

**Demande d'examen au cas par cas préalable  
à la réalisation éventuelle d'une évaluation environnementale**

Article R. 122-3 du code de l'environnement

*Ce formulaire sera publié sur le site Internet de l'autorité environnementale  
Avant de remplir cette demande, lire attentivement la notice explicative*

**Cadre réservé à l'autorité environnementale**

Date de réception :

21/09/2017

Dossier complet le :

21/09/2017

N° d'enregistrement :

2017-1988-PP-00783

**1. Intitulé du projet**

Mise en œuvre d'une production de chaleur/rafraîchissement par géothermie sur sondes verticales dans le cas d'un projet de réaménagement / rénovation d'un bâtiment situé à Dardilly

**2. Identification du (ou des) maître(s) d'ouvrage ou du (ou des) pétitionnaire(s)**

**2.1 Personne physique**

Nom Martin

Prénom Pierre

**2.2 Personne morale**

Dénomination ou raison sociale

KTR FRANCE

Nom, prénom et qualité de la personne  
habilitée à représenter la personne morale

PLATT Martin, Gérant

RCS / SIRET

4 0 1 7 4 0 5 8 4 0 0 0 2 4

Forme juridique SARL

**Joignez à votre demande l'annexe obligatoire n°1**

**3. Catégorie(s) applicable(s) du tableau des seuils et critères annexé à l'article R. 122-2 du code de l'environnement et dimensionnement correspondant du projet**

N° de catégorie et sous-catégorie	Caractéristiques du projet au regard des seuils et critères de la catégorie (Préciser les éventuelles rubriques issues d'autres nomenclatures (ICPE, IOTA, etc.))
- 24°/c) Travaux miniers et de stockage souterrain (ouverture de travaux de recherches et d'exploitation des gites géothermiques mentionnés à l'article L. 112-1 du code minier).	- Forages pour la mise en place de sondes géothermiques (4 sondes de 150 mètres de profondeur unitaire).
<p><i>27 d Autres forages en profondeur de plus de 100 m</i> <i>concession de S'AE</i></p>	

**4. Caractéristiques générales du projet**

**Doivent être annexées au présent formulaire les pièces énoncées à la rubrique 8.1 du formulaire**

**4.1 Nature du projet, y compris les éventuels travaux de démolition**

Mise en œuvre d'une production de chaleur/rafraîchissement par géothermie sur sondes verticales dans le cas d'un projet de réaménagement / rénovation d'un bâtiment situé à Dardilly au 5 chemin de la Brocardière.

Ce projet inclut :

- La mise en place de 4 sondes géothermiques d'une profondeur unitaire de 150 mètres.
- La réfection complète du bâtiment (y compris réfection de l'enveloppe du bâtiment).

Nota : le circuit des sondes géothermiques est un circuit fermé contenant de l'eau brute comme fluide caloporteur. L'équilibre thermique du sol est garanti par simulation (cf. étude jointe au présent dossier).

#### **4.2 Objectifs du projet**

Ce projet fait l'objet d'une démarche de conception innovante notamment basée sur le concept de bâtiment énergie positive 2SOL. Le bâtiment sera destiné à un usage de bureaux et accueillera notamment le siège social de l'entreprise KTR France. Les performances thermiques et les consommations d'énergie sont sensiblement améliorées dans le cadre de cette réhabilitation.

Le concept d'approvisionnement énergétique est basé sur une production d'énergie par sondes géothermiques.

Des panneaux solaires hybrides produisent en été de la chaleur pour la recharge des sondes et relèvent les niveaux de température à l'évaporateur de la pompe à chaleur pour assurer un coefficient de performance optimale de celle-ci. Des panneaux solaires photovoltaïques viennent compléter le tout afin d'assurer le caractère énergie positive du bâtiment. Le renouvellement d'air de l'ensemble du bâtiment sera réalisé à l'aide d'une ventilation double flux.

#### **4.3 Décrivez sommairement le projet**

##### **4.3.1 dans sa phase travaux**

Les travaux ont commencé début mars 2017 avec la mise en place des sondes courant juin/juillet 2017.

La fin des travaux de l'ensemble de la rénovation du bâtiment est prévue pour fin décembre 2017.

##### **4.3.2 dans sa phase d'exploitation**

Pas de phase d'exploitation.

Le bâtiment aura un usage de bureau.

**4.4 A quelle(s) procédure(s) administrative(s) d'autorisation le projet a-t-il été ou sera-t-il soumis ?**

La décision de l'autorité environnementale devra être jointe au(x) dossier(s) d'autorisation(s).

Une déclaration préalable de travaux a été déposée début 2017.

Un permis de construire a été déposé début juillet 2017.

**4.5 Dimensions et caractéristiques du projet et superficie globale de l'opération - préciser les unités de mesure utilisées**

Grandeurs caractéristiques	Valeur(s)
- Sondes géothermiques	- 4 sondes. 150 m de profondeur unitaires. Soit 600 m en cumulé.
- Superficie / Volume du bâtiment.	- 854 m <sup>2</sup> / 2'458 m <sup>3</sup> .

**4.6 Localisation du projet**

Adresse et commune(s)  
d'implantation

5 chemin de la Brocardière  
69 570 Dardilly

Coordonnées géographiques<sup>1</sup>

Long. 45° 48' 36" N Lat. 04° 45' 48" E

Pour les catégories 5° a), 6° a), b) et c), 7° a), b) 9° a), b), c), d), 10°, 11° a) b), 12°, 13°, 22°, 32°, 34°, 38° ; 43° a), b) de l'annexe à l'article R. 122-2 du code de l'environnement :

Point de départ :

Long. ° ' " Lat. ° ' "

Point d'arrivée :

Long. ° ' " Lat. ° ' "

Communes traversées :

Dardilly

**Joignez à votre demande les annexes n° 2 à 6**

**4.7 S'agit-il d'une modification/extension d'une installation ou d'un ouvrage existant ?**

Oui

Non

**4.7.1 Si oui, cette installation ou cet ouvrage a-t-il fait l'objet d'une évaluation environnementale ?**

Oui

Non

**4.7.2 Si oui, décrivez sommairement les différentes composantes de votre projet et indiquez à quelle date il a été autorisé ?**

<sup>1</sup> Pour l'outre-mer, voir notice explicative

## 5. Sensibilité environnementale de la zone d'implantation envisagée

Afin de réunir les informations nécessaires pour remplir le tableau ci-dessous, vous pouvez vous rapprocher des services instructeurs, et vous référer notamment à l'outil de cartographie interactive CARMEN, disponible sur le site de chaque direction régionale.

Le site internet du ministère en charge de l'environnement vous propose, dans la rubrique concernant la demande de cas par cas, la liste des sites internet où trouver les données environnementales par région utiles pour remplir le formulaire.

Le projet se situe-t-il :

Oui Non

Lequel/Laquelle ?

Dans une zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique de type I ou II (ZNIEFF) ?

Oui  Non

En zone de montagne ?

Oui  Non

Dans une zone couverte par un arrêté de protection de biotope ?

Oui  Non

Sur le territoire d'une commune littorale ?

Oui  Non

Dans un parc national, un parc naturel marin, une réserve naturelle (nationale ou régionale), une zone de conservation halieutique ou un parc naturel régional ?

Oui  Non

Sur un territoire couvert par un plan de prévention du bruit, arrêté ou le cas échéant, en cours d'élaboration ?

Oui  Non

Dans un bien inscrit au patrimoine mondial ou sa zone tampon, un monument historique ou ses abords ou un site patrimonial remarquable ?

Oui  Non

Dans une zone humide ayant fait l'objet d'une délimitation ?

Oui  Non

Dans une commune couverte par un plan de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN) ou par un plan de prévention des risques technologiques (PPRT) ?

Si oui, est-il prescrit ou approuvé ?

PPRn - Inondation : BV de l'Yzeron global.  
Territoire à risque important du Bassin Rhône Méditerranée.  
Zone d'aléas suivants :  
- Zone de retrait/gonflement des argiles - Rhône.

Dans un site ou sur des sols pollués ?

Dans une zone de répartition des eaux ?

Dans un périmètre de protection rapprochée d'un captage d'eau destiné à la consommation humaine ou d'eau minérale naturelle ?

Dans un site inscrit ?

**Le projet se situe-t-il, dans ou à proximité :**

**Oui Non**

**Lequel et à quelle distance ?**

D'un site Natura 2000 ?

D'un site classé ?

6. Caractéristiques de l'impact potentiel du projet sur l'environnement et la santé humaine au vu des informations disponibles

6.1 Le projet envisagé est-il susceptible d'avoir les incidences notables suivantes ?

Veuillez compléter le tableau suivant :

Incidences potentielles		Oui	Non	De quelle nature ? De quelle importance ? Appréciez sommairement l'impact potentiel
Ressources	Engendre-t-il des prélèvements d'eau ? Si oui, dans quel milieu ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Impliquera-t-il des drainages / ou des modifications prévisibles des masses d'eau souterraines ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Est-il excédentaire en matériaux ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Est-il déficitaire en matériaux ? Si oui, utilise-t-il les ressources naturelles du sol ou du sous-sol ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Milieu naturel	Est-il susceptible d'entraîner des perturbations, des dégradations, des destructions de la biodiversité existante : faune, flore, habitats, continuités écologiques ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Si le projet est situé dans ou à proximité d'un site Natura 2000, est-il susceptible d'avoir un impact sur un habitat / une espèce inscrit(e) au Formulaire Standard de Données du site ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

	Est-il susceptible d'avoir des incidences sur les autres zones à sensibilité particulière énumérées au 5.2 du présent formulaire ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il la consommation d'espaces naturels, agricoles, forestiers, maritimes ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Est-il concerné par des risques technologiques ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Risques</b>	Est-il concerné par des risques naturels ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il des risques sanitaires ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Aucun risque sanitaire. L'installation contient uniquement de l'eau brute circulant en circuit fermé. Par ailleurs, la cimentation, qui comble l'espace annulaire entre les forages et les sondes géothermiques verticales, permet d'éviter les phénomènes de mélanges de nappe ou de mouvement de terrain.
	Est-il concerné par des risques sanitaires ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il des déplacements/des trafics	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Nuisances</b>	Est-il source de bruit ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Est-il concerné par des nuisances sonores ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

	Engendre-t-il des odeurs ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Est-il concerné par des nuisances olfactives ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Engendre-t-il des vibrations ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Est-il concerné par des vibrations ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Engendre-t-il des émissions lumineuses ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Est-il concerné par des émissions lumineuses ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Emissions</b>	Engendre-t-il des rejets dans l'air ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Engendre-t-il des rejets liquides ? Si oui, dans quel milieu ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Engendre-t-il des effluents ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Engendre-t-il la production de déchets non dangereux, inertes, dangereux ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



Patrimoine / Cadre de vie / Population	Est-il susceptible de porter atteinte au patrimoine architectural, culturel, archéologique et paysager ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Engendre-t-il des modifications sur les activités humaines (agriculture, sylviculture, urbanisme, aménagements), notamment l'usage du sol ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**6.2 Les incidences du projet identifiées au 6.1 sont-elles susceptibles d'être cumulées avec d'autres projets existants ou approuvés ?**

Oui  Non  Si oui, décrivez lesquelles :

**6.3 Les incidences du projet identifiées au 6.1 sont-elles susceptibles d'avoir des effets de nature transfrontière ?**

Oui  Non  Si oui, décrivez lesquels :

**6.4 Description, le cas échéant, des mesures et des caractéristiques du projet destinées à éviter ou réduire les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine (pour plus de précision, il vous est possible de joindre une annexe traitant de ces éléments) :**

Sans objet.

#### 7. Auto-évaluation (facultatif)

Au regard du formulaire rempli, estimez-vous qu'il est nécessaire que votre projet fasse l'objet d'une évaluation environnementale ou qu'il devrait en être dispensé ? Expliquez pourquoi.

Aucun risque particulier pour l'environnement :

- Aucun risque sanitaire. L'installation contient uniquement de l'eau brute circulant en circuit fermé. Par ailleurs, la cimentation, qui comble l'espace annulaire entre les forages et les sondes géothermiques verticales, permet d'éviter les phénomènes de mélanges de nappe ou de mouvement de terrain.
- Equilibre thermique sur la durée de vie de l'installation (cf. étude jointe au présent dossier).

#### 8. Annexes

##### 8.1 Annexes obligatoires

Objet		
1	Document CERFA n°14734 intitulé « informations nominatives relatives au maître d'ouvrage ou pétitionnaire » - non publié ;	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Un plan de situation au 1/25 000 ou, à défaut, à une échelle comprise entre 1/16 000 et 1/64 000 (il peut s'agir d'extraits cartographiques du document d'urbanisme s'il existe) ;	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Au minimum, 2 photographies datées de la zone d'implantation, avec une localisation cartographique des prises de vue, l'une devant permettre de situer le projet dans l'environnement proche et l'autre de le situer dans le paysage lointain ;	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Un plan du projet ou, pour les travaux, ouvrages ou aménagements visés aux catégories 5° a), 6°a), b) et c), 7°a), b), 9°a), b), c), d), 10°, 11°a), b), 12°, 13°, 22°, 32, 38° ; 43° a) et b) de l'annexe à l'article R. 122-2 du code de l'environnement un projet de tracé ou une enveloppe de tracé ;	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Sauf pour les travaux, ouvrages ou aménagements visés aux 5° a), 6°a), b) et c), 7° a), b), 9°a), b), c), d), 10°, 11°a), b), 12°, 13°, 22°, 32, 38° ; 43° a) et b) de l'annexe à l'article R. 122-2 du code de l'environnement : plan des abords du projet (100 mètres au minimum) pouvant prendre la forme de photos aériennes datées et complétées si nécessaire selon les évolutions récentes, à une échelle comprise entre 1/2 000 et 1/5 000. Ce plan devra préciser l'affectation des constructions et terrains avoisinants ainsi que les canaux, plans d'eau et cours d'eau ;	<input type="checkbox"/>
6	Si le projet est situé dans un site Natura 2000, un plan de situation détaillé du projet par rapport à ce site. Dans les autres cas, une carte permettant de localiser le projet par rapport aux sites Natura 2000 sur lesquels le projet est susceptible d'avoir des effets.	<input type="checkbox"/>

**8.2 Autres annexes volontairement transmises par le maître d'ouvrage ou pétitionnaire**

Veillez compléter le tableau ci-joint en indiquant les annexes jointes au présent formulaire d'évaluation, ainsi que les parties auxquelles elles se rattachent

Objet
Annexe 7 : Etude de préfaisabilité sur sondes géothermiques verticales


**9. Engagement et signature**

Je certifie sur l'honneur l'exactitude des renseignements ci-dessus

Fait à Dardilly

le. 31/08/2017

Signature

 R. MARTIN

**KTR France**  
46-48 chemin de la Bruyère  
69570 DARDILLY  
Tél. 04 78 64 54 06 - Fax 04 78 64 54 31  
N°SIRET : 401 743 564

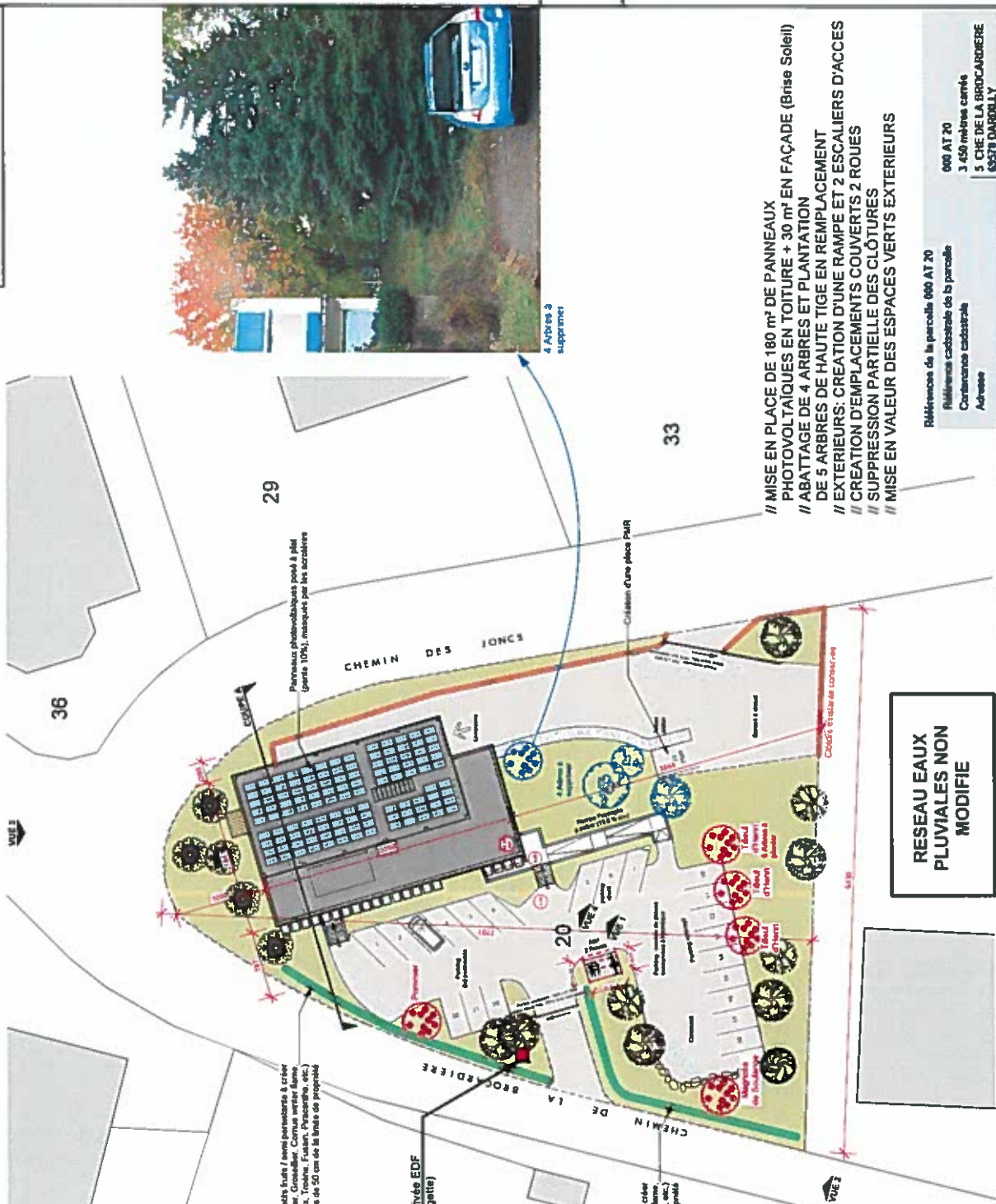


# PROJET

## DECLARATION PREALABLE - V1

1/500e  
Impression A3

07/02/17 - MASSE



- // MISE EN PLACE DE 180 m<sup>2</sup> DE PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES EN TOITURE + 30 m<sup>2</sup> EN FAÇADE (Brise Soleil)
- // ABATTAGE DE 4 ARBRES ET PLANTATION DE 5 ARBRES DE HAUTE TIGE EN REMPLACEMENT
- // EXTERIEURS: CREATION D'UNE RAMPE ET 2 ESCALIERS D'ACCES
- // CREATION D'EMPLACEMENTS COUVERTS 2 ROUES
- // SUPPRESSION PARTIELLE DES CLÔTURES
- // MISE EN VALEUR DES ESPACES VERTS EXTERIEURS

000 AT 20	000 AT 20
3 450 mètres carrés	3 450 mètres carrés
5 CHE DE LA BROCARDIERE	5 CHE DE LA BROCARDIERE
65570 DARDILLY	65570 DARDILLY

Les cotes sont indicatives et approximatives - A valider avant exécution  
Ce document est la propriété de Diagonale Concept  
Il ne peut être utilisé et/ou reproduit sans son autorisation expresse.



DP 2-3 9-10



RESEAU EAUX PLUVIALES NON MODIFIE

### PROFIL EN LONG - COUPE A



48

29

33

20

17

Mise basonnement champêtre à petits fruits / semi perméable à créer (Prunus, Cerise, Cassiole, Cornus verticiflora, Mahonia, Genéba, Houc, Troène, Fusain, Prunacerasse, etc.) à plus de 50 cm de la limite de propriété

Mise basonnement champêtre à petits fruits / semi perméable à créer (Prunus, Cerise, Cassiole, Cornus verticiflora, Mahonia, Genéba, Houc, Troène, Fusain, Prunacerasse, etc.) à plus de 50 cm de la limite de propriété

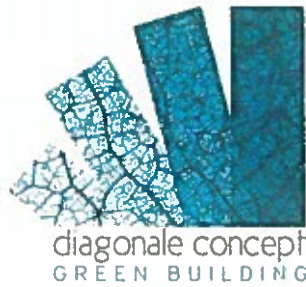
CHEMIN DES JONCS

CHEMIN DE LA BROCARDIERE

Amvée EDF (logette)







# DIAGONALE CONCEPT

Dardilly (69)

## Etude de pré faisabilité sur sondes géothermiques verticales

Rénovation d'un bâtiment tertiaire de 900 m<sup>2</sup>

Réf : CGHCCE170447 / RGHCCE01440

ARI / HL / DCO

30/03/2017



**GINGER**  
BURGEAP



## DIAGONALE CONCEPT

Dardilly (69)

Etude de pré faisabilité sur sondes géothermiques verticales

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
RGHCCE01440	21/02/2017	01	A. RIESS		H. LAUTRETTE		D.COUTELLE	

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CGHCCE170447 / RGHCCE01440
Numéro d'affaire :	A42725
Domaine technique :	GH01
Mots clé du thésaurus	GEOTHERMIE

Agence de Lyon • 19, rue de la Villette, 69425 Lyon Cedex 034 • Tél. : +33 (0)4 37 91 20 50 • Fax : +33 (0)4 37 91 20 69 • Mail : [agence.de.lyon@burgeap.fr](mailto:agence.de.lyon@burgeap.fr)



## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>CONTEXTE DE L'ETUDE</b> .....	<b>5</b>
1.1	Données générales .....	5
1.2	Contexte général .....	5
1.3	Intervenants .....	6
1.4	Documents communiqués .....	6
<b>2.</b>	<b>DEFINITION DE LA GEOTHERMIE TRES BASSE ENERGIE</b> .....	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>PROJET</b> .....	<b>7</b>
3.1	Plans de situation.....	7
3.2	Détails du projet .....	10
3.3	Besoins thermiques .....	12
<b>4.</b>	<b>CONTEXTE GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET THERMIQUE</b> .....	<b>15</b>
4.1	Géologie .....	15
4.1.1	Synthèse régionale .....	15
4.1.2	Géologie locale .....	16
4.2	Hydrogéologie .....	18
4.3	Hydrologie.....	19
4.4	Contexte thermique des terrains .....	20
4.4.1	Définition des paramètres thermiques .....	20
4.4.2	Estimation des paramètres thermiques au droit du projet .....	21
4.4.3	Géothermie .....	21
<b>5.</b>	<b>CONTEXTE ADMINISTRATIF ET REGLEMENTAIRE, NORMES ET AIDES</b> .....	<b>22</b>
5.1	DT/DICT .....	22
5.2	Code civil .....	23
5.3	Code de l'environnement .....	23
5.4	Démarches administratives concernant les PAC .....	23
5.5	Code minier.....	24
5.5.1	Régime général – géothermie « basse température ».....	24
5.5.2	Régime dérogatoire – géothermie dite de « minime importance » .....	24
5.5.3	Dossier de déclaration – Code minier.....	26
5.5.4	Dossier de demande d'autorisation – Code minier .....	27
5.6	Compatibilité du projet avec la réglementation locale.....	27
5.6.1	Périmètres de protection .....	27
5.6.2	Plan Local d'Urbanisme et servitudes d'utilité publique .....	27
5.6.3	Plan de Prévention des Risques Naturels .....	28
5.6.4	SDAGE .....	28
5.6.5	SAGE .....	28
5.6.6	Espaces naturels protégés .....	28
5.7	Qualifications et normes .....	29
<b>6.</b>	<b>PRINCIPES GENERAUX ET CONTRAINTES DE DIMENSIONNEMENT</b> .....	<b>30</b>
6.1	Rappels sur le fonctionnement d'un champ de sondes géothermiques verticales.....	30
6.2	Préconisations de dimensionnement .....	31
6.3	Géométrie du champ de SGV.....	31
6.4	Distances minimales.....	31
6.5	Vitesse de Darcy.....	32
6.6	Recharge thermique du sol.....	32
6.7	Surfaces disponibles sur le projet .....	32

<b>7.</b>	<b>DIMENSIONNEMENT .....</b>	<b>33</b>
7.1	Principes généraux et outils .....	33
7.2	Paramètres .....	33
7.2.1	La pompe à chaleur .....	33
7.2.2	Émetteurs .....	34
7.2.3	Paramètres de la boucle géothermique .....	34
7.2.4	Recharge .....	34
7.3	Résultats .....	34
7.3.1	Dimensionnement & Modélisation .....	34
7.3.2	Plan d'implantation .....	37
7.3.3	Capacité de stockage inter-saisonnier du champ de SGV .....	38
<b>8.</b>	<b>MONTAGE DE L'OPERATION .....</b>	<b>39</b>
8.1	La conception .....	39
8.2	La réalisation du champ de sondes .....	39
8.3	Enveloppe budgétaire .....	40
<b>9.</b>	<b>COUT PREVISIONNEL DE L'OPERATION .....</b>	<b>41</b>
9.1	Décomposition du prix de l'installation de géothermie .....	41
9.1.1	Coût de la Moe .....	41
9.1.2	Coût du Matériel .....	41
9.1.3	Coût des Fournitures .....	42
9.1.4	Sous-traitance .....	42
9.1.5	Sous-détail de prix .....	43
9.2	Consultation d'Entreprises .....	44
<b>10.</b>	<b>EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....</b>	<b>45</b>
10.1	Accessibilité et pérennité de l'installation .....	45
10.2	Régulation et surveillance .....	45
10.3	Maintenance .....	45
<b>11.</b>	<b>AIDES ET SUBVENTIONS .....</b>	<b>46</b>
11.1	ADEME Régionale Rhône-Alpes .....	46
11.2	Projection – Financement ADEME Rhône-Alpes .....	47
11.3	Amorçage et développement - Projet EnR Région Auvergne Rhône-Alpes .....	47
11.4	Recommandations .....	48
<b>12.</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>49</b>
<b>13.</b>	<b>NOTA .....</b>	<b>50</b>

## 1. CONTEXTE DE L'ETUDE

### 1.1 Données générales

Nom de l'opération : DIAGONALE CONCEPT – Rénovation d'un bâtiment tertiaire de 900 m<sup>2</sup>  
Localisation : 5 rue de la Brocardière  
Dardilly (69)  
Objet : Etude de pré faisabilité sur sondes géothermiques verticales

### 1.2 Contexte général

Dans le cadre d'un projet de rénovation d'un bâtiment tertiaire de 900 m<sup>2</sup>, situé sur la commune de Dardilly (69), le Maître d'œuvre DIAGONALE CONCEPT et le BET AMSTEIN & WALTHERT souhaitent mettre en œuvre une solution de géothermie sur sondes géothermiques verticales (SGV) assistée par une pompe à chaleur (PAC) Eau/Eau.

Dans ce contexte, DIAGONALE CONCEPT a missionné BURGEAP pour la réalisation d'une étude de pré faisabilité géothermique sur sondes géothermiques verticales, d'un point de vue technique, économique et réglementaire. Le rapport consignera :

- Référencement des données du projet (architecturales, thermiques, etc.)
- Description du contexte géologique, hydrogéologique et géothermique ;
- Pré-dimensionnement de l'installation ;
- Description du contexte réglementaire ;
- Analyse des risques techniques et environnementaux ;
- Chiffrage de l'opération ;
- Présentation du planning prévisionnel et des aides financières mobilisables ;
- Bilan énergétique et environnemental ;
- Conclusions sur la faisabilité du projet.

Cette étude se base notamment sur :

- Une recherche bibliographique auprès des différents organismes fournisseurs de données (BRGM, BSS, etc.) ;
- Les données fournies par DIAGONALE CONCEPT et le BET AMSTEIN & WALTHERT.

### 1.3 Intervenants

La liste des principaux intervenants en lien avec le projet de géothermie est donnée dans le tableau suivant :

*Intervenants du projet*

Fonction	Nom	Adresse	Contact
<b>Maître d'Ouvrage</b>	<b>KTR</b>	46, Chemin de la Bruyère 69 570 Dardilly	Tél. : +33 (0) 4 78 64 54 66
<b>Maître d'œuvre</b>	<b>DIAGONALE CONCEPT</b>	12, Rue de Cayenne 69 007 Lyon	Tél. : +33 (0) 4 37 41 11 99
<b>BET CVC</b>	<b>AMSTEIN+WALTHERT</b>	9, Rue du Lac 69 003 Lyon	Romain CROZIER Mob. : +33 (0) 6 95 40 42 24 Tél. : +33 (0) 4 78 95 29 69 Mail : romain.Crozier@amstein-walthert.fr
<b>BET Sous-sol</b>	<b>GINGER BURGEAP Agence de Lyon</b>	Agence de Lyon 19, rue de la Villette, 69425 Lyon Cedex 034	Hervé LAUTRETTE Mob. : +33 (0) 6 40 21 38 83 Mail : h.lautrette@burgeap.fr
	<b>GINGER CEBTP Direction Nationale des Projets</b>	12, Avenue Gay Lussac 78 990 ELANCOURT	Annabelle RIESS Mob. : +33 (0) 1 30 85 23 02 Tél. : +33 (0) 7 63 22 88 91 a.riess@groupe-cebtp.com

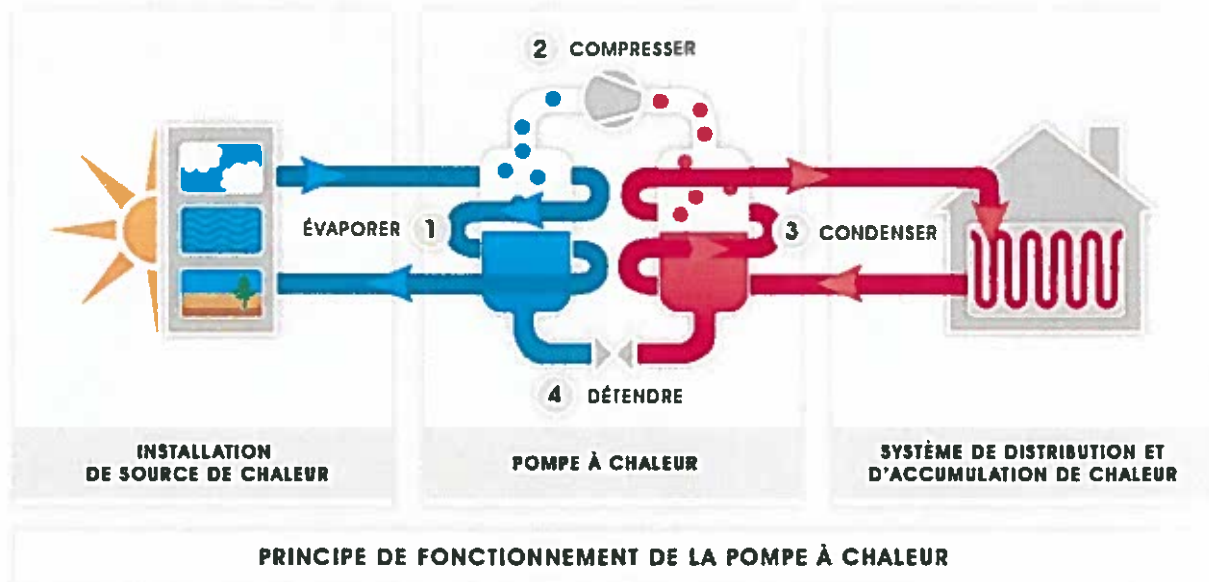
### 1.4 Documents communiqués

A l'écriture du rapport, les documents à disposition sont :

- Plan d'implantation des sondes géothermiques, 10/02/2017 (provisoire) – Dessin n°062/DCE/P/H/A3/0 ;
- Plan de masse, 07/02/2017 – Déclaration préalable ;
- Puissances d'appel h/h en chaud et en froid et températures extérieures ;
- Monotone des besoins en chaud et en froid ;
- Courbe monotones des émetteurs en chaud et un froid ;
- Synoptique de l'installation avec régimes de températures en chaud et en froid, COP et EER ;
- Recharge mensuelle via les panneaux solaires thermiques.

## 2. DEFINITION DE LA GEOTHERMIE TRES BASSE ENERGIE

La géothermie très basse énergie utilise la basse température du sous-sol (10 à 20 °C) pour extraire ou y injecter des calories à partir de dispositifs tels que des doublets de forages ou des sondes géothermiques verticales (SGV). La boucle géothermale composée de doublets de forages ou de sondes géothermiques est ensuite couplée à une pompe à chaleur (PAC) qui transfère ou évacue les calories vers un bâtiment pour le chauffer ou le rafraîchir.



La PAC est un système thermodynamique qui fonctionne entre deux sources : une source froide et une source chaude. Elle permet de transférer de l'énergie d'un niveau à basse température vers un niveau à température plus élevée. Ce transfert se fait via un fluide frigorigène et consomme de l'énergie électrique. Néanmoins, l'énergie totale restituée par la PAC est supérieure à la consommation de la PAC, ce qui permet donc une économie globale d'énergie.

En règle générale, le rendement d'un tel dispositif avoisine les 400 à 500 %, ce qui signifie qu'à partir d'un dispositif de géothermie couplé à une pompe à chaleur, il est possible de produire 4 à 5 fois plus d'énergie que ne consomme en électricité la PAC. En comparaison, une chaudière au gaz ou au fioul possède un rendement variant de 85 % à 110 %.

## 3. PROJET

### 3.1 Plans de situation

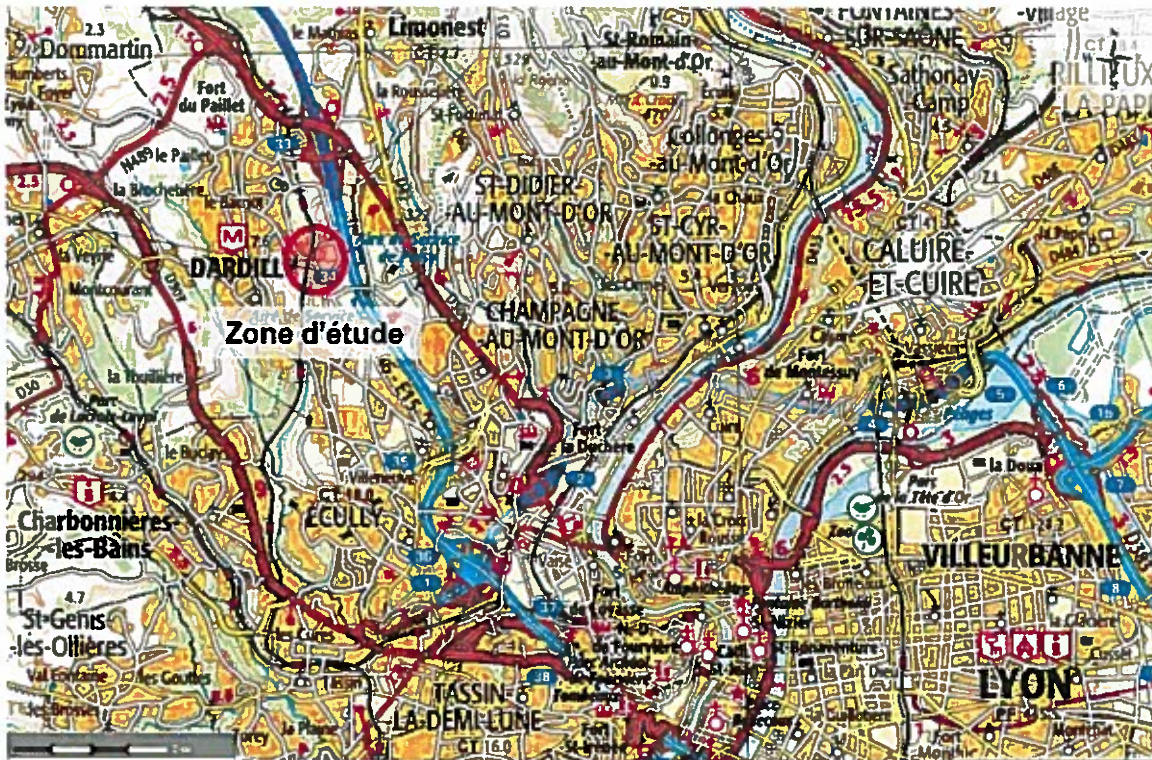
Le projet de construction se situe sur la commune de Dardilly (69), sis 5 rue de la Brocardière. Il est localisé sur le Plateau lyonnais, qui surplombe l'agglomération lyonnaise, au sein d'une zone d'affaires de Dardilly.

Les environs immédiats du projet sont constitués :

- De l'autoroute A6 qui longe la limite Est de la zone d'affaires, à environ 400 m du projet ;
- D'une ligne ferroviaire longeant le thalweg, à moins de 100 m à l'Ouest du projet ;
- De zones industrielles ou commerciales, de zones agricoles et de tissu urbain.

La pente topographique sur la parcelle d'étude est de l'ordre de 10% vers le Nord-Ouest et l'altitude d'environ +/- +290 m NGF.

Localisation sur fond de carte topographique (IGN)

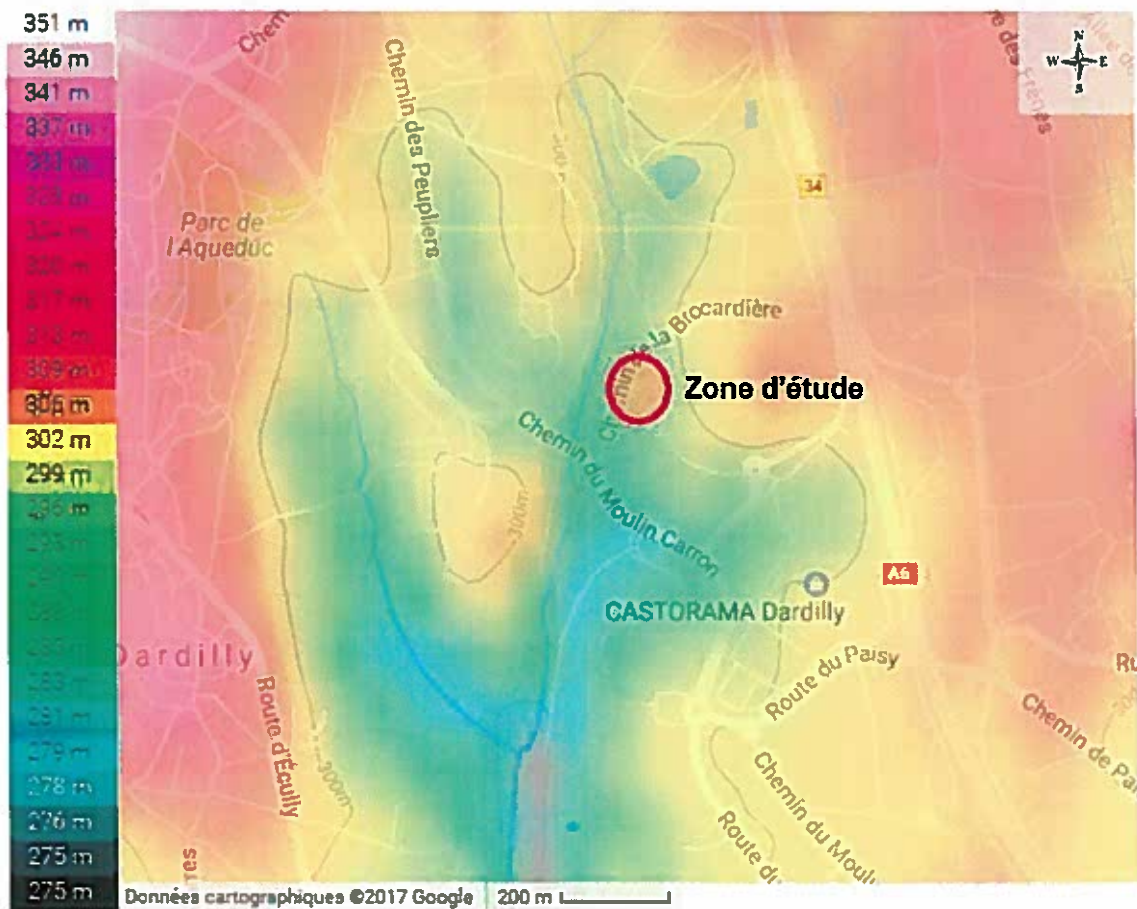


Localisation sur fond orthophotographique (IGN)



Un extrait de la carte topographique permet d'apprécier le relief aux alentours du site de l'étude :

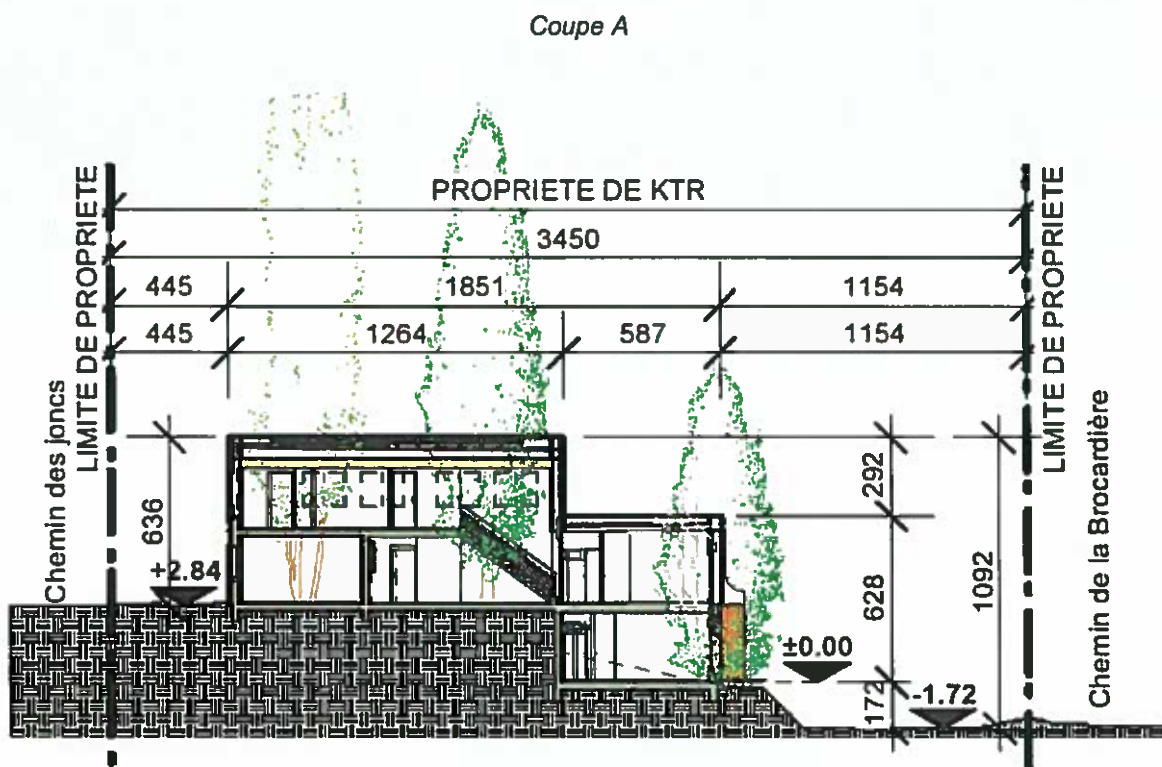
Extrait de la carte topographique du secteur d'étude



### 3.2 Détails du projet

Le projet consiste en la rénovation d'un bâtiment tertiaire de 900 m<sup>2</sup>. Il est réparti sur 3 niveaux et comprend :

- Des espaces verts, dont des arbres à planter, à conserver et à enlever ;
- Des parkings et un quai de livraison ;
- Un bâtiment équipé de panneaux photovoltaïques.



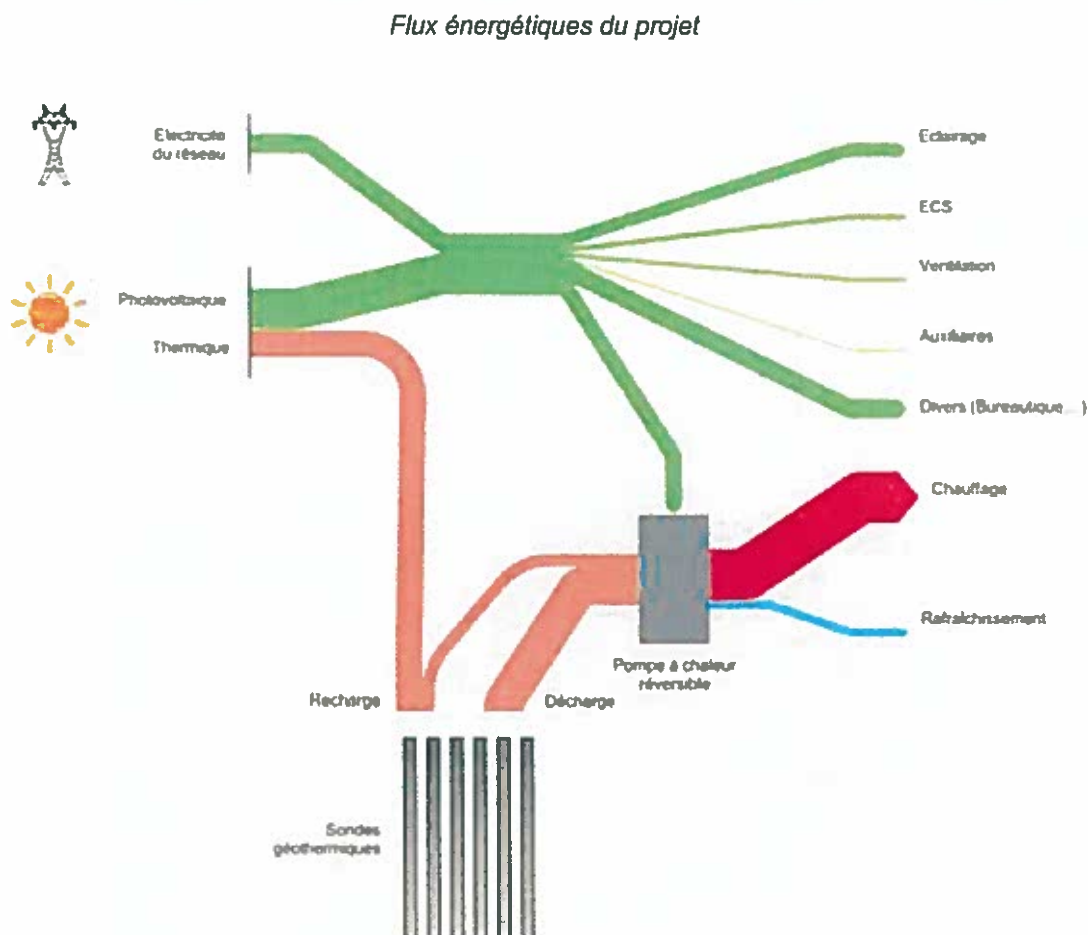




### 3.3 Besoins thermiques

Les données thermiques du projet nous ont été transmis par le BET CVC AMSTEIN+WALTHERT.

Le diagramme de Sankey ci-dessous permet de visualiser les flux énergétiques du projet :



L'installation géothermique comprend notamment :

- Une pompe à chaleur réversible ;
- Un champ de sondes géothermiques verticales ;
- Des panneaux solaires hybrides pour entre autre une recharge thermique du sous-sol, étant donné le déséquilibre entre les besoins de chaud et de froid.

Les besoins thermiques du projet, en chaud et en froid et nécessitant la ressource la géothermique, sont les suivants :

*Besoins thermiques du projet (données AMSTEIN+WALTHERT)*

	Chauffage	Refroidissement
Puissance maximale d'appel du bâtiment ( $P_{\text{calorifique}}$ et $P_{\text{frigorifique}}$ )	21,9 kW	16,0 kW
Energie annuelle appelée par le bâtiment	32 MWh	6,6 MWh
Puissance maximale coté sous-sol ( $P_{\text{géothermique}}$ )	16,4 kW	19,1 kW
Energie annuelle coté sous-sol	24 MWh	7,9 MWh
Energie thermique des panneaux hybrides		17,9 MWh

Remarque : L'installation ne comprend pas de geocooling.

La puissance géothermique a été calculée de la manière suivante :

- Pour un dispositif géothermique en mode chauffage :

$$P_{\text{géothermique}} = P_{\text{calorifique}} \times \left(1 - \left(\frac{1}{\text{COP}}\right)\right)$$

- Pour un dispositif géothermique en mode refroidissement:

$$P_{\text{géothermique}} = P_{\text{frigorigifique}} \times \left(1 + \left(\frac{1}{\text{EER}}\right)\right)$$

Avec :

$P_{\text{géothermique}}$  , la puissance coté sous-sol ;

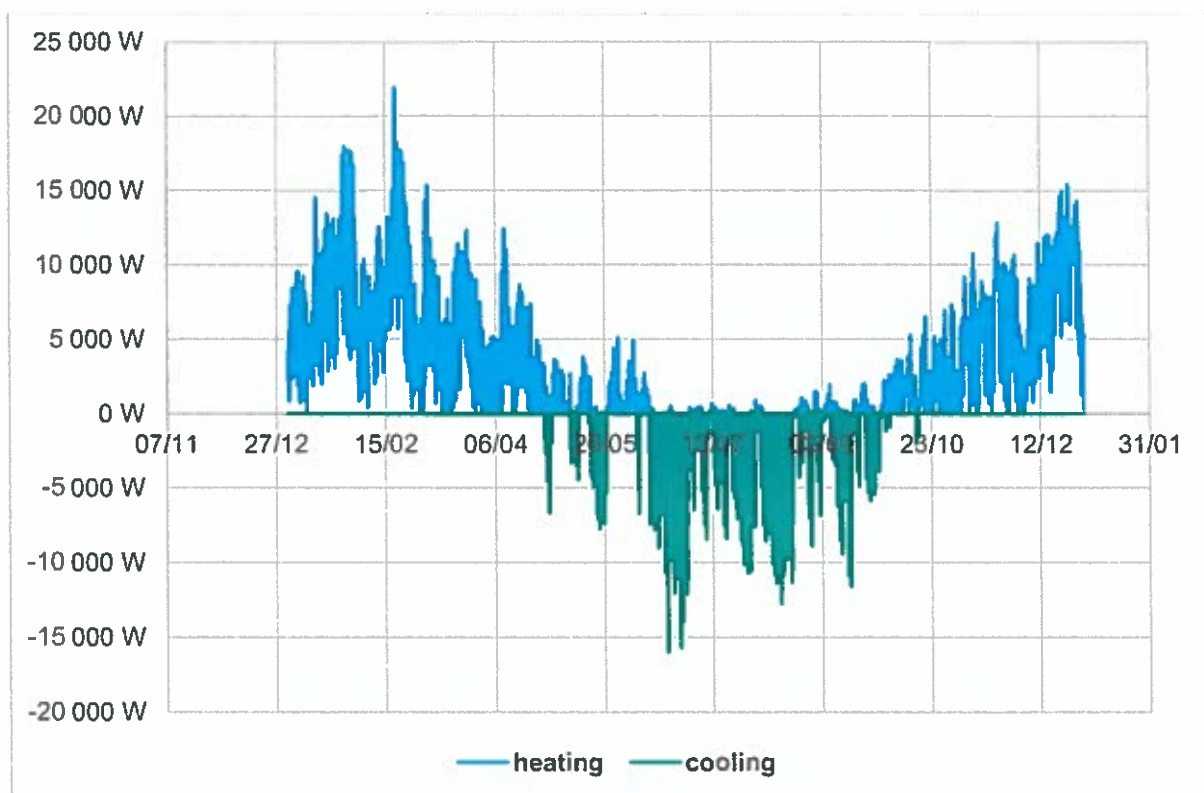
$P_{\text{calorifique}}$  , la puissance de la PAC en mode chauffage ;

$P_{\text{frigorigifique}}$  , la puissance de la PAC en mode refroidissement ;

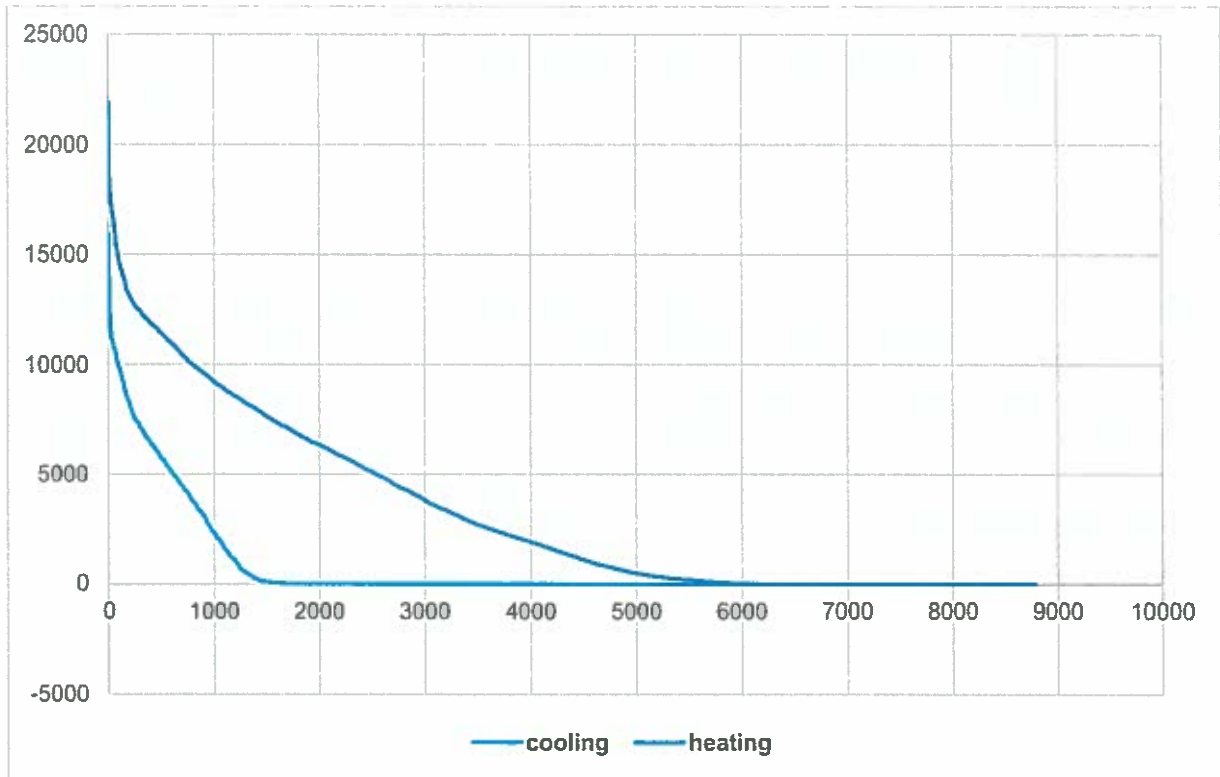
COP, le coefficient de performance moyen théorique en mode chauffage (4, donnée AMSTEIN+WALTHERT) ;

EER, le coefficient de performance moyen théorique en mode refroidissement (5, donnée AMSTEIN+WALTHERT).

Besoins heures par heures



*Monotone des besoins*

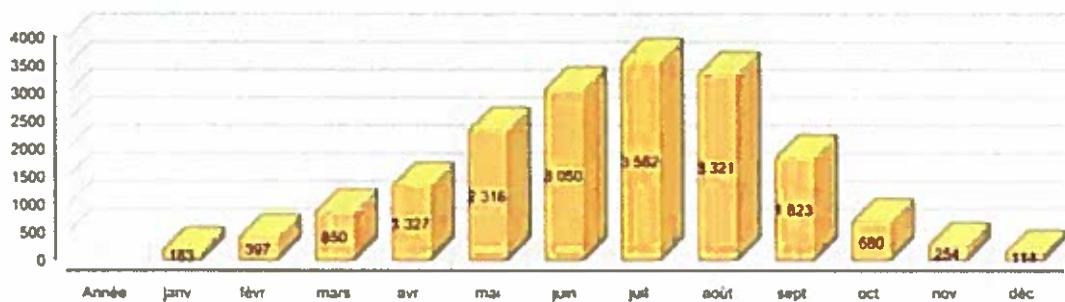


La recharge via les panneaux solaires thermiques (40 m<sup>2</sup>) est de 17,9 MWh/an ou 447.5 kWh/m<sup>2</sup> :

*Recharge mensuelle via les panneaux solaires thermiques (données AMSTEIN+WALTHERT)*

**Energie solaire thermique au système [Qsol]**

**kWh**



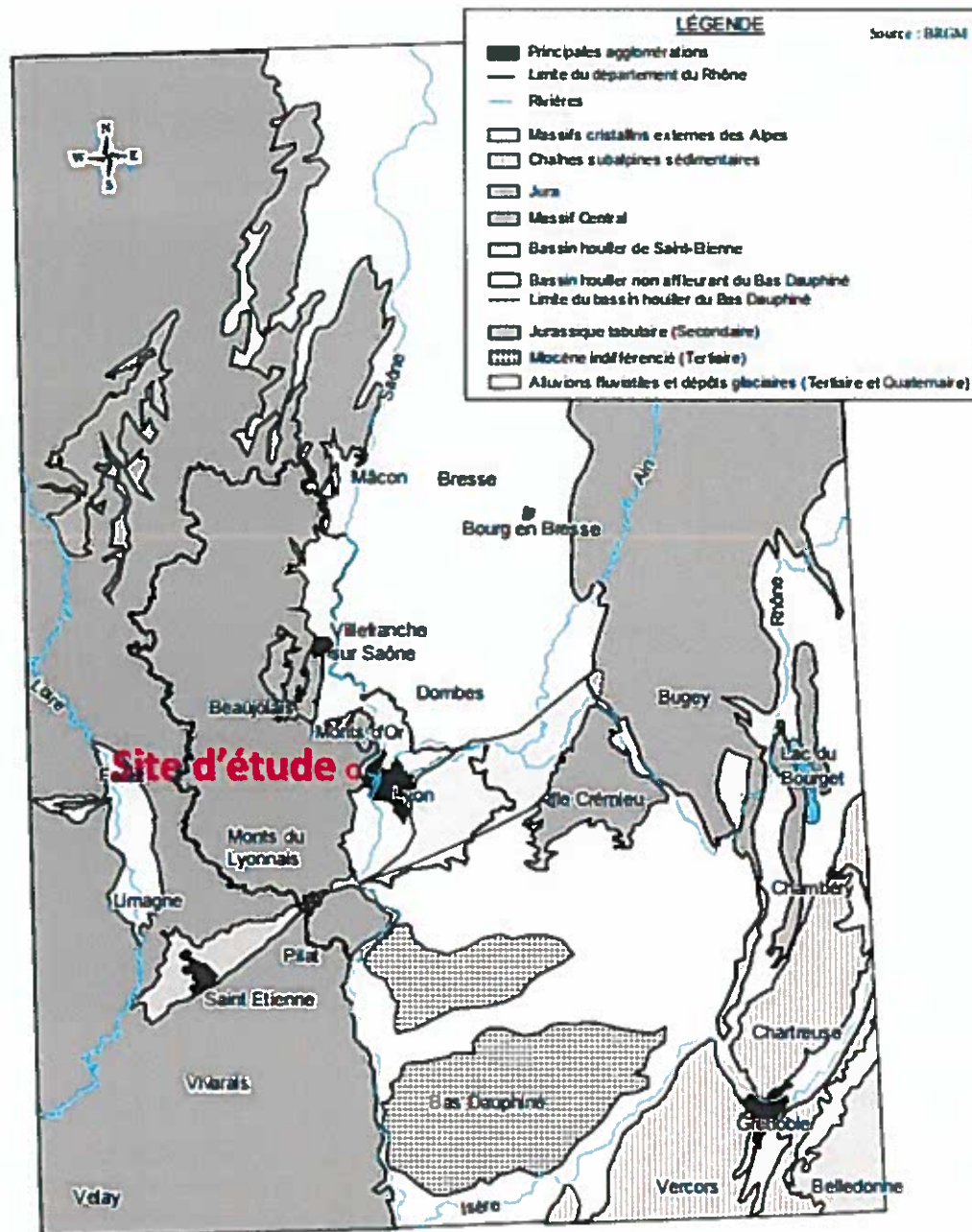
## 4. CONTEXTE GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET THERMIQUE

### 4.1 Géologie

#### 4.1.1 Synthèse régionale

D'après le schéma structural de la région lyonnaise au 1/100 000<sup>e</sup> présentée ci-dessous, il existe quatre grandes unités géomorphologiques bien individualisées : la retombée orientale du Massif Central, la dépression médiane, le Jura et les Alpes.

Schéma structural de la région lyonnaise (Source : RP-55461-FR BRGM - 2007)

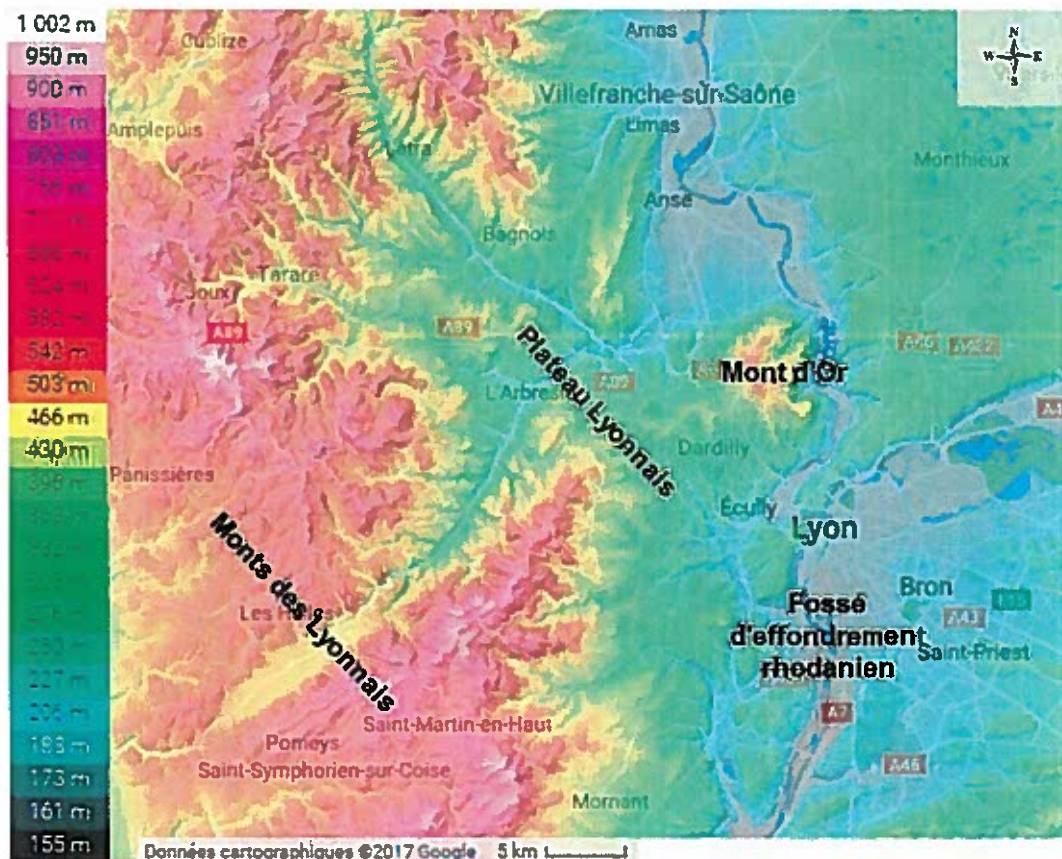


A l'Ouest, le Massif Central est le témoin d'une ancienne chaîne de montagne qui s'est formée lors de l'orogénèse hercynienne à la fin de l'ère primaire. Cette chaîne totalement émergée, a ensuite été soumise à l'érosion et une pénéplaine s'est formée. Au secondaire, la formation de bassins a provoqué le dépôt de sédiments gréseux au Trias, puis d'alternances de marnes et calcaires au Jurassique. Le Mont d'Or fait partie des buttes témoins de cette période. Le massif s'est ensuite relevé et fracturé au tertiaire par le contrecoup de l'orogénèse alpine.

Dardilly se situe au sein du « Plateau lyonnais », une surface d'érosion étalée au pied de la chaîne montagneuse de direction nord-sud des « Monts du Lyonnais ». Alors que ces derniers culminent vers 1 000 m, le Plateau se situe vers 300 m d'altitude. Les directions structurales sont surtout Sud-Ouest – Nord-Est, mais aussi Sud-Sud-Est – Nord-Nord-Ouest. Son réseau hydrographique est conditionné par ces directions et par la paléogéographie tertiaire. Tous les terrains sont cristallins et cristallophylliens, bien que quelques restes de la couverture sédimentaire secondaire y subsistent (tels que sur le Mont d'Or, butte témoin effondrée entre des failles du plateau) ; la bordure du Plateau est également caractérisée par une activité glaciaire quaternaire.

La partie située à l'Est correspond au grand fossé d'effondrement rhodanien, qui relie les plateaux de haute Saône à la Méditerranée : de direction Nord-Sud, il est remblayé par des terrains tertiaires essentiellement oligocènes et miocènes (d'après la notice de la carte géologique de Lyon au 1/50 000, BRGM).

Unités géographiques et géologiques du secteur d'étude



### 4.1.2 Géologie locale

D'après la carte géologique de Lyon au 1/50 000<sup>e</sup> du BRGM, au droit du site les formations affleurantes sont les roches métamorphiques de la série des Monts du Lyonnais (Anatexite). Dans un périmètre proche, les autres formations affleurantes sont très accidentées et faillées, il s'agit des roches plutoniques et de terrains sédimentaires secondaires. De plus, les terrains sont localement recouverts par des alluvions fluviales villafranchiennes, des loess et limons würmiens, etc.

Localisation du projet sur fond de carte géologique au 1/50 000 de Lyon (BRGM)



X		dépôts éoliques
Uy		Tuf post-wurmien
ES		Eboulis et dépôts colluviaux
CR		Colluvions et formations résiduelles du plateau lyonnais : argiles sableuses
RC		Formations résiduelles et colluvions du pourtour du Mont d'Or : argiles à limons à débris calcaires et sables, formations résiduelles diverses.
Ni-j		Formations résiduelles développées sur formations jurassiques : plaquettes calcaires et chailles
OEx		Loess et limons wurmiens
OEUw		Loess et limons anciens
OEU		loess Villafrañense
ly-z		cône de déjection torrentiel
Fy-z		Alluvions fluviales modernes
Fx6		Alluvions fluviales wurmiennes : Stades de la Montsal
Fx5v		Alluvions fluviales wurmiennes : Stade de Grenay, Terrasse de Villeurbanne
Fx2,Fx3		Alluvions fluviales wurmiennes : Alluvions du confluent Saône-Azergues : argiles, sables feldspathiques et galets provenant du Massif Central et des Alpes
Fx4,Fx5		Alluvions fluviales wurmiennes : Alluvions du confluent Saône-Azergues : argiles, sables feldspathiques et galets provenant du Massif Central et des Alpes
FGa3		Plages alluviales fluvo-glaciaires wurmiennes : de la cône de Dornes (stades de Meyrier)
FGx1-2		Plages alluviales fluvo-glaciaires wurmiennes : des allées pérennes (stades du maximum et de Fourvière)
Gx		Complexes morainiques wurmiens : stades non différenciés
Gx		Complexes morainiques wurmiens : stades non différenciés
Gx2		Complexes morainiques wurmiens : Stade de Fourvière, moraines argileuses ou chaillesuses
Fw		Alluvions fluviales antennes ("alluvions jaunes")
Fu		Alluvions fluviales villafrañennes (niveaux successifs et molles) : gros galets de quartzite dans matrice argileuse

p1c		Pliocène lacustre : marnes argiles, sables et cailloux à lignite
m2b		Miocène supérieur d'eau douce : conglomérats argiles et sables
m2a		Miocène inférieur marin : sables calcaires et miscés
mC		Formation calcaireuse de la Croix-Laival (âge ?)
g		Grès divers
J2		Calcaire bathonien à sables (Bathonien)
J1		Marnes-calcaires rognonnaises à pisolites feuilletées et calcaires "Cret" (Bathonien moyen et supérieur)
I9c		Calcaires de Couzon (sommets) (asénién supérieur)
I9b		Calcaires de Couzon (base) calcaires à Cancelloncyus (asénién moyen)
I7-9a		Marnes et calcaires à oolites feuilletées (Toscan et asénién)
I5-6		Marnes, argiles et calcaires argileux "Lurichete" (Fleischbachien)
I3-4		Calcaires "à gros de quartz" et calcaires à Gryphées
I1-2		Calcaires et marnes (metanien)
t.		Tines et Rhétien : grès grossiers, calcaires roses de la Font-Pouvre argiles baroëses et grès feldspathiques (Rhétien distingué localement)
t.		Tines et Rhétien : grès grossiers, calcaires roses de la Font-Pouvre argiles baroëses et grès feldspathiques
		Roches métamorphiques : série de la Brevenne : groupe de Couzou - St-Julien : schistes à intercalations d'amblyocates et de formations volcaniques
M <sup>1</sup>		Roches métamorphiques : Série des Monts du Lyonnais : Anetaxite à biotite ou à deux micas
M <sup>2</sup> C		Roches métamorphiques : Série des Monts du Lyonnais : Anetaxite à biotite et corailite
δ		Roches métamorphiques : Série des Monts du Lyonnais : amphibolite (et porphyrite)

Y.		Roches plutoniques : granite
Y.		Roches plutoniques : granite
Y.		Roches plutoniques : granite ornenté à deux micas
Q.		Roches plutoniques : Quartzite foncé
Q.		Roches plutoniques : gran de quartz météorite

D'après les données de la Banque du Sous-Sol, la succession géologique supposée au droit de la parcelle d'étude est la suivante :

*Colonne lithostratigraphique supposée*

Age	Formation	Lithologie	Profondeur du toit (m/TN)	Epaisseur de la formation (m)
Quaternaire	Formations alluviales et lœssiques	Lœss composés d'argile et de quelques graviers et Alluvions fluviales de type argile, argile sableuse, graviers, sable	0	5
Paléozoïque	Granite d'anatexie, granite et gneiss indifférenciés	Roche altérée à composante principalement argileuse	5	40
		Roche saine	45	>155

## 4.2 Hydrogéologie

Le **Plateau lyonnais**, formé de terrains cristallins sporadiquement recouverts de formations résiduelles argileuses, peut être considéré comme totalement dépourvu de ressources en eau (d'après la notice de la carte géologique de Lyon au 1/50 000 - BRGM).

*Remarque (d'après le rapport 8-1-1962 du BRGM – Examen des possibilités aquifères de la région lyonnaise) :*

- *Il existe toutefois des ruissellements au toit du gneiss dans les régions où les terrains métamorphiques sont recouverts de lœss, ce qui peut donner naissance à des sources saisonnières et de faibles débits (comme à Saint-Cyr-au-Mont-d'Or).*
- *De plus, des nappes alluviales localisées peuvent être observées ; elles sont alimentées par les massifs cristallins qui bordent les thalwegs et sont de nature légèrement acide.*

Tandis qu'à l'Ouest dans les **Monts du Lyonnais**, la couverture arénique est suffisante pour donner naissance à des circulations souterraines peu profondes (jusqu'à la limite de la roche saine et du gore – roche résultant de l'altération des roches cristallines). Le débit n'est au mieux que de quelques litres par minute (d'après la notice de la carte géologique de Lyon au 1/50 000 - BRGM).

Le **Massif du Mont d'Or** restitue une partie de l'eau infiltrée dans les séries calcaires d'âge secondaire sous la forme de quelques sources, peu productives ou de mauvaise qualité (d'après la notice de la carte géologique de Lyon au 1/50 000 - BRGM).

Les niveaux piézométriques recensés en BSS à proximité de la zone d'étude sont présentés dans le tableau suivant. Ils sont mesurés dans les nappes superficielles des lœss et des alluvions, ainsi que dans les formations cristallines altérées. L'ensemble des mesures enregistrées indique des niveaux de faible profondeur :



*Niveaux piézométriques recensés en BSS*

Référence BSS	Nature de l'ouvrage	Profondeur de l'ouvrage (m/sol)	Niveau mesuré (m/sol)	Niveau mesuré (m NGF)	Formation
06981D0124	Puits	3,3	3,07	328	Recouvrement lœssique
06986H0033	Sondage	17	15,7	244,3	Alluvions fluvio-glaciaire
06981D0120	Puits	11,65	9,31	299,5	Gneiss altéré couvert de quelques mètres de formations lœssiques
06981D0121	Puits	13,15	4,95	291	Gneiss altéré couvert de quelques mètres de formations lœssiques
06981D0119	Puits	6,5	1,07	283	Gneiss altéré
06981D0118	Puits	13,4	10,2	267	Gneiss altéré
06981D0122	Puits	9,2	5,9	302,5	Granite d'anatexie, arénitité et tendre en partie supérieure, peu fissuré
06981D0115	Puits	14,3	2,62	338	Granite d'anatexie
06981D0123	Puits	13,6	10,6	311,5	Granite d'anatexie altéré

### 4.3 Hydrologie

*Réseau hydrographique (Source : Géoportail)*



La Saône coule du Nord au Sud, au pied du Plateau lyonnais et sur le bord occidental du fossé d'effondrement. Le Rhône vient de l'Est et butte également contre le rebord du plateau, où les deux rivières viennent confluer (d'après la notice de la carte géologique de Lyon, BRGM).

Le site d'étude est situé dans le vallon du ruisseau de Serre, un affluent du ruisseau des Planches et à plus grande échelle de la Saône. Ils constituent un corridor écologique remarquable qui leur vaut le statut d'espace naturel sensible.

## 4.4 Contexte thermique des terrains

### 4.4.1 Définition des paramètres thermiques

Dans un projet de géothermie, notamment sur sondes géothermiques verticales, la connaissance des paramètres thermiques du sous-sol est indispensable. Les trois principaux paramètres à définir lors des études de pré-faisabilité et de faisabilité sont :

- la conductivité thermique,
- la capacité calorifique du sol,
- la température et le gradient géothermal.

#### 4.4.1.1 La conductivité thermique

La conduction thermique est le principal mode de transfert de chaleur au sein du sol. Elle résulte de l'échange d'énergie cinétique entre les molécules qui s'entrechoquent, sans déplacements de celles-ci (Sauty, 1981). D'après la loi de Fourier (1822), le flux thermique  $Q$  est proportionnel au gradient de température  $\Delta T / \Delta X$ . Le coefficient de proportionnalité  $\lambda$  est appelé « conductivité thermique » qui s'exprime en  $W.m^{-1}.K^{-1}$ .

Cette grandeur dépend directement de la lithologie (granulométrie et composition), de la température, ainsi que de la présence ou non d'eau dans les terrains. Elle peut être estimée dans un premier temps à partir de la coupe géologique du site ; un test de réponse thermique (TRT) sur site ou un essai de conductivité thermique en laboratoire peut permettre dans un second temps d'affiner la connaissance de ce paramètre.

#### 4.4.1.2 La capacité calorifique

D'après l'ouvrage « Base de dimensionnement des systèmes exploitant la chaleur du sol à basse température » de la société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA), un déséquilibre énergétique, sous forme de prélèvement ou d'apport d'énergie, se traduit par une variation de la température. Ce phénomène d'« effet capacitif » conduit à la définition de la « capacité calorifique massique » ou « chaleur spécifique ». Cette grandeur correspond à la quantité d'énergie calorifique à fournir à une unité de masse d'un corps pour élever sa température de  $1^{\circ}C$ . La « capacité calorifique volumique » correspond à la quantité d'énergie calorifique à fournir à une unité de volume d'un corps pour élever sa température de  $1^{\circ}C$  :

$$Q \Delta T = \rho C \Delta V \Delta T = C_v \Delta V \Delta T$$

Avec :

$Q$ , l'énergie calorifique (en J),

$\Delta T$ , la variation de température (K),

$\Delta V$ , le volume (en  $m^3$ ),

$C$ , la capacité calorifique massique ( $J.kg^{-1}.K^{-1}$ ),

$\rho$ , la densité du corps,

$C_v$ , la capacité calorifique volumique ( $J.m^{-3}.K^{-1}$ ).

Cette grandeur dépend également de la lithologie (granulométrie et composition), ainsi que de la présence ou non d'eau dans les terrains. Elle peut être estimée dans un premier temps à partir de la coupe géologique du site.

#### 4.4.1.3 La température et le gradient géothermal

Le gradient géothermal correspond à l'accroissement de la température avec la profondeur. Il est de 3°C pour 100 en moyenne mais peut varier énormément en fonction du contexte géologique. Dans le bassin parisien, le gradient géothermal habituellement retenu est de l'ordre de +3,3°C pour 100 m.

En Europe, la température du sous-sol à 10 m de profondeur est de l'ordre de 12°C en permanence (d'après Aquifères et eaux souterraines en France, 2006).

Ces deux paramètres sont essentiels dans le cadre de projets de géothermie, étant donné qu'ils ont une influence directe sur le processus thermodynamique (pompe à chaleur et/ou climatisation).

#### 4.4.2 Estimation des paramètres thermiques au droit du projet

Une estimation de la conductivité thermique et de la capacité calorifique des terrains au droit du projet a été réalisée à partir de la coupe géologique et lithologique (voir § 5.3) et des valeurs de références d'un certain nombre de roche. Le tableau de référence utilisé est présenté en Annexe 3.

*Estimation de la conductivité thermique et de la capacité calorifique*

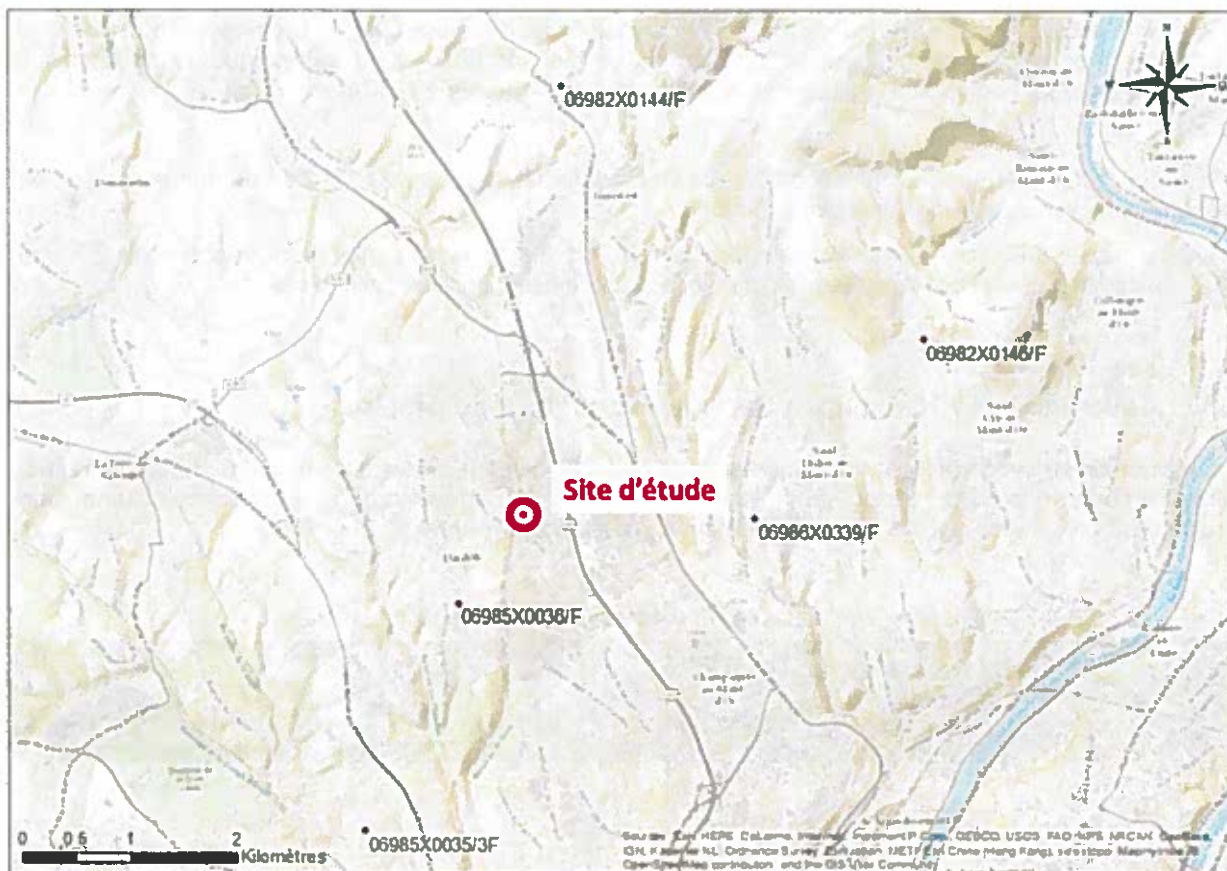
Age	Formation	Lithologie	Profondeur du toit (m/TN)	Epaisseur de la formation (m)	Conductivité thermique (W/mK)	Capacité thermique (MJ/m <sup>3</sup> K)
Quaternaire	Formations alluviales et lacustriques	Lœss composés d'argile et de quelques graviers et Alluvions fluviatiles de type argile, argile sableuse, graviers, sable	0	5	1,7	2,5
Paléozoïque	Granite d'anatexie, granite et gneiss indifférenciés	Roche altérée à composante principalement argileuse	5	40	2	2,5
		Roche saine	45	55-155	3	2,4
<b>Sonde géothermique verticale - 100 m</b>					<b>2,5</b>	<b>2,4</b>
<b>Sonde géothermique verticale - 200 m</b>					<b>2,8</b>	<b>2,4</b>

D'après nos retours d'expérience à proximité du secteur d'étude, la température moyenne des terrains est de l'ordre de 13°C pour un forage à 100 m de profondeur et de 15°C pour un forage à 200 m de profondeur.

#### 4.4.3 Géothermie

D'après la Banque de données du Sous-Sol, aucune installation de géothermie n'est connue à moins d'un kilomètre du projet :

*Recensement des installations géothermiques déclarées à proximité du projet (BSS)*



## 5. CONTEXTE ADMINISTRATIF ET REGLEMENTAIRE, NORMES ET AIDES

Tous les acteurs de projets de géothermie sur aquifère et/ou sur champ de sondes doivent se conformer à la réglementation en vigueur (tant nationale que locale) et en particulier aux obligations en matière de protection de l'environnement et des conditions de travail.

Trois séries de textes régissent les dispositions réglementaires applicables aux projets de géothermie sur aquifère et/ou sur champ de sondes : le code civil, le code minier, le code de l'environnement.

Dans le cadre de ces opérations, nous tenons à rappeler que toute réalisation de forage doit se conformer aux règles en vigueur et si elles n'étaient pas respectées, la mise en demeure des prestataires en charge de la conception et de l'exécution des travaux de forages serait automatiquement appliquée, avec à charge la reprise de toutes ou parties des ouvrages non conformes.

### 5.1 DT/DICT

Avant la réalisation de tous travaux souterrains, le maître d'ouvrage, ou son délégataire, doit engager les démarches administratives en conformité avec la législation applicable en France et notamment de l'arrêté du 15 février 2012 pris en application du chapitre IV du titre V du livre V du code de l'environnement relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> JORF n°0045 du 22 février 2012 page 2988 - texte n° 10. NOR: DEVP1116359A

Ainsi, les travaux projetés à proximité de canalisations et réseaux enterrés doivent être déclarés à leurs exploitants, avant leur exécution, au moyen de la déclaration de projet de travaux (DT – ex. DR) par le maître d'ouvrage, et la déclaration d'intention de commencement de travaux (DICT) par l'exécutant des travaux<sup>2</sup>. Le repérage des réseaux (câbles électriques, conduites d'eau ou de gaz, etc.) doit être fait avant l'engagement des travaux.

## 5.2 Code civil

Du point de vue du Code Civil (Article 2270), le constructeur d'un ouvrage est responsable des dommages éventuels causés par l'ouvrage. Cette responsabilité est engagée pendant une période de 10 ans (garantie décennale). Ainsi, Le Maître d'Ouvrage devra s'assurer que l'entreprise de forage est bien titulaire d'une police « responsabilité civile décennale ».

## 5.3 Code de l'environnement

Le Maître d'Ouvrage doit se rapprocher du service en charge de la Police de l'Eau (DREAL Auvergne – Rhône-Alpes), pour connaître les démarches à entreprendre. Les services de la préfecture peuvent utilement être consultés pour le service compétent.

La réalisation des forages doit respecter les prescriptions générales mentionnées au décret n°2003-868 du 11 septembre 2003.

Les principales dispositions liées au Code de l'environnement qui pourraient être appliquées sur des projets de sondes géothermiques verticales peuvent être résumées ainsi :

- le site d'un forage est choisi de façon à prévenir les risques de pollution depuis la surface ou souterraines par mélange de niveaux aquifères.
- la distance d'un forage doit être supérieure à :
  - 200 m de décharges et stockages de déchets ;
  - 35 m de stockages d'hydrocarbures, de produits chimiques et phytosanitaires ;
  - 35 m d'ouvrages d'assainissement ;
- la réalisation d'un chantier de forage doit prendre en compte des précautions particulières pour prévenir les risques de pollution accidentelle.

## 5.4 Démarches administratives concernant les PAC

Pour mémoire, les dispositifs d'évacuation de chaleur ou de refroidissement sur air ne sont pas pris en compte dans ce paragraphe, toutefois il est nécessaire de rappeler que les services administratifs considèrent que si l'un des dispositifs thermiques est soumis à l'une des rubriques ICPE, c'est l'ensemble de l'installation qui est alors soumise au régime ICPE.

Au sujet des pompes à chaleur, selon la nomenclature annexée à l'article R. 511-9 du code de l'environnement, les unités de production thermique qui ont recours à des installations de compression sont soumises à la réglementation concernant les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) à deux titres :

- **Puissance absorbée – Rubrique 2920**

La rubrique 2920 stipule que l'installation est soumise à autorisation lorsque la puissance absorbée est supérieure à 10 MW.

Cette rubrique ne possède pas de régime déclaratif.

- **Quantité de gaz à effet de serre – Rubrique 4802-2a**

<sup>2</sup> Attention : une nouvelle DICT est nécessaire, si les travaux annoncés dans la première ne sont pas entrepris dans un délai de 3 mois à compter de la consultation du guichet unique, ou en cas d'interruption des travaux de plus de 3 mois.

D'après le décret n° 2012-1304 du 26 novembre 2012 modifiant la nomenclature des installations classées les « gaz à effet de serre fluorés visés par le règlement (CE) n° 842/2006 ou substances qui appauvrissent la couche d'ozone visées par le règlement (CE) n° 1005/2009 (fabrication, emploi, stockage) ».

Les fluides frigorigènes utilisés dans les PAC entrent dans la catégorie des gaz à effet de serre.

La rubrique 4802-2a indique que l'installation est soumise à déclaration dès lors que la quantité cumulée de fluide frigorigène susceptible d'être présente dans l'installation est supérieure ou égale à 300 kg. Cette rubrique ne possède pas de régime d'autorisation.

Le tableau suivant résume les rubriques ICPE concernées.

Nomenclature ICPE

Rubrique	Critère	Seuil	Régime
2920	« Installation de compression fonctionnant à des pressions effectives supérieures à $10^5$ Pa et comprimant ou utilisant des fluides inflammables ou toxiques, la puissance absorbée étant supérieure à 10 MW »	Puissance absorbée > 10 MW	Autorisation
4802-2a	« Equipements frigorifiques ou climatiques (y compris pompe à chaleur) de capacité unitaire supérieure à 2 kg, la quantité cumulée de fluide susceptible d'être présente dans l'installation étant supérieure ou égale à 300 kg »	Fluide frigo. > 2 kg par machine et > 300 kg par installation	Déclaration (soumis à contrôle périodique tous les 5 ans)

Concernant les ICPE, le service instructeur est la DREAL Auvergne – Rhône-Alpes.

## 5.5 Code minier

Le cadre réglementaire général relatif à la géothermie (code minier, code de l'environnement) a été modifié au 1<sup>er</sup> juillet 2015. Le régime dérogatoire de la géothermie dite de « minime importance » a été clarifié et borné. Autrement dit, si l'une des conditions stipulées dans les textes de loi concernant la géothermie de minime importance ne pourrait être respectée, le régime général initial s'appliquerait.

### 5.5.1 Régime général – géothermie « basse température »

L'exploitation de gîte géothermiques à basse température (<150°C) est encadré par le code minier et le code de l'environnement.

Ces exploitations sont soumises à des demandes d'autorisation préalables au titre de code minier, et notamment par :

- l'article L124-4 du code minier stipulant que « Nul ne peut entreprendre un forage en vue de la recherche de gîtes géothermiques à basse température sans une autorisation de recherches accordée par l'autorité administrative » ;
- l'article L.134-4 du code minier stipulant que « Les gîtes géothermiques à basse température ne peuvent être exploités qu'en vertu d'un permis d'exploitation accordé par l'autorité administrative » ;
- le décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie ;
- le décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des travaux de stockages souterrains.

### 5.5.2 Régime dérogatoire – géothermie dite de « minime importance »

Le décret n° 2015-15 du 8 janvier 2015 ainsi que les arrêtés associés, fixent le cadre réglementaire du régime dérogatoire déclaratif concernant les exploitations de géothermie dites de « minime importance ».

Le décret n° 2015-15 du 8 janvier 2015 modifie les décrets du code minier cités au paragraphe précédent et les articles R122-2 et R414-27 du code de l'environnement.

Les seuils stipulés dans les textes de loi concernant la géothermie de minime importance sont les suivants :

- profondeur des ouvrages géothermiques > 10 m et < 200 m ;
- puissance thermique « échangée » avec la ressource < 500 kW ;
- prise en compte de l'incidence sur le contexte environnemental local et les exploitations souterraines référencées administrativement, l'activité projetée ne devant pas engendrer d'impact « significatif » ;
- obtention du récépissé de dépôt du dossier de déclaration sur la plateforme numérique, suite au renseignement de l'ensemble des pièces demandées ;
- certificat de qualification de l'entreprise de forage : RGE-QUALIFORAGE de l'année en cours.

Les seuils spécifiques concernant la géothermie de minime importance sur nappes d'eau souterraine sont les suivants :

- température de prélèvement < 25°C ;
- température de rejet < 32°C ;
- l'activité projetée ne devant pas engendrer de « variation de température de la nappe d'eau exploitée de plus de 4°C à 200 m » des ouvrages géothermiques ;
- rejet des eaux pompées au sein de leur aquifère d'origine, et bilan quantitatif nul entre les volumes pompés et injectés ;
- le seuil concernant le débit exploité correspond à celui de la rubrique 5.1.1.0 du code de l'environnement : < 80 m<sup>3</sup>/h (a priori, hors prélèvement en zone classée Z.R.E.).

Les seuils spécifiques concernant les sondes géothermiques verticales (S.G.V) sont les suivants :

- la température du fluide caloporteur en sortie de PAC doit être comprise entre -3°C et + 40°C ;

De plus, la procédure dépend du zonage géographique à laquelle appartient le secteur du projet. Trois zones sont définies :

- en zone verte, une simple télédéclaration fait office du dossier administratif ;
- en zone orange, cette télédéclaration doit être complétée par un avis d'expert agréé ;
- en zone rouge, la procédure de minime importance ne peut pas être appliquée, le projet est donc soumis à un dossier lourd de type autorisation code minier.

La zone d'étude est en zonage vert :

Zonage géothermique (Source <http://www.geothermie-perspectives.fr/>)



Enfin, le régime de la minime importance implique le respect des prescriptions de l'arrêté du 25 juin 2015, dont notamment le respect de certains documents complémentaires :

- Les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) ;
- Les règlements des schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) ;
- Les plans de prévention des risques naturels ;
- Les servitudes d'utilité publique ;
- Les dispositions du règlement sanitaire départemental.

### 5.5.3 Dossier de déclaration – Code minier

#### 5.5.3.1 La constitution du dossier de déclaration

À noter que d'après l'article 20 du décret n°2015-15 du 08 janvier 2015, « Cette déclaration vaut accomplissement des procédures prévues par le II de l'article L. 214-3 du code de l'environnement et par l'article L. 411-1 du code minier », i.e. la déclaration au titre de la géothermie dite de « minime importance » vaut pour le code de l'environnement (loi sur l'eau) et le code minier (déclaration de forage de plus de 10 m).

La déclaration au titre de la géothermie dite de « minime importance » doit être effectuée via la plateforme de télé-service dédiée.

Elle est effectuée par l'exploitant, défini par l'article 26 du présent décret, ou en son nom par tout sous-traitant intervenant dans l'activité de géothermie. La qualité du déclarant est mentionnée lors de la déclaration

D'après l'article 20 du décret n°2015-15 du 08 janvier 2015, « la déclaration d'ouverture de travaux d'exploitation d'un gîte géothermique de minime importance » comporte notamment les éléments suivants :

- Les pièces utiles à l'identification du déclarant et l'indication de la qualité en laquelle il présente le dossier ainsi que l'identification de toutes les parties prenantes intervenant dans le projet d'exploitation du gîte géothermique de minime importance, notamment le propriétaire, l'exploitant, l'entreprise de forage qualifié et le cas échéant l'expert agréé ;
- La justification de la propriété des terrains par l'exploitant ou, à défaut, la fourniture de l'accord du ou des propriétaires ou du syndicat de copropriété s'il y a lieu, pour la réalisation de l'ouverture des travaux d'exploitation du gîte ;
- La preuve de mandat de déclaration de l'exploitant lorsque la déclaration est réalisée par un sous-traitant intervenant dans l'ouverture des travaux ;
- Une description de la zone de l'emplacement des ouvrages de forage, en mentionnant les enjeux présents à son voisinage, ainsi que les caractéristiques principales du projet géothermique envisagé. L'emplacement de chaque ouvrage projeté est indiqué dans le système de localisation WGS 84 ;
- Une présentation des travaux projetés et des mesures prises pour prévenir les impacts sur l'environnement ;
- Lorsque l'installation de géothermie de minime importance envisagée est localisée sur une zone orange prévue à l'article 22-6, une attestation de l'expert agréé dans les conditions prévues à l'article 22-8 qui constate la compatibilité du projet au regard du contexte géologique de la zone d'implantation et de l'absence de dangers et inconvénients graves pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 161-1 du code minier. La déclaration est considérée comme incomplète lorsque cette attestation n'est pas jointe. »

#### 5.5.3.2 Les délais d'instruction du dossier de déclaration

Il n'y a pas de délais d'instruction. Le récépissé de dépôt du dossier complet sur la plateforme de télé-service dédiée est suffisant. Toutefois, en zonage cartographique ORANGE, il faut intégrer au délai de montage du dossier, le délai de réalisation de l'étude de l'expert agréé lui permettant de délivrer son attestation.

Pour information, les bureaux d'études BURGEAP et CEBTP sont des organismes agréés pour ce type d'expertise.



#### 5.5.4 Dossier de demande d'autorisation – Code minier

Pour les projets dépassant les seuils précités et ceux localisés dans le zonage cartographique de couleur rouge, il est nécessaire d'obtenir l'autorisation préalable au titre du code minier pour réaliser les travaux, ainsi que le permis de recherche et d'exploitation.

Cette demande d'autorisation est soumise à enquête publique, ce qui porte le délai d'instruction de l'ordre de 8 à 12 mois.

##### 5.5.4.1 La constitution de la demande d'autorisation

La constitution d'un dossier de demande d'autorisation se réfère à une demande de recherches et d'ouvertures de travaux conformément aux dispositions du Décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de gîtes géothermiques à basse température et du Décret n°2006-649 du 2 Juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains.

Le dossier de demande d'autorisation comportera les pièces ci-après :

- lettre officielle de demande à Monsieur le Préfet ;
- informations non techniques ;
- demande d'autorisation de recherches ;
- demande d'ouverture de travaux ;
- étude d'impact comportant une étude d'incidence sur la ressource en eau ;
- document de santé et de sécurité.

##### 5.5.4.2 Les délais d'instruction de la demande d'autorisation

Cette procédure représente un délai de 8 à 12 mois entre la constitution du dossier de demande d'autorisation et l'instruction du dossier par l'administration publique :

- constitution du dossier de demande d'autorisation au titre du code minier : 1 à 2 mois ;
- instruction auprès de la DREAL et des services de l'Etat concernés par le projet : 8 à 9 mois ; dont 1 mois d'enquête publique (incompressible).

## 5.6 Compatibilité du projet avec la réglementation locale

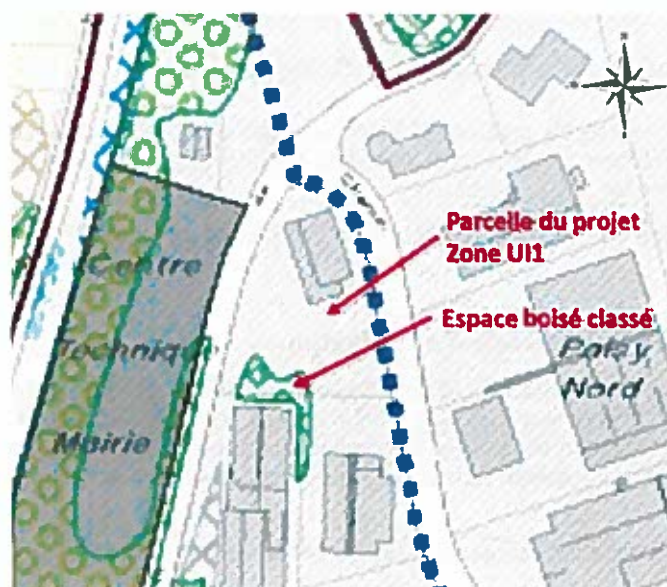
### 5.6.1 Périmètres de protection

Aucun périmètre de protection n'est connu sur la parcelle d'étude. Une demande auprès des services de l'Agence Régionale de Santé du Rhône est en cours pour confirmation. La réponse vous sera transmise dès réception.

### 5.6.2 Plan Local d'Urbanisme et servitudes d'utilité publique

La parcelle du projet est implantée au sein de la zone UI1 du PLU. Le règlement ne recense aucune prescription particulière liée à la géothermie. Les annexes du PLU décrivent un aléa faible à inexistant face au retrait-gonflement des argiles. Aucune servitude d'utilité publique n'est recensée sur le zonage réglementaire, mis à part un espace boisé classé en limite Sud de la parcelle :

Zonage PLU et servitudes d'utilité publique



### 5.6.3 Plan de Prévention des Risques Naturels

Le Plan de Prévention des Risques Naturels d'Inondation (PPRni) de l'Yzeron a été approuvé le 22 octobre 2013. Il concerne 21 communes, dont Dardilly ; la parcelle du projet se trouve hors du zonage réglementaire, et ne fait donc pas l'objet d'un règlement spécifique.

### 5.6.4 SDAGE

Le 20 novembre 2015, le comité de bassin a adopté le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2016-2021 et a donné un avis favorable au Programme de mesures qui l'accompagne. Ces deux documents ont été arrêtés par le Préfet coordonnateur de bassin le 3 décembre 2015 et sont entrés en vigueur le 21 décembre 2015 consécutivement à la publication de l'arrêté au *Journal officiel* de la République française. Ils fixent la stratégie 2016-2021 du bassin Rhône-Méditerranée pour l'atteinte du bon état des milieux aquatiques ainsi que les actions à mener pour atteindre cet objectif.

Les dispositions suivantes s'appliquent à la géothermie :

- Disposition 7-04 « Rendre compatibles les politiques d'aménagement du territoire et les usages avec la disponibilité de la ressource [...] En contexte urbain et périurbain, dans le cas de pressions trop importantes sur les eaux souterraines ayant déjà conduit ou pouvant à terme conduire à des désordres (surexploitation conduisant à des désordres géotechniques, obstacles à l'écoulement provoquant des inondations d'ouvrages souterrains, déséquilibre dans les exploitations géothermiques...), les collectivités sont invitées à se doter d'objectifs de réduction des impacts de ces pressions et à élaborer un « plan urbain de gestion des eaux souterraines » qui identifie les zones où des contraintes d'exploitation de la ressource en eau sont définies, et à le prendre en compte lors de la révision des PLU. »

### 5.6.5 SAGE

Il n'existe aucun Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) sur la commune de Dardilly.

### 5.6.6 Espaces naturels protégés

Il n'existe aucun espace naturel protégé au droit du projet.

## 5.7 Qualifications et normes

Les travaux doivent être réalisés par une entreprise spécialisée titulaire des Assurances, Qualifications et Certifications indiquées ci-après.

Conformément au code minier :

- l'entrepreneur devra posséder l'ensemble des qualifications nécessaires à la bonne réalisation des travaux et notamment les qualifications délivrées sur la base des exigences définies par arrêtés des ministres en charge des mines, de l'écologie, et de l'énergie.
- « tout ressortissant légalement établi et autorisé à réaliser des opérations similaires dans un autre Etat membre de l'Union européenne ou dans un autre Etat partie à l'accord sur l'Espace économique européen peut exercer cette activité en France, sous réserve que l'habilitation dont il dispose dans cet Etat présente des garanties équivalentes à celles requises dans le présent article ».

L'entreprise devra être titulaire des assurances, qualifications et certifications suivantes :

- RGE QUALIFORAGE (France), en cours de validité ;
- garantie décennale nominative spécifique aux sondes géothermiques verticales (ou attestation d'assurance équivalente) ;
- assurance Responsabilité Civile Professionnelle.

La mise en œuvre de forage pour la géothermie répond aux normes suivantes :

- NF X 10-999 - Forage d'eau et de géothermie - Réalisation, suivi et abandon d'ouvrage de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisés par forages (AFNOR) ;
- FD X 10-980 - Forage d'eau et de géothermie - Réalisation, suivi et abandon d'ouvrage de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisés par forages - Démarches administratives ;
- NFX 10-960 1 à 4 - Forage d'eau et de géothermie - Sonde géothermique verticale ;
- NF X 10-970 - Forage de Géothermie - Réalisation, mise en œuvre, entretien, abandon de la sonde géothermique verticale.

*Remarque : concernant la réalisation des travaux de sous-sol, avec notamment le suivi, l'analyse des mesures in situ et le dimensionnement des ouvrages géothermiques, ils doivent être encadrés et réalisés par un bureau d'étude spécialisé en sous-sol.*

## 6. PRINCIPES GENERAUX ET CONTRAINTES DE DIMENSIONNEMENT

### 6.1 Rappels sur le fonctionnement d'un champ de sondes géothermiques verticales

Le principe de la géothermie sur champ de sondes consiste à exploiter l'énergie calorifique ou frigorifique disponible de manière permanente au sein du sous-sol. Cette énergie est acquise grâce au gradient géothermal, qui correspond à l'accroissement de la température du sous-sol avec la profondeur.

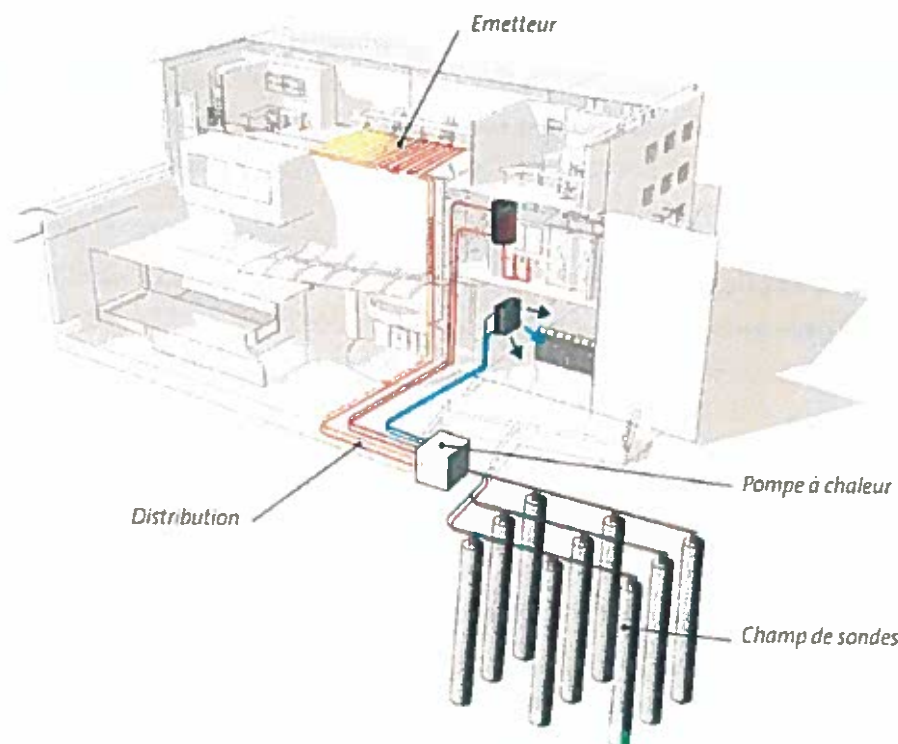
Des sondes constituées de tubes en PEHD sont installées à la verticale dans un ensemble de forages profonds et prises dans un ciment thermique. Elles sont ensuite reliées entre elles par un réseau de canalisations installées en circuit fermé. Un liquide caloporteur (généralement de l'eau glycolée) est mis en circulation, et échange lors de son passage dans les sondes de l'énergie thermique avec le sous-sol par conduction thermique (voir § 4.4.2). L'énergie échangée est ensuite acheminée vers un échangeur, permettant le transfert de cette énergie vers la pompe à chaleur.

Les champs de sondes peuvent être exploités selon trois modes de fonctionnement :

- En mode chauffage, une ou plusieurs pompes à chaleur disposées en surface permettent de transférer les calories puisées dans le sol vers le bâtiment à chauffer ;
- En mode refroidissement, les calories en provenance du bâtiment sont injectés dans le sol ;
- Le géocooling consiste à exploiter le champ de sondes comme source de rafraîchissement pour le bâtiment, sans avoir recours aux pompes à chaleur.

A l'inverse de la géothermie sur aquifère, la productivité des champs de sondes ne dépend pas des ressources en eau souterraine. Cette solution est donc adaptée à une plus large gamme de configurations géologiques (d'après le guide technique « Les pompes à chaleur géothermiques à partir de forage sur aquifère – Manuel pour la conception et la mise en œuvre » – BRGM, 2012).

*Schéma du principe de la géothermie sur champ de sondes (BRGM, 2012)*



## 6.2 Préconisations de dimensionnement

Le dimensionnement doit permettre de s'assurer du respect des règles de bon usage de la géothermie, afin de garantir la viabilité à long terme du projet :

- La température du fluide minimale moyenne circulant dans les sondes ne devra pas descendre en dessous de  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ,
- La température minimale du fluide circulant dans les sondes ne devra pas descendre en dessous de  $-3^{\circ}\text{C}$  (obligatoire avec le Code minier),
- Dans le cas de sondes géothermiques sous le bâtiment, la température du fluide minimale moyenne circulant dans les sondes devra dans la limite du possible ne pas descendre en dessous de  $0^{\circ}\text{C}$ ,
- La température maximale du fluide circulant dans les sondes ne devra pas excéder  $40^{\circ}\text{C}$  afin d'éviter une détérioration accélérée des sondes en PEHD,
- La différence de température entre l'entrée et la sortie à l'évaporateur de la PAC doit être de 3 à  $4^{\circ}\text{C}$ .

## 6.3 Géométrie du champ de SGV

La ressource géothermique disponible est strictement proportionnelle au volume d'échange et donc à l'espace disponible.

La géométrie du champ de sondes est aussi liée à son exploitation, une sollicitation équilibrée de la ressource en chaud et en froid (extractions et injections énergétiques équivalentes) peut être optimisée en concentrant les sondes de manière à favoriser le stockage énergétique ; à l'inverse, une exploitation avec une production thermique en chaud ou en froid uniquement, ou très déséquilibrée vis-à-vis de la sollicitation thermique souterraine, nécessite un espacement maximal entre les sondes et une implantation linéaire.

De plus, l'approfondissement des sondes permet d'augmenter le volume d'échange du champ de SGV et de bénéficier d'un meilleur gradient géothermique, sous réserve d'obtention des mêmes propriétés thermiques.

## 6.4 Distances minimales

Un champ de SGV implanté au niveau du terrain d'assiette du projet peut être localisé en pleine terre ou sous le bâtiment, sous réserve de prise en compte d'un certain nombre de contraintes. En ce qui concerne l'implantation des SGV sous bâtiment, le type de fondation et leur implantation sont à considérer, tout comme l'intégration de la réalisation du champ de SGV au calendrier général du chantier compte tenu des difficultés de co-activités en fond de fouille.

En fonction des caractéristiques d'exploitation du champ de SGV et des interactions avec d'autres ouvrages, il convient de s'assurer du respect des distances suivantes par rapport au réseau de SGV :

*Distances préconisées par rapport au réseau de SGV*

Désignation	Distance préconisée
Espacement des SGV	Entre 5 à 10 m Selon l'exploitation et la profondeur des SGV envisagées
Fondations	3 m
Réseau hydraulique en charge	3 m
Réseau hydraulique gravitaire	1,5 m
Limite de propriété	5 m
Arbres	5 m

Des aménagements peuvent être établis en fonction des températures d'exploitation du champ de SGV et des préconisations techniques peuvent être définies dans le cas où certaines distances au réseau de géothermie ne pourraient être respectées. Ainsi, en cas de croisement de réseau hydraulique à une distance inférieure à celle préconisée, il est nécessaire de prévoir l'ajout d'isolant thermique.

## 6.5 Vitesse de Darcy

Différentes nappes seront traversées par les sondes géothermiques. Il est considéré que la vitesse de Darcy doit être supérieure à 0,5 m/jour pour permettre une régénération des terrains et l'extraction d'une quantité plus importante d'énergie.

$$\text{Vitesse de Darcy} = \text{perméabilité} \times \text{gradient}$$

Etant donné les faibles ressources aquifères au droit du projet (voir § 4.2), le critère de régénération n'est pas respecté.

## 6.6 Recharge thermique du sol

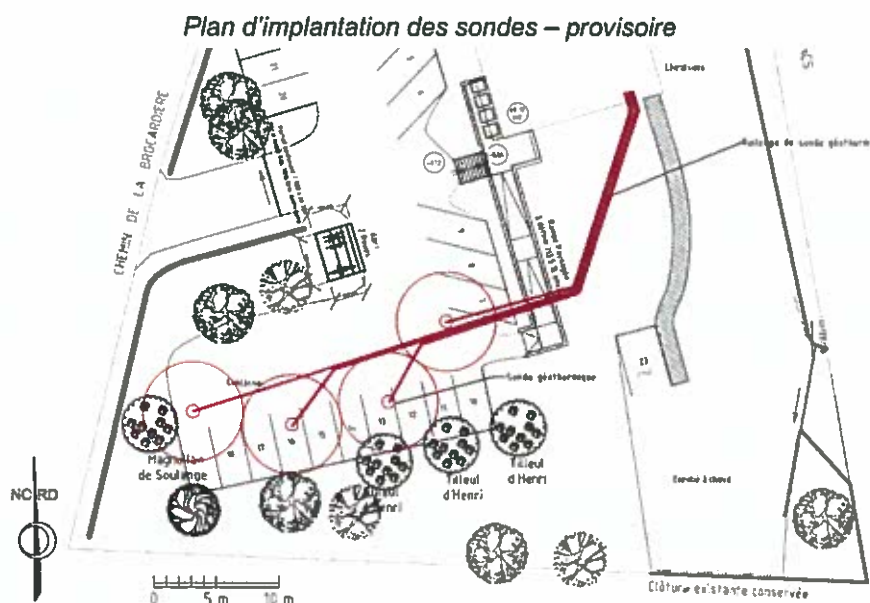
Le bâtiment présentant peu de besoins de climatisation, le dispositif de géothermie fonctionnera principalement en production de chaud.

Dans ce contexte, il est prévu une recharge artificielle des terrains en été, via un dispositif de capteurs solaires thermiques (voir § 3.3).

## 6.7 Surfaces disponibles sur le projet

Les sondes géothermiques peuvent être réalisées soit au niveau des espaces extérieurs, soit sous le futur bâtiment. Le plan d'implantation des sondes devra respecter les préconisations des § 6.3 et 6.4.

Au moment de la rédaction de la présente étude, il nous a été communiqué le plan d'implantation provisoire suivant, représentant en solution de base la réalisation d'un champ de 4 SGV de 200m de profondeur espacées de 8m :



## 7. DIMENSIONNEMENT

### 7.1 Principes généraux et outils

Le dimensionnement se base sur une simulation dynamique itérative, dont les étapes successives visent à converger vers un dimensionnement optimal de l'installation à long terme. Ainsi, le dimensionnement consiste à affiner et optimiser la nature et les caractéristiques des différents composants du dispositif géothermique (sondes verticales, pompe à chaleur, émetteurs, etc.). Il permet notamment :

- De définir le mètre linéaire de sondes, ainsi que l'agencement du champ de sondes,
- De s'assurer de la pérennité du système en étudiant son comportement à long terme,
- De vérifier le respect des contraintes imposées par le bâtiment et des préconisations de bon usage de la géothermie (puissances, régimes d'eau, caractéristiques de pompe à chaleur – voir § 6),
- D'évaluer les performances économiques, énergétiques et environnementales de l'installation.

Nous proposons de réaliser le dimensionnement du dispositif à partir du logiciel **PILESIM 2.1**. Ce programme de simulation dynamique permet d'évaluer la performance thermique d'un système de chauffage et/ou de refroidissement, composé de pieux énergétiques et/ou des sondes géothermiques verticales. Il évalue l'évolution à long terme du système, qui est déterminante pour la pérennité de l'installation, grâce à une simulation sur une durée maximale de 50 ans. L'interface permet à l'utilisateur de définir les paramètres relatifs à l'installation et à son environnement :

- Demande de chauffage et de refroidissement,
- Caractéristiques de la pompe chaleur, des pieux énergétiques, des sondes géothermiques verticales, de la géologie et de l'hydrogéologie locale,
- Configuration du système (chauffage couplé ou non à du refroidissement, via une machine frigorifique ou du geocooling).

PILESIM, développé par le laboratoire LASEN de l'EPFL, utilise la fonction TRNSED du programme TRNSYS et les calculs sont effectués avec un pas de temps horaire (ce qui nécessite la simulation thermique dynamique du projet).

### 7.2 Paramètres

#### 7.2.1 La pompe à chaleur

Les caractéristiques transmises par le BET AMSTEIN+WALTHERT sont les suivantes :

*Caractéristiques de la PAC réversible*

	Mode chauffage	Mode rafraîchissement
Puissance	30kW	20 kW
COP/EER *	4	5
Régime de température à l'évaporateur (°C)	9 / 5 °C	19 / 16 °C
Régime de température au condenseur (°C)	30 / 35 °C	21 / 30 °C

## 7.2.2 Émetteurs

Les émetteurs sont composés d'un plancher chauffant et rafraichissant, et d'une centrale de traitement d'air. Les régimes de température sont les suivants :

### Mode chauffage

Température extérieure (°C)	Température eau (°C)
-10	35
20	20

### Mode rafraichissement

Température extérieure (°C)	Température eau (°C)
32	16
20	20

## 7.2.3 Paramètres de la boucle géothermique

Les paramètres retenus pour la boucle géothermique sont les suivants :

### Paramètres du sous-sol

- Température initiale  $T^{\circ}$  \* 13°C
- Conductivité thermique  $\lambda$  \* 2,4 W/m/K
- \* En l'absence de test de réponse thermique (TRT) in situ, valeur choisie sécuritaire (voir § 4.4.2)
- Capacité calorifique  $C_p$  2,4 MJ/m<sup>3</sup>/K

### Paramètres de la sonde

- Résistance thermique interne de la sonde 0,4 K/W/m
- Résistance thermique  $R_b$  0,08 K/W/m
- Diamètre de forage 125 mm
- Configuration des tubes en PEHD U
- Diamètre des tubes PEHD 32 mm

## 7.2.4 Recharge

D'après les données d'AMSTEIN+WALTHERT, l'énergie solaire thermique annuelle transférée à partir les panneaux solaires hybrides est de 17,9 MWh/an (voir § 3.3).

## 7.3 Résultats

### 7.3.1 Dimensionnement & Modélisation

Afin d'exploiter à sa juste mesure l'intérêt que constitue la Géothermie sur Sondes couplée à une recharge solaire thermique, la modélisation sur 50 ans montre qu'une solution constituée de 8 sondes de 70 m de profondeur et espacées de 5 m permettrait de couvrir 100% des besoins en chauffage et rafraichissement.



Cette solution permet de valoriser la capacité de stockage inter-saisonnier des SGV.

### Résultats

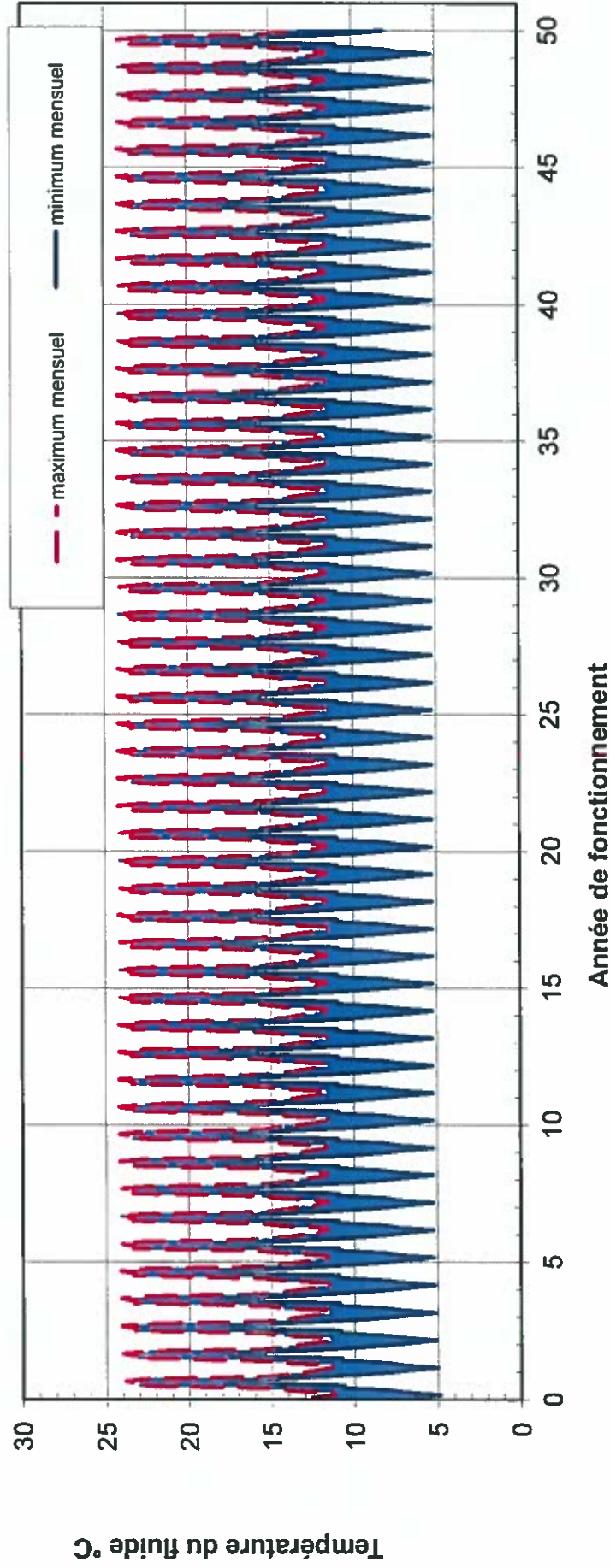
Mode de fonctionnement	Chauffage	Rafrâichissement
Puissance d'extraction	29 W/m	43 W/m
Energie annuelle extraite/injectée par mètre de sonde (y compris recharge annuelle via les panneaux solaires thermiques)	42.8 kWh/m/an	45 kWh/m/an
Ratio énergie injectée sur énergie extraite	105 %	
Mètres linéaires de sondes	560 m	
Nombre de sondes	8	
Profondeur	70 m	
Espacement	5 m	

*Remarque : Les COP/EER sont considérés constant sur la durée de la modélisation*

Le fluide caloporteur qui circule dans les sondes géothermiques verticales pendant les différents cycles respecte les régimes de température suivants :

Evolution de la température du fluide dans le circuit hydraulique des sondes sur 50 ans

Température du fluide dans circuit hydraulique des sondes



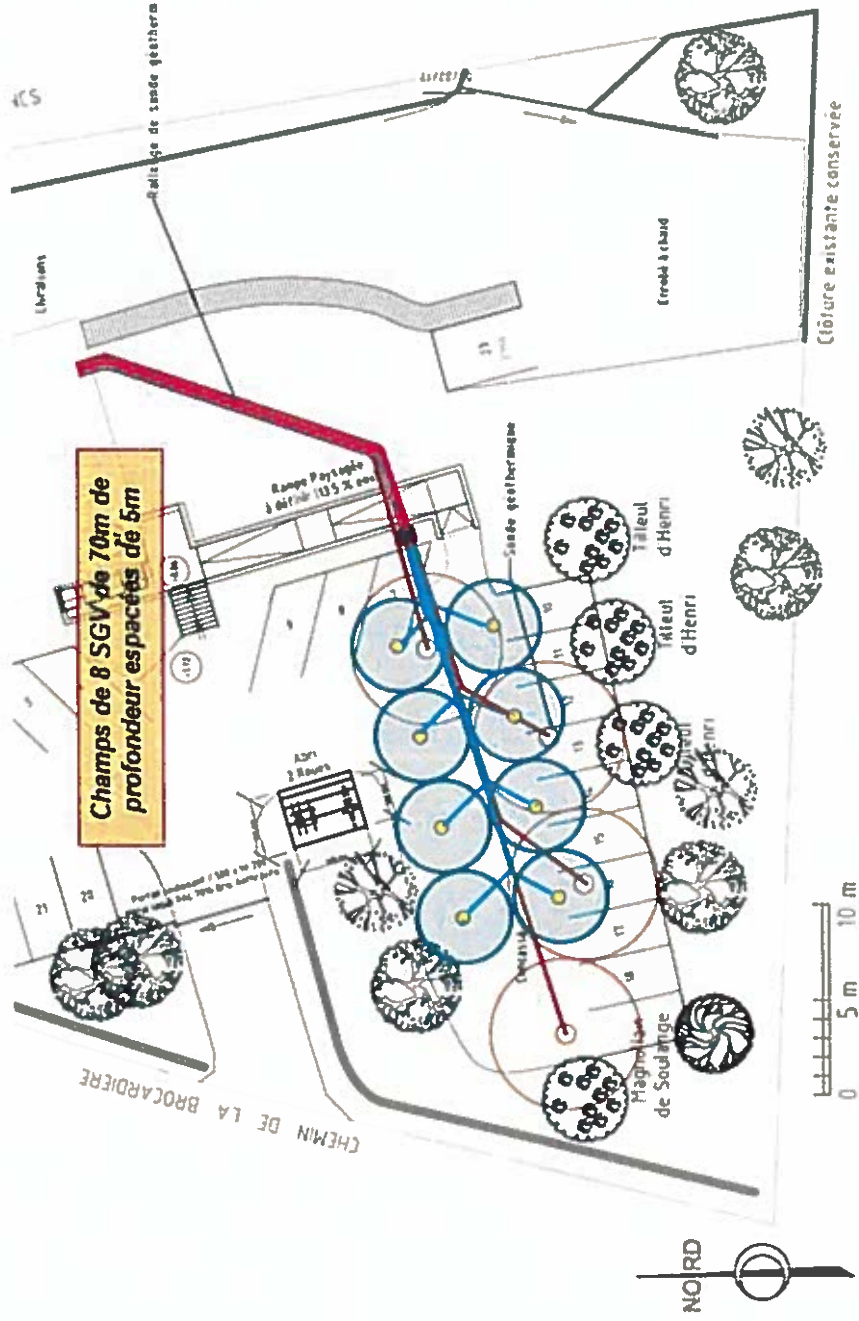
Températures extrêmes du fluide caloporteur après 50 ans

Température du fluide (°C)		Température à respecter (°C)	
minimale	4.89°C	1 <sup>er</sup> année	
maximale	24.18°C	23 <sup>ème</sup> année	

La place disponible est suffisante sur le projet. Les sondes pourront être concertées sur le parking côté chemin de la Brocardière, en respectant les distances mentionnées dans le § 6.4.

### 7.3.2 Plan d'implantation

Proposition d'implantation des SGV et son collecteur



### 7.3.3 Capacité de stockage inter-saisonnier du champ de SGV

Capacité de stockage inter-saisonnier des différents modèles étudiés

		HYBRIDES & SGV		SGV
		Simul n°1	Simul n°2	Base
<b>PAC</b>				
	Puissance Calo	22 kW	22 kW	22 kW
	Energie	32.0 MWh	32.0 MWh	32.0 MWh
	COP	4	4	4
	Puis. sgv	16.4 kW	16.4 kW	16.4 kW
	Energie. sgv	24 MWh	24 MWh	24 MWh
	Puissance Frigo	20 kW	20 kW	20 kW
	Energie	6.6 MWh	6.6 MWh	6.6 MWh
	EER	5	5	5
	Puis. sgv	24.0 kW	24.0 kW	24.0 kW
	Energie. sgv	8 MWh	8 MWh	8 MWh
<b>HYBRIDES</b>				
	HYBRIDES Instal.	40 m <sup>2</sup>	40 m <sup>2</sup>	
	E. Solaire/m <sup>2</sup> panneau	448 kWh/m <sup>2</sup>	448 kWh/m <sup>2</sup>	
	E. Solaire captée	17 900 kWh	17 900 kWh	
<b>SGV</b>				
	n (Nombre de SGV)	8	8	4
	H (Profondeur des SGV)	70 m	70 m	200 m
	Linéaire de SGV	560.0 m	560.0 m	800.0 m
	Puis. Extract sol (W/ml)	29 W/ml	29 W/ml	21 W/ml
	Energie. Extract sol (W/ml)	43 kWh/ml	43 kWh/ml	30 kWh/ml
	Puis. Injec sol (W/ml)	43 W/ml	43 W/ml	30 W/ml
	Energie. Injec sol (W/ml)	46 kWh/ml	46 kWh/ml	10 kWh/ml
	R <sub>b</sub> (Résistance thermique fluide/terrain)	0.08 W/mK	0.08 W/mK	0.08 W/mK
	R <sub>a</sub> (Résistance thermique interne du forage)	0.40 W/mK	0.40 W/mK	0.40 W/mK
	B (Ecartement entre SGV)	5 m	7 m	10 m
	S SGV (surface occupée par SGV)	22 m <sup>2</sup>	42 m <sup>2</sup>	87 m <sup>2</sup>
	V SGV (Volume occupé par SGV)	1 516 m <sup>3</sup>	2 970 m <sup>3</sup>	17 321 m <sup>3</sup>
	S champ SGV (surface occupée par le champ SGV)	173 m <sup>2</sup>	339 m <sup>2</sup>	346 m <sup>2</sup>
	V Stock (Volume du stock inter-saisonnier)	12 124 m <sup>3</sup>	23 764 m <sup>3</sup>	69 282 m <sup>3</sup>
<b>Capacité de transfert thermique</b>				
	UA = (n . H)/(R <sub>b</sub> + R <sub>a</sub> )	1.17 kW/K	1.17 kW/K	1.67 kW/K
<b>Durée période transitoire</b>				
	t <sub>ts</sub> = 0.065 x A <sub>p</sub> / a	24 jrs	46 jrs	
	A <sub>p</sub> = B x B	25 m <sup>2</sup>	49 m <sup>2</sup>	
	a (diffusivité thermique du terrain en m <sup>2</sup> /s)	0.0000008	0.0000008	
<b>Capacité de stockage spécifique</b>				
	C <sub>sp</sub> = C <sub>v</sub> x H x S	8 083 kWh/k	15 842 kWh/k	
	C <sub>v</sub> (Capacité thermique volumique)	2.4 MJ/K	2.4 MJ/K	
<b>Synthèse HYBRIDES/SGV</b>				
	E. HYBRIDES/V stock	1.48 kWh/m <sup>3</sup>	0.75 kWh/m <sup>3</sup>	
	V Stock/m <sup>2</sup> HYBRIDES	303 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	594 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	

## 8. MONTAGE DE L'OPERATION

### 8.1 La conception

Les hypothèses projetées sur la base du présent rapport peuvent être considérées comme suffisantes.

Toutefois, compte tenu de l'originalité de l'opération (Association de panneaux solaires hybrides couplés à de la géothermie sur SGV), un test de réponse thermique (TRT) pourrait être réalisé au moment des travaux et au droit de la première sonde achevée afin de vérifier les paramètres dimensionnant du champ de SGV.

Ce test permettrait d'obtenir :

- La capacité thermique volumique du Sol ( $C_p$ ) en cohérence avec les relevés géologiques du terrain lors de la foration par un géologue ;
- la température moyenne réelle du sol ( $T$ ) ;
- la conductivité thermique réelle du sol ( $\lambda$ ) ;
- la résistance thermique ( $R_b$ ), correspondant au pincement de l'échange thermique entre la SGV et le terrain en rapport avec la qualité de l'enrobage du coulis géothermique d'injection qui serait mis en œuvre par la société de forage lors de l'exécution des travaux.

Au moment de la réalisation des SGV suivantes et sur la base des paramètres observés in situ, la modélisation ci-dessus (§ 7) pourrait être actualisée.

### 8.2 La réalisation du champ de sondes

La réalisation d'un champ de sondes réside en 4 points :

- La foration et l'équipement du champ de sondes. Il faut compter environ 100 m de sonde équipée par jour et par atelier de forage soit dans le cas présent, environ 2 semaines avec un seul atelier de forage ;
- la pose du réseau des connexions horizontales entre les sondes et la PAC via un échangeur ;
- la fourniture et la pose de la PAC ;
- la mise en place d'un dispositif de télé-comptage par télégestion.

Les travaux de forage devront être réalisés par une entreprise adhérente à la chartre Qualiforage du BRGM et respectant les normes en vigueur, dont notamment les normes NF X 10-970 et NF X 10-960. Afin de s'assurer de la pérennité de l'installation (la durée de vie d'une sonde géothermique est de 100 ans), l'entreprise devra respecter les préconisations de mise en œuvre des sondes géothermiques ainsi que de contrôles *in-situ* (essais de mise en pression et essais de circulation avec mesure des pertes de charges).

De plus, l'entreprise de forage réalisant les travaux pourra être supervisée par un bureau d'étude sous-sol (AMOE) afin de s'assurer :

- De la gestion des boues de forages,
- De la bonne mise en place des sondes géothermiques,
- De la bonne cimentation des SGV pour éviter les phénomènes de mélange de nappe ou de mouvement de terrain (argile ou anhydrite),
- Que le matériel utilisé pour les soudures des canalisations horizontales soit de type électro-soudure et normalisé,
- Que les canalisations horizontales soient installées dans des tranchées ayant une pente ascendante de 1% vers le collecteur,
- Que les points hauts soient équipés d'un dispositif de purge d'air,
- Que l'installation soit testée et contrôlée en pression et en circulation,

- Le cas échéant, que l'installation ait fait l'objet d'un remplissage en eau (ou eau glycolée) selon les recommandations du BET,
- Que chaque organe de l'installation soit équilibré et prêt pour la mise en service.

### 8.3 Enveloppe budgétaire

L'estimation de l'enveloppe budgétaire de la mise en œuvre d'une solution comprenant 8 SGV de 70m de profondeur, comprenant les raccordements horizontaux, le regard collecteur et la connexion jusqu'au droid du local PAC (excepté le terrassement et le passage dans le local technique) est donnée dans le tableau suivant :

	HYBRIDES & SGV	SGV	HYBRIDES & SGV
	<i>Base</i>	<i>SGV</i>	<i>Solution</i>
<b>PAC</b>			
Puissance Calo	22 kW	22 kW	22 kW
Puissance Frigo	20 kW	20 kW	20 kW
Coût PAC	11 000 €	11 000 €	11 000 €
<b>SGV</b>			
n (Nombre de SGV)	4	4	8
H (Profondeur des SGV)	200.0 m	200.0 m	70.0 m
Linéaire	800.0 m	800.0 m	560.0 m
Δ €/ml	85 €/ml	85 €/ml	70 €/ml
Coût SGV	68 000 €	68 000 €	39 200 €
<b>Panneaux solaires hybrides</b>			
HYBRIDES	40 m <sup>2</sup>		40 m <sup>2</sup>
Energie captée	448 kWh/m <sup>2</sup>		448 kWh/m <sup>2</sup>
Σ Energies captées	17 900 kWh		17 900 kWh
Δ €/m <sup>2</sup>	750 €/m <sup>2</sup>		750 €/m <sup>2</sup>
Coût HYBRIDES	30 000 €		30 000 €
<b>TOTAL</b>	<b>109 000 €</b>	<b>79 000 €</b>	<b>80 200 €</b>

## 9. COUT PREVISIONNEL DE L'OPERATION

### 9.1 Décomposition du prix de l'installation de géothermie

#### 9.1.1 Coût de la Moe

MAIN D'OEUVRE								
N°		coeff	nb	durée	P.u	Déplac	P.U/Jr	TOTAL
1	<b>Transfert</b>							
	Foreur	100%		10	266.00 €	36.0 €	301.95 €	- €
	Aide Foreur	100%		10	212.80 €	36.0 €	248.75 €	- €
	Manceuvre	100%		10	144.40 €	36.0 €	180.35 €	- €
1	<b>Forages SVGéo</b>							
	Foreur	100%	0.75	10	266.00 €	36.0 €	301.95 €	2 264.63 €
	Aide Foreur	100%	0.75	10	212.80 €	36.0 €	248.75 €	1 865.63 €
	Manceuvre	100%	0.75	10	144.40 €	36.0 €	180.35 €	1 352.63 €
2	<b>Equip. Surface</b>							
	Foreur	100%	0.25	10	266.00 €	36.0 €	301.95 €	754.88 €
	Aide Foreur	100%	0.25	10	212.80 €	36.0 €	248.75 €	621.88 €
	Manceuvre	100%	0.25	10	144.40 €	36.0 €	180.35 €	450.88 €
<b>TOTAL MAIN D'OEUVRE</b>								<b>7 310.50 €</b>
							<b>P.U</b>	<b>13.05 €/m</b>

#### 9.1.2 Cout du Matériel

MATERIEL									
		coeff	nb	durée	carb	Mat Int	loc.ext.	P.U/jr	TOTAL
<b>TRAVAUX DE FORAGES</b>									
<b>Forage</b>									
	Foreuse 12T	75%	1	10	100.00 €	350.00 €	- €	450.00 €	3 375.00 €
	Compresseur 21000L	75%	1	10	115.00 €	110.00 €	- €	225.00 €	1 687.50 €
	Mitjieur-Injecteur	75%	1	10	15.00 €	15.00 €	- €	30.00 €	225.00 €
	Bennes Location	75%	1	10	- €	- €	110.00 €	110.00 €	825.00 €
	Tubage	75%	70	10		0.13 €		0.13 €	65.63 €
<b>Petit Matériel</b>									
	Petit Outillage	100%	0.5	10	- €	20.00 €	- €	20.00 €	100.00 €
	Petit Matériel	100%	0.5	10	- €	50.00 €	- €	50.00 €	250.00 €
	Attelage <3t5	100%	0.5	10	- €	10.00 €	- €	10.00 €	50.00 €
	Tonne à Eau	100%	0.5	10	- €	- €	13.00 €	13.00 €	65.00 €
<b>Véhicules</b>									
	Fourgon	100%	0.5	10	22.00 €	70.00 €	- €	92.00 €	460.00 €
<b>Camions &amp; Engins</b>									
	Camion 15T bibenne Loc	20%	0.5	10	- €	- €	430.00 €	430.00 €	430.00 €
<b>TRAVAUX DE CONNEXIONS HORIZONTALES</b>									
<b>Connexions</b>									
	Mini-Pelle 2t5		0.5	10	55.00 €	55.00 €	- €	110.00 €	- €
<b>Petit Matériel</b>									
	Petit Outillage	100%	0.5	10	- €	20.00 €	- €	20.00 €	100.00 €
	Petit Matériel	100%	0.5	10	- €	50.00 €	- €	50.00 €	250.00 €
	Attelage <3t5	100%	0.5	10	- €	10.00 €	- €	10.00 €	50.00 €
	Tonne à Eau	100%	0.5	10	- €	- €	13.00 €	13.00 €	65.00 €
<b>Véhicules</b>									
	Fourgon	100%	0.5	10	22.00 €	70.00 €	- €	92.00 €	460.00 €
<b>TOTAL MATERIEL</b>								<b>8 458.13 €</b>	
							<b>P.U</b>	<b>15.10 €/m</b>	

### 9.1.3 Coût des Fournitures

FOURNITURES						
	coeff	Qté	U	nb	P.u	TOTAL
<u>SVGéo</u>						
HAKA Ø 32	110%	560.00	ml	1	0.79 €	485.10 €
Raccords Y 32/40	105%	16.00	u	1	24.75 €	415.80 €
Poids 24kg	100%	8.00	u	1	45.75 €	366.00 €
Tube à injection centrale Ø 25	110%	560.00	ml	1	0.36 €	221.07 €
Ecarteurs Ø 32	105%	140.00	u	1	3.00 €	441.00 €
Eau Glycolée	102%	489.74	l		1.70 €	- €
Coulis	115%	5.80	T	1	442.00 €	2 846.48 €
Grasse	100%	8.00	kg	1	17.00 €	136.00 €
<b>TOTAL</b>						<b>4 911.45 €</b>
<u>Equipements de surface</u>						
Manchons Ø 32	102%	32.00	u	1	7.09 €	231.34 €
Manchons Ø 40	105%	16.00	u	1	8.14 €	136.71 €
Raccords Y 32/40	105%	16.00	u	1	24.75 €	415.80 €
HAKA Ø 40	105%	160.00	ml	1	1.24 €	207.90 €
Kit Regard Collecteurs 8x40	100%	1.00	u	1	2 863.20 €	2 863.20 €
HAKA Ø 63	105%	40.00	ml	1	2.85 €	119.70 €
<b>TOTAL</b>						<b>3 974.65 €</b>
<b>TOTAL FOURNITURE</b>						<b>8 886.09 €</b>
<b>P.U</b>						<b>15.87 €/ml</b>

### 9.1.4 Sous-traitance

DIVERS et SOUS-TRAITANT				
	nb	Coef	p.u.	TOTAL
Transfert	1	100%	1 200.00 €	1 200.00 €
<b>TOTAL DIVERS et S/T</b>				<b>1 200.00 €</b>
<b>P.U</b>				<b>2.14 €/ml</b>



### 9.1.5 Sous-détail de prix

<b>Désignation:</b>									
Réalisation d'un champ de SGV y compris la fourniture et la pose des connexions horizontales									
N°	Désignations	U	Qté	M.O	Matériel	Fournitures	Ss-Tt	P.U	TOTAL
1	8 SGV de 70m avec connexions horizontales & regard de visite	m	560	7 310.50 €	8 458.13 €	8 886.09 €	1 200.00 €	46.17 €	25 854.72 €
<b>P.U. DEBOURS</b>				<b>46.17 €</b>	<b>25 854.72 €</b>				
<b>F.G</b>									
<b>Aléas/Marges</b>				<b>13.50%</b>	5 248.70 €				<b>8 458.13 €</b>
				<b>20.00%</b>	7 775.86 €				<b>8 886.09 €</b>
<b>Coef de Vente</b>				<b>1.504</b>					<b>1 200.00 €</b>
									<b>5 248.70 €</b>
									<b>7 775.86 €</b>
<b>P.U ETUDE</b>				<b>69.43 €</b>	<b>38 879.28 €</b>			<b>70 €</b>	<b>39 200.00 €</b>

NOTA : ce prix ne comprend pas les travaux de terrassement et remblaiement des tranchées ainsi que l'adjonction de glycol dans le réseau de géothermie.

## 9.2 Consultation d'Entreprises

L'Entreprise MANNFOR qui est habituée à travailler sur le secteur de Lyon a été consultée.

Contact :

MANNFOR - Agence Auvergne - Rhône-Alpes – PACA

M. Bourgeois

Tél : 04.79.54.38.44

Mobile : 06.75.98.15.58

E-Mail : [bourgeois@mannfor.eu](mailto:bourgeois@mannfor.eu)

et

M. EME

Mobile : 06 32 53 69 82

Email : [eme@mannfor.eu](mailto:eme@mannfor.eu)

Le montant total de l'installation a été chiffré à 39 254€ HT

Cf. l'offre communiquée en Annexe du présent document.

## 10. EXPLOITATION ET MAINTENANCE

### 10.1 Accessibilité et pérennité de l'installation

Si l'ensemble des contrôles de la boucle primaire (sondes géothermiques et raccords) en phase travaux a été jugé concluant, l'installation est considérée comme étanche et pérenne et théoriquement aucune nouvelle manipulation ne devra être réalisée.

Cette particularité permet d'enfouir totalement les sondes géothermiques et canalisations de raccordement sans garder d'accessibilité particulière. Seul(s) le(s) collecteur(s) hydraulique(s) (organes de régulation) devront être accessibles pendant l'exploitation du réseau de SGV.

Les collecteurs qui peuvent regrouper jusqu'à une vingtaine de sondes géothermiques, pourront être soit placés dans un regard maçonné enterré avec une trappe de visite, soit directement dans le local technique accrochés au mur. En tout état de cause, cet organe de régulation devra être accessible pour permettre des manipulations sur le réseau.

Les matériaux utilisés dans le cadre d'un réseau de SGV ont une durée de vie définie à 100 ans pour un régime d'eau à 20°C.

### 10.2 Régulation et surveillance

Afin de pouvoir optimiser le fonctionnement et la durée de vie de l'installation, quelques préconisations de régulation et de surveillance doivent être prises en compte, à savoir :

- La mise en place de capteur de pression dans la boucle primaire géothermale afin de pouvoir identifier la présence de fuite dans le système,
- La mise en place de thermomètre automatique sur l'aller et le retour de la boucle primaire géothermale afin de pouvoir vérifier la température du fluide caloporteur coté SGV et couper le dispositif lorsque la température du fluide descend sous les recommandations d'exploitation,
- La mise en place de vannes de fermeture et de débitmètre sur l'aller et le retour d'une sonde géothermique pour permettre l'isolation d'une d'entre elles en cas de fuite constatée,
- La mise en place de vannes de remplissage et de vannes de purge pour permettre le remplissage en eau du système et de vider le dispositif d'air lors des visites de contrôle.

### 10.3 Maintenance

Afin de s'assurer de la pérennité du fonctionnement de l'installation, un entretien annuel de la boucle doit être réalisé :

- Une vérification des pressions du circuit extérieur,
- Une vérification des niveaux et assurer le complément avec un mélange d'eau ou de glycol dilué.

Tous les 10 ans, une maintenance plus importante de la boucle primaire doit être réalisée :

- Une purge totale de la boucle primaire géothermale avec de l'eau claire,
- Un remplissage de la totalité du circuit avec de l'eau ou du glycol dilué.

## 11. AIDES ET SUBVENTIONS

### 11.1 ADEME Régionale Rhône-Alpes

Le fond chaleur géré par l'ADEME permet le financement d'installations de chauffage et d'ECS exploitant la ressource géothermique.

Toute opération de Géothermie est éligible au Fons chaleur géré par l'ADEME sur le principe des deux aides suivantes :

- **Une aide à la décision** : subvention à hauteur de 50% d'une étude de faisabilité technico-économique comparative
- **Une aide à l'investissement** : subvention à hauteur de l'ordre de 20 à 45% des coûts d'installation liés à la mise en œuvre d'un champ de SGV et ses raccordements ainsi que la PAC Géothermique assortis d'un monitoring permettant de contrôler les performances énergétiques de l'opération.

A l'échelle de l'agence régionale de l'ADEME, la solution de géothermie peut être éligible à l'appel à projets « AURAGEOT » de l'ADEME Rhône-Alpes <sup>[1]</sup> pour le financement d'une partie des travaux. Les opérations devront notamment respecter les critères d'éligibilité suivants :

Les critères d'éligibilités sont les suivants :

- Intervention d'au minimum un acteur RGE ;
- PAC sur sondes :
  - > ou égale à 30 kW
  - 2 tep EnR/an (1 tep = 11,63 MWh) ;
  - COP machine égal ou supérieur à 3,7 (mesuré pour les conditions de température prévues, selon la norme européenne EN 14511-2, en régimes de température 0/-3°C et 30/35°C) ;
  - Nombre d'heures équivalentes > 1 000 ;
  - Pour les installations de plus de 1 000 m linéaire, réaliser une sonde test et un test de réponse thermique (TRT) in situ ;
  - Respect de la réglementation sous-sol et des normes NFX 10-960-1, 10 960-2, 10 960-3, 10 960-4, NFX 10-970 ;
  - Respect des critères liés à la réglementation thermique ;

Les projets éligibles devront notamment :

- Mettre en œuvre une instrumentation adéquate ;
- Assurer le suivi des performances ;
- Souscrire à un contrat d'entretien dès la mise en service.

Ci-joint les coordonnées du référent géothermie de l'agence régionale de l'ADEME Auvergne Rhône-Alpes

**Hakim HAMADOU**

Bâtiment

Géothermie assistée par PAC

**ADEME Direction régionale Auvergne Rhône Alpes**

Tél : 04 72 83 84 51

<http://auvergne-rhone-alpes.ademe.fr>



<sup>[1]</sup> Appel à projets « AURAGEOT 2017 » consultable sur le site Internet : <https://appelsaprojets.ademe.fr/aap/AURAGEOT2017-6>

## 11.2 Projection – Financement ADEME Rhône-Alpes

**Pour des installations de SGV dont la production de tep EnR/an est comprise entre 2 et 25, l'aide forfaitaire est de 8 800 €/tep EnR.**

Dans le cadre du Fonds Chaleur et en référence aux aides à la décision et à l'investissement pour des opérations de géothermie, la projection des différents financements possibles de l'ADEME est la suivante :

N°	Désignations	% Sub. ADEME	Coûts sans étude sans subventions	Coûts avec étude et sans subventions	Coûts avec étude et subventions	Coûts sans étude avec subventions
<b>1</b>	<b>Aide à la décision</b>					
	<i>Etude de faisabilité</i>					
	<i>Forage test (1 SGV Test de 70m)</i>	50%		6 400 €	3 200 €	
	<i>Suivi géologique</i>	50%		1 500 €	750 €	
	<i>TRT</i>	50%		5 250 €	2 625 €	
	<i>Modélisation</i>	50%		3 500 €	1 750 €	
	<i>Etude technico-économique comparative</i>	50%		3 500 €	1 750 €	
				<b>20 150 €</b>	<b>10 075 €</b>	
<b>2</b>	<b>Aide à l'Investissement</b>					
	<i>Réalisation des travaux</i>					
	<i>Champ de SGV</i>	30%	39 254 €	35 280 €	24 696 €	27 478 €
	<i>PAC</i>	30%	15 000 €	15 000 €	10 500 €	10 500 €
	<i>Monitoring</i>	30%		3 000 €	2 100 €	- €
	<b>2Tep = 17 600€ de subventions</b>		<b>54 254 €</b>	<b>53 280 €</b>	<b>37 296 €</b>	<b>37 978 €</b>
		<b>54 254 €</b>	<b>73 430 €</b>	<b>47 371 €</b>	<b>37 978 €</b>	
<b>Aide à l'investissement</b>		<b>Subventions ADEME</b>		<b>8 800€/Tep économisées</b>		

## 11.3 Amorçage et développement - Projet EnR Région Auvergne Rhône-Alpes

La région Auvergne Rhône-Alpes vient d'initier la mise en place d'un nouveau fonds alloués au développement de projet EnR.

Ce fonds est destiné à permettre le financement d'études de faisabilité technico-économiques.

Tout porteur de projet potentiellement intéressé est invité à contacter le gestionnaire du dispositif, intitulé ci-après « l'AMO », à l'adresse suivante : [dev-enr-aura@auvergnerhonealpes.eu](mailto:dev-enr-aura@auvergnerhonealpes.eu)

Après avoir vérifié la bonne adéquation du projet avec les cibles visées, l'AMO transmet le dossier de candidature à remplir et son mode d'emploi.

L'ADEME Régionale Rhône-Alpes saurait vous renseigner également sur l'intérêt que pourrait constituer cette source de financement.

Ci-joint les coordonnées de l'interlocutrice de l'agence régionale de l'ADEME Auvergne Rhône-Alpes en charge du développement de ce fonds

**France-Noëlle LEFAUCHEUX**  
Coordinatrice du pôle transition énergétique  
Grand Public  
**ADEME Direction régionale Auvergne Rhône Alpes**

Tel : 04 72 83 46 19

Mail : [www.auvergne-rhone-alpes.ademe.fr](http://www.auvergne-rhone-alpes.ademe.fr)



## 11.4 Recommandations

Comme évoqué au point 8.1 du présent rapport, compte tenu de l'originalité de l'opération de par l'association de panneaux solaires hybrides couplés à de la Géothermie, un test de réponse thermique (TRT) pourrait être réalisé afin de vérifier les paramètres dimensionnant du champ de SGV.

Ce démonstrateur couplant énergie solaire et énergie géothermique permet de valoriser le principe de stockage inter-saisonnier sur champ de SGV.

La réalisation d'un Test de Réponse Thermique s'inscrirait dans le cadre de la réalisation d'une étude de faisabilité technico-économique.

La réalisation d'une étude technico-économique permettrait d'engager la réalisation d'un forage test, accompagné d'un TRT et d'une modélisation.

Cette étude serait éligible à l'aide à la décision sous réserves d'acceptation de l'ADEME et du respect des critères d'éligibilités indiqués précédemment.

Cette étude permettrait d'obtenir :

- La capacité thermique volumique du Sol ( $C_p$ ) en cohérence avec les relevés géologiques du terrain lors de la foration par un géologue ;
- la température moyenne réelle du sol ( $T$ ) ;
- la conductivité thermique réelle du sol ( $\lambda$ ) ;
- la résistance thermique ( $R_b$ ), correspondant au pincement de l'échange thermique entre la SGV et le terrain en rapport avec la qualité de l'enrobage du coulis géothermique d'injection qui serait mis en œuvre par la société de forage lors de l'exécution des travaux.
- La réalisation d'une nouvelle modélisation qui permettrait de contrôler/vérifier le dimensionnement de l'opération de géothermie.

BURGEAP recommande la réalisation d'une étude de faisabilité (incluant la réalisation d'un TRT) si le maître d'ouvrage trouve le moyen de disposer de subventions pour financer sa réalisation.

## 12. CONCLUSION

Dans le cadre d'un projet de rénovation d'un bâtiment tertiaire de 900 m<sup>2</sup>, situé sur la commune de Dardilly (69), le Maître d'œuvre DIAGONALE CONCEPT et le BET AMSTEIN & WALTHERT souhaitent mettre en œuvre une solution de géothermie sur sondes géothermiques verticales (SGV) assistée par une pompe à chaleur (PAC) Eau/Eau et couplée à des panneaux solaires hybrides.

Dans ce contexte, DIAGONALE CONCEPT a missionné BURGEAP pour la réalisation d'une étude de pré faisabilité géothermique sur SGV (Sondes Géothermiques Verticales), d'un point de vue technique, économique et réglementaire.

Les données thermiques du projet nous ont été transmis par le BET CVC AMSTEIN+WALTHERT. L'installation géothermique comprend notamment :

- Une pompe à chaleur réversible ;
- Un champ de sondes géothermiques verticales ;
- Des panneaux solaires hybrides (photovoltaïques et thermiques) pour une recharge du sous-sol, étant donné le déséquilibre entre les besoins de chaud et de froid.

### Besoins thermiques du projet (données AMSTEIN+WALTHERT)

	Chauffage	Refroidissement
Puissance maximale d'appel du bâtiment ( $P_{\text{calorifique}}$ Et $P_{\text{frigorifique}}$ )	21,9 kW	16,0 kW
Energie annuelle appelée par le bâtiment	32 MWh	6,6 MWh
Puissance maximale coté sous-sol ( $P_{\text{géothermique}}$ )	16,4 kW	19,1 kW
Energie annuelle coté sous-sol	24 MWh	7,9 MWh
Energie thermique des panneaux hybrides		17.9 MWh

Les principales conclusions de l'étude sont les suivantes :

Taux de couverture des besoins	100%
Nombre de sondes *	8
Profondeur *	70 m
Espacement *	5 m
Linéaire de SGV	560 m
<b>Paramètres du sous-sol*</b>	
Température initiale $T^{\circ}$ *	13°C
Conductivité thermique $\lambda$ *	2,4 W/m/K
Capacité calorifique $C_p$	2,4 MJ/m <sup>3</sup> /K
Volume du stockage géothermique : $V_s$	12 123 m <sup>3</sup>
Capacité de stockage du champ de SGV : $C_{sp}$	8 083 kWh/K
<b>Paramètres de la sonde</b>	
Résistance thermique interne de la sonde	0,4 kW/m
Résistance thermique $R_b$	0,08 kW/m
Diamètre de forage	125 mm
Configuration des tubes en PEHD	U
Diamètre des tubes PEHD	32 mm
Ratio énergie injectée sur énergie extraite (y compris recharge via les panneaux solaires thermiques)	105 %

Régime de déclaration/autorisation	Soumis à déclaration au titre de la Minime Importance du Code Minier : « Eligible à la GMI sans avis d'expert »
Autre contraintes réglementaires	Pas de point critique à signaler
Investissement du champ de SGV*	39 250 k€ HT
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Subventions ADEME</li> <li>- Fonds Amorçage Région Auvergne Rhône-Alpes</li> </ul>	Sous réserves de respecter les critères d'éligibilités de l'ADEME, le projet est éligible à l'appel à projet AURAGEOT ( <b>Obligation &gt; 2 tep EnR/an en chaud</b> ) pour des installations de SGV dont la production de tep EnR/an est comprise entre 2 et 25, aide forfaitaire est de 8 800 €/tep EnR

\* En l'absence de test de réponse thermique in situ, le pré-dimensionnement ainsi que les hypothèses géologiques, hydrogéologiques, thermiques et financières relatives au sous-sol sont basées sur des données bibliographiques et théoriques.

Les hypothèses projetées sur la base du présent rapport suffisent.

Toutefois BURGEAP recommande la réalisation d'une étude de faisabilité incluant la réalisation d'un test de réponse thermique (TRT) et une géo-modélisation si le maître d'ouvrage trouve le moyen de disposer de subventions (ADEME ou Fonds d'Amorçage et de Développement Régional) pour financer sa réalisation.

## 13. NOTA

Suite à la restitution du présent rapport le maître d'ouvrage ainsi que le BET Amstein & Walthert ont souhaité sécuriser le dimensionnement du champ de SGV.

Le BET Amstein & Walthert a décidé de partir sur un linéaire total de SGV de 600 mètres afin de prendre une marge de sécurité compte tenu qu'aucun TRT ne sera réalisé sur le présent projet.

Il a été décidé de réaliser 4 SGV de 150 mètres unitaires plutôt que de considérer utile une profondeur de 70 mètres forages pour les raisons suivantes :

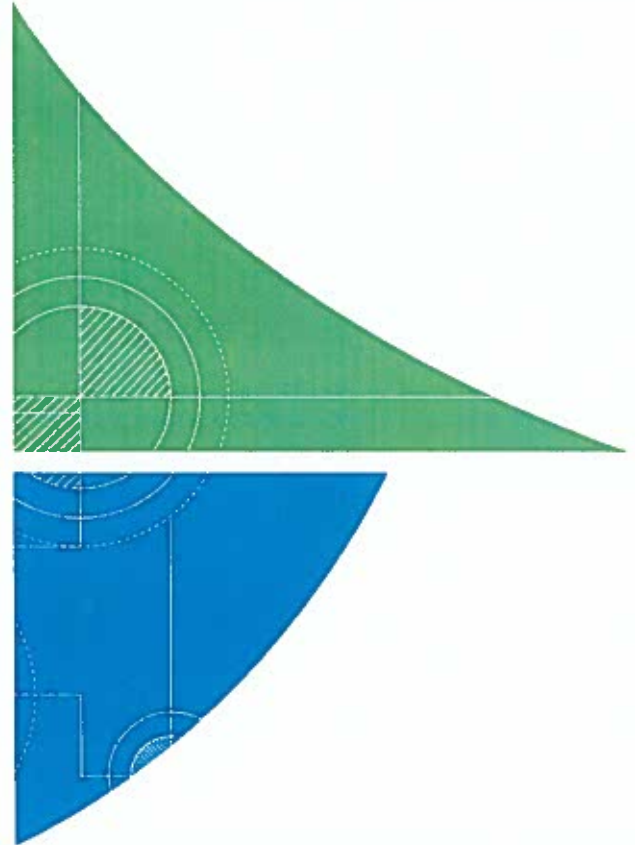
- Assurer une température haute côté évaporateur de la PAC en mode chauffage et donc :
  - o Assurer un meilleur COP afin de minimiser les consommations électrique de la PAC.
  - o Limiter les risques de gel lors d'appels de puissance compte tenu que l'installation ne sera pas glycolée (afin de favoriser les échanges thermiques).
- Bénéficier d'un meilleur échange thermique (meilleure conductivité thermique du sol à 150 mètres plutôt qu'à 70 mètres).
- De limiter à 150 mètres la profondeur des SGV pour des raisons économiques afin de se limiter à des sondes de DN32 conformément à la norme NF X10-970 (entre 150 mètres et 200 mètres il aurait fallu passer sur des sondes DN40 plus onéreuses).

L'espacement entre les sondes a été maintenu à 5 mètres afin de maintenir le bénéfice de la capacité de stockage du champ de SGV.

**BURGEAP n'a pas d'objections quant aux recommandations proposées par le BET Amstein & Walthert**



# ANNEXES



## Annexe 1. Devis MANNFOR

Cette annexe contient 2 pages.

**M. LAUTRETTE**  
**BURGEAP**

24-févr-17

**CONCERNE :** 560 ml de forage géothermique vertical.**CHANTIER :** adresse à préciser pour détermination de la Zone GMI (avis d'expert GMI, non compris)  
à DARDILLY**MATERIEL UTILISE :**560 ml de forage Géothermique  
Raccordement des 8 SGV

## ESTIMATIF

### FORAGE ET LIVRAISON

- Déplacement et replis de l'atelier de forage
- 560 ml de forage géothermique vertical.  
compris forage, fourniture et pose SGV (8 X 70 m),  
cimentation haute conductivité thermique,  
4 bennes résidus forage (évacuation et traitement agréé)
- Raccordement des 8 SGV au Regard Collecteurs  
tube PE diam. 40 mm de raccordement collecteurs  
1 ens. Regard- Collecteurs PE (Extérieur)  
avec vanne d'équilibrage, vannes d'arrêt  
tube PE diam. 63 mm de raccordement local PAC
- Test en circulation et Pression, rendu DOE.

MONTANT TOTAL H.T.	:	39 254,00 €
T.V.A. 20,00%	:	7 850,80 €
MONTANT TOTAL T.T.C.	:	47 104,80 €

Agence Alsace-Lorraine | Agence Franche-Comté - Bourgogne - Champagne | Agence Auvergne - Rhône-Alpes - Paca  
Tél./Fax : 03 88 49 32 25 - Mobile : 06 88 59 40 06 | Tél. 03 84 63 34 25 - Fax : 03 84 63 34 69 - Mobile : 06 32 53 69 82 | Tél./Fax : 04 79 54 38 44 - Mobile : 06 75 98 18 58  
E-mail : bohn@mnnfor.eu | E-mail : erme@mnnfor.eu | E-mail : bourgeois@mnnfor.eu

Siège social : 66b rue du Maréchal Foch - BP 13078 - Mutzig - 67123 Molshem Cedex

S.à.r.l. au capital de 15000 €. RCS Saverne TI 495 382 970 - Siret 49538297000020 - TVA intracommunautaire : FR88495382970 - IBAN : FR76 1170 7500 3170 2192 6268 206



**OBSERVATIONS**

- MANNFOR est affilié à la charte **QUALIFORAGE** (Brgm, EDF et ADEME) et possède une **GARANTIE DECENNALE**, forage selon **NORME AFNOR NF X10-970**.
- EQUIPEMENTS  
Le chantier disposera d'un point d'eau (robinet de puisage), d'un raccordement électrique (220V), ainsi que d'un accès convenable, nécessaire pour la mise en place de l'atelier de forage
- L'offre forage ne comprend pas
  - Les travaux de terrassement pour le raccordement des forages aux regard collecteurs, ainsi que des collecteurs au bâtiment,
  - La réservation pénétration dans le bâtiment,
  - Le raccordement des collecteurs à la PAC ,
  - La fourniture et la pose de l'antigel,
  - L'avis d'un expert GMI si besoin (Zone Orange GMI).
- CONDITIONS DE PAIEMENT
  - Paiement net sans escompte à réception de facture
  - 20 % à la signature du devis, le solde à réception de facture
  - intérêts moratoires de 8% à compter de la date d'échéance
  - validité de l'offre 1 mois
  - aucune déduction ne sera faite pour compte prorata, retenue de garantie, escompte, travaux nécessaires suite au passage de l'atelier de forage

Nous reconnaissons avoir pris connaissance de la totalité de l'offre, ainsi que des conditions générales de vente.

DATE ET SIGNATURE DU CLIENT  
(précédée de la mention "Lu et approuvé")

**MANNFOR**  
Agence Franche-Comté / Bourgogne  
34 Le Magny  
70270 FRESSE  
Tél. 03 84 63 34 25 - Fax 03 84 63 34 69  
MANNFOR S.à.r.l.

*[Signature]*  
06.325.369.82

Agence Alsace-Lorraine  
Tél./Fax : 03 88 49 32 25 - Mobile : 06 88 59 40 06  
E-mail : bohm@mnnfor.eu

Agence Franche-Comté - Bourgogne - Champagne  
Tél. 03 84 63 34 25 - Fax : 03 84 63 34 69 - Mobile : 06 32 53 69 82  
E-mail : eme@mnnfor.eu

Agence Auvergne - Rhône-Alpes - Paca  
Tél./Fax : 04 79 54 39 44 - Mobile : 06 75 99 18 58  
E-mail : bourgeois@mnnfor.eu

Siège social: 66b rue du Maréchal Foch - BP 13078 - Mutzig - 67123 Molshem Cedex

S.à.r.l. au capital de 15000 € - RCS Savene TI 495 382 970 - Siret 49538297000020 - TVA intracommunautaire: FR88195312970 - IBAN: FR76 1470 7500 3470 2192 6268 206