

Numéro du Contrat : 2025AC000080

Service : NO - DR Normandie

CAHIER DES CHARGES TECHNIQUES ET PARTICULIÈRES (CCTP)

**LOT 1 : Mobilisation d'experts pour l'appui à l'animation régionale
géothermie en Normandie**

**LOT 2 : Réalisation de notes d'opportunité de géothermie
pour accompagner des porteurs de projets,
en vue de développer la géothermie de surface en Normandie.**

Acheteur

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, établissement public de l'Etat à caractère industriel et commercial, régi par les articles L131-3 à L131-7 et R131-1 à R131-26 du code de l'environnement ayant son siège social :

20 Avenue du Grésillé – BP 90406 – 49004 ANGERS Cédex 01 inscrite au registre du commerce d'ANGERS sous le n° 385 290 309

représentée par Madame Patricia BLANC

agissant en qualité de Directrice générale déléguée

désignée ci-après par "**l'ADEME**"

SOMMAIRE

1.	Eléments de contexte	3
1.1.	Les activités de l'ADEME	3
1.2.	Contexte de la mission.....	3
2.	Les attentes de l'ADEME vis-à-vis des prestations à réaliser	5
3.	Le détail des prestations.....	6
3.1.	Pour le lot 1 – Interventions d'experts en géothermie de surface.....	6
3.2.	Pour le lot 2 - Réalisation de notes d'opportunité pour accompagner des porteurs de projets	8
4.	Rapports et livrables attendus.....	9
4.1.	Pour le lot 1 - Interventions d'experts en géothermie de surface	9
4.2.	Pour le lot 2 - Réalisation de notes d'opportunité pour accompagner des porteurs de projets.	9
5.	Organisation et pilotage de la prestation	10
	Annexes 1 et 2.....	10

1. Éléments de contexte

1.1. Les activités de l'ADEME

L'ADEME EN BREF

Au cœur des missions qui lui sont confiées par le ministère de la Transition écologique, le ministère en charge de l'Energie et le ministère en charge de la Recherche, l'ADEME - l'Agence de la transition écologique – partage ses expertises, assure le financement et l'accompagnement de projets de transformation dans des domaines variés : énergie, économie circulaire, décarbonation de l'industrie, mobilité, bâtiment, qualité de l'air, consommation et production responsables, alimentation durable, bioéconomie, gestion des sols, adaptation au changement climatique et transition juste.

L'ADEME mobilise les citoyens, les entreprises et les territoires pour les aider à progresser vers une société plus sobre en carbone et économe en ressources. Résolument engagée dans la lutte contre le changement climatique et la dégradation des ressources, elle conseille, facilite et soutient les initiatives, de la recherche à la diffusion des solutions.

Établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), l'ADEME met également ses capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

1.2. Contexte de la mission

Etat de l'animation régionale existante pour la Chaleur Renouvelable

La Direction régionale Normandie de l'ADEME accompagne le développement de la chaleur renouvelable au travers du Fonds Chaleur, en s'appuyant, pour le bois-énergie, sur 2 relais techniques régionaux que sont Biomasse Normandie et la FRCUMA.

La direction régionale s'appuie également sur les animateurs chaleur au sein des territoires en Contrat Chaleur Renouvelable territorial (CCRt) (2 territoires opérationnels en Normandie).

Les porteurs de projets bois-énergie peuvent ainsi être accompagnés dès les phases de réflexion amont, au travers de la réalisation d'une note d'opportunité gratuite :

- Soit par un animateur chaleur, sur les territoires en CCRt ;
- Soit par Biomasse Normandie/FRCUMA pour le bois énergie.

Les 2 relais techniques régionaux sont en lien régulier avec les animateurs chaleur renouvelable en tant qu'experts pouvant être sollicités. Ils peuvent également être en lien avec les CEP, et les syndicats d'énergie porteurs de Contrat Chaleur Renouvelable patrimonial (5 syndicats en Normandie).

Un modèle à adapter pour la géothermie

Il n'y a pas, actuellement, de relais technique régional pour la géothermie, et donc pas d'accompagnement amont des porteurs de projets hors CCR sur cette énergie, ni d'« expert » régional vers lequel les animateurs chaleur peuvent se tourner en cas de besoin.

Pour autant, le sous-sol normand est propice à la géothermie de surface. Les données actuelles recensent un nombre significatif d'opérations en Normandie, mais celles-ci correspondent *a priori* essentiellement à des installations chez des particuliers (qui ne sont pas visées par le Fonds Chaleur).

Par ailleurs, la direction régionale constate une augmentation du nombre de demandes d'aides relatives à des études de faisabilité et installations de géothermie de surface par des collectivités et des porteurs de projets privés.

Un contexte national favorable au développement de la géothermie

Plusieurs éléments viennent aujourd'hui renforcer l'opportunité de structurer une animation régionale dédiée à la géothermie :

- Contexte énergétique mondial qui incite fortement les maîtres d'ouvrages à se tourner vers les EnR locales ;
- Lancement en février 2023 du **Plan d'action Géothermie par le Ministère de la Transition Ecologique**, qui entend lever les freins du développement de la géothermie.
- Déploiement de la démarche **EnR'Choix**¹, qui facilite l'identification des solutions de production de chaleur renouvelable les plus pertinentes à l'échelle locale. Cet outil d'aide à la décision intègre désormais la géothermie de surface comme option stratégique, renforçant ainsi sa visibilité et son intégration dans les projets

La **Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE)** adoptée en 2020 préconisait déjà « la mise en place d'animateurs dédiés à la géothermie dans toutes les régions ». Cet objectif est confirmé dans le plan d'action national présenté début 2023, qui prévoit d'accélérer le développement d'un réseau d'animateurs régionaux spécialistes de la géothermie sur l'ensemble du territoire métropolitain (action transverse 5-A).

Cet objectif est aujourd'hui confirmé et renforcé dans la PPE 3 : la consultation publique lancée début mars 2025 a mis l'accent sur le besoin crucial de renforcer les capacités humaines et organisationnelles pour atteindre les objectifs de développement fixés à l'horizon 2030 et *a fortiori* 2035. Ce renforcement passe notamment par la structuration d'un maillage territorial de professionnels spécialisés, au niveau régional, chargé d'accompagner les porteurs de projets géothermiques, comme cela a été souligné dans les scénarios discutés début 2025

Enfin, les groupes de travail organisés en 2025 dans le cadre de la régionalisation de la PPE ont mis en avant la nécessité d'une animation régionale Géothermie notamment pour permettre à la filière de se structurer et d'atteindre sa masse critique.

Objectif du présent marché

Dans ce contexte favorable, plusieurs besoins émergent, en particulier la mise en place à court/moyen terme d'une animation régionale dédiée à la géothermie en Normandie.

L'objet du présent marché est donc la réalisation de prestations d'expertise en géothermie de surface et l'élaboration de notes d'opportunité destinées à accompagner les maîtres d'ouvrage et acteurs territoriaux en Normandie, en appui à l'animation régionale géothermie portée par l'ADEME.

¹ <https://www.enrchoix.idf.ademe.fr/>

2. Les attentes de l'ADEME vis-à-vis des prestations à réaliser

La Direction régionale Normandie de l'ADEME souhaite confier au titulaire du marché, ci-après désigné « Prestataire », deux types de missions complémentaires, visant à soutenir le développement de la géothermie de surface sur l'ensemble du territoire normand.

Lot 1 – Mobilisation d'experts en géothermie de surface

L'ADEME attend du Prestataire qu'il puisse mobiliser, à la demande, des compétences expertes couvrant l'ensemble des enjeux techniques liés à la géothermie de surface.

Ces interventions auront vocation à :

- Apporter un appui technique spécialisé aux acteurs régionaux et aux maîtres d'ouvrage ;
- Contribuer à la diffusion de connaissances et au développement des compétences ;
- Enrichir l'animation régionale menée par l'ADEME en apportant des compléments d'expertise tout en garantissant l'indépendance des messages.

Lot 2 – Élaboration de notes d'opportunité pour les porteurs de projets

L'ADEME attend du Prestataire qu'il réalise des notes d'opportunité permettant d'offrir un premier niveau d'analyse du potentiel géothermique des projets identifiés.

Ces notes doivent faciliter l'orientation des porteurs de projets, éclairer la décision et encourager la mobilisation de la géothermie de surface lorsque celle-ci est pertinente.

Attentes transversales

L'ensemble des prestations devra :

- S'inscrire dans une démarche cohérente et coordonnée avec l'action de l'ADEME et des acteurs régionaux ;
- Contribuer à la montée en compétence des parties prenantes et à la diffusion de retours d'expérience ;
- Faire l'objet d'un suivi qualitatif et quantitatif permettant d'assurer la pertinence et la traçabilité des actions menées.

De plus, une demande de cofinancement au titre du Fonds européen de développement régional (FEDER) a été déposée pour ce projet, incluant la présente mission. À ce titre, le Prestataire devra respecter l'ensemble des obligations de publicité et d'information imposées aux bénéficiaires de fonds européens. Ces obligations visent notamment à informer les partenaires, les participants et plus largement le public de la participation de l'Union européenne au financement du projet. Le Prestataire s'engage ainsi à mettre en œuvre toutes les actions de communication requises et à fournir les éléments nécessaires au respect de cette règle.

3. Le détail des prestations

Périmètre géographique

Le Prestataire aura comme périmètre géographique, l'ensemble de la région Normandie (dans son périmètre administratif).

Périmètre technique

Le périmètre des prestations se limite à la géothermie très basse énergie (ou géothermie de surface), c'est-à-dire aux installations utilisant une pompe à chaleur sur sondes géothermiques, sur eau de nappe souterraine, et également aux installations de pompe à chaleur sur eau de mer et sur eaux usées.

Secteurs

Les installations concernées relèvent de tous les secteurs d'activité possibles : tertiaire, santé, industriel, agricole, habitat collectif, etc.

Les installations des particuliers ne sont pas visées dans le présent marché.

Limite du périmètre du marché et articulation avec les partenaires institutionnels

Le présent marché concerne exclusivement les projets de géothermie relevant du cadre réglementaire de la Géothermie de Minime Importance (GMI). À ce titre, seuls les projets répondant aux critères de la GMI (cf. annexe 1) pourront bénéficier d'un accompagnement dans le cadre des prestations prévues.

Si le Prestataire était amené à identifier des projets ne relevant pas de la GMI, il en informerait sans délai l'ADEME. Le Prestataire assurera alors le relais nécessaire vers l'ADEME, afin de permettre une orientation adaptée du porteur de projet vers les dispositifs ou interlocuteurs compétents.

Les prestations attendues se décomposent en 2 lots :

Lot 1 : interventions d'experts en géothermie de surface.

Lot 2 : réalisation de notes d'opportunité pour accompagner des porteurs de projets et évaluer la pertinence technico-économique de leurs projets.

Ainsi, en lien avec les parties prenantes de la filière géothermie au niveau régional (et notamment des professionnels de la géothermie locaux), le Prestataire exécutera les missions décrites ci-dessous.

3.1. Pour le lot 1 – Interventions d'experts en géothermie de surface

Nota : les thématiques présentées ci-dessous sont données à titre indicatif et ne constituent pas une liste exhaustive.

Il est attendu du prestataire de mettre à disposition de la direction régionale Normandie de l'ADEME un panel d'experts confirmés en géothermie de surface – couvrant à la fois les aspects sous-sol (hydrogéologie, sondes, nappes) et installations (PAC, chaufferie, optimisation, performance) – capables d'intervenir :

- En présentiel, lors de réunions, ateliers techniques, visites ou sessions de formation ;
- En webinaires ;
- En appui ponctuel pour analyses techniques, clarifications ou retours d'expérience.

Cela vise à compléter l'animation internalisée par l'ADEME, en apportant un niveau d'expertise avancée que l'animation par l'ADEME ne couvrirait pas.

Interventions techniques spécialisées (présentiel ou webinaire)

Les experts devront pouvoir intervenir sur :

- Principes de conception et dimensionnement des sondes géothermiques ;
- Captages sur nappe : enjeux réglementaires, hydrogéologiques et opérationnels ;
- PAC géothermiques : réglages, schémas hydrauliques, optimisation énergétique, plan de comptage ;
- Retours d'expérience d'installations performantes ou défaillantes ;
- Erreurs fréquentes, points de vigilance en conception / installation / exploitation ;
- GMI : règle, procédure, retours terrain, évolutions du contexte réglementaire, le cas échéant ;

Ateliers / formations pour acteurs régionaux

Par exemple :

- Sessions techniques pour architectes, bureaux d'étude, foreurs, exploitants ;
- Ateliers pour maîtres d'ouvrage sur les conditions de réussite d'un projet ;
- Sessions pour relais locaux (CEP, syndicats d'énergie, animateurs chaleur...).

Participation à des événements organisés par l'ADEME ou pour lesquels l'ADEME est partenaire

Les experts pourront :

- Intervenir lors d'événements régionaux ;
- Appuyer l'ADEME sur des journées thématiques ;
- Intervenir lors de rencontres filières.

Appui technique ponctuel à l'ADEME

Sur demande, l'expert pourra :

- Analyser un schéma PAC ou un principe de forage ;
- Éclairer un point réglementaire complexe ;
- Apporter un avis sur un retour d'expérience.

Formats possibles :

- Webinaire (1 à 2h)
- Intervention en réunion (1h à ½ journée)
- Atelier technique (½ journée à 1 journée)
- Visite de site (½ journée)
- Contribution écrite (note, fiche technique)

Les prestations unitaires attendues pour la mission seront référencées selon les codes prix suivants :

- CP1 : 9 webinaires d'expertise technique ;
- CP2 : 6 interventions en présentiel (formation, atelier, colloque...) ;
- CP3 : 6 interventions techniques ponctuelles écrites (note technique courte) ;
- CP4 : 3 participations experte à une réunion régionale ou comité filière ;
- CP5 : 30 disponibilités ponctuelles pour questions techniques.

Ces valeurs numériques sont indicatives et constituent un maximum.

La réalisation de ces différentes prestations unitaires devrait être répartie régulièrement sur toute la durée du marché.

3.2. Pour le lot 2 - Réalisation de notes d'opportunité pour accompagner des porteurs de projets

Cette mission consiste à être un relais local pour accompagner des porteurs de projets sur les territoires non pourvus en chargés de mission « Chaleur renouvelable », en réalisant des notes d'opportunité pour inciter le maître d'ouvrage à consulter un bureau d'étude lorsque la géothermie est pertinente.

Afin de proposer un 1^{er} niveau d'évaluation du potentiel pour quelques projets (à l'image de ce qui est proposé aux porteurs de projets bois), et de contribuer à la montée en compétences des animateurs CCR et autres relais, le prestataire réalisera, sur bons de commandes, des notes d'opportunités pour des projets identifiés et validés par la Direction Régionale Normandie de l'ADEME.

Une trame de note d'opportunité à utiliser est proposée en annexe 2. Cette trame est celle qui est présentée lors de la formation « réaliser une note d'opportunité géothermie » dispensée aux animateurs chaleur.

Au début de la mission, le prestataire pourra faire des propositions d'évolution de cette trame, qui devra *in fine* être validée par l'ADEME. Elle devra notamment inclure une synthèse facilement appropriable par un décideur (2 pages maximum).

Les notes d'opportunité seront déclenchées au fil de l'eau, sur demande de l'ADEME (prestation à bon de commande).

La méthodologie de réalisation des notes d'opportunité sera présentée explicitement dans la réponse du candidat.

A partir du déclenchement de la note d'opportunité par l'ADEME, le prestataire disposera de 10 jours ouvrés pour prendre contact avec le maître d'ouvrage (hors congés d'été et de fin d'année). Dès lors que l'ensemble des pièces demandées au maître d'ouvrage seront fournies au prestataire, le prestataire disposera d'**un mois** pour remettre sa note d'opportunité au maître d'ouvrage (hors congés d'été et de fin d'année).

Un **rendu oral** sera systématiquement proposé au maître d'ouvrage (visio à privilégier). Le prestataire initiera la prise de date, avec 2 relances maximum auprès du maître d'ouvrage, en laissant un temps raisonnable entre chaque relance. Passés ces 2 relances, le prestataire ne sera plus tenu d'assurer le rendu oral.

Prestations unitaires attendues pour la mission, fournies pour l'élaboration de l'offre financière des candidats :

- 45 notes d'opportunités

Cette valeur numérique est indicative et constitue un maximum.

La réalisation de ces différentes prestations unitaires devrait être répartie régulièrement sur toute la durée du marché.

4. Rapports et livrables attendus

Rappel : le Prestataire veillera à ce que l'ensemble des livrables produits respecte les obligations de communication applicables aux projets cofinancés par des fonds européens, et fournira tous les éléments nécessaires pour garantir la conformité aux exigences de publicité et d'information liées au FEDER. À ce titre, il devra prendre connaissance de l'ensemble de ces obligations sur le site : www.europe-en-normandie.eu

4.1. Pour le lot 1 - Interventions d'experts en géothermie de surface

Pour chaque prestation, le livrable contiendra les éléments suivants :

- **Identification de l'intervention**
 - Intitulé de l'intervention / thème traité
 - Type d'intervention : webinaire / présentiel
 - Date et durée
 - Lieu (si présentiel) ou plateforme utilisée (si webinaire)
- **Public cible et participants**
 - Description du public visé (maîtres d'ouvrage, bureaux d'études, collectivités...)
 - Nombre approximatif de participants (sans nécessité de liste nominative ni feuille d'émargement)
- **Objectifs et contenu**
 - Objectifs principaux de l'intervention
 - Points techniques abordés (sous-sol, chaufferie, retours d'expérience, réglementation, etc.)
- **Supports fournis**
 - Présentations, documents techniques, fiches pratiques distribuées
 - Liens ou annexes des documents partagés
- **Synthèse des échanges et retours**
 - Principales questions posées
 - Recommandations ou réponses apportées
 - Orientation vers études complémentaires ou dispositifs régionaux, si pertinent
- **Indicateurs de réalisation**
 - Temps passé
 - Preuve de réalisation (photos, captures d'écran, etc.)
- **Conclusion / perspectives**
 - Éventuelles recommandations pour la suite (actions complémentaires, suivi, diffusion des bonnes pratiques)

4.2. Pour le lot 2 - Réalisation de notes d'opportunité pour accompagner des porteurs de projets.

Les livrables attendus pour chaque commande seront :

- Note d'opportunité réalisée.
- Compte rendu synthétique des éléments forts du rendu oral (retours du maître d'ouvrage).

5. Organisation et pilotage de la prestation

Une réunion de lancement avec l'ADEME sera organisée en tout début de marché afin de préciser les attentes, valider le calendrier prévisionnel et confirmer les modalités opérationnelles.

Le suivi de la mission sera assuré au quotidien par les ingénieurs Géothermie de la Direction Régionale Normandie de l'ADEME, au travers d'échanges mails, points téléphoniques et visioconférences.

Un point d'avancement régulier pourra être organisé à fréquence définie (mensuelle, bimestrielle ou selon besoins), afin de :

- Faire le bilan des actions réalisées ;
- Ajuster si nécessaire le planning ou les priorités ;
- Partager les éventuelles difficultés rencontrées et définir les actions correctives.

Le Prestataire s'engage à fournir, pour chaque intervention ou livrable, les éléments nécessaires à un suivi transparent : comptes rendus, supports, documents de synthèse ou éléments techniques utilisés.

En fin de marché, une réunion de clôture pourra être tenue afin de dresser un bilan global de la mission et de formaliser les éventuels axes d'amélioration ou pistes de poursuite.

Annexe 1 : Conditions réglementaires pour qu'un projet relève de la GMI (Géothermie de Minime Importance)

Pour mémoire, voici les conditions réglementaires permettant à un projet de relever effectivement de la GMI (et non de l'autorisation au titre du code minier).

1. Définitions et critères généraux (article L 112-2 du code minier)

Les gîtes géothermiques relevant de la GMI sont les activités de géothermie :

- qui utilisent les échanges d'énergie thermique avec le sous-sol ;
- qui ne présentent pas de dangers ou d'inconvénients graves pour les intérêts mentionnés à l'article L 161-1 du code minier ;
- qui répondent à certaines caractéristiques de type : nature des ouvrages et des fluides caloporteurs utilisés, seuils portant sur la profondeur et la puissance thermique des ouvrages, température des milieux sollicités et débits des eaux prélevées, réinjectées ou rejetées.

2. Critères techniques spécifiques ([décret n°78-498 du 28/03/1978](#))

Les exploitations de gîtes géothermiques relevant de la GMI doivent répondre strictement aux critères suivants :

2.1. S'il s'agit de géothermie sur sonde :

- Profondeur du forage inférieure à 200 m
- Puissance thermique maximale échangée avec le sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation inférieure à 500 kW
- Température du fluide caloporteur retournant vers les échangeurs comprise entre -3°C et +40°C ([article 4.2 de l'arrêté ministériel du 25/06/2015](#))

2.2. S'il s'agit de géothermie sur nappe :

- Température de l'eau prélevée en sortie des ouvrages inférieure à 25°C
- Profondeur du forage inférieure à 200 m
- Puissance thermique maximale échangée avec le sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation inférieure à 500 kW
- Réinjection des eaux prélevées dans le même aquifère et différence nulle entre les volumes prélevés et réinjectés
- Débits prélevés ou réinjectés inférieurs au seuil d'autorisation fixé à la rubrique 5.1.1.0 (réglementation IOTA)
- L'activité ne doit pas causer une variation de température de la nappe d'eau exploitée de plus de 4°C à 200 m des échangeurs géothermiques de production ou de réinjection - température maximale de réinjection ne doit pas dépasser 32°C ([article 4.2 de l'arrêté ministériel du 25/06/2015](#))

3. Caractérisation des aléas liés aux forages relevant de la GMI ([article 22-6 du décret du 02/06/2006](#))

Une cartographie du territoire national caractérise les zones d'aléas géothermiques :

- **Zones "vertes"** : activités réputées sans dangers graves, relevant du régime simplifié de la GMI.
- **Zones "oranges"** : activités réputées sans dangers graves mais avec particularités locales nécessitant l'avis d'un expert agréé (attestation).
- **Zones "rouges"** : forages GMI impossibles en raison d'aléas trop forts, nécessitant des procédures d'autorisation au titre du code minier (autorisation de recherche, d'exploitation, ouverture des travaux miniers).

Cette carte repose sur 9 phénomènes redoutés (ex : artésianisme, mise en communication de nappe, pollution de sol...).

Important : Le zonage du projet doit être recueilli dans les documents. Il peut être consulté via : <https://www.geothermies.fr/actualites/news/les-nouvelles-cartes-des-zones-reglementaires-pour-la-geothermie-de-minime>

Le zonage diffère selon le type de géothermie (sur nappe ou sur sonde).

4. Obligations complémentaires

Tout projet de GMI doit respecter l'[arrêté du 25/06/2015 relatif aux prescriptions générales applicables aux activités géothermiques de minime importance](#). Ce texte encadre les installations depuis leur conception jusqu'à leur démantèlement. Il impose notamment que l'entreprise qui réalise les travaux de forages est tenue de disposer d'une attestation de qualification (liste consultable ici : <https://annuaire-forage.qualit-enr.org/>).

5. Cas où le projet ne relève pas de la GMI

Si le projet ne répond pas aux conditions de la GMI, il relève de l'autorisation au titre du code minier, avec des procédures plus complexes (autorisation de recherche, d'exploitation, ouverture des travaux miniers).



PROJET DE NOTE D'OPPORTUNITE (NOP)

A DESTINATION DES ANIMATEURS GEOTHERMIE OU DES CHARGES DE MISSION CHALEUR RENOUVELABLE

Objectif : après avoir collecté toutes les données nécessaires, réaliser en 2 heures une étude permettant de savoir s'il y a un intérêt à poursuivre le projet par une étude de faisabilité.

Outils à disposition : le rédacteur de la NOP s'appuiera sur l'outil Excel « Matrice opportunité » lui permettant d'estimer la puissance requise et l'énergie consommée annuellement ainsi que d'estimer les CAPEX et les OPEX annuels. Cet outil permet d'avoir une estimation rapide de la rentabilité du projet.

TABLE DES MATIERES

1	Généralités	15
1.1	Qu'est-ce qu'un projet de géothermie ?	15
1.1.1	Géothermie sur champ de sondes	15
1.1.2	Géothermie sur nappe	15
1.1.3	Fonctionnement d'une pompe à chaleur	16
2	Présentation du projet.....	17
2.1	Besoins thermiques	17
3	Ressource souterraine	19
3.1	Géothermie sur nappe.....	19
3.2	Sondes géothermiques	21
3.3	Cadre réglementaire	22
4	Économie et intérêt environnemental	24
4.1.1	Subventions	25
4.1.2	Intérêt environnemental	25
5	Synthèse et étapes suivantes	25

1 Généralités

2 Qu'est-ce qu'un projet de géothermie ?

La géothermie désigne à la fois la chaleur de la Terre et l'exploitation de cette chaleur par l'homme. La chaleur terrestre, en fonction des méthodes employées et de la profondeur d'extraction, peut être convertie en électricité ou servir sous forme de chaleur. Dans ce dernier cas, sont distingués :

- Un usage direct de la chaleur, souvent employé pour alimenter un réseau de chaleur urbain, est possible pour une eau de 30 à 90°C (souvent retrouvée entre 500 et 2500 mètres de profondeur). Les calories de l'eau sont récupérées grâce à un échangeur de chaleur.
- Pour des températures inférieures à 30°C, la géothermie doit être assistée par pompe à chaleur (dont le fonctionnement est détaillé par la suite) et pourra alors alimenter en chaleur des bâtiments collectifs ou industriels, des bureaux, ...

La géothermie assistée se décline en différents types, comme la géothermie sur eaux usées, la géothermie sur eau de mer, la géothermie sur pieux (applicable seulement sur des constructions neuves), la géothermie sur nappe et la géothermie sur sondes.

2.1.1 Géothermie sur champ de sondes

Ce type de géothermie peut être envisagé lorsque le site possède un sous-sol même si la ressource en eau n'est pas suffisante.

Le principe (Figure 1) est de faire circuler un fluide caloporteur en circuit fermé dans les sondes. Ce fluide est en mesure de récupérer les calories du sol pour les transporter jusqu'à la pompe à chaleur (PAC). Le rendement énergétique est stable et la température de la ressource (le sol) varie peu. L'investissement peut être élevé mais les coûts de maintenance sont assez faibles.

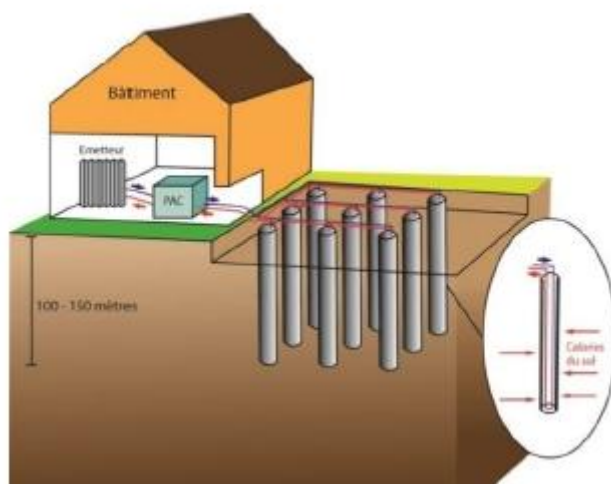


Figure 1 – Schéma de fonctionnement de la géothermie sur sondes

2.1.2 Géothermie sur nappe

Le principe de la géothermie sur nappe (Figure 2) est de pomper l'eau d'une nappe souterraine, prélever les calories de cette eau, puis la réinjecter refroidie dans l'aquifère. Les rendements

énergétiques sont stables et les performances sont les meilleures en géothermie. La réglementation est à prendre en compte et les contraintes hydrogéologiques sont à étudier en détail par un bureau d'études lors de la phase de faisabilité. Enfin, la maintenance des installations est à ne pas négliger, en lien avec l'utilisation d'eau (corrosion, dépôts calcaires...) pour assurer la pérennité des installations.

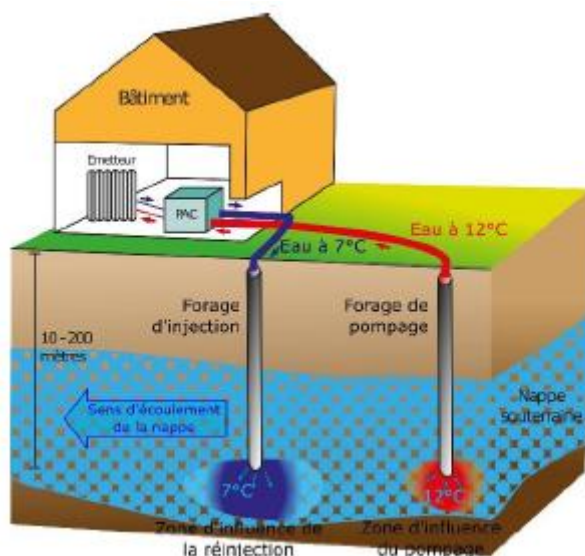


Figure 2 – Schéma de fonctionnement de la géothermie sur nappe

2.1.3 Fonctionnement d'une pompe à chaleur

Les calories sont extraites du sol via un circuit primaire connecté à la méthode de géothermie choisie.

Un fluide caloporteur circule dans la pompe à chaleur (Figure 3) et récupère les calories dans l'évaporateur, en passant de l'état liquide à l'état gazeux au contact avec le circuit primaire. En effet, la température à laquelle ce liquide se transforme en gaz est inférieure à la température captée par le circuit primaire.

Ce gaz est mis sous pression dans le compresseur, ce qui fait augmenter sa température.

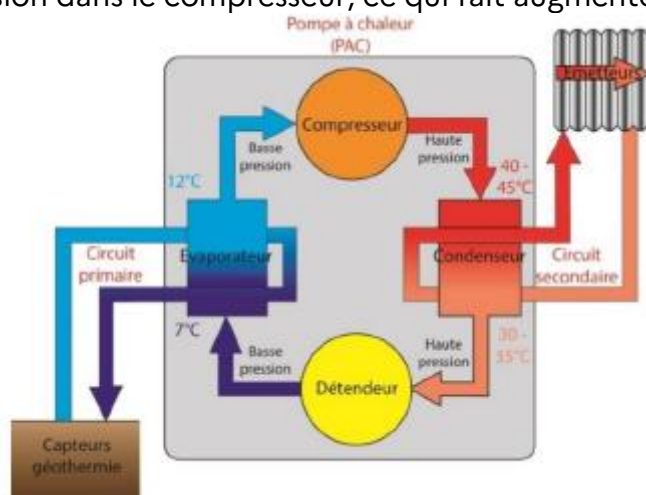


Figure 3 – Schéma de fonctionnement d'une PAC

Dans le condenseur, la chaleur du fluide est transmise au circuit secondaire (circuit de chauffage). La température du fluide est abaissée une seconde fois dans le détendeur, ce qui le ramène à l'état liquide et au début du cycle suivant.

3 Présentation du projet

4 Besoins thermiques

Cette note d'opportunité est éditée pour le compte de **[nom du maître d'ouvrage]** pour un bâtiment **[typologie] [neuf / ancien]** situé à **[ville ; département ; altitude]**.

Ce bâtiment présente les besoins génériques suivants :

- Chauffage : **[oui / non]** Eau chaude sanitaire : **[oui / non]**
- Rafraichissement : **[oui / non]**
- Climatisation : **[oui / non]**

La surface à traiter est de : **[m²]**

Chauffage	Besoins	310.0	MWh utiles/an
	Puissance	300.0	kW
ECS	Besoins charge	56.0	MWh utiles/an
	Besoins bouclage	24.0	MWh utiles/an
	Puissance charge	63.0	kW
	Puissance Bouclage	7.0	kW
Froid	Besoins	200.0	MWh utiles/an
	Puissance	250.0	kW

Figure 4 – Besoins thermiques estimés

Pour la suite de cette note d'opportunité, les besoins thermiques considérés sont ceux présentés ci-dessus, sans travaux d'isolation.

La loi d'eau associée aux émetteurs de chaleur en place est la suivante : **[°C par °C extérieur]**. Avec un tel dispositif de distribution de la chaleur, la couverture énergétique à partir de la géothermie peut être **[totale / partielle / nulle, un renouvellement des émetteurs de chaleur sera donc nécessaire pour qu'une géothermie voie le jour]**.

La géothermie, comme toute solution ENR&R, peut être intégrée pour couvrir la totalité des besoins (dimensionnement sur la puissance) ou pour couvrir la base des besoins (dimensionnement biénergie).

Pour cette note d'opportunité, le scénario présenté est le suivant **[100% du chaud et du froid, base chaud et 100% froid, base chaud et froid]**

PAC	Usages :		Chauffage / Froid passif	
	Prédimensionnement :		100%	
	Puissance de la PAC		300 kW	
	Energie CHAUD	Fourniture	310.0 MWh/an	
		Couverture	100% des besoins traités par géothermie	
			79% de l'ensemble des besoins	
		Elec PAC	56.4 MWh/an	
		COP PAC	5.5 -	
		Elec aux	5.6 MWh/an	
		COP global	5.0 -	
		Tps PP	1 033 h PP/an	
	Energie FROID	Fourniture	200.0 MWh/an	
		Couverture	en passif!	
			100%	
		Elec PAC	MWh/an	
		COP PAC	-	
		Elec aux	10.0 MWh/an	
		COP global	20.0 -	
		Tps PP	667 h PP/an	
	Investissements		246 k€ HT	
	Surface local Technique		env. 34 / 56 m²	

Tableau 1 – Dimensionnement pour la PAC

5 Ressource souterraine

6 Géothermie sur nappe

Un débit de **[XX m³/h]** serait nécessaire pour alimenter une Pompe à Chaleur (PAC) qui couvrirait la totalité des besoins de chaleur.

D’après la synthèse réalisée par le BRGM, le potentiel hydrogéologique est le suivant :

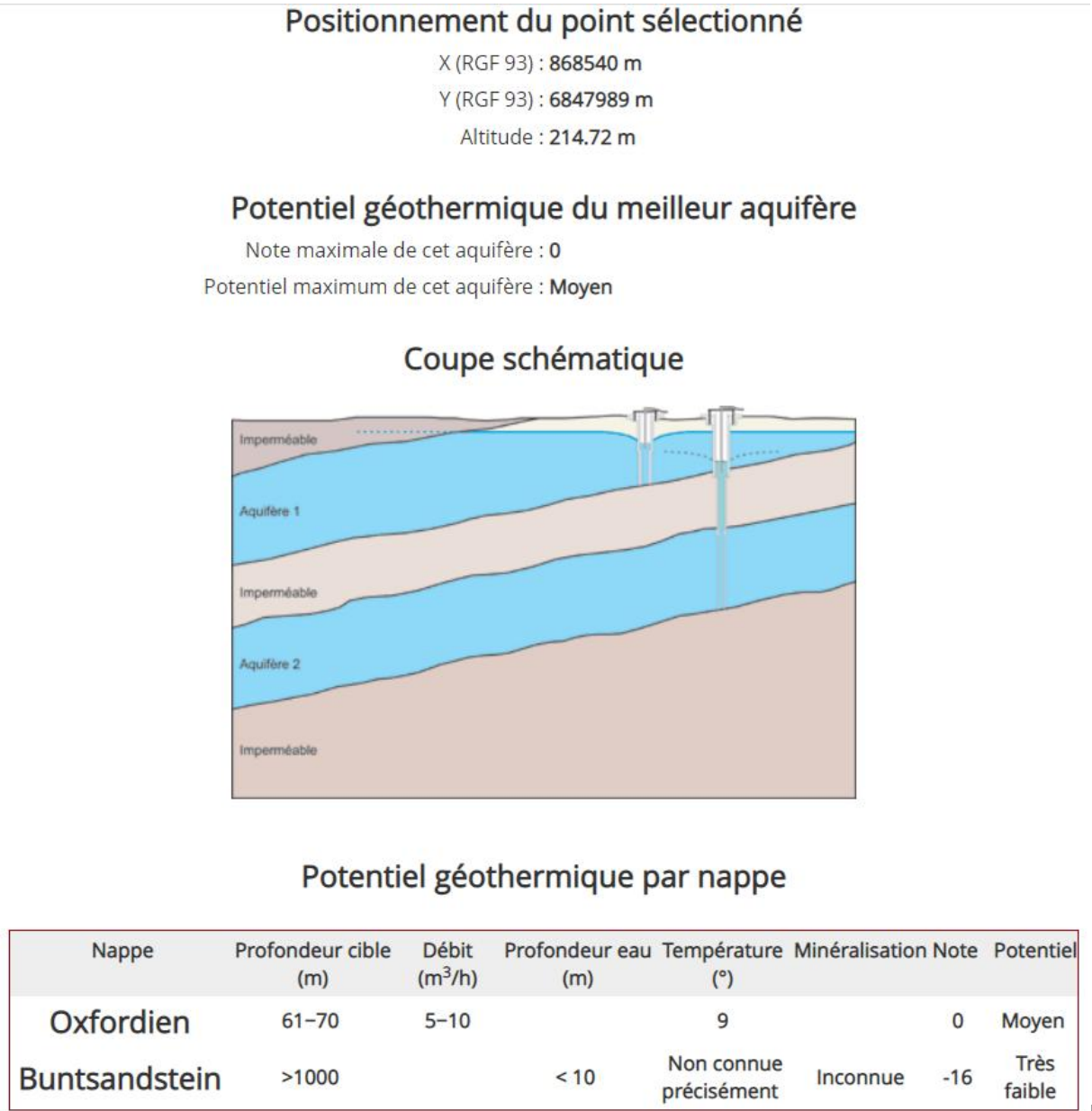


Figure 5 –

Caractérisation de la ressource en eau

L’intervention d’un hydrogéologue expérimenté devra venir préciser le potentiel en eau souterraine, et les moyens à déployer pour solliciter cette dernière.

Des installations de géothermie sur nappe sont **[présentes/absentes]** dans un rayon de quelques kilomètres autour du projet.

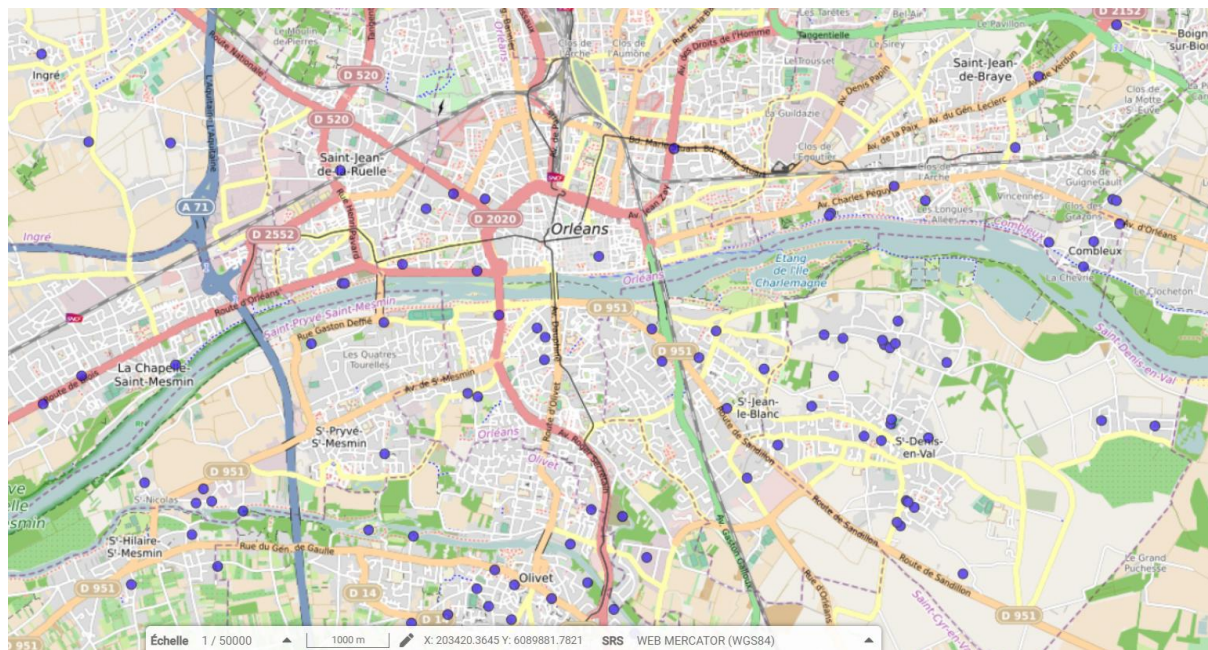


Figure 6 – Installations de géothermie sur nappe recensées aux alentours (source : geothermies.fr)

Les possibilités d'implantation des forages sont :

Figure 7 – Foncier disponible pour implanter des forages

7 Sondes géothermiques

Le champ de sondes requis pour répondre aux besoins identifiés plus haut, a fait l'objet d'un pré-dimensionnement :

Puissance PAC	300 kW	Hypothèses : besoins de chaleur dimensionnants Equilibre chaud/froid pas pris en compte
Puissance prélevée du sous-sol	245 kW	
Puissance injectée dans le sous-sol	250 kW	
Chaleur annuelle prélevée du sous-sol	254 MWh/an	
Chaleur annuelle injectée dans le sous-sol	200 MWh/an	
Durée d'utilisation	1 033 h epp/an	
Ratio de puissance	43.0 W/ml	
Ratio énergétique	80.0 kWh/ml/an	
Linéaire de sonde	5 710 m	
Profondeur unitaire	● 150 m	
Nombre de sondes requis	39	
Linéaire de sonde effectif	5 850 m	
Evaluation financière	571.0 k€ HT	100 € HT/mL

Tableau 2 – Pré-dimensionnement du champ de sondes requis

Une tentative d'implantation de ce champ de sondes sur le foncier disponible est présentée ci-après :



Figure 8 – Première tentative d'implantation d'un champ de sondes

8 Cadre réglementaire

Ce projet relevant de la GMI (Géothermie de Minime Importance), il est nécessaire de considérer la zone dans laquelle il est implanté par rapport à la cartographie réglementaire nationale. Il se trouve en zone :

- verte et entre donc dans le cadre allégé de la GMI.
- orange et entre donc dans le cadre allégé de la GMI mais nécessite néanmoins que la maîtrise d'œuvre consulte un expert pour valider que toutes les précautions ont été prises afin de circonscrire les risques géologiques.
- rouge et ne permet donc de n'envisager que des solutions de systèmes géothermiques à moins de 10m de profondeur (corbeille, mur, etc.) afin de s'affranchir de la nécessité d'obtenir une autorisation de l'installation au titre du code minier.

Le cadre réglementaire local restera à vérifier par la maîtrise d'œuvre : il peut s'agir de périmètres de protection des eaux, de l'existence d'un schéma d'aménagement et de gestion des eaux souterraines (SAGE), d'une zone Natura 2000, etc.

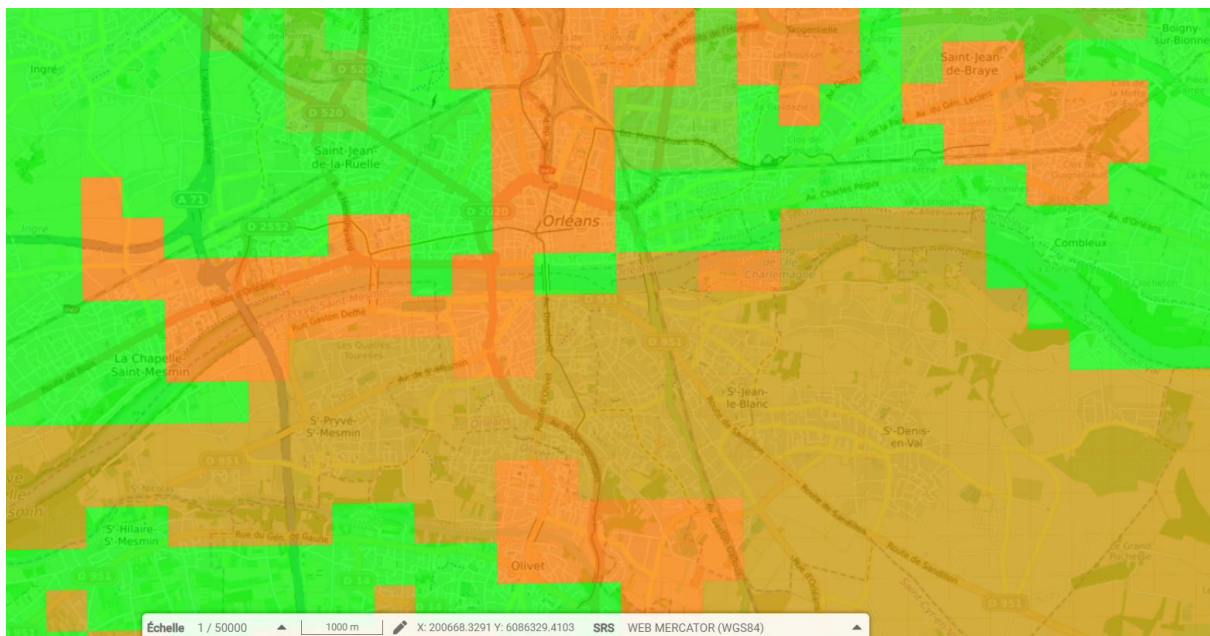


Figure 9 – Cartographie réglementaire pour la géothermie sur nappe

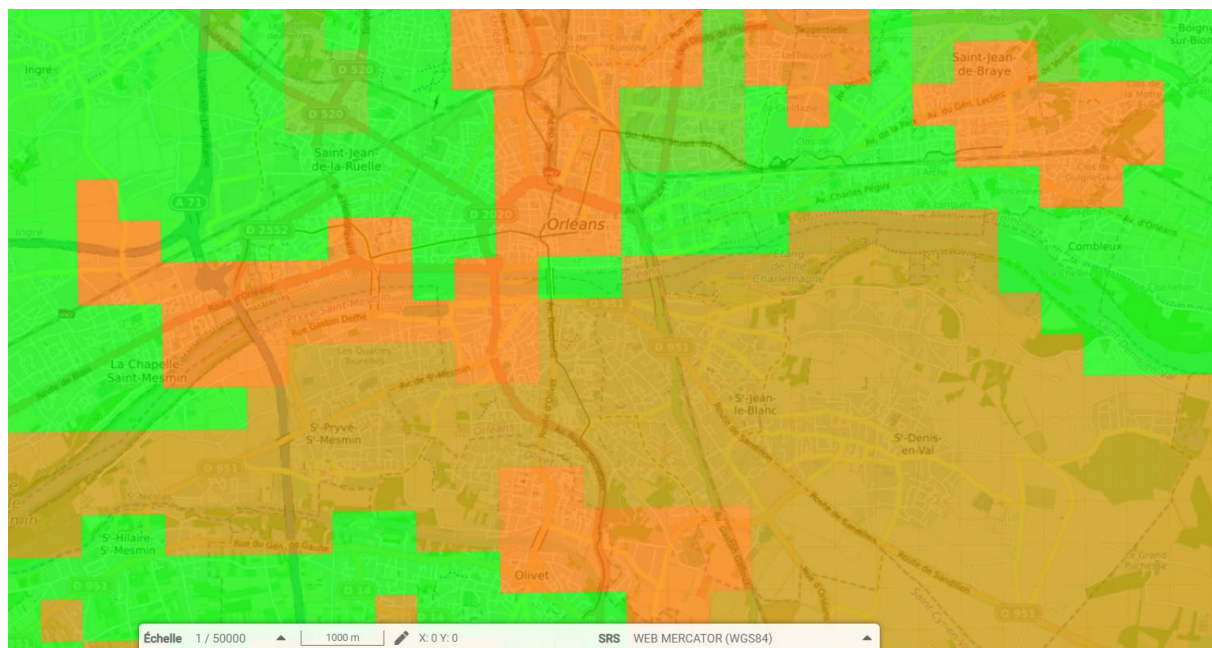


Figure 10 – Cartographie réglementaire pour la géothermie sur sondes

9 Économie et intérêt environnemental

Cette analyse économique ne considère pas les éventuelles modifications à apporter aux installations intérieures du bâtiment. Seule la solution sondes géothermiques fait l'objet d'une évaluation complète. Des approches ultérieures pourront déterminer si une solution sur nappe serait plus avantageuse.

Référence	Référence CHAUD		Gaz naturel ▼	
	Puissance Référence CHAUD		370.0 kW	
	Rendement Référence CHAUD		95% /PCI	
	Conso référence CHAUD		410.5 MWh PCI	
	Ratio investissement Référence CHAUD		200 € HT/kW	
	Référence FROID		Groupe Froid sur air	
	Puissance Référence FROID		200.0 kW	
	EER global Référence FROID		2.5	
	Conso électrique référence FROID		80 MWh	
	Ratio investissement Référence FROID		700 € HT/kW	
Coûts des énergies	Electricité		150 €/MWh	
	Gaz naturel		70 €/MWh PCI	
Investissements	Géothermie	PAC	246 k€ HT	
		sondes	571 k€ HT	
		Appoint		
		TOTAL	817 k€ HT	
	Référence	CHAUD	74 k€ HT	
		FROID	140 k€ HT	
		TOTAL	214 k€ HT	
	Surinvestissement sans aides		603 k€ HT	
	Aides	Aide forfait "sondes"	248.0 k€ HT	
		Autre aide		
		Total aides	248.0 k€ HT	
soit		41%		
Surinvestissement avec aides		355.0 k€ HT		
Coût d'exploitation année 1	Géothermie	Electricité	10800 € HT/an	
		Gaz naturel	5895 € HT/an	
		P2/P3 géothermie	4500 € HT/an	
		P2/P3 appoint	€ HT/an	
		TOTAL	21195 € HT/an	
	Référence	Gaz naturel	28737 € HT/an	
		Electricité Froid	12000 € HT/an	
		P2/P3 référence chaud	€ HT/an	
		P2/P3 référence froid	€ HT/an	
		TOTAL	40737 € HT/an	
Economie d'exploitation Année 1		19542 € HT/an		
Bilan économique	Temps de retour BRUT sans aides		30.9 ans	
	Temps de retour BRUT avec aides		18.2 ans	
	Augmentation n Prix	Electricité	3% /an	
		Gaz naturel	3% /an	
		P2/P3	0% /an	
	Temps de retour NET avec aides		14.2 ans	
	Coût global 20 ans (Inv + Exploit)	Géothermie	1107.6 k€ HT	
Référence		1308.6 k€ HT		

Tableau 3 – Bilan économique prévisionnel

9.1.1 Subventions

Cette démarche vers la géothermie est susceptible de bénéficier de plusieurs dispositifs de subvention.

A condition de respecter un certain nombre de critères techniques, l'installation de géothermie pourrait notamment bénéficier du fonds chaleur. Le niveau de l'aide forfaitaire serait de l'ordre de :

- [XX €] pour une géothermie sur nappe,
- [XX €] pour une géothermie sur sondes.

9.1.2 Intérêt environnemental

Bilan Environnem ental	Contenu CO2 "production géothermique" CHAUD	4 898 kg eq CO2 / an	
		15.8 g CO2/kWh	
	Contenu CO2 "référence" CHAUD	Gaz naturel	
		70 370 kg eq CO2 / an	
		227.0 g CO2/kWh	
	Economie de CO2 CHAUD	65 472 kg eq CO2 / an	
		93%	
		654 720 km en voiture	

Tableau 4 – Bilan environnemental prévisionnel

10 Synthèse et étapes suivantes

Cette note montre que **[la géothermie peut être adaptée au bâtiment étudié, et qu'il conviendrait d'engager une étude de faisabilité (potentiellement aidée dans le cadre du Fonds Chaleur) afin de préciser et optimiser le système / la géothermie n'est pas adaptée au bâtiment étudié à cause de...]**.

Les études ultérieures devront confirmer l'orientation du projet vers [la géothermie sur sondes/la géothermie sur nappe], fiabiliser la solution, déterminer s'il est plus opportun de couvrir l'intégralité des besoins par la géothermie ou bien faire appel à une solution d'appoint, et également aborder la question de la production de froid / rafraîchissement.