



GÉOTHERMIE

CAHIER DES CHARGES TYPE D'UNE ÉTUDE DE FAISABILITÉ

(CAS D'UNE OPÉRATION AVEC RÉSEAU DE CHALEUR)

1 – RENSEIGNEMENTS SUR LE COMMANDITAIRE DE L'ETUDE

- Raison sociale du demandeur et statut juridique,
- Responsable du projet (fonction et coordonnées),
- Partenaires et associés (collectivités, organismes publics, SEM, industriels, ...),
- Bureaux d'études chargés de l'étude de faisabilité.

2 – CONTEXTE GENERAL

Présentation du projet et exposé des motivations à partir :

- des études préalables éventuelles,
- du potentiel géologique local,
- du contexte urbanistique et socio-économique,
- de choix politiques et environnementaux.

3 – DEFINITION DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA RESSOURCE

- analyse du contexte géologique (en tenant compte des forages à proximité et en utilisant la base de données des forages existants) ;
- choix de l'horizon géologique,
- coupe géologique prévisionnelle (profondeurs, épaisseurs, stratigraphie, ...),
- caractéristiques hydrogéologiques du réservoir (perméabilité, porosité, transmissivité, pression statique,...),
- caractéristiques hydrochimiques du fluide (viscosité, salinité, point de bulle, ...),
- caractéristiques prévisionnelles d'exploitation :
 - débit :
 - avec pompage (f puissance électrique),
 - en mode artésien.
 - température fond de puits,
 - température tête de puits,
 - pressions en tête,
 - pression réinjection.
- recensement des sites de forages potentiels (carte).

4 – RECENSEMENT DES UTILISATEURS POTENTIELS

Définition du périmètre d'investigation et inventaire exhaustif des bâtiments, actuels et futurs. Pour chacun d'entre eux, il sera précisé :

- leur localisation et leur identification sur un plan ;
- la nature des bâtiments et des propriétaires :
 - logements (types, nombre de logements,),
 - équipements (nature et surface),
 - bureaux, commerces, locaux industriels,...
- les systèmes d'émission de la chaleur et d'ECS,
- les projets d'urbanisation ou de réhabilitation (importance et planning).

5 – ANALYSE DE L'ADEQUATION ENTRE LES BESOINS ET LA RESSOURCE GEOtherMIQUE

5.1. Analyse du potentiel raccordable

Pour chacun des utilisateurs recensés au paragraphe 4, il sera précisé :

- le type de bâtiment,
- l'année de construction et éventuellement de réhabilitation,
- les besoins satisfaits (chauffage, ECS),
- l'évaluation de la puissance thermique nécessaire à la température de base du lieu,
- les consommations des trois dernières années par type de combustibles (pour le chauffage et l'ECS),
- La nature des émetteurs de chauffage (loi de régulation),
- Les caractéristiques des installations actuelles de production de chaleur :
 - par chaudières (nombre, puissance, âge, combustibles, mode de fonctionnement, rendement,...),
 - par d'autres moyens de production de chaleur (ECS solaire, cogénération,...),
 - le mode de distribution-régulation (chauffage et ECS).

5.2. Bilans énergétiques

En fonction des hypothèses sur la ressource établies au paragraphe 3, il sera procédé à plusieurs simulations de raccordement de la totalité ou d'une partie des ensembles identifiés.

Pour chacune des variantes il sera établi un bilan énergétique précisant notamment le nombre de MWh géothermiques susceptibles d'être distribué et les taux de couverture.

Synthèse et choix des solutions à retenir.

Pour chacune des variantes, il sera précisé :

- le nombre d'équivalents logements,
- le % panneaux de sol/radiateurs,
- le % ECS,
- la puissance nécessaire à la température de base du lieu,
- les besoins utiles (pied immeuble),
- la température de retour du circuit géothermique,
- l'apport géothermique sortie centrale,
- les pertes réseau,
- le type et quantité d'appoint.

5.3. Bilan environnemental

Pour chacune des variantes, le bilan des émissions de CO₂ et de NO_x par rapport à la solution de référence sera établi.

6 – CONCEPTION DU RESEAU DE CHALEUR

(pour chaque hypothèse retenue)

- principes de distribution (niveaux de températures, cascades, sous-stations),
- Principe de l'appoint – secours,
- principe de conception et de fonctionnement du réseau
(avec le tracé du réseau sur un plan ou apparaîtront de manière précise les ensembles raccordés, en fonction du ou des sites de forage potentiels),
- nature et dimensionnement des canalisations,
- chiffrage de la longueur des canalisations et du nombre de sous-stations à raccorder,
- systèmes d'appoint-secours.

7 – DEFINITION DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

- étude de l'implantation du site de forage en fonction des terrains disponibles, des contraintes de forage, des nuisances du chantier, de la proximité des chaufferies, de l'impact dans le réservoir des puits voisins,),
- choix de l'orientation des puits et calcul de leur écartement au toit du réservoir,
- coupe technique des puits (longueurs, diamètres et épaisseurs des tubages),
- programme des travaux de forages,
- programme des essais et de stimulation du réservoir,
- détermination des puissances de pompage (production et réinjection),
- définition et dimensionnement :
 - des équipements de pompage et de variation de vitesse,
 - des systèmes d'échange de la chaleur,
 - des dispositifs de prévention contre la corrosion et les dépôts.
- simulation des interférences et des transferts thermiques au niveau du doublet et pour un ensemble de plusieurs doublets, en fonction de la présence d'opérations voisines,
- détermination du périmètre et du volume d'exploitation,
- prise en compte de contraintes réglementaires spécifiques (prescriptions DRIRE sur la protection de l'Albien, rejet des effluents de chantier, mesures de protection de l'H₂S,....).

8 – ESTIMATIONS DES INVESTISSEMENTS

8.1. Boucle géothermale

- travaux de génie civil de la plateforme de forage,
- forages des deux puits,
- équipements de pompage et variateurs (production et injection),
- systèmes d'échanges de chaleur,
- autres équipements (traitement corrosion...),
- construction de la centrale géothermique.

8.2. Réseau géothermique et installations de surface

(pour chaque hypothèse retenue)

- génie civil réseau,
- canalisations (longueur, diamètres, coût par ml),
- modification ou création des sous-stations,
- création ou adaptation de chaufferies d'appoint-secours,
- télégestion.

9 – ORGANISATION ET COÛTS D'EXPLOITATION

9-1. Organisation de l'exploitation

présentation des orientations et des principes envisagés pour la gestion et l'exploitation des installations (type de contrat, relation avec les abonnés, prix de vente de la chaleur,...).

9-2. Coûts d'exploitation

- énergies consommées (P1) :
 - électricité de pompage (production + réinjection),
 - électricité de réseau,
 - combustible d'appoint.
- produits inhibiteurs de corrosion,
- conduite, surveillance et entretien (P2),
- contrôles périodiques et suivis du réservoir (contrôles réglementaires),
- gros entretien et renouvellement (P3),
- gestion et frais généraux,
- garanties SAF (Long terme), assurances RC, ...,
- taxes, impôts et redevances.

10 – FINANCEMENT

10.1. Récapitulatif des dépenses actualisées

- études,
- foncier,
- travaux et équipements :
 - sous-sol
 - surface
- maîtrise d'œuvre (sous-sol et surface),
- maîtrise d'ouvrage déléguée (le cas échéant),
- assurances chantier (PUC, TRC,...),
- garanties SAF « court terme » (couverture échec 1^{er} forage),
- divers et imprévus,
- actualisation.

10.2. Financement du projet :

- fonds propres
- aides :
 - ADEME
 - Région
 - Autres

- emprunts (taux et durée en fonction des conditions du moment),
- taux de rémunération des fonds propres.

Il sera également pris en compte les ressources provenant des crédits carbone, des certificats d'économies d'énergies et du crédit d'impôt, dont pourraient éventuellement bénéficier certains utilisateurs.

Le recours au crédit bail ou à un montage en Partenariat Public Privé (PPP) pourra aussi être envisagé.

11 – DEFINITION DE LA STRUCTURE JURIDIQUE

Identification du maître d'ouvrage de l'opération.

Présentation de la structure juridique retenue et des partenaires de l'opération.

La décision de réaliser l'opération dépendra notamment du choix d'une structure juridique appropriée par rapport à ses possibilités financières en terme d'apport de fonds propres et d'éligibilité à certains types de subventions ou de prêts.

12 – ANALYSE ECONOMIQUE

12.1. Bilan et compte d'exploitation prévisionnel

Il s'agit de comparer la solution existante, à base d'énergies fossiles, et une solution de conversion à la géothermie (tableau comparatif des coûts et des économies réalisées).

L'analyse sera faite en euros constants, sans dérive des prix des énergies et en tenant compte des taxes (TVA, impôts,...).

Le compte d'exploitation prévisionnel sera également présenté en tenant compte d'un prix de vente de la chaleur

Des simulations intégrant une dérive du prix des énergies pourront être produites à la demande de l'ADEME qui en fixera les hypothèses.

L'amortissement des investissements sera fait selon deux hypothèses :

- sans subvention afin de mesurer la rentabilité intrinsèque de l'investissement,
- avec subventions (éventuellement avec variantes en fonction de §11).

Le compte d'exploitation prévisionnel doit être établi en étroite collaboration avec le maître d'ouvrage afin de tenir compte de ses objectifs, de son statut juridique, de son régime fiscal, de sa politique de vente de la chaleur,...

12.2. Indicateurs financiers synthétiques

(liste non limitative)

- prix de revient du MWh de chaleur produite,
- temps de retour (brut, net),
- taux de rentabilité interne (brut, net),
- valeur actualisée nette VAN selon taux d'actualisation défini par l'ADEME (taux des obligations + 2 ou +4).

13 – ANALYSE DU RISQUE

Cette analyse a pour objectif d'évaluer la sensibilité du projet à la variation des paramètres de la ressource en débit et température.

Le paramètre à prendre en considération est la puissance géothermique :

$$P_{\text{géo}} = 1,161 \times Q \times (T_d - T_r)$$

A partir de la puissance de référence P_0 il sera défini :

- une courbe d'isopuissance correspondant à la limite du succès pour $P_1 = r_1 P_0$
- une courbe d'isopuissance correspondant à la limite de l'échec total $P_2 = r_2 P_0$

Les facteurs r_1 et r_2 seront établis en concertation avec l'ADEME.

14 - PLANNING PREVISIONNEL DE REALISATION

Il devra être établi en fonction notamment de la disponibilité des machines de forage, des délais d'approvisionnement des tubages et des échangeurs à plaques en titane.

Les phases d'instruction et de délivrance des autorisations administratives devront être appréciées en fonction de la spécificité du projet, de la complexité du montage juridique et du contexte local (étude d'impact, enquête publique, permis de recherche, permis de construire de la centrale, permis d'exploitation).

15 – CONCLUSION

Choix de la solution optimale,
Bilan comparatif avantages – inconvénients en fonction des critères retenus,
Recommandations et aide à la décision d'engager l'opération.