

Soutien à la filière Chaleur fatale

Cahier des charges Etude de faisabilité

Installation de récupération et de valorisation de chaleur fatale

*Version du document : 1.0
Date du document : 17/11/2025*

Objectifs de l'étude

Il est rappelé que cette étude de faisabilité concerne les mono-projets a priori inférieurs à 1 GWh/an (hors DECARB FLASH).

L'étude de faisabilité doit apporter au porteur de projet les éléments techniques, économiques, réglementaires et environnementaux lui permettant de se projeter sur la faisabilité d'une telle opération. Elle permet de :

- Vérifier la faisabilité technique et économique du projet ;
- Proposer des solutions techniques adaptées au contexte et aux possibilités qu'offre le site ;
- Proposer des solutions pour le financement de l'opération et le montage juridique ;
- Retenir une solution technique en adéquation avec la situation du site et de l'entreprise (bénéficiaire).

La récupération de chaleur fatale s'inscrit dans une démarche d'efficacité énergétique cohérente qui se décline en trois étapes successives :

1. Réduire en amont le besoin de chaleur utile et la consommation de combustibles, ce qui réduit indirectement la quantité d'énergie fatale ;
2. Valoriser en interne la chaleur fatale récupérée ;
3. Valoriser à l'externe, si le site est à proximité d'un réseau de chaleur ou d'un utilisateur/consommateur potentiel.

Priorisation des solutions de valorisation de la chaleur fatale

Au regard des rendements de transferts thermiques et/ou de transformation de la chaleur fatale en un autre vecteur énergétique, voici l'ordre de priorisation des solutions de valorisation :

1. Valorisation directement sous forme de chaleur :
 - a. En interne : au sein même du procédé/équipement fournissant la chaleur fatale ou sur un autre procédé/équipement voisin ou, par injection dans un réseau technique (exemple : réseau eau chaude)
 - b. A l'externe : par l'injection dans un réseau vers un industriel voisin ou dans un réseau de chaleur urbain ou industriel à proximité
 - c. Que ce soit en interne ou à l'externe, en fonction du besoin de l'usage final, la chaleur fatale peut être remontée en température via une PAC
2. Valorisation via un changement de vecteur énergétique :
 - d. Sans besoin de chaleur sur site ou à proximité alors, la chaleur peut être transformée en froid via un groupe froid à sorption ; le rendement de transformation est de l'ordre de 65%.

L'étude sera de niveau Avant-Projet Sommaire (APS) avec approche des résultats à plus ou moins 10 %. Une préconsultation d'entreprises peut être nécessaire afin d'atteindre ce résultat. Une attention particulière devra être accordée à l'identification de la valorisation de la chaleur fatale et sa mise en œuvre effective (adéquation de la temporalité de production de chaleur vs usage, stockage...).

Les conclusions de cette étude, si elles sont favorables, ainsi que les choix réalisés par le maître d'ouvrage constitueront ensuite les bases du programme d'appel d'offres pour la maîtrise d'œuvre et la réalisation du projet.

En complément de l'étude de faisabilité, une fiche-projet (téléchargeable sur le site Climaxion.fr) sera obligatoire pour toute demande d'aide à l'investissement dans le cadre du programme Climaxion.

Cette fiche-projet devra être rédigée en cohérence avec la présente étude et la solution retenue par le maître d'ouvrage.

SOMMAIRE

I.	Contexte général du projet	4
II.	Etat des lieux du site et des ressources	4
III.	Consolidation et analyse des données	5
1.	Données	5
2.	Bilans	5
3.	Contrôlabilité et maintenance des équipements	6
IV.	Principales briques d'un projet de récupération et de valorisation de chaleur fatale	6
1.	Captage et récupération	7
2.	Stockage(s)	7
3.	Rehausse de la température	7
4.	Distribution	7
5.	Système d'appoint	8
V.	Bilan économique.....	8
1.	Coûts d'investissements de la solution	8
2.	Coûts d'exploitation prévisionnels de la solution	9
3.	Plan de financement proposé	9
VI.	Délai et modalité de réalisation de l'étude de faisabilité	9
VII.	Rappel des éléments à fournir par le prestataire.....	10

I. Contexte général du projet

L'étude doit comporter les informations générales suivantes :

- Raison sociale, statut et coordonnées du maître d'ouvrage
- Responsable du projet (fonction et coordonnées)
- Partenaires et associés (collectivités, organismes publics, industriels, ...)
- Bureau d'études ou centre technique chargé de l'étude de faisabilité (Code NAF, qualification)
 - o Bureaux d'études comportant les codes NAF suivants : 7112B « ingénierie, études techniques » et 7022Z « conseil en affaires » (ou structures justifiant par tout moyen d'une activité similaire) et étant qualifiés OPQIBI 1717 ou qualification équivalente (ou justification de compétences dans la thermique/l'énergétique du secteur concerné) ;
 - o Centres techniques justifiant de compétences dans la thermique/l'énergétique du secteur concerné
- Origine du projet : projet consécutif au suivi d'un des webinaires sur le dispositif régional d'aide, à un audit énergétique, à une visite énergie CCI/CMA, à une volonté de valorisation d'un rejet de chaleur fatale connu, à un souhait de rénovation d'un réseau technique, à une volonté d'institutions publiques de créer un réseau de chaleur...

II. Etat des lieux du site et des ressources

- Secteur d'activité du bénéficiaire (code APE) ;
- Description de l'activité du site (type de production, saisonnalité, horaires de fonctionnement, contraintes particulières) ;
- Contraintes environnementales réglementaires, y compris SCEQE ;
- Eventuelles actions d'économie d'énergie déjà réalisées sur le site, en cours ou envisagées ;
- Les consommations énergétiques antérieures (3 ans) du site ou d'équipements, éventuel plan de comptage en place, éventuel dispositif de suivi des performances énergétiques... ;
- Périmètre des installations concernées :
 - o Description de l'installation et de ses caractéristiques techniques, âge, sa fonction, son fonctionnement ;
 - o Raison du choix de cette source et de cette utilisation (proximité géographique, facilité de récupération, seule source disponible...) ;

L'état des lieux est réalisé suite à une visite du site. Cette démarche servira notamment à identifier les technologies et l'agencement des systèmes existants et ainsi appréhender les contraintes de réalisation de l'étude et des solutions de récupération et de valorisation.

Les éléments suivants peuvent être utiles au bon calibrage de l'étude de faisabilité :

- Procédés de production et utilités : synoptiques complets (avec identification de chaque opération unitaire), répartition des consommations d'énergie (gaz, vapeur, électricité, froid, air comprimé, et autre) avec plans des réseaux énergies, focus sur les systèmes de récupération d'énergie déjà en place, répartition des émissions de CO₂ équivalent, liste des principaux effluents et leurs températures ;
- Audit/diagnostic énergétique du site et/ou d'équipements spécifiques

Par ailleurs, une campagne de mesures voire une analyse approfondie dans le cas de schémas énergétiques complexes ou d'ensemble de procédés intégrés (méthode du pincement, analyse exergétique, analyse systémique, etc.) peut s'avérer nécessaire.

III. Consolidation et analyse des données

Cette partie caractérise plus en détail les sources et besoins en chaleur concernés par ce projet. Le prestataire conseil doit justifier d'une précision maximale des valeurs présentées en donnant les caractéristiques techniques des instruments de mesures, ainsi que les hypothèses utilisées pour les calculs.

1. Données

La consolidation des données se base sur les éléments collectés lors de l'état des lieux. Des entretiens avec les équipes du maître d'ouvrage (direction, achat, production, méthode, maintenance, énergie, etc.) en lien avec l'opération viendront consolider ces données.

Pour quantifier les potentiels de récupération de chaleur fatale et les besoins de chaleur, le prestataire conseil doit accéder aux :

- Caractéristiques techniques de l'équipement : métrologie en place, dimensions, matériaux, épaisseur d'isolants, caractéristiques de technologies (brûleurs, compresseurs, pompes, échangeurs, dispositifs de rejet des effluents, etc.);
- Caractéristiques opératoires de l'équipement : systèmes de régulation, consignes de fonctionnement, etc. Il est vivement recommandé de vérifier l'étalonnage des capteurs en place ;
- Relevés de consommation et de fonctionnement de l'équipement : consommations d'énergie, quantité de produit transformé, temps d'utilisation de l'équipement, évolution des températures, évolution des indicateurs de performances énergétiques, etc.

2. Bilans

- Bilan énergétique : à effectuer sur une période de fonctionnement significative du site de manière à intégrer tous les scénarios de fonctionnement. Il distingue les postes combustibles et bilan électrique. Ce bilan doit aussi être présenté en énergie primaire.

Remarque : Pour quantifier le gain énergétique réel du projet, il est impératif de prendre en compte les consommations induites par la solution (pompes de circulations, système de rehausse de la température, système d'appoint, maintien en température du stockage, etc.).

- Bilan des émissions directes de gaz à effet de serre : pour effectuer ce bilan les facteurs de conversion de la BASE EMPREINTE de l'ADEME sont à utiliser ; si l'énergie finale utilisée par le maître d'ouvrage n'apparaît pas dans cette base (exemple fourniture via un réseau de chaleur), un facteur de conversion est demandé au fournisseur ;
- Autres conséquences environnementales : les autres rejets dans l'environnement (eau, oxyde d'azote, etc.) sont à expliciter.
- Indicateurs de performances du site : le prestataire conseil doit estimer l'impact du projet sur les indicateurs de performances utilisés par le bénéficiaire. Si nécessaire, il propose un jeu d'indicateurs caractérisant les performances du site.

Au-delà de la quantification des consommations, les bilans énergétique/matière/GES seront utiles à l'établissement des équations de corrélations.

Pour chacun des équipements de procédés ou d'utilités existant dans le périmètre du projet, le prestataire conseil prend soin de définir les coûts financiers et environnementaux des énergies et matières utilisées au travers des critères suivants :

- L'efficacité des systèmes (rendement) ;
- Le coût des énergies (€/kWh) ;
- Le facteur d'émission de CO₂ équivalent des énergies (kgCO₂e/kWh).

Une fois les analyses terminées, le prestataire conseil doit disposer des informations clés suivantes :

- La nature et les caractéristiques de la source de chaleur fatale (liquide, gazeux, corrosif, encrassé, réglementation sur son rejet, etc.) et du besoin des usages finaux (température, pression, humidité, débit, etc.) ainsi que les caractéristiques thermiques du fluide caloporteur (température de retour, température de consigne, pression, débit...). Le prestataire conseil prendra soin de valider la variabilité et/ou périodicité de ces caractéristiques ;
- L'estimation des besoins de chaleur (courbe de charge, monotone de puissance, équation de corrélation, facteurs d'influence, indices de performances énergétiques, pérennité du besoin de chaleur dans le temps...) ainsi que les caractéristiques des autres sources de chaleurs (coût de production, impact environnemental, pérennité de la production de chaleur dans le temps...) ;
- Les caractéristiques techniques des équipements, dont le schéma PFD (diagramme des flux procédés) de la solution, et leurs indicateurs de performance ;
- Les facteurs influençant les performances énergétiques (variation de la production, température extérieure, etc.) ;
- La liste des fournisseurs potentiels.

Dans la mesure du possible, le prestataire conseil donnera également les corrections à apporter à ces données par rapport à la mise en place d'autres actions d'efficacité énergétique et de décarbonation.

3. Contrôlabilité et maintenance des équipements

Dans le cadre de cette étude de faisabilité, le prestataire conseil doit vérifier la qualité opératoire du nouveau système et proposer une politique de maintenance des équipements, en s'attardant notamment sur les points suivants :

- Qualité opératoire : préservation de la flexibilité du site en termes de production ; définition de la structure de régulation ; identification des consignes opératoires en fonction des conditions de fonctionnement du site.
- Maintenance des équipements : types de maintenance (prédictive, préventive, curative, système autonettoyant) ; fréquences des actions de maintenance recommandée ; conséquences sur la disponibilité ; coûts associés.

Anticipez dès à présent le plan de comptage

Le plan de comptage au périmètre de la future installation est à intégrer dans l'étude de faisabilité. En effet, il sera indispensable de vérifier les performances énergétiques ou de décarbonation de l'installation lors de sa mise en service et de les suivre dans le temps. Ce suivi temporel sert à mesurer les dérives dues entre autres aux variations de production, au vieillissement des équipements, aux phénomènes d'encrassement, aux températures extérieures... et, à quantifier l'impact du changement des conditions de fonctionnement du site. De manière induite cela permet également de mettre en place un plan de maintenance préventive.

Modèle de plan de mesurage

<https://librairie.ademe.fr/energies/4436-modele-de-plan-de-mesurage-de-l-energie-integrable-dans-une-demarche-de-management-de-l-energie-9791029714740.html>

IV. Principales briques d'un projet de récupération et de valorisation de chaleur fatale

Les équipements proposés pour les solutions de récupération et de valorisation de chaleur fatale seront dimensionnés et adaptés au site et aux besoins et usages identifiés.

Les différentes briques du système et les points de vigilance sont listés ci-après sans être exhaustifs.

1. Captage et récupération

Le système de captage de chaleur fatale reprend généralement les éléments suivants :

- Récupération du flux : système de captage du flux installé sur une canalisation existante ou en parallèle : vannes, hottes...
- Traitement du flux : la nature et la qualité du fluide, peuvent imposer un prétraitement pour être utilisable. Exemple : laveur de gaz, centrifugeuse, traitement chimique, dilution...
- Echange de la chaleur : parmi toutes les technologies disponibles (échangeurs à plaques, tubes calandres, ailettes, caloducs, à contact direct...), le prestataire conseil est chargé de trouver et justifier du choix de la technologie la plus adaptée, en prenant en compte les aspects coût/performances, mais aussi d'autres paramètres tels que la compatibilité entre matériaux et flux, encrassement/nettoyage...

2. Stockage(s)

Les systèmes de stockage d'énergie par chaleur sensible (exemple : ballon d'eau chaude) sont les plus utilisés pour ce type de projet. Ceci n'exclut pas l'étude des autres technologies disponibles (chaleur latente, thermochimie...).

Le dimensionnement du système de stockage prend en compte les paramètres suivants :

- Matière stockée : le fluide de stockage peut être l'un des fluides caloporteurs (notamment lorsque l'on utilise de l'eau chaude) ou tout autre fluide mieux adapté.
- Capacité de stockage et déstockage : le dimensionnement du stockage doit être tel qu'il garantit la flexibilité opératoire, l'adaptation à des évolutions prévisibles du site. Un surdimensionnement peut être nécessaire : attention le surdimensionnement est inversement génératrice de pertes thermiques ; le nombre de cycles possibles (horaire, journalier) et les vitesses de stockage et déstockage.
- Maintien en température : l'isolation de la capacité de stockage est fondamentale pour préserver l'efficacité thermique du système ; selon la disponibilité de la source de chaleur, la mise en place d'un système de maintien en température pourra être nécessaire.
- Optimisation de la stratification : des phénomènes de stratification apparaissent dans les stockages. Le prestataire conseil doit quantifier ce phénomène et préciser la meilleure manière de le gérer.

Remarque : Le bon dimensionnement du/des systèmes de stockage est l'un des points clés à valider par simulation.

3. Rehausse de la température

Lorsque la source de chaleur est à une température inférieure au flux valorisant, la mise en place d'un système de rehausse de la température est nécessaire. La pompe à chaleur à compression mécanique de vapeur ou à absorption est la solution la plus utilisée mais il incombe au prestataire conseil de proposer et justifier la technologie la plus adaptée par rapport aux éléments suivants :

- Les technologies d'entrainements versus contexte énergétique du site ;
- Les coefficients de performances de la machine ;
- L'impact sur les performances énergétiques globales du site ;
- L'adaptation aux différentes conditions opératoires.

4. Distribution

Le prestataire conseil propose et justifie des points suivants :

- Qualité de l'isolation : le choix du matériau et son épaisseur impactent à la fois les performances énergétiques et économiques de l'ensemble du système de captage. Ce poste n'est pas à négliger.
- Circulation des fluides : l'ensemble pompe/motorisation doit être conçu en fonction de la variabilité des conditions opératoires. Pour les systèmes où il y a peu de variabilité on choisit préférentiellement une pompe très performante dans le domaine de fonctionnement et un système d'entraînement simple. Dans le cas contraire, un entraînement à vitesse variable s'impose et la pompe doit être capable de fonctionner dans toute la gamme de débit
- Tracé du réseau de chaleur à l'externe : en fonction de la position envisagée de la chaufferie et des bâtiments à desservir, de l'investissement, de la densité du réseau (rapport longueur / chaleur desservie)

Les éléments suivants devront être précisés :

- Caractéristiques du réseau de chaleur/froid (diamètre, nature des tubes, profondeur, longueur, densité globale (voire par branche), contraintes techniques éventuelles)
- Caractéristiques de la sous-station si concerné (surface nécessaire, emplacement, composants)

Un plan précis du réseau de chaleur/froid avec la densité devra être fourni.

5. Système d'appoint

Les conséquences du projet sur le site peuvent être de deux ordres :

- 1 **Le projet ne satisfait pas entièrement les besoins du bénéficiaire** : l'utilisation des équipements initiaux dans les nouvelles conditions opératoires doit être validée. L'achat de nouveaux matériels s'impose parfois. Rappelons que si ce déficit est temporaire le stockage peut être une solution ;
- 2 **Le projet modifie la fiabilité du site** : l'identification des conséquences d'un dysfonctionnement de la solution mise en place doit être réalisée. Des équipements de secours sont parfois nécessaires.

Utilisation directe de la chaleur

Rappel : L'utilisation directe de la chaleur correspond aux structures où cette chaleur est utilisée au travers d'un fluide en contact direct ou au travers d'un échangeur.

Le prestataire conseil propose et justifie des équipements et des vecteurs par rapport aux problématiques suivantes : qualité du produit, encrassement/corrosion, compatibilité avec les produits (lors d'une utilisation par contact direct), performances du système satisfaisantes quel que soit le fonctionnement...

Utilisation indirecte de la chaleur

Rappel : L'utilisation indirecte de la chaleur correspond à un changement du vecteur énergétique.

Production de froid : la production de froid par machine à compression ne permet pas de valoriser de la chaleur, au contraire ces groupes en dissipent au niveau de leur condenseur. Des technologies telles les pompes à chaleur à absorption sont disponibles commercialement et ont démontré leur viabilité et rentabilité dans des conditions qu'il convient de valider.

V. Bilan économique

1. Coûts d'investissements de la solution

Le prestataire conseil liste l'ensemble des investissements liés à la réalisation de la solution, en distinguant les postes par nature (achat d'équipements, main d'œuvre, transport, levage, génie civil, etc.).

Le mode d'estimation de ces coûts (devis ou méthodes de calcul) doit être précisé.

Il est rappelé que les résultats devront approcher le coût travaux à plus ou moins 10 %.

2. Coûts d'exploitation prévisionnels de la solution

Voici quelques exemples :

- Valorisation interne : gains/pertes sur les factures énergétiques ; gains/pertes sur les factures d'intrants matières.
- Valorisation externe : quantité d'énergie revendue, si pertinent ; coût de revente, fourni par le maître d'ouvrage.
- Valorisation interne/externe : gains sur les émissions de CO₂ ; évolution des charges d'exploitation (maintenance).

3. Plan de financement proposé

Plusieurs dispositifs d'aides à l'investissement permettent d'accompagner des actions de baisse des émissions de CO₂ et d'économies d'énergie.

Le prestataire conseil sera en charge d'identifier le processus d'aide le plus adapté au projet.

Voici une liste non-exhaustive de mécanismes pouvant intégrer le montage financier :

- Autofinancement ;
- Location ;
- Prêts « classiques » ;
- Prêts verts bonifiés : complémentaire à d'autres prêts mais dispose de conditions d'éligibilités plus spécifiques ;
- Tiers investissement : financement de la solution par un tiers se rémunérant sur les économies d'énergie ;
- Prêts de la Banque Européenne d'Investissement ;
- Crédit-bail ;
- Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) ;
- Certificats d'Economie d'Energie (CEE) ;
- Appels à projets décarbonation (DECARB IND, DECARB FLASH ou autre)
- Climaxion - Soutien à la récupération de chaleur fatale (Région Grand Est)
- ...

Par ailleurs, le soutien aux études et aux investissements s'inscrit dans le **régime cadre exempté de notification n° SA 111726** relatif aux aides en faveur de la protection de l'environnement sur la période 2024-2026.

Certaines solutions peuvent connaître une solution de référence (équipement équivalent sans « module » de récupération de chaleur fatale, PAC réversible (déduction de la partie groupe froid), etc.) qui sera chiffrée.

Le montant de la solution de référence sera déduit des dépenses éligibles pour calculer la dépense subventionnable.

VI. Délai et modalité de réalisation de l'étude de faisabilité

Le maître d'ouvrage précisera le délai de réalisation de l'étude souhaité.

Une copie de l'étude sera envoyée aux services de la Région et/ou de l'ADEME en charge du projet avant le rendu final au maître d'ouvrage.

Le prestataire de l'étude informera les services de la Région et/ou de l'ADEME en charge du dossier de la date de la réunion de rendu.

VII. Rappel des éléments à fournir par le prestataire

L'étude de faisabilité devra comprendre a minima les éléments suivants :

- Le contexte général du projet ;
- L'état des lieux consolidé ;
- Les descriptions et bilans énergétiques et environnementaux des équipements. Cela comprend les consommations d'énergies, les rejets, les indicateurs de performances, les équations de corrélations, etc. ;
- Les autres actions d'économies d'énergie réalisables ;
- Le schéma des systèmes de récupération et de valorisation (comprenant la disposition des appareils de mesure) ;
- Le schéma d'implantation de l'éventuel réseau et des bâtiments raccordés (interne ou externe)
- La liste des équipements composant la solution proposée, comprenant le détail des caractéristiques techniques, coût matériel, coût d'installation et coût de maintenance ;
- La liste des fournisseurs d'équipements contactés ;
- Le plan de comptage ;
- La politique de maintenance ;
- Le bilan économique du projet ;
- Le cas échéant, des impressions d'écran du fichier de simulation montrant les configurations et les résultats ;
- Le tableau de synthèse de l'étude complété (annexe 1).

Annexe 1 : Synthèse de l'étude

Maître d'ouvrage :
BE/CT :

Secteur d'activité :
Activité du site :

	Solution 1	Solution 2
Description		
Solution de référence (description et coût (€TTC))		
Source de chaleur fatale (four... ; disponibilité temporelle)		
Système de captage		
Puissance de l'équipement de récupération (kW)		
Consommation énergétique associée (auxiliaires...) (kWh/an)		
Consommation énergétique économisée sur précédente source de chaleur (MWh/an)		
Température de chaleur fatale (°C)		
Type d'énergie de récupération (fumées, effluent liquide, gaz industriel,...)		
Système de rehausse de température / froid ; COP + consommation énergétique (kWh/an)		
Usage + temporalité		
Stockage		
Distribution		
Quantité de chaleur valorisée (MWh/an)		
Système d'appoint + puissance (kW) et consommation (kWh/an)		
Réseau de chaleur/froid (longueur (ml), quantité de chaleur de récupération injectée (MWh/an), taux EnR&R)		
Emissions CO ₂ évitées (kgeqCO ₂)		
Coût global de l'investissement (€TTC)		
Coût d'exploitation et de maintenance (€TTC/an)		
Vente de chaleur/froid (€ TTC/MWh)		
Subventions détaillées en € (Climaxion, CEE,...)		
Temps de retour sur investissement sans / avec subventions, déduction faite de la vente de chaleur/froid si concerné (en années)		
Atouts particuliers		
Contraintes particulières		