



LOGELIA CHARENTE



**Construction d'une résidence de
20 logements au 45 rue des écoles
Saint-Yrieix-sur-Charente (16)**

Lot Sondes Géothermiques Verticale (SGV)

Phase PRO

**Test de réponse thermique (TRT) de terrain
dans la sonde géothermique verticale « pilote »**



HI2024110310
M10771
M. RETAILLAUD
Novembre 2024

Sommaire

1.	INTERVENANTS ET MISSION.....	1
2.	TEST DE REPONSE THERMIQUE (TRT) DE TERRAIN	2
2.1.	PRINCIPE DU TEST	2
2.2.	ORGANISATION ET DEROULEMENT DU TEST	3
2.3.	PARAMETRES DU TEST	4
2.4.	SUIVI DU TEST	4
2.5.	RESULTATS DU TEST	6
2.5.1.	COEFFICIENTS DE LA TENDANCE DE LA COURBE DE TEMPERATURE MOYENNE ..	6
2.5.2.	CONDUCTIVITE THERMIQUE DE LA FORMATION	6
2.5.3.	CAPACITE THERMIQUE MOYENNE	6
2.5.4.	RESISTANCE THERMIQUE EQUIVALENTE DE LA SONDRE RB.....	6
3.	CONCLUSIONS	7

1. INTERVENANTS ET MISSION

Maîtrise d'ouvrage

Nom (ou raison sociale) :

LOGELIA CHARENTE

Adresse : 10 impasse d'Austerlitz, 16025 Angoulême

Contact : M. Raphaël GRZESIK

Tél : 07 65 19 13 64

Courriel : rgrzesik@logelia.fr

Entreprises intervenantes

Maître d'œuvre mandataire construction 20 logements	BET Thermique	BET Hydrogéologique (RGE OPQIBI 10.07)
AGENCE D'ARCHITECTURE CORNET GUILLAUME RENOUF Spaces Euratlantique Îlot Quai 8.2, Bâtiment E1, 31 rue d'Armagnac 33800 Bordeaux Tel : 05 54 51 87 54	A-INGENIERIE 77 boulevard de Bretagne 16000 Angoulême Tel : 05 86 75 00 35	HYDRO INVEST 2 rue des Molines 16000 ANGOULEME Tel : 05 45 37 10 22

Mission confiée à HYDRO INVEST

Dans le cadre du projet de construction d'une résidence de 20 logements divisée en deux lots au 45 rue des écoles à Saint-Yrieix-sur-Charente (16), HYDRO INVEST a réalisé pour LOGELIA CHARENTE un Test de Réponse Thermique (TRT) de terrain dans la première sonde géothermique verticale (communément nommée « sonde pilote », ou « sonde test ») installée sur le site (parcelle BK447) en juillet 2024 par la société GEO-FOR¹.

Ce test a pour objet de fournir des données de terrain pour le dimensionnement définitif du réseau de sondes géothermiques verticales pour de l'apport de chauffage aux deux futurs bâtiments collectifs :

- Résidence 5 logements sur la parcelle BK447
- Résidence 15 logements sur la parcelle BK615

La sonde pilote servira en exploitation au bâtiment 5 logements.

Chaque bâtiment sera muni de son local PAC et de son réseau de sondes géothermiques verticales.

¹ Cf. rapport HYDRO INVEST - M10771 - HI2024100281 - LOGELIA CHARENTE - Construction d'une résidence 20 logements au 45 rue des écoles, Saint-Yrieix-sur-Charente (16) - Lot Sondes Géothermiques Verticale (SGV) - Phase PRO - Aménagement d'une sonde géothermique verticale test

2. TEST DE REPONSE THERMIQUE (TRT) DE TERRAIN

2.1. PRINCIPE DU TEST

Le Test de Réponse Thermique (TRT) de terrain permet de contrôler une sonde géothermique verticale (SGV) en termes de qualité d'ouvrage et de capacité de fourniture calorifique/frigorifique des terrains au droit du projet immobilier.

Il est mené dans une SGV avec un appareillage mobile spécifique qui permet de :

- faire circuler de l'eau à débit constant en circuit fermé dans les tubes de la SGV,
- chauffer l'eau envoyée dans les tubes avec un apport stable et constant de chaleur,
- mesurer la température de l'eau en entrée et sortie de SGV pour en déduire sa « réponse thermique » et donc sa capacité de fourniture thermique.

Ce test dure 48 à 72h en continu.

Les résultats fournis par le TRT sont les suivants :

- Conductivité thermique moyenne des terrains λ (W/m.K)
- T_0 = température moyenne des terrains (°C)
- Chaleur spécifique moyenne C_p (MJ/m³.K)
- Résistance équivalente de la sonde géothermique R_b (m.K/W)

Le TRT est recommandé :

- par l'Association Française des Professionnels de la Géothermie (AFPG),
- au chapitre 7.2 de la norme AFNOR NF X10-970 de Janvier 2011 relative au dimensionnement d'un champ de sondes pour le collectif et le tertiaire.

Pour des projets soutenus par les subventions du Fonds Chaleur de l'ADEME, le TRT est obligatoire pour une longueur totale de sonde verticale supérieure à 1000 mètres linéaires², cas du présent projet. Les modalités de réalisation du TRT sont alors cadrées par un cahier des charges ADEME dédié³.

De la souplesse quant à cette obligation peut être accordée par l'ADEME si des données de terrain sont disponibles à proximité d'un site intéressé par de la géothermie.

Pour le présent projet, un TRT a été réalisé en 2011 à plus de 3 km au sud-est dans le cadre de la construction de la médiathèque l'Alpha.

Au regard :

- de la nature géologique sensiblement différente des terrains dans le secteur de l'Alpha comparé aux terrains rue des écoles,
- du fait qu'il s'agit du seul test de terrain réalisé dans le nord du Grand-Angoulême,

il a été jugé opportun de réaliser un TRT dans le cadre du présent projet.

² ADEME – Cahier des charges d'aide à la décision – Etude de faisabilité mise en place de pompe(s) à chaleur géothermique(s) sur aquifère superficiel ou sur champ de sondes – Version du 17/12/2020

³ ADEME – Cahier des charges d'aide à la décision - Réalisation d'un Test de Réponse Thermique de terrain (TRT)

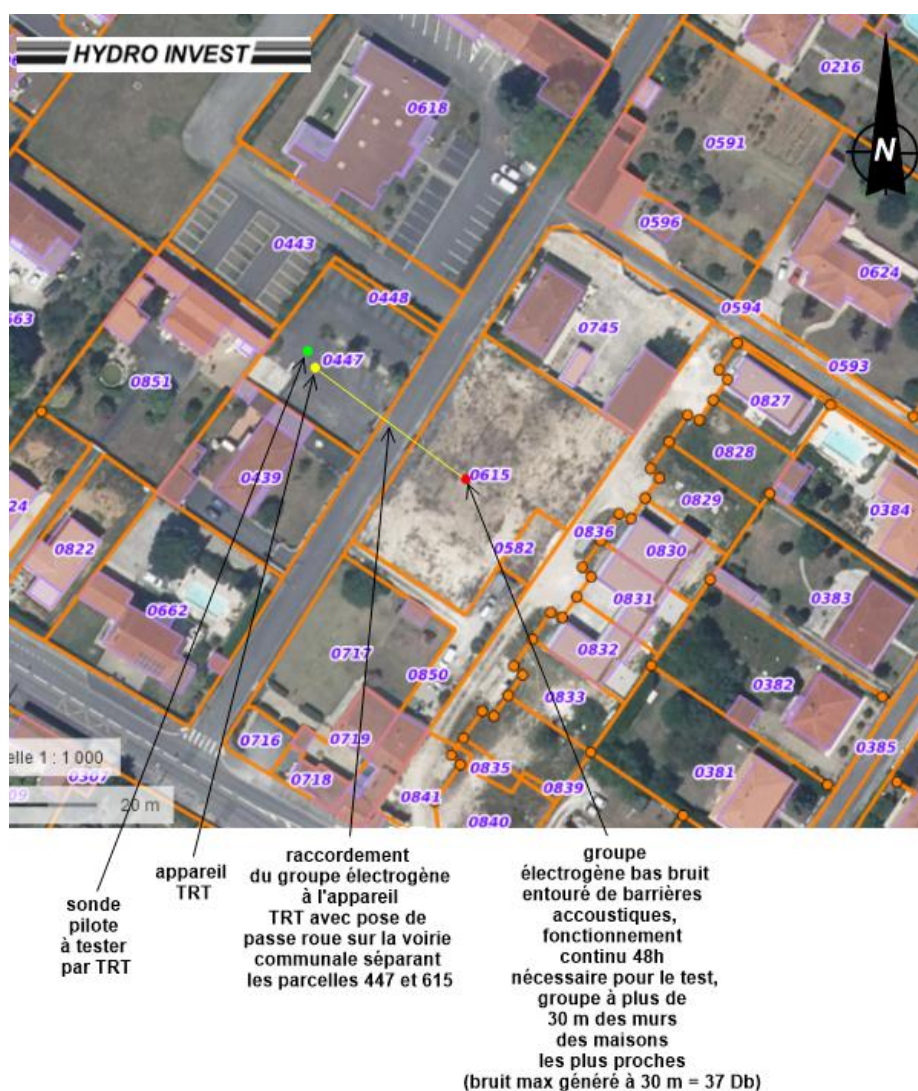
2.2. ORGANISATION ET DEROULEMENT DU TEST

Un TRT de 48 heures a été réalisé du 22 au 24 octobre 2024 par la société GEOTEC Environnement (cf. rapport en **annexe**).

Un groupe électrogène bas bruit a été utilisé pour limiter l'impact sonore sur le voisinage.

HYDRO INVEST s'est chargé :

- d'organiser, coordonner, suivre et valider ce test,
- de prévenir les riverains par courrier postal,
- de réaliser le retrait et la repose du couvercle bétonné de la buse de protection de la SGV,
- de fournir un barriérage équipé de bâches acoustiques pour limiter l'impact sonore sur les riverains proches,
- de coordonner un prestataire missionné pour la surveillance continue du site pendant le test, le risque qu'un riverain vienne couper prématurément le groupe électrogène pendant le test étant difficilement écartable en zone urbaine.



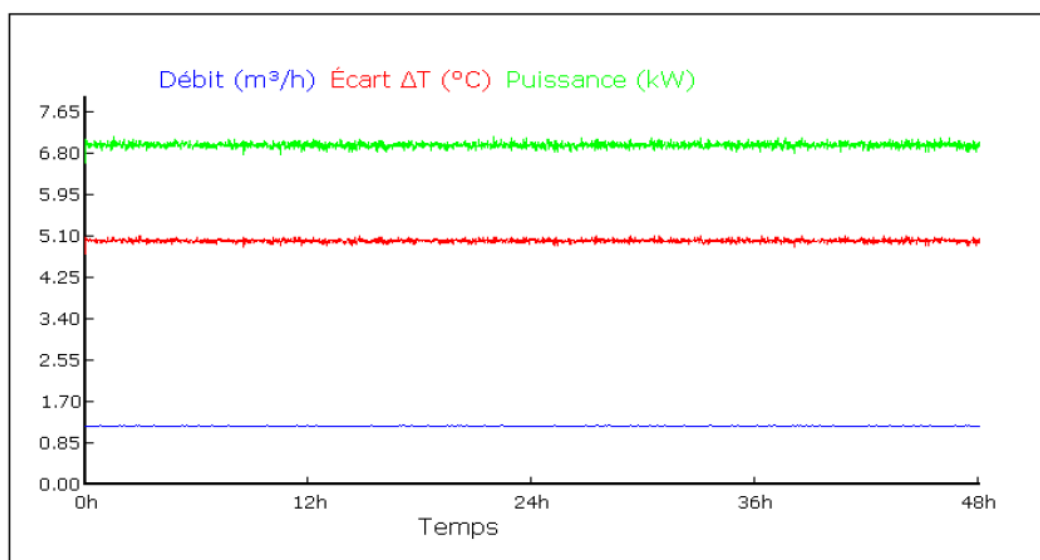
2.3. PARAMETRES DU TEST

Diamètre du forage	165 mm
Profondeur du forage	189 m
Sonde géothermique	HAKAGERODUR bitube PE100-RC DN40 Ep. 3.7 mm
Cimentation	Coulis Promacem 2.0 W/m.K
Fluide utilisé	Eau claire (AEP)
Capacité du fluide C _{pf}	4.18 MJ/(m ³ .K)
Débit Q	1.20 m ³ /h
Ecart de température entrée/sortie sonde (deltaT)	5°C
Puissance thermique délivrée P	6 967 W
Puissance thermique par mètre p _{th} = P _{th}	36.67 W/m
Durée du test	48 h

2.4. SUIVI DU TEST

La stabilité de l'écart entre température en entrée et en sortie de sonde a été obtenue.

Suivi de la stabilité des paramètres de test

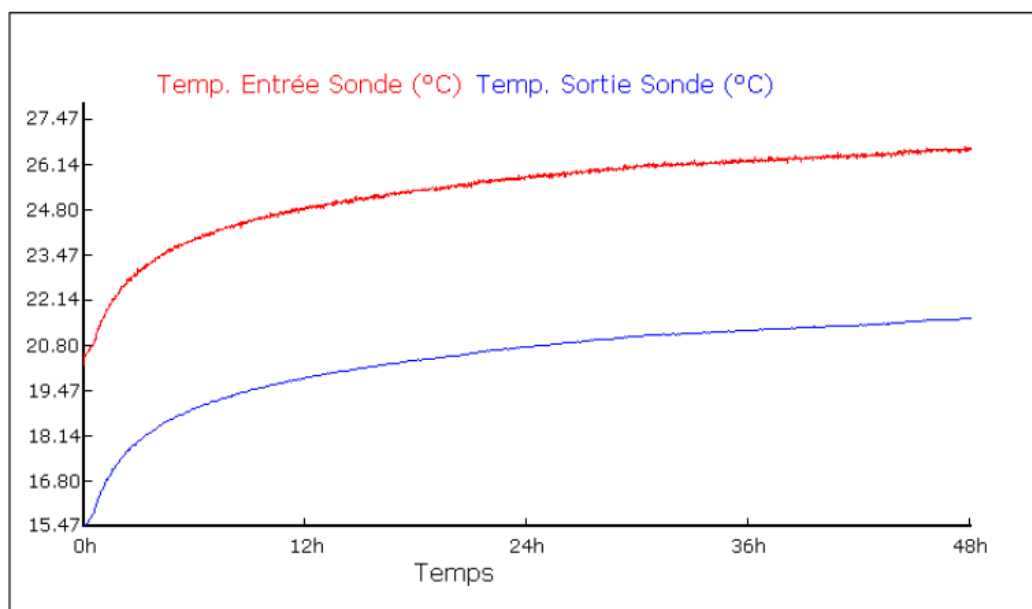


La température initiale moyenne (T0) mesurée était de 15.47°C.

Il s'agit de la température de l'eau mise en circulation dans la sonde pendant environ 1 heure avant de lancer le test (avant de chauffer l'eau avec l'appareil de TRT).

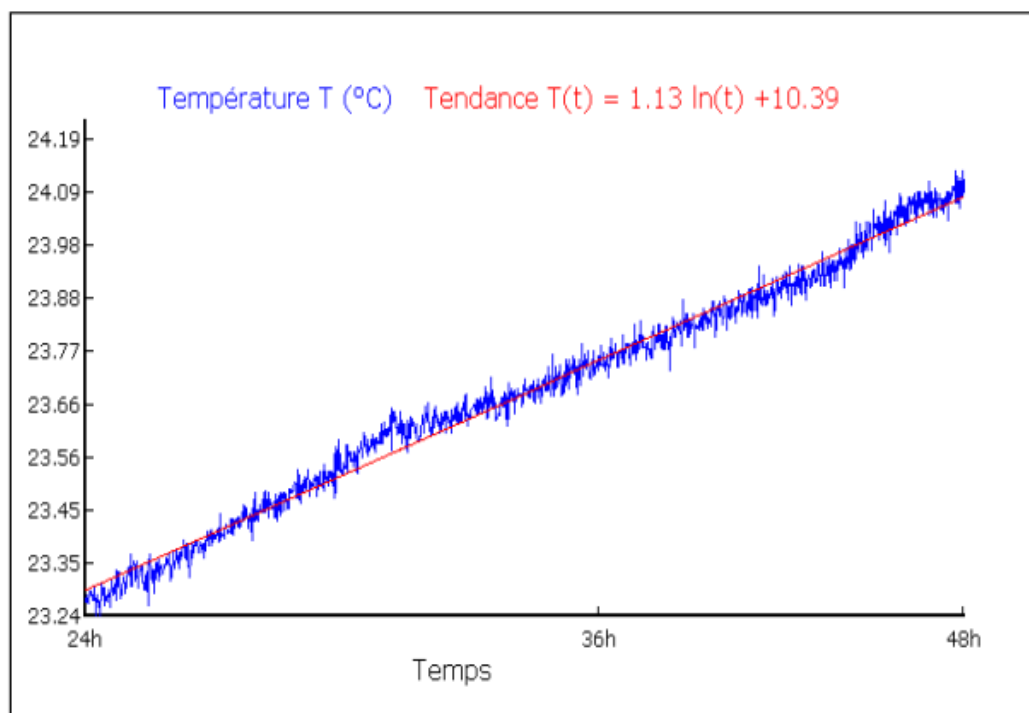
La température en entrée-sortie de sonde pendant le test a été mesurée en continu.

Températures en entrée et sortie de la sonde



Après atteinte d'un régime stationnaire, il en est déduit la température moyenne du fluide en échelle logarithmique.

Température moyenne du fluide



2.5. RESULTATS DU TEST

2.5.1. COEFFICIENTS DE LA TENDANCE DE LA COURBE DE TEMPERATURE MOYENNE

Cf. graphique précédent :

- **K = 1.13**
- **C = 10.39**

2.5.2. CONDUCTIVITE THERMIQUE DE LA FORMATION

A partir du coefficient K, la conductivité thermique de la formation est obtenue selon :

$$\lambda = P_{th} / 4.\pi.K$$

$\lambda = 2.57 \text{ W/m.K}$
--

HYDRO INVEST avait estimé en APD cette conductivité à 1.8 W/m.K sur la base d'une coupe géologique théorique avant aménagement de la sonde pilote et TRT⁷.

Le calcul à partir des données du TRT donne une conductivité thermique des terrains de 2.57 W/m.K (cf. page 12 du rapport en **annexe**) qui s'avère plus favorable aux sondes que la valeur pessimisante estimée en APD.

2.5.3. CAPACITE THERMIQUE MOYENNE

La capacité thermique moyenne des terrains est évaluée d'après la coupe géologique des terrains traversés et les données bibliographiques disponibles (cf. page 12 du rapport en **annexe**).

$C_p = 2.19 \text{ MJ/m}^3.\text{K}$
--

2.5.4. RESISTANCE THERMIQUE EQUIVALENTE DE LA SONDE RB

La résistance équivalente thermique de la sonde est obtenue selon :

$$R_b = (C - T_0) / P_{th} - (1 / (4.\pi.\lambda) . (\ln(4.a/r^2) - \gamma))$$

C = coefficient d'ajustement calculé

T₀ : Température initiale

P_{th} : Puissance injectée au mètre

λ : Conductivité thermique de la formation

a : Diffusivité thermique : $a = \lambda / C_p$

r : rayon du forage

γ : constante d'Euler = 0.5772

⁷ HYDRO INVEST - M10771 - HI2024040093 - LOGELIA - Construction d'une résidence de 20 logements au 45 rue des écoles Saint Yrieix sur Charente (16) - Lot Forages Géothermiques - Phase APD - Page 11

$R_b = 0.105 \text{ m.K/W}$

Cette valeur de résistance thermique, recalculée par Hydro Invest pour vérification, est moyenne et traduit une cimentation efficace de la sonde test.

3. CONCLUSIONS

La conductivité thermique de la sonde test installée sur le site (2.57 W/m.K), mise en évidence par le Test de Réponse Thermique (TRT) de terrain, est encourageante car plus élevée que la valeur théorique estimée en APD.

Cette valeur de conductivité est voisine de celle d'un TRT mené dans une sonde test (profondeur 99 m ; 2.53 W/m.K) en 2011 à 3.10 km au sud-est dans le cadre du dimensionnement du champ de sondes de la médiathèque l'Alpha à Angoulême.

Le présent test permet d'enrichir une base de données nationale en libre accès.

Grâce à ces tests de plus en plus nombreux et bancarisés à l'échelle nationale, des champs de sondes géothermiques verticales (CSGV) pourront être dimensionnés et aménagés avec un bon degré de sécurité sans la nécessité d'une sonde pilote et d'un TRT.

Les résultats du présent TRT seront utiles au dimensionnement définitif des SGV de chaque logement collectif du présent projet (nombre, profondeur, espacement entre chaque SGV, répartition sur le site, coût estimatif ajustés au PRO).

Ce dimensionnement sera réalisé par simulations thermiques dynamiques souterraines avec un logiciel spécialisé qui permet de faire des simulations de production énergétique des SGV sur plusieurs décennies d'exploitation.

Pour réaliser ce dimensionnement, le bureau d'études thermiques devra fournir pour chaque bâtiment :

- La fiche technique de la pompe à chaleur géothermique (PACg) prévue
- Des précisions sur le coefficient de performance de la PACg (COP PACg) en fonction de la température dans le circuit primaire (« circuit sondes »)
- Le débit recommandé dans le circuit primaire pour le bon fonctionnement de la PACg (fiche fabricant PACg)
- La production prévisionnelle de chauffage de la PACg sur une année-type d'exploitation de chaque bâtiment, idéalement au format horaire, en distinguant le chauffage de l'ECS

Les SGV seront dimensionnées en recherchant un COP PACg optimal de l'installation géothermique afin d'en garantir sa rentabilité énergétique.

Angoulême, le 25 novembre 2024

M. RETAILLAUD
Ingénieur hydrogéologue

ANNEXE



RAPPORT

Etude géothermique

Compte-Rendu TRT

Test de Réponse Thermique

ST-YRIEIX-SUR-CHARENTE (16 710)
45, rue des Ecoles

Référence : 2024/04068/LARCH				ENV/PAC		
Indice	Date	Modifications Observations	Nbre pages	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
			Texte + annexes			
0	29/10/2024	-	18+3	T. SAGBOHAN	JB. AUPLAT	JB. AUPLAT
A						
B						
C						

Nb : l'indice le plus récent de la même mission, annule et remplace les indices précédents

AGENCE LA ROCHELLE
26, rue Lavoisier
17 440 AYTRE
Tél : 05.46.68.76.42
Mail : agence.larochelle@geotec.fr

Siège social :
9, bld de l'Europe 21800 QUETIGNY
Tél. : 03.80.48.93.20
SAS au capital de 952 200 € - Siret 778 196501 00028
Code NAF 7112B – Qualité OPQIBI
Membre SYNTEC, USG et UPDS - www.geotec.fr

SOMMAIRE

1. CADRE D'INTERVENTION	3
1.1 INTERVENANTS ET MISSION	3
1.2 PROJET ET DOCUMENTS REÇUS	3
1.3 REMARQUES	3
2. PRESENTATION DU SITE	4
2.1 LE SITE	4
2.2 DONNEES GEOLOGIQUES	4
3. FORAGE GEOTHERMIQUE	6
3.1 GEOLOGIE RELEVÉE EN COURS DE FORAGE	6
3.2 ECHANGEUR GEOTHERMIQUE	6
4. TEST DE REPONSE THERMIQUE	7
4.1 PRINCIPE DU TEST	7
4.2 DISPOSITIF DE MESURE	7
4.3 PARAMETRES DE TEST	9
5. RESULTATS DU TEST	10
5.1 RELEVÉ DE LA TEMPERATURE INITIALE DU TERRAIN	10
5.2 RELEVÉ DES TEMPERATURES D'ENTRÉE/SORTIE	10
5.3 TRACE DE LA TEMPERATURE MOYENNE	10
5.4 COURBE DE TENDANCE LOGARITHMIQUE	11
5.5 CALCUL DE LA CONDUCTIVITÉ THERMIQUE MOYENNE	12
5.6 ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ THERMIQUE MOYENNE	12
5.7 CALCUL DE LA RÉSISTANCE ÉQUIVALENTE DE LA SONDÉ GEOTHERMIQUE	12
5.8 RÉSUMÉ DES RÉSULTATS	13
6. ANALYSE DU TEST	14
6.1 GEOTHERMIE	14
6.2 QUALITÉ DE LA SONDÉ	14
CONDITIONS GÉNÉRALES	15

ANNEXE

ANNEXE 1 : PLAN DE SITUATION

1. CADRE D'INTERVENTION

1.1 INTERVENANTS ET MISSION

A la demande et pour le compte d'HYDRO INVEST, GEOTEC a réalisé un Test de Réponse Thermique (TRT) sis 45, rue des Ecoles sur la commune de ST-YRIEIX-SUR-CHARENTE (16 710).

L'objectif de la présente étude est d'effectuer un Test de Réponse Thermique (TRT) de 48 h au droit d'une SGV de 189.2 m de profondeur/TA mise en place au droit de la zone d'étude.

Ce document constitue le rapport du TRT réalisé par GEOTEC Environnement dans le cadre du projet référencé ci-dessous.

Données du projet	
Projet	-
Localisation	St-Yrieix-sur-Charente
Client	HYDRO INVEST
Forage géothermique : Date de réalisation Entreprise	01/07 au 25/07/2024 Non communiqué
Suivi géologique : Entreprise	HYDRO INVEST
Test de réponse thermique : Date de réalisation Entreprise	22/10 au 24/10/2024 GEOTEC Environnement

Tableau 1: Données du projet.

1.2 PROJET ET DOCUMENTS REÇUS

GEOTEC Environnement intervient sur ce projet pour la réalisation du TRT pendant 48 h au droit de la SGV réalisée préalablement sur la zone d'étude. La réalisation et le suivi du forage et de la sonde test ont été assuré par HYDRO INVEST.

Le test de réponse thermique constitue une étape préalable indispensable pour dimensionner un système énergétique mettant en œuvre un ensemble de pieux échangeurs et/ou sondes géothermiques verticales. Ce test permet de caractériser les propriétés thermiques moyennes du sous-sol sur le site.

1.3 REMARQUES

Les abréviations utilisées dans ce rapport sont présentées ci-après :

- SGV : Sondes Géothermiques Verticales ;
- TRT : Test de Réponse Thermique ;
- TA : terrain actuel ;

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les « Conditions d'utilisation du présent document » données en fin de rapport.

2. PRESENTATION DU SITE

2.1 LE SITE

Le terrain d'étude se trouve 45, rue des Ecoles sur la commune de St-Yrieix-sur-Charente. Il correspond à la parcelle n° 0447 de la section BK. Le plan de situation est présenté en annexe 1.

Aussi, le terrain est délimité de part et d'autre par des maisons individuelles et bâtiments commerciaux.



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (fond Géoportail – échelle graphique).

2.2 DONNEES GEOLOGIQUES

D'après la carte géologique d'Angoulême au 1/50 000^{ème} du BRGM (n° 709) et notre connaissance du secteur, la géologie du terrain est composée de :

- des alluvions anciennes datant de l'Holocène (notées Fy sur la carte géologique) ;
- un substratum marno-calcaire datant du Portlandien inférieur et du Kimmeridgien.

La figure page suivante présente la carte géologique de la zone d'étude.

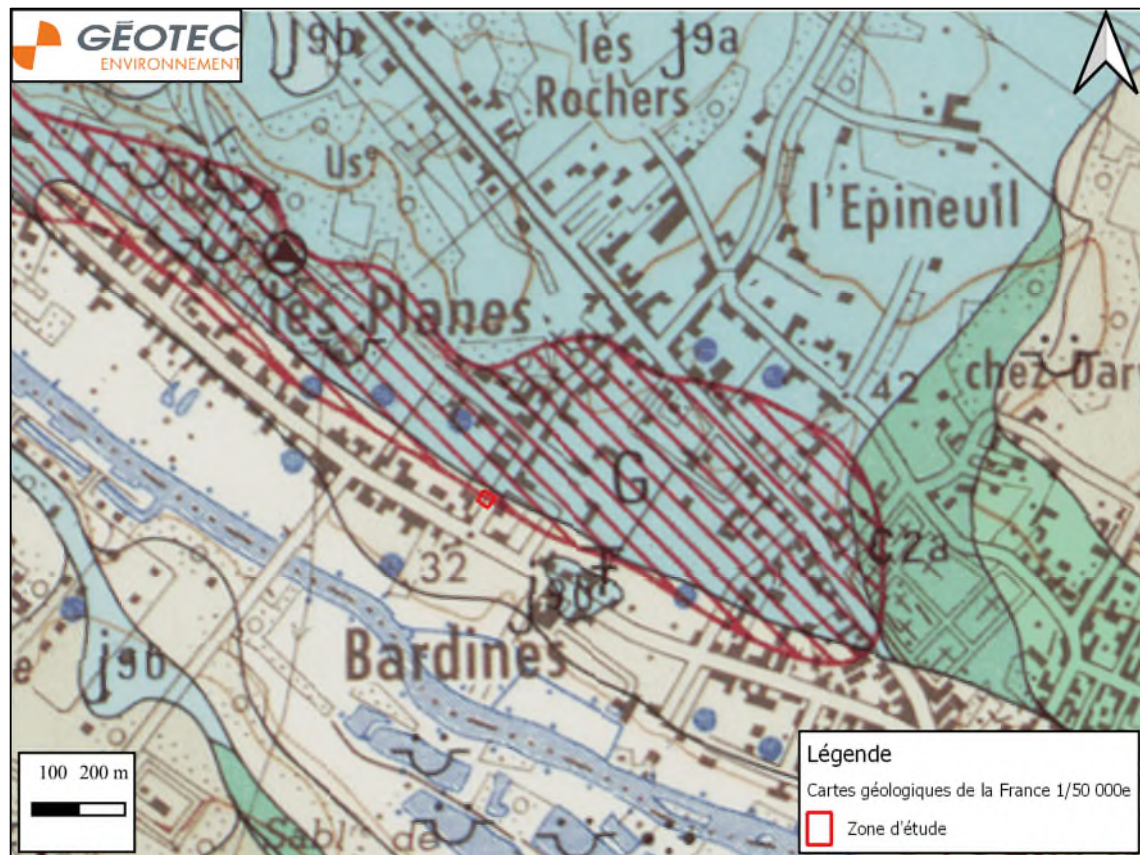


Figure 2 : Extrait de la carte géologique d'Angoulême au 1/50 000ème (source : Infoterre -BRGM).

3. FORAGE GEOTHERMIQUE

3.1 GEOLOGIE RELEVÉE EN COURS DE FORAGE

On indique ci-après le relevé obtenu lors du forage (données HYDRO INVEST), ainsi que les capacités et conductivités thermiques moyennes estimées (source : la norme allemande VDI 4640 Thermal use of the underground - Fundamentals, approvals, environmental aspects de 2012) de chaque matériau rencontré.

Profondeur (m)	Géologie	Capacité Thermique (MJ/m ³ .K)	Conductivité Thermique (W/m.K)
0 – 1.5	Terre végétale	1.4	0.4
1.5 – 4	Calcaire tendre	2.2	2.8
4 – 15	Calcaire jaune	2.2	2.8
15 – 190	Calcaire gris	2.2	2.8
Moyenne		2.19	2.77

Tableau 2: Formations géologiques et capacités/conductivités thermiques moyennes estimées issues de la bibliographie.

3.2 ECHANGEUR GEOTHERMIQUE

Les principales caractéristiques de l'échangeur géothermique qui a été mis en place sont énumérées dans le tableau ci-dessous.

Données concernant l'échangeur géothermique de test	
Forage :	
Diamètre	167 mm
Profondeur	190 m
Longueur sonde	189.2 m
Echangeur géothermique :	
Marque	HAKAGERODUR
Type	double-U
Matériau	PE100
Diamètre extérieur des tuyaux	40 mm
Épaisseur des tuyaux	3.7 mm
Pression nominale	PN16
N° de série	109213
Matériau de cimentation :	
Type	PROMACEM
Conductivité	2.0 W/m.K

Tableau 3: Caractéristiques des échangeurs géothermiques de test.

4. TEST DE REPONSE THERMIQUE

4.1 PRINCIPE DU TEST

Le test de réponse thermique consiste à mesurer la réponse d'un terrain à un stress thermique. Le stress thermique est appliqué au terrain à l'aide d'un réchauffeur qui fournit une quantité d'énergie à un fluide caloporteur circulant dans la sonde géothermique, cette dernière jouant le rôle d'échangeur thermique entre le fluide et le terrain. Ce test constitue l'étape indispensable avant tout dimensionnement d'un champ de sondes.

Une phase préalable consiste à faire circuler le fluide dans la sonde géothermique, réchauffeur à l'arrêt. La mesure de la température atteinte par le fluide en régime permanent permet de déterminer :

- la température initiale moyenne du terrain T_0 .

La seconde phase consiste à appliquer le stress thermique au terrain :

- le stress thermique appliqué au sous-sol consiste en l'injection d'une puissance thermique P_{th} constante pendant toute la durée du test, le débit du fluide caloporteur étant maintenu également constant ;
- les grandeurs observées, caractérisant la réponse du terrain, sont les températures T_E et T_S du fluide à l'entrée et à la sortie de la sonde géothermique.

L'analyse de l'évolution des températures du fluide T_E et T_S par la méthode de la source linéaire de chaleur (source : S. Gehlin. "Thermal Response Test", Doctoral Thesis, 2002, Department of Environmental Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, Suède), permet alors de déterminer :

- la conductivité thermique moyenne du terrain,
- la résistance équivalente de la sonde géothermique R_b .

Pour calculer cette dernière caractéristique R_b , il est nécessaire d'évaluer au préalable :

- la capacité thermique moyenne du terrain C_p .

La valeur de C_p , capacité thermique moyenne du sol, peut être déduite avec une précision suffisante à partir des informations relatives à la géologie du site recueillies au cours du forage, et des valeurs usuelles rencontrées dans la littérature.

4.2 DISPOSITIF DE MESURE

Le module de test est composé d'un circuit hydraulique raccordé à la sonde géothermique et d'un dispositif permettant la régulation du débit de fluide caloporteur et de la puissance thermique injectée, ainsi que l'acquisition automatique (une acquisition toutes les 30 s) et l'archivage numérique des données telles que débit, température du fluide en entrée et en sortie de la sonde. L'installation de test est schématisée sur la figure page suivante.

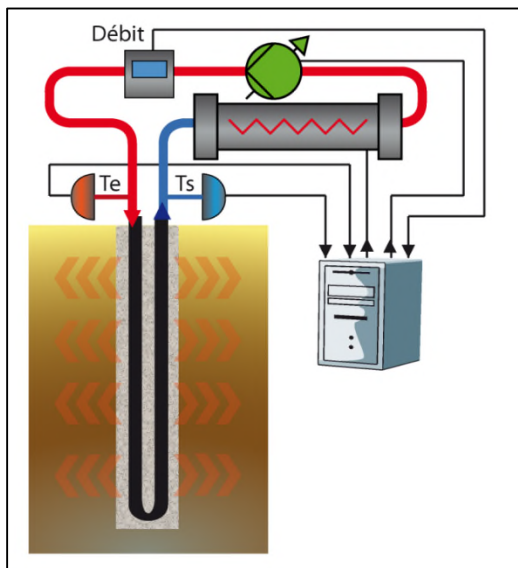


Figure 3 : Schéma de principe du TRT.



Figure 4 : Mise en place du dispositif sur site le 22/10/2024.

Le TRT a été lancé du 22/10 au 24/10/2024 soit une durée totale de 48h.

4.3 PARAMETRES DE TEST

La relation ci-dessous exprime la puissance thermique injectée dans le terrain durant le test en fonction du débit de fluide, de la capacité thermique du fluide, et de l'écart de température entre l'entrée et la sortie de la sonde :

$$P_{th} = (D / 3600) \cdot C_{pf} \cdot \Delta T$$

La puissance thermique injectée P_{th} devant être constante pendant le test, les valeurs du débit D et de l'écart de température ΔT sont choisies en début de test et maintenues constantes pendant toute la durée du test. La valeur qui a été choisie pour chacun des paramètres est indiquée dans le tableau ci-dessous.

Paramètres du test	
Fluide utilisé	eau
Capacité thermique C_{pf}	4.18 MJ/m ³ .K
Débit D	1.20 m ³ /h
Ecart entrée/sortie ΔT	5.00 K
Puissance thermique P_{th}	6 967 W
Puissance thermique par mètre p_{th}	36.67 W/m
Durée du test	48 h

Tableau 4 : Paramètres du test.

La réussite du test est conditionnée par la stabilité de la puissance injectée, et donc par la stabilité des paramètres que sont le débit et l'écart de température du fluide entre l'entrée et la sortie de la sonde. La figure ci-dessous représente les relevés effectués pendant le test pour ces trois grandeurs (le zéro de l'échelle des temps correspond au début de la phase de stress thermique).

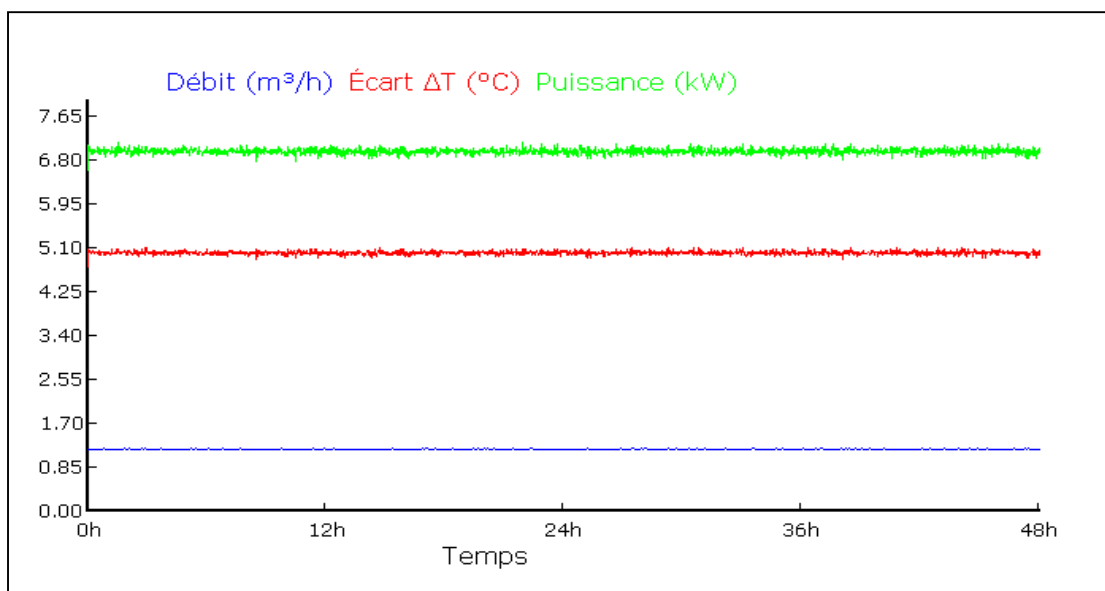


Figure 5 : Évolution du débit D , de l'écart de température entrée/sortie ΔT , et de la puissance thermique transmise P_{th} durant le test.

5. RESULTATS DU TEST

5.1 RELEVÉ DE LA TEMPERATURE INITIALE DU TERRAIN

Durant la phase préalable de circulation de fluide sans réchauffeur, la température initiale moyenne du terrain a pu être relevée à la valeur indiquée dans le tableau ci-dessous (précision +/- 0.1°C).

Température initiale moyenne du terrain T_0	
Température initiale	15.47 °C

Tableau 5 : Température initiale moyenne du terrain T_0 .

5.2 RELEVÉ DES TEMPERATURES D'ENTRÉE/SORTIE

La figure ci-après représente l'évolution des températures T_E et T_S du fluide en entrée et en sortie de la sonde géothermique, relevées au cours des tests réalisés sur le forage.

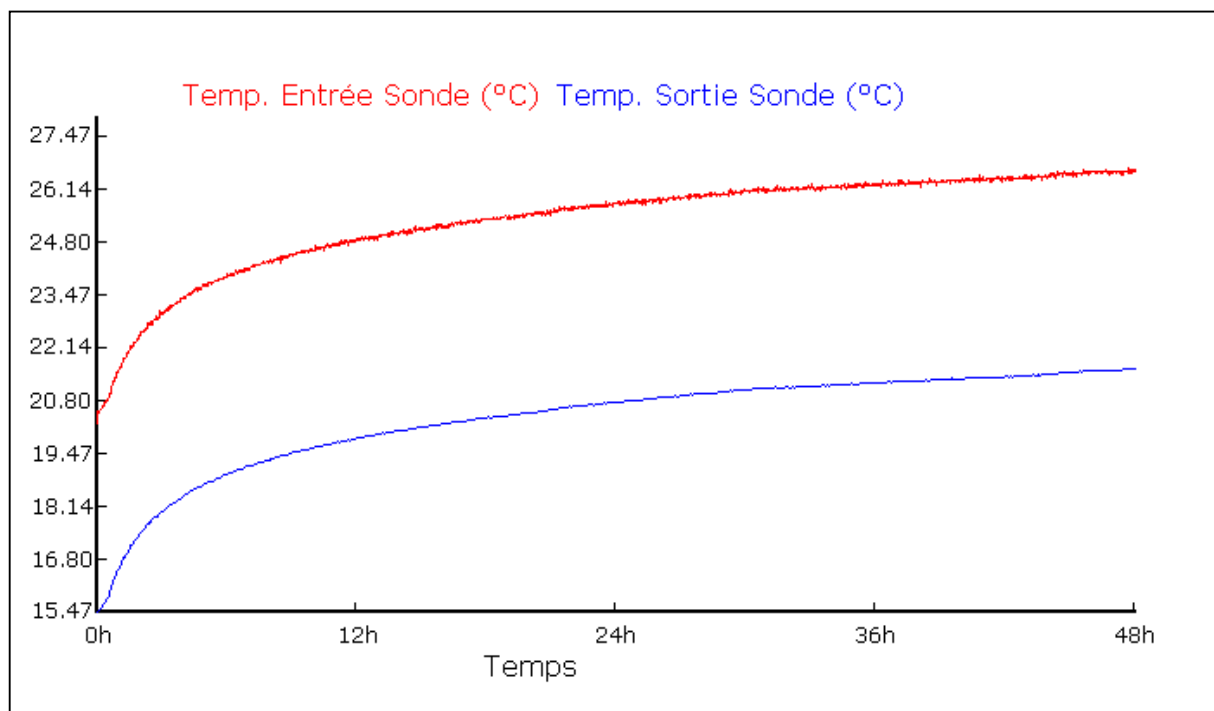


Figure 6 : Évolution de la température du fluide à l'entrée et à la sortie de la sonde géothermique.

5.3 TRACE DE LA TEMPERATURE MOYENNE

Suivant la théorie de la source de chaleur linéaire, la température moyenne du fluide dans la sonde géothermique doit évoluer selon une loi logarithmique après que le régime stationnaire ait été atteint dans la sonde. En d'autres termes, une fois le régime stationnaire atteint, la courbe $T_F(t)$ tracée en échelle de temps logarithmique doit suivre une droite. L'évolution de la température moyenne du fluide T_F relevée pendant le test est tracée en échelle logarithmique sur la figure page suivante. L'état stationnaire communément admis débute à $t_0 + 24$ h, t_0 étant la date de début du test.

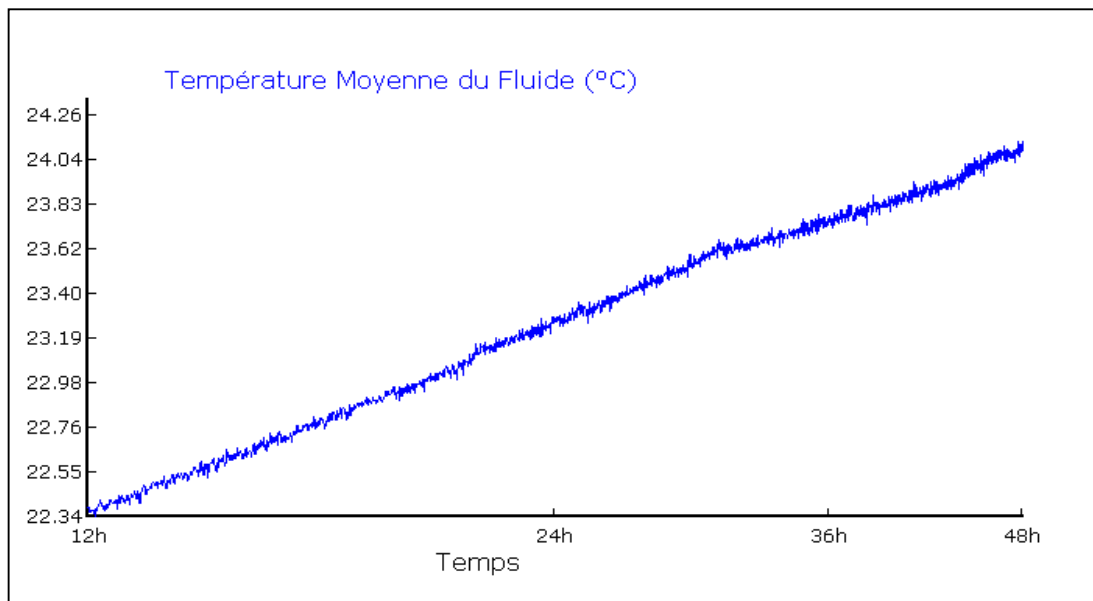


Figure 7 : Tracé de l'évolution de la température moyenne T_F du fluide.

5.4 COURBE DE TENDANCE LOGARITHMIQUE

Durant le test, les transferts thermiques étant essentiellement radiaux le long de la sonde, l'évolution de la température moyenne du fluide T_F peut être représentée par une courbe logarithmique, suivant l'hypothèse d'une source d'énergie linéaire (source : S. Gehlin, "Thermal Response Test", Doctoral Thesis, 2002, Department of Environmental Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, Suède).

La figure ci-après représente ainsi la courbe de tendance $Y(t)=k.\ln(t)+C$ approximant la courbe $T_F(t)$ en régime stationnaire pour le test réalisé. Les paramètres k et C sont calculés sur les valeurs de T_F mesurées entre t_0+24h et la fin du test.

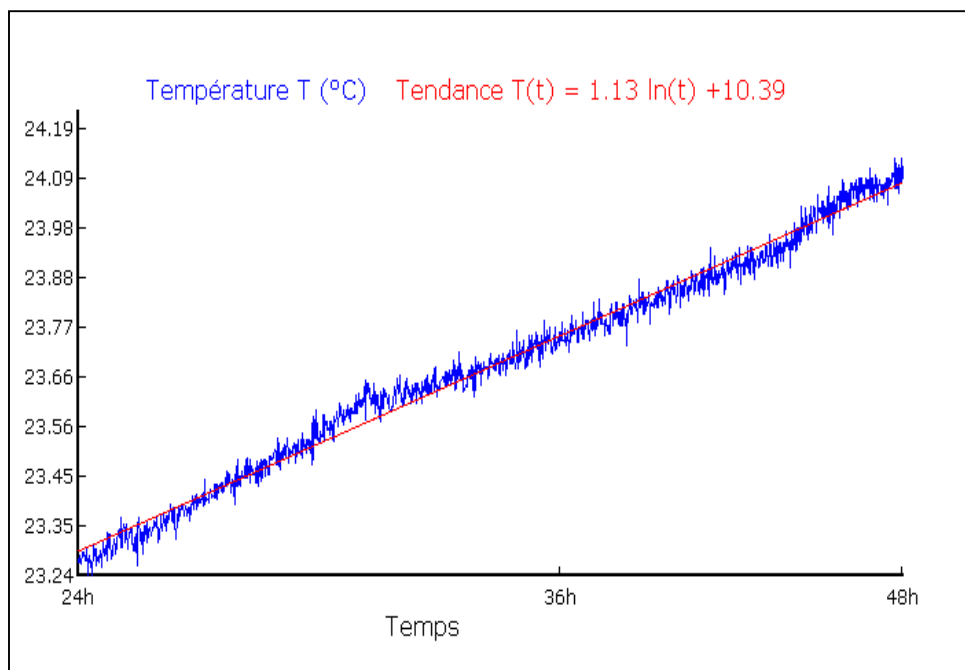


Figure 8 : Détermination de la courbe de tendance.

Courbe de tendance	
Équation paramétrique	$1.13 \ln(t) + 10.39$ (t en secondes)

Tableau 6 : Equation paramétrique de l'asymptote.

5.5 CALCUL DE LA CONDUCTIVITE THERMIQUE MOYENNE

Connaissant la puissance thermique injectée par mètre linéaire de sonde (fixée par le test) et la pente de la courbe de tendance logarithmique (Tab.6), la conductivité thermique moyenne du terrain λ peut alors être déterminée par la loi de la source d'énergie linéaire (source : S. Gehlin. "Thermal Response Test", Doctoral Thesis, 2002, Department of Environmental Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, Suède).

La valeur obtenue après calcul est indiquée dans le tableau ci-dessous.

Conductivité thermique moyenne λ du sous-sol	
Conductivité thermique	2.57 W/m. K

Tableau 7 : Conductivité moyenne du terrain λ .

5.6 ÉVALUATION DE LA CAPACITE THERMIQUE MOYENNE

La capacité thermique moyenne du terrain C_p est évaluée à partir des données géologiques recueillies pendant l'opération de forage et des valeurs usuelles rencontrées dans la littérature (source : la norme allemande VDI 4640 Thermal use of the underground - Fundamentals, approvals, environmental aspects de 2012).

Capacité thermique moyenne C_p du sous-sol	
Capacité thermique	2.19 MJ/m ³ .K

Tableau 8 : Capacité thermique moyenne du terrain C_p .

5.7 CALCUL DE LA RESISTANCE EQUIVALENTE DE LA SONDE GEOTHERMIQUE

Connaissant la capacité thermique moyenne du terrain C_p et le terme constant de la courbe de tendance logarithmique (Tab.6 et 8), la résistance équivalente de la sonde géothermique R_b peut également être déterminée (source : S. Gehlin. "Thermal Response Test", Doctoral Thesis, 2002, Department of Environmental Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, Suède).

Résistance thermique équivalente	
Résistance équivalente de la sonde	0.105 K/W.m ⁻¹

Tableau 9 : Résistance équivalente de la sonde géothermique R_b .

5.8 RESUME DES RESULTATS

Les résultats du test de réponse thermique pour la sonde test de 189 m sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Résultats	
Température initiale moyenne du terrain T_0	15.47 °C
Conductivité thermique moyenne λ	2.57 W/m.K
Capacité thermique moyenne C_p	2.19 MJ/m³.K
Résistance équivalente de la sonde R_b	0.105 K/W.m⁻¹

Tableau 10 : Résultats du Test de Réponse Thermique.

Il est important de préciser que ces résultats sont valables pour un régime d'écoulement turbulent avec les paramètres du test définis au tableau 4 de ce rapport.

6. ANALYSE DU TEST

6.1 GEOTHERMIE

La conductivité thermique caractérise la capacité d'échange thermique du sous-sol. Elle conditionne donc la longueur totale de forage à réaliser pour obtenir une puissance d'échange donnée : plus la conductivité est élevée, plus la puissance d'échange par mètre linéaire de sonde sera élevée.

La conductivité thermique apparente moyenne mesurée est de 2.57 W/m.K qui représente une **valeur favorable** à la géothermie sur sonde sèche.

6.2 QUALITE DE LA SONDE

La résistance thermique de la sonde lie de manière asymptotique les niveaux de température du fluide (T_{fluide}) et du terrain (T_{forage}) à la quantité d'énergie injectée par mètre linéaire (q , en W/m) de sonde :

$$T_{\text{fluide}} \sim T_{\text{forage}} + q \cdot R_b \Rightarrow q \sim (T_{\text{fluide}} - T_{\text{forage}}) / R_b$$

Une sonde de bonne qualité a une résistance aussi faible que possible.

La résistance thermique moyenne mesurée de la sonde est de 0.105 K/W.m⁻¹ qui représente une valeur moyenne. Cette valeur de résistance équivalente R_b correspond aux valeurs mesurées sur des sondes cimentées avec un coulis géothermique à conductivité élevée, généralement comprises entre 0.060 et 0.120 K/W.m⁻¹.

Nous restons à l'entière disposition des Responsables du Projet pour tout renseignement complémentaire.

CONDITIONS GENERALES

1. Avertissement, préambule

Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du cocontractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales.
Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite.
Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit du Prestataire.

2. Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)

Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.

Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

Conformément à l'article L 411-1 du code minier, le Client s'engage à déclarer à la DREAL tout forage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer auprès de la DDT du lieu des travaux les sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

3. Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission

Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.

La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.

Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés.

Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

4. Plans et documents contractuels

Le Prestataire réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité.

5. Limites d'engagement sur les délais

Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager le Prestataire. Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité du Prestataire est dégagée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur au Prestataire modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.

Le Prestataire n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou le Prestataire avec un autre Prestataire.

6. Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures

Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée au Prestataire avant toutes interventions.

Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutage nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.

Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les remises en état, réparations ou indemnités correspondantes sont à la charge du Client.

7. Implantation, nivellement des sondages

Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

8. Hydrogéologie

Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

9. Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux

Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, le Prestataire a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.

L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.

L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

10. Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

11. Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes

Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins du Prestataire dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par le Prestataire qu'après règlement intégral des sommes dues. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire du Prestataire, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit du Prestataire. Si dans le cadre de sa mission, le Prestataire mettait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. Le Prestataire serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficierait, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

12. Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation

La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent le Prestataire à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. A défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission. Le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où le Prestataire est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

13. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport

Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité du Prestataire et pourra entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission.

Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

14. Conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie

Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.

Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, le Prestataire peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.

Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.

En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.

Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non-paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

15. Résiliation anticipée

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes du Prestataire, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par le Prestataire au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

16. Répartition des risques, responsabilités et assurances

Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par le Prestataire ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.

Assurance décennale obligatoire

Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances. Conformément aux usages et aux capacités du marché de l'assurance et de la réassurance, le contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'adaptation de la garantie pour les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€. Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Le client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voir inusuels sont exclus du présent contrat et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. Le prix fixé dans l'offre ayant été déterminé en fonction de conditions normales d'assurabilité de la mission, il sera réajusté, et le client s'engage à l'accepter, en cas d'éventuelle sur-cotation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. A défaut de respecter ces engagements, le client en supportera les conséquences financières (notamment en cas de défaut de garantie du Prestataire, qui n'aurait pu s'assurer dans de bonnes conditions, faute d'informations suffisantes). Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire qui en référera à son assureur pour détermination des conditions d'assurance. Les limitations relatives au montant des chantiers auxquels le Prestataire participe ne sont pas applicables aux missions portant sur des ouvrages d'infrastructure linéaire, c'est-à-dire routes, voies ferrées, tramway, etc. En revanche, elles demeurent applicables lorsque sur le tracé linéaire, la/les mission(s) de l'assuré porte(nt) sur des ouvrages précis tels que ponts, viaducs, échangeurs, tunnels, tranchées couvertes... En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle sur cotation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le client et le maître d'ouvrage.

Le Prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. A ce titre, il est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable. Le Prestataire sera garanti en totalité par le Client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont il serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le Prestataire qu'au-delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses. La responsabilité globale et cumulée du Prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique. Il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements.

17. Cessibilité de contrat

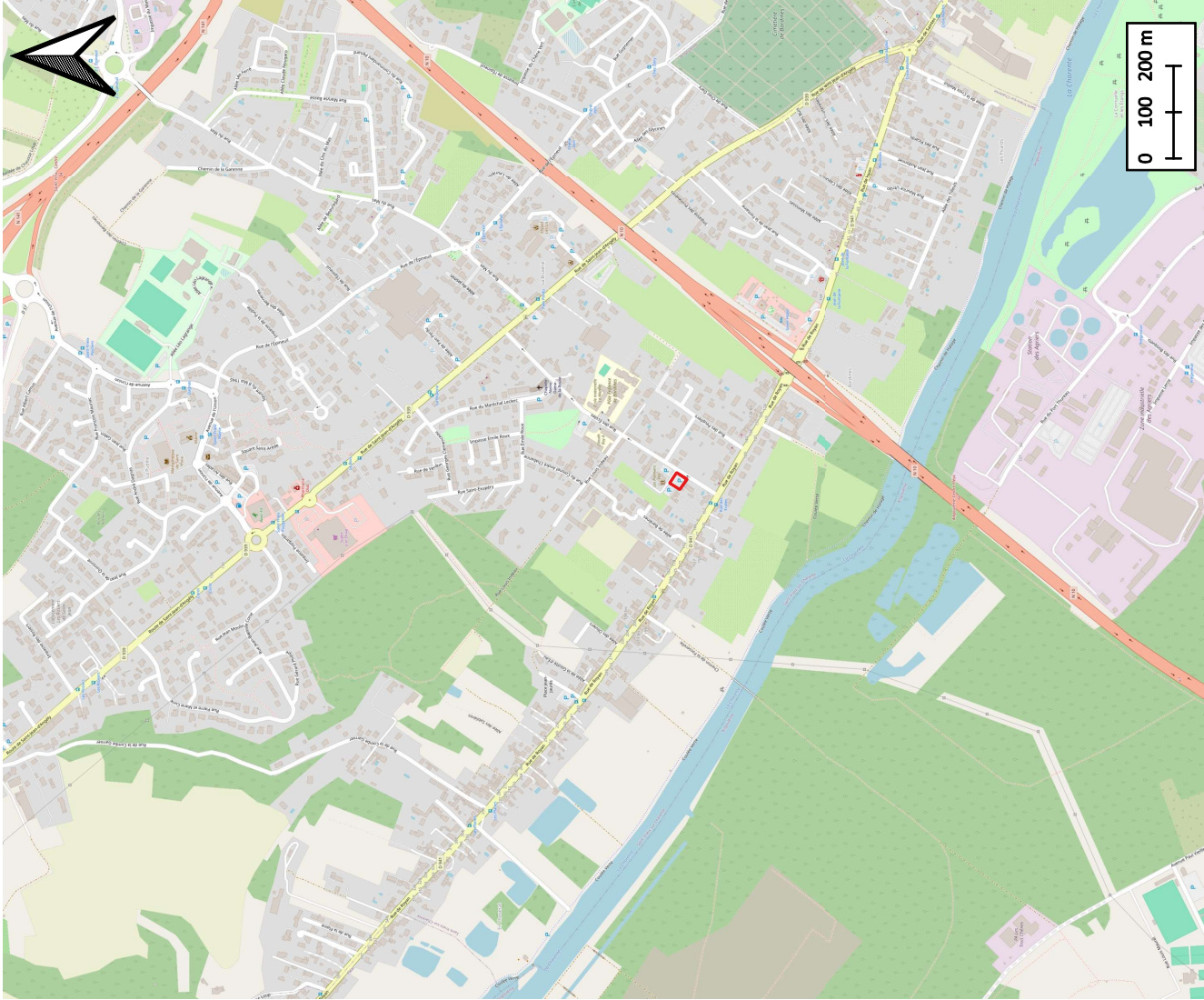
Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte-fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

18. Litiges

En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social du Prestataire sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

ANNEXES

Annexe 1 – Plan de situation



HYDRO INVEST

2, rue des Molinez 16000 ANGOULEME

Téléphone : 05 45 37 10 22 Télécopie : 05 45 37 00 03 secretariat@hydroinvest.com web : www.hydroinvest.com

SAS au capital de : 218 500 €uros SIRET : 307 276 345 00047 TVA Intracommunautaire : FR 23 307 276 345

