

CONSULTING

Installation géothermique du
« Campus Jules Carteret » situé 19
boulevard Jules Carteret à Lyon
7^{ème} (69)

Annexe technique dans le cadre du dossier
cas par cas pour régularisation

Numéro du projet : N°23CMR031-PAC B-0324-V1

Intitulé du projet : Installation géothermique du « Campus Jules Carteret » situé 19 boulevard Jules Carteret à Lyon 7ème (69)

Intitulé du document : Annexe technique dans le cadre du dossier cas par cas pour régularisation

Version	Rédacteur NOM / Prénom	Vérificateur NOM / Prénom	Date d'envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES Documents de référence / Description des modifications essentielles
V1	ANDRIN / Cécile	MONTVIGNIER / Fabien	25/03/2024	Version initiale

SOMMAIRE

1	Définitions des besoins	9
1.1	Contexte	9
1.2	Etat des lieux de l'installation	10
1.3	Définition d'un nouveau fonctionnement	11
2	Localisation géographique et cadastrale	13
3	Durée du titre sollicité	15
4	Contexte général du site	16
4.1	Topographie.....	16
4.2	Contexte géologique.....	16
4.3	Pollution des sols.....	17
4.4	Contexte hydrogéologique.....	19
4.5	Environnement et vulnérabilité	26
5	Volume d'exploitation	27
6	Caractéristiques de l'installation	30
6.1	Description des forages.....	30
6.2	Analyse du fonctionnement de l'installation (2018-2023).....	33
6.3	Arrosage des espaces verts	33
6.4	Local technique.....	33
6.5	Machine de production et fluide frigorigène	34
6.6	Détection de fluide frigorigène.....	35
6.7	Ventilation du local technique.....	35
6.8	Abandon éventuel des ouvrages géothermiques	35
7	Etude d'impact	36
7.1	Impacts permanents	36
7.2	Mesure d'évitement et de réduction des impacts	45

7.3	Mesures compensatoires	45
8	Mesures de protection de l'environnement	46
9	Conclusion.....	47
	Annexes.....	50

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Localisation du projet « Campus Jules Carteret »	13
Figure 2 : Environnement immédiat du projet.....	14
Figure 3 : Implantation des ouvrages de captage et rejet.....	14
Figure 4 : Extrait de la carte géologique de Lyon centrée sur l'emplacement de l'installation	16
Figure 5 : Carte des emplacements des ICPE à proximité du site.....	17
Figure 6 : Carte des emplacements des sites BASOL à proximité du site	18
Figure 7 : Carte d'implantation des ouvrages recensés lors des enquêtes de terrain de 2012 et 2023 et sur Géothermies.fr	20
Figure 8 : Suivi des niveaux d'eau au droit de C1, C2, R1 et R2 sur la GTC	25
Figure 9 : Présentation de trois volumes d'exploitation évalué avec la méthode analytique du CEREMA.....	28
Figure 10 : Définition du volume d'exploitation pour limiter l'incidence sur le projet à 1°C (pour une installation voisine d'environ 2 MW)	29
Figure 11 : Localisation des forages de l'installation du Carteret.....	31
Figure 12 : Coupe technique du forage C1 à la suite de l'inspection vidéo de 2019	32
Figure 13 : Coupe technique de C2 à la suite de l'inspection vidéo de 2019	33
Figure 14 : Extrait du code minier de 2013, schéma de principe de l'installation	35
Figure 15 : Incidences hydrodynamiques du projet à Q moyen	39
Figure 16 : Incidences hydrodynamiques du projet à Q max.....	40
Figure 17 : Incidences thermiques à 20 ans, à Q moyen	42
Figure 18 : Stabilisation de la température au droit des captages pendant 20 ans de fonctionnement à Q moyen	43
Figure 19 : Incidences thermiques au bout de 20 ans, à Q max.....	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau de fonctionnement déclaré en juillet 2013.....	9
Tableau 2 : Synthèse des données obtenues de la GTC de 2018 à 2022.....	11
Tableau 3 : Nouveau fonctionnement de l'installation	12
Tableau 4 : Localisation des forages de captage et de rejet (cadastres)	15
Tableau 5 : Liste des ICPE présentes à proximité du site	18
Tableau 6 : Liste des sites BASOL présents à proximité du site	18
Tableau 7 : Installations recensées lors de l'enquête de terrain du 30 juin 2023	21
Tableau 8 : Installations recensées lors de l'enquête de terrain du 8 novembre 2012	22
Tableau 9 : Installations sur nappe recensées sur Géothermies.fr	23
Tableau 10 : Mesures relevées lors de la réalisation des ouvrages en 2013.....	24
Tableau 11 : Hypothèses retenues pour l'évaluation du volume d'exploitation avec la méthode analytique du CEREMA	27
Tableau 12 : coordonnées Lambert 93 du périmètre du volume d'exploitation	30
Tableau 13 : Caractéristiques des forages du Carteret en 2014	31
Tableau 14 : Principales caractéristiques de l'installation de climatisation (chauffage et rafraîchissement) du complexe le Carteret	34
Tableau 15 : Fonctionnement de l'installation de l'immeuble Le Carteret	37
Tableau 16 : hypothèses de fonctionnement des installations prises en compte.....	38
Tableau 17 : Bilan thermique de l'installation de l'immeuble le Carteret	41

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Arrêté préfectoral n°2014-206-0001 du 25 juillet 2014 (10 pages).....	51
Annexe 2 : Compte rendu de la DREAL suite à l'audit du 14/02/2023 (7 pages).....	52
Annexe 3 : Avis hydrogéologique sur l'installation.....	53
Annexe 4 : Carte piézométrique simulée de Lyon, Egis, 2014 (1 page)	54
Annexe 5 : Carte piézométrique réalisée au droit du site en novembre 2012 (1 page)	56
Annexe 6 : Analyse chimique réalisée sur le forage de reconnaissance le 25 février 2013 (3 pages).....	58
Annexe 7 : Note technique sur la problématique des vannes (24 pages)	59
Annexe 8 : Coupes techniques des forages géothermiques du Carteret.....	60
Annexe 9 : Courrier sur la demande d'arrosage (1 page).....	61

1 Définitions des besoins

1.1 Contexte

Le « Campus Jules Carteret » situé 19 boulevard Jules Carteret à Lyon 7^{ème} (69), exploite deux doublets de forages géothermiques sur nappe pour alimenter une pompe à chaleur et assurer la climatisation (chauffage et rafraîchissement) du campus. Cette installation a fait l'objet de l'ensemble des étapes pour mener à bien un projet de géothermie, de la préféabilité au dépôt du dossier réglementaire avec obtention d'un Arrêté Préfectoral, AP n°2014-206-0001 du 25 juillet 2014 (Annexe 1) et suivi des travaux et l'analyse du dossier des ouvrages exécutés réalisé par ARCHAMBAULT CONSEIL entre avril 2013 (première étape avec l'étude de préféabilité) et décembre 2014 qui clôt le dossier par le compte rendu final des travaux.

Cette installation avait été dimensionnée puis déclarée (régime d'autorisation) pour le fonctionnement présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Tableau de fonctionnement déclaré en juillet 2013

Période	Hivernale	Estivale	Année
Durée	4 mois (novembre à février)	5 mois (mai à septembre)	9 mois
Fonctionnement	Chauffage	Rafrâichissement	Rafrâichissement et chauffage
Besoins énergétiques (kW)	1270	2900	2900 (max)
Ecart thermique maximal ΔT	-6	+6	+/-6
Débit maximal (m³/h)	183	416	416
Débit moyen en fonctionnement (m³/h)	80	140	113
Période de fonctionnement	10h/j ; 6j/7	10h/j ; 6j/7	10h/j ; 6j/7
Volume prélevé (m³)	84 000	183 000	267 000
Débit moyen sur la période (m³/h) en considérant un fonctionnement 24/24 et 7j/7	29	50	30
Temps de pompage (h)	1046	1307	2353

Dans le cadre d'un audit de la DREAL en février 2023, plusieurs non-conformités ont été relevées :

- NC1 : Les puits ne sont pas équipés de dispositifs permettant le prélèvement d'échantillons d'eau brute ;
- NC2 : les appareils de mesure ne font pas l'objet d'une vérification annuelle ;
- NC3 : les volumes d'eau prélevés sur ces deux dernières années, ainsi que la période de fonctionnement de l'installation ne sont pas conformes aux informations indiquées dans le dossier de demande d'autorisation.

Des observations ont été aussi relevées par la DREAL :

- Observation 1 : Le volume d'exploitation tel que défini par l'article L. 134-5 du Code minier (un périmètre et deux profondeurs) n'est pas complet pour le présent titre minier.

Le permissionnaire est donc invité à transmettre une estimation complète du volume d'exploitation, qui fera l'objet d'un arrêté modificatif :

L'article L. 134-1-1 du code minier prévoit que les gîtes géothermiques d'une puissance thermique primaire inférieure à 20 MW ne puissent être exploités qu'en vertu d'un permis d'exploitation accordé par l'autorité administrative. Ce permis d'exploitation confère un droit exclusif d'exploitation dans un volume déterminé, dit « volume d'exploitation », défini par un périmètre et deux profondeurs, conformément à l'article L. 134-5 de ce même code.

- Observation 2 : Cette analyse étant la première depuis le fonctionnement de l'installation, le service de la police des mines rappelle à l'exploitant l'obligation de réaliser des contrôles de façon annuelle.
- Observation 3 : Il est rappelé à l'exploitant l'obligation de transmission d'un rapport annuel reprenant les paramètres clés de fonctionnement de l'installation.

Le compte rendu de la DREAL est présenté en Annexe 2.

1.2 Etat des lieux de l'installation

Un état des lieux a été effectuée à l'aide des données disponibles sur la GTC.

Le tableau suivant présente l'analyse effectuée sur l'ensemble des données entre 2018 et 2021. Toute l'analyse est disponible en Annexe 3. Il met en avant un dépassement des seuils de l'AP sur les paramètres suivants :

- Débit moyen sur la période des 5 années suivies,
- 1 dépassement du débit max en 2022 sur toute la période d'analyse (pour 1 m³/h) ;
- Volume prélevé (5 fois plus élevé que celui déclaré) ;
- Temps de pompage et période de fonctionnement ;
- Ecart thermique (+ 6°C).

Tableau 2 : Synthèse des données obtenues de la GTC de 2018 à 2022

Valeurs	2018	2019	2020	2021	2022	Données réglementaire
Moyenne de Puissance électrique consommé (W)	14 168	13 483	14 268	11 082	12 721	
Max. de Puissance électrique consommé (W)	150 409	171 934	180 031	137 725	169 684	
Min. de Puissance électrique consommé (W)	-79 981	-78 903	-70 535	-66 188	-68 313	
Moyenne de Delta (T°)	0.84	0.89	0.82	0.78	0.75	
Max. de Delta (T°)	5.3	6.7	5.3	6.9	6.9	+ 6 °C
Min. de Delta (T°)	-3.2	-2.9	-2.9	-3	-2.7	- 6 °C
Moyenne de Débit (m³/h) - volume	157	153	151	159	208	30
Max. de Débit (m ³ /h) - volume	366	394	298	341	417	416
Min. de Débit (m ³ /h) - volume	89	63	32	2	20	
Moyenne de Débit (débitmètre) (m³/h)	158	153	151	162	225	80 (hivernale) / 140 (estivale) / 113 (année)
Max. de Débit (débitmètre) (m ³ /h)	293	293	329	345	424	416
Min. de Débit (débitmètre) (m ³ /h)	107	108	108		91	
Volume annuel	1 377 115	1 339 722	1 322 527	1 340 228	1 879 256	267 000
Heure de fonctionnement	8741	8738	8748	8748	8744	≈ 2353 10h/j, 6j/7 pendant 9 mois

1.3 Définition d'un nouveau fonctionnement

En considérant les valeurs du tableau de synthèse (Tableau 2), les nouveaux paramètres de fonctionnement de l'installation sont les suivants :

Tableau 3 : Nouveau fonctionnement de l'installation

Période	Année
Durée	12 mois
Fonctionnement	Rafraichissement et chauffage
Besoins énergétiques (kW)	2900 (max) ?
Ecart thermique maximal ΔT	+/-6
Débit maximal (m ³ /h)	416
Débit moyen en fonctionnement	100*
Période de fonctionnement	24h/j ; 7j/7
Volume prélevé (m ³)	876 000*

* : défini suite aux points d'étapes avec SOFIPARC

Ce volume prend aussi en compte le prélèvement d'eau effectué pour alimenter le réseau d'arrosage des espaces verts du site (2 100 à 4 200 m³/an).

Cette estimation est confortée par le fonctionnement stable et correct depuis début septembre de l'installation qui a connu des pics de chauds (canicule de septembre 2023 et quelques pics de froids en novembre 2023). Le fonctionnement moyen en période de faible besoin tendrait plutôt vers 60 m³/h.

2 Localisation géographique et cadastrale

L'immeuble le Carteret est situé sur le boulevard Jules Carteret, au Nord de l'Avenue Tony Garnier à Lyon 7. Le site est localisé au droit de la plaine lyonnaise, à une altitude moyenne d'environ 164 m NGF. La Figure 1 ci-dessous présente la localisation du projet.

Le Rhône se situe à environ 1 km de la zone d'étude. Il s'écoule du nord vers le sud, à une altitude d'environ 162 m NGF. A 500 m au sud-ouest du projet sont implantées les darses du Port Edouard Herriot. Enfin le Drain CNR est situé au sud à environ 100 m des forages de rejet.



Figure 1 : Localisation du projet « Campus Jules Carteret »

La localisation du site dans son environnement immédiat est fournie sur la figure suivante :

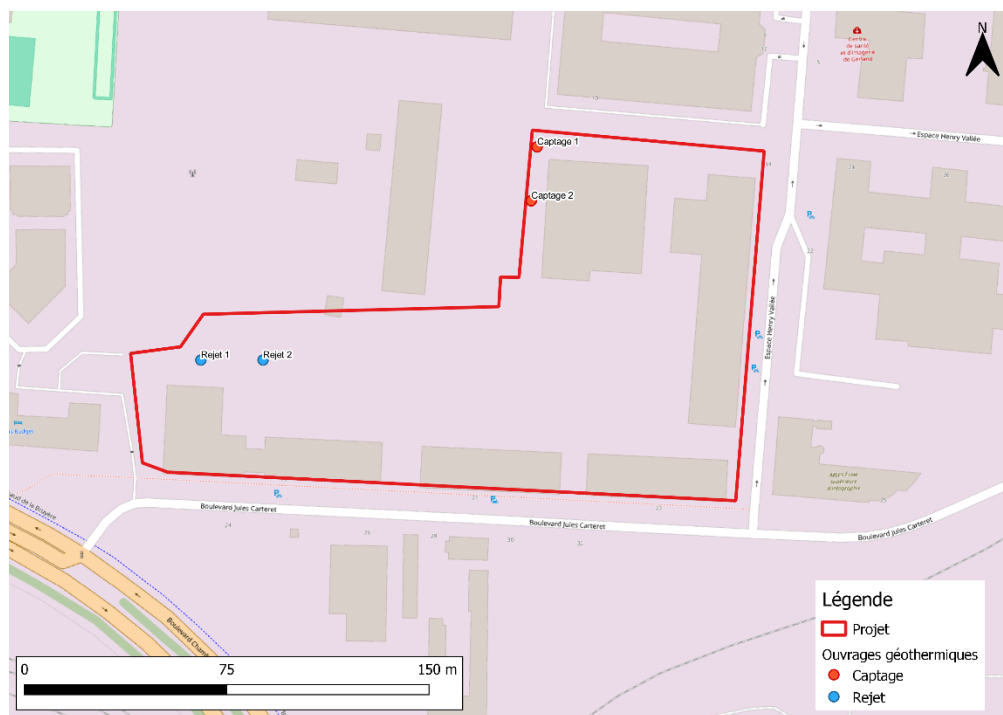


Figure 2 : Environnement immédiat du projet

L'installation fonctionne sur deux doublets de forages captage/rejet. Pour limiter le phénomène de recyclage thermique et en s'adaptant aux contraintes du projet, les captages ont été implantés au nord et les rejets au sud au droit des espaces verts. L'implantation des forages de captage et de rejet est présentée sur la figure suivante :

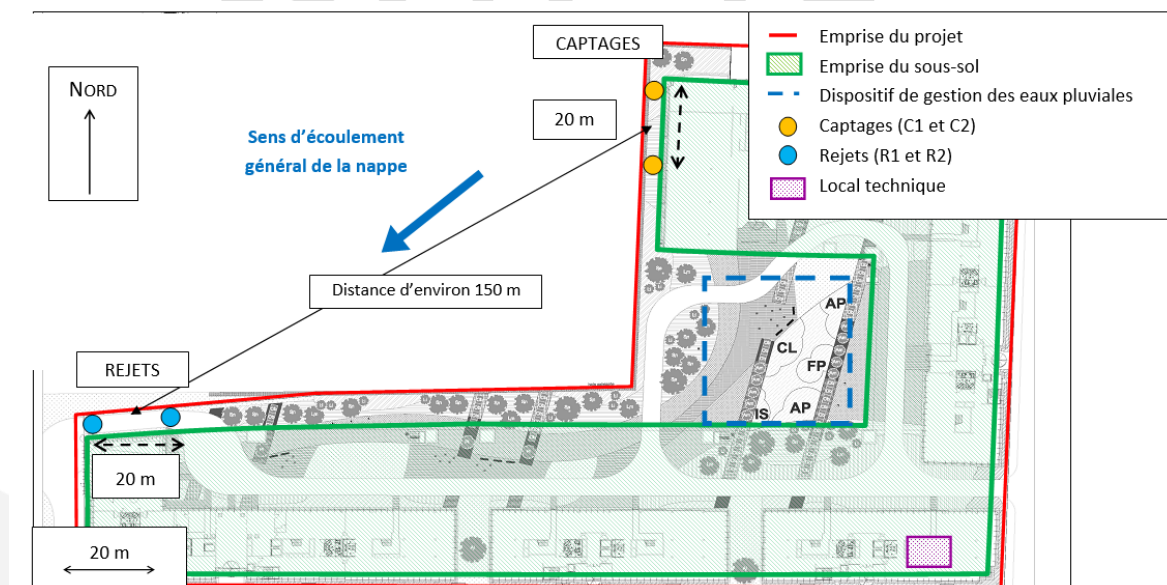


Figure 3 : Implantation des ouvrages de captage et rejet

Les principales informations concernant la localisation des ouvrages de captage et de rejet sont les suivantes :

Tableau 4 : Localisation des forages de captage et de rejet (cadastres)

Ouvrages	Commune et département	Adresse	Cadastre	Coordonnées Lambert 93*
Forage de captage C1	Lyon 7 Rhône (69)	Boulevard Carteret	CE 192	X : 843309 Y : 6515844 Z : 164 m NGF
Forage de captage C2	Lyon 7 Rhône (69)	Boulevard Carteret	CE 192	X : 843307 Y : 6515824 Z : 164 m NGF
Forage de rejet R1	Lyon 7 Rhône (69)	Boulevard Carteret	CE 207	X : 843184 Y : 6515765 Z : 163 m NGF
Forage de rejet R2	Lyon 7 Rhône (69)	Boulevard Carteret	CE 207	X : 843207 Y : 6515765 Z : 163 m NGF

(*) : Coordonnées déduites du site www.geoportail.fr

3 Durée du titre sollicité

La durée du titre sollicitée correspond à la même période autorisée demandé lors du premier dépôt, soit 20 ans.

4 Contexte général du site

4.1 Topographie

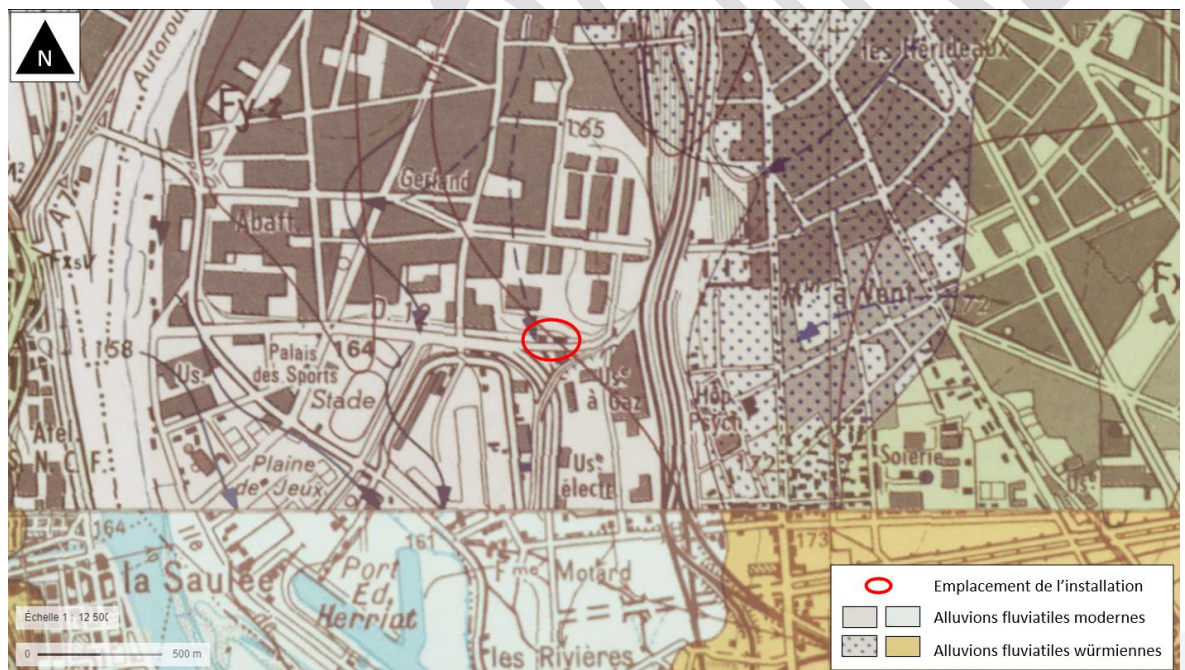
L'immeuble le Carteret est localisé au 19 boulevard Carteret à Lyon 7^{ème} sur un terrain d'une superficie d'environ 17 000 m². Le site est localisé au droit de la plaine lyonnaise, à une altitude moyenne d'environ 164 m NGF. La Figure 1 rappelle la localisation générale du projet.

La parcelle est à ce jour construite et en activité. Un sous-sol est existant sur près de la totalité.

4.2 Contexte géologique

4.2.1 Cadre géologique

D'après la carte géologique de Lyon à l'échelle 1/50 000^{ème} (n°698), les terrains présents au droit du site correspondent aux formations alluviales de la plaine du Rhône. Dans le secteur, le Rhône a entamé le recouvrement glaciaire initialement présent jusqu'au substratum molassique d'âge Miocène, puis a déposé des alluvions fluviales. Ces alluvions sablo-graveleuses reposent donc sur un substratum molassique qui est situé, d'après la bibliographie, à une profondeur de l'ordre de 20 m dans le secteur. Un extrait de la carte géologique est présenté dans la Figure 4 ci-dessous.



4.2.2 Lithologie au droit du site

La lithologie au droit du site a pu être précisée à partir des coupes des ouvrages réalisés au droit du site. Les coupes de ces différents ouvrages sont présentées en Annexe 8.

D'après ces coupes, il apparaît que les formations sablo-graveleuses des alluvions du Rhône sont rencontrées à partir de 1,5 à 6,5 m de profondeur sous un recouvrement de remblais. Cette dernière a une épaisseur variable comme le montre les différentes coupes des forages. Une couche de sables fins à limoneux est retrouvée sur trois ouvrages à différentes profondeurs :

- De 7 à 8,50 m/TN sur R1 ;
- De 8,40 à 9,40 m/TN sur C1 et C2.

Les coupes des ouvrages réalisés au droit du projet ont mis en évidence le substratum molassique à une profondeur de l'ordre de 15-16,50 m/TN soit à partir de 147,5/149 m NGF.

Au vu des éléments recueillis et présentés ci-dessus, la lithologie au droit du projet est la suivante :

- De 0 à 1,5/6,5 m : 164 à 162,5/157,5 m NGF : Remblais ;
- De 1,5/6,5 à 15/16,50 m : 162,5/157,5 à 149/147,5 mNGF : Alluvions sablo graveleuses ;
- De 15 à 16,50 m/TN : au-delà de 149/147,5 m NGF : Substratum molassique.

4.3 Pollution des sols

Bien qu'aucun site pollué avéré ne soit présent sur l'emprise du projet, plusieurs installations industrielles ont existé durant le dernier siècle. L'ensemble de ces industries sont référencées sur BASIAS (Base nationale des Anciens Sites Industriels et Activités de Service).

Aucune installation BASOL (base de données compilant les pollutions avérées) ou ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) n'est référencée au droit du site, toutefois il en existe plusieurs aux alentours. En effet, neuf Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sont présentes dans un rayon de 500 m autour du site. La Figure 5 ci-dessous présente la localisation de ces sites.



Figure 5 : Carte des emplacements des ICPE à proximité du site

Tableau 5 : Liste des ICPE présentes à proximité du site

Nom établissement	Distance (m)	Commune	Régime en vigueur	Statut SEVESO
METROPOLE DE LYON - Unité de Traitement et Valorisation Energétique des déchets	290	Lyon 07	Autorisation	Non Seveso
PURFER	310	Lyon 07	Autorisation	Non Seveso
POURQUERY DMP	340	Lyon 07	Autorisation	Non Seveso
VELAN SAS	370	Lyon 07	Enregistrement	Non Seveso
SANOVI WINTHROP INDUSTRIE	390	Lyon 07	Autorisation	Non Seveso
DDM TRANSPORT FLUVIAL	400	Lyon 07	Enregistrement	Non Seveso
[NC] CTC Centre Technique du Cuir	440	Lyon 07	Autorisation	Non Seveso
CEMEX BETON RHONE-ALPES AUVERGNE	460	Lyon 07	Enregistrement	Non Seveso
CENNTRO MOTORS	460	Lyon 07	Enregistrement	Non Seveso

L'ensemble des sites BASOL (site présentant une pollution) à proximité du site sont localisés sur la Figure 6 ci-dessous.

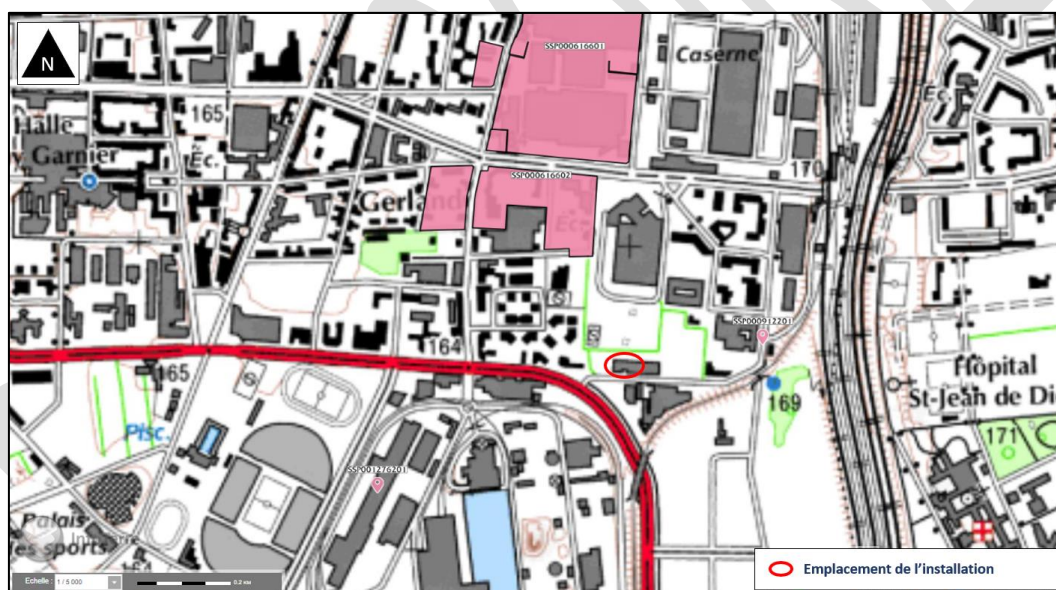


Figure 6 : Carte des emplacements des sites BASOL à proximité du site

Tableau 6 : Liste des sites BASOL présents à proximité du site

Numéro	Nom établissement	Distance (m)	Commune
SSP000912201	PURFER	270	Lyon 07
SSP000616602	SITL (ex FAGOR BRANDT)	290	Lyon 07
SSP001276201	POURQUERY DMP	560	Lyon 07

Par rapport au dossier déposé en 2013, il n'y a pas de modifications majeures sur les éléments.

4.4 Contexte hydrogéologique

Le contexte hydrogéologique, rappelé ci-dessous, a été détaillé dans l'avis hydrogéologique présenté en Annexe 3.

4.4.1 Description de l'aquifère

Dans le secteur étudié, deux aquifères sont présents. Il s'agit de la nappe superficielle des alluvions du Rhône, contenue dans des formations sablo-graveleuses perméables d'une puissance (alluvions mouillées) d'environ 15 m et de la nappe profonde de la molasse sous-jacente, contenue dans des formations sablo-grésifiées peu perméables d'une puissance de plusieurs centaines de mètres.

Il est à noter que ces deux aquifères sont bien individualisés. En particulier, le caractère captif très généralisé de la nappe de la molasse confère à l'ensemble de cet aquifère un isolement relatif et donc une indépendance significative vis-à-vis de la nappe des alluvions.

Parmi les deux aquifères cités ci-dessus, un seul est sollicité par le dispositif de captage-rejet. Il s'agit de la nappe des alluvions modernes du Rhône, étudiée ci-après.

4.4.2 Inventaire des points d'eau exploités au voisinage du site

Afin d'apprécier le contexte hydrogéologique du secteur, un inventaire des exploitations sollicitant la nappe présente au voisinage du site a été effectué auprès de la Banque de données du Sous-Sol (BSS), de la DDT, de la DREAL et de nos propres archives ainsi que lors d'une enquête de terrain réalisée le 30 juin 2023.

Les recherches effectuées ont permis de recenser :

- 2 installations géothermiques en fonctionnement :
 - Point 1 / C (BEAUTY CARE SOLUTIONS), recensée à la DDT ;
 - Point 3 (McDonald's), recensée à la DDT ;
- Une installation géothermique, point 2 (Agropole – ISARA) qui est à l'arrêt site à des problématiques rencontrées sur les forages ;
- Une installation déclarée mais non fonctionnel (point 4 / A) ;
- Des installations recensées lors de l'enquête de terrain de 2012 :
 - Point 7 (B - CCL Gerland (France Télécom) – Non fonctionnel à ce jour), 8 (D - UIOM Gerland),
 - Point 10, qui est aujourd'hui recensé en sonde sur Géothermies.
- Des pompages d'eaux souterraines :
 - Point 6 (Centre technique) et point 9 (Lafarge Béton) ;
- De installations déclarées et recensées sur la base de données Géothermies qui n'ont pas été visités lors de l'enquête de terrain :
 - Points E, F, G.
- La présence du Drain CNR à proximité du projet, au Sud.

Ces différentes installations sont localisées en Figure 7. Les caractéristiques des ouvrages recensés sont présentées en Tableau 7, Tableau 8, Tableau 9.

Parmi ces installations, il est à noter la présence de 3 forages permettant le refroidissement de l'incinérateur (débit annuel : 6 970 000 m³/an) à plus de 200 m au sud-ouest du projet.

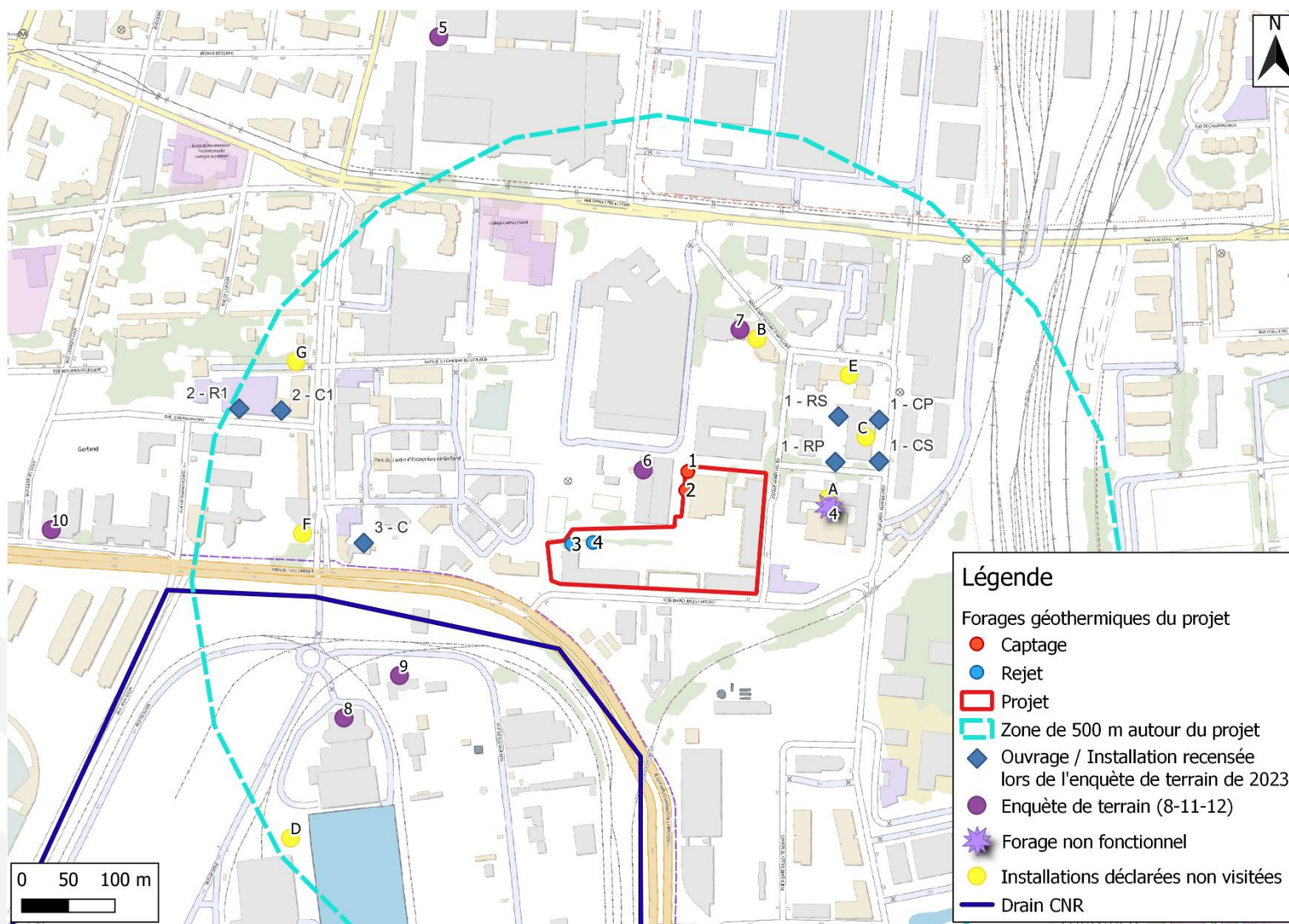


Figure 7 : Carte d'implantation des ouvrages recensés lors des enquêtes de terrain de 2012 et 2023 et sur Géothermies.fr

Tableau 7 : Installations recensées lors de l'enquête de terrain du 30 juin 2023

Installations recensées lors de l'enquête de terrain du 30 juin 2023												
Repère carte	Usage	Exploitant	Adresse	Nature	Désignation	Profondeur / TN (m)	Repère/TN (m)	Niveau Statique / repère (m)	Débit d'exploitation / essais d'infiltration	Volume (m3/an)	Distance/projet	Commentaire
1	PAC air et eau pour climatisation et chauffage	BASF - Beauty Care Solutions France	32 Rue Saint-Jean-de-Dieu, 69007 Lyon	Géothermie	?	15-20	0	-	Exploitation 24/24, 300 000 m3/an	-	Amont latéral 225	
2	PAC	ISARA et CRACRA (Agropole)	23 Rue Jean Baldassini, 69007 Lyon	Géothermie	FR et FC	C : 14 R : 14	C : 2 R : 0,70	C : 2,88 (en 2005) R : 1,44 (en 2020)	80 m3/h, mais 12 en réalité	-	Latéral 470	thermofrigopompe pour climatisation et chauffage, plus utilisé auj. en raison d'une pollution du sous-sol aux hydrocarbures, de présence de fer et d'un développement bactérien)
3	-	McDonald's,	75 avenue Tony Garnier, 69007 Lyon	Refroidissement industriel		?	?	?	?		Latéral 350	
4	Bâtiment Exo 7	?	Boulevard Jules Carteret	Géothermie	?	?		?	?	?	?	Non utilisée

Tableau 8 : Installations recensées lors de l'enquête de terrain du 8 novembre 2012

Enquête de terrain réalisée le 8 novembre 2012												
5	Inconnu	Fagorbrandt / SITL	Lyon 7	puits	inconnu	16		?	35	306500	Latéral Amont 700	
6	Pompage	Centre technique d'essais et d'analyses	Lyon 7	puits	FR	16		?	16	134200	Amont 150	
7	PAC		Lyon 7	Forages	?	?		?	?	?	Latéral Amont 300	
8	PAC	UIOM Gerland	Lyon 7	Forages	F3 F8 F9	21.7 21.1 20.5		?	796	6970000	Latéral Aval 600	
9	Pompage	Lafarge Béton	Lyon 7	Forages	F1 F2	?		?	5	42300	Latéral Aval 500	
10	PAC	Inconnu	Lyon 7	Forages	F	22		?	?	?	Latéral 850	Est recensé en sonde aujourd'hui

Tableau 9 : Installations sur nappe recensées sur Géothermies.fr

GEOOTHERMIE SUR NAPPE RECENSEES SUR GEOTHERMIES.FR										
Repère carte	Identifiant BSS	Nom de l'installation	Nom de l'ouvrage	Type de géothermie	Date du dossier	Date des travaux	Profondeur du forage (m)	Diamètre de l'ouvrage (mm)	Code INSEE	Altitude de l'ouvrage (m NGF)
Forage du projet	BSS001TMAZ		C1	très basse énergie	05/01/2016	01/01/2014	16.5	800	69123	165
	BSS001TMBA		C2	très basse énergie	05/01/2016	01/01/2014	16.3	800	69123	165
	BSS001TMBB	RHA	R1	très basse énergie	05/01/2016	01/01/2014	15	800	69123	165
	BSS001TMBC	RHA	R2	très basse énergie	05/01/2016	01/01/2014	15	800	69123	165
au droit du projet - à l'arrêt	BSS004EURP	Siège social Sanofi	F	très basse énergie	18/08/2022	01/01/2015	20	?	69387	0
au droit du projet - à l'arrêt	BSS004ERYH	Laboratoire Aguetant	F	très basse énergie	17/08/2022	01/01/1956	12	?	69387	0
A	BSS001TLEZ	installation GTH surf	F	très basse énergie	19/06/1990	01/10/1986	13	?	69387	167
	BSS001TLFA	installation GTH surf	F	très basse énergie	19/06/1990	01/10/1986	13	?	69387	167
B	BSS004ERYP	CCL Gerland (France Télécom)	F	très basse énergie	17/08/2022	01/01/1900	13	?	69387	0
C	BSS004ERXY	CIAPEM S. A	F	très basse énergie	17/08/2022	01/01/1900	0	?	69387	0
D	BSS001TLFC	installation GTH surf	F8	très basse énergie	29/06/1993	16/01/1992	21.1	813	69123	163.4
E	BSS001TLFL	installation GTH surf	F1	très basse énergie	15/02/1999	30/09/1993	15	?	69123	164
F	BSS001TLFB	installation GTH surf	F	très basse énergie	31382	44658	13	?		163.5
G	BSS004ERZC	ETS MOOS	F	très basse énergie	1	44790	15	?		

4.4.3 Piézométrie et fluctuations de la nappe

Dans le secteur d'étude, le niveau de la nappe a pu être apprécié à partir de suivis piézométriques, de cartes piézométriques et de mesures réalisées lors des investigations menées sur le site d'octobre 2012 à mars 2013 et enfin des suivis réalisés au droit des ouvrages en exploitation.

La carte piézométrique du bureau d'études EGIS représentant un niveau moyen entre 2006 et 2013 est fournie en Annexe 4. D'après cette carte, la nappe s'écoulerait globalement du nord-est vers le sud-ouest avec un gradient faible d'environ 1 à 2 ‰. Il est à noter que le drain CNR est localisé à une centaine de mètres au sud-ouest du site. Ce drain rabat la nappe comme le met en évidence la carte piézométrique et amortirait ses fluctuations à proximité de ce dernier.

En 2012, lors de la première phase de travaux (ouvrages de reconnaissance - FR, Pz1 à Pz5), des mesures de niveau d'eau ont été réalisées qui ont permis de tracer la piézométrie au droit du site et indiquent **un sens d'écoulement du nord-est vers le sud-ouest et un gradient hydraulique de l'ordre de 1‰** (Annexe 5). Ces niveaux sont présentés en Annexe 5 et sont cohérents avec la carte générale de la piézométrie de Lyon par EGIS (Annexe 4). Ainsi en octobre et novembre 2012, les niveaux d'eaux sont compris entre 159,2 et 159,6 m NGF.

Enfin, en 2013, lors de la réalisation des ouvrages définitifs des niveaux d'eau ont pu être relevés. Ils sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Mesures relevées lors de la réalisation des ouvrages en 2013

NIVEAUX D'EAU RELEVÉS SUR LE SITE PLASTIC OMNIUM BD CARTERET A LYON 7 (69)								
Ouvrages	C1		C2 (Tp≈)		R1 (Tp≈ ?)		R2 (Tp≈ ?)	
	Dalle regard ≈	164,54					≈	≈
	tampon ≈	164,84					≈	≈
Niveaux d'eau	Prof. en m/tp	Cote en m NGF	Prof. en m/tp	Cote en m NGF	Prof. en m/tp	Cote en m NGF	Prof. en m/tp	Cote en m NGF
08/04/14	-	-	-	-	4,37	-	-	-
23/05/14	4,91	159,63	5,24	-	~4	-	~4	-
30/10/14	5,20	159,64	5,25		4,45		4,41	

Au vu des éléments précédents, le niveau moyen de la nappe au droit du site est compris entre 159,2 et 159,5 m NGF. Le niveau moyen retenu au droit du site est de 159,5 m NGF.

Un suivi des niveaux d'eau est réalisé au droit de l'installation. Le graphique suivant présente les valeurs relevées sur la GTC entre 2018 et février 2023.

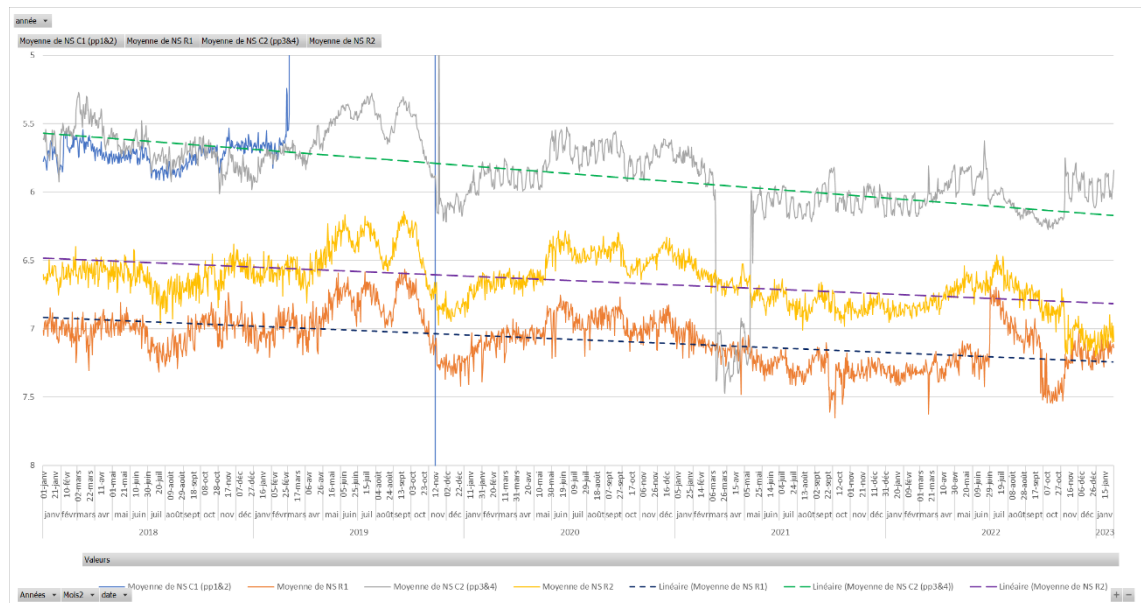


Figure 8 : Suivi des niveaux d'eau au droit de C1, C2, R1 et R2 sur la GTC

Etant donné que l'installation tourne en continu, les niveaux relevés sont des niveaux dynamiques. Il n'est pas possible de déterminer des niveaux statiques moyens.



Les valeurs relevées sur C1 à partir du 1 mars 2019 sont erronées à la suite du renouvellement de la sonde. Le niveau relevé au droit de la GTC n'a pas été synchronisé avec le nouveau positionnement de la sonde. C'est pourquoi, les niveaux n'apparaissent pas sur le graphique.

Les mesures des sondes ont été corrigés suite à des contrôles par mesures manuelles.

4.4.4 Caractéristiques hydrodynamiques de la nappe

Les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe des alluvions ont pu être appréciées à l'aide des données issues d'essais de pompage réalisés au droit du site.

Les quatre essais par paliers réalisées sur les forages et l'essai en vrai grandeur, réalisé au débit de $210 \text{ m}^3/\text{h}$ par ouvrage de captage ont permis de déterminer une transmissivité élevée : $7,7 \times 10^{-2}$ à $2,8 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$. En prenant en compte une hauteur mouillée de 11 m, la perméabilité serait de 7×10^{-3} à $1 \times 10^{-2} \text{ m/s}$.

Le coefficient d'emmagasinement (non mesuré) pourrait être de 10-1, valeur correspondant à une nappe libre contenue dans des alluvions.

4.4.5 Chimie et température des eaux de la nappe

La chimie des eaux de la nappe des alluvions a pu être appréciée à partir d'une analyse physico-chimique de type C3, réalisée en février 2013 sur le forage de reconnaissance FR réalisée au droit du projet. Les résultats de cette analyse sont joints en Annexe 6.

Les résultats de cette analyse indiquent que l'eau de la nappe des alluvions est une eau de type bicarbonatée calcique et magnésienne.

En ce qui concerne la température des eaux de la nappe, cette dernière a pu être appréciée lors du pompage d'essais réalisé sur le forage FR octobre 2012. D'après les mesures effectuées sur cet ouvrage, il apparaît que la température moyenne des eaux de la nappe des alluvions modernes du Rhône était de l'ordre de 16°C. Lors de la période de suivi, des fluctuations de la température de 2°C ont été observées.

4.5 Environnement et vulnérabilité

4.5.1 Environnement au niveau des ouvrages

Les deux forages de captage (C1 et C2) et les deux forages de rejet (R1 et R2) qui constitueront le dispositif de captage-rejet des locaux de la COMPAGNIE PLASTIC OMNIUM sont situés à l'extérieur des bâtiments (cote d'environ 164 m NGF). Les deux ouvrages ont été forés jusqu'à une profondeur de 17 m/TN du projet soit jusqu'à une cote de 147 m NGF. Les forages de captage C1 et C2 sont localisés au Nord du site, en bordure Ouest. Les forages de rejet R1 et R2 sont situés en aval, à l'Est de la parcelle, en bordure Nord. Les ouvrages de captage-rejet, localisés sur la figure 2, sont distants d'environ 130 m.

4.5.2 Environnement autour des ouvrages

L'emprise foncière du projet est située en zone urbaine et est limitée :

- au nord, à l'est et à l'ouest par des propriétés mitoyennes ;
- au sud par le boulevard Jules Carteret ;

A l'exception du réseau d'eaux usées et des voies de communication, aucune autre source potentielle de pollution n'a été identifiée à proximité des ouvrages.

4.5.3 Vulnérabilité de la nappe

L'immeuble Le Carteret, où sont localisés les forages de géothermie est localisé dans la plaine lyonnaise en rive gauche du Rhône.

Dans le secteur, le Rhône a entamé le recouvrement glaciaire initialement présent jusqu'au substratum molassique d'âge Miocène, puis a déposé des alluvions fluviales. Ces alluvions sablo-graveleuses reposent donc sur un substratum molassique qui serait situé à une profondeur de l'ordre de 15/16,5 m/ancien TN dans le secteur (environ 17m/TN actuel).

Toutefois, les risques de contamination des eaux souterraines par l'infiltration d'eau superficielle sont extrêmement réduits du fait de la forte urbanisation de la zone (imperméabilisation), à l'inverse des risques de contamination en cas de fuites provenant des réseaux d'eaux usées.

Les têtes des forages préconisées lors des travaux devaient être étanches permettant d'éviter toute contamination par des eaux potentiellement contaminées qui pourraient provenir du ruissellement des eaux météoriques en surface ou d'éventuelles fuites du réseau d'assainissement. Enfin, une cimentation annulaire a été mise en œuvre au droit de chaque ouvrage.

5 Volume d'exploitation

Le volume d'exploitation a été défini en évaluant la zone où l'incidence thermique d'une installation voisine sur le projet serait supérieure à 1°C.

Cette zone a été évaluée à partir des résultats de la modélisation hydrodynamique et thermique réalisée pour le projet et intégrant les installations voisines (Figure 7).

Etant donné que le projet se situe dans l'agglomération lyonnaise, de nombreuses installations sont existantes et déclarées. Et que ces dernières ne peuvent être intégrées à un nouveau volume d'exploitation. C'est pourquoi, pour valider la faisabilité d'utiliser uniquement la méthode du CEREMA, un premier volume a été défini à l'aide de la méthode analytique détaillée dans sa note technique de février 2020, tout en prenant en compte que cette méthode ne considère pas :

- la réversibilité des installations (les installations sont la plupart du temps réversibles) ;
- Les barrières hydrauliques existantes (sous-sols, parking enterrés, ...) ;
- Sens d'écoulement et gradient hydrauliques variant.

Les calculs ont été réalisés à débit moyen pour chacune des périodes pendant une durée prévisionnelle de 5, 10 et enfin 20 ans. L'impact maximal considéré sur le projet a été fixé à 1°C et les calculs ont été réalisés pour une installation voisine de 500 kW.

Les hypothèses retenues pour les calculs sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 11 : Hypothèses retenues pour l'évaluation du volume d'exploitation avec la méthode analytique du CEREMA

Paramètres d'entrée	
K [m/s]	2,58E-03
i [-]	1 E-03
n [-]	0.3
Qp [m3/h]	100
b [m]	15.5
Cs [MJ/m3/°K]	1.45
Cw [J/m3/°C]	4,20E+06
λm [W/m/°C]	2.5
t [ans]	30
ΔT max[°C]	1

Où :

- K : perméabilité de l'aquifère
- i : gradient hydraulique
- n : Porosité
- Qp : Débit moyen de l'installation
- b : épaisseur de l'aquifère
- Cs : Capacité thermique volumique du sol sec
- Cw : Capacité thermique volumique de l'eau
- λm : Conductivité thermique
- t : durée prévisionnelle de l'installation
- ΔT : écart thermique considéré maximal

Les résultats sont présentés sur la figure suivante.

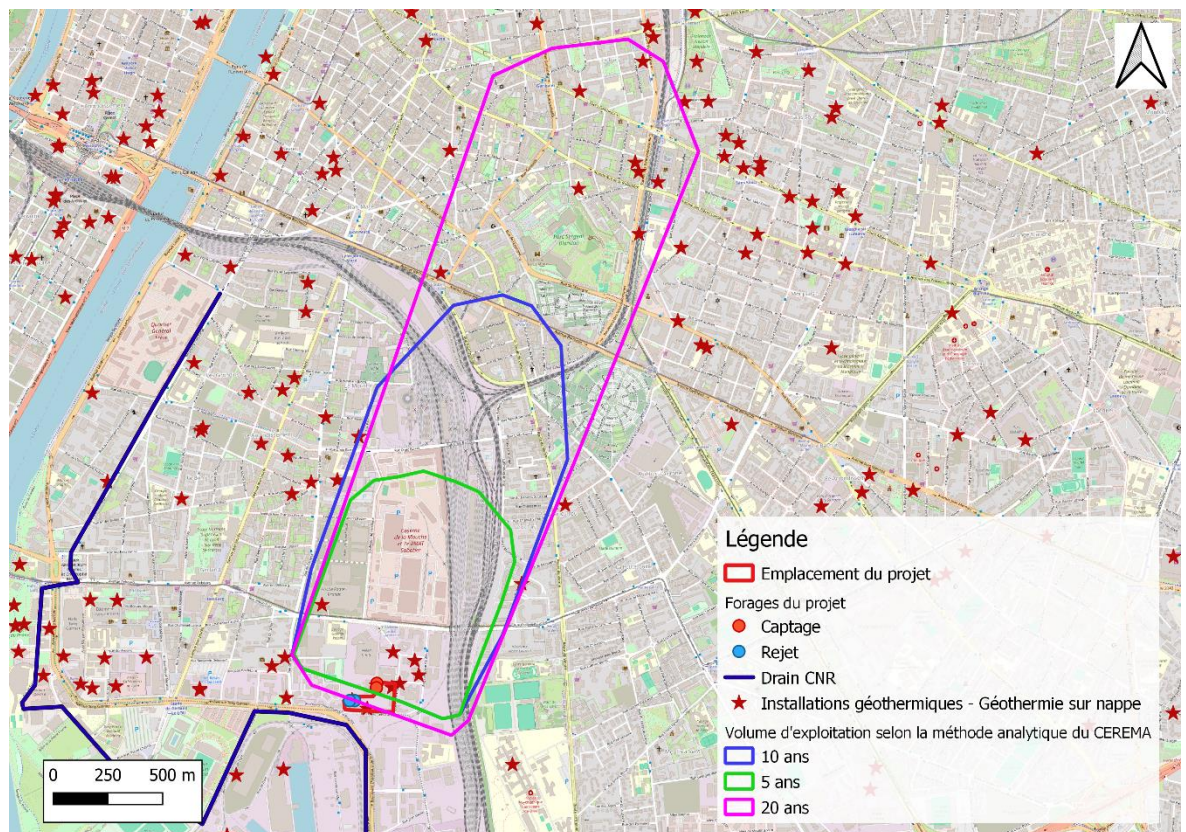


Figure 9 : Présentation de trois volumes d'exploitation évalué avec la méthode analytique du CEREMA

Pour les trois volumes, des installations sont intégrées dans le périmètre. L'utilisation de la méthode analytique met en évidence la complexité de la définition d'un volume d'exploitation même à une période stabilisée (5 ans) dans une agglomération riche en installations géothermiques.

C'est pourquoi nous proposons l'étude du volume d'exploitation uniquement à l'aide de la modélisation thermique et hydrodynamique qui vient définir l'impact de ces deux états (hydraulique par la charge et le rabattement créé par les ouvrages - et thermique) en le combinant avec la méthode analytique du CEREMA.

Les hypothèses prises en compte sont les suivantes :

- Impact thermique de l'installation du projet ;
- Impact hydrodynamique du projet (max rabattement de 15 cm) ;
- Cône d'appel des captages déterminé par la méthode du CEREMA ;
- Présence d'une installation voisine (point n°1).

A partir d'une méthode analytique, dont les hypothèses ont été recalées avec ces résultats, les distances minimales à respecter pour ne pas avoir une incidence supérieure à 1°C ont été calculées dans les différentes directions autour des captages du projet.

Cette zone est représentée sur la Figure 10. Cette approche donne une zone d'environ 300 m en amont hydraulique des captages, 200 m en aval et 200 et 300 m de part et d'autre en latéral.

Au sud, le volume d'exploitation est limité par le drain CNR.

Ces résultats sont valables pour la durée du titre sollicité (20 ans). Le régime à 20 ans tend à se stabiliser avec une variation négligeable sur les dernières années.

La piézométrie à l'état initial dans le modèle a été calée sur la piézométrie réelle disponible à partir des cartes piézométriques existantes.

Le temps de transit de l'eau est également pris en compte avec la piézométrie de la nappe (pente), les paramètres hydrodynamiques (perméabilité, hauteur, coefficient d'emmagasinement) et des hypothèses de fonctionnement du projet.

Les installations existantes ont été prises en compte dans la modélisation

La dispersion a bien été prise en compte avec la modélisation.

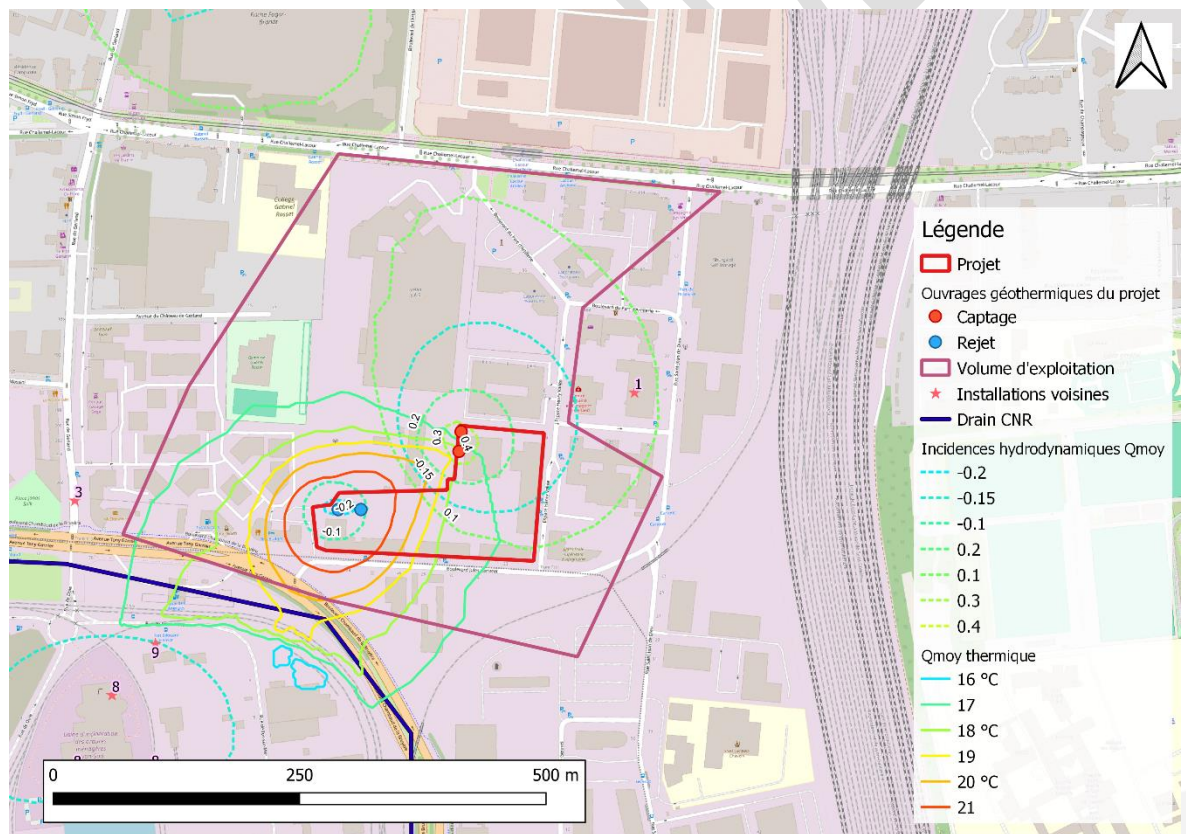


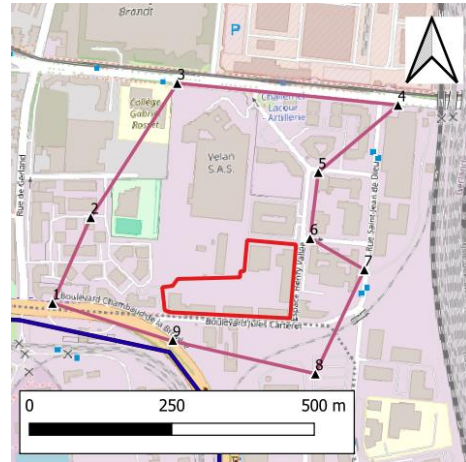
Figure 10 : Définition du volume d'exploitation pour limiter l'incidence sur le projet à 1°C (pour une installation voisine d'environ 2 MW)

Les caractéristiques du volume d'exploitation sont donc les suivantes :

- ▶ Un périmètre sous la forme d'une zone trapézoïde d'environ 300 m en amont hydraulique des captages, 200 m en aval et 200 et 300 m de part et d'autre en latéral sur la Figure 10 dont les coordonnées Lambert 93 sont fournies dans le tableau suivant :

Tableau 12 : coordonnées Lambert 93 du périmètre du volume d'exploitation

id	X	Y
1	6515740	6515674
2	6515890	6515740
3	6516126	6515890
4	6516087	6515986
5	6515969	6515998
6	6515853	6515958
7	6515799	6515899
8	6515616	6515616
9	6515675	6515656



- ▶ Une altimétrie comprise entre 165 et 147 m NGF (cote minimale du substratum des alluvions dans le secteur et TN).

L'article L134-6 du Code Minier prévoit un droit exclusif d'exploitation dans l'emprise de ce volume d'exploitation. L'article 18 du décret n°78-498 précise que toute installation relevant du régime de minime importance est interdite dans ce volume.

6 Caractéristiques de l'installation

6.1 Description des forages

L'installation est constituée de quatre forages :

- 2 forages de captage, C1 et C2 ;
- 2 forages de rejet, R1 et R2.

La localisation des ouvrages est présentée ci-dessous.

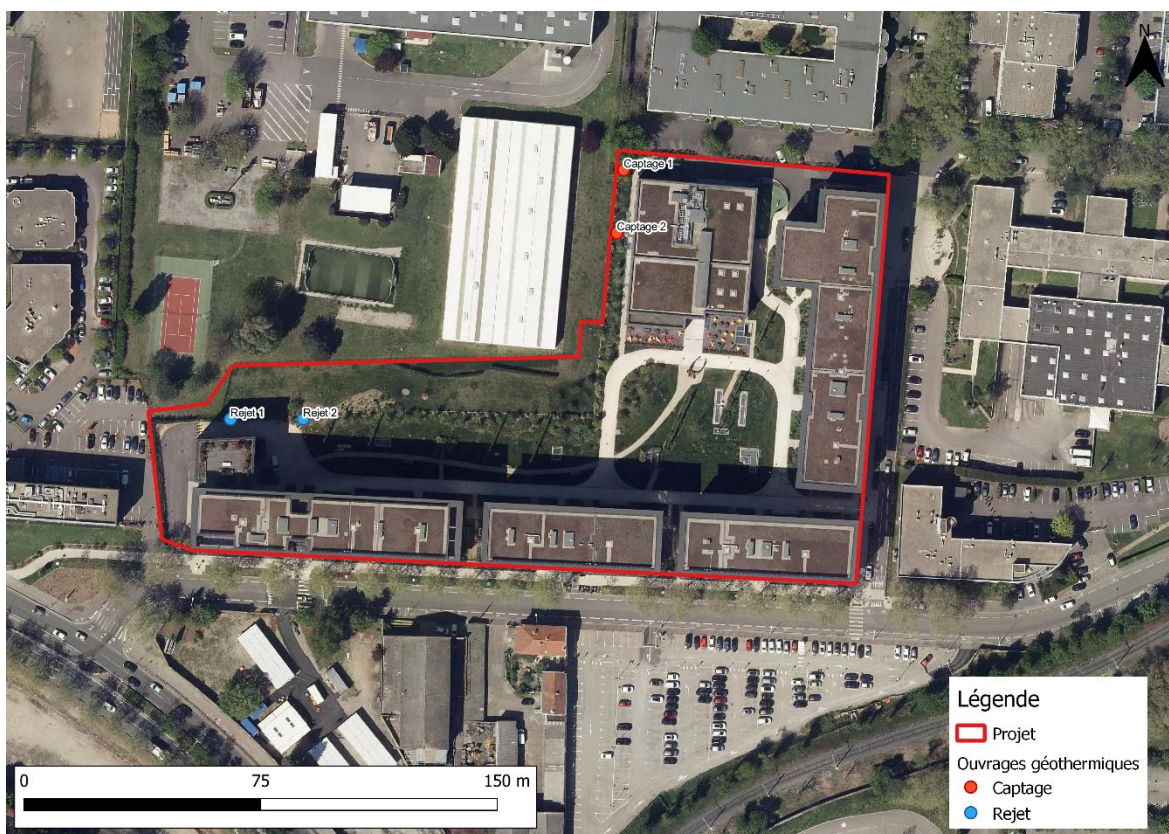


Figure 11 : Localisation des forages de l'installation du Carteret

Les caractéristiques générales des ouvrages sont résumées dans le tableau ci-dessous. Les coupes techniques et géologiques sont ensuite présentées dans les pages suivantes.

Tableau 13 : Caractéristiques des forages du Carteret en 2014

Caractéristiques	Type	C1	C2	R1	R2
Type équipement	-	Inox Aisi 304	Inox Aisi 304	Inox Aisi 304	Inox Aisi 304
Diamètre équipement	mm	800	800	600	600
Profondeur*	ml	17 m/TN	17.3 m/TN	15	15
Tube lisse inox	ml	3,4	3,7	5	5
Type crépine	-	Fil enroulé, slot 0,75 mm	Fil enroulé, slot 0,75 mm	Fil enroulé, slot 1 mm	Fil enroulé, slot 1 mm
Crépine	ml	12	12	10	10
Grille inox d'obturation	ml	de 4,9 à 6,7 de 8,8 à 9,8 m	de 5,30 à 6,80 de 9,2 à 9,8	-	-
Type de gravier	-	Gravier du Rhône roulé 4-8 mm	Gravier du Rhône roulé 4-8 mm	Gravier du Rhône roulé 4-10 mm	Gravier du Rhône roulé 4-10 mm
Hauteur Gravier filtre	ml	12.2	12.2	11	11
Bouchon d'argile	ml	0.4	0.5	0.5	0.5
Cimentation	ml	2.4	2.3	1.8	1.8

Les coupes des ouvrages C1, C2, R1 et R2 sont présentées en Annexe 8.

Les deux forages de captage ont été sujet à des inspections vidéo en 2019 pour contrôler leurs états. A partir de ces dernières, il a été possible de mettre à jour leur coupe technique depuis le terrain naturel actuel. Ces deux ouvrages sont en bon état lors de la visite de 2019.

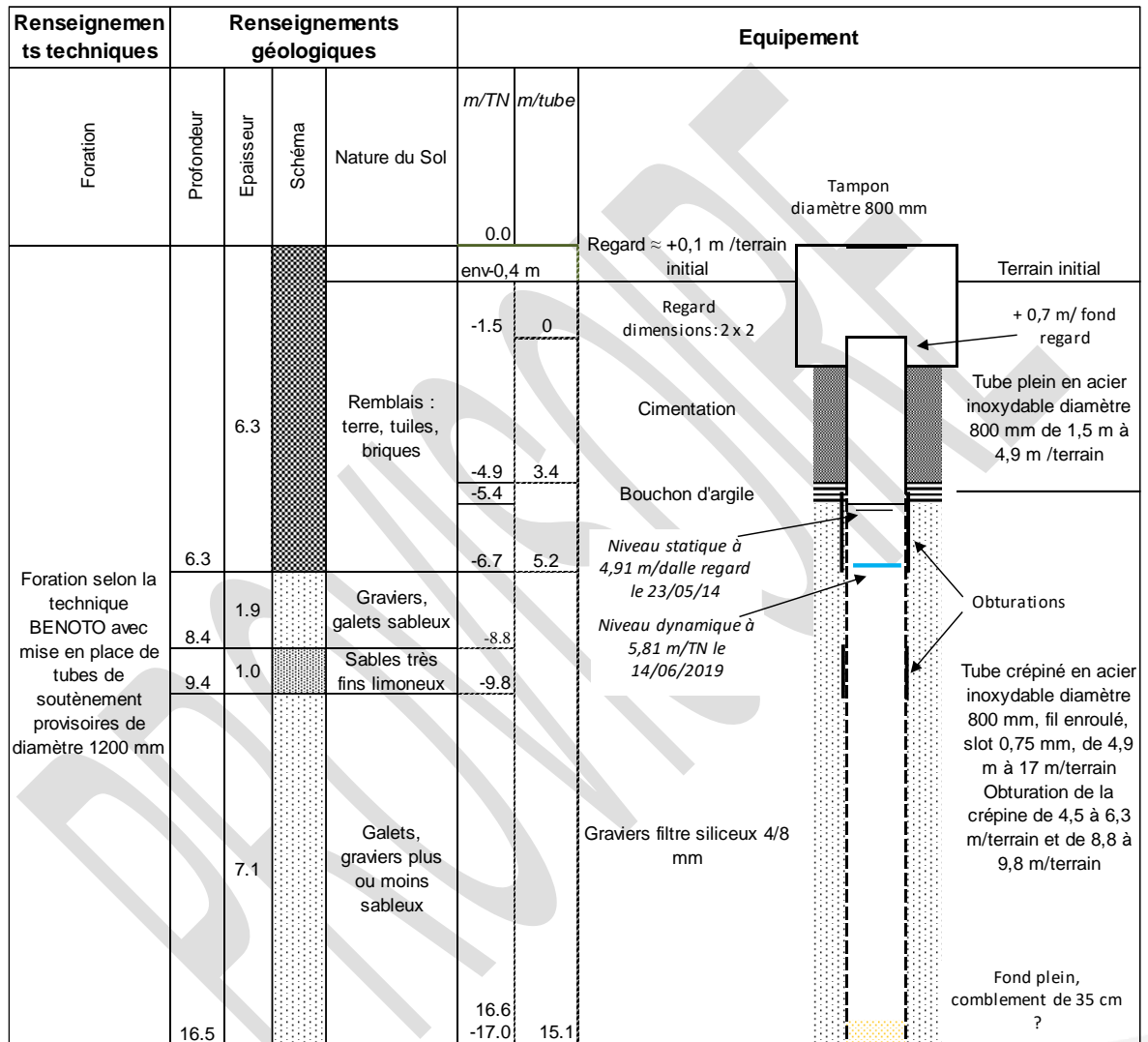


Figure 12 : Coupe technique du forage C1 à la suite de l'inspection vidéo de 2019

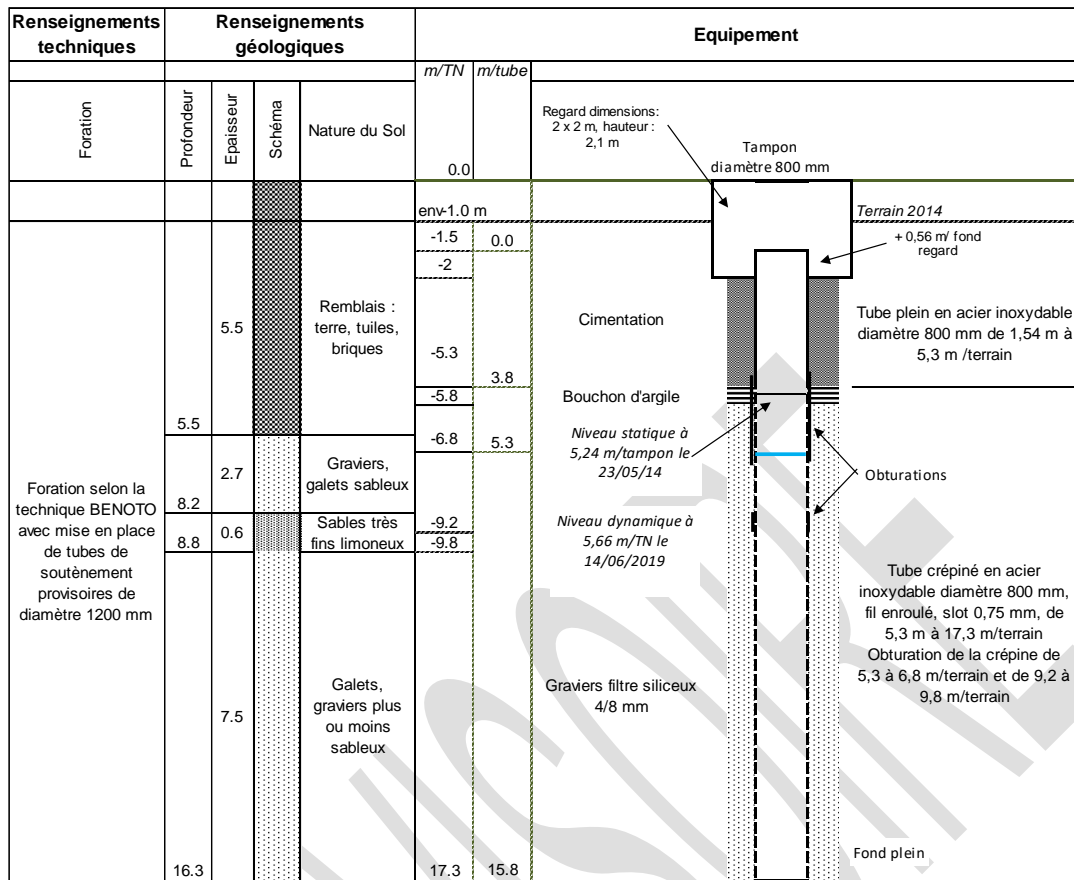


Figure 13 : Coupe technique de C2 à la suite de l'inspection vidéo de 2019

6.2 Analyse du fonctionnement de l'installation (2018-2023)

L'analyse du fonctionnement de l'installation entre 2018 et 2023 a été réalisée dans l'avis hydrogéologique disponible en Annexe 3.

6.3 Arrosage des espaces verts

Un volume de 2100 à 4200 m³ d'eau de nappe sera prélevé au droit des ouvrages de captage à un débit de 2,7 m³/h pour l'arrosage des espaces verts. Ce volume a été intégré au volume prélevé présenté dans l'Annexe 9.

Cette demande a fait l'objet d'un courrier présenté en Annexe 9.

6.4 Local technique

Les thermofrigopompes, ainsi que les panoplies hydrauliques et les équipements relatifs aux forages (filtre à sable, échangeur) seront situés dans un local technique réservé exclusivement aux installations thermiques.

L'accès au local sera réservé exclusivement aux personnels techniques habilités à y pénétrer (personnel formé aux installations et pompiers). Par ailleurs, aucune présence humaine permanente n'est prévue dans ce local.

L'implantation du local technique est présentée en Figure 3.

6.5 Machine de production et fluide frigorigène

L'installation fonctionnera en groupe chaud en période hivernale (7 mois par an) et en groupe froid en période estivale (5 mois par an). La puissance calorifique de cette installation sera de 2 706 KW alors que la puissance frigorifique sera de 2215 KW en période estivale. La climatisation (chauffage et rafraîchissement) sera assurée par deux thermofrigopompes d'une puissance électrique maximale absorbée de l'ordre de 130 KW pour la première et de 370 KW pour la deuxième, soit une puissance électrique maximale absorbée totale de 500 KW.

Le fluide frigorigène employé est le R134a, dont la charge totale pour l'installation est de 520 kg. Ce fluide est de type HFC (hydro fluorocarbures). Il s'agit de la dernière génération de fluide frigorigène halogéné présentant une toxicité et des impacts environnementaux plus limités.

L'échange des thermies se fera via un circuit secondaire constitué d'eau et d'un système d'échangeur, à partir de l'eau souterraine exploitée par deux forages de captage (C1 et C2) et deux forages de rejet (R1 et R2), au débit maximum de 416 m³/h. Les caractéristiques de ces ouvrages sont décrites dans le présent dossier d'autorisation (cf. paragraphe 6.1).

Un schéma de principe de l'installation est fourni en Figure 14.

Les principales caractéristiques de ces thermofrigopompes sont jointes dans le tableau présenté ci-dessous :

Tableau 14 : Principales caractéristiques de l'installation de climatisation (chauffage et rafraîchissement) du complexe le Carteret

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION DE CLIMATISATION (CHAUFFAGE ET RAFRAICHISSEMENT) DU PROJET IMMOBILIER A LYON 7EME	
Puissance frigorifique	2 215 KW
Puissance calorifique	2 706 KW
Puissance électrique absorbée totale	524 KW
Fluide frigorigène	R134a
Charge en fluide	468 kg
Niveau de bruit	99 dBA (TPF1) et 96 dBA (TPF2) (A)

FIGURE 8 : Schéma de l'installation géothermique

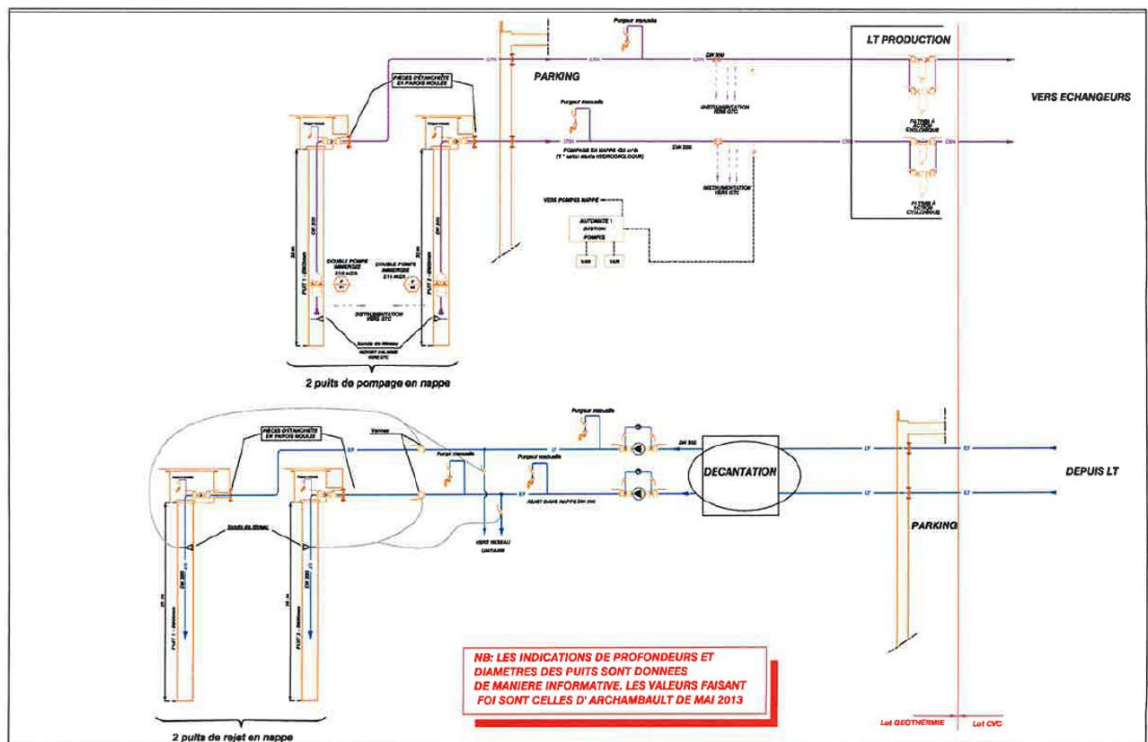


Figure 14 : Extrait du code minier de 2013, schéma de principe de l'installation

6.6 Détection de fluide frigorigène

Conformément aux textes réglementaires et normes en vigueur, l'installation a été équipée d'une détection de fluide frigorigène mise en place dans le local technique. La détection du fluide sera assurée par un détecteur oxygène. La ventilation du local technique est asservie à la détection de fluide frigorigène.

6.7 Ventilation du local technique

La ventilation du local technique a été conçue et sera réalisée dans le respect des normes et règles de sécurité. En particulier, la ventilation sera asservie à la détection de fluide frigorigène.

Les principales caractéristiques techniques du système de ventilation sont les suivantes :

- Une amenée naturelle d'air frais dans le local ;
- Une ventilation permanente du local se fera à un débit de 3000 m³/h ;
- Le rejet d'air se fera à l'extérieur du bâtiment.

6.8 Abandon éventuel des ouvrages géothermiques

Dans le cas de l'abandon des ouvrages, un budget compris entre environ 6 500 et 8 500 € par ouvrage est à prévoir. Le rebouchage de ces ouvrages sera réalisé suivant la norme NFX10-999 d'août 2014. Concrètement, après retrait des équipements des ouvrages (pompes, colonne d'exhaure...), la partie crépinée sera comblée de graviers filtres afin de reconstituer un milieu poreux, puis un bouchon d'argile d'une épaisseur d'un mètre sera mis en place. Ensuite une cimentation sera réalisée afin de créer une étanchéité et de condamner l'accès à ces ouvrages.

7 Etude d'impact

7.1 Impacts permanents

7.1.1 Impact sur les eaux superficielles

Compte tenu de la nature de l'installation (utilisation géothermique des eaux de la nappe des alluvions fluvio-glaciaires avec rejet des eaux prélevées dans la nappe), cette dernière n'aura pas d'incidence sur les eaux superficielles et notamment sur le Rhône situé à environ 4 km au nord du site. En particulier le projet ne va pas à l'encontre des objectifs de qualité fixés par l'article D211-10 du Code de l'Environnement.

7.1.2 Impact sur les eaux souterraines

Pour apprécier les risques de recyclage thermique et l'incidence du projet ainsi que l'incidence sur le projet des installations voisines, une modélisation hydrodynamique et thermique a été réalisée afin de simuler l'exploitation du futur dispositif de captage-rejet.

7.1.2.1 Description du logiciel de modélisation employé

La modélisation hydrodynamique et thermique du futur dispositif de captage-rejet a été réalisée à l'aide du logiciel « Feflow » développé par Wasy Institute for Water Ressources Planning and Systems Research.

Ce logiciel, qui permet de prendre en compte une ou plusieurs couches de terrain, met en œuvre un code de calcul en différences finies utilisant un maillage irrégulier. Il permet de simuler, en régime permanent et en régime transitoire, les écoulements souterrains (hydrodynamique), le transport hydrodispersif pour des éléments dissous (propagation de polluants et biseaux salés) et le transport thermique (impact de rejets d'eaux chaudes ou froides).

7.1.2.2 Géométrie du modèle

Le modèle mis en œuvre est du type multicouche tridimensionnel. Il présente une dimension d'environ 6000 x 4000 m et un maillage triangulaire irrégulier. Le maillage a été densifié dans le secteur des ouvrages.

7.1.2.3 Hypothèses retenues pour caler le modèle

Les hypothèses de calage retenues pour caractériser le site et la nappe dans le secteur, déterminées à partir des données transmises, sont les suivantes :

- Cote du terrain naturel actuel : 164 m NGF ;
- Aquifère sollicité : Nappe des alluvions modernes du Rhône ;
- Niveau statique de la nappe : Environ 159,5 m NGF, soit environ 4,5 m/TN ;
- Sens d'écoulement : nord-est / sud-ouest ;
- Gradient hydraulique : environ 1,2 ‰ ;
- Coefficient d'emmagasinement : 10^{-1} ;
- Substratum de l'aquifère : 144 m NGF soit 20 m/sol (au droit du projet) ;
- Température de la nappe : 16°C (température non influencée).

Trois couches ont été modélisées. Une transmissivité de 4.10^{-2} m²/s a été appliquée à chacune de ces couches (en considérant le niveau EQP de la nappe).

7.1.2.4 Hypothèses de fonctionnement des installations

Pour apprécier l'influence hydrodynamique du dispositif captage-rejet, une modélisation a été réalisée en considérant d'une part le débit moyen de la période estivale et hivernale soit sur l'année complète, et d'autre part, le débit maximal sur la durée correspondant à la consommation de la totalité du volume de la période estivale et hivernale.

Pour apprécier, les risques de recyclage et l'incidence thermique sur la nappe du futur dispositif de captage-rejet du projet, une simulation thermique a été réalisée en considérant d'une part le débit moyen sur une période de 20 ans et d'autre part les débits maximaux pour chacun des cycles hivernaux et estivaux.

Pour rappel, les hypothèses de fonctionnement retenues pour le projet sont reportées dans le tableau présentées dans la figure ci-dessous.

Tableau 15 : Fonctionnement de l'installation de l'immeuble Le Carteret

Période	Année Estival/Hivernal
Durée	12 mois 5mois/7mois
Fonctionnement	Rafraichissement et chauffage
Besoins énergétiques (kW)	2215KW / 2706 KW
Ecart thermique maximal ΔT	+/-6
Débit maximal (m ³ /h)	416
Débit moyen en fonctionnement	100
Période de fonctionnement	24h/j ; 7j/7
Volume prélevé (m ³)	876 000*

Les autres installations prises en compte sont les suivantes :

- Forage industriel « FAGOR / BRANDT » (site n°1) situé à environ 550 m au nord-ouest du projet ;
- Forage industriel « LAFARGE » (site n°3) situé à environ 180 m au sud-est du projet ;
- Forage de refroidissement industriel « UIOM » (site n°4) situé à environ 260 m au sud-est du projet ;
- Pompe à chaleur « AFSSAPS » (site n°5) avec son dispositif de captage-rejet située à environ 700 m à l'est du projet ; *
- Drain « CNR » (site n°6) situé à environ 150 m au sud-est du projet ;
- Forage BASF BEAUTY CARE SOLUTIONS FRANCE SAS, à 130m à l'Est ;
- Forage MC DONALD'S LYON RESTAURANTS, à 230m à l'Ouest.

Les modes de fonctionnement de ces six installations ont été appréhendés grâce à l'enquête de terrain réalisée par ARCHAMBAULT CONSEIL en novembre 2012 puis en juin 2023 et en prenant contact avec les organismes réglementaires (DDT et DREAL). Les hypothèses de fonctionnement retenues pour les différentes installations simulées sont reportées dans le tableau ci-après.

Tableau 16 : hypothèses de fonctionnement des installations prises en compte

Dénomination	Site (n°) Figure 7	Période de fonctionnement	Débit moyen (m ³ /h)	Ecart thermique (°C)	Volume simulé (m ³)
FAGOR / BRANDT	5	12 mois	35	-	306 500
LAFARGE BETON	9	12 mois	5	-	42 300
UIOM	8	12 mois	795	-	6 970 000
AFPSSAPS	6	12 mois	60	+9 à -10	525 600
McDONALDS	3	12 mois	21	0	191 410
BASF BEAUTY CARE SOLUTIONS FRANCE SAS	1	12 mois	50	0	422 410
DRAIN CNR	6	12 mois	Fil d'eau fixé à une cote de 161, 5 à 159,25 m NGF		

Il est à noter que le degré de colmatage du drain CNR était inconnu. De ce fait nous avons fixé une valeur de 4.10^{-4} m/s à cette dernière.

Il est important de noter que le modèle a été réalisé en considérant, au sein de chaque couche, un milieu homogène (isotrope). De ce fait les zones hétérogènes qui pourraient être présentes n'ont pas été prises en compte. Dans le cas où ces phénomènes seraient rencontrés, un recyclage thermique plus important pourrait être observé. Une modélisation plus fine, intégrant ces aléas, serait alors nécessaire.

7.1.2.5 Incidence quantitative

En phase d'exploitation, les prélèvements seront effectués au droit des forages de captage à un débit maximal de 416 m³/h et un débit annuel moyen de 100 m³/h pour un volume de 876 000 m³/an. L'intégralité des prélèvements sera réinjectée dans la nappe à l'aide de deux forages de rejet. Le bilan en eau sur la nappe sera donc nul.

Lors de l'exploitation du futur dispositif de captage-rejet, on observera localement une baisse du niveau piézométrique de la nappe au droit des forages de captage et parallèlement une augmentation du niveau piézométrique de la nappe au droit des forages de rejet.

L'influence de l'exploitation de ce dispositif sur la nappe est délimitée par les dimensions de la zone où le niveau de la nappe est affecté par une variation. Les dimensions de cette zone correspondent à l'interaction entre le cône de rabattement (dépression créée par le pompage) et le cône d'injection (charge créée par la réinjection). Ainsi, du fait que la réinjection entraîne une perturbation inverse au pompage, l'influence d'un dispositif de captage-rejet s'avère être moindre que celle induite par un pompage unique.

Les résultats de ces simulations sont présentés sur la Figure 15 pour le débit moyen et sur la Figure 16 pour le débit maximal.

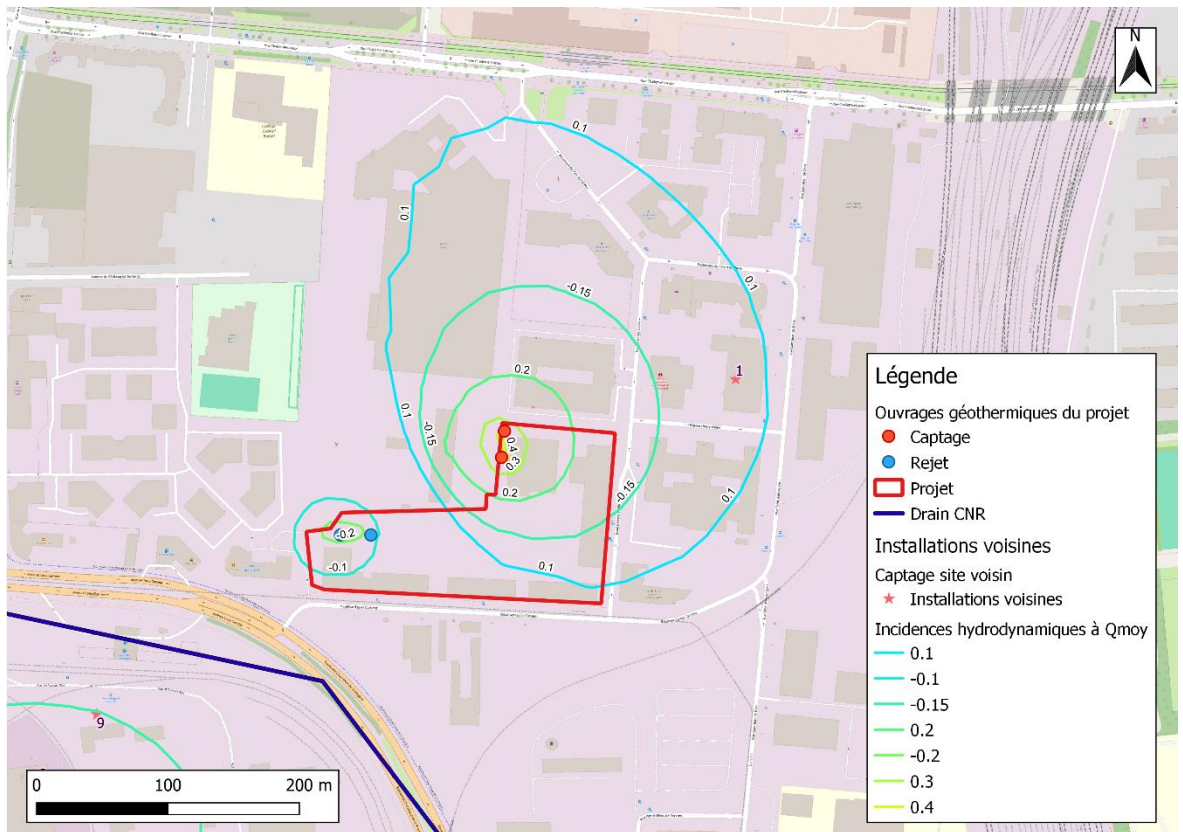


Figure 15 : Incidences hydrodynamiques du projet à Q_{moy}

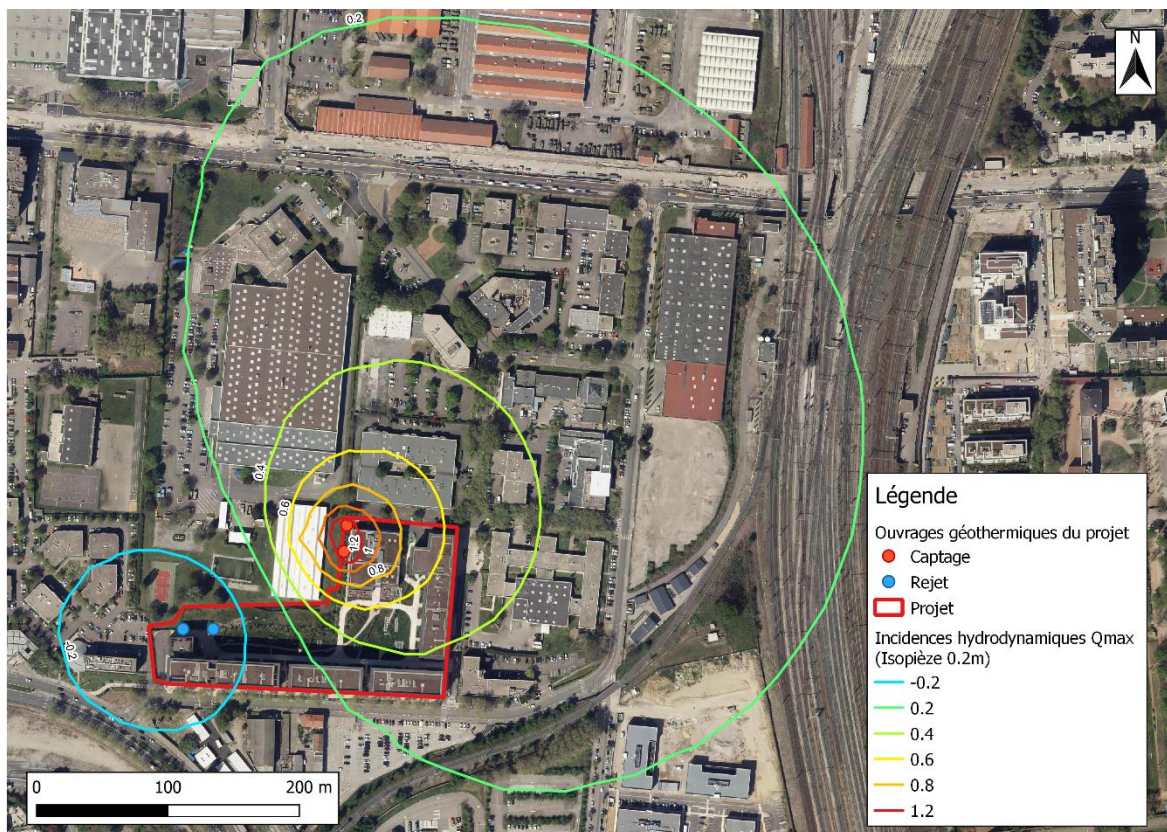


Figure 16 : Incidences hydrodynamiques du projet à Q max

Les résultats obtenus en considérant le débit maximum de 416 m³/h montrent qu'au-delà d'une distance d'environ 830 m de l'ouvrage de captage du projet, le rabattement (baisse du niveau) induit par le prélèvement serait inférieur à -10 cm. Pour ce qui est de l'ouvrage de rejet, les résultats montrent qu'au-delà d'une distance d'environ 160 m la charge (hausse du niveau) induit par la réinjection serait inférieure à + 10 cm. En effet la présence du drain permet de stabiliser les niveaux de nappe. Ainsi, il apparaît qu'au-delà d'une distance de 830 m du dispositif de captage-rejet, l'influence sur la nappe serait limitée au plan hydrodynamique.

A partir de ces données, il apparaît que le projet aurait une incidence d'environ -35 cm sur l'installation voisine n°1, en environ 30 cm sur l'installation n°7. Cette baisse du niveau d'eau représenterait 3 % de la hauteur totale captée par le site n°2. De ce fait, l'incidence hydrodynamique du projet serait négligeable.

Au droit du sous-sol du projet, dans la partie ouest du site (N-1 situé de 163,5 m NGF) la hausse du niveau d'eau devrait être au maximum d'environ 130 cm au droit des forages de rejet. Cette incidence sera d'une vingtaine de cm à une distance d'environ 60 m. En période où la nappe est située à son niveau moyen, la hausse du niveau d'eau ne concernerait pas le sous-sol du projet. Il en est de même dans le cas des fluctuations saisonnières (+0,5 à 1 m/niveau moyen).

Ce qui avait été préconisé en 2013 : En période de hautes eaux décennales et pour des crues supérieures, la hausse du niveau d'eau concernera le sous-sol. Il conviendra de tenir compte de cette incidence hydrodynamique pour la protection des sous-sols (niveau de protection et position

des barbacanes à ne pas mettre à proximité du forage de réinjection). Compte tenu que cette incidence aurait lieu en période de crues importantes (décennale et plus importantes), une autre solution consisterait à mettre en place un by-pass au réseau public associé à un système d'alerte (sondes de niveau et piézomètre). Le rejet au réseau public nécessitera une demande d'autorisation aux services concernés et le paiement de taxes. Elle ne pourra être que temporaire.

En outre, en cas de colmatage de l'ouvrage (dû au vieillissement) et pour son entretien, ce by-pass au réseau public pourra servir de point de rejet temporaire.

En outre, il faut nuancer ces incidences à débit maximal puisque ces données correspondent à un fonctionnement au débit maximum sur une période extrêmement réduite. En fonctionnement au débit moyen l'incidence hydrodynamique sera moindre (de l'ordre d'une dizaine de centimètres).

7.1.2.6 Incidence thermique

L'ensemble des données rassemblées sur les besoins énergétiques (fonctionnement de l'installation et température des eaux de la nappe), permettent d'établir le bilan thermique de l'installation présenté ci-après :

Tableau 17 : Bilan thermique de l'installation de l'immeuble le Carteret

Période	Fonctionnement de l'installation	Temps de fonctionnement	T° nappe	Ecart thermique	T° eaux rejetées	Volume prélevé période
Hivernale	7 mois	24/24h 7j/7	16°C	+0.4°C	16.4	511 000
Estivale	5 mois	24/24h 7j/7	16°C	+6	22	365 000

D'après le bilan thermique de l'installation, il apparaît que le fonctionnement de l'installation sur une année entraînera localement un réchauffement des eaux de la nappe, correspondant à un écart thermique pondéré sur l'année (12 mois) de l'ordre de 1.1°C pour un volume annuel de 876 000 m³. Cet excédent thermique devrait être absorbé grâce aux propriétés capacitives du milieu (échanges thermiques avec les eaux de la nappe par dilution, avec le milieu poreux de l'aquifère par transfert à la matrice solide, et avec les limites supérieure et inférieure de l'aquifère).

Son incidence diminuera progressivement par un effet de dilution thermique dans le flux de la nappe et dans le drain CNR situé à proximité immédiate.

7.1.2.7 Influence sur les autres installations

D'une manière générale, on peut considérer que lors de l'exploitation du dispositif de captage-rejet, il se créera au droit des forages de rejet une perturbation thermique qui s'étendra vers l'aval hydraulique selon le sens d'écoulement de la nappe. Un panache thermique se formera donc en direction du sud-ouest. Son incidence diminuera progressivement par un effet de dilution thermique dans le flux de la nappe. Pour apprécier, les risques de recyclage et l'incidence thermique sur la nappe du futur dispositif de captage-rejet du projet, une simulation thermique a été réalisée en considérant d'une part le débit moyen sur une période de 20 ans et d'autre part le débit maximal sur une période de 20 ans.

La modélisation à débit moyen correspond à une exploitation (24h/24h, 7j/7j) au débit moyen d'exploitation pour chaque période de fonctionnement (soit 100 m³/h pendant 7 mois en hiver et 100 m³/h pendant 5 mois en été) avec un écart thermique de +0.4°C en hiver et +6°C en été.

D'après les résultats de la simulation à débit moyen, on constate que l'incidence thermique du projet serait inférieure à +2°C au-delà d'une distance d'environ 120 m à l'aval hydraulique projet et inférieure à +1°C au-delà d'une distance d'environ 90 m, grâce à l'effet du drain. Le panache thermique ainsi généré par l'installation est reporté sur la Figure 17. L'incidence thermique du projet serait donc limitée (< 1°C) au-delà de 160 m en aval hydraulique (c'est-à-dire au sud-ouest).

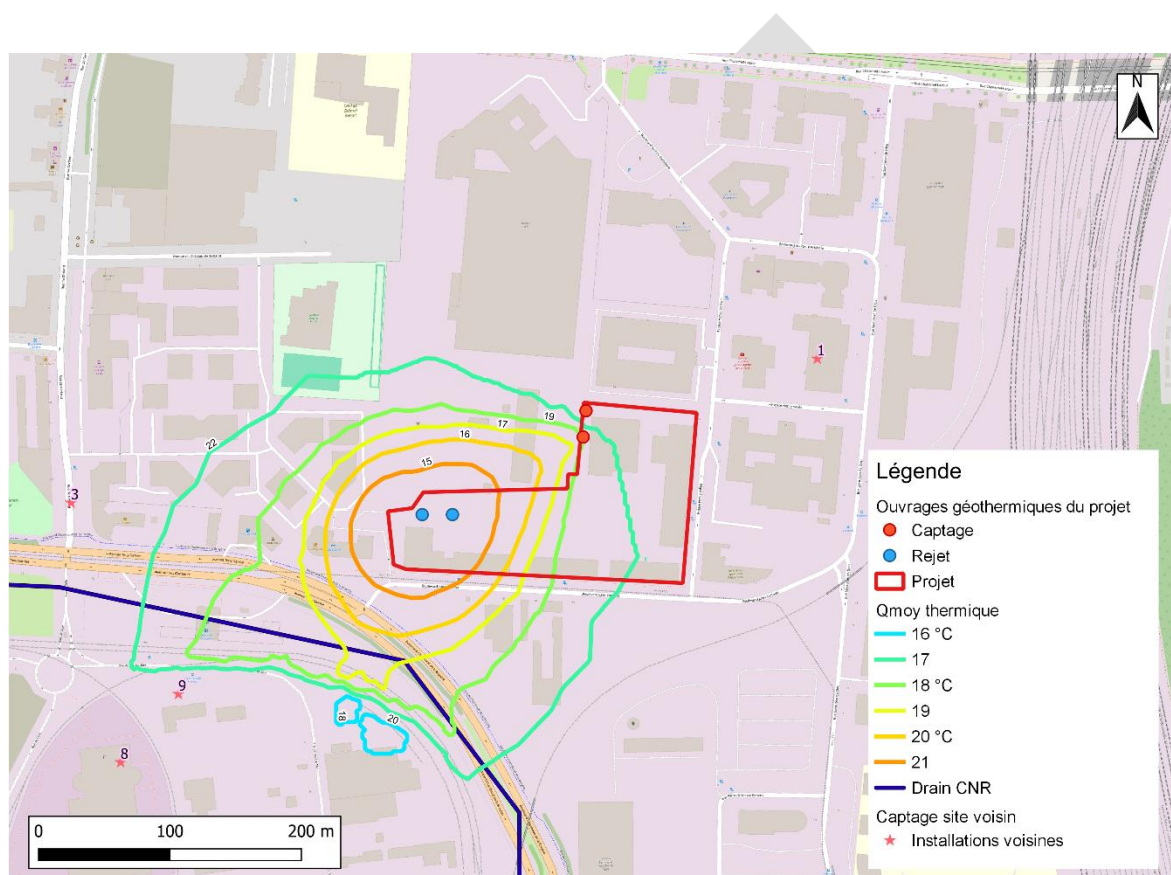


Figure 17 : Incidences thermique à 20 ans, à Q moyen

Les résultats de la simulation à débit moyen ont permis de déterminer le recyclage thermique au droit des ouvrages de captage de l'installation. Les courbes d'évolution de température au droit des forages de captage C1 et C2 sont présentées en Figure 18. A partir de ces données, il apparait que le panache thermique se stabilise vers 17 ans de fonctionnement. Ces résultats mettent en évidence que la température maximale pourrait atteindre 17,9°C sur C1 et 17°C sur C2, soit une température moyenne en fonctionnement moyen d'environ 17,5°C. De ce fait la différence maximale avec la température initiale de la nappe (16°C) est de 1,5°C. **Le recyclage thermique maximum calculé pour un écart thermique de 6°C serait alors de 25 % en fonctionnement moyen.** Il est à noter que la modélisation ne prend pas en compte le recyclage dans les calculs et que cette valeur sera donc en réalité légèrement majorée.

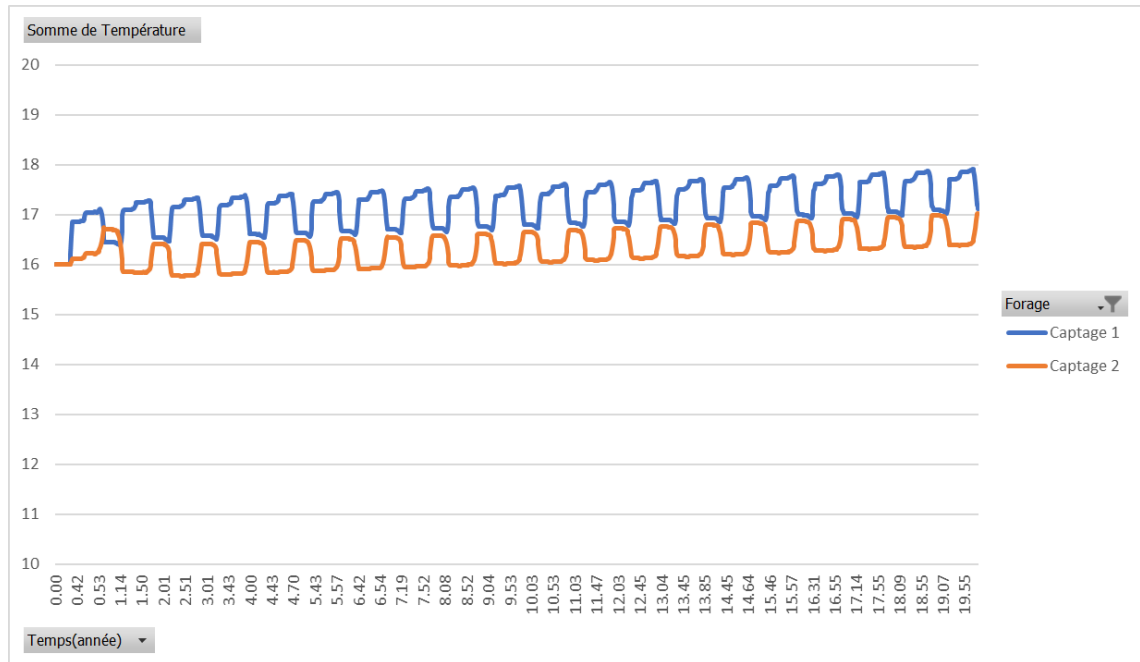


Figure 18 : Stabilisation de la température au droit des captages pendant 20 ans de fonctionnement à Q moyen

Afin d'apprécier le recyclage thermique maximum de l'installation, une modélisation à débit maximal a été effectuée en considérant l'exploitation du futur dispositif à un débit permanent (24h/24h, 7j/7j) de 416 m³/h pendant 36 jours pour la période estivale et de 416 m³/h pendant 52 jours pour la période hivernale et ce pendant 20 ans. Les volumes sont ainsi intégralement consommés sur une période très courte. Les résultats de cette simulation sont présentés sur la Figure 19. Ces données mettent en évidence que la température maximale (au bout de 20 ans de fonctionnement) pourrait atteindre 17°C sur C1 et C2, soit une température moyenne en fonctionnement moyen d'environ 17°C. De ce fait la différence maximale avec la température initiale de la nappe (16°C) est de 1°C. **Le recyclage thermique maximum calculé pour un écart thermique de 6°C serait alors de 17 % en fonctionnement maximale.** Il est à noter que la modélisation ne prend pas en compte le recyclage dans les calculs et que cette valeur sera donc en réalité légèrement majorée.

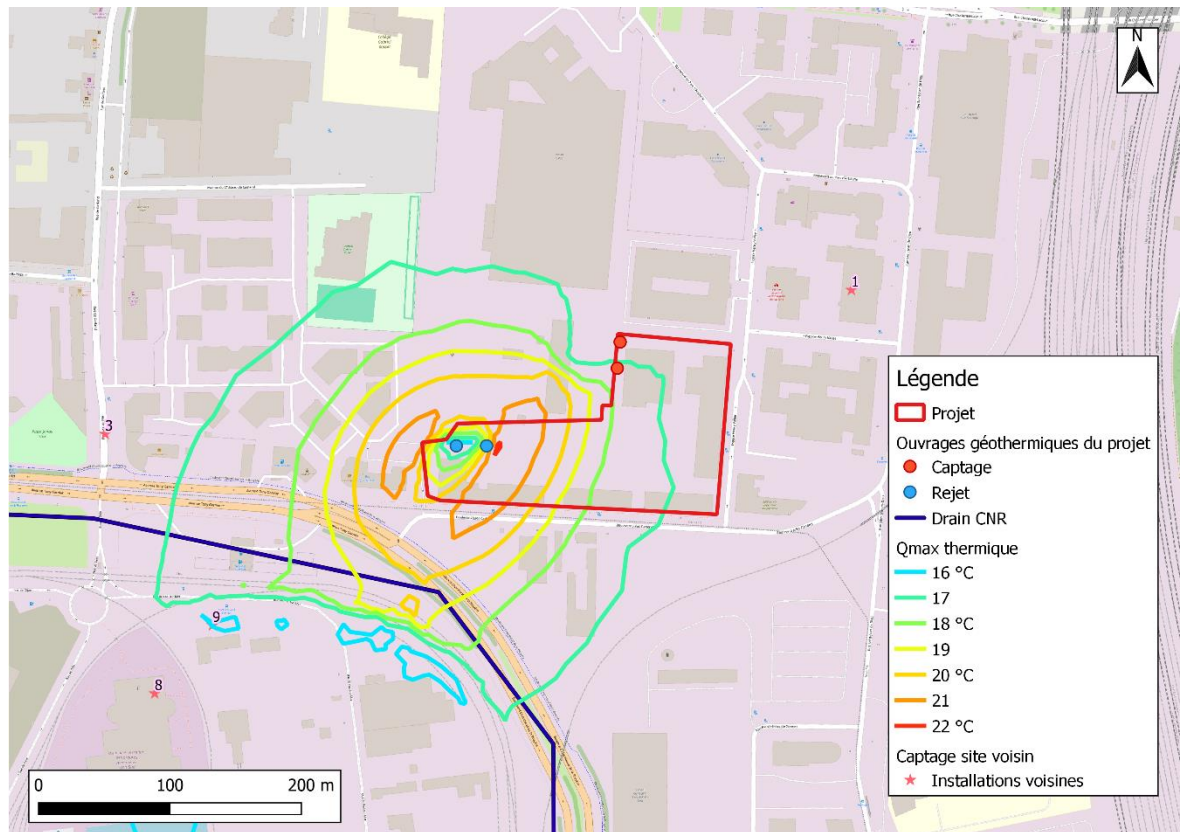


Figure 19 : Incidences thermiques au bout de 20 ans, à Q max

L'examen des résultats de ces modélisations met en évidence que l'écart de température maximale au niveau des forages de captage ne devrait pas dépasser 1,5°C, soit un recyclage thermique de 25 %. Le bureau d'études fluides devra donc tenir compte de l'élévation de la température et du recyclage thermique de l'installation pour le fonctionnement de celle-ci.

Enfin, il est important de noter que le drain CNR sera impacté par le rejet du projet, ce qui est le cas depuis le début du fonctionnement de l'installation. En tenant compte des différentes modélisations réalisées, un impact de 1 à 4°C pourrait être observé localement sur les eaux drainées. En considérant que le débit qui atteint le drain CNR est de 416 m³/h, cela représente environ 4% du débit maximum observé sur le drain (10 000 m³/h), l'incidence thermique serait comprise entre +0,08 et +0,16°C. Cette variation est l'incidence maximale à débit max, elle sera moindre en considérant un débit moyen de 100 m³/h.

7.1.2.8 Incidence qualitative

Les moyens de protection prévus par le demandeur (tête de protection étanche, cimentation annulaire, échangeur et circuit secondaire), permettent d'éviter toutes les infiltrations d'eaux potentiellement contaminées, qui pourraient provenir du ruissellement des eaux météoriques en surface ou d'éventuelles fuites dans les forages et donc dans la nappe.

Dans ces conditions, le nouveau fonctionnement de l'installation ne devrait pas avoir d'influence négative sur la qualité des eaux de la nappe. Le respect des recommandations d'exploitation et l'entretien courant des installations devraient permettre de préserver la qualité des eaux souterraines.

7.2 Mesure d'évitement et de réduction des impacts

Les tableaux ci-dessous présentent les mesures d'évitement et de réduction des impacts ayant été mis en place durant la phase d'exploitation.

En phase d'exploitation, seule une faible incidence thermique et hydrodynamique a subsisté sur la nappe et sur les forages avoisinants sans toutefois être préjudiciable pour le projet et son environnement.

	Impacts identifiés		Mesures d'évitement et de réduction	Impacts résiduels	
	Identification	Qualification		Identification	Qualification
Eaux superficielles	Aucun impact qualitatif et quantitatif identifié en phase travaux et en exploitation	- Nul	-	-	-
Eaux souterraines	<ul style="list-style-type: none"> - En phase travaux, les protections spécifiques mises en oeuvre pour la protection de l'environnement devraient limiter le risque d'impact sur la nappe. - Les moyens de protection prévus par le demandeur ainsi que l'absence d'échange entre les eaux de la nappe et le milieu extérieur (circuit fermé) permettront d'éviter la dégradation qualitative de la nappe en phase d'exploitation. - L'intégralité du prélèvement étant réinjectée dans la nappe, le bilan en eau sur la nappe sera nul. - Le fonctionnement des thermofrigopompes entrainera localement des incidences hydrodynamiques et thermiques sur la nappe et les forages avoisinants. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nul - Nul - Nul - Faible à nul 	<p>Le respect des recommandations d'exploitation et l'entretien courant des installations devraient permettre de préserver la qualité des eaux souterraines.</p> <p>Les incidences identifiées étant faibles à nulles, en l'état aucune mesure d'évitement et de réduction ne sera prise concernant les eaux souterraines au droit du site.</p>	<p>Faibles incidences hydrodynamiques et thermiques sur la nappe et les forages avoisinants en phase d'exploitation</p>	<p>Faible à nul</p>

7.3 Mesures compensatoires

Compte tenu que les impacts résiduels identifiés lors de l'étude des mesures d'évitements et de réduction des impacts sont qualifiés de nuls à faibles, il n'a pas été jugé nécessaire de mettre en oeuvre des mesures compensatoires au droit du projet.

8 Mesures de protection de l'environnement

Les différentes mesures de protection mises en œuvre pour éviter toute pollution de la nappe sont les suivantes :

- ▷ Tête de forage : les forages sont situés dans un regard verrouillé. Ils sont uniquement accessibles aux personnes habilitées. Les forages de captage et de rejet présentent une tête surélevée avec une margelle pour éloigner les eaux superficielles et empêcher leur infiltration.
- ▷ Cimentation : les types de forage ont une cimentation annulaire pour éviter des infiltrations par l'espace interannulaire. Pour les forages de captage, la hauteur de cimentation est de 4 m et pour les rejets, de 2 m. La mise en place de la cimentation permet surtout de créer une étanchéité vis-à-vis des pollutions ou d'infiltration venant de l'extérieur pouvant s'écouler entre le tube inox et le terrain naturel.
- ▷ Circuit intermédiaire et échangeurs : Le circuit de refroidissement de la centrale de froid est constitué d'un circuit intermédiaire (entre le fluide frigorigène et la nappe) pour éviter toute contamination de l'eau souterraine par le fluide caloporteur. L'étanchéité du circuit contenant le fluide frigorigène est contrôlée à l'aide d'un pressostat.

Pour la protection de l'atmosphère et en particulier du fait que le fluide frigorigène est conformément à la réglementation, des détecteurs de fluides frigorigènes ont été mis en place afin de détecter toute fuite à l'atmosphère. Des contrôles réguliers d'étanchéité sont également réalisés sur les machines.

Enfin, un suivi de l'installation est mis en place :

- Réalisation d'un contrôle de la qualité de l'eau de la nappe de façon annuelle. Un piquage a donc été installé ;
- Contrôle annuel des appareils de mesure :
 - Sonde de niveau : réalisation d'une mesure statique sur les ouvrages ;
 - Vérification du débitmètre et des volumes ;
 - Température et conductivité par une mesure manuelle.
- Transmission d'un rapport annuel avec :
 - Suivi de la température, niveaux de nappe, débits, volume, conductivité et chimie de la nappe.
- Une inspection vidéo des ouvrages tous les 10 ans ou si une diminution des caractéristiques hydrodynamiques étaient observées.

9 Conclusion

Le « Campus Jules Carteret » situé 19 boulevard Jules Carteret à Lyon 7ème (69), exploite deux doublets de forages géothermiques sur nappe pour alimenter une pompe à chaleur et assurer la climatisation (chauffage et rafraîchissement) du campus. Ce dispositif a fait l'objet d'un Arrêté Préfectoral (AP) n°2014-206-0001 du 25 juillet 2014.

Dans le cadre d'un audit de la DREAL, plusieurs non-conformités ont été relevées sur le fonctionnement de l'installation. Le présent rapport vise à prendre en compte les modifications apportées concernant le nouveau fonctionnement de l'installation à l'AP 2014-206-0001 du 25 juillet 2014.

Le nouveau fonctionnement de l'installation est décrit dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Nouveau fonctionnement de l'installation

Période	Année Estival/Hivernal
Durée	12 mois 5mois/7mois
Fonctionnement	Rafraîchissement et chauffage
Besoins énergétiques (kW)	2215KW / 2706 KW
Ecart thermique maximal ΔT	+/-6
Débit maximal (m ³ /h)	416
Débit moyen en fonctionnement	100
Période de fonctionnement	24h/j ; 7j/7
Volume prélevé (m ³)	876 000*

Au vu des nouvelles caractéristiques du projet d'exploitation géothermique, il apparaît que la modification du fonctionnement de l'installation, alimentée sur eau de nappe par un dispositif de forages captage/rejet, est réglementées par le Code Minier et le Code de l'Environnement.

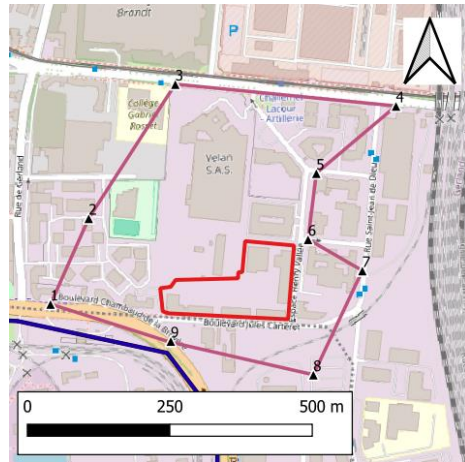
La durée du titre sollicitée correspond à la même période autorisée demandé lors du premier dépôt, soit 20 ans.

Le volume d'exploitation a été défini en évaluant la zone où l'incidence thermique d'une installation voisine sur le projet serait supérieure à 1°C. Cette zone a été évaluée à partir des résultats de la modélisation hydrodynamique et thermique réalisée pour le projet et intégrant les installations voisines. Les caractéristiques du volume d'exploitation sont donc les suivantes :

- ▶ Un périmètre sous la forme d'une zone trapézoïde d'environ 300 m en amont hydraulique des captages, 200 m en aval et 200 et 300 m de part et d'autre en latéral dont les coordonnées Lambert 93 sont rappelées dans le tableau suivant :

Tableau 12 : coordonnées Lambert 93 du périmètre du volume d'exploitation

id	X	Y
1	6515740	6515674
2	6515890	6515740
3	6516126	6515890
4	6516087	6515986
5	6515969	6515998
6	6515853	6515958
7	6515799	6515899
8	6515616	6515616
9	6515675	6515656



- Une altimétrie comprise entre 165 et 147 m NGF (cote minimale du substratum des alluvions dans le secteur et TN).

L'installation est constituée de quatre forages :

- 2 forages de captage, C1 et C2 ;
- 2 forages de rejet, R1 et R2.

Le prélèvement sera effectué au droit de 2 ouvrages de captage (C1, C2) situés dans les espaces verts et à l'extérieur au nord-ouest du site et seront intégralement réinjectées, après passage dans les échangeurs thermiques, dans 2 ouvrages de rejet (R1 et R2) situés dans ouest du projet au niveau d'espaces verts de chemins piétonniers. Le dispositif sera exploité au débit maximal de 416 m³/h.

Un volume de 2100 à 4200 m³ d'eau de nappe sera prélevé au droit des ouvrages de captage à un débit de 2,7 m³/h pour l'arrosage des espaces verts. Ce volume a été intégré au volume prélevé pour le fonctionnement de l'installation.

Le fluide frigorigène employé est le R134a, dont la charge totale pour l'installation est de 520 kg. Ce fluide est de type HFC (hydro fluorocarbures). Il s'agit de la dernière génération de fluide frigorigène halogéné présentant une toxicité et des impacts environnementaux plus limités. Conformément aux textes réglementaires et normes en vigueur, l'installation sera équipée d'une détection de fluide frigorigène mise en place dans le local technique. La détection du fluide sera assurée par un détecteur oxygène. La ventilation du local technique sera asservie à la détection de fluide frigorigène.

Sur le plan qualitatif, les moyens de protection réalisés et installés par le demandeur (cimentations annulaires en tête des ouvrages, étanchéité des têtes de forages, regards surélevés et margelle, échangeurs, circuit intermédiaire), permettent d'éviter toute infiltration d'eaux potentiellement contaminées, qui pourraient provenir du ruissellement des eaux météoriques en surface, d'éventuelles fuites du réseau d'assainissement ou encore d'une fuite de fluide frigorigène, dans les forages et donc dans la nappe. Ces mesures associées au respect des recommandations

d'exploitation et à l'entretien courant des installations permettront de préserver la qualité des eaux souterraines.

Annexes

**Annexe 1 : Arrêté préfectoral n°2014-
206-0001 du 25 juillet 2014 (10 pages)**

**Annexe 2 : Compte rendu de la
DREAL suite à l'audit du 14/02/2023
(7 pages)**

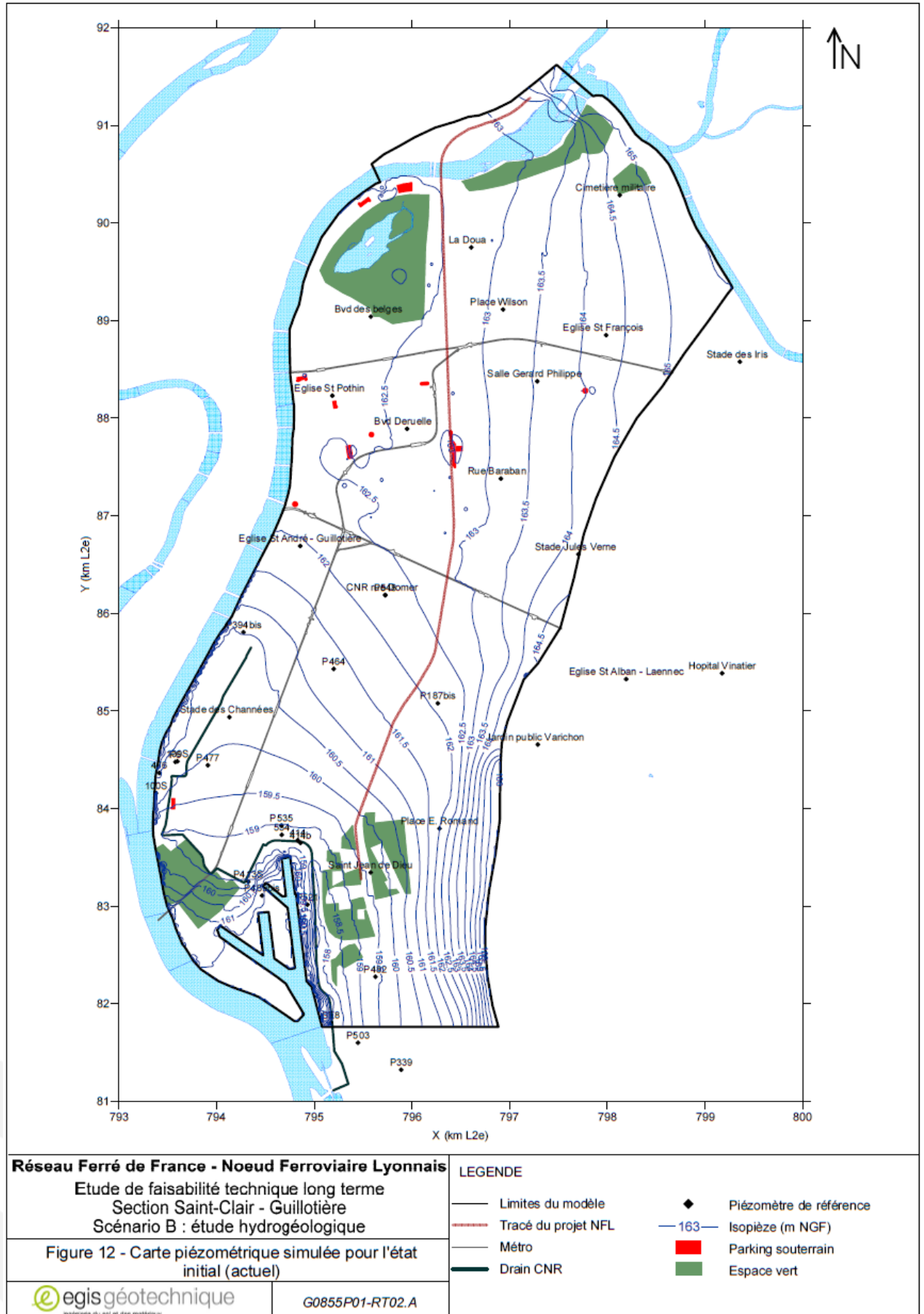
PROJET

Annexe 3 : Avis hydrogéologique sur l'installation

**Annexe 4 : Carte piézométrique
simulée de Lyon, Egis, 2014 (1 page)**

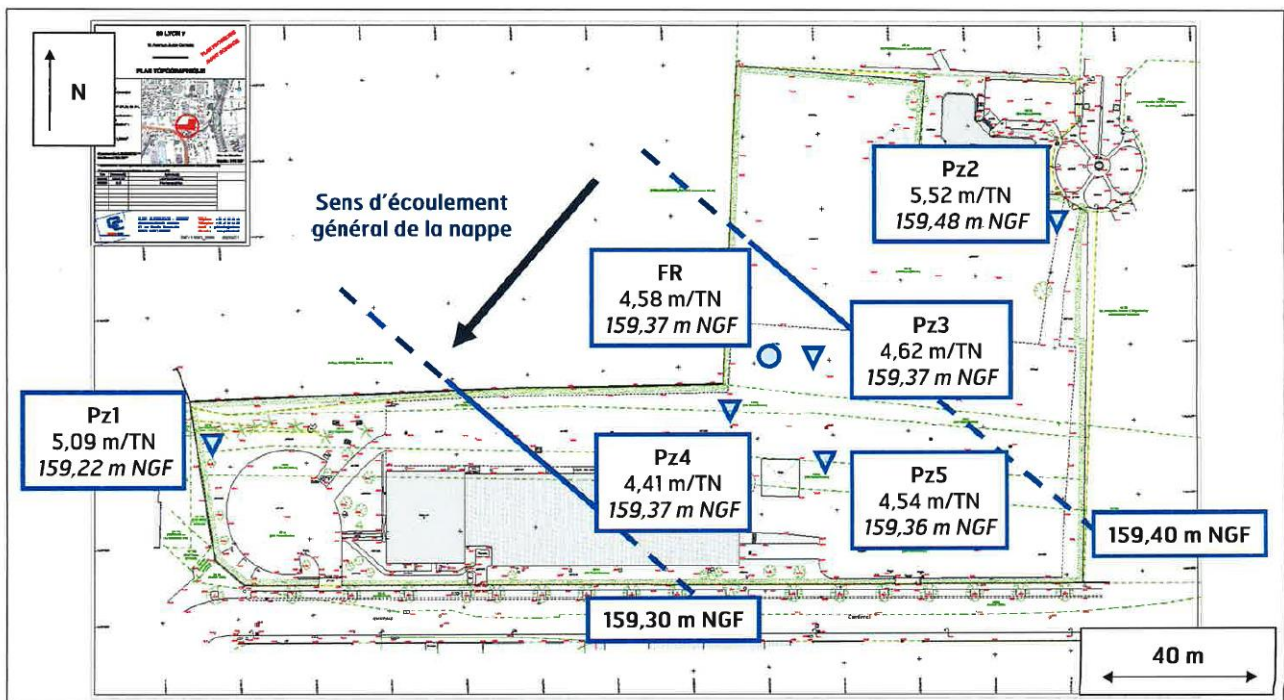
Installation géothermique du « Campus Jules Carteret » situé 19 boulevard Jules Carteret à Lyon 7ème (69)

Annexe technique dans le cadre du dossier cas par cas pour régularisation



**Annexe 5 : Carte piézométrique
réalisée au droit du site en novembre
2012 (1 page)**

FIGURE 2 : Implantation du forage de reconnaissance et des piézomètres (20/11/12)



**Annexe 6 : Analyse chimique réalisée sur
le forage de reconnaissance le 25 février
2013 (3 pages)**

Annexe 7 : Note technique sur la problématique des vannes (24 pages)

PROSODI

Annexe 8 : Coupes techniques des forages géothermiques du Carteret

PROSODI

Annexe 9 : Courrier sur la demande d'arrosage (1 page)

PROSCORL

PROSOPHE

CONSULTING

SUEZ CONSULTING
Agence de Lyon
Archambault Conseil
18 rue Felix Mangini
69009 Lyon
Tel. : + 33 4 72 19 89 70

www.suez.com/fr/consulting-conseil-et-ingenierie

