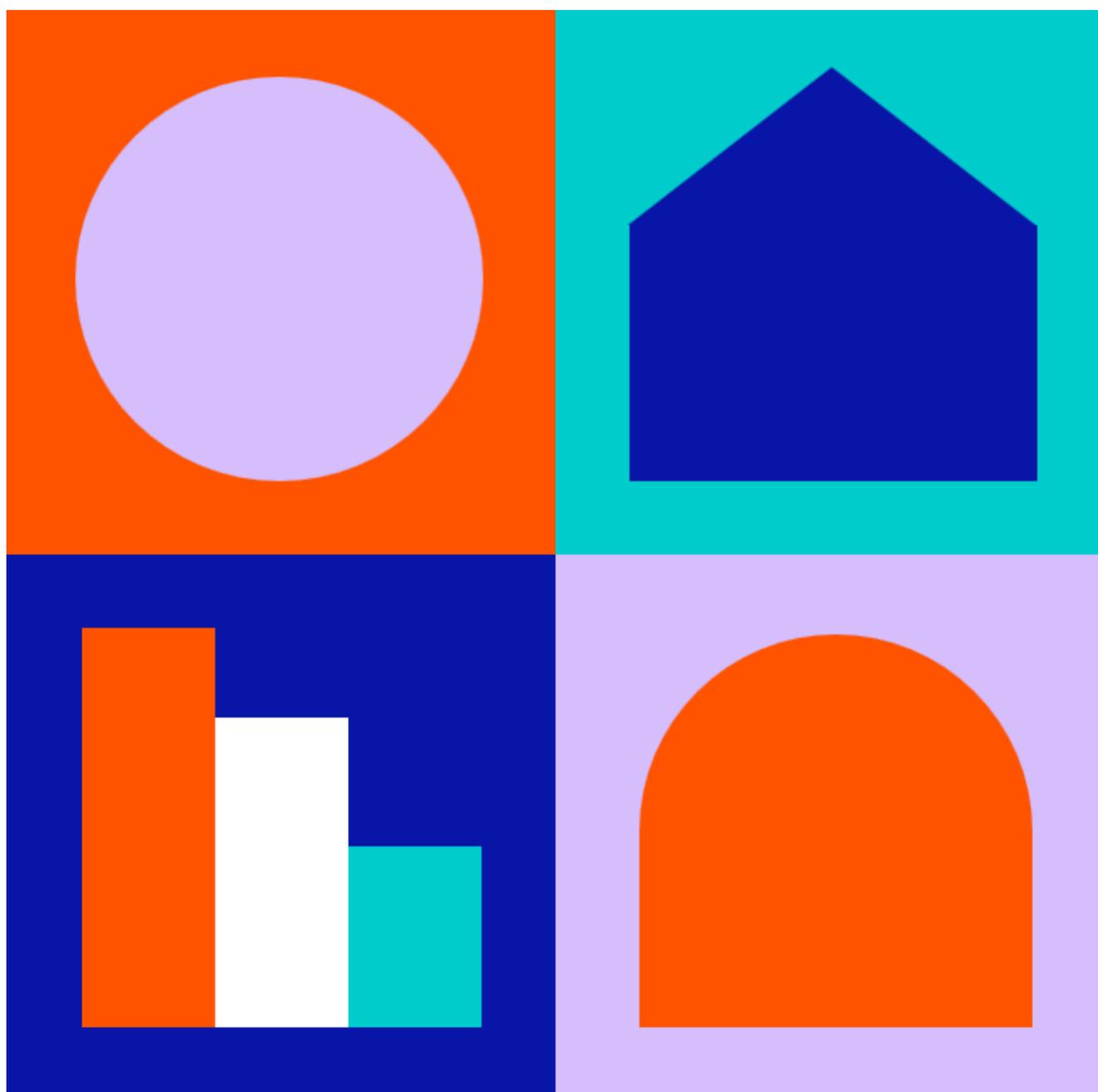


# Etude d'opportunité pour la décarbonation des modes de chauffage



# Préambule

---

Afin de contribuer aux enjeux de la transition énergétique, les collectivités locales s'engagent activement à réduire leur empreinte carbone et à promouvoir l'utilisation d'énergie renouvelables. Dans cette dynamique, la décarbonation des modes de chauffage est un enjeu primordial pour atteindre les objectifs de durabilité environnementale et de lutte contre le changement climatique.

Afin d'accompagner efficacement ces efforts, ACTEE propose ce cahier des charges. Il vise à fournir aux collectivités un guide méthodologique pour mener des études d'opportunité de décarbonation des modes de chauffage. En rassemblant les meilleures pratiques, ce document offre un cadre pour évaluer, comparer et mettre en œuvre des solutions de chauffage et de rafraîchissement respectueuses de l'environnement, tout en tenant compte des spécificités locales et des impératifs de performance. Préfigurant des études de faisabilité, ces études préalables ont pour objectif d'apporter une vision globale au porteur de projet sur l'ensemble des énergies décarbonées à sa disposition. Cette étude permet également de prioriser les actions à mener et de comprendre l'articulation entre rénovation du bâti et rénovation des systèmes de chauffage et l'articulation entre les différentes énergies renouvelables thermiques.

## Remerciements

Nous remercions chaleureusement les collectivités lauréates du programme ACTEE et partenaires pour leurs contributions, qui ont permis d'adapter et d'enrichir ce cahier des charges en répondant au mieux aux besoins réels.

### Relecteurs :

- SIEL 42
- Département 76
- Pays du Lunevillois
- Claire BARAIS et Laurianne HENRY (ADEME)
- Xavier MOCH (AFPG)
- Olga OLIVETI-SELMY (GRDF)
- Elodie PAYEN (CIBE)

## Contacts utiles

**Vincent ESPINASSE** [v.espinasse@fnccr.asso.fr](mailto:v.espinasse@fnccr.asso.fr)

**Samy HAMDI**, [s.hamdi@fnccr.asso.fr](mailto:s.hamdi@fnccr.asso.fr)

**Awa Marie LAMOTTE**, [a-m.lamotte@fnccr.asso.fr](mailto:a-m.lamotte@fnccr.asso.fr)

**Adam SOUSSANA** [a.soussana@fnccr.asso.fr](mailto:a.soussana@fnccr.asso.fr), ACTEE

# Table des matières

---

Préambule	<b>1</b>	
Introduction	<b>4</b>	
Mode d'emploi du cahier des charges	<b>5</b>	
Présentation des acteurs du projet	<b>6</b>	
A. Maitre d'ouvrage - les incontournables		6
B. Bureau d'études - Préconisations concernant les qualifications		6
Présentation de l'étude d'opportunité	<b>7</b>	
Contexte du projet		7
Déroulement et différentes phases de l'étude d'opportunité		8
Éléments attendus par le prestataire :	<b>9</b>	
Phase 1 : Profil énergétique de l'existant		9
Éléments collectés par la collectivité :	<b>9</b>	
1. Mesures et relevés du bâtiment	<b>12</b>	
Phase 2 : Scenarii de rénovation énergétique de l'enveloppe		13
Phase 3 : Etude sur la décarbonation des moyens de chauffage		15
Descriptif technique des solutions d'énergies renouvelables étudiées	<b>16</b>	
Étude économique	<b>16</b>	
Bilan environnemental	<b>17</b>	
Réseaux de Chaleur		18
➤ Définition	<b>18</b>	
Géothermie		20
➤ Définition	<b>20</b>	
➤ Pertinence d'une pompe à chaleur géothermique	<b>20</b>	
Solaire Thermique		22
➤ Définition	<b>22</b>	
➤ Etat des lieux	<b>22</b>	
Biomasse		23
➤ Définition	<b>23</b>	
➤ Pertinence d'une solution bois	<b>23</b>	

	3
Pompe à chaleur : Aérothermie PAC Air/Air & Air/Eau et solutions hybrides	24
➤ Définition	24
➤ Points d'attention : la climatisation	24
➤ Pompe A Chaleur hybride :	24
Raccordement Gaz Renouvelable	26
➤ Définition	26
➤ Dispositif de garanties d'origines :	26
➤ Pertinence d'une solution gaz renouvelable	26
Phase 4 : Clôture du projet	27
<b>ANNEXES :</b>	<b>28</b>
<b>Annexe 1 - Etat des lieux d'une chaufferie – Méthodologie</b>	28
<b>Annexe 2 : Qualifications multicritères pertinentes dans le cadre de réalisation d'études d'opportunités</b>	29
<b>Annexe 3 : Option STD : Simulation Thermique Dynamique</b>	30



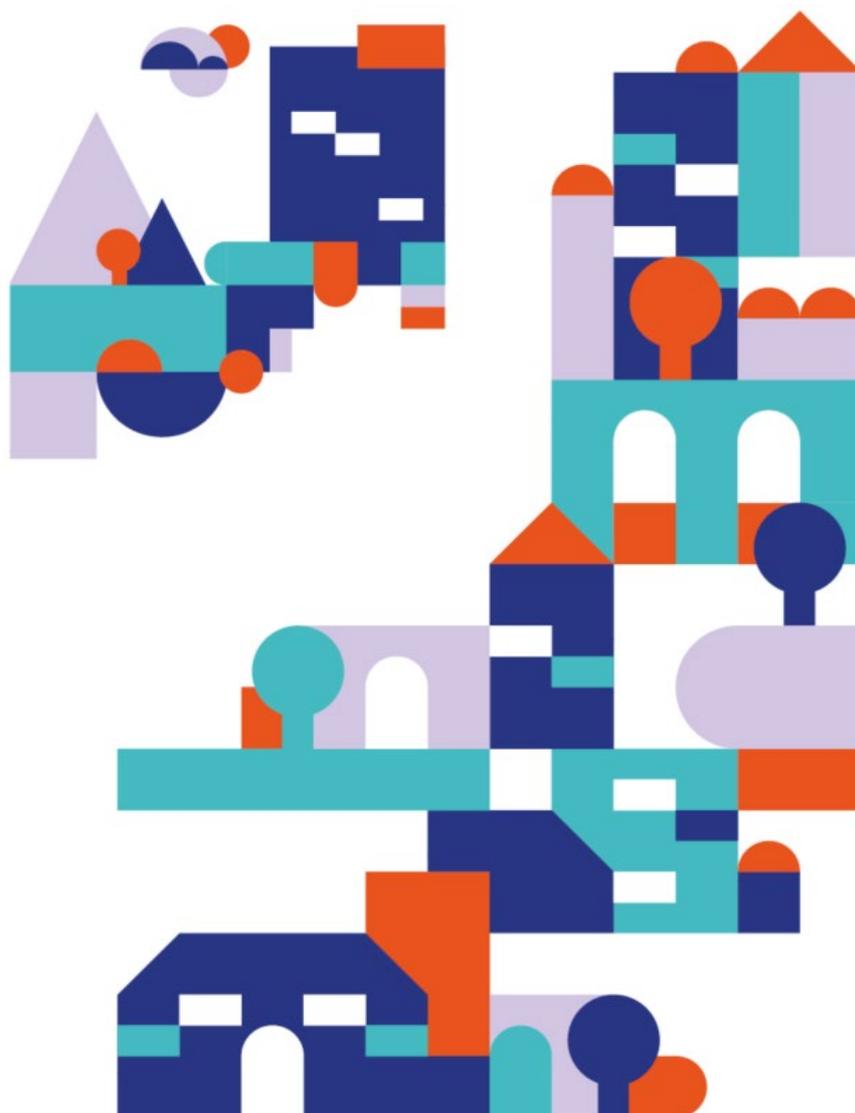
# Introduction

---

**Le présent document a pour objectif de donner les clefs pour mener à bien une étude d'opportunité/note d'opportunités pour évaluer la pertinence et les possibilités de remplacement de modes de chauffage « carbonés » en fournissant des recommandations précises pour une transition énergétique durable, tout en apportant des premiers éléments technico-économiques sur les différentes solutions décarbonées.**

**Cette étude évalue l'opportunité technique d'un projet, permet d'estimer l'intérêt économique, présélectionne la ou les solution(s) de chauffage et en complément le rafraîchissement pour la solution géothermie à étudier plus en profondeur via une étude de faisabilité, de déterminer son bon dimensionnement, d'estimer les coûts de travaux et de fonctionnement, ainsi que les avantages énergétiques, environnementaux et financiers des différentes solutions de substitution.**

**Nous présenterons ainsi, les qualifications pressenties, pouvant aider à sélectionner des prestataires, les éléments clés et objectifs prioritaires à intégrer par phase et selon les différentes énergies attendues en présentant les spécificités de celles-ci.**



# Mode d'emploi du cahier des charges

---

Ce cahier des charges a été conçu comme un modèle prêt à être adapté par chaque commune, en fonction des besoins spécifiques et le contexte local, nous espérons faciliter son appropriation et encourager une mise en œuvre efficace des projets de décarbonation.

Comment l'utiliser ?

Les zones du cahier des charges nécessitant des modifications ou des compléments sont mises en évidence par un code couleur spécifique :

Encadré orange : Informations à compléter par le maître d'ouvrage (par exemple, le périmètre du projet, les besoins locaux, etc.).

Encadré bleu : Sections à vérifier ou ajuster en fonction des spécificités locales (comme les contraintes techniques ou réglementaires) par le prestataire.

Encadré violet : Sections informatives qui pourront être supprimées et qui apportent des préconisations ou des éléments de vulgarisation.

Chaque section contient des indications explicatives pour guider les communes dans leur démarche. Des exemples complémentaires sont fournis en annexe pour aider à remplir des sections et pour étoffer la réflexion ou apporter du contexte.

## Pourquoi ACTEE a choisi cette méthode d'élaboration de cahier des charges ?

Ce document n'est pas un document prêt à l'emploi, mais bien un outil flexible. Il doit être modifié et complété par chaque commune pour répondre aux spécificités de son projet de décarbonation des modes de chauffage.

# Présentation des acteurs du projet

## A. Maître d'ouvrage - les incontournables

Informations générales

- Situation et coordonnées du maître d'ouvrage,
- Responsable du projet (fonction et coordonnées)

## B. Bureau d'études – Préconisations concernant les qualifications

Nous conseillons de prioriser les réponses des bureaux d'études qualifiés sur plusieurs des thèmes (ou équivalences) mentionnés dans l'annexe 2 (page 29). Ces qualifications démontrent un intérêt pour une pluralité d'énergies renouvelables, favorisant une approche "multi-énergie" ainsi qu'une expertise en performance énergétique et gestion du chauffage. Elles offrent également une vision globale très pertinente pour une gestion à long terme des bâtiments, alliant confort et économies.

Les choix s'orienteront vers les bureaux d'études candidat disposant à minima de :

- Une qualification portant sur les audits du bâtiment (RGE - Reconnu Garant de l'Environnement) ;
- Des qualifications axées sur à minima deux Énergies Renouvelables différentes ;

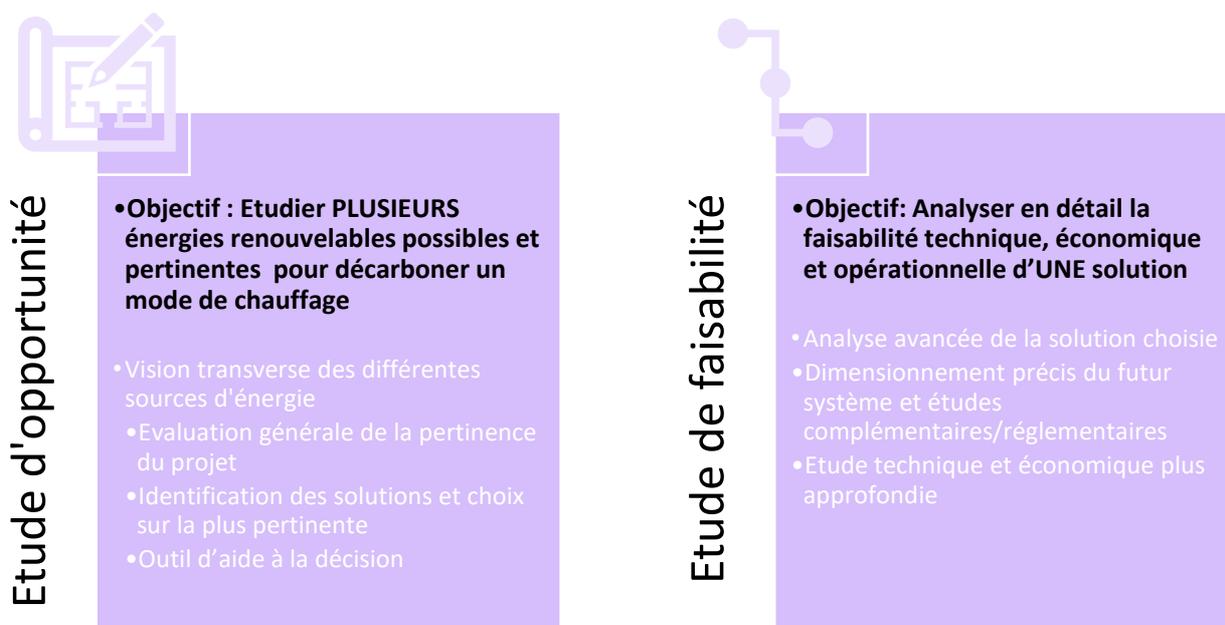
En complément :

- Deux qualifications en gestion du chauffage ;
- Deux sur la performance énergétique du bâtiment.



# Présentation de l'étude d'opportunité

Avant de rentrer dans le détail du projet, ci-dessous vous trouverez le comparatif entre une étude d'opportunité et une étude de faisabilité, afin que vous compreniez les délimitations de chacune de ces études essentielles à tout projet. En phases projet, la faisabilité peut préfigurer ou être appréhendée en étude APS.



Il est recommandé de faire une étude d'opportunité avant d'investir dans une étude de faisabilité sur un projet éventuellement non viable.

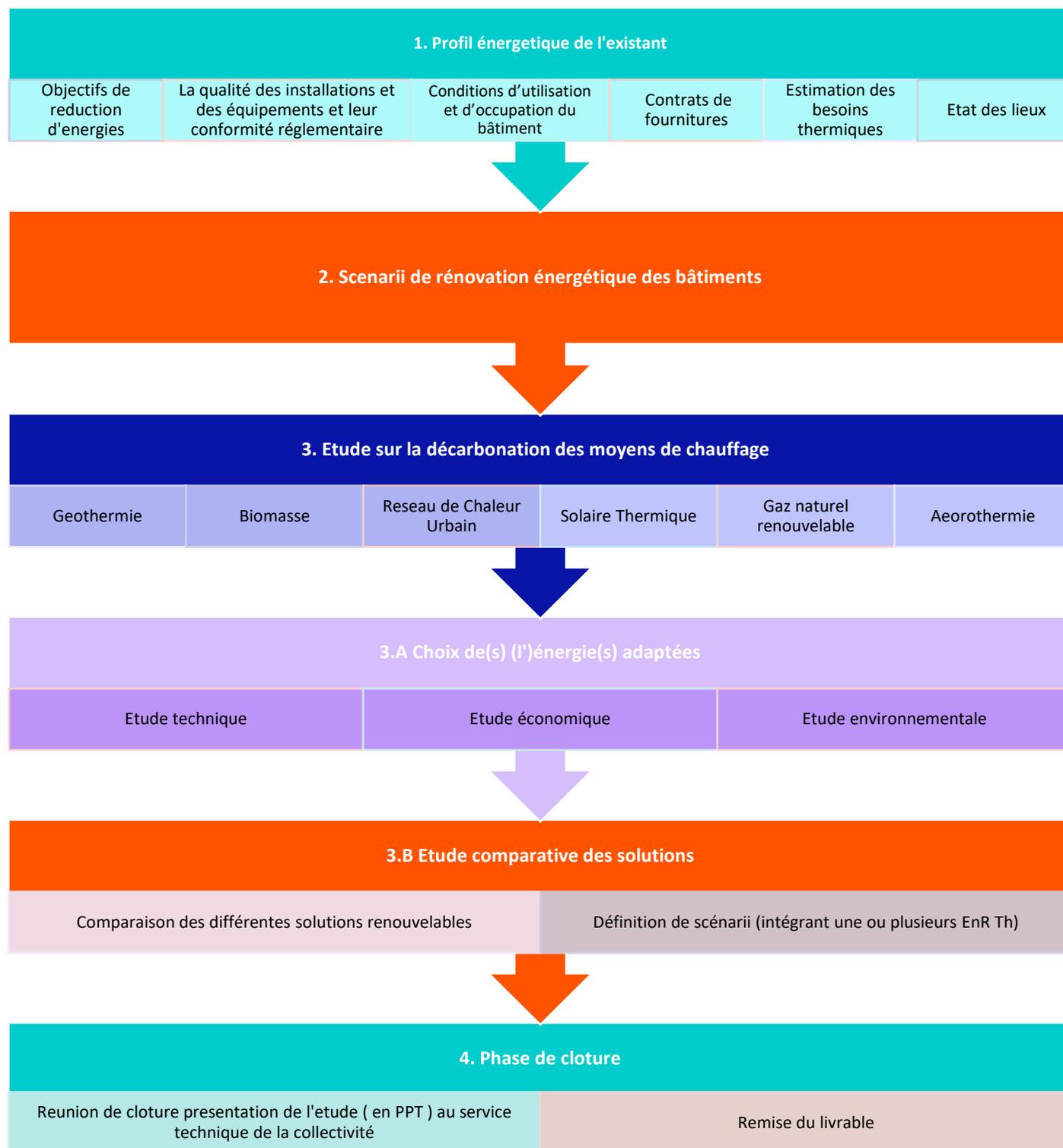
## Contexte du projet

Cette étude vise à évaluer la faisabilité technique et économique de diverses solutions énergétiques décarbonées des modes de chauffage pour des bâtiments existants d'une collectivité, dans le but d'optimiser l'efficacité énergétique, de réduire les coûts et d'améliorer l'impact environnemental.

Cette étude d'opportunité sera un précieux outil d'aide à la décision dans la démarche énergétique et environnementale de la collectivité. Elle vise à identifier les différentes sources d'énergie décarbonées ainsi que leurs avantages et limites. Les points clés essentiels à ce type d'étude à demander au prestataire retenu seront également présentés. L'objectif de l'étude étant de fournir toutes les informations nécessaires à la collectivité afin de choisir la ou les source(s) d'énergie efficiente(s) qui tiennent compte de la faisabilité technique et de la rentabilité économique propre au projet.

# Déroulement et différentes phases de l'étude d'opportunité

L'étude d'opportunité se déroulera en trois phases, débutant par l'analyse du profil énergétique de l'existant et se concluant par une réunion de clôture où le prestataire présentera et remettra un rapport de l'étude. Voici un modèle de déroulement détaillé d'une étude d'opportunité :



## Éléments attendus par le prestataire :

Afin de s'assurer de la bonne tenue du projet et d'une bonne compréhension des enjeux, il est pertinent que le prestataire puisse réaliser les prestations suivantes :

- Une réunion de lancement de l'étude avec cadrage de la mission ;
  - Un état des lieux avec collecte des informations et choix des énergies étudiées ;
  - Une réunion de restitution de l'étude (si possible en présentiel).

Afin de collecter des informations complémentaires aux données transmises par la collectivité, le prestataire réalisera une visite des lieux dans le but de réaliser les relevés nécessaires (surfaces, états des équipements, isolation ...) à la compréhension du profil énergétique du site.

## Phase 1 : Profil énergétique de l'existant

**Les études énergétiques, en général, nécessitent une collaboration étroite entre le maître d'ouvrage et le prestataire. Pour cela, le bureau d'études pourra s'appuyer sur des éléments techniques fournis par la collectivité, qui mettra à disposition une liste de documents clés pour mieux comprendre le profil énergétique et technique du site.**

### Éléments collectés par la collectivité :

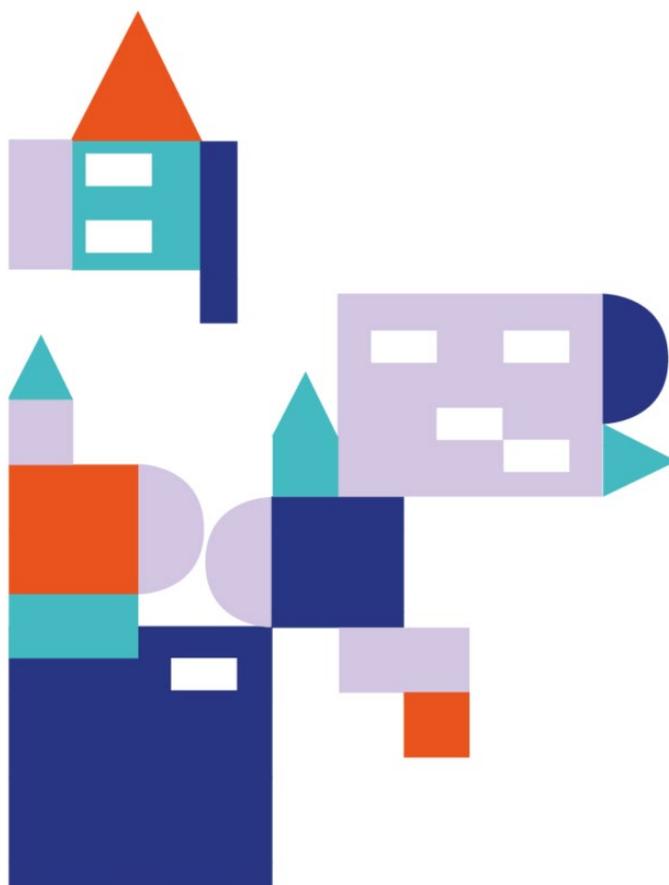
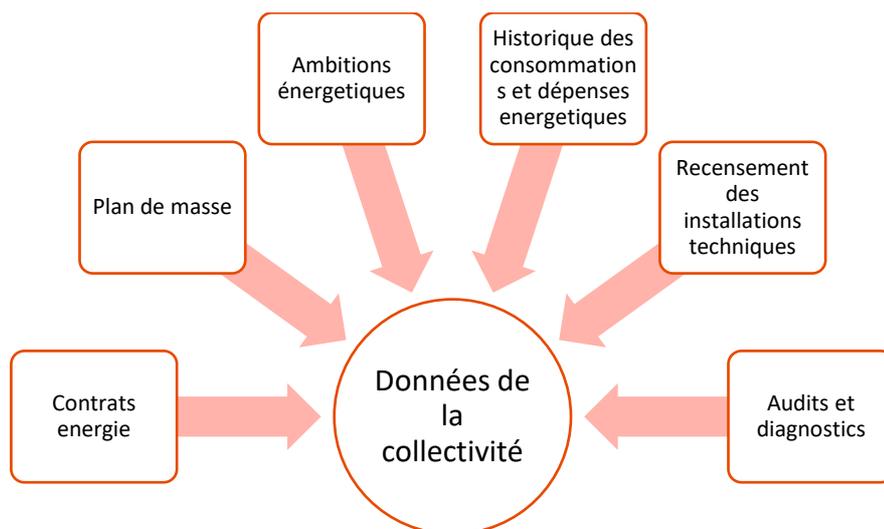
Le prestataire sollicitera la collectivité afin de collecter les données nécessaires à la bonne réalisation de l'étude d'opportunité. La collectivité fournira, autant que possible, tous les documents à sa disposition parmi la liste ci-dessous :

Données générales du site :

- Adresse et plans du/des bâtiments ;
- Audits et diagnostics antérieurs (exemples de diagnostics : plomb, amiante, biodiversité, structure, infiltrométrie, patrimoine ancien...);
- Descriptifs et documents techniques des travaux antérieurs (DOE notamment), si existants ;
- Plannings d'occupation et d'usage des lieux ;
- Nombre d'occupants et /ou fréquentation journalière.

Données sur la thématique de l'Energie

- Objectifs de réductions énergétiques : définition de l'ambition sur court et long terme de réduction de consommation énergétique et les émissions de carbone des bâtiments de la collectivité ;
- Contrat de fourniture d'énergie ;
- Contrat d'exploitation et d'entretien des installations de chauffage, ECS, ventilation, etc ;
- Les plans et schémas CVC ainsi que des réseaux électriques ;
- Recensement des équipements techniques ;
- Les livrets de chaufferie et carnets d'entretien ;
- Les notices des équipements ;
- L'historique des factures énergétiques et/ou données de consommation des 3 dernières années au moins (en s'appuyant sur les gestionnaires de réseau au besoin).



# Etat des lieux

**Cette étape est assurée par le prestataire, mais il est essentiel que le maître d'ouvrage reste disponible pour faciliter l'accès du prestataire aux locaux techniques.**

Chaque bâtiment fera l'objet d'un examen approfondi en vue de recueillir les éléments nécessaires à la réalisation des phases suivantes de l'audit énergétique dans toutes ses dimensions.

L'état des lieux se basera sur :

- Les documents fournis par le maître d'ouvrage ;
- Une visite sur site organisée en liaison étroite avec les services des collectivités concernées en favorisant la présence d'utilisateurs et d'usagers, de l'économiste de flux (ou équivalent), du gestionnaire et/ou du mainteneur.

Il revient au prestataire de vérifier la disponibilité des informations nécessaires à la bonne exécution de sa prestation. Il s'assurera ainsi que la finesse des informations collectées soit suffisante pour parvenir à des préconisations solides.

L'état des lieux devra présenter :

- Une description du bâtiment et une évaluation de ses caractéristiques architecturales, urbaines, et paysagères ainsi qu'une description des règles d'urbanisme auxquelles est soumis afin que les recommandations à venir veillent à les respecter ; La caractérisation des locaux en fonction des facteurs extérieurs (données météo locales, masques solaires) et intérieurs des bâtiments (organisation du site, zonage climatique et utilisation des bâtiments, zones chauffées/refroidies). Le bureau d'études fera apparaître sur le compte-rendu de l'audit la surface de plancher. Le maître d'ouvrage peut également demander la surface SHON du bâtiment audité si nécessaire à l'obtention de subventions en phase travaux. Pour tous les ratios, c'est la surface de plancher qui sera utilisée dans la suite du compte-rendu ;
- Le relevé sur le site et la description synthétique des principes constructifs du bâti (état, plans, désordres apparents, perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment, perspiration des parois, résistance et conductivité thermiques). Dans le cas d'un bâtiment ancien, une attention particulière sera portée au repérage des désordres, notamment dû à l'humidité, ainsi qu'à son caractère patrimonial (bâtiments construits avant 1948 de manière traditionnelle) qui sera explicitement mentionné ;
- La présence de matériaux non industrialisés dans les constituants du bâtiment (ex. : murs en pierre, plancher bois, briques anciennes, torchis, pisé, bauge) ;
- Le descriptif (types, caractéristiques, performances, présence ou non de calorifuge...) et l'état des installations chauffage, électricité, ventilation, éclairage, cuisine, eau et système de froid/rafraîchissement avec notamment un point sur leur conformité réglementaire. Pour l'état des lieux de la ventilation, le bureau d'étude pourra s'inspirer du protocole Promevent Tertiaire soutenu par l'ADEME ;
- Les systèmes existants de production actuels d'eau chaude sanitaire ainsi que leurs auxiliaires (état, marque, type, année, puissance, température de consigne et autres températures opérables (bouclage), logique de régulation, modes hivers/été ...) ;
- Compatibilité de la régulation chaudière avec une régulation solaire et intérêt d'adapter ou non cette régulation.
- Le système de distribution de l'eau chaude sanitaire : nature, débits de pointe et de bouclage, diamètre et états des canalisations, linéaire (éventuellement estimatif) et calorifugeage (présence, état ...) et les pertes associées ;

- Un examen de l'ensemble des organes et systèmes de régulation et de programmation (commande, GTB, GTC...) du chauffage, du rafraîchissement, de la ventilation, de l'installation d'éclairage naturel et artificiel, de la production d'eau chaude sanitaire et système(s) de froid/rafraîchissement. Les plages de programmation, températures de consigne, heures de démarrage et d'arrêt seront confrontées aux usages des bâtiments et aux contrats souscrits. Les observations seront également confrontées aux consignes de températures transmises par le ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires ;
- Un état de l'exploitation/conduite des installations avec les gestionnaires/exploitants notamment sur la ventilation (bouches, filtres...);
- Un inventaire des comptages si les installations le permettent ;
- **Un schéma des réseaux de fluides et les installations techniques** sera établi sur un plan des locaux pour faciliter la visualisation de l'état des lieux. Il est surtout conseillé d'effectuer cette démarche sur le réseau principal de chauffage.

## 1. Mesures et relevés du bâtiment

Pour évaluer les besoins de la collectivité, le prestataire devra réaliser les actions suivantes :

- **Évaluation de la qualité du bâti** : Analyse de l'état général des bâtiments, notamment en ce qui concerne l'isolation, l'étanchéité à l'eau et à l'air et la solidité des structures ;
- **Évaluation de la qualité des installations et des équipements** : Revue détaillée des systèmes de chauffage, de rafraîchissement de ventilation, d'éclairage, de froid/rafraîchissement ainsi que des installations électriques, en vérifiant leur efficacité et leur conformité réglementaire ;
- **Analyse des conditions d'utilisation et d'occupation** : Étude des plages horaires d'utilisation et d'occupation des bâtiments et analyse des conditions de fonctionnement des installations pour identifier les opportunités d'optimisation énergétique ;
- **Évaluation de la qualité des menuiseries** : Évaluation de la qualité des fenêtres, portes et autres éléments de menuiserie, ainsi que de leur perméabilité à l'air, afin de déterminer leur impact sur l'efficacité énergétique des bâtiments ;
- **Estimation des besoins thermiques** : cette estimation devra présenter un profil des besoins en eau chaude sanitaire (ECS) et en chauffage sur l'année (et en froid si tel est le cas), exprimé en consommation d'énergie et en puissance.

## 2. Etude complémentaire

Le comportement d'un bâtiment est complexe et variable au cours du temps. Une simulation thermique dynamique (STD) permet de modéliser le comportement d'un bâtiment pour rendre compte de l'influence de son occupation et des conditions extérieures. Elle peut être une base essentielle pour comprendre et modéliser l'inertie thermique du bâtiment, qu'il s'agisse de chauffage hivernal ou de confort d'été, et l'impact des actions proposées notamment sur le confort d'été. Il apparaît opportun de réaliser une STD pour compléter l'analyse de l'enveloppe d'un bâtiment et l'impact sur les systèmes actuels et futurs.

Vous retrouverez plus de détails en annexe 3 (p 30).

**i** Cette option permet également de détailler l'inconfort estival afin de mieux anticiper les problématiques associées et de mettre en œuvre des solutions efficaces, peu impactantes et efficaces. Nous pouvons citer par exemple : la mise en place des solutions de géo-cooling via de la géothermie.

## Phase 2 : Scénarii de rénovation énergétique de l’enveloppe

Des scénarii de rénovation seront élaborés sur la base de programmes d’améliorations cohérents et adaptés aux caractéristiques du bâtiment, permettant au Maître d’Ouvrage d’orienter son intervention dans les meilleures conditions de coût et de délai. Ces programmes seront présentés sous la forme de « bouquets » d’actions indissociables, correspondant à un niveau de performance énergétique global après travaux. Le but principal de cette étape est de proposer un scénario de rénovation globale performante et des étapes éventuelles pour y parvenir.

### Cadre des scénarios

La présentation de différents scénarios est déterminant pour orienter au mieux les Maîtres d’Ouvrages dans leurs choix de travaux à mettre en œuvre. Il convient donc de bien encadrer la phase scénarisation et de présenter tous les faits nécessaires à une prise de décision éclairée. Le bureau d’étude doit ainsi préciser toutes les hypothèses utilisées concernant les températures des pièces, les périodes d’usages simulées ainsi que toutes les particularités liées à la méthode de calcul utilisée.

Les scénarios d’amélioration devront prendre en considération les aspects suivants, détaillés dans les scénarios et le paragraphe des préconisations :

- **Les actions correctives** portant sur les conditions d'utilisation, le pilotage et une meilleure exploitation du bâtiment ;
- Les actions à faibles investissements, dites **actions à gains rapides**, non impactant sur le dimensionnement des équipements ;
- Les **travaux techniquement envisageables sur le bâti, les installations thermiques et les autres équipements ou usages spécifiques**, en tenant compte des interactions entre améliorations proposées ;
- Les **travaux permettant l'amélioration du confort en général (confort thermique, confort acoustique et hygrothermique, visuel ...)** ;
- Les opérations de maintenance et autres hypothèses influençant les scénarios seront explicitées.

Dans cette partie, le bureau d’étude devra, à minima, étudier et faire figurer obligatoirement dans le compte-rendu les deux scénarii présentés par la suite. Les autres scénarios restent à la discrétion du maître d’ouvrage qui devra décrire ses exigences dans ce CCTP. Plusieurs scénarios devront figurer dans le compte-rendu de l’audit et chacun devra expliciter l’objectif du bouquet de travaux présenté.

### Scénario 0 - « Situation actuelle »

Il est le scénario témoin servant de référence pour réaliser des comparaisons avec les autres scénarios. Ce scénario est basé sur les consommations réelles établies lors de la phase d’état des lieux et tient compte de l’augmentation des coûts de l’énergie.



Dans le cas d’un bâtiment assujéti au décret tertiaire, ne pas confondre le scénario 0 de situation actuelle (consommation normalement calculée à partir des données des trois dernières années) avec la situation de référence du décret tertiaire (consommation en énergie finale d’une année de référence choisie entre 2010 et 2019 par le maître d’ouvrage)

## Scénario ambitieux – Scénario de rénovation complète et performante

Ce scénario doit prendre en compte le confort des usagers avec notamment la question du confort d'été, la qualité de l'air intérieur et l'ergonomie générale. La collectivité peut également choisir de fixer des objectifs précis de réduction de consommation et autres critères qu'elle jugera nécessaire.

Il doit principalement viser une des formulations suivantes :

- Un gain minimum de 60% d'économie d'énergie finale, tous usages confondus, par rapport à l'année de référence (qui ne peut être antérieure à 2010) ;
- Un niveau de performance afin d'atteindre les exigences du [label BBC Rénovation Tertiaire](#) (Cep < Cref-40% pour les 5 usages réglementés) ; ce scénario fait l'objet d'un calcul réglementaire mais devra également comprendre un calcul des gains d'économies en énergie finale tous usages.

D'autres scénarios peuvent être demandés par le maître d'ouvrage, pour atteindre des objectifs réglementaires (BACS par exemple) ou pour répondre à des critères spécifiques imposés par certains financeurs (exemples : utilisation de matériaux biosourcés, scénario bâtiment passif ...).



## Phase 3 : Etude sur la décarbonation des moyens de chauffage

Pour dimensionner correctement les futurs systèmes de production de chaleur et de froid, il est primordial de prendre en compte les travaux d'isolation et de réduction des consommations à venir. Ainsi, les hypothèses et préconisations de cette phase 3 devront se cumuler aux scénarii de la phase 2, dans une logique de performance, de sobriété et d'efficacité.

Quand on réfléchit la réduction des émissions de gaz à effet de serre des systèmes énergétiques, 3 éléments sont à prendre en compte :

- Les besoins de ces systèmes liés aux déperditions du bâtiment, qui peuvent être abaissés avec des travaux d'amélioration énergétique et des actions de sobriété ;
- La source d'énergie qui alimente le système de production de chaleur et/ou froid ;
- La performance énergétique du système de production de chaleur/froid.

Afin de remplacer les systèmes de production de chaleur et/ou de froid dans les bâtiments, il est important d'étudier des systèmes de production renouvelable. Nous proposons ainsi d'étudier les énergies renouvelables présentes ci-dessous. Il sera intéressant de solliciter un avis technique sur l'ensemble de ces solutions (solution(s) préférentielle(s) et interopérable(s))



Pour l'ensemble de ces solutions de décarbonation, des éléments seront attendus sur les trois piliers suivants :

### **Descriptif technique des solutions d'énergies renouvelables étudiées**

Le rapport d'étude détaillé devra présenter les différentes solutions d'énergies renouvelables étudiées pour venir en substitution d'énergies fossiles pour la production d'eau chaude sanitaire et/ou de chaleur et éventuellement de froid.

Pour chaque solution, le prestataire devra décrire la ou les technologie(s) retenue(s) ainsi que les équipements périphériques nécessaires. Il devra déterminer la ou les solutions optimales, détaillant :

- La puissance des équipements à installer ;
- Les besoins énergétiques prévisionnels ou constatés ;
- Le coût du kWh utile ;
- Les implications en termes d'infrastructure, d'équipements et d'exploitation des locaux : aménagement de la chaufferie, implantation d'un silo pour stocker de la biomasse, livraisons, possibilité de profiter de forage pour déminéraliser et végétaliser les surfaces dans le cas de la géothermie....

### **Étude économique**

Les coûts d'investissement devront inclure le matériel et la main d'œuvre liée à son installation. Le titulaire détaillera de façon sommaire les postes de dépenses et élaborera un compte d'exploitation annuel avec les coûts d'exploitation et de fonctionnement pour chaque solution. Il prendra en compte les aides financières existantes afin de calculer un temps de retour sur investissement avec ou sans subventions. Il sera important de noter le surinvestissement éventuel d'un remplacement des émetteurs de chaleur, ou la création d'un nouveau réseau de distribution basse température dans une démarche de coût global.

Cette étude devra comporter à minima :

- Les coûts d'investissement par scénario, précisant les hypothèses de calcul utilisées ;
- Les coûts associés à leur installation (Génie civil ; maîtrise d'œuvre ...) ;
- Les coûts d'exploitation et de maintenance (Combustible, Electricité, Entretien, Réparations) ;
- Un document de synthèse regroupant les scénarii et présentant les opportunités du projet de rénovation et de décarbonation.

Une présentation succincte des aides financières disponibles pour les futures études et travaux.

L'évolution du coût de l'énergie pourra prendre en compte les hypothèses suivantes :

*Evolution des prix de l'énergie, Taux de Croissance Annuel Moyen 2020-2040*

	<b>TCAM du prix en euros constants</b>	<b>TCAM du prix en euros courants</b>
Essence	1.7%	3.6%
Gazole	2.0%	3.9%
Fioul domestique et GPL	2.8%	4.7%
Gaz nat – industrie	2.9%	4.8%
Gaz nat – Bâtiment	2.2%	4.1%
Elec – industrie	1.2%	3.0%
Elec - bâtiment	1.1%	3.0%
Biomasse (dont bois) – industrie	1.2%	3.0%
Biomasse (dont bois) – bâtiment	1.2%	3.1%

*Source : Calculs ADEME (SEP) d'après sorties modèle POLES (Enerdata)*

## Bilan environnemental

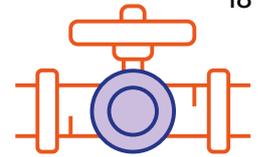
Un bilan environnemental des solutions d'énergie renouvelable étudiées présentera les différentes caractéristiques en matière de lutte contre l'effet de serre et d'amélioration de la qualité de l'air. Des éléments sur les TEP (Tonne Equivalent Pétrole) substituées, les tonnes de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et autres GES (Gaz à Effet de Serre), et émissions de particules fines évités peuvent être présentés par exemple.



Pour assurer une efficacité optimale du système de chauffage, il est essentiel de choisir des émetteurs de chaleur performants. Ces émetteurs se distinguent par leur capacité à fournir un confort thermique optimal tout en minimisant la consommation d'énergie. Parmi les émetteurs de chauffage et de froid performants disponibles sur le marché, on peut citer :

- Les radiateurs à haute efficacité énergétique, équipés de technologies de régulation avancées et de matériaux de haute qualité pour une meilleure transmission de chaleur ;
- Les planchers (ou plafonds/murs) chauffants à basse température, offrant une distribution uniforme de la chaleur et une grande réactivité aux fluctuations de la demande de chauffage ;
- Les systèmes de régulation et de gestion intelligents, permettant d'optimiser le fonctionnement des émetteurs de chaleur en fonction des conditions météorologiques, des habitudes de consommation et des besoins spécifiques de chaque zone chauffée ;
- Ces émetteurs gagnent à être réversibles et idéalement à permettre un rafraîchissement passif.

# Réseaux de Chaleur



## ➤ Définition

Un réseau de chaleur, fréquemment appelé « chauffage urbain », est un ensemble d'installations produisant et distribuant de la chaleur au pied de plusieurs bâtiments. La chaleur délivrée par le réseau peut servir à chauffer des bâtiments, assurer la production d'eau chaude sanitaire, mais aussi à des usages plus spécifiques (chauffage de piscine, etc). Il existe également des réseaux de froid, fonctionnant

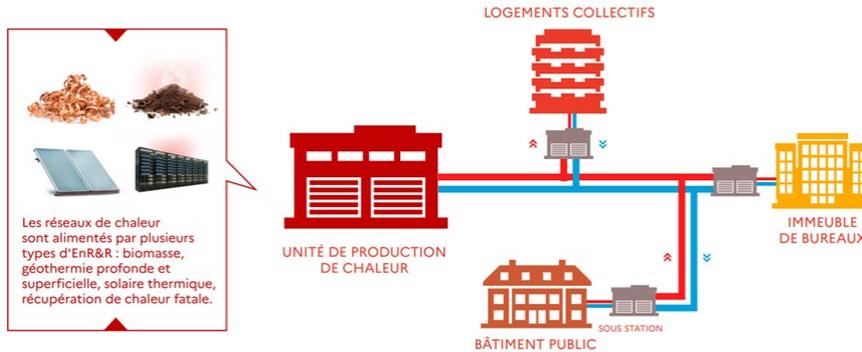


Figure 1 Eléments d'un réseau de chaleur (Source Ademe)

**Le bureau d'études vérifiera en amont si le site se trouve dans une zone prioritaire pour le développement des réseaux de chaleur, en consultant le site national des réseaux de chaleur et de froid (<https://reseaux-chaleur.cerema.fr/espace-documentaire/enrezo> . Ce projet offre une cartographie nationale détaillée depuis avril 2023, permettant d'identifier les zones présentant un fort potentiel pour le développement des réseaux de chaleur et de froid sur toute la France, et ainsi mieux orienter les décisions stratégiques.**

## Vocabulaire associé

**La production :** Une ou plusieurs chaufferies, ou « centrales de production », font appel à des sources d'énergies renouvelables et/ou de récupération et/ou fossiles pour alimenter le réseau en chaleur.

**La distribution :** Un réseau de distribution enterré ou disposé en caniveau, ou en galerie, dit « réseau primaire », achemine l'énergie grâce à un fluide caloporteur qui peut être sous forme d'eau chaude, d'eau surchauffée, ou de vapeur, depuis la ou les chaufferies centrales jusqu'aux bâtiments. Le réseau possède une canalisation aller qui amène le fluide caloporteur chaud, et une canalisation retour qui le ramène une fois refroidi. Le réseau est caractérisé, entre autres, par sa longueur, son diamètre, sa typologie.

**Le réseau secondaire :** Il assure la distribution de la chaleur interne au bâtiment (circuits de chauffage et eau chaude). Bien qu'étant situées en dehors du service réseau de chaleur, les installations secondaires doivent impérativement être prises en compte dans l'étude d'opportunité.

La livraison : La chaleur est livrée et comptée au niveau d'un poste de livraison, la « sous station », via un (ou plusieurs) échangeur de chaleur qui marque non seulement la séparation physique entre le réseau primaire et le réseau secondaire, mais représente également la limite contractuelle du service, en général juste après l'échangeur. Du fait de cette séparation physique, on parle de raccordement « indirect ».

Création de réseau ou raccordement à un réseau existant :

Lorsqu'un réseau de chaleur est déjà présent, il est attendu que le raccordement à ce réseau du ou des bâtiments analysé(s) soit étudié et dimensionné. S'il n'existe pas de réseau il sera également demandé qu'une analyse sur l'opportunité de créer un réseau à une échelle locale soit réalisée.

Pour efficacement décarboner le ou les systèmes actuels, il est primordial de s'assurer d'une bonne couverture d'une ou plusieurs énergies renouvelables dans le mix énergétique consommé par le réseau de chaleur. Ainsi, un seuil de 60% par exemple peut servir de référence.

Eléments clés à prendre en compte pour tout projet de raccordement à réseau de chaleur

La localisation des sous stations :

- Le principe de livraison de la chaleur (régimes de température, type et nombre d'échangeurs, comptage, régulation) ;
- Les éventuelles modifications apportées au niveau des installations du secondaire, que ce soit pour des raisons de compatibilité avec le réseau ou d'optimisation de ce dernier (abaissement de la température de retour, etc.) ;
- Le comptage de l'énergie livrée ;
- Les puissances souscrites, en veillant à ne pas surdimensionner cette puissance, notamment pour les bâtiments récents bien isolés.

#### **AVANTAGES :**

- Une meilleure efficacité énergétique, grâce à la mutualisation des moyens de production (matériels plus performants, maintenance plus efficace)
- Réduction des coûts : optimisation des contrats de maintenance et de fourniture
- Réduction forte des émissions de gaz à effets de serre lorsque le réseau est principalement alimenté par des EnR

#### **POINTS D'ATTENTION :**

- Investissements importants (Installation de chauffage + VRD)
- Disponibilités de la ressource
- Dimensionnement et choix des bâtiments raccordés



# Géothermie

## ➤ Définition

La géothermie repose sur la valorisation de la chaleur disponible dans le sous-sol de la terre. La profondeur d'exploitation des gisements géothermiques dépend de la géologie du sous-sol et du « gradient géothermal », soit l'augmentation de la température du sous-sol en fonction de la profondeur.

En France métropolitaine, la hausse moyenne de température est de 3,3 °C par 100 mètres.

Les principales utilisations des gisements de géothermie sont la production de chauffage en première position, et d'électricité en seconde position.

Il existe deux grands types de géothermie : la géothermie profonde et la géothermie de surface.

### Géothermie de surface

*Exploitation de la chaleur en proche sous-sol, à des profondeurs généralement comprises entre 20 et 200 m. La géothermie de surface, se distingue par le fait qu'elle est plus aisée à mettre en œuvre et permet à la fois la production de chaud (chauffage, eau chaude sanitaire) et de froid grâce à l'utilisation de pompes à chaleur sur l'ensemble du territoire national*

### Géothermie profonde.

*La chaleur est exploitée à des profondeurs souvent comprises entre 600 et 3 000 m. On valorise avec ce système les ressources géothermales issues des aquifères profonds*

## ➤ Pertinence d'une pompe à chaleur géothermique

### Caractérisation des ressources géothermiques

Il est important de vérifier lors de l'étude d'opportunité, la faisabilité de la géothermie localement (notamment à l'aide des cartographies du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), qui présentent les zones réglementaires relatives à la géothermie de minime importance (GMI), indiquant la faisabilité technique des installations géothermiques). Dans un second temps, après la restitution de l'étude d'opportunité, si la solution géothermie est retenue, des études hydrogéologiques et géologiques seront réalisées par un bureau d'études spécialisé en la matière dans le cadre d'une étude de faisabilité géothermie et doivent être réalisées avec un hydrogéologue.

### Éléments clés à prendre en compte pour tout projet de géothermie

- La typologie de réseau existant et le réseau envisagé afin de définir si le site sera alimenté via une pompe à chaleur centralisée ou via une distribution sous forme de sous-stations ;
- La puissance de la future installation doit également être dimensionnée en prenant en compte les travaux d'isolation à venir si l'enveloppe initiale n'est pas suffisamment performante ;
- Les températures d'émission de la chaleur pressenties et les émetteurs associés (remplacement, ajout, conservation de l'existant ...) ;
- Le coût prévisionnel du génie-Civil (travaux nécessaires pour la chaufferie notamment) et sa part relative dans le coût total de cette solution.

En synthèse, il est important que l'étude présente un plan incluant les bâtiments à chauffer, la chaufferie, et le réseau de chaleur avec le positionnement de la ou des pompe(s) à chaleur. Le plan devra inclure la disposition des échangeurs verticaux (avec précisions sur les écartements entre sonde ou entre puit de puisage et de réinjection) et la liaison vers la chaufferie.

## Dimensionnement des ouvrages souterrains

### Echangeurs compacts – définition et précisions :

Il s'agit principalement des corbeilles géothermiques et des murs géothermiques, dont le principe de fonctionnement est similaire à celui des autres échangeurs fermés mais qui s'installent avec du matériel de terrassement.

- Le Code Minier ne concerne pas ces échangeurs dès lors qu'ils sont implantés à une profondeur de moins de 10 mètres : la « coloration réglementaire » de la minime importance ne s'appliquera pas dans le cas général ;
- Le nombre d'échangeurs à installer dépend fortement de la gestion thermique du bâtiment : il est préférable de chercher à « lisser » les besoins thermiques, en évitant les forts appels de puissance ;
- Préciser les moyens de régulation du circulateur géothermique, la configuration de l'appoint, et la gestion de production de l'eau chaude sanitaire.

### Les échangeurs géothermiques verticaux – éléments incontournables :

- Il est important de connaître le régime applicable (notamment minime importance et « coloration réglementaire » pour s'assurer de la bonne éligibilité du projet et de la faisabilité technique ;
- La détermination de la longueur à forer pour la pleine puissance et pour la puissance partielle doivent être calculés et profondeur envisagée ;
- Préciser les moyens de régulation du circulateur géothermique, la configuration de l'appoint, et la gestion de production de l'eau chaude sanitaire ;
- Vérifier l'intérêt de réaliser une sonde test et un test de réponse thermique.

### Géothermie sur nappe d'eau souterraine – points spécifiques :

- Détermination du débit nécessaire ;
- Description des ouvrages de forage ;
- Prévision de sol rencontré, débit indicatif par ouvrage de production, nombre et profondeurs ;
- Préciser les moyens de régulation de la / des pompes(s) de forage ;
- Intérêt de réaliser un forage d'essai, prévision des tests à effectuer (de type : essais par paliers et essais longue durée).

Production de froid également : Les installations de géothermie sont à même de répondre aux besoins de froid en plus de satisfaire ceux de chaud. Idéalement, un simple échangeur permet de répondre aux besoins par géocooling (froid passif, sans consommation d'électricité par la pompe à chaleur), lorsque le régime de température des émetteurs a été choisi pour un tel fonctionnement. Dans tous les cas, la pompe à chaleur géothermique peut également assurer un froid actif, en couverture totale ou en complément du géocooling lorsque les régimes de température des émetteurs le nécessitent. Lorsque l'installation produit du froid, la chaleur extraite du bâtiment se retrouve dans le sous-sol : ceci a le double avantage de limiter les effets de l'îlot de chaleur urbain et de forcer la recharge thermique du sous-sol, qui jouera alors le rôle de stockage de chaleur en vue des futurs besoins de chauffage.

#### **AVANTAGES :**

##### *Energie décarbonée*

- Production locale
- Exploitation du sous-sol avec des matériels avec durées de vie très importantes (50 ans minimum) des installations sous-terraines (hors pompes), coût de l'énergie très intéressant.
- Possibilité de rafraîchir à bas cout et avec très peu d'impact (en complément de la production de chaleur).
- Discretion de l'installation

#### **POINTS D'ATTENTION :**

- Tensions sur certains métiers de la filière (foreurs, bureaux d'études ...) : en amélioration
- Surcoût de certaines installations et projets : nécessité d'optimiser les financements.
- Mé-connaissance de cette énergie et idées reçues persistantes



# Solaire Thermique

## ➤ Définition

Le solaire thermique est une technologie utilisant l'énergie solaire pour produire de la chaleur. Cette méthode implique l'utilisation de capteurs solaires pour absorber la chaleur du soleil, qui est ensuite transférée à un fluide caloporteur, tel que de l'eau glycolée (ajout d'un agent antigel). Cette chaleur peut être utilisée pour chauffer de l'eau sanitaire, ou alimenter un système de chauffage ou répondre à d'autres besoins thermiques, contribuant ainsi à réduire la consommation d'énergie conventionnelle.

## ➤ Etat des lieux

Le prestataire devra décrire et faire un état des lieux détaillé des installations de chauffage et les systèmes de production/utilisation d'eau chaude sanitaire du(des) bâtiment(s) étudié(s).

Le prestataire devra préciser et dimensionner les éléments suivants :

- La surface de capteurs solaires ;
- Le volume de stockage solaire ;
- La production solaire utile en kWh et la couverture de l'ensemble des besoins ;
- Le surcoût d'investissement de la solution solaire et de son exploitation.

■

La couverture des besoins et le dimensionnement de l'installation et prévoir plusieurs scénarii :

- Couverture de 100 % des besoins en Eau Chaude Sanitaire (uniquement dans le cas d'une PAC solaire) ;
- Couverture partielle des besoins ECS ;
- Couverture partielle des besoins ECS + couverture partielle des besoins de chauffage.

Afin d'assurer une production de chaleur continue, l'installation d'un système de production complémentaire, gaz ou électrique, est nécessaire. L'étude d'opportunité devra permettre d'identifier en particulier les réseaux auxquels le bâtiment est déjà raccordé (gaz, électricité) et comparer les différentes hybridations possibles.

### **AVANTAGES :**

- Faibles émissions de carbone
- Besoin en surface de toitures faible
- Technologie mature et pérenne
- Particulièrement adaptée à la production d'ECS pour les périodes de mi-saison et pour l'été
- Coûts d'exploitation faibles

### **POINTS D'ATTENTION :**

- Variabilité météorologique impactant la disponibilité de la chaleur : le dimensionnement de l'installation doit permettre de couvrir la majorité des besoins sur les mois de la période estivale
- Disponibilité des artisans qualifiés
- Possibilité de rafraîchir à l'aide de la solution : difficile



# Biomasse

## ➤ Définition

La biomasse est une énergie renouvelable, mobilisant du bois (ou d'autres productions végétales) en tant que combustible pour alimenter la chaudière d'un bâtiment ou un réseau de chaleur. Le « bois énergie » (se distinguant du bois d'œuvre et du bois d'industrie) est une ressource issue des sous-produits forestiers, des produits connexes des industries du bois, hors forêt (parcs, jardins, alignements, haies ...) et/ou des produits en fin de vie. Issue de filières locales, cette ressource peut être très compétitive en termes de coût et les technologies actuelles permettent de limiter les émissions de polluants et d'obtenir des rendements élevés.

## ➤ Pertinence d'une solution bois

L'étude d'opportunité devra permettre de répondre aux points suivants :

- **Caractéristiques des combustibles utilisés**
  - Ressource bois (origine géographique, caractéristiques, capacité du silo, consommation annuelle, répartition de l'approvisionnement et autonomie) ;
  - Typologie de combustible compatibles et efficaces (granulométrie, taux d'humidité adapté à la chaudière ...).
- **Garanties sur les combustibles**
  - Présentation des fournisseurs de combustibles locaux ;
  - Premiers éléments financiers et ordre de grandeur de coûts.
  - Fournisseurs avec capacité minimale de stockage-tampon
- **Etude technique de la chaufferie et des réseaux de distribution et d'émission**
  - Génie-Civil (Accès, Silo, Chaufferie) : description des différents travaux nécessaires à la réalisation du silo et son accès ainsi qu'un éventuel bâtiment chaufferie (réutilisation de l'ancienne chaufferie ou création d'un nouveau bâtiment) ;
  - Analyse de solutions éventuelles de sous-stations et/ou les éventuelles modifications nécessaires sur le réseau hydraulique secondaire ;
  - Implantation de l'installation (plan masse de la chaufferie, du silo et des réseaux de chaleur).

### AVANTAGES :

- Energie décarbonée
- Valorisation des déchets : Elle permet de valoriser une matière non utilisée
- Possibilité d'alimenter en chauffage une large gamme de régime de températures

### POINTS D'ATTENTION :

- Investissement parfois important
- Nécessite un espace pour le stockage (l'ancienne chaufferie n'étant parfois suffisant; ajout d'un silo par exemple)
- Nécessité d'une maintenance adaptée au type d'installation (décendrage, bon fonctionnement de la vis d'approvisionnement, silo ...).
- Disponibilité locale de la ressource et exploitation raisonnable de la ressource
- Possibilité de rafraichir à l'aide de la solution : difficile

# Pompe à chaleur : Aérothermie PAC Air/Air & Air/Eau et solutions hybrides



## ➤ Définition

Les pompes à chaleur prélèvent des calories dans des sources extérieures : l'eau du sous-sol ou le sous-sol pour la géothermie, et l'air extérieur pour l'aérothermie. Le coefficient de performance (COP) qui reflète l'efficacité de la technologie et sa capacité à restituer de la chaleur est un élément important à prendre en compte pour le choix de la technologie

Plus la différence entre la température de la source extérieure (ici l'air) et la température émise par les émetteurs (planchers chauffants, radiateurs, ventilo-convecteurs...) est importante, plus la performance sera faible. Ainsi les performances d'une solution aérothermique seront dégradées en cas de températures extérieures basses. De la même manière, une émission de chaleur haute (exemple : ventilo-convection d'air à 60°C) diminuera les performances de l'installation.

Selon la typologie d'émetteurs déjà existants ou pouvant être d'installés, l'émission de la chaleur se fera via de « l'air » avec du soufflage : pompe à chaleur air/air, ou avec de « l'eau » avec un réseau de radiateurs par exemple : pompe à chaleur air/eau. La technologie air/air est assez peu coûteuse et facile à installer mais également moins confortable qu'un chauffage avec un réseau d'eau, elle doit rester une solution exceptionnelle pour des bâtiments très bien isolés et pour lequel les autres énergies renouvelables ne sont techniquement pas possibles.

En effet, puisant les calories dans un sous-sol stable en température et avec des températures douces, la géothermie, si elle est possible techniquement, sera toujours plus efficace cumulée ou non avec une émission basse température (via radiateurs adaptés ou planchers chauffants/rafraichissants par exemple). En cas d'impossibilités techniques ou réglementaires (cas rare), afin de maintenir une performance intéressante et limiter les consommations électriques le bon dimensionnement d'un système aérothermique reste primordial.

La plupart des PAC sont munies d'appoints électriques, ou gaz, qui peuvent prendre le relai quand la machine atteint ses limites de fonctionnement et que l'air extérieur est trop froid (-10 °C ou -20°C par exemple).

## ➤ Points d'attention : la climatisation

Le système PAC pouvant produire du chaud en hiver mais également du froid l'été, il est important d'apporter la pédagogie nécessaire au bon fonctionnement du système ainsi que l'impact de ces systèmes dans les zones urbanisées sous forme d'îlots de chaleur urbain. Ainsi, il est important de demander la présence de documentation technique (en français) en chaufferie ou dans les services techniques expliquant le fonctionnement du système, des émetteurs et permettant la transmission de consignes de fonctionnement et d'entretien simples et claires aux gestionnaires et usagers des bâtiments concernés.

## ➤ Pompe A Chaleur hybride :

La PAC hybride est l'association de plusieurs équipements : une ou plusieurs pompe(s) à chaleur, un ballon de stockage, une chaudière gaz à condensation et des d'autres équipements hydrauliques et de pilotage. Cette solution permet d'optimiser le fonctionnement des deux équipements selon le paramètre de régulation prédéfini (arbitrage selon la performance en énergie primaire de chaque équipement, selon le coût des énergies ou encore la disponibilité du réseau énergétique). La part de puissance de la pompe à chaleur, le point de bivalence et le taux de couverture estimatif des équipements.

**AVANTAGES :**

- *Energie décarbonée (au vu du mix électrique français) et produite localement*
- *Facilité de pose et disponibilité d'artisans*
- *Cout d'installation modéré*
- *Très adaptée pour l'émission de chaleur basse température*

**POINTS D'ATTENTION :**

- *Traitement acoustique éventuel*
- *L'entretien, négligé il peut induire des surconsommations et des remplacements de pièces ou de la machines, non systématiques, mais très coûteux.*
- *Surconsommations éventuelles les jours de froid intenses (ou dans certaines régions) et en cas d'émissions en haute température*
- *Performances dépendantes des conditions extérieurs*





# Raccordement Gaz Renouvelable

## ➤ Définition

Le gaz vert, également appelé “biogaz”, est une énergie renouvelable qui peut être produite par différents procédés : méthanisation, pyrogazéification, méthanation, ou encore, gazéification hydrothermale. La principale technologie utilisée aujourd’hui pour sa production est la méthanisation, un procédé biologique qui permet de capter et valoriser le méthane issu de la fermentation naturelle des matières organiques résiduelles - méthane qui aurait autrement été émis dans l’atmosphère. Différentes matières organiques peuvent être valorisées : résidus agricoles (effluents d’élevage, résidus de culture), biodéchets des collectivités, résidus organiques de l’industrie agroalimentaires, boues issues des stations d’épuration, etc. Après épuration du biogaz, le biométhane est contrôlé et odorisé. Le biométhane ainsi obtenu a les mêmes propriétés que le gaz naturel et peut être injecté dans les réseaux de distribution pour alimenter différents usages (chauffage des bâtiments, production d’eau chaude sanitaire). A l’image des réseaux de chaleur, ce gaz est physiquement consommé par les bâtiments raccordés au réseau de distribution de gaz sur laquelle l’unité ou les unités de production injecte(nt).

## ➤ Dispositif de garanties d’origines :

Il existe des mécanismes de traçabilité permet de lier consommation et production de gaz renouvelable. L’achat de gaz renouvelable peut être réalisé via différents moyens :

- Contrat de fourniture ;
- Achat direct de garanties d’origine ;
- Achat direct (Biogas Purchase agreement ou BPA).

## ➤ Pertinence d’une solution gaz renouvelable

L’étude d’opportunité devra permettre de répondre aux points suivants :

- Le bâtiment est-il déjà raccordé au réseau de distribution gaz ?
- Unités de production de gaz renouvelable existantes ou en projet à proximité du bâtiment, part de gaz renouvelable à la maille locale ;
- Analyse technico-économique de décarbonation via une solution intégrant du gaz renouvelable (chaudière Haute- Performance, Pompe à Chaleur Hybride, Solaire thermique + gaz, ...).

### **AVANTAGES :**

*- La présence d’un réseau de gaz déjà existant et maillant une grande partie du territoire*

*Valorisation des déchets, production de fertilisants et amendements organiques*

*Possibilité de décarboner sa consommation en conservant le système et en travaillant à son optimisation et/ou en hybridant le système gaz existant avec des ENR sur site*

### **POINTS D’ATTENTION :**

*Production de gaz renouvelable qui n’est pas forcément encore présente sur tout le territoire*

*Mix parfois en partie carboné, nécessité d’une part importante (>60%) de biogaz dans le réseau pour décarboner efficacement*

## Phase 4 : Clôture du projet

**Afin de clôturer le projet, le bureau d'études organisera une réunion de clôture. Lors de cette réunion, il présentera l'étude d'opportunité sous forme de présentation PowerPoint, expliquant en détail les conclusions et les recommandations. Il sera également disponible pour répondre à toutes les questions et clarifications demandées par les participants. En outre, le prestataire remettra le rapport d'étude complet, comprenant tes les analyses, les données collectées et les propositions formulées, afin d'assurer une compréhension exhaustive des résultats et des prochaines étapes possibles.**

### Livrable attendu :

Le rapport doit être remis en format imprimable (PDF par exemple). Un soin particulier sera apporté à la clarté et à la lisibilité du rendu, tant dans le contenu lui-même que dans l'orthographe et l'expression. Des photographies devront venir illustrer les parties descriptives et les annexes seront remises dans un fichier électronique distinct dans un format modifiable qui sera précisé au cas par cas.

Le rapport d'étude constitue un outil d'aide à la décision pour le maître d'ouvrage quant à la poursuite du projet. Le titulaire devra ainsi mettre en œuvre une démarche d'analyse énergétique cohérente et adaptée permettant de justifier les propositions techniques. Cette approche s'appuiera sur les données existantes des bâtiments concernés, sur des méthodes de calcul adaptés au dimensionnement des solutions techniques étudiées ainsi que sur la compétence et l'expérience du prestataire.

Le rapport doit fournir des informations techniques et critiques adaptées pour favoriser une prise de décision éclairée et informée par le maître d'ouvrage. Il doit donc également être suffisamment accessible pour permettre une discussion de la part des représentants des collectivités. La structure doit être en mesure de décider, dans les meilleures conditions, les améliorations qu'elle souhaite apporter à son bâtiment ou à ses conditions d'exploitation.

Le prestataire devra créer un tableau récapitulatif des solutions analysées, présentant les principaux indicateurs techniques, économiques et environnementaux. Cela permettra au maître d'ouvrage de comparer les différentes propositions, y compris la solution de référence. Une conclusion argumentée sera également fournie, recommandant la ou les solutions à adopter en fonction des contraintes techniques, de la rentabilité économique et des bénéfices environnementaux de chaque option.

# ANNEXES:

## Annexe 1 - Etat des lieux d'une chaufferie – Méthodologie

Le prestataire réalisera un état des lieux détaillé (caractéristiques, âge, conformité, état de fonctionnement, vétusté...) appuyé de photos sur l'ensemble des éléments listés ci-dessous :

### A) Local technique ou local chaufferie :

Etat des lieux détaillés du local technique ou du local chaufferie existant et vérification de la conformité à la réglementation notamment des points suivants :

- L'implantation, l'accès et les dimensions du local chaufferie ;
- La conformité vis-à-vis de la réglementation incendie (parois coupe-feu, porte coupe-feu, gaine pompier en cas de chaufferie en sous-sol ...)
- La vérification de la conformité et du dimensionnement de la ventilation haute et basse ;
- La vérification des autres équipements de la chaufferie (coupure électrique force et lumière, éclairage, moyens de lutte contre l'incendie, réseau d'alimentation en eau de la chaufferie, vanne d'isolement gaz etc...)
- La vérification des réseaux électriques, gaz, ou autres doivent parfois être déviés hors de la chaufferie ou posés sous coffre coupe-feu. Le prestataire s'assurera que la place disponible et les accès sont suffisants pour accueillir la nouvelle installation et prendra en compte les zones de dégagement autour des appareils afin de pouvoir assurer les opérations d'entretien et de maintenance.

En cas de local inadapté ou inexistant (manque de place ou installation d'origine en chauffage électrique) le prestataire étudiera, en concertation avec le maître d'ouvrage, les possibilités d'implantation de la chaufferie dans l'existant ou dans un nouveau local chaufferie.

### B) Installation de chauffage et/ou froid/rafraîchissement et de production d'Eau Chaude Sanitaire (ECS) :

- Etat des lieux de l'installation existante en chaufferie et hors chaufferie portant sur : le conduit de fumées, les circulateurs, les équipements liés à l'installation, le réseau de distribution et leur calorifugeage, les émetteurs et la régulation. Le prestataire indiquera si le matériel existant peut-être conservé et adapté à la nouvelle configuration ;
- Diagnostic de l'installation électrique (armoires, câblages, ...) à partir du coffret de coupure forcé à l'extérieure de la chaufferie ou du départ chaufferie situé dans le tableau divisionnaire du bâtiment. Dans le cas où une pompe à chaleur est prévue, le diagnostic sera effectué à partir du disjoncteur de branchement du bâtiment ;
- Etat des lieux de l'installation vis-à-vis des risques liés à la légionnelle ;
- Le prestataire formalisera clairement les désordres de fonctionnement identifiés et exprimés par le maître d'ouvrage sur l'installation en chaufferie et hors chaufferie concernant le réseau de distribution chauffage et ECS, les émetteurs, la régulation, l'installation électrique afin d'éviter les litiges ultérieurs après les travaux de rénovation en chaufferie.

### C) Dimensionnement de la nouvelle installation en local technique ou local chaufferie

Le prestataire dimensionnera le(s) générateur(s) pour le chauffage et/ou froid/rafraîchissement (et la production ECS si elle est également produite par ce(s) générateur(s)) après avoir réalisé un calcul de déperdition avec prise en compte des futurs travaux de rénovation sur l'enveloppe du bâtiment et/ou d'extension prévues par le maître d'ouvrage ainsi que sur les équipements pouvant impacter la puissance à installer. Le calcul de la puissance de la chaufferie sera effectué par le bureau d'études à partir d'un calcul des déperditions suivant la norme NF EN 12831 et des besoins en ECS.

Le prestataire détaillera son calcul de dimensionnement des générateurs (coefficients de surpuissances liés aux déperditions et à la production de l'ECS, ...).

## Annexe 2 : Qualifications multicritères pertinentes dans le cadre de réalisation d'études d'opportunités

Les qualifications demandées devront être comprises dans la liste ci-dessous et en adéquation avec le projet et seront un élément obligatoire à fournir par le candidat.

### Gestion du chauffage

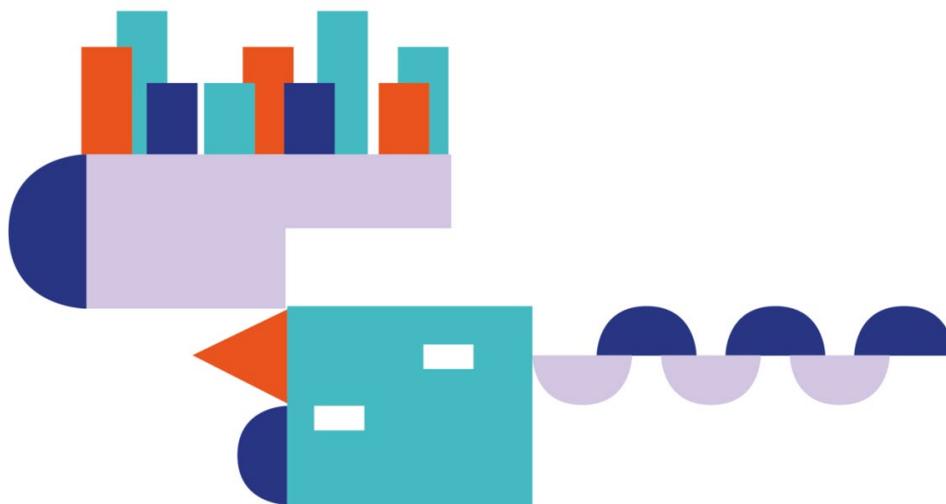
- 13.12 : Étude d'installations courantes de chauffage et de VMC
- 13.13 : Étude d'installations complexes de chauffage et de ventilation
- 13.22 : Ingénierie en génie climatique courant
- 14.11 : Étude de systèmes courants de gestion technique

### Performance énergétique des bâtiments :

- 12.24 : Ingénierie de la performance énergétique de l'enveloppe du bâtiment.
- 13.26 : Etude de la performance énergétique dans le traitement climatique des bâtiments
- 13.27 : Ingénierie de la performance énergétique dans le traitement climatique des bâtiments
- 13.32 : Etude thermique réglementaire « bâtiment collectif d'habitation et/ou tertiaire »
- 19.05 : Audit énergétique des bâtiments tertiaires et/ou habitations collectives

### Energie Renouvelables

- 20.10 : Etude d'installations de production utilisant l'énergie solaire thermique
  - 20.14 : Ingénierie des installations de production utilisant l'énergie solaire thermique
  - 20.12 : AMO pour la réalisation d'installations de production utilisant la biomasse
  - 20.08 : Ingénierie des installations de production utilisant la biomasse en combustion
  - 10.07 : Etude des ressources géothermiques
  - 20.13 : Ingénierie des installations de production utilisant l'énergie géothermique
- Ou Qualification RGE (Reconnu Garant de l'Environnement) équivalente



## Annexe 3 : Option STD : Simulation Thermique Dynamique

En réponse aux dispositions réglementaires et aux exigences particulières de méthode et de qualité définies par la norme NF EN 16247-2, cette simulation réalisée par logiciel vise à analyser :

- Les périodes d'inconfort et objectiver le ressenti des usagers ;
- Les besoins énergétiques de chaleur et/ou de froid.

Elle permet dans un second temps d'objectiver les améliorations proposées, notamment en matière de confort d'été et de valider le modèle projeté.

Elle prendra en compte :

- Les caractéristiques géométriques des bâtiments et leur découpage en zones thermiquement homogènes ;
- L'enveloppe du bâtiment et son inertie ;
- Les systèmes énergétiques (y compris les appareils électriques non thermiques) ;
- Les scénarios d'occupation des différentes zones et le planning de fonctionnement des équipements ;
- Les masques proches et lointains et le climat local.

Les Simulations Thermiques Dynamiques devront utiliser un fichier horaire type Météo-France de la commune de référence sur une année et avec des fichiers météo intégrant les effets du changement climatique (notamment concernant le confort d'été).

Sur la base de l'état des lieux réalisé, le candidat devra :

- Saisir le(s) bâtiment(s) et informations utiles à l'analyse thermique ;
- Simuler le comportement thermique sur une année représentative des conditions météorologiques réelles sur site ;
- La STD permettra d'évaluer sur l'année simulée les besoins énergétiques ainsi que les périodes critiques génératrices d'inconfort et de les confronter aux consommations et ressentis réels établis pendant l'état des lieux.

Les outils de calcul utilisables pour la réalisation de ces études de type STD seront de type « outils de calcul de simulation dynamique » fonctionnant avec des pas de temps horaires (liste non limitative : PLEIADES-COMFIE, TAS, ISIIBAT-TRNSYS, CODYBAT, ...). Les outils réglementaires permettant l'application des règles TH-C-E-ex ne sont pas utilisables dans ce cadre.

L'étude présentera de façon exhaustive les hypothèses prises et leurs justifications (localisation, occupation, occultation, température de consigne, fichier météo local horaire, ventilation, aération, apports internes...). Une attention particulière sera prise sur la gestion des débits de ventilation ainsi que sur la gestion des relances en chaud comme en froid, dans l'optique d'éviter autant que possible les forts appels de puissance.

Un document de synthèse sera établi afin que l'étude puisse être présentée de façon simple et succincte au porteur du projet avec l'état initial.

Les résultats de l'étude seront utilisés pour le bilan énergétique du bâtiment et pour les simulations de scénarios d'amélioration, avec un accent sur la présentation de l'impact du choix de chacun des scénarios, notamment le choix de l'énergie produisant le chaud et/ou le froid sur la question du confort thermique dans les différentes pièces du bâtiment.

Programme  
financé  
par



En  
partenariat  
avec



[programme-cee-actee.fr](http://programme-cee-actee.fr)