de cause vérifier la capacité des groupes électrogènes de secours à reprendre la totalité de la charge des services prioritaires.

3. Règlementation appliquée aux PAC installées dans un local technique :

La norme NF EN 378 définit les exigences de sécurité d'environnement pour les systèmes frigorifiques incluant les PAC.

Celle-ci ne montre pas de contre-indication à l'installation d'une PAC dans un local machine. Il convient de :

- Interdire l'accès à toute personne non-autorisée
- Éviter les écoulements d'air vers un espace occupé
- Ventiler la salle machine

Ces conditions sont déjà imposées par la présence du groupe électrogène dans le local machine.

Cette norme impose que les sources chaudes au sein du local où est installé la pompe aient une température maximale inférieure à 80% de la température d'auto-inflammation du fluide.

Dans le cas d'un fluide R32 avec température d'auto inflammation de 648°C, la température maximale d'une source chaude présente dans le local est de 518°C.

La source chaude la plus importante provient des conduites d'échappement du groupe électrogène. Leur température est nettement inférieure.

7 - SITUATION DE REFERENCE

Tous les carburants peuvent alimenter un groupe électrogène.

Afin de pouvoir démarrer un groupe électrogène rapidement et sans risquer de mettre en danger l'intégrité des pièces du moteur, le groupe électrogène est maintenu en température. Pour cela la technique communément utilisée revient à conserver à une certaine température le liquide de refroidissement du moteur à l'aide d'une résistance électrique de réchauffage. En cas de démarrage moteur, la résistance se coupe. Elle se remet en marche dès l'arrêt du moteur.

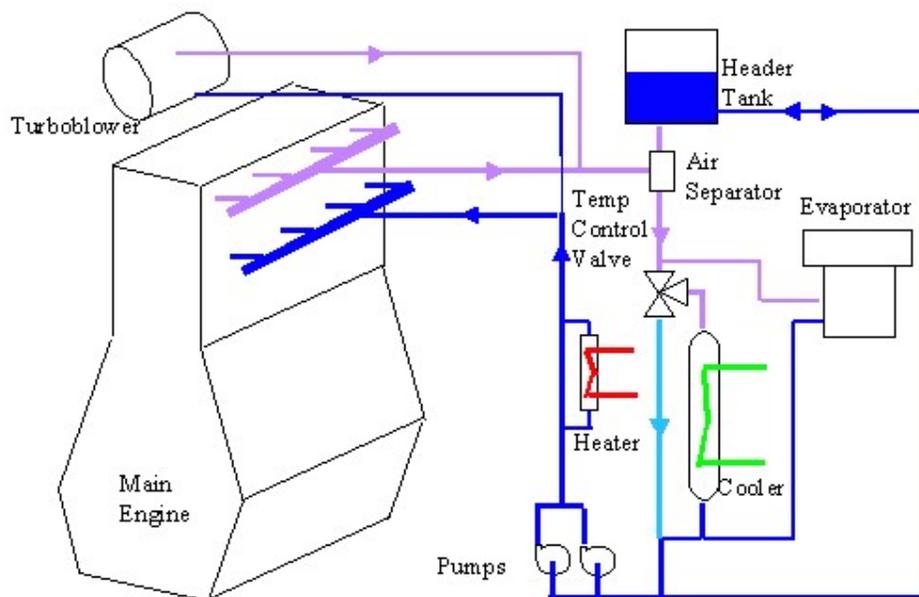


Figure : Schéma de la composition d'un son circuit de refroidissement de groupe électrogène pour un moteur avec une vitesse lente

Le réchauffage et le maintien en température des moteurs de groupes électrogènes est généralement assuré par une résistance électrique (ex : typiquement de 9 kW pour un groupe Caterpillar 3516 de 2 à 2,5 MVA) extérieure au moteur et un circulateur de type chauffage assurant la circulation du liquide de refroidissement moteur dans le réchauffeur.

La quasi-totalité des groupes électrogènes de secours (diesel) sont équipés de résistances de réchauffage.

La puissance type de cette résistance de chauffage est de :

- 9 kWe avec un facteur de charge annuel de 50% pour des groupes électrogènes de 1200 à 4000 kWe.
- 6 kWe avec un facteur de charge annuel de 45% pour des groupes électrogènes de 800 à 1200 kWe.

L'objectif de la présente fiche est la mise en place d'une pompe à chaleur air-eau en série et en amont de la résistance de réchauffage déjà en place, ou en substitution de cette résistance de réchauffage. La pompe à chaleur régulera ensuite sur la consigne de maintien en température du moteur, entre 40 et 50°C.

La pompe à chaleur est installée soit dans le local du groupe électrogène (recyclage de la chaleur entre l'ambiance du local et le moteur), soit à l'extérieur du local.

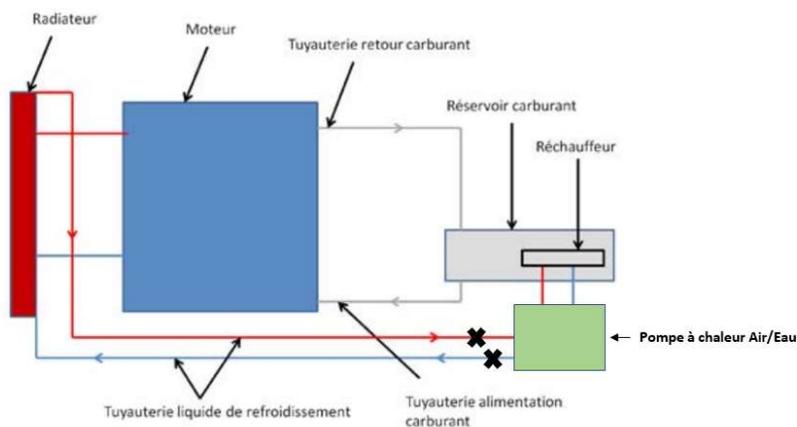


Figure : Schéma de la composition d'un groupe électrogène avec maintien en température par PAC air/eau

8 - DUREE DE VIE CONVENTIONNELLE

La durée de vie considérée pour une pompe à chaleur est de 11 ans.
Voir annexe 4.

9 - GAIN EN ENERGIE FINALE GENERE PAR L'OPERATION STANDARDISEE

Taux de charge : 45%

Pour une température de consigne de 40°C, la puissance consommée effective varie entre 31% et 38% (moyenne 34%) de la puissance réelle de 9 kW

Pour une température de consigne de 45°C, la puissance consommée effective varie entre 49% et 53% (moyenne 50%) de la puissance réelle de 9 kW

Pour une température de consigne de 50°C, la puissance consommée effective varie entre 64% et 72% (moyenne 67%) de la puissance réelle de 9 kW

Le gain en énergie finale est calculé en comparant la consommation de de la résistance et la consommation de la pompe à chaleur pour les mêmes performances de préchauffage à 45°C.

PAC installée utilisant l'air chaud à l'intérieur du local technique contenant le groupe électrogène :

Puissance du GE	Economies (kWh)
800 kW < P < 1200 kW	19 003
1200 kW < P < 4000 kW	31 672

PAC installée utilisant l'air chaud à l'extérieur du local technique contenant le groupe électrogène :

Puissance du GE	Economies (kWh)
800 kW < P < 1200 kW	17 822

Puissance du GE	Montant de l'aide CEE (€)	Prix d'installation (€)	Taux de couverture (5,5)	Taux de couverture (7,5)
800 kW < P < 1200 kW	952	15000	6%	9%
1200 kW < P < 4000 kW	1 587	15000	11%	14%
1200 kW < P < 4000 kW	29 703			

10 - MONTANT DE CERTIFICATS EN kWh CUMAC

PAC installée utilisant l'air chaud à l'intérieur du local technique contenant le groupe électrogène :

Puissance du GE	Forfait
800 kW < P < 1200 kW	173 100
1200 kW < P < 4000 kW	288 600

PAC installée utilisant l'air chaud à l'extérieur du local technique contenant le groupe électrogène :

Puissance du GE	Forfait (kWhcumac)
800 kW < P < 1200 kW	162 400
1200 kW < P < 4000 kW	270 600

Simplification du forfait :

Puissance nominale du groupe électrogène équipé d'une PAC pour le maintien en température du moteur	Montant en kWh cumac par groupe électrogène
800 kW ≤ P ≤ 1 200 kW	167 800
1 200 kW < P	279 600

J- TAUX DE COUVERTURE

Le budget estimé pour l'installation d'une pompe à chaleur en remplacement d'une résistance chauffante est estimé à 15 000 euros, comprenant :

- La fourniture d'une PAC air-eau de 1,5 kW électrique
- L'installation de cette PAC comprenant les flexibles, le circulateur, les vannes motorisées d'isolement, l'automatisme de pilotage et de sécurité, l'interfaçage éventuel avec le réchauffeur déjà en place (qui devient dans ce cas un équipement de secours)

PAC installée utilisant l'air chaud à l'intérieur du local technique contenant le groupe électrogène :

PAC installée utilisant l'air chaud à l'extérieur du local technique contenant le groupe électrogène :

Puissance du GE	Montant de l'aide CEE (€)	Prix d'installation (€)	Taux de couverture (5,5)	Taux de couverture (7,5)
800 kW < P < 1200 kW	893	15000	6%	8%
1200 kW < P < 4000 kW	1 488	15000	10%	14%

DOCUMENT DE TRAVAIL

-Fiche de calcul Référence (ATEE) :

-Référence (DGEC) :

-Nom du porteur de la fiche : Thierry Ficheux (ENERIA)

-Nom de l'expert de l'ADEME :

Date	Entité	Auteur	Demande de modification motivée/ Réponse apportée détaillée
10/02/2022	ATEE	T.Ficheux / J.Pisano	Première rédaction de la fiche de calcul suite à l'avis favorable de l'ADEME sur la fiche d'opportunité proposé par T.Ficheux (ENERIA)
07/2024	ATEE	S Toum	Création de la FOS

DOCUMENT DE TRAVAIL

ANNEXE 1 : Les différents systèmes de préchauffage

Les systèmes de préchauffage généralement utilisés sont de simples résistances électriques placées à un ou plusieurs endroits du bloc moteur, ou des systèmes avec réservoir fonctionnant selon le principe du thermosiphon. Ces systèmes à convection naturelle ont besoin de températures élevées, jusqu'à 90°C, pour pouvoir fonctionner correctement, avec l'inconvénient de présenter des gradients de température importants à travers le bloc moteur. Il en résulte des blocs moteurs qui ne sont pas réchauffés de manière uniforme, et une détérioration rapide des durites du moteur avec des risques de rupture fréquents.

Du fait de leur inefficacité les systèmes à thermosiphon consomment plus d'électricité que nécessaire pour maintenir les moteurs en température.

L'une des principales cause de déperditions thermiques des systèmes à thermosiphon provient de leur haute température de fonctionnement et de la configuration des tubulures du circuit de réchauffage : Lorsque le retour du réchauffeur est placé trop près du thermostat du générateur, celui-ci va s'ouvrir et envoyer le fluide réchauffé directement vers le radiateur où les pertes immédiates sont les plus importantes.

<https://www.thermoflu.com/fr/rechauffeur-moteur/>

<http://e3tnw.org/ItemDetail.aspx?id=381>

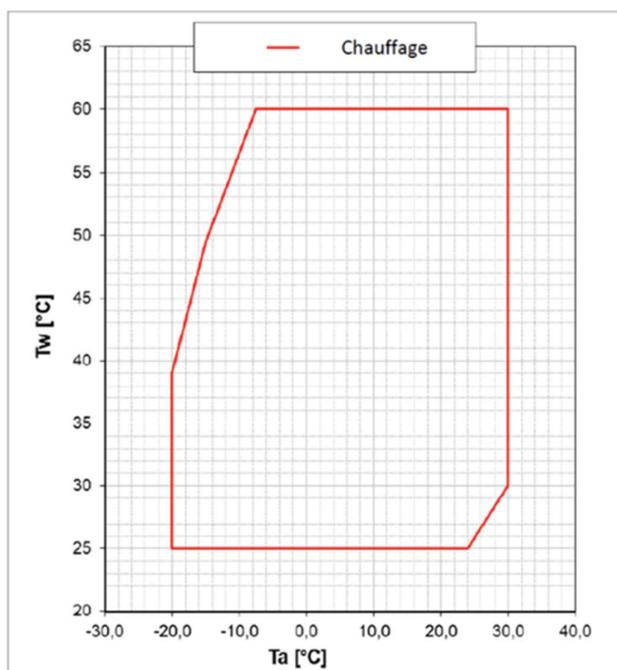
Le réchauffeur **Thermoflu** grâce à une température de fonctionnement beaucoup plus basse aux alentours de 45°C permet d'éviter l'ouverture du thermostat et d'éliminer les points chauds, source de déperditions inutiles et de détérioration prématurée des durites.

Sa pompe intégrée permet une circulation forcée du liquide de refroidissement à travers tout le bloc moteur de façon à distribuer la chaleur de manière uniforme.

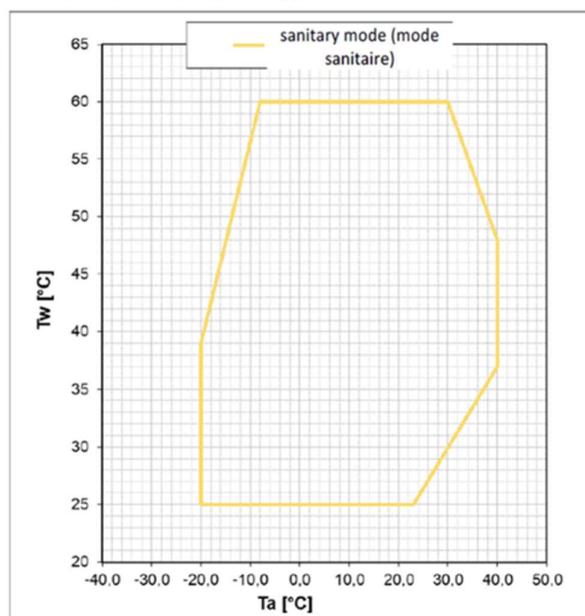
La mise en place d'un réchauffeur **Thermoflu** avec une température de fonctionnement proche de la température cible de maintien du moteur permet d'améliorer l'efficacité et la fiabilité du dispositif de préchauffage tout en réduisant les cycles de chauffe, permettant ainsi de faire des gains de consommation électrique non négligeables.

ANNEXE 2 : Points de fonctionnement d'une PAC permettant le maintien en température d'un groupe électrogène

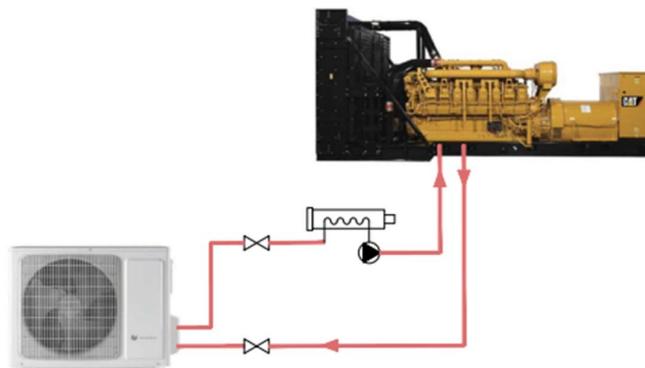
En mode chauffage, la pompe à chaleur peut fonctionner entre -20°C et 30°C



Cette contrainte peut cependant être contournée via la production d'eau chaude sanitaire, qui permet d'étendre cette enveloppe. Au-delà de 30°C sur l'évaporateur, la PAC va réduire sa température maximale en sortie. D'après les constructeurs, ce mode de fonctionnement n'entraîne pas de consommation électrique supplémentaire.



ANNEXE 3 : Schéma de principe de l'installation d'une pompe à chaleur permettant le maintien en température d'un groupe électrogène.



ANNEXE 4 : Durée de vie conventionnelle

En comparaison avec une utilisation dans le tertiaire, la pompe à chaleur fonctionne 1,8 fois plus longtemps par an :

$$\frac{\text{Temps de fonctionnement PAC maintien en température}}{\text{Temps de fonctionnement PAC utilisation classique}} = \frac{9 \text{ mois}}{5 \text{ mois}} = 1,8$$

La durée de vie des fiches pompes à chaleurs est de 20 ans.

En pondérant entre l'utilisation classique d'une PAC 5 mois par an et l'utilisation de la PAC pour du maintien en température de groupe électrogène de 9 mois par an, on obtient une durée de vie de 11 ans.

$$\frac{\text{Durée de vie classique PAC}}{\text{Ratio des temps de fonctionnement}} = \frac{20 \text{ ans}}{1,8} \cong 11 \text{ ans}$$