



ORANGE



# ORANGE – Site de Lyon Lacassagne (69)

## Exploitation des eaux souterraines à des fins géothermiques

### Demande d’Autorisation Environnementale - Etude d’impact



Rapport n°126237/version C – 4 décembre 2024

Projet suivi par Jordane CHARRION – 07.87.79.92.11 – [jordane.charrion@anteagroup.fr](mailto:jordane.charrion@anteagroup.fr)

## Fiche signalétique

ORANGE – Site de Lyon Lacassagne (69)  
 Exploitation des eaux souterraines à des fins géothermiques  
 Demande d’Autorisation Environnementale - Etude d’impact

CLIENT	SITE
ORANGE	Site de Lyon Lacassagne
131 avenue Félix Faure 69003 LYON	131 avenue Félix Faure 69003 LYON
Contact: Kevin NOREN Mail : kevin.noren@orange.com Tel : +33 6 44 11 70 70	

RAPPORT D’ANTEA GROUP	
Responsable du projet	Jordane CHARRION
Interlocuteur commercial	Yolande CORNEIL
Implantation chargée du suivi du projet	Implantation de Lyon
Rapport n°	126237
Version n°	version C
Votre commande et date	Commande N° AA01353733 du 17/08/2023
Projet n°	RHAP230551

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Jordane CHARRION	Ingénieur de projet	4 décembre 2024	
Rédaction	Emeline BUSSIÈRE-THOMAS	Ingénieur de projet	4 décembre 2024	
Approbation	Edouard TISSIER	Chef de projet	4 décembre 2024	

### Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d’annexes	Objet des modifications
<b>Version A</b>	23/02/24	95	5	Version initiale
<b>Version B</b>	23/10/24	95	5	Modifications selon remarques DREAL
<b>Version C</b>	04/12/24	95	5	Modifications selon remarques DREAL n°2

# Sommaire

1. Contexte du projet .....	7
2. Etude d’impact.....	11
2.1. Méthode d’évaluation des impacts.....	12
2.1.1. Présentation des méthodes utilisées pour établir l’état initial .....	12
2.1.2. Description des difficultés éventuelles rencontrées de nature technique et scientifique .....	12
2.1.3. Références des études ayant contribuées à la rédaction de l’étude d’impact .....	13
2.1.4. Principe de proportionnalité .....	13
2.2. Description du projet.....	14
2.2.1. La solution énergétique retenue.....	14
2.2.2. Les solutions énergétiques étudiées.....	15
2.3. Données d’exploitation de l’installation géothermique .....	16
2.3.1. Données d’exploitation historique.....	16
2.3.2. Données d’exploitation actuelles de l’installation .....	23
2.4. Etat initial.....	37
2.4.1. Population, sites et paysages .....	37
2.4.2. Climatologie .....	37
2.4.3. Topographie.....	37
2.4.4. Contexte géologique .....	37
2.4.5. Contexte hydrogéologique.....	38
2.4.6. Historique du secteur : sensibilité environnementale .....	49
2.4.7. Gestion des eaux pluviales.....	49
2.4.8. Réseaux d’assainissement.....	50
2.4.9. Milieu naturel.....	51
2.4.10. Archéologie .....	52
2.4.11. Qualité de l’air.....	52
2.4.12. Bruit.....	53
2.4.13. Risques naturels.....	53
2.5. Appréciation des impacts du projet .....	57
2.5.1. Impacts sur l’environnement .....	57
2.5.2. Impact sur les eaux superficielles .....	59
2.5.3. Impact sur les eaux souterraines .....	60
2.5.4. Incidence du projet sur le climat et vulnérabilité au changement climatique.....	86
2.5.5. Impact sur la qualité du sol .....	87
2.5.6. Impact sur le milieu naturel .....	88

2.5.7.	Impact sur les structures et ouvrages voisins .....	88
2.5.8.	Compatibilité règlementaire .....	89
2.5.9.	Impact sur la sécurité publique.....	98
2.6.	Analyse des effets cumulés avec d’autres projets existants ou approuvés.....	99
2.7.	Les mesures prises pour éviter, réduire et compenser .....	100
2.7.1.	Les mesures d’évitement .....	100
2.7.2.	Les mesures de réduction .....	101
2.7.3.	Les mesures de compensation.....	103
2.8.	Solutions de substitution raisonnable (article R.122-5.II.7° du code de l’environnement). 103	
3.	Conclusion	104

## Table des annexes

Annexe 1 :	Comparaison énergétique des TAR et des forages géothermiques
Annexe 2 :	Données d’exploitation de l’installation historique 2010-2017
Annexe 3 :	Qualité des eaux souterraines au droit du site
Annexe 4 :	DOE de la mise en sécurité des forages de l’aile B
Annexe 5 :	Mode de fonctionnement des TAR

## Table des figures

Figure 1 :	Localisation du site sur carte IGN .....	7
Figure 2 :	Implantation des forages de géothermie au droit du site .....	9
Figure 3 :	Volumes moyens pompés et débit moyen d’exploitation (mars 2008 – octobre 2017).....	19
Figure 4 :	Evolution des niveaux piézométriques mesurés au droit des forages de captage (mars 2008 – octobre 2017) .....	20
Figure 5 :	Evolution des deltas de température entre les eaux rejetées et les eaux captées (mars 2008 – octobre 2017) .....	21
Figure 6 :	Evolution des conductivités au droit des forages de captage (mars 2008 – octobre 2017)..	22
Figure 7 :	Débits d’exploitations de l’aile A (mai à octobre 2024).....	25
Figure 8 :	Débits d’exploitation de l’aile B (janvier à octobre 2024) .....	26
Figure 9 :	Suivi des niveaux piézométriques au droit de l’aile A .....	28
Figure 10 :	Suivi des niveaux piézométriques au droit de l’aile B .....	29
Figure 11 :	Suivi des températures au droit de l’aile A .....	31
Figure 12 :	Suivi des températures au droit de l’aile B .....	32
Figure 13 :	Suivi de la conductivité au droit de l’aile A .....	34
Figure 14 :	Suivi de la conductivité au droit de l’aile B .....	35
Figure 15 :	Carte géologique de Lyon (n° 698) au 1/50 000e.....	38
Figure 16 :	Carte piézométrique de la nappe alluviale du Rhône (BRGM – 2004) .....	39
Figure 17 :	Chronique piézométrique du piézomètre situé rue Baraban 2002 – 2023 .....	40
Figure 18 :	Evolution de la température de la nappe au droit du piézomètre Baraban (novembre 2022 – décembre 2023).....	42
Figure 19:	Localisation des installations voisines dans le secteur du projet.....	44

Figure 20 : Localisation des installations voisines à proximité du projet.....	45
Figure 21 : Photographie de l’accès au forage C1N.....	50
Figure 22 : Localisation des zones Natura 2000.....	52
Figure 23 : Exposition à l’aléa retrait et gonflement des argiles (source : BRGM).....	55
Figure 24: Carte des zones inondables.....	56
Figure 25: Photographie de la réalisation du forage R3N.....	60
Figure 26 : Extension horizontale du domaine modélisé.....	63
Figure 27 : Graphique de corrélation des piézométries observée et simulée pour l’état initial.....	70
Figure 28 : Carte piézométrique calculée dans l’état de calage (niveaux médians 2007-2008).....	72
Figure 29 : Esquisse piézométrique simulée après 5 années de fonctionnement – Installations ORANGE et DALKIA.....	74
Figure 30 : Influence sur le niveau de la nappe après 5 années de fonctionnement – Installations ORANGE et LPA.....	75
Figure 31 : Influence sur le niveau de la nappe après 5 années de fonctionnement – Installations DALKIA et LPA.....	76
Figure 32 : Influence thermique sur la nappe après 5 années de fonctionnement – Installations ORANGE et DALKIA.....	78
Figure 33 : Température simulée de la nappe après 5 années de fonctionnement – Installations ORANGE et DALKIA.....	79
Figure 34 : Influence thermique sur la nappe après 5 années de fonctionnement – Installations ORANGE et LPA.....	80
Figure 35 : Influence thermique sur la nappe après 5 années de fonctionnement – Installations DALKIA et LPA.....	81
Figure 36 : Chroniques simulées de la température mesurée au droit des forages de l’installation ORANGE.....	84
Figure 37 : Réchauffement de la nappe lyonnaise causé par les activités anthropiques et les constructions souterraines (Source : CEREMA).....	87
Figure 38: Photographies des dispositifs de sécurité, alarme et contrôle de fuite du fluide frigorigène .....	101
Figure 39, Coûts comparatifs des énergies géothermiques (avec aides) et conventionnelles en €/MWh pour les trois secteurs.....	103

## Table des tableaux

Tableau 1 : Contenu de l’étude d’impact en lien avec la réglementation concernée.....	11
Tableau 2 : Fonctionnement des dispositifs historiques du site Lacassagne Orange.....	16
Tableau 3 : Caractéristiques de l’exploitation géothermique avant les travaux de 2017.....	18
Tableau 4 : Débits d’exploitation moyens (m <sup>3</sup> /h) des forages sur toute la période de fonctionnement .....	23
Tableau 5 : Niveaux piézométriques moyens (m/rep) des forages sur toute la période de fonctionnement.....	27
Tableau 6 : Températures moyennes (°C) des forages en fonctionnement.....	30
Tableau 7 : Conductivités enregistrées sur les forages de captage.....	33
Tableau 8, Mesures physico-chimiques in situ au droit du forage C3N.....	41
Tableau 9, Caractéristiques physico-chimiques de l’eau en fonction de la température au droit du forage C3N.....	41
Tableau 10 : Ouvrages voisins et débits moyens permanents estimés.....	46
Tableau 11 : Qualité de l’air à la station Lyon Centre (Atmo Auvergne-Rhône-Alpes).....	53
Tableau 12 : Accélération sismique agr.....	54
Tableau 13 : Catégorie sismique des bâtiments attendus.....	54

Tableau 14: Inventaire des données collectées pour le niveau du Rhône.....	64
Tableau 15 : Débits moyens de rejet au droit des sites DALKIA et LPA .....	67
Tableau 16 : Débits moyens de captage / rejet au droit du site Lacassagne ORANGE.....	67
Tableau 17 : Ecart entre niveaux piézométriques simulés et observés sur les points de référence ...	69
Tableau 18 : Réhausses thermiques simulées selon la distance au site Lacassagne.....	82
Tableau 19 : Compatibilité du projet avec l’article L.211-1 .....	91
Tableau 20 : Articulation du projet avec le SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée 2022-2027 .....	92
Tableau 21 : Compatibilité du projet avec le PPA .....	98
Tableau 22 : Projets identifiés dans un rayon de 5 km autour du site .....	99

# 1. Contexte du projet

La société ORANGE exploite sur son site de Lyon Lacassagne, situé au 131 avenue Félix Faure à Lyon (69), des installations de compression-réfrigération, qui étaient soumises à autorisation au titre des ICPE (rubrique 2920.2) jusqu’à la suppression de la rubrique à compter du 25 octobre 2018, et régies par l’arrêté préfectoral du 2 septembre 2005. Le rafraîchissement de ces équipements informatiques est indispensable puisque son arrêt entrainerait la coupure de toutes les installations informatiques gérées par le site de Lacassagne.

Ce dernier est d’importance primordial dans l’infrastructure du réseau d’Orange puisqu’il relie divers sous-réseaux et permet le transit de données dont des Points d’Importances Vitales (armé, hôpitaux, aéroports, banques, numéros d’urgence, ...). Par ailleurs, ORANGE s’engage de respecter ses Service Level Agreements en fournissant un service fiable. Enfin, le site Lacassagne assure la redondance d’autres sites et permet donc la continuité du service évitant ainsi des interruptions majeures. Cette continuité de service est également assurée par équipe qui surveille en continu le réseau afin de détecter et de résoudre rapidement les incidents et mettre en œuvre des plans de secours si besoin.

Dans le cadre de sa démarche de Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) et de son objectif d’atteindre le net zéro carbone d’ici 2040, ORANGE a développé un dispositif géothermique permettant d’exploiter la nappe d’eau souterraine pour répondre aux besoins de rafraîchissement du bâtiment historique. Par ailleurs, cette installation géothermique permet de réduire considérablement les consommations du site et ORANGE explore toujours des nouveaux leviers d’amélioration pour poursuivre ses efforts en matière de durabilité et de protection de l’environnement.

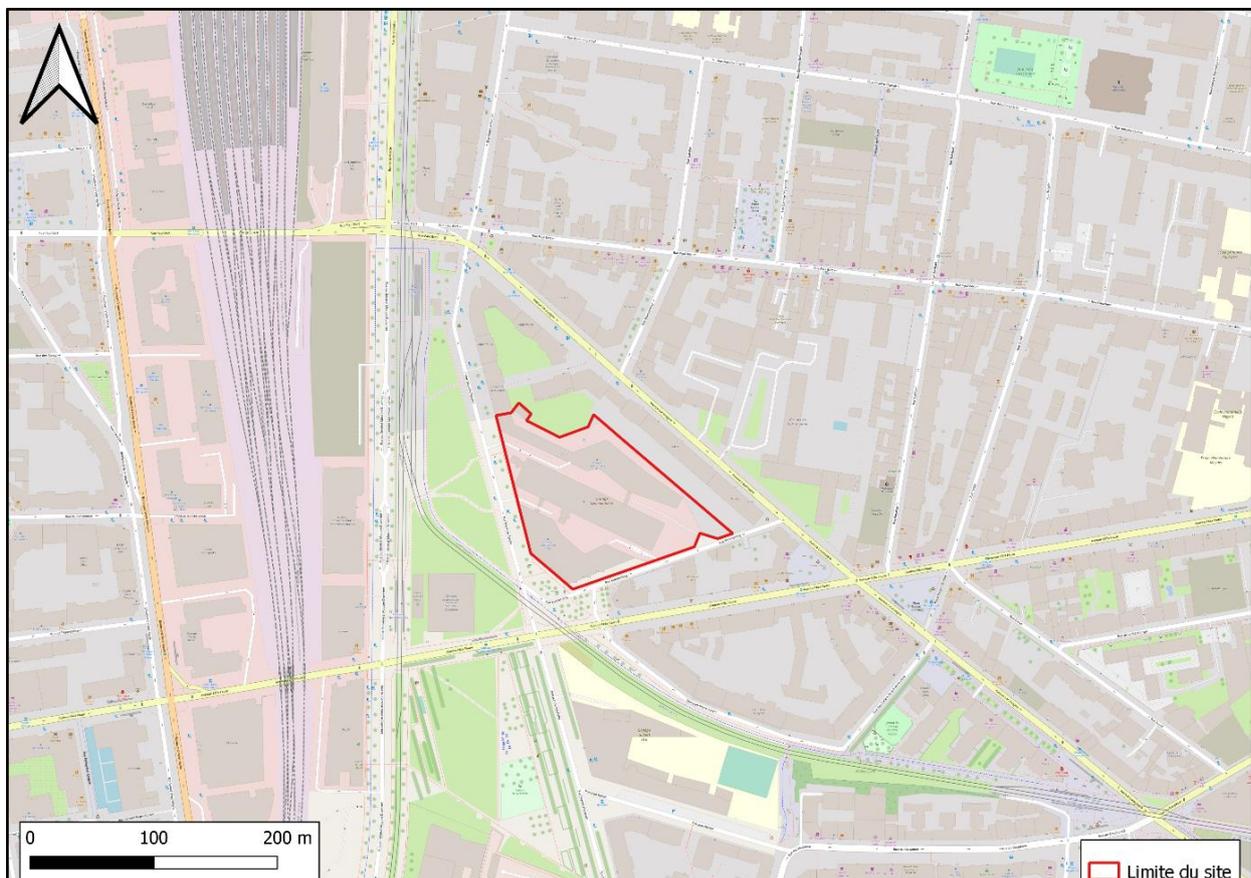


Figure 1 : Localisation du site sur carte IGN

De 2008 à 2017, cette installation était refroidie par une installation géothermique comprenant six forages de prélèvement et six forages de rejet recoupant la nappe alluviale du Rhône. Cette installation a fait l’objet d’un arrêté préfectoral le 2 septembre 2005 par le Bureau de l’Environnement et ICPE. Les débits maximaux autorisés sur le site étaient de 900 m<sup>3</sup>/h au total avec un volume prélevé à la nappe de 4 880 000 m<sup>3</sup>/an. La température maximale de rejet autorisé était de 30 °C.

Dans le cadre d’un projet de réaménagement comprenant la modification de l’emprise du site et la construction de deux bâtiments au droit du site, les travaux de construction interféraient avec les forages géothermiques. Aussi, il a été nécessaire d’arrêter temporairement l’installation géothermique et d’utiliser des Tours Aéroréfrigérantes (TAR) pour subvenir aux besoins énergétiques du site. Ces modifications ont été notifiées par le biais d’un porter à connaissance (n°8512163) en mars 2016. Ce porté à connaissance a été validé par la Préfecture par courrier, le 28 juillet 2016. L’utilisation des TAR (rubrique ICPE 2921 1.a) au droit du site est régie par l’arrêté préfectoral du 24 juillet 2017.

A la suite des travaux, il a été décidé de revenir à l’utilisation initiale des puits géothermiques afin d’être conforme avec l’ancien arrêté préfectoral du 2 septembre 2005 et pour des raisons énergétiques et environnementales. En effet, l’installation géothermique permet une réduction de 90 % des consommations en électricité. Elle permet également d’éviter un rejet de 12900 m<sup>3</sup>/an d’eau dans le réseau d’assainissement public, la consommation de 41200 m<sup>3</sup>/an d’eau d’appoint soit une économie de 145 k€/an et de 2785 L/an de produits chimiques soit une économie de 100 k€/an. Les TAR sont conservés en tant que source énergétique d’appoint mais les consommations pour leur fonctionnement ont diminué de 90 %.

Ainsi, 8 forages historiques ont été comblés avant les travaux de construction et 6 nouveaux forages ont été réalisés. Les TAR sont conservés pour être utilisés en secours ou en appoint des capteurs géothermiques. Le dispositif géothermique actuel comprend désormais 4 forages de prélèvement au lieu de 6 historiquement et 6 forages de rejet répartis sur les deux ailes du bâtiment historique et avec une remise en service différée de l’installation géothermique :

#### Ouvrages de captage et de rejet pour l’aile A :

- Puits de captage C2n et C3n ;
- Puits de rejet R4n, R7n, R5 et R6 ;
- Remise en service des puits géothermiques à partir de juin 2024, utilisation actuelle des 4 TAR en capteur de secours et d’appoint ;

#### Ouvrages de captage et de rejet pour l’aile B :

- Puits de captage C1n et C4 ;
- Puits de rejet R3n et R1/R2 ;
- Remise en service des puits géothermiques en juin 2023, utilisation actuelle des 3 TAR en capteur de secours et d’appoint.

L’installation thermique n’est pas modifiée et se compose de plusieurs groupes d’eau glacée (PEG), comprenant parfois plusieurs groupes froids. Les fluides frigorigènes employés sont actuellement de type HFC. Les PEG se répartissent de la manière suivante pour assurer les besoins énergétiques :

#### PEG et GF pour l’aile A :

- PEG1a à PEG4a d’une puissance unitaire de 900 kW ;
- Puissance totale installée pour l’aile A : 3 600 kW ;

- Puissance échangée avec le sous-sol : 2140 KWC + 1070 KWC = 3210 KWC (au regard de la redondance prévue sur la station de production frigorifique de l’aile A)

PEG et GF pour l’aile B :

- PEGb1 (puissance totale de 1245 kW) comprenant GFb1, GFb2 et GFb3 d’une puissance unitaire de 415 kW.
- PEGb2 et PEGb3 d’une puissance unitaire de 600 kW ;
- Puissance totale installée pour l’aile B : 2 445 kW ;
- Puissance échangée avec le sous-sol : 1800 KWC + 800 KWC = 2600 KWC (au regard de la redondance prévue sur la station de production frigorifique de l’aile B).

La puissance énergétique totale des groupes froids est de 6 045 kW, la puissance totale installée est de 7 680 kW et la puissance totale échangée avec le sous-sol est de 5810 KWC. L’efficacité énergétique de refroidissement (EER) est de l’ordre de 4.



Figure 2 : Implantation des forages de géothermie au droit du site

Les besoins thermiques ont été évalués selon les données de consommation historiques, les données d'exploitation actuelles et les prévisions futures par ORANGE qui souhaite respecter les valeurs limites indiquées dans l'arrêté préfectoral du 2 septembre 2005. Par ailleurs, toute l'ingénierie de l'installation géothermique comprenant notamment les machines de production (investissement totale de 1,9 M€) s'est basée sur les valeurs seuils de l'arrêté de 2005 et un retour en arrière ne serait économiquement pas viable pour ORANGE.

Dans une démarche environnementale de réduction de ses impacts, ORANGE souhaite les conditions d'exploitation de la nappe suivante :

- Un débit maximal total de pompage de 710 m<sup>3</sup>/h (réduction de 20%), soit un débit unitaire d'environ 175 m<sup>3</sup>/h par forage (4 forages de captage) ;
- Un volume maximal de prélèvement de 3 100 000 m<sup>3</sup>/an (réduction de 35%) ;
- Une température maximale de rejet de 30°C car programmée sur le système de gestion technique des bâtiments.

Compte tenu des coûts de recherche et d'exploitation de l'installation géothermique et l'équilibre économique du projet, la durée du titre sollicitée est des 30 ans.

## 2. Etude d’impact

Les éléments présentés ci-après concernent l’étude d’impact du projet de géothermie relatif à la demande d’Autorisation d’Ouverture de Travaux Miniers. Cette étude réalisée par le bureau d’études Antea Group également porteur du dossier réglementaire, est constituée des éléments définis à l’article R. 122-5 du Code de l’Environnement :

**Tableau 1 : Contenu de l’étude d’impact en lien avec la réglementation concernée**

Procédure concernée	Contenu détaillé	Paragraphe correspondant dans le présent rapport
L’étude d’impact définie à l’article R. 122-5 du code de l’environnement (4° du tableau précédent)	Résumé non technique	Autre document joint
	1° une description du projet	Chapitre 1
	2° une analyse de l’état initial de la zone et des milieux	Chapitre 2.4
	3° une analyse des effets négatifs et positifs, directs et indirects, temporaires (y compris pendant la phase des travaux) et permanents, à court, moyen et long terme	Chapitre 2.5
	4° une analyse des effets cumulés du projet avec d’autres projets connus	Chapitre 2.6
	5° une esquisse des principales solutions de substitution	Chapitre 2.8
	6° les éléments permettant d’apprécier la compatibilité du projet avec l’affectation des sols	Chapitre 2.5
	7° les mesures prévues pour éviter les effets négatifs et les compenser	Chapitre 2.7
	8° une présentation des méthodes utilisées pour établir l’état initial	Chapitre 2.1
	9° une description des difficultés éventuelles rencontrées pour réaliser cette étude	Chapitre 2.1.2
10° les noms et qualités des auteurs de l’étude d’impact	Chapitre 2.1	

## 2.1. Méthode d'évaluation des impacts

### 2.1.1. Présentation des méthodes utilisées pour établir l'état initial

Les principaux impacts d'une installation de géothermie portent sur le milieu de prélèvement et le milieu de rejet tant sur les volumes et débits que sur la température. En ce qui concerne le projet, il s'agit de la nappe superficielle des alluvions fluvio-glaciaires du Rhône.

Afin de pouvoir définir l'état initial et ensuite les incidences du projet ainsi que les effets cumulés, Antea Group a développé un outil de gestion des eaux souterraines permettant de simuler le fonctionnement hydrodynamique et thermique de la nappe superficielle des alluvions fluvio-glaciaires du Rhône. Le logiciel employé est MARTHE, développé par le BRGM.

A partir du modèle hydrogéologique numérique, il est possible d'étudier l'incidence des divers ouvrages de pompage et/ou de réinjection des eaux dans cette nappe. Pour les forages à usage thermique, il est possible de simuler l'extension des panaches thermiques en fonction du positionnement des ouvrages de pompage et de réinjection, des débits mis en œuvre, des températures des eaux de réinjection.

Cet outil a été calé à partir de données bibliographiques, à partir des données des forages historiques et actuelles du site : coupes géologiques, niveau de nappe, paramètres hydrodynamiques, ...

### 2.1.2. Description des difficultés éventuelles rencontrées de nature technique et scientifique

L'inventaire des installations voisines exploitant la nappe des alluvions fluvio-glaciaires est établi à partir des données de l'Agence de l'eau (BNPE) et des archives propres à Antea Goup. Malgré la consultation des propriétaires et exploitants de ces installations, il peut être difficile de récupérer des données précises sur les conditions d'exploitation de leurs installations (débits moyens, écarts de température entre les eaux pompées et les eaux rejetées...). Dans ces conditions, des estimations sont établies par rapport à des installations similaires et sur la base des volumes annuels déclarés.

Le projet est situé à proximité des forages de rejet de la centrale froid Mouton-Duvernet de DALKIA. Il a donc été recherché les données les plus précises et les plus récentes de cette installation. Toutefois, le fonctionnement des forages de rejet DALKIA est assujettie aux besoins énergétiques de la centrale froid et le débit de rejet peut varier très fortement de 0 m<sup>3</sup>/h à 950 m<sup>3</sup>/h (débit maximal) en quelques heures. Il est donc impossible de définir précisément un mode d'exploitation actuel et futur de cette installation avec une évolution connue des débits par forage. Aussi, une approximation a été établie par rapport aux données de suivi d'exploitation de 2021 à 2023. De plus, il est impossible de connaître le futur mode d'exploitation de la centrale froid à court ou à long terme. Aussi il a été considéré un fonctionnement futur similaire à l'état actuel.

Le modèle a été calé en hydrodynamique à partir des informations connues. Les échanges entre la nappe et la rivière sont très dépendants des aménagements présents sur les berges des cours d'eau et de la gestion des barrages en amont et aval de la zone d'étude. De plus, le modèle est sensible aux installations de captage ou de rejet temporaires ou pérennes sur la nappe dont le fonctionnement est difficilement appréciable sur une période de longue durée.

### 2.1.3. Références des études ayant contribué à la rédaction de l'étude d'impact

Climatologie : Les données sur les précipitations et les températures présentées ci-après sont issues de la station météorologique de Lyon-Bron (Site internet infoclimat.fr).

Géologie et Hydrogéologie : Utilisation des données régionales et des référentiels existants principalement issus du BRGM. Exploitation des données issues des archives d'Antea Group et d'ORANGE concernant les travaux et études déjà réalisés (compte-rendu des travaux de forage, de diagnostic des ouvrages, étude géotechnique et environnementale pour la réalisation de bâtis, ...).

Qualité de la masse d'eau : Les données sur la qualité et les informations sur les masses d'eau sont issues des données disponibles sur le bassin Rhône Méditerranée ([www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/gestion-de-leau/sdage-2022-2027-elaboration/donnees-techniques-de-reference-du-sdage-2022-2027](http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/gestion-de-leau/sdage-2022-2027-elaboration/donnees-techniques-de-reference-du-sdage-2022-2027)).

Qualité du sol : La qualité du sol a été évaluée à partir de la base de données publiques disponible sur [Géorisques.gouv.fr](http://Géorisques.gouv.fr).

Archéologie : La présence de sites archéologiques a été évaluée sur Géoportail avec la couche « Archéologie préventive » et sur le site dédié de la Ville de Lyon ([www.archeologie.lyon.fr](http://www.archeologie.lyon.fr)).

Risques naturels : La présence de risques au droit du site a été évaluée sur le site d'Infoterre du BRGM, sur le site du Rhône ([www.rhone.gouv.fr](http://www.rhone.gouv.fr)) et sur le site Géorisques.

Qualité de l'air : Les données sur la qualité et le taux de polluant dans l'air présentées ci-après sont issues du site internet de l'air de la région Auvergne - Rhône-Alpes (<https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/dataviz/mesures-aux-stations>).

### 2.1.4. Principe de proportionnalité

Le principe de proportionnalité de l'étude d'impact nécessite une analyse de la sensibilité de l'environnement permettant de définir pour l'état initial, l'analyse des impacts et les mesures compensatoires à mettre en œuvre, les items à traiter de manière proportionnée, plus ou moins détaillée, en fonction des caractéristiques du projet :

*« Article R122-5 – I : Le contenu de l'étude d'impact est proportionné à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et à la nature des travaux, ouvrages et aménagement projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine. »*

Seuls les enjeux significatifs seront pris en compte dans l'étude d'impact.

## 2.2. Description du projet

La description du projet et des travaux miniers réalisés est présentée plus précisément dans les documents transmis à l'étape 3 de la téléprocédure « *Description du projet* ».

### 2.2.1. La solution énergétique retenue

Dans le cadre du réaménagement de son site de Lacassagne, ORANGE souhaite réutiliser ses forages géothermiques sur nappe pour répondre aux besoins de froid de ses équipements informatiques. Le refroidissement de ces installations est indispensable puisque son arrêt entrainerait la coupure de toutes les installations informatiques ORANGE gérées sur le site.

Le refroidissement de ces équipements doit être continu et un arrêt temporaire du refroidissement entrainerait une surchauffe instantanée de l'air ambiant (+1°C par minute environ) et l'arrêt de toutes les installations ORANGE du site Lacassagne après seulement 15 à 20 minutes environ. Cet arrêt est inconcevable pour le site de Lacassagne puisqu'il est d'une importance primordiale dans l'infrastructure du réseau d'ORANGE :

- Relais de divers sous-réseaux et transit de données dont des Points d'Importances Vitales (armé, hôpitaux, aéroports, banques, numéros d'urgence, ...)
- Redondance d'autres sites ORANGE et permet la continuité du service évitant ainsi des interruptions majeures. Cette continuité de service est également assurée par équipe qui surveille en continu le réseau afin de détecter et de résoudre rapidement les incidents et mettre en œuvre des plans de secours si besoin ;
- Engagement d'ORANGE de respecter ses Service Level Agreements en fournissant un service fiable à ses consommateurs.

De 2008 à 2017, les besoins de froid étaient assurés par six doublets de forages géothermiques de captage-rejet à la nappe. Cette installation avait fait l'objet d'un arrêté préfectoral le 2 septembre 2005, autorisant à titre de régularisation l'exploitation de l'installation géothermique.

Compte tenu du réaménagement du site entre 2017 et 2023, l'installation géothermique sur nappe a été suspendue et les besoins énergétiques ont été assurés par des Tours Aéroréfrigérantes (TAR) régies par l'arrêté préfectoral du 24 juillet 2017.

A la suite des travaux, il a été décidé de revenir à l'utilisation des puits géothermiques compte tenu du bon fonctionnement de l'installation géothermique avant les travaux d'aménagements (2017) et de sa validation par le Bureau Environnement et ICPE et par le préfet en septembre 2005. La solution géothermique permet de réduire considérablement les consommations du site Lacassagne en accord avec la démarche de Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) d'ORANGE et de son objectif d'atteindre le net zéro carbone d'ici 2040.

Les caractéristiques prévisionnelles de l'installation géothermique les suivants :

- Ecart thermique moyen sur eau de nappe : +6,3 °C ;
- Température maximale de rejet : 30 °C ;
- Volume annuel moyen prélevé et réinjecté en nappe : 210 000 m<sup>3</sup>/an ;
- Volume maximal prélevé et réinjecté en nappe : 3 100 000 m<sup>3</sup>/an ;
- Débit de pointe : 710 m<sup>3</sup>/h, soit environ 180 m<sup>3</sup>/h par forage de captage ;
- Débit moyen de prélèvement et de rejet : 240 m<sup>3</sup>/h ;
- Puissance thermique totale installée : 7 680 kW.

## 2.2.2. Les solutions énergétiques étudiées

En raison du très bon fonctionnement de l'installation géothermique sur nappe lors de son exploitation avant 2017, de sa validation par le Bureau Environnement ICPE et de ses avantages environnementaux, il a été décidé de remettre en fonctionnement la solution géothermique. Ce dispositif a été suspendu compte tenu des travaux d'aménagement et s'ils n'avaient pas eu lieu, l'utilisation des forages géothermiques aurait été continuée. Pour ces raisons, le maître d'ouvrage a fait le choix de retenir à cette solution énergétique sans mener d'étude énergétique comparative et en se basant sur les données historiques de son exploitation.

Cette solution de production frigorifique par des groupes froids eau/eau raccordées sur nappe présente un fort intérêt technique et environnemental pour le site de la Lacassagne. Le dispositif mis en place permet de couvrir la totalité des besoins en froid qui sont essentiels au fonctionnement des équipements informatiques du site 24h24 et 7j/7.

Les puits géothermiques présentent plusieurs avantages par rapport aux TAR qui ont été utilisés lors des travaux et qui sont conservés en capteur de secours :

- De ne pas prélever et rejeter d'eau au réseau public (eau de ville). Elle permet d'éviter un rejet de 12 900 m<sup>3</sup>/an d'eau dans le réseau d'assainissement public. La consommation d'eau de ville a été réduite de 30 m<sup>3</sup>/jour à 0,1 m<sup>3</sup>/jour avec l'utilisation des puits géothermiques en capteur principal et des TAR en secours, au droit de l'aile B en fonctionnement ;
- De réinjecter les eaux dans le même milieu naturel en préservant la recharge des nappes (utilisation d'une énergie renouvelable) ;
- De s'abstenir d'un risque de légionellose ;
- De limiter l'emploi de produits chimiques (biocide) et de traitement permettant de désinfecter les TAR. Elle permet ainsi d'éviter une consommation de 2785 L/an de produits chimiques soit une économie de 100 k€/an ;
- De diminuer les phases de maintenance sur l'installation de captage ;
- De diminuer la consommation électrique de 90 % (de 15,4 MWh/an à 1,75 MWh/an) et donc d'améliorer la performance énergétique globale de l'installation (Annexe 1 : )

Par ailleurs, l'utilisation d'un système de climatisation eau/eau par rapport à un système de climatisation air/eau présente les avantages suivants :

- Machines en sous-sol limitant les impacts sonores et architecturaux ;
- Peu dépendante des conditions climatiques extérieures ;
- Meilleure performance énergétique (rendement et régulation de la température) ;
- L'utilisation de Dry Adiabatique est impossible car refusée par les Bâtiments de France.

ORANGE explore toujours des nouveaux leviers d'amélioration pour poursuivre ses efforts en matière de durabilité et de protection de l'environnement. Depuis les travaux d'aménagement de 2017, l'optimisation énergétique du site (optimisation aéraulique, arrêt de l'alimentation des groupes électrogènes, fonctionnement à débit variable des pompes, ...) a permis de diminuer les besoins énergétiques passant de 2,5 MW/an à 1,7 MW/an. Par ailleurs, la température des locaux abritant les serveurs a été diminuée de 21 °C à 25 °C en cohérence avec les recommandations des fabricants afin d'abaisser les consommations énergétiques.

**La solution énergétique par puits géothermiques présente donc de nombreux avantages techniques, environnementaux et financiers par rapport à l'utilisation des TAR. Ces réductions énergétiques sont en accord avec les démarches environnementales d'ORANGE (RSE, zéro carbone).**

## 2.3. Données d’exploitation de l’installation géothermique

### 2.3.1. Données d’exploitation historique

La précédente installation géothermique sur nappe a fonctionné de 2008 à 2017, soit jusqu’au début des travaux de réaménagement du site. Le bilan annuel de consommation et de température du pompage dans la nappe était transmis au Service Eau et Nature (SEN) de la Direction Départementale des Territoires (DDT 69). L’**Annexe 2** : présente un résumé des données historiques de l’installation.

Les suivis étaient réalisés sur les forages de captages qui alimentaient les groupes froids. Le forage C5 alimentant le groupe électrogène était peu suivi car son utilisation était limitée et ponctuelle. Chaque forage de captage était lié à un forage de rejet pour former un doublet géothermique (Tableau 2). Le débit de rejet correspond au débit de prélèvement sur le forage de captage associé.

**Tableau 2 : Fonctionnement des dispositifs historiques du site Lacassagne Orange**

Numéro "Dispositif"	Utilisation	Nom "Groupe"	Ouvrages	Période de fonctionnement	
				Période	Heures
1	Groupe Froid Bâtiment B (2 400 KW)	GFB1 (3 x 400 KW)	C1	365 jours/an	8760
			R1/R2		
2	Groupe Froid Bâtiment B (2 400 KW)	GFB2 (600 KW)	C2	365 jours/an	8760
			R1/R2		
3	Groupe Froid Bâtiment B (2 400 KW)	GFB3 (600 KW)	C3	365 jours/an	8760
			R3		
TOTAL Groupe Froid Bâtiment B				365 jours/an 24h/24h	8760
4	Groupe Froid Bâtiment A (3 600 KW)	GFA 1 et 2 (1 800 KW)	C4 R4	365 jours/an 24h/24h	8760
5		GFA 3 et 4 (1 800 KW)	C6 R6	365 jours/an 24h/24h	8760
TOTAL Groupe Froid Bâtiment A				365 jours/an 24h/24h	8760
6	Groupe Electrogène (1 600 KW)	GEA 1 et 2 (1 600 KW)	C5 R5	3h/jour 11/an	33
TOTAL GROUPE FROID				TOTAL GF	8760
TOTAL GROUPE ELECTRO.				TOTAL GE	18
<b>TOTAL GROUPEES</b>				<b>GF ET GE</b>	<b>8778</b>

#### 2.3.1.1. Volumes prélevés et débits d’exploitation

Les volumes mensuels pompés par forage et le débit de pompage moyen mensuel sont présentés sur la Figure 3 entre mars 2008 et octobre 2017.

Les données disponibles mettent en évidence les éléments suivants :

- Le débit d’exploitation oscille très régulièrement en s’adaptant aux besoins frigorifiques de l’installation ;
- Le débit moyen d’exploitation mensuel est compris entre 20 m<sup>3</sup>/h et 430 m<sup>3</sup>/h sur la période de suivi. Ce débit d’exploitation est inférieur à la valeur seuil autorisée par l’arrêté préfectoral du 02 septembre 2005, soit 900 m<sup>3</sup>/h ;

- Des débits d'exploitation plus importants en période estivale avec une moyenne de 270m<sup>3</sup>/h et de 200 m<sup>3</sup>/h sur la période hivernale, soit une moyenne annuelle de 240 m<sup>3</sup>/h ;
- Le volume mensuel exploité est compris entre 10 000 m<sup>3</sup> et 310 000 m<sup>3</sup> avec un volume annuel compris entre 1 300 000 m<sup>3</sup> (2017) et 2 600 000 m<sup>3</sup> (2011) et un volume moyen annuel de l'ordre de 2 200 000 m<sup>3</sup>. Ces valeurs sont inférieures à la valeur seuil autorisée par l'arrêté préfectoral du 02 septembre 2005, soit 4 880 000 m<sup>3</sup>/an.

### 2.3.1.2. Niveaux piézométriques aux captages

Les niveaux piézométriques sur les forages de captage entre mars 2008 et octobre 2017 sont présentés sur la Figure 4.

Les données disponibles mettent en évidence les éléments suivants :

- Un niveau de nappe compris entre 3,5 et 6 m/rep de profondeur selon le forage ;
- Ces niveaux sont assujettis aux variations saisonnières de la nappe et à moindre mesure aux débits d'exploitation. Il est difficile d'extrapoler une relation directe entre les débits d'exploitation et le rabattement ou réhausse induit sur les forages du site et sur les forages voisins. Pour rappel, des essais de pompage ont été réalisés sur tous les forages afin de déterminer leur productivité ;
- Le niveau de la nappe présente des fluctuations annuelles de plusieurs mètres.

### 2.3.1.3. Suivi de la température en amont et en aval de l'échangeur

Les sondes de suivi de température des eaux prélevées et rejetées en nappe étaient placées dans les forages de captage et de rejet, soit en amont et aval de l'échangeur.

Les deltas de température entre les eaux rejetées, théoriquement plus chaudes, et les eaux captées de la nappe de température sont présentés sur la Figure 5. Pour l'année 2014, les forages de captage ont une température anormalement haute qui induit un delta de température très faible entre le captage et le rejet. Un défaut des sondes de température de captage est la cause de cette anomalie.

Par ailleurs, la courbe de la température moyenne mensuelle de rejet a été ajoutée au graphique.

Le suivi entre 2008 et 2017 met en évidence :

- Un delta de température entre le rejet et le captage compris entre 2 et 10 °C pour la majorité des doublets. Le doublet du forage C6-R6 présente un delta de température supérieur aux autres, parfois supérieur à 10 °C ;
- Pour la majorité des doublets, le delta de température moyen a baissé après 2014 de quelques degrés ;
- Le delta de température mensuel est équivalent entre la période estivale et hivernale avec des valeurs respectives de 6,4 °C et de 6,2 °C ;
- La température moyenne de rejet est comprise entre 20 et 29 °C, avec une valeur moyenne de l'ordre de 25 °C, soit inférieure à la valeur seuil de 30 °C autorisé par l'arrêté préfectoral de septembre 2005.

### 2.3.1.4. Suivi de la conductivité en amont de l'échangeur

Les sondes de suivi de conductivité des eaux prélevées et rejetées en nappe étaient placées sur les canalisations en amont de l'échangeur dans le local technique.

Les données enregistrées entre mars 2008 et début octobre 2017 présentées dans la Figure 6, mettent en évidence :

- Au droit des forages C1 et C2, une conductivité stable de l’ordre de 700 à 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ;
- Au droit du forage C3, de fortes fluctuations avec des baisses de la conductivité jusqu’à 600 à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ;
- Au droit du forage C4, une conductivité plus forte de l’ordre de 750 à 850  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ;
- Au droit du forage C6, une conductivité qui fluctue sur les premières années puis qui se stabilise entre 700 et 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à partir de 2012 ;
- La conductivité globale moyenne au droit des forages de captage est de l’ordre de 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les fortes fluctuations peuvent provenir d’un défaut de la sonde de conductivité (mauvais étalonnage, anomalie, maintenance, ...). Il n’y a pas de fluctuation de la conductivité entre la période estivale et hivernale.

D’après les données d’exploitation entre 2008 et 2017, l’installation géothermique était conforme aux valeurs seuils définis dans l’arrêté du 2 septembre 2005. Le Tableau 3 résume les données générales d’exploitation, soit :

- Un débit mensuel moyen de pompage de l’ordre de 240  $\text{m}^3/\text{h}$  avec un volume moyen prélevé à la nappe de 2 200 000  $\text{m}^3/\text{an}$  ;
- Une température moyenne de rejet inférieure à 30 °C avec un delta de température de l’ordre de 6,3 °C.

Tableau 3 : Caractéristiques de l’exploitation géothermique avant les travaux de 2017

Fonctionnement de l’installation géothermique (2010 - 2017)			
Période	Hivernale	Estivale	Année
Durée (mois)	6 mois	6 mois	12 mois
Période	Novembre - Avril	Mai - Octobre	
Fonctionnement	Refroidissement		
Puissances énergétiques des groupes installées (kW)	7 645		
Installation fonctionnant sur eau de nappe (2010 - 2017)			
Ecart thermique maximal entre eau pompée et eau rejetée ( $\Delta T$ )	6,2	6,4	6,3
Débit mensuel maximal pompé en nappe ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	400	430	430
Débit mensuel moyen pompé en nappe ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	200	270	240
Débit maximal autorisé Arrêté de 2005 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	900		
Volume moyen prélevé en nappe ( $\text{m}^3/\text{an}$ )	900 000	1 300 000	2 200 000
Volume maximal autorisé Arrêté de 2005 ( $\text{m}^3/\text{an}$ )	4 880 000		

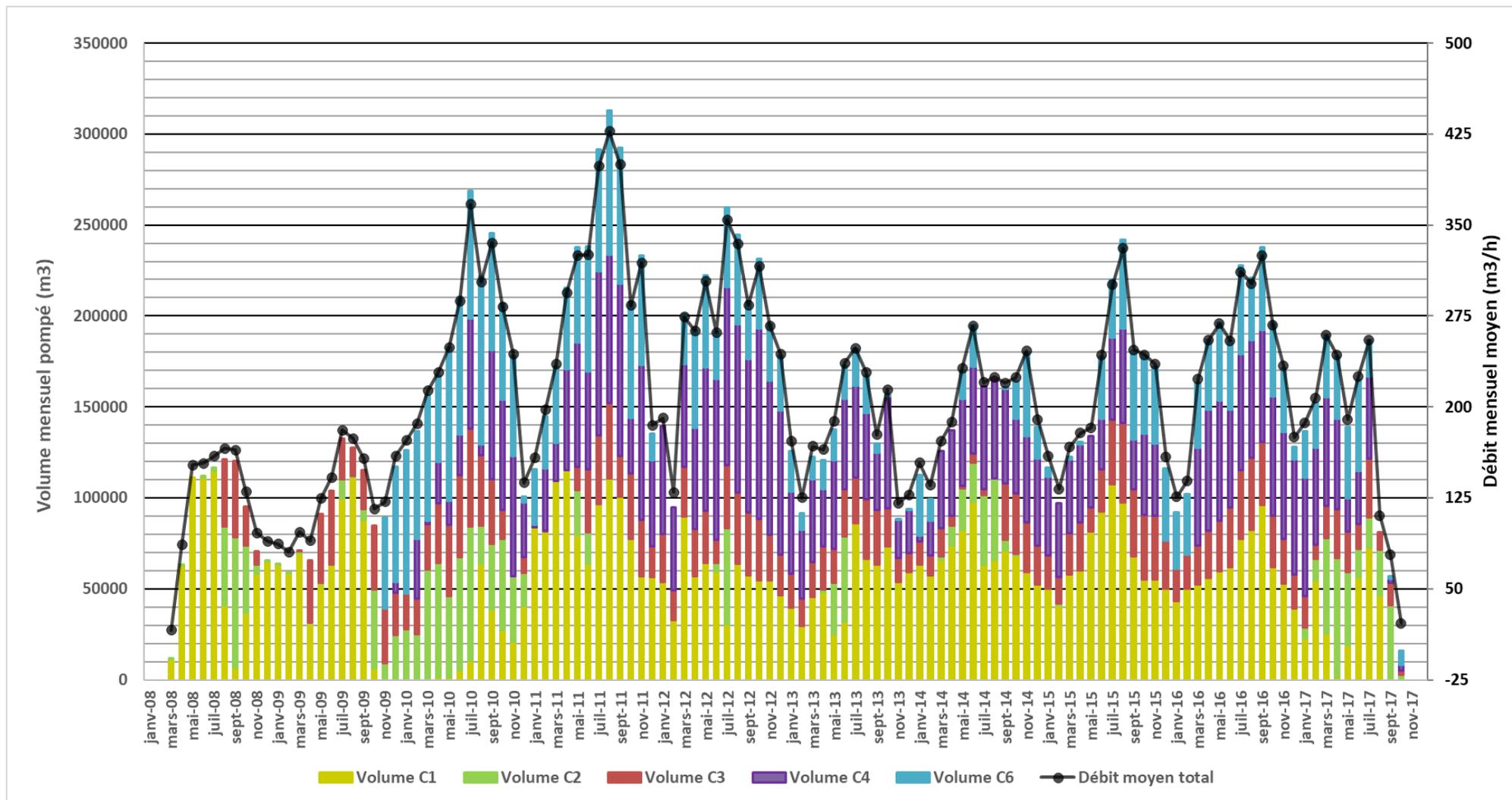


Figure 3 : Volumes moyens pompés et débit moyen d’exploitation (mars 2008 – octobre 2017)

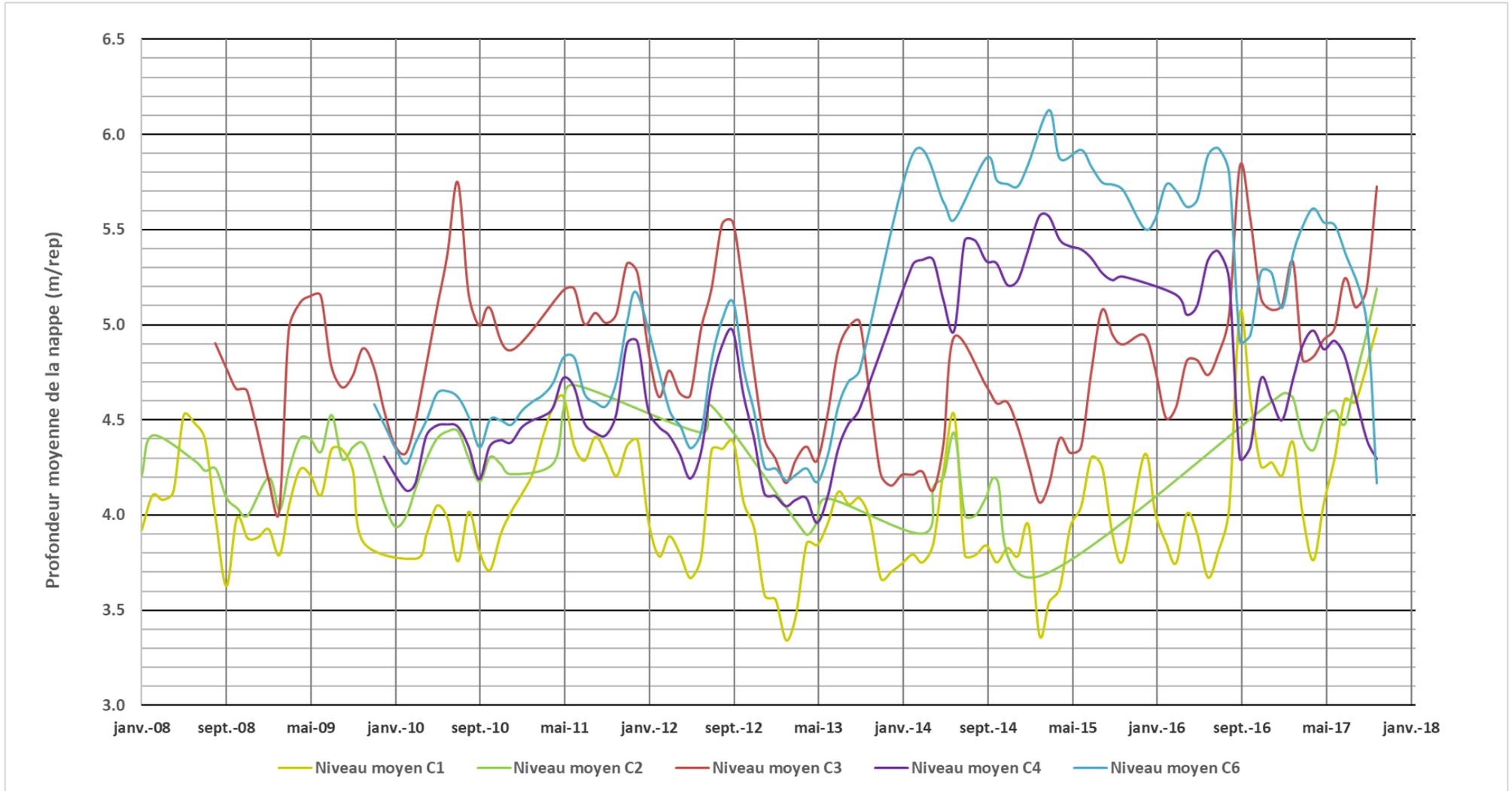


Figure 4 : Evolution des niveaux piézométriques mesurés au droit des forages de captage (mars 2008 – octobre 2017)

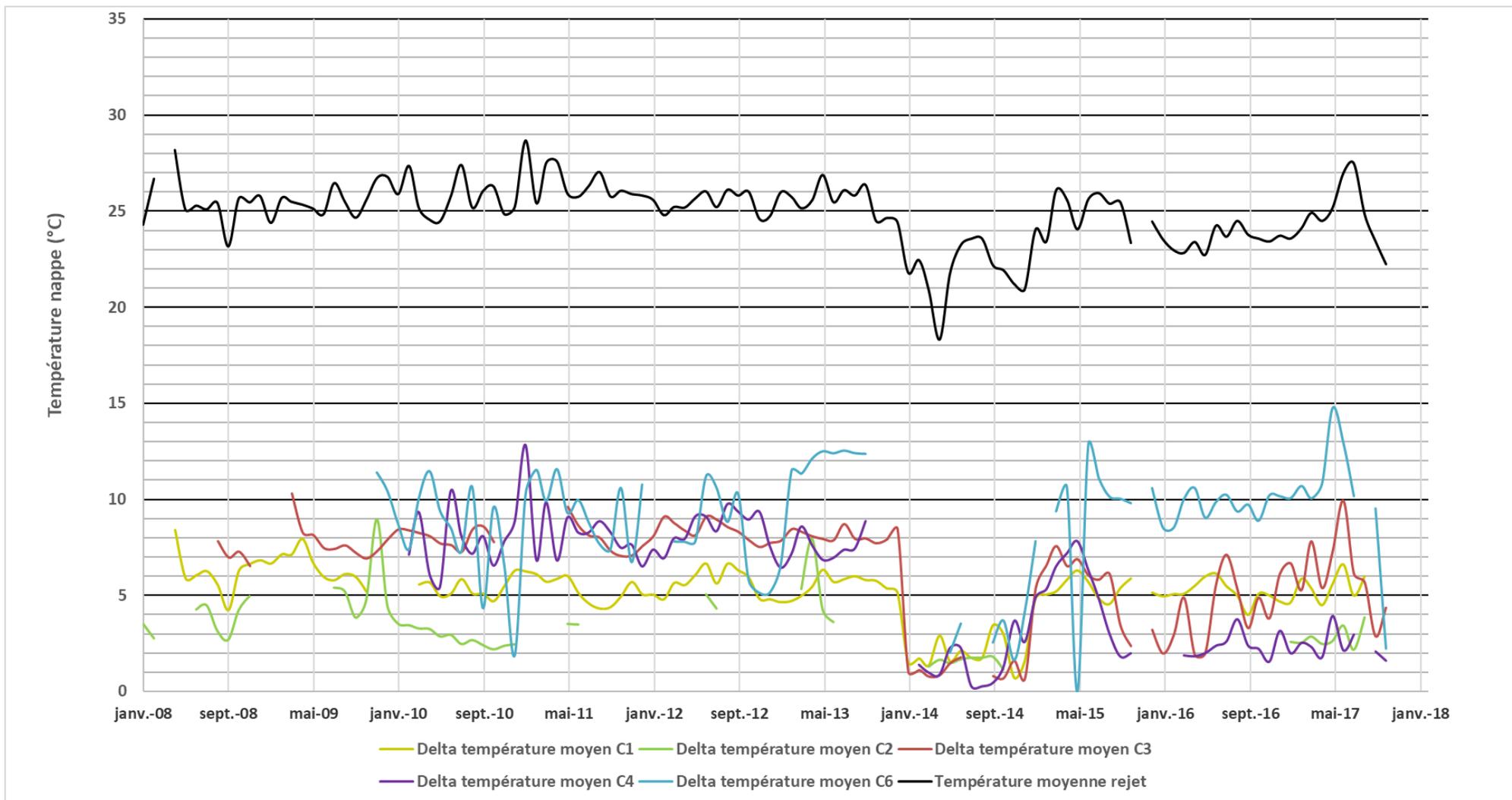


Figure 5 : Evolution des deltas de température entre les eaux rejetées et les eaux captées (mars 2008 – octobre 2017)

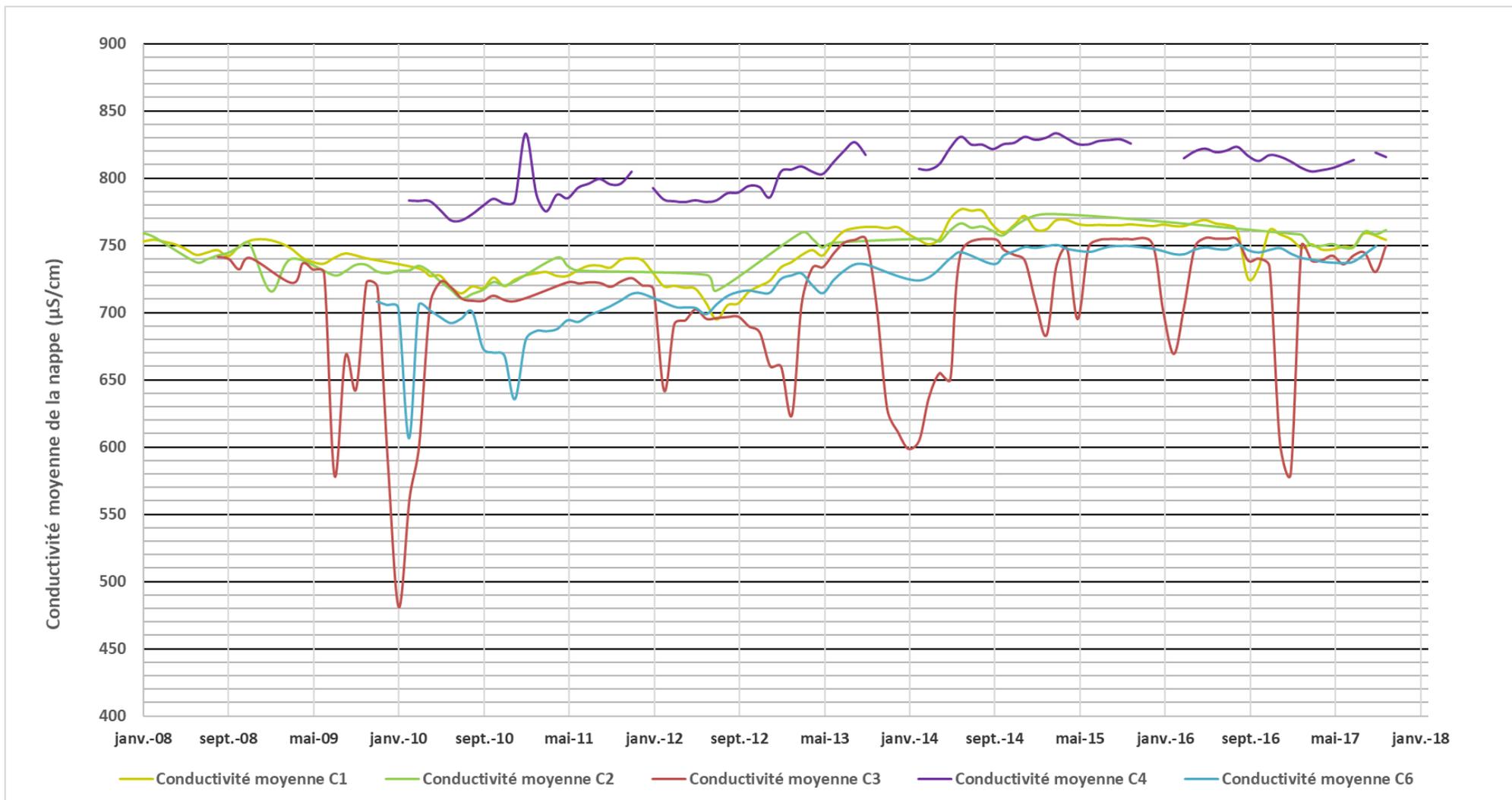


Figure 6 : Evolution des conductivités au droit des forages de captage (mars 2008 – octobre 2017)

### 2.3.2. Données d’exploitation actuelles de l’installation

La remise en fonctionnement des installations n’est pas synchrone avec un démarrage de l’installation de l’aile B en juin 2023 et un démarrage de l’installation géothermique de l’aile A en juin 2024.

Les données suivantes sont mesurées au droit de l’installation géothermique, renvoyées sur la GTC et sont enregistrées :

- Niveaux d’eau souterraine au droit des forages de prélèvement et de rejet ;
- Débits d’exploitation au droit des forages de prélèvement et de rejet ;
- Température en amont et en aval de l’échangeur (sondes positionnées dans les forages ou dans le local technique) ;
- Conductivité en amont de l’échangeur (sondes positionnées dans le local technique).

Depuis janvier 2024 une mise à jour de la GTC permet un enregistrement des données sur une fréquence horaire et une exportation sous format Excel. Par ailleurs, les valeurs d’exploitations en direct sont également visibles sur un écran de contrôle.

#### 2.3.2.1. Débits d’exploitation des forages de captage et de rejet

Les suivis des débits d’exploitation horaires des forages entre juillet 2023 et octobre 2024 pour l’aile B et entre mai et octobre 2024 pour l’aile A, sont présentés dans les figures suivantes. Le tableau ci-dessous résume les valeurs moyennes sur toute la période de mesure au droit de chaque aile.

Pour information, des essais ont été réalisés en septembre – octobre 2024 afin de tester l’installation thermique vis-à-vis d’une baisse des températures de rejet et donc d’une hausse des débits d’exploitation.

**Tableau 4 : Débits d’exploitation moyens (m<sup>3</sup>/h) des forages sur toute la période de fonctionnement**

	AILE A					
	C2N	C3N	R4N	R7N	R5 et R6	TOTAL
Q moyen (m <sup>3</sup> /h)	5	44	11	45	0	52
	AILE B					
	C4.1	C4.2	C1N	R1/R2	R3N	TOTAL
Q moyen (m <sup>3</sup> /h)	38	55	<1	55	38	93

Ces données mettent en évidence les éléments suivants :

- Une cohérence entre les débits de prélèvement et de réinjection (différences anecdotiques potentiellement dues à des erreurs ponctuelles de mesures) ;
- De faibles variations des débits exploités depuis la remise en fonctionnement des installations ;
- Au droit de l’aile A
  - Les forages R5 et R6 ne sont pas utilisés car ils sont conservés en tant que forages de secours et d’appoint en cas de niveaux piézométriques trop hauts observés au droit des forages R4N et R7N (dispositif de by-pass entre les forages) ;
  - Le forage C2N et R4N ont peu été utilisé, sauf ponctuellement au démarrage de l’aile A, lors de test ou en septembre 2024. En fonctionnement, leur débit d’exploitation est de l’ordre de 60 m<sup>3</sup>/h ;

- Le débit d'exploitation moyen au droit des forages C3N et R7N est compris entre 30 et 70 m<sup>3</sup>/h avec de fortes oscillations journalières.
- Le débit d'exploitation moyen total de l'aile A est de 50 m<sup>3</sup>/h environ (oscillation selon fonctionnement de C3N), soit légèrement inférieur aux débits historiques enregistrés qui étaient compris entre 70 et 150 m<sup>3</sup>/h selon le mois considéré avec un débit moyen annuel de l'ordre de 115 m<sup>3</sup>/h.
- Au droit de l'aile B
  - Le forage C1N n'a pas été utilisé, sauf ponctuellement lors de test, et n'a donc pas engendré de rejet sur le forage R1/R2 ;
  - Le débit d'exploitation moyen au droit des forages C4.1 et R3N était de 35 m<sup>3</sup>/h jusqu'à juin 2024 puis il a augmenté vers 45 m<sup>3</sup>/h ;
  - Le débit d'exploitation moyen au droit des forages C4.2 et R1/R2 est constant autour de 55 m<sup>3</sup>/h ;
  - Le débit d'exploitation moyen total de l'aile B est de 100 m<sup>3</sup>/h environ, soit cohérent avec les débits historiques enregistrés qui étaient compris entre 80 et 160 m<sup>3</sup>/h selon le mois considéré avec un débit moyen annuel de l'ordre de 120 m<sup>3</sup>/h.

**A ce jour, le débit moyen exploité au droit du site Lacassagne est de l'ordre de 150 m<sup>3</sup>/h soit cohérent avec les débits historiquement exploités qui étaient compris entre 20 et 430 m<sup>3</sup>/h avec une valeur moyenne annuelle de 240 m<sup>3</sup>/h.**

Les débits d'exploitation actuels sont donc conformes à valeur seuil demandée dans le présent dossier, de 700 m<sup>3</sup>/h d'exploitation au total. Pour rappel, cette valeur a été abaissée par rapport à celle initialement acceptée au droit du site par l'arrêté de 2005 (900 m<sup>3</sup>/h) compte tenu de l'exploitation actuelle et de l'engagement d'ORANGE dans sa réduction de ses consommations.

Pour rappel, il est à ce jour impossible de définir précisément l'évolution de l'exploitation du site Lacassagne d'ORANGE à moyen ou long terme. En effet, plusieurs projets sont envisagés pouvant faire évoluer la demande énergétique à la hausse ou à la baisse. Dans tous les cas, ORANGE se doit d'assurer une continuité de l'exploitation géothermique puisque cette dernière permet le rafraîchissement de tous les équipements informatiques. Pour rappel, le site de Lacassagne est d'importance primordial dans l'infrastructure du réseau d'Orange puisqu'il relie divers sous-réseaux et permet le transit de données dont des Points d'Importances Vitales (armé, hôpitaux, aéroports, banques, numéros d'urgence, ...).

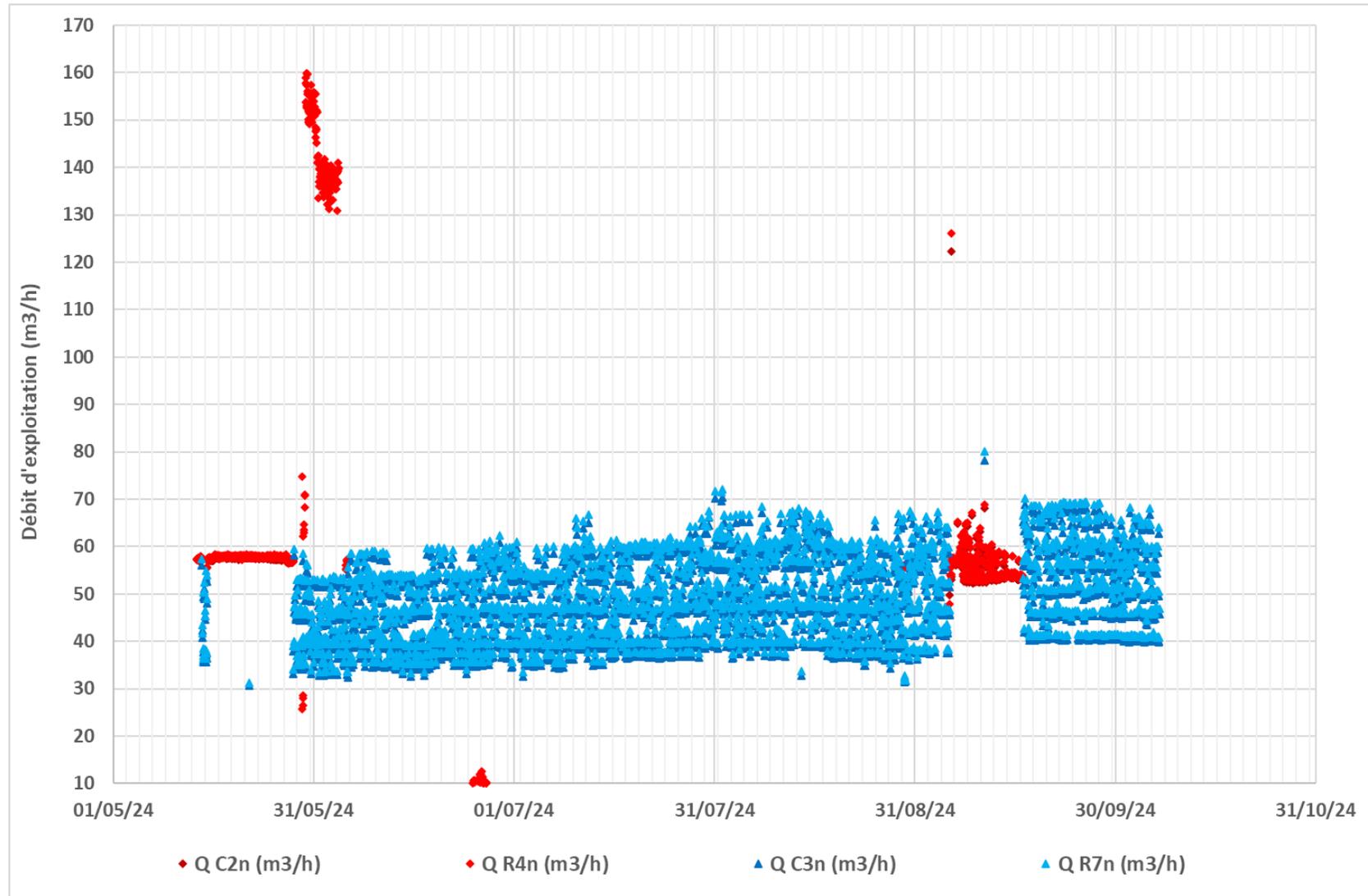


Figure 7 : Débits d'exploitations de l'aile A (mai à octobre 2024)

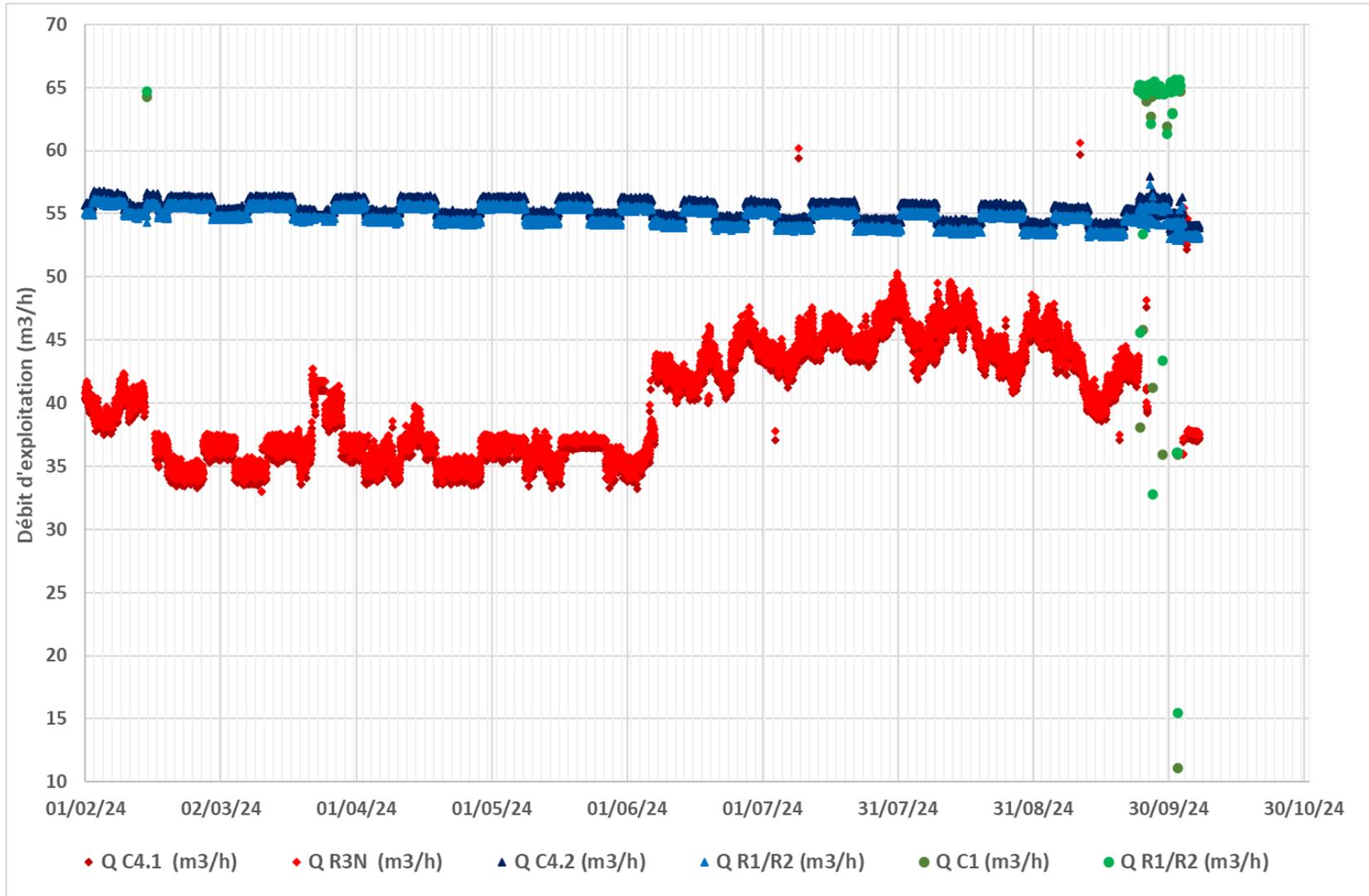


Figure 8 : Débits d’exploitation de l’aile B (janvier à octobre 2024)

### 2.3.2.2. Niveaux piézométriques des forages de captage et de rejet

Les suivis des niveaux piézométriques horaires des forages entre juillet 2023 et octobre 2024 pour l’aile B et entre mai et octobre 2024 pour l’aile A, sont présentés dans les figures suivantes. Le tableau ci-dessous résume les valeurs moyennes sur toute la période de mesure au droit de chaque aile.

Tableau 5 : Niveaux piézométriques moyens (m/rep) des forages sur toute la période de fonctionnement

	AILE A				
	C2N	C3N	R4N	R7N	R5 et R6
Niveau (m/rep)	5	3,6	3,7	3,9	-
	AILE B				
	C4.1	C4.2	C1N	R1/R2	R3N
Niveau (m/rep)	4,9	4,7	5,2	5	3,1

D’après ces données, les niveaux d’eaux moyens des forages oscillent faiblement. Une baisse globale a été observée sur tous les ouvrages (rejet et captage) de l’ordre de 0,5 à 0,8 m entre mai et octobre 2024 tandis qu’une hausse de la même amplitude avait été observée entre janvier et mai 2024 sur l’aile B. Ces variations piézométriques sont équivalentes à celles observées sur d’autres sites.

L’influence de l’installation géothermique est très faible puisqu’il est observé un très faible rabattement sur les forages de prélèvement et une très faible réhausse piézométrique sur les forages de réinjection, de l’ordre de 0,1 m. Ces variations ne sont pas significatives vis-à-vis des variations naturelles de la nappe. De plus, ces variations ponctuelles et temporaires pourraient également s’expliquer par des petites erreurs de calage des données des sondes automatiques de niveau d’eau.

**A ce jour, aucune influence de l’exploitation du site sur les niveaux d’eaux dans les forages n’a été mise en évidence. Les variations piézométriques mesurées sont assujetties aux variations saisonnières de la nappe.**

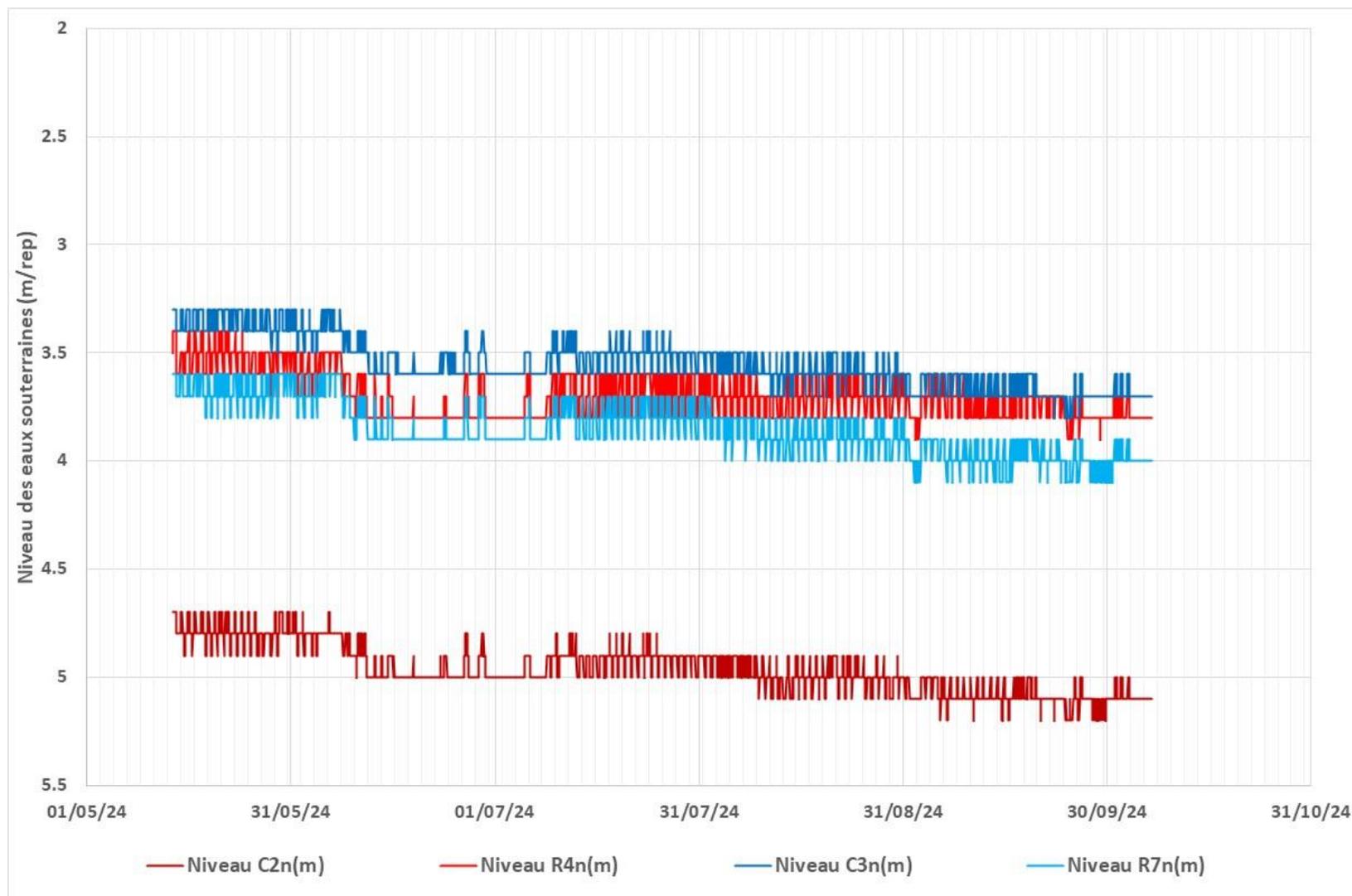


Figure 9 : Suivi des niveaux piézométriques au droit de l’aile A

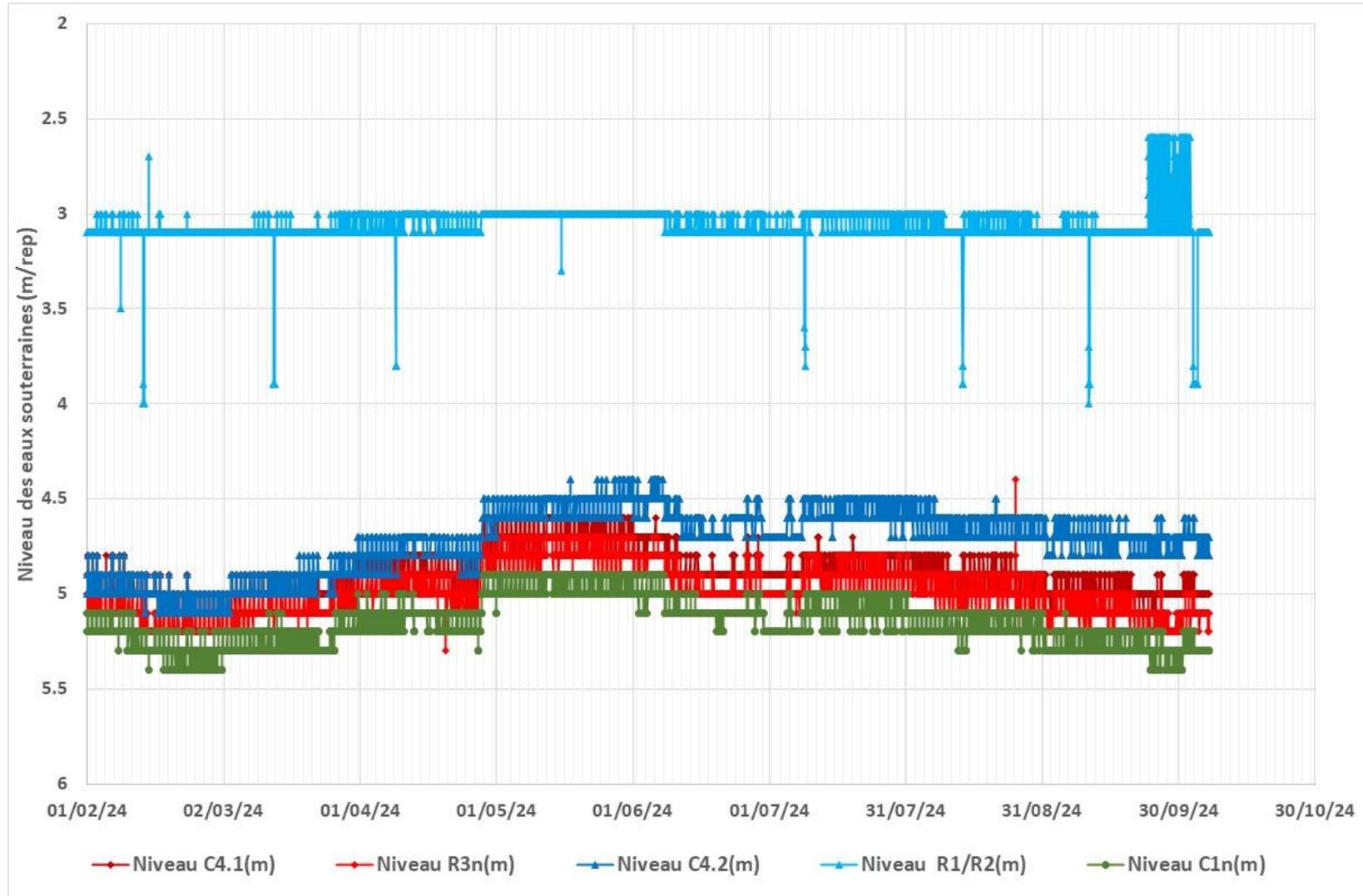


Figure 10 : Suivi des niveaux piézométriques au droit de l’aile B

### 2.3.2.3. Suivis de la température en amont et en aval de l’échangeur

Les suivis des températures en amont et en aval de l’échangeur entre juillet 2023 et octobre 2024 pour l’aile B et entre mai et octobre 2024 pour l’aile A, sont présentés dans les figures suivantes. Le tableau ci-dessous résume les valeurs moyennes sur toute la période de mesure au droit de chaque aile.

Pour information, les sondes de températures sont situées dans les locaux techniques. Lorsque les forages ne sont pas en fonctionnement les sondes associées mesurent la température ambiante du local et ces données ne sont donc pas conservées pour la présente analyse. L’influence de la température ambiante sur les températures enregistrées en fonctionnement n’est à ce jour pas encore précisément définie.

**Tableau 6 : Températures moyennes (°C) des forages en fonctionnement**

	AILE A				
	C2N	C3N	R4N	R7N	R5 et R6
Niveau (m/rep)	16,3	16	25,7	28,5	-
	AILE B				
	C4.1	C4.2	C1N	R1/R2	R3N
Niveau (m/rep)	16,1	16,2	16,4	23,4	20,4

Ces données mettent en évidence les éléments suivants :

- Une température de captage constante comprise entre 15,5 et 16,5 °C qui fluctue naturellement selon les saisons (hausse en période estivale). Aucun recyclage thermique n’a été mis en évidence au droit du site ;
- Une température de rejet qui fluctue entre 20,5 et 28,5 °C selon le forage de réinjection soit un delta de température variant de 4 °C à 13 °C ;
- Au droit de l’aile A
  - Une température de rejet comprise entre 25,5 et 28,5 °C avec ponctuellement des valeurs supérieures à 30 °C, soit au-dessus de la valeur limite demandée et autorisée par l’arrêté préfectoral de 2005. Ces dépassements sont ponctuels et sont induits par la mise en fonctionnement des échangeurs thermiques ou par un appel de puissance temporaire. Toutefois, ORANGE a mis en œuvre des essais sur son installation de l’aile A en augmentant les débits d’exploitation afin de diminuer la température de rejet qui est alors descendu entre 25 et 28 °C (moyenne à 26,5 °C) au droit du forage R7N qui était le plus problématique. Ainsi, la valeur seuil des 30 °C n’est plus dépassée. L’objectif de ces essais était de trouver la limite acceptable en rendement/puissance des installations thermiques vis-à-vis des écarts thermiques demandés.
  - Un delta de température moyen de 10 °C après la réalisation des essais d’octobre.
- Au droit de l’aile B
  - Une température de rejet comprise entre 20,5 et 23,5 °C avec des valeurs toujours inférieures à 30 °C, soit conformes à la valeur limite demandée.
  - Un delta de température moyen de 6 °C.

**A ce jour, aucune influence de l’exploitation sur les températures de captage et de rejet n’a été mise en évidence (pas de recyclage thermique). Les variations de températures d’eau dans les forages de captage sont assujetties aux variations saisonnières de la nappe. Les variations de températures d’eau dans les forages de réinjection fluctuent selon les besoins énergétiques. Les deltas de températures moyens sont de 6°C au droit de l’aile B et de 10 °C au droit de l’aile A sur laquelle des essais ont été effectués afin de diminuer au maximum l’impact thermique de l’installation et afin d’être conforme à la valeur seuil demandée de 30 °C.**

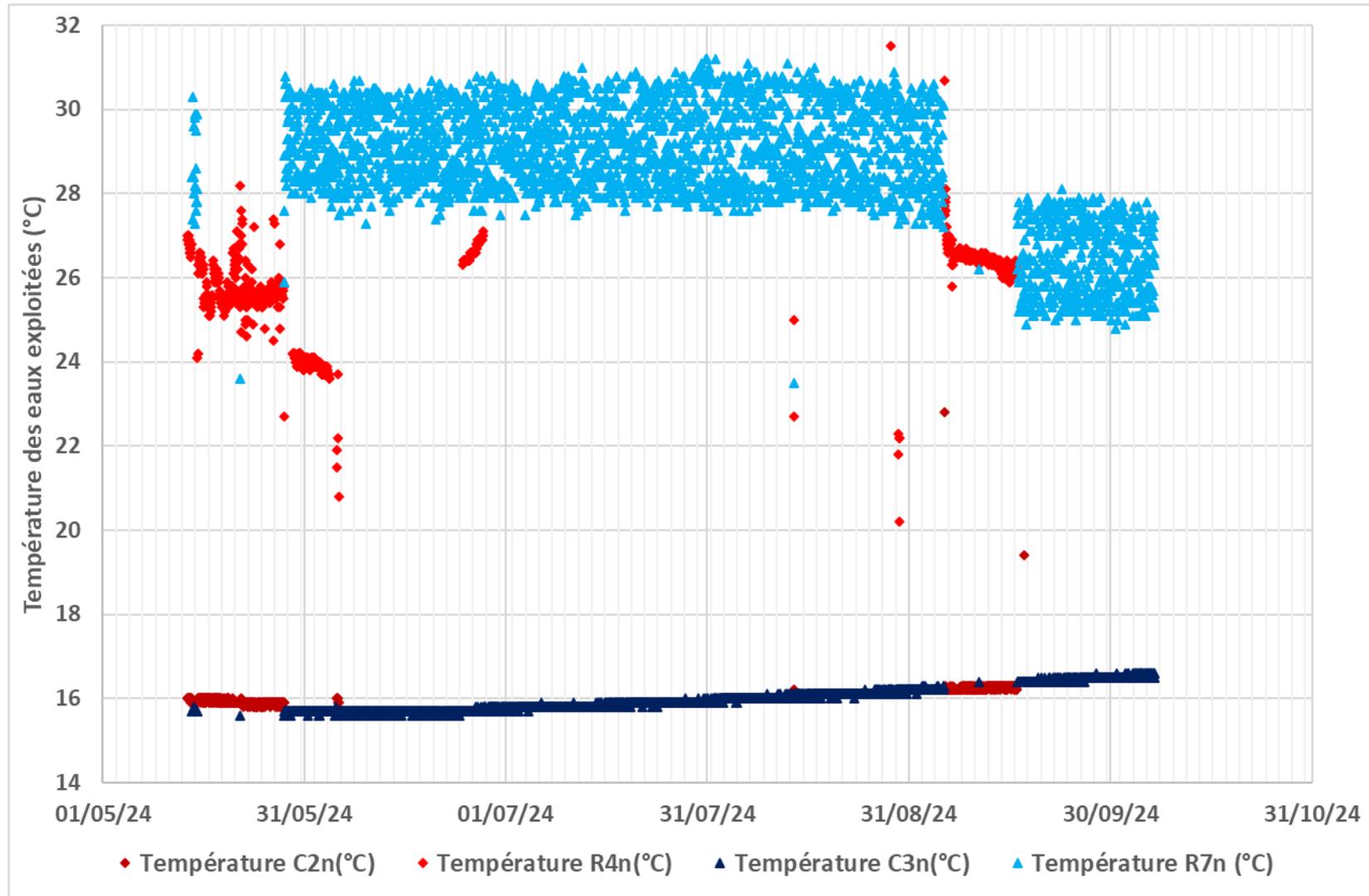


Figure 11 : Suivi des températures au droit de l'aile A

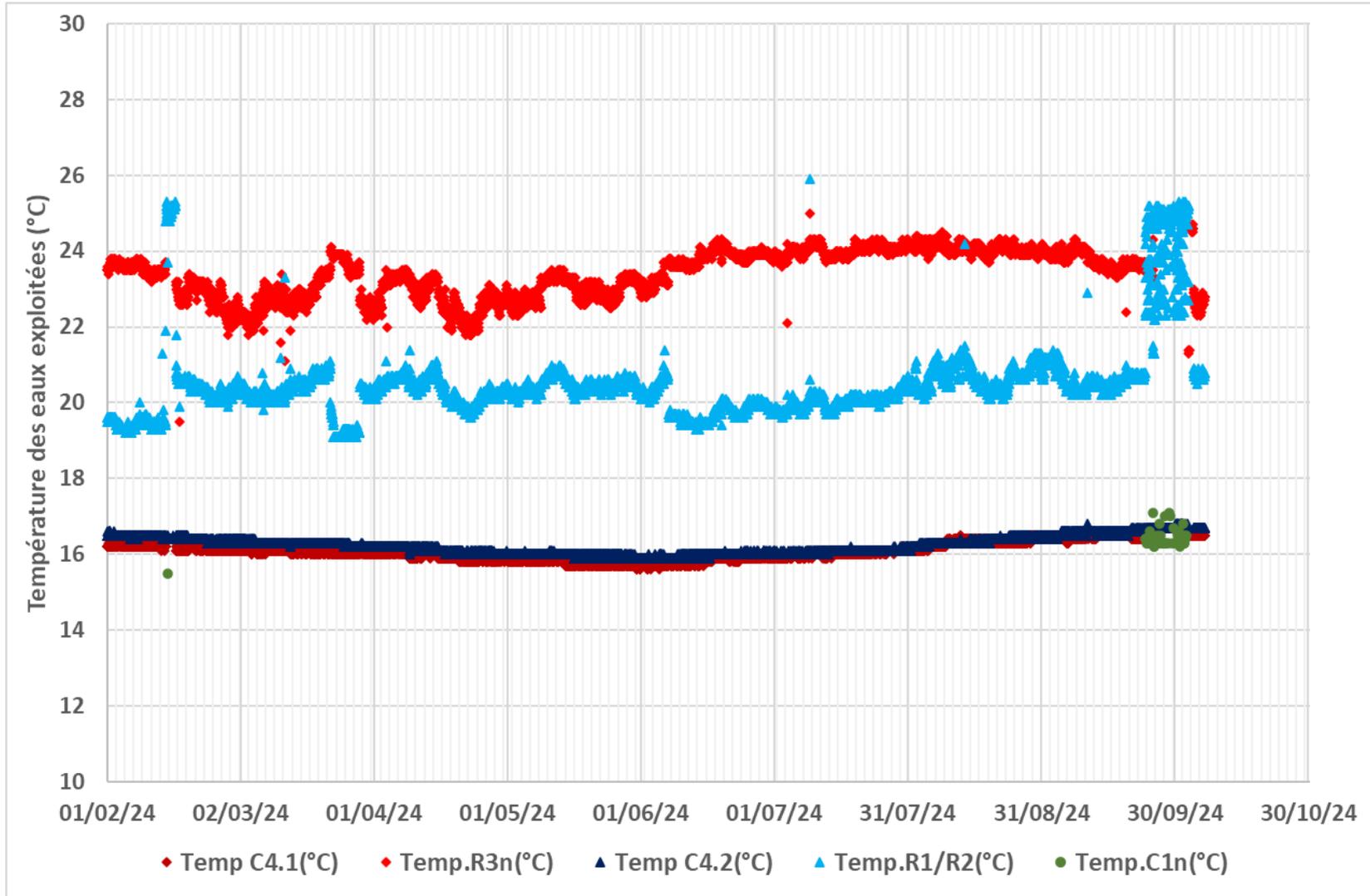


Figure 12 : Suivi des températures au droit de l’aile B

#### 2.3.2.4. Suivi de la conductivité en amont de l’échangeur

Les sondes de suivi de conductivité des eaux prélevées en nappe sont placées sur les canalisations en amont de l’échangeur dans le local technique. Il n’y a pas de sondes en aval de l’échangeur.

Les suivis des conductivités en amont de l’échangeur entre juillet 2023 et octobre 2024 pour l’aile B et entre mai et octobre 2024 pour l’aile A, sont présentés dans les figures suivantes. Le tableau ci-dessous résume les valeurs moyennes sur toute la période de mesure au droit de chaque aile.

Pour information, la sonde de conductivité de l’échangeur EC5 du forage C3N a mis en évidence des mesures anormales entre mai et septembre 2024 où elle a pu être réparée. Ces valeurs incohérentes ne sont donc pas présentées et conservées dans la présente analyse.

**Tableau 7 : Conductivités enregistrées sur les forages de captage**

	AILE A				
	C2N	C3N	R4N	R7N	R5 et R6
<b>Conductivité (μS/cm)</b>	710	730	-	730	-
	AILE B				
	C4.1	C4.2	C1N	R1/R2	R3N
<b>Conductivité (μS/cm)</b>	720	740	720	-	-

Ces données mettent en évidence les éléments suivants :

- Une conductivité globale et stable des eaux captées de l’ordre de 700 à 750 μS/cm.

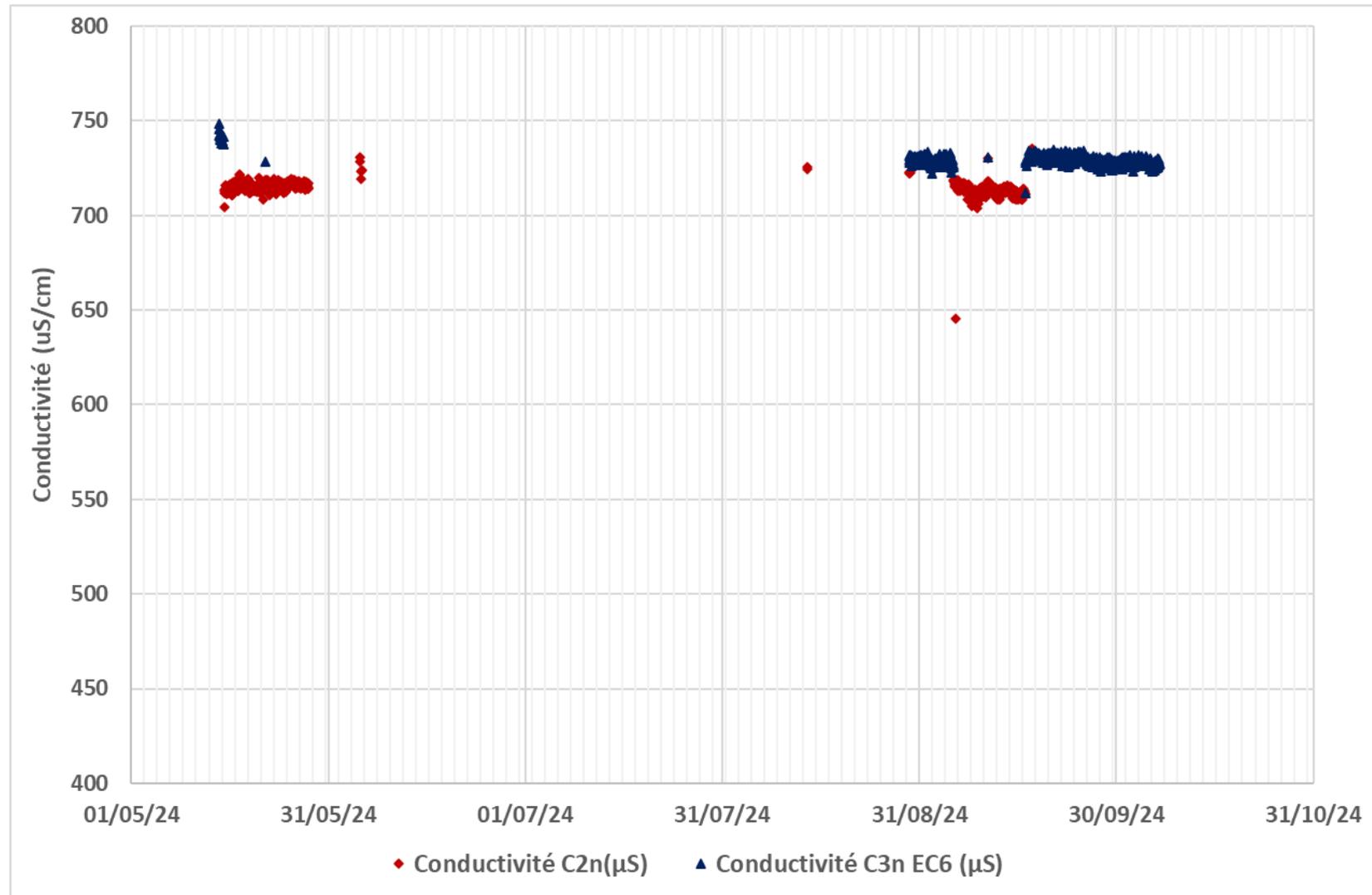


Figure 13 : Suivi de la conductivité au droit de l'aile A

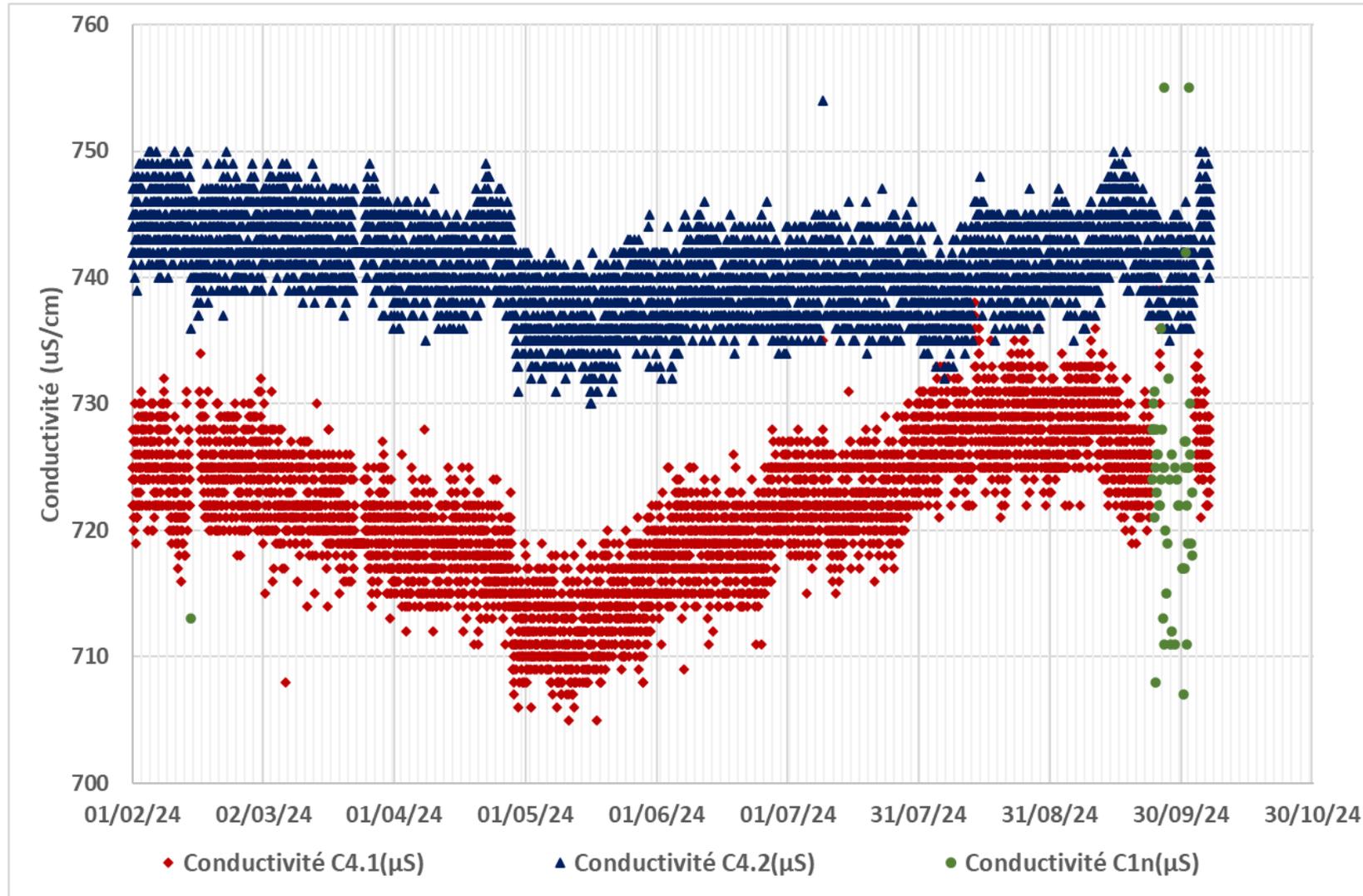


Figure 14 : Suivi de la conductivité au droit de l'aile B

**Les données d’exploitation actuelles de l’installation géothermique mettent évidence sa conformité par rapport à l’installation historique et aux valeurs seuils autorisées par l’arrêté préfectoral de 2005 et par rapport aux nouvelles valeurs demandées.**

**En effet, les débits d’exploitation et les deltas de températures moyens sont semblables à ceux mesurés entre 2010 et 2017. Le mode de fonctionnement de la nouvelle installation géothermique est bien identique à l’installation historique.**

**A ce jour, l’exploitation actuelle des forages n’influence pas les niveaux piézométriques et les températures de la nappe qui fluctuent selon les variations saisonnières classiques. Aucun recyclage hydraulique et thermique n’a été mis en évidence au droit du site sur 10 mois d’exploitation.**

## 2.4. Etat initial

### 2.4.1. Population, sites et paysages

Le site Lacassagne d'ORANGE se situe sur la commune de LYON (3<sup>ème</sup>). La ville de LYON compte 522 228 habitants au recensement de 2020, pour une densité moyenne de 10 909 hab/km<sup>2</sup>. Sa population est en croissance constante de l'ordre de 0,5 % au recensement de 2020 depuis 2014.

Le bâtiment est situé en zone urbanisée, classée en zone UE12 du PLU soit une zone d'activité économique tertiaire ou industrielle. Le site est localisé à 400 m au sud de la gare LYON PART DIEU, classée en zone USP du PLU (zone d'équipements d'intérêt collectif et services publics), qui regroupe divers réseaux de transport (ferroviaires, urbains, ...) engendrant des impacts environnementaux (bruit, qualité de l'air, ...). De plus, le site Lacassagne est principalement bordé à l'Est par des bâtiments classés en zone URm1 dans le PLU, soit des zones mixtes à dominante d'habitat collectif à intermédiaire.

### 2.4.2. Climatologie

Le climat de la région lyonnaise est de type semi-continentale, avec des influences à la fois continentales, océaniques et, dans une moindre mesure, méditerranéennes. Les précipitations sont plus importantes en période estivale qu'en période hivernale, ce qui est dû aux orages fréquents. Les températures paraissent généralement plus fraîches à cause de la brise.

Au droit de la station météo de Bron, sur les années 1991 à 2020 :

- La température moyenne annuelle est de 13,1°C ;
- L'amplitude thermique entre janvier (mois le plus froid, 1,1°C en moyenne) et juillet (mois le plus chaud, 28,2°C en moyenne) est de 27,1°C ;
- La température maximale absolue enregistrée à Lyon est de 41,4°C (août 2023) ;
- La température minimale est de -23°C (janvier 1963) ;
- L'ensoleillement annuel moyen est de 2049,5 heures, soit environ 85 jours par an.

### 2.4.3. Topographie

D'après la carte IGN de Lyon à l'échelle 1/25 000<sup>e</sup>, le projet, dont l'altitude moyenne est de l'ordre de 167 m NGF, est localisé dans la plaine alluviale du Rhône.

### 2.4.4. Contexte géologique

D'après la carte géologique de Lyon à l'échelle 1/50 000<sup>ème</sup> (n° 698), le projet se situe au droit des alluvions fluviales modernes du Rhône (Fy-z) à proximité des alluvions fluviales wurmiennes (Fx6G). Dans le secteur, le Rhône a érodé le recouvrement glaciaire initialement présent jusqu'au substratum molassique Miocène et a déposé des alluvions modernes formant la plaine alluviale du Rhône.

Les alluvions fluviales modernes caractérisées par des formations sablo-graveleuses à galets surmontent les formations molassiques du Miocène caractérisées par des sables fins, plus ou moins argileux. La base des alluvions se situe vers 15 m de profondeur et l'épaisseur des sables molassiques pourrait atteindre une cinquantaine de mètre.

La lithologie au droit du site a pu être appréciée à partir des différentes coupes géologiques de forages et sondages recensés auprès de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) gérée par le BRGM et surtout

à partir de l’analyse des coupes des forages réalisés entre 2017 et 2021 au droit du site. Ces ouvrages indiquent la présence d’alluvions du Rhône productives sous un recouvrement de remblais d’une épaisseur de 1 à 3 m environ. Les alluvions sont constituées par une alternance d’horizons sableux à graveleux (sables, graviers et galets) avec parfois un passage plus argileux comme au droit du forage C1N. Au-delà de 15 à 20 m de profondeur le substratum molassique constitué de sables fins avec des horizons argileux a été rencontré.

Ainsi, la succession lithologique reconnue au droit du site est la suivante :

- De 0 à 1/3 m de profondeur : Remblais (base vers +166 m NGF) ;
- De 1/3 m à 15/20 m de profondeur : Sables, graviers et galets caractéristiques des alluvions fluviales du Rhône (base vers +150 m NGF) ;
- A partir de 15/20 m de profondeur : Sables fins plus ou moins argileux caractéristiques des sables molassiques du Miocène,

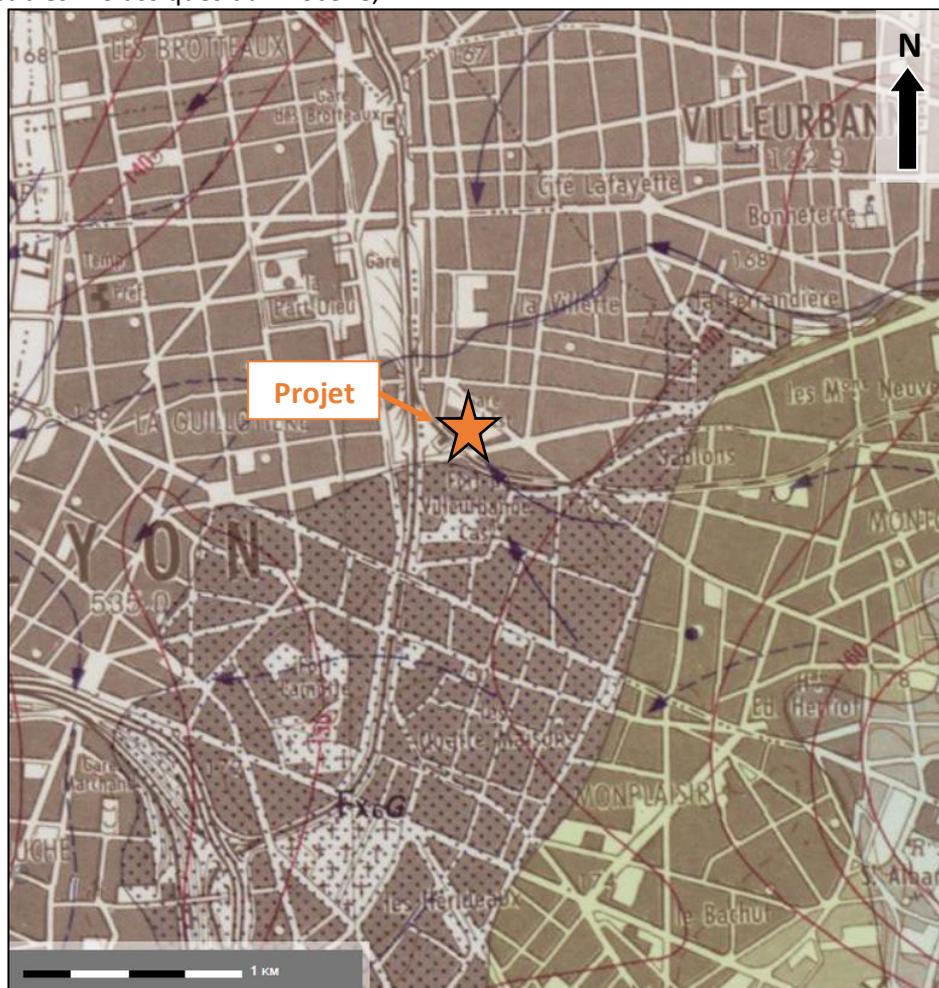


Figure 15 : Carte géologique de Lyon (n° 698) au 1/50 000e

### 2.4.5. Contexte hydrogéologique

Dans le secteur étudié, deux aquifères renferment des ressources en eaux souterraines significatives et susceptibles d’être exploitées. Il s’agit de la nappe superficielle des alluvions fluviales du Rhône, contenue dans des formations sablo-graveleuses perméables d’une puissance (alluvions mouillées) d’environ 15 à 20 m au droit du site, et de la nappe profonde de la molasse sous-jacente, contenue dans des formations sablo-grésifiées peu perméables pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres.

La nappe des alluvions et la nappe de la molasse bien qu’en communication sont deux aquifères distincts relativement indépendants l’un de l’autre. La seule relation hydraulique qui existe entre ces deux aquifères consiste généralement en une alimentation, par la nappe de la molasse, de la nappe des alluvions, par un phénomène de drainance (nappe de la molasse légèrement en charge sous la nappe des alluvions). Ces deux aquifères sont donc relativement bien individualisés avec des caractéristiques hydrodynamiques très différentes.

Dans le cadre de ce projet, les forages de géothermie captent la nappe superficielle des alluvions du Rhône. Les caractéristiques de cette nappe sont présentées ci-après.

#### 2.4.5.1. Alimentation de la nappe

L’alimentation de la nappe se fait latéralement depuis le Rhône à l’Ouest et au Nord, les canaux de Jonage et Miribel au Nord-Est, et les entrées d’eau du couloirs fluvio-glaciaires d’Heyrieux au Sud-Est. D’une manière générale, l’imperméabilisation de la ville limite l’alimentation de la nappe par les pluies.

Toutefois, localement des zones non imperméabilisées doivent permettre une certaine infiltration et des dispositifs de gestion d’eaux pluviales localisés sur les projets immobiliers les plus récents doivent également favoriser l’infiltration.

#### 2.4.5.2. Sens d’écoulement, piézométrie

D’après la carte piézométrique de la nappe alluviale réalisée par le BRGM en 2004 (Figure 16), la nappe s’écoulerait localement de l’Est vers l’Ouest avec un gradient faible d’environ 1% et d’une manière plus générale du Nord-Est vers le Sud-Ouest.

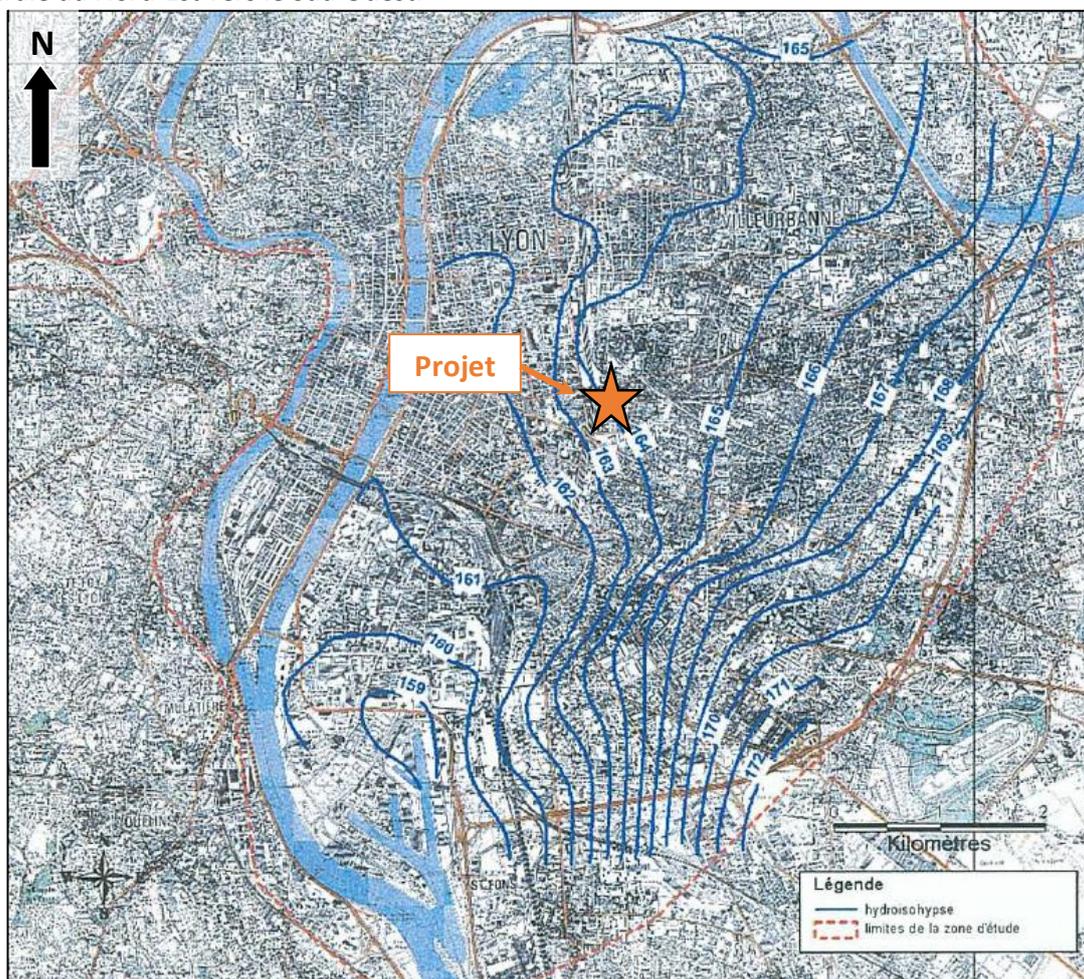
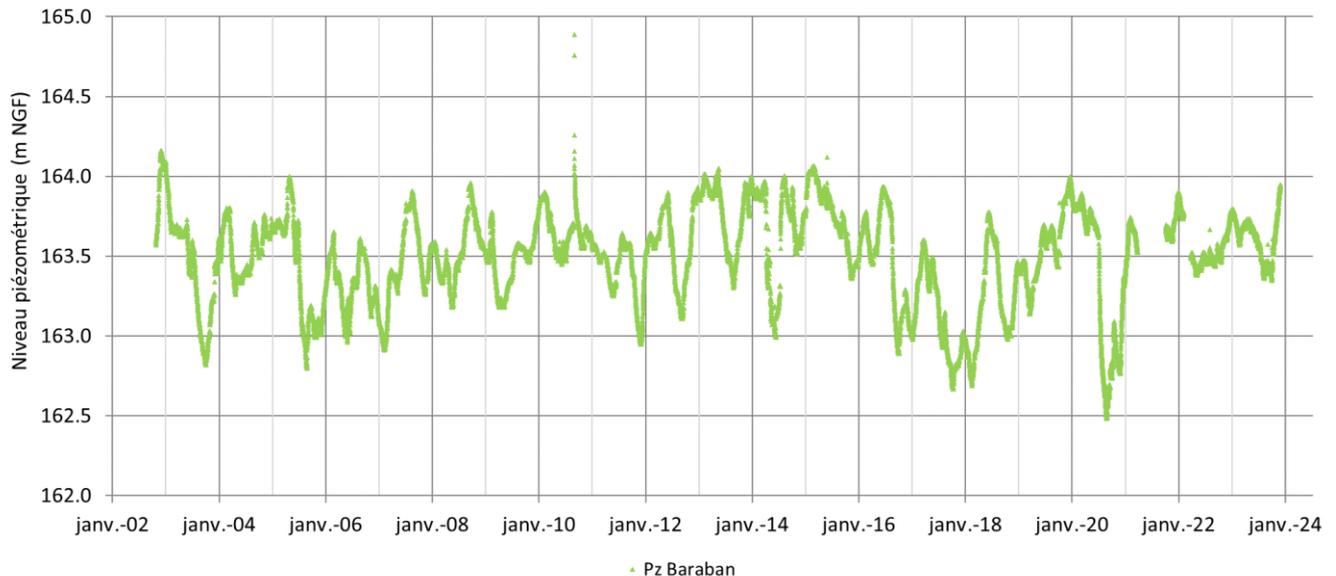


Figure 16 : Carte piézométrique de la nappe alluviale du Rhône (BRGM – 2004)

D’après les données d’exploitation de l’installation du site (Figure 4), le niveau de la nappe se situe entre 3 et 6 m de profondeur soit à des cotes altimétriques de +163,5 m NGF environ. En considérant la base des alluvions vers +150 m NGF, la hauteur d’alluvions mouillées serait de l’ordre de 13 m.

Dans le secteur d’étude, le suivi piézométrique le plus proche se situe à l’intersection des rues Baraban et Charial soit à environ 500 m au nord du projet. Ce suivi continu de 2002 à 2023 (Figure 17) met en évidence un niveau moyen de la nappe vers +163,5 m NGF et des fluctuations annuelles de l’ordre du mètre ou inférieure.



**Figure 17 : Chronique piézométrique du piézomètre situé rue Baraban 2002 – 2023**

Dans le cadre de la définition des niveaux de protection des bâtiments mitoyens, les niveaux d’eau retenus étaient les suivants :

- Niveau cinquantennal (EE/50) : +165,1 m NGF ;
- Niveau décennale (EE/10) : +164,6 m NGF ;
- Niveau fréquent (EF) : +163,8 m NGF ;
- Niveau quasi-permanent (EB) : +163,2 m NGF ;
- Niveau fréquent bas (EFb) : +162,6 m NGF.

### 2.4.5.3. Caractéristiques hydrodynamiques de la nappe

D’après les données disponibles auprès de la banque de données du sous-sol gérée par le BRGM ainsi que des pompages d’essais réalisés dans la nappe des alluvions du Rhône sur le secteur lyonnais, les perméabilités concernant la formation alluvionnaire sont comprises entre  $8,10^{-3}$  et  $5,10^{-2}$  m/s selon leur nature plus ou moins argileuse.

Les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe des alluvions au droit du site ont pu être appréciées à l’aide des récents pompages d’essais menés au droit des nouveaux forages du site. Ces essais ont mis en évidence une transmissivité moyenne des alluvions de l’ordre de  $0,5$  m<sup>2</sup>/s. En considérant une épaisseur d’alluvions mouillées moyenne de la dizaine de mètres au droit du site, la perméabilité des alluvions serait alors de  $5,10^{-2}$  m/s.

A proximité immédiate du projet, des pompages d’essais ont également été menés au droit des forages de rejet de la centrale de production de Mouton-Duvernet – DALKIA. Les résultats sont globalement similaires à ceux du site Lacassagne.

Le coefficient d’emménagement (non mesuré) pourrait être de  $10^{-1}$ , valeur correspondant à une nappe libre contenue dans des alluvions.

#### 2.4.5.4. Qualité des eaux souterraines

Un prélèvement d’eau a été réalisé le 21 octobre 2020 au droit du forage C3N, à la fin du pompage de développement. Les résultats sont présentés ci-après.

- Analyses in situ

Paramètres	Unité	Mesure
pH	-	7,51
Température	°C	13,3
Conductivité	μS/cm	750

Tableau 8, Mesures physico-chimiques in situ au droit du forage C3N

- Analyses en laboratoire (**Annexe 3** : )

Les analyses des différents sels mettent en évidence une bonne connaissance de la composition de l’eau. En effet la balance anions/cations est très bonne à une précision de l’ordre de 2 %.

Le pH de l’eau (pH d’équilibre ou pH de saturation) est de 7,6 à une température de 19,8°C. Cette valeur permet d’estimer les différents indices définissant la caractéristique physico-chimique de l’eau. Ces indices ont été calculés ci-après aux températures de 9,8 ; 14,8 ; 19,8 ; 24,8 et 29,8°C pour définir leur évolution :

Température (°C)	9,8	14,8	19,8	24,8	29,8
pH de saturation (pHs)	7,1	7,0	6,9	6,9	6,8
Indice de Langelier	0,51	0,59	0,68	0,76	0,84
Indice de Ryznar	6,6	6,4	6,3	6,1	5,9

Tableau 9, Caractéristiques physico-chimiques de l’eau en fonction de la température au droit du forage C3N

Note : L’indice de Langelier informe sur l’aspect entartrant ou agressif de l’eau par rapport au carbonate de calcium, L’indice de Ryznar informe sur l’aspect entartrant ou corrosif de l’eau par rapport à l’acier,

Ces paramètres permettent de conclure que l’eau a un caractère :

- De tendance à dépôt quel que soit la température (Indice de Langelier) ;
- Légèrement agressive à faible et moyenne température et à l’équilibre avec l’augmentation de la température (Indice de Ryznar).

Le prélèvement effectué n’a pas mis en évidence la présence de fer et de manganèse sous les formes dissoutes. Cependant le prélèvement effectué a mis en évidence la présence de fer et de manganèse sous les formes totales.

Ces concentrations apparaissent comme inférieures à celles mesurées sur des installations géothermiques présentant des problèmes liés à ces paramètres. Les valeurs mesurées n’apparaissent donc pas en l’état comme problématique, il convient toutefois dans le cadre d’une exploitation future de porter une vigilance sur l’évolution de ces paramètres.

Au niveau bactériologique, l’eau présente un très large spectre de bactérie à tendance aérobie (bactéries revivifiables à 22 et 36 °C), tandis qu’il y a une absence de bactéries ferrugineuses.

De plus, il y a la présence de certains métaux et de solvants organohalogénés en faibles concentrations.

La qualité des eaux analysées ne présente pas d'élément défavorable pour l'exploitation d'une installation de géothermie sur nappe.

#### 2.4.5.5. Température des eaux souterraines

D'après les données du piézomètre Baraban de novembre 2022 à décembre 2023 (Figure 18), la température de la nappe comprise entre 15,5 et 16,7 °C, avec une augmentation continue depuis juillet 2023. La température de la nappe était basse entre avril et août 2022.

La température de la nappe présente donc une variation annuelle de l'ordre de 1 à 1,5 °C.

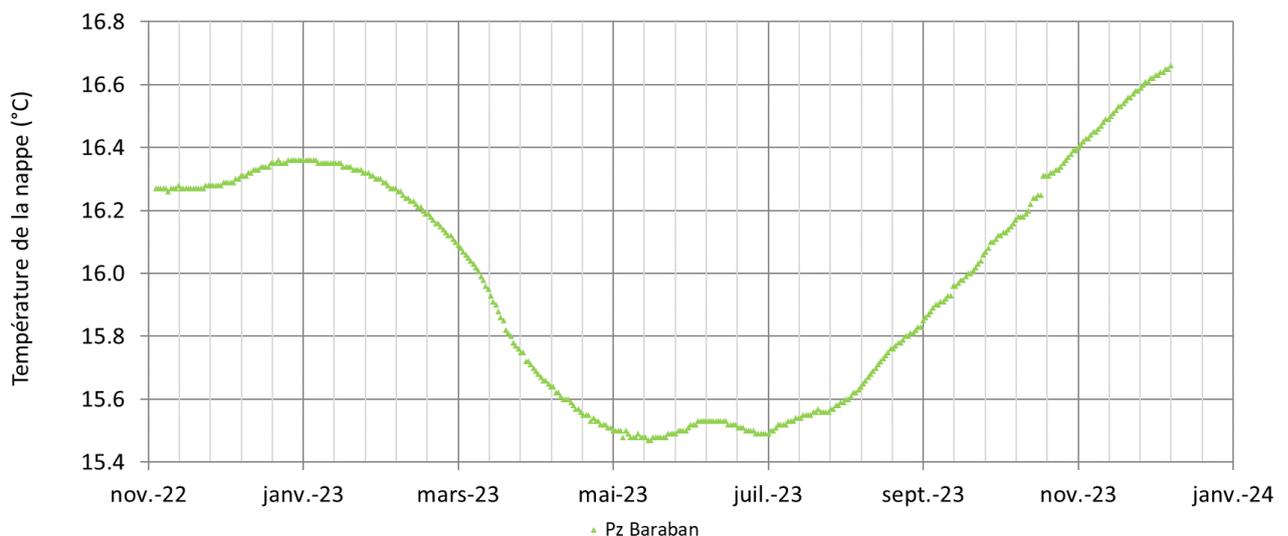


Figure 18 : Evolution de la température de la nappe au droit du piézomètre Baraban (novembre 2022 – décembre 2023)

#### 2.4.5.6. Identification de la masse d'eau concernée

La masse d'eau à l'affleurement concernée par le projet est celle des « Alluvions du Rhône agglomération lyonnaise et extension sud » répertoriée sous le code FRDG384 (la BD Lisa établit le code 712AG06 pour cette même masse d'eau mentionnée « Alluvions en rive gauche du Rhône entre la confluence des canaux de Miribel-Jonage et Solaize »).

L'état de cette masse d'eau a été mis à jour en 2021. Celle-ci présente un bon état quantitatif mais un état chimique médiocre, détérioré par la présence de chlorure de vinyle, des tétrachloroéthylène et trichloroéthylène, du tetrachloréthylène et du trichloréthylène.

La pression à traiter sur cette masse d'eau est une pollution par des substances toxiques. Il s'agit ainsi de mettre en place des mesures visant à réduire les pollutions des « sites et sols pollués » (essentiellement liées aux sites industriels).

#### 2.4.5.7. Exploitation de la nappe

Le recensement d'ouvrages exploitant la nappe a été réalisé dans un rayon minimum d'un kilomètre autour du projet. Ce recensement a été effectué à partir des archives Antea Group, complétées par les installations recensées sur la Banque Nationale des Prélèvements quantitatifs en Eau (BNPE) et sur la BSS du BRGM.

Malgré la consultation des propriétaires et exploitants de ces installations, il est difficile d'obtenir des données précises et récentes sur les conditions d'exploitation de leurs installations (débits moyens mensuels, écarts de température entre les eaux pompées et rejetées, conditions d'exploitation, ...).

L’ensemble des forages considérés dans la zone d’étude, et exploitant les nappes en prélèvement ou réinjection, sont présentés sur la Figure 19 et la Figure 20 ci-après et décrits dans le Tableau 10. Ces forages sont utilisés pour des besoins géothermiques, industriels, en hydrogéotechnique ou pour de l’arrosage. L’ensemble des forages de prélèvement exploite la nappe des alluvions mis à part le puits de captage des Archives départementales situé à l’ouest du site Lacassagne, qui exploite la nappe de la molasse.

Il faut noter ici que l’inventaire réalisé ne peut être considéré comme exhaustif.

Par ailleurs, il n’existe pas de connexion hydraulique entre le projet et un autre gîte géothermique.

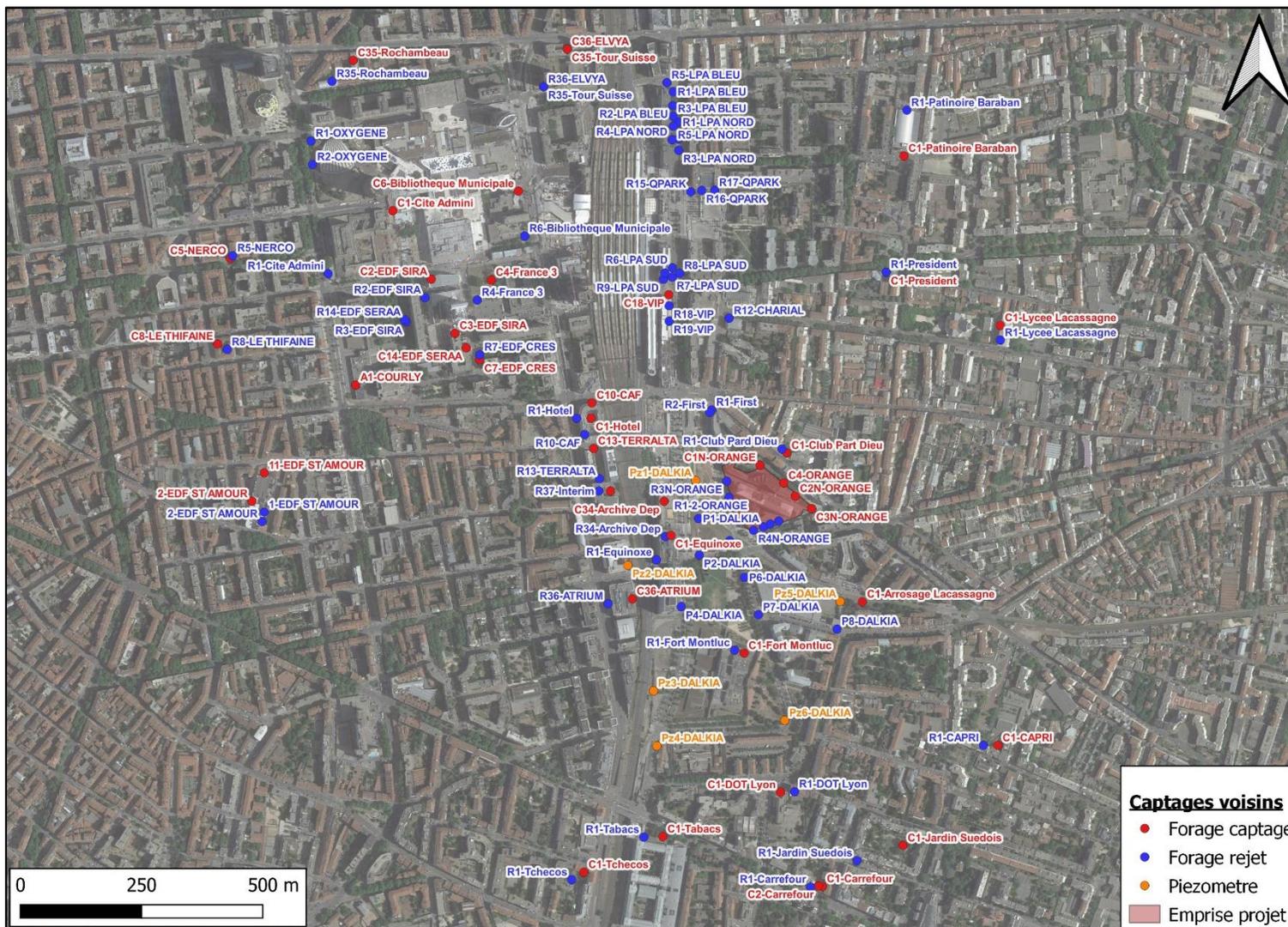


Figure 19: Localisation des installations voisines dans le secteur du projet

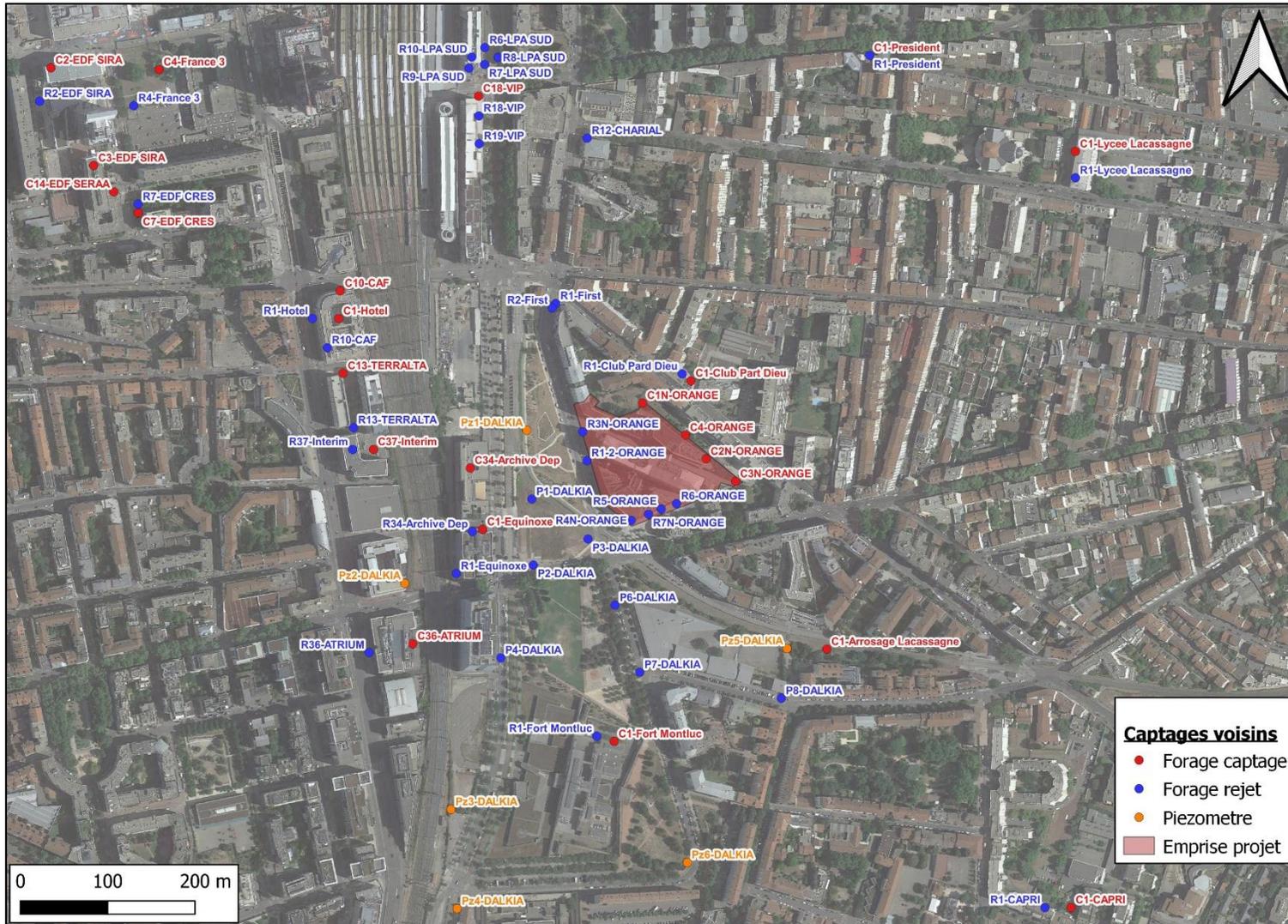


Figure 20 : Localisation des installations voisines à proximité du projet

Tableau 10 : Ouvrages voisins et débits moyens permanents estimés

Site	Usage	Nature	X_L2	Y_2	Débit moyen considéré	Débit de pointe
CITE ADMINISTRATIVE D'ETAT	Géothermie	Forage captage	795845.57	2087615.13	-125	-360
CITE ADMINISTRATIVE D'ETAT	Géothermie	Forage rejet	795712	2087486	125	360
EDF SIRA	Géothermie	Forage captage	795925	2087475	-62	
EDF SIRA	Géothermie	Forage rejet	795912	2087437	62	
EDF SIRA	Géothermie	Forage captage	795974	2087364	0	
EDF SIRA	Géothermie	Forage rejet	795873	2087387	0	
France 3	Géothermie	Forage captage	796049	2087473	-18	
France 3	Géothermie	Forage rejet	796020	2087432	18	
NERCO	Géothermie	Forage captage	795510.05	2087517.69	0	
NERCO	Géothermie	Forage rejet	795514.98	2087522.73	0	
Bibliothèque Municipale	Géothermie	Forage captage	796105	2087655	-10	
Bibliothèque Municipale	Géothermie	Forage rejet	796118	2087563	10	
COURLY	Arrosage	Forage captage	795769	2087258	-3	
EDF CRES	Géothermie	Forage captage	796025	2087310	-21	
EDF CRES	Géothermie	Forage rejet	796025	2087320	21	
LE THIFAINÉ	Géothermie	Forage captage	795484	2087342	-17	
LE THIFAINÉ	Géothermie	Forage rejet	795504	2087331	17	
EDF ST AMOUR	Géothermie	Forage captage	795580.27	2087078	-34	
EDF ST AMOUR	Géothermie	Forage captage	795555	2087020	-34	
EDF ST AMOUR	Géothermie	Forage rejet	795580	2086998	34	
EDF ST AMOUR	Géothermie	Forage rejet	795575.62	2086978.43	34	
OXYGENE	Exhaure parking	Forage rejet	795676.7	2087757.91	100	
OXYGENE	Exhaure parking	Forage rejet	795679.71	2087709.81	100	
CAF	Géothermie	Forage captage	796256.69	2087221.36	-73	
CAF	Géothermie	Forage rejet	796242.1	2087156.64	73	
CHARIAL	Géothermie	Forage rejet	796540	2087395	0	
TERRALTA	Géothermie	Forage captage	796260.15	2087127.69	-50	
TERRALTA	Géothermie	Forage rejet	796272.17	2087065.75	50	
EDF SERAA	Géothermie	Forage captage	795997	2087334	-21	
EDF SERAA	Géothermie	Forage rejet	795870	2087392	21	
VIP	Géothermie	Forage rejet	796415.87	2087420.41	50	
VIP	Géothermie	Forage captage	796415.36	2087442.88	-100	
VIP	Géothermie	Forage rejet	796416.18	2087388.76	50	
Archive Dep	Géothermie	Forage captage	796405.9	2087019.9	-30	
Archive Dep	Géothermie	Forage rejet	796408.4	2086947.7	30	
Tour Suisse	Géothermie	Forage captage	796206	2087946	0	
Tour Suisse	Géothermie	Forage rejet	796157	2087869	0	
ATRIUM	Géothermie	Forage captage	796340	2086820	-121	
ATRIUM	Géothermie	Forage rejet	796290	2086810	121	
QPARK	Exhaure parking	Forage rejet	796460.53	2087653.85	67	
QPARK	Exhaure parking	Forage rejet	796483.34	2087656.59	67	

QPARK	Exhaure parking	Forage rejet	796509.98	2087656.84	67	
Rochambeau	Géothermie	Forage captage	795764	2087923	-16	
Rochambeau	Géothermie	Forage rejet	795720	2087880	16	
ELVYA	Géothermie	Forage captage	796206	2087946	-21	
ELVYA	Géothermie	Forage rejet	796157	2087869	21	
Interim	Géothermie	Forage captage	796295	2087041	-60	
Interim	Géothermie	Forage rejet	796271	2087041	60	
First	Géothermie	Forage rejet	796504	2087207	30	
First	Géothermie	Forage rejet	796500	2087202	30	
Equinoxe	Géothermie	Forage captage	796420	2086950	-60	
Equinoxe	Géothermie	Forage rejet	796390	2086900	60	
Jardins_suedois	Géothermie	Forage captage	796899	2086315	-30	
Jardins_suedois	Géothermie	Forage rejet	796804	2086284	30	
Club_Part_Dieu	Géothermie	Forage captage	796659	2087119	-30	
Club_Part_Dieu	Géothermie	Forage rejet	796649	2087127	30	
Fort_Montluc	Géothermie	Forage captage	796571	2086709	-70	
Fort_Montluc	Géothermie	Forage rejet	796551	2086715	70	
Manufacture_Tabacs	Géothermie	Forage captage	796403	2086333	-65	
Manufacture_Tabacs	Géothermie	Forage rejet	796364	2086332	65	
Puits_DOT_de_Lyon	Arrosage	Forage captage	796646	2086424	-22	
Puits_DOT_de_Lyon	Arrosage	Forage rejet	796675	2086425	22	
Arrosage_Lacassagne	Arrosage	Forage captage	796815	2086814	-20	
SNC CAPRI	Géothermie	Forage captage	797095	2086520	-75	
SNC CAPRI	Géothermie	Forage rejet	797065	2086520	75	
Hôtel	Géothermie	Forage captage	796255	2087190	-60	
Hôtel	Géothermie	Forage rejet	796225	2087190	60	
Patinoire Baraban	Géothermie	Forage captage	796901	2087727	-41	-80
Patinoire Baraban	Géothermie	Forage rejet	796907	2087821	41	80
Immeuble le Président	Géothermie	Forage captage	796864	2087489	-21	-80
Immeuble le Président	Géothermie	Forage rejet	796864	2087489	21	80
Lycée Lacassagne	Géothermie	Forage captage	797100	2087380	-60	-70
Lycée Lacassagne	Géothermie	Forage rejet	797100	2087350	60	70
Bd Tchecos	Géothermie	Forage captage	796240	2086260	-48	
Bd Tchecos	Géothermie	Forage rejet	796215	2086245	48	
Carrefour	Géothermie	Forage captage	796732	2086231	-6	
Carrefour	Géothermie	Forage captage	796724	2086232	-6	
Carrefour	Géothermie	Forage rejet	796708	2086230	12	
DALKIA	Géothermie	Forage rejet	796476.62	2086984.58	60	164
DALKIA	Géothermie	Forage rejet	796478.28	2086909.58	46	124
DALKIA	Géothermie	Forage rejet	796541.03	2086939.13	80	216
DALKIA	Géothermie	Forage rejet	796600.37	2086787.63	51	138
DALKIA	Géothermie	Forage rejet	796762.65	2086758.04	0	0
DALKIA	Géothermie	Forage rejet	796441	2086804	63	170
DALKIA	Géothermie	Forage rejet	796572	2086864	51	138

LPA Lyon Part Dieu	Exhaure parking	Forage rejet	796422.7	2087498.1	54	86
LPA Lyon Part Dieu	Exhaure parking	Forage rejet	796422.4	2087478.9	54	86
LPA Lyon Part Dieu	Exhaure parking	Forage rejet	796438	2087486.8	34	54
LPA Lyon Part Dieu	Exhaure parking	Forage rejet	796404.3	2087474.6	34	54
LPA Lyon Part Dieu	Exhaure parking	Forage rejet	796407.6	2087487.3	34	54
LPA Lyon Part Dieu	Exhaure parking	Forage rejet	796434.7	2087796.4	26	42
LPA Lyon Part Dieu	Exhaure parking	Forage rejet	796434.9	2087762	26	42
LPA Lyon Part Dieu	Exhaure parking	Forage rejet	796435.8	2087738.6	26	42
LPA Lyon Part Dieu	Exhaure parking	Forage rejet	796422.2	2087760.4	38	60
LPA Lyon Part Dieu	Exhaure parking	Forage rejet	796424.5	2087787.8	38	60
LPA Lyon Part Dieu	Exhaure parking	Forage rejet	796424.6	2087858.6	41	64
LPA Lyon Part Dieu	Exhaure parking	Forage rejet	796423.5	2087830.2	41	64
LPA Lyon Part Dieu	Exhaure parking	Forage rejet	796424.5	2087808.6	41	64
LPA Lyon Part Dieu	Exhaure parking	Forage rejet	796411.5	2087877.4	113	180

*Nota Bene : Les débits négatifs correspondent à des prélèvements d’eau et les débits positifs à de la réinjection d’eau dans la nappe*

#### 2.4.6. Historique du secteur : sensibilité environnementale

Le site se trouve au niveau d’une ancienne zone industrielle comprenant plusieurs anciens sites Basias et quelques sites Basol à proximité (plus proche à 350 m au Sud).

Au droit de la parcelle du projet, deux sites Basias sont recensées : un ancien correspondant à une usine de construction mécanique (RHA6906785) et l’actuel correspondant au site informatique d’Orange Lacassagne (RHA6903173). Le site a toujours été exploité depuis les années 1910.

Des études de sol ont été réalisées en 2015 au droit du site ORANGE afin d’effectuer un diagnostic de pollution des sols et des eaux souterraines. Cette caractérisation a été effectuée sur la base de deux campagnes d’investigations (initiale et complémentaire) à l’aide de sondages à la tarière mécanique et d’échantillonnage des eaux souterraines dans les forages géothermiques historiques.

Les résultats d’analyses des échantillons de sols prélevés ont mis en évidence :

- Trois échantillons de sols présentant des résultats d’analyses supérieurs aux critères d’acceptation en ISDI, définis dans l’arrêté du 12/12/2014, (paramètre déclassant : arsenic ou antimoine sur éluat). Il s’agit d’échantillons de sols prélevés dans l’horizon de remblais ;
- La quantification de composés volatils sur 13 des 15 échantillons de sols prélevés sur cette zone (mercure, BTEX, HCT, HAP, COHV et/ou PCB) ;
- La quantification de métaux lourds sur 6 des 12 échantillons de sols prélevés sur cette zone à des concentrations comprises dans la gamme des fortes anomalies des statistiques de l’INRA (arsenic, cuivre, plomb et/ou zinc), voire supérieures à cette gamme de valeurs (cuivre).

La caractérisation des eaux souterraines a été réalisée par l’échantillonnage des eaux souterraines au droit de 5 des 6 puits de captage présents sur le site ORANGE. Les résultats d’analyses ont mis en évidence la présence de composés métalliques (As, Cd, Cr, Cu et Zn) et de composés organiques volatils (COHV et HCT C<sup>25</sup>-C<sup>10</sup>) à des concentrations inférieures aux limites de qualité des eaux brutes (annexe II de l’arrêté du 11 janvier 2007).

Compte tenu des résultats d’analyses des investigations sols et eaux souterraines réalisées, une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires a été menée pour la zone « Campus ORANGE ». Cette EQRS portait sur les deux nouveaux bâtiments (Nord et Sud) de la zone « Campus ORANGE ». Elle a permis de conclure que, les niveaux de risques sont inférieurs aux seuils recommandés dans la méthodologie de gestion des sites potentiellement pollués. L’état environnemental du site était donc compatible avec l’usage envisagé dans cette partie du site.

#### 2.4.7. Gestion des eaux pluviales

Les eaux pluviales du site sont collectées et gérées à la parcelle à l’aide de deux bassins de rétention infiltration situés dans la zone Nord-Est du site. L’évacuation du trop-plein des bassins rejoint le réseau d’eaux pluviales du concessionnaire.

Le ruissellement au droit du site est limité par l’usage de revêtement semi-perméable : toitures végétalisées, pavés enherbés et dallage en pierre, béton désactivé en pleine terre ou sur dalle.

## 2.4.8. Réseaux d’assainissement

Compte tenu de l’environnement urbain dans lequel se situe le site et de la localisation des forages à proximité des bâtiments, il n’est pas possible d’assurer, conformément aux prescriptions de l’article 4 de l’arrêté du 11 septembre 2003, le respect d’une distance minimale de 35 m fixée pour les forages par rapport aux réseaux d’assainissement.

Au vu de cette situation, et afin de garantir un niveau de protection des eaux souterraines équivalent à celui prévu par l’arrêté, des mesures compensatoires permettent d’assurer au droit du site la préservation de la qualité des eaux souterraines. Ces mesures sont présentées dans les paragraphes suivants et aussi présentés en **Annexe 4** :

### 2.4.8.1. Aménagement de têtes de protection étanches des ouvrages

Les forages présentent à ce jour un tampon de fonte de tête de regard ou une plaque métallique de protection du regard (forage C4). La majorité de ces tampons sont étanches et verrouillables. Des travaux d’aménagement sont prévus pour rendre conforme les ouvertures de cave des forages non équipés (C4, C2N et C3N), avec notamment la mise en place de joint étanche et d’un système de verrouillage (boulon ou cadenas).

A ce jour, un filet de sécurité a été installé sur la partie supérieure des tubages pour augmenter l’indice de sécurité (Figure 21). Compte tenu des contraintes d’accès dans les regards des forages, des équipements en place dans les forages (plusieurs conduites dans un forage) et des contraintes de continuité de service du site (impossibilité d’arrêt de l’installation pour aménagement des forages), une sécurisation totale des têtes de forage par pose d’un dispositif de bride/contre-bride est impossible à mettre en œuvre (avis technique de la société DIR EAU). La DREAL a pu constater la problématique de protection des têtes de puits lors de sa visite de site du 03/10/2024.

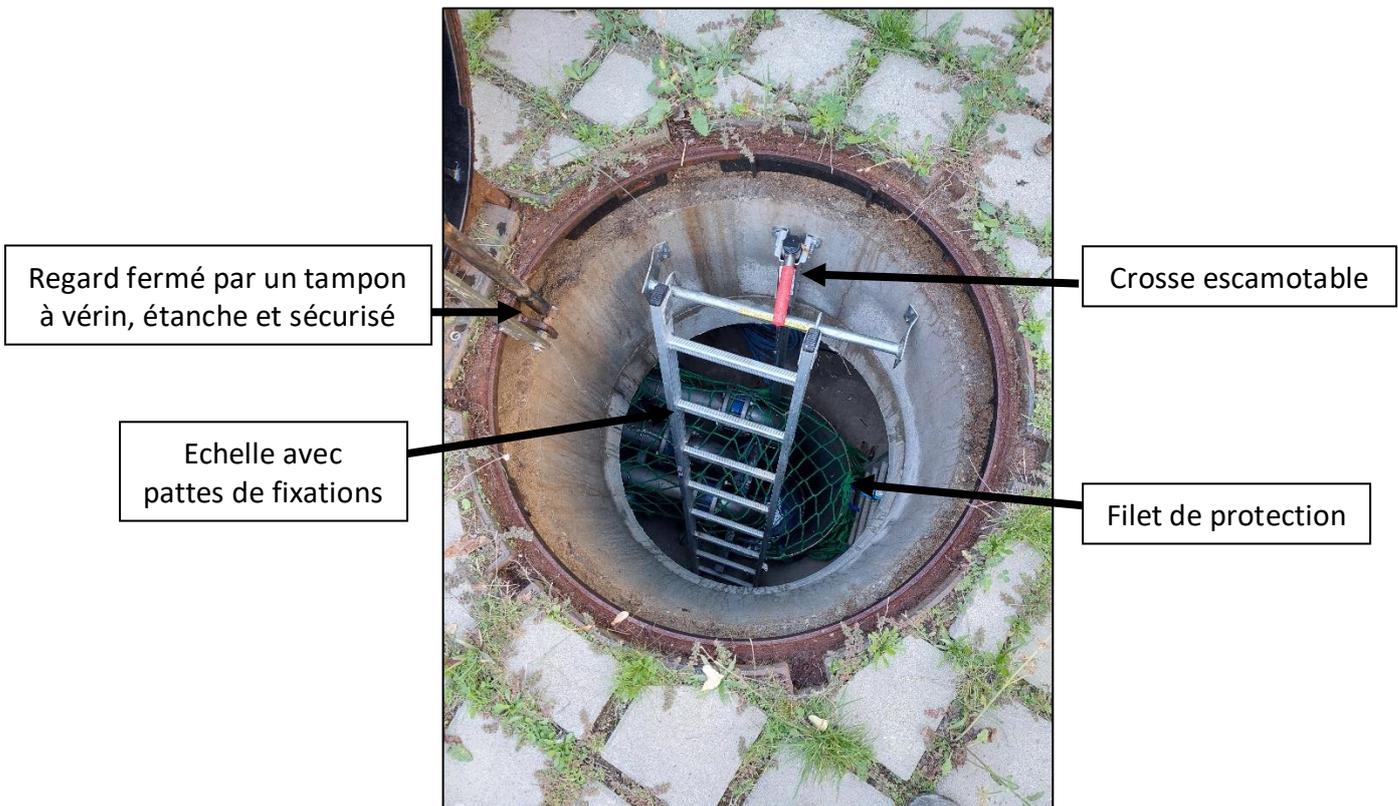


Figure 21 : Photographie de l’accès au forage C1N

#### 2.4.8.2. Cimentation annulaire des ouvrages entre l’équipement et les terrains

Afin d’assurer l’étanchéité des forages de prélèvement et de réinjection vis-à-vis d’éventuelles contaminations qui pourraient provenir des réseaux d’assainissement, les tubages des forages sont scellés dans la dalle cimentée de leur cave enterrée et une cimentation annulaire de 2 m minimum a été effectuée. Cette cimentation repose sur un bouchon de 50 cm minimum d’argiles gonflantes assurant également une étanchéité.

Par ailleurs, un puisard recoupant le radier béton de la cave enterrée a été effectué d’infiltrer les potentielles eaux superficielles qui se déverseraient dans la cave enterrée.

Ces mesures compensatoires doivent permettre d’éviter la contamination des eaux souterraines par des eaux potentiellement contaminées qui pourraient provenir d’éventuelles fuites des réseaux d’assainissement et d’éventuelles pollutions de surface.

**Compte tenu du contexte urbain du site une demande de dérogation est nécessaire et est donc sollicitée au regard du non-respect de la distance de 35 m fixée pour les forages de prélèvement et de réinjection par rapport aux réseaux d’assainissement.**

#### 2.4.9. Milieu naturel

Le projet est implanté en contexte urbain. Le site est existant et les surfaces sont imperméabilisées ou semi-perméables. Il est bordé au Sud par la rue Kimmerling, à l’Est par l’avenue Lacassagne, à l’Ouest par la rue Maurice Flandin et au Nord par des bâtiments de logement collectifs.

Le site n’est implanté dans aucun espace protégé (zone Natura 2000, ZNIEFF de type I et II, zone humide d’importance internationale, ...).

La zone naturelle la plus proche du site est la *ZNIEFF de type II n°6913 « Ensemble formé par le fleuve Rhône, ses îles et ses brotteaux à l’amont de Lyon »*, située à 2 km à l’ouest du projet.

D’autres espaces protégés sont présents à une distance plus éloignée du site :

- *Arrêté de protection de biotope FR3800687 « Iles de Crépieux Charmy »* à 4 km au nord-est ;
- *ZNIEFF de type I 820031395 « Prairie de la Feyssine »* à 3,8 km au nord-est du site ;
- *ZNIEFF DE TYPE I 820031397 « Bassin de Miribel-Jonage »* à 4 km au nord-est ;
- *Site NATURA 2000 Directives Habitats FR8201785 « Pelouses, milieux alluviaux et aquatiques de l’île de Miribel-Jonage »* à 4 km au nord-est.

La carte placée en Figure 22 permet de localiser les zones naturelles les plus proches du projet,

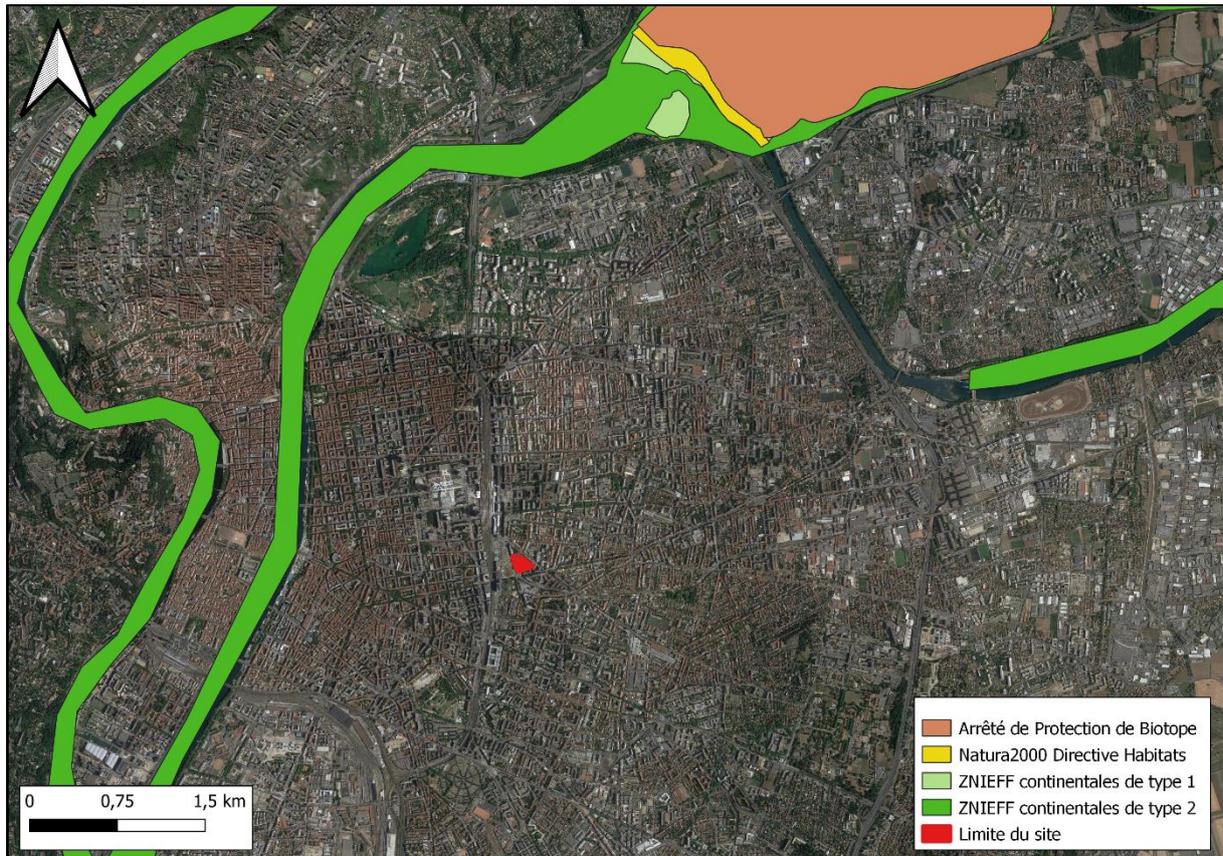


Figure 22 : Localisation des zones Natura 2000

#### 2.4.10. Archéologie

Le site d’archéologie de la ville de LYON recense 3 sites archéologiques à environ 3 km au sud-ouest du site :

- 23 rue Marc Bloch périodes Antiquité, Médiéval, Moderne, Contemporaine ;
- Le château de la Motte périodes Antiquité, Moyen-âge, Epoque Moderne ;
- Parc Blandan périodes Moyen-âge, Epoque Moderne.

Ces sites archéologiques ont été découverts lors de fouille préventive. Aucun autre site archéologique n’est connu au droit du site d’étude.

#### 2.4.11. Qualité de l’air

La situation géographique de l’agglomération lyonnaise contribue à faire de Lyon une ville avec une atmosphère vulnérable. En effet, Lyon se situe dans un couloir formé par le Massif Central à l’Ouest et les Alpes à l’Est, impliquant des vents dominants orientés Nord-Sud ou Sud-Nord. Plus localement, les circulations d’air sont influencées par la présence du Rhône et de la Saône et de nombreux reliefs (collines de la Croix-Rousse, de Fourvière, de Sainte-Foy...).

La région lyonnaise est également souvent le siège en hiver d’inversion de température (température plus importante en altitude qu’en plaine) qui bloquent les polluants à faible altitude sous un « couvercle » d’air chaud, ce qui favorise les périodes de pollution atmosphérique. Cette situation peut avoir pour effet de limiter l’évacuation des polluants issus de la circulation automobile ou de l’industrie (« couloir » de la chimie notamment).

Il existe plusieurs stations de mesure de la qualité de l’air à proximité de la zone d’étude. La plus proche du site est la station « Lyon Centre » située à environ 800 m à l’ouest du CAMPUS ORANGE. La station fait partie du réseau « Air Rhône-Alpes ». Les composés mesurés pour la station de Lyon Centre depuis 2017 sont les suivants :

- Dioxyde d’azote ;
- Monoxyde d’azote ;
- Ozone ;
- Particules PM10.

Les résultats des mesures des années 2019 à 2022 sont reportés dans le tableau ci-après. Les résultats montrent l’absence de dépassements réglementaires pour les substances analysées.

La qualité de l’air proche du projet vis-à-vis des composés mesurés semble donc être satisfaisante.

**Tableau 11 : Qualité de l’air à la station Lyon Centre (Atmo Auvergne-Rhône-Alpes)**

Polluant /Année	2019	2020	2021	2022
dioxyde d’azote ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	23.7	21.3	18.3	16.7
ozone ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	57.5	53.7	48.3	50.1
particules PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	18.8	18.4	18	18.8
particules PM2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	11.6	11.9	11.9	11.4

## 2.4.12. Bruit

### 2.4.12.1. Le relief

Le secteur d’étude se présente comme une surface pratiquement plane. Les seuls reliefs observables sont artificiels. Ils correspondent pour l’essentiel à des remblais de chaussée et consistent quelquefois en des buttes de terres plus ou moins colonisées par la végétation.

### 2.4.12.2. Les axes de circulation et émetteurs potentiels de bruit

Le site du projet est bordé par plusieurs axes de circulation importants :

- L’avenue Lacassagne à l’Est ;
- La voie ferrée à environ 170 m à l’ouest qui dessert la gare de LYON PART DIEU.

L’ambiance sonore du site est donc particulièrement influencée par le bruit induit par les voies routières et l’activité urbaine.

## 2.4.13. Risques naturels

### 2.4.13.1. Risque sismique

D’après le décret d’octobre 2010 n°1254, la ville de Lyon est située en zone d’aléa faible : les aménagements envisagés sont situés en zone sismique 2 (faible).

Les valeurs des accélérations « agr » pour le cas étudié est présenté dans le Tableau 12:

**Tableau 12 : Accélération sismique agr**

Zone de sismicité	agr (m/s <sup>2</sup> )
2 (faible)	0,7

La valeur du coefficient d'importance « gl », donné au sein du cahier des charges géotechnique, pour le cas étudié est présentée ci-après.

**Tableau 13 : Catégorie sismique des bâtiments attendus**

Structure	Catégorie d'importance du bâtiment	Coefficient d'importance gl
Forage géothermique très basse température	II	1.0

Ici, le référentiel utilisé est celui des bâtiments à risque normal. Pour rappel, les bâtiments de la classe dite « à risque normal » sont répartis en quatre catégories d'importance définie par l'article R. 563-3 du code de l'environnement et précisées par l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

Les structures géothermiques sont, par extension et en relation avec les risques qui leurs sont associés, assimilables à des bâtiments de classe d'importance II.

Ainsi, d'après l'arrêté du 22 octobre 2010 mais aussi des conditions du projet étudié, les règles de construction définies par cet arrêté ne s'appliquent pas (i.e. pour des catégories d'importance II dans la zone de sismicité 2).

#### **2.4.13.2. Mouvements de terrains**

Il n'y a pas de mouvement de terrains recensés dans le 3<sup>e</sup> arrondissement de Lyon (source : Géorisques). Des mouvements de terrains ont été recensés en rive droite de la Saône (1<sup>er</sup>, 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> et 9<sup>e</sup> arrondissements).

#### **2.4.13.3. Cavités souterraines**

Il n'y a pas de mouvement de terrains recensés dans le 3<sup>e</sup> arrondissement de Lyon (source : Géorisques). Des cavités souterraines de terrains ont été recensés dans le 5<sup>e</sup> arrondissement de Lyon.

#### **2.4.13.4. Retrait gonflement d'argile**

La Figure 23 présente la cartographie de l'exposition à l'aléa retrait et gonflement des argiles au droit du site. La zone d'étude est localisée en zone d'exposition faible.

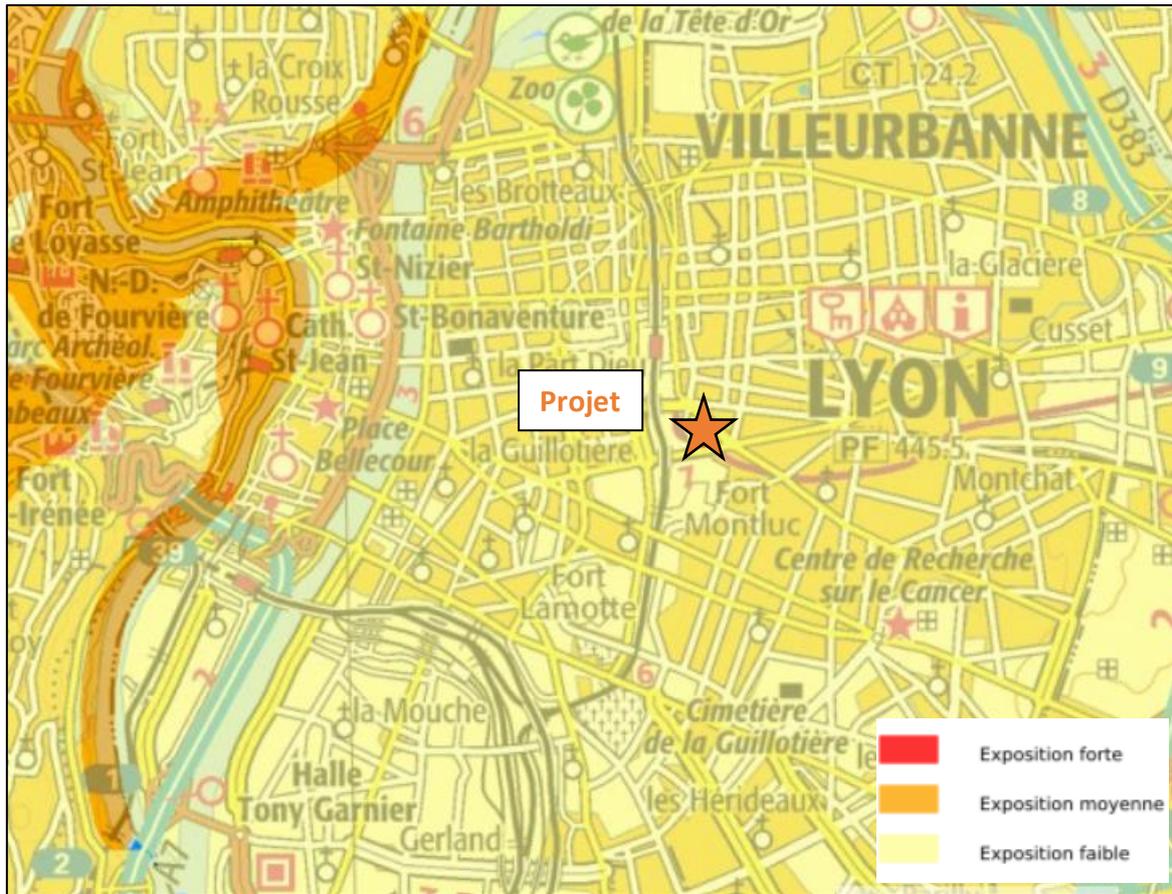


Figure 23 : Exposition à l’aléa retrait et gonflement des argiles (source : BRGM)

#### 2.4.13.5. Inondation

La commune de Lyon fait l’objet d’un PPRI et d’un TRI inondation.

Le plan de prévention des risques naturels d’inondation sur le territoire des communes du Grand Lyon exposés aux débordements directs et indirects du Rhône et de la Saône – secteur Lyon/Villeurbanne a été approuvé par l’arrêté préfectoral 2009 / 1970 (02 mars 2009). Le secteur est classé en secteur où les remontées de nappe sont potentielles, hors zone inondable. La Figure 24 présente la carte des zones sensibles aux inondations (superficielles et remontées de nappe).

Par ailleurs, Lyon est classé en zone de risque de rupture de barrage de Vouglans régulant le Rhône et fait donc l’objet d’un Plan Particulier d’Intervention (PPI).

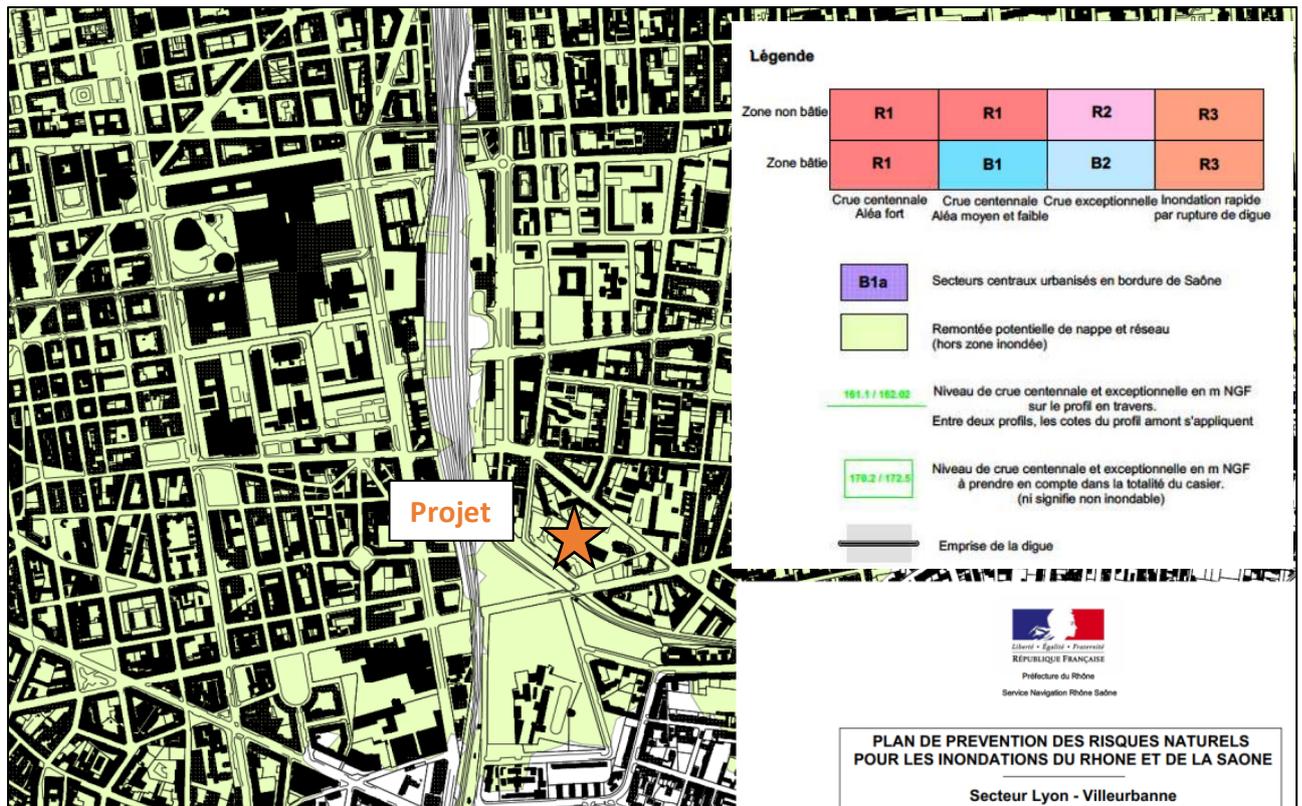


Figure 24: Carte des zones inondables

## 2.5. Appréciation des impacts du projet

Les forages géothermiques ont déjà été réalisés au droit du site dont la description et l’impact des travaux ont été développées dans les documents transmis à l’étape 3 de la téléprocédure « *Description du projet* » et également dans le dossier de Permis d’Exploitation au titre du Code Minier, réalisé et transmis conjointement au présent dossier.

Les Tours AéroRéfrigérantes (TAR) régies par l’arrêté préfectoral de 2017 sont conservés en l’état et sont utilisés comme capteur d’appoint et de secours aux forages géothermiques (**Annexe 5** : ). Aussi, leur mode d’exploitation sera toujours conforme à l’arrêté préfectoral et leurs impacts sur l’environnement sont largement diminués par rapport à l’état passé. La nouvelle exploitation des TAR n’aura également aucune incidence sur le classement ICPE du site.

Par ailleurs, l’installation thermique du projet n’est pas modifiée par rapport à l’état actuel et n’induit donc pas de nouveaux impacts sur l’environnement.

Ainsi, la présente étude d’impact se concentre sur l’exploitation des forages géothermiques.

### 2.5.1. Impacts sur l’environnement

#### 2.5.1.1. Impacts paysagers et urbanisme

La phase chantier de réalisation des forages a mis en œuvre une grue, un louvoyeur et une benne preneuse (BENOTO). Cette installation a été ponctuelle et limitée dans le temps avec une durée de quelques jours par forage (5 jours environ).

Les équipements thermiques mis en place dans les locaux techniques au sous-sol du bâtiment et les forages placés dans des regards enterrés, fermés par des tampons au ras du sol (diamètre 800 mm), n’auront aucun impact paysager. En effet, ils sont isolés du milieu extérieur afin de garantir la sécurité des riverains et l’impact paysager sera limité aux tampons d’accès en surface.

Les TAR situés dans des locaux techniques en toiture n’ont aucun impact paysager.

Aucune incompatibilité n’a été relevée avec le règlement d’urbanisme.

#### 2.5.1.2. Impacts sur voiries et circulations routières

En phase d’exploitation, aucun impact particulier n’est à prévoir sauf lors des phases de diagnostic et d’interventions lourdes potentielles d’ordre décennale.

#### 2.5.1.3. Réseaux

En phase chantier, les eaux pompées pendant les pompages d’essais ont été rejetées après décantation dans le réseau public et accord du gestionnaire. Les eaux étaient claires et exemptes de toute pollution. Le volume total prélevé dans la nappe des alluvions du Rhône à la suite de l’ensemble des pompages d’essais sur les forages de prélèvement et de rejet a été de l’ordre de 32 200 m<sup>3</sup> répartis sur plusieurs phases de tests effectués à des périodes et des années différentes. Cette incidence est très ponctuelle et limitée compte tenu des volumes d’eau utilisés pour les travaux.

En phase d’exploitation, il n’y a plus nécessité de création de réseaux internes ou de connexion avec les réseaux externes du site. La totalité des eaux prélevées au droit des forages de captages sera réinjectée dans le même réservoir par le biais des forages de rejet. Le circuit hydraulique sera donc fermé sans aucun rejet aux réseaux publics, à l’exception de pompages d’essais réalisées exceptionnellement lors des phases de diagnostic (récurrence décennale).

La quantité d’eaux prélevées et rejetées dans le réseau public par l’utilisation des TAR sera considérablement réduite puisque les TAR ne sont plus utilisées comme capteur principal. Ainsi, sur l’aile B en fonctionnement, cette consommation d’eau de ville est passée de 30 m<sup>3</sup>/jour à 0,1 m<sup>3</sup>/jour avec l’utilisation des puits géothermiques en capteur principal. La quantité d’eau non rejetée grâce à l’utilisation de l’installation géothermique est de 12 900 m<sup>3</sup>/an par rapport à l’utilisation des TAR.

#### **2.5.1.4. Impacts sonores**

La phase chantier de réalisation des forages a mis en œuvre une grue, un louvoyeur et une benne preneuse (BENOTO). Cette technique de foration utilise les mêmes engins que ceux habituellement utilisés sur les chantiers de construction de bâtiments. Le chantier n’a donc pas eu plus d’impact sonore qu’un chantier habituel de travaux publics, soit un niveau de puissance sonore de l’ordre de 110 dB(A). Il n’existe pas de machines insonorisées ou électriques permettant de réaliser ce type de travaux.

Pour limiter ces impacts, les travaux ont été réalisés de jour sur une journée type 8h – 18h.

En phase d’exploitation, la mise en œuvre de forages géothermiques sur nappe associés à des groupes froids situés en sous-sol ne génère pas de bruits pour les avoisinants. En effet, les forages de captage seront exploités à l’aide d’une pompe à moteur immergée qui ne génère aucune émission sonore perceptible en surface.

Les TAR situés dans des locaux techniques en toiture n’ont aucun impact sonore perceptible.

#### **2.5.1.5. Impacts sur l’air**

Les principales sources d’émissions atmosphériques sont liées aux travaux de forage : émissions gazeuses (gaz d’échappements des moteurs diesel) liées au matériel utilisé.

D’une manière générale dans le cas de ce type de travaux, ces émissions sont ponctuelles et limitées dans le temps.

Les gaz d’échappement ont été limités par l’entretien régulier des engins à moteur qui sont conformes à la législation en vigueur et dont le contrôle par le service des mines a été scrupuleusement respecté. Le trafic engendré par la phase travaux a été limité à l’approvisionnement du matériel.

La méthode de foration par benne preneuse ne génère pas de poussières puisque les matériaux sont ramassés et posés sur le côté du trou.

En phase d’exploitation, l’installation géothermique et les TAR ne dégagent aucune émission atmosphérique. La ventilation des locaux techniques est dimensionnée conformément à la norme NFE 35-400 comme décrit précédemment. Elle a été dimensionnée en fonction de la masse de fluide frigorigène contenue dans le groupe. De plus, le risque de fuite de fluide frigorigène est limité puisque contenu dans la pompe à chaleur qui fait l’objet de contrôles périodiques et d’un dispositif de surveillance H24 en cas de fuites.

Les principales sources d’émissions atmosphériques durant la phase exploitation seront liées :

- Aux phases de diagnostic des puits, nécessaires tous les 10 ans environ et qui pourront engendrer des émissions temporaires (1 jour par puits environ) de poussières et de gaz d’échappement des engins ;
- Aux travaux d’interventions lourdes potentiels qui pourraient subvenir.

#### **2.5.1.6. Déchets**

La méthode de foration choisie étant la méthode BENOTO, aucun déchet lié à la foration en elle-même ne sera créé (pas de boue de forage).

Les principaux déchets produits par les travaux ont été :

- Les cuttings (terrains extraits à la foration - matériaux inertes) ;
- Les bidons usagés des produits nécessaires au fonctionnement des installations de forage (fuel, graisses, hydrocarbures) ;
- Des déchets divers comme : emballages, plastiques, sacs, ferrailles, bois, morceaux de tubes, bidons, ...

Le volume de déblais par forage a été de l'ordre de 133 m<sup>3</sup> au total. S'agissant de matériaux naturels non pollués (alluvions), les déblais de forage ont été mis en benne pour valorisation en travaux publics par l'entreprise spécialisée BUTY Services. Ils n'ont pas eu d'impact notable sur l'environnement.

Dans le cadre de son fonctionnement, l'installation n'est pas génératrice de déchets liés au fluide frigorigène pour lequel aucune régénération ou remplacement n'est nécessaire. Dans le cas d'un abandon de l'installation, le fluide caloporteur sera enlevé selon les normes en vigueur. Une fois extrait ce fluide sera retraité dans la filière adéquate.

L'entretien et la maintenance de l'installation géothermique ne créeront pas de déchets.

L'emploi de produits chimiques permettant de désinfecter les TAR sera fortement réduit compte tenu de la faible utilisation des TAR. En effet, une économie de 2 785 L/an de produits chimiques sera effectuée grâce à l'utilisation des forages géothermiques par rapport à celle avec les TAR.

#### **2.5.1.7. Impacts sur la stabilité des sols, vibration, émission lumineuse et radiation**

La technique de foration BENOTO utilise des tubages de soutènement pour la réalisation des forages. Les tubages de soutènement permettent de tenir le terrain au cours de la foration. Ainsi il n'y a pas de risque de création de cavités et d'éboulement du terrain alluvionnaire.

L'exploitation ne générera aucune instabilité des sols, vibrations, émissions lumineuses ou radiations quelconques.

#### **2.5.2. Impact sur les eaux superficielles**

L'installation se situe à plus de 1 800 m du Rhône, l'exploitation n'aura aucun impact vis-à-vis des eaux superficielles.

Durant l'exploitation, l'eau géothermale circule dans une boucle d'échange complètement isolée du milieu de surface. Il n'y a pas de déversement de fluide géothermal dans le milieu naturel. Si pour une raison quelconque un percement de canalisation enterrée survenait, ou si une fuite au niveau des échangeurs de chaleur apparaissait, la chute de pression mesurée en continu dans le système alerterait immédiatement l'exploitant qui procéderait à l'arrêt des pompes et à l'isolement de la zone défectueuse pour réparation.

Seules les phases de diagnostic, de récurrence décennale, pourront ponctuellement impacter le milieu superficiel (réseau d'assainissement) avec le rejet d'eau lors de pompage d'essai par exemple. Lors de ces phases des mesures spécifiques en fonctions des volumes seront prises afin de limiter l'impact sur le milieu superficiel. La qualité de l'eau rejetée sera contrôlée afin d'être conforme au milieu récepteur. Il est à noter que ces phases de diagnostic sont peu fréquentes dans le temps (une fois tous les 10 ans).

### 2.5.3. Impact sur les eaux souterraines

Les eaux souterraines, et particulièrement les eaux de la nappe alluviale du Rhône, sont directement exploitées par le projet puisqu’il s’agit de la principale source d’impact de l’installation géothermique. Il convient de distinguer l’impact quantitatif d’une part (prélèvement, impact piézométrique) et l’impact qualitatif (risques de pollution, influence thermique de réinjection des eaux). Les TAR n’ont aucun impact sur les eaux souterraines.

#### 2.5.3.1. Impact en phase chantier

Les forages ont été réalisés par la technique de battage-havage BENOTO avec tubage provisoire à l’avancement qui génère aucun impact qualitatif sur la nappe puisqu’il n’y a pas d’utilisation de boue ou de tout autre adjuvant. Les déblais sont récupérés par une benne preneuse adaptée au tubage puis évacuée du site vers un centre agréé.

La prise en compte des prescriptions formulées dans la norme NF X 10-999 a permis de réduire les potentiels impacts sur le milieu souterrain :

- Chantier clôturé et balisé avec signalétique adaptée ;
- Mise en place de moyens d’évacuation des déblais et des eaux issues du forage ;
- Mise en place d’un dispositif de stockage, de protection et de collecte des éventuelles fuites d’hydrocarbures et autres produits potentiellement polluants ;
- Utilisation de matériel conforme CE, entretenu et en bon état de propreté.

Les risques de pollution de la nappe par l’extérieur ont été limités. En effet, le chantier a été clôturé et balisé, aucun engins ou personnes n’ont été présents sur le site sans autorisation (Figure 25). De plus, en fin de journée ou en arrêt de foration, les forages ont été couverts afin d’éviter toutes intrusions polluantes dans la nappe superficielle.



Figure 25: Photographie de la réalisation du forage R3N

Les forages de prélèvement et de réinjection captent la nappe superficielle, la nappe de la molasse n’est pas concernée par ces impacts.

À la suite de la réalisation des nouveaux forages en été 2017 et octobre 2020, des pompages d'essais ont été réalisés :

- Un développement sur une durée de 8 h pour les forages C1N, R3N et R4N, une durée de 14h et 19h pour les forages C2N et C3N. Les pompages ont été effectués à débit croissant avec des « pistonnages » provoqués par des marches-arrêts de la pompe ;
  - A des débits compris entre 60 et 240 m<sup>3</sup>/h ;
  - Le volume global pompé en nappe estimé a été de l'ordre de 8 000 m<sup>3</sup> ;
- Un pompage d'essai par paliers enchainés d'une heure :
  - A des débits compris entre 60 et 240 m<sup>3</sup>/h ;
  - Le volume global pompé en nappe estimé a été de l'ordre de 3 600 m<sup>3</sup> ;
- Un pompage longue durée sur 12 à 15h :
  - A un débit de 190 m<sup>3</sup>/h ;
  - Le volume global pompé en nappe estimé a été de l'ordre de 16 000 m<sup>3</sup> ;

De nouveaux pompages d'essais ont été réalisés en juin 2020 sur l'ensemble des forages (historiques et nouveaux) sauf les forages C2N et C3N qui ont été effectués en octobre 2020 et dont les essais sont décrits précédemment. Ces essais ont consisté en des pompages par paliers d'une heure à des débits croissants compris entre 60 et 210 m<sup>3</sup>/h. Le volume global pompé en nappe estimé a été de l'ordre de 4 600 m<sup>3</sup>.

Ainsi, le volume total prélevé dans la nappe des alluvions du Rhône à la suite de l'ensemble des pompages d'essais sur les forages de prélèvement et de rejet a été de l'ordre de 32 200 m<sup>3</sup> répartis sur plusieurs phases de tests effectués à des périodes et des années différentes.

Cette incidence est très ponctuelle et limitée compte tenu des volumes d'eau utilisés pour les travaux.

### **2.5.3.2. Impact en phase exploitation**

Les prélèvements et les rejets sont réalisés dans les formations perméables à partir de forages de 15 à 20 m de profondeur au droit du site.

Afin de pouvoir définir l'état initial sans fonctionnement de l'installation et ensuite les incidences du projet ainsi que les effets cumulés sur le secteur d'étude, un modèle hydrogéologique a été construit pour simuler le fonctionnement hydrodynamique et thermique de l'installation dans la nappe des alluvions du Rhône. Le logiciel employé est MARTHE, développé par le BRGM.

Ainsi à partir du modèle hydrogéologique numérique, il est possible d'étudier l'incidence des divers ouvrages de pompage et/ou de réinjection des eaux dans cette nappe. Pour les forages à usage thermique, il est possible de simuler l'extension des panaches thermiques en fonction du positionnement des ouvrages de pompage et de réinjection, des débits mis en œuvre et des températures des eaux de réinjection.

### **2.5.3.3. Hypothèses de modélisation**

Le calage du modèle s'appuie sur les éléments suivants :

- Données géologiques existantes ;
- Données hydrogéologiques à partir de pompages d'essais sur des forages et des réseaux de surveillance de la nappe ;
- Données sur les usages actuels de la nappe ;
- Conditions aux limites.

➤ **Extension verticale et horizontale du modèle**

Le modèle utilisé est un modèle global de la ville de Lyon, partie Est du Rhône.

Le modèle est composé de 2 couches distinctes représentant :

- L’aquifère superficiel des alluvions modernes du Rhône à l’Ouest et au Nord et celui des alluvions fluvio-glaciaires au Sud-Est ;
- L’aquifère plus profond des molasses de l’Est Lyonnais.

La limite entre ces deux couches est définie par la position du toit de la molasse miocène. Les données répertoriées dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM ont été utilisées pour représenter cette surface. La cote du toit de la molasse a été déterminée sur environ 300 points, à partir des ouvrages de la BSS présentant une coupe valide. Ces données ont ensuite été interpolées sur toute la superficie du modèle de manière à obtenir une surface représentative de la réalité.

L’épaisseur de la molasse a été fixée à 60 m sur toute la superficie du modèle.

Le modèle utilisé s’étend :

- Au Nord-Est au droit du canal de Jonage en aval du barrage de Cusset jusqu’au Rhône ;
- Au Nord et à l’Ouest en rive gauche du Rhône depuis la confluence avec le canal de Jonage et jusqu’à la commune de Saint-Fons ;
- Au Sud au droit des communes de Saint-Fons et de Vénissieux ;
- A l’Est de la commune de Lyon, en excluant la formation géologique de moraine qui est dépourvu de nappe d’eau souterraine.

Le domaine ainsi défini couvre une superficie d’environ 43 km<sup>2</sup> et s’étend sur une largeur maximale d’environ 6 km d’Est en Ouest et une longueur de 10 km du Nord au Sud. L’emprise du projet est située dans la partie centrale du domaine.

Le modèle est discrétisé selon une grille principale de mailles carrées de 20 m de côté. Toutefois, au droit du projet et dans le secteur de la Part Dieu, ce maillage a été affiné selon des mailles carrées de 10 m de côté afin de représenter plus précisément les infrastructures présentes dans le secteur.

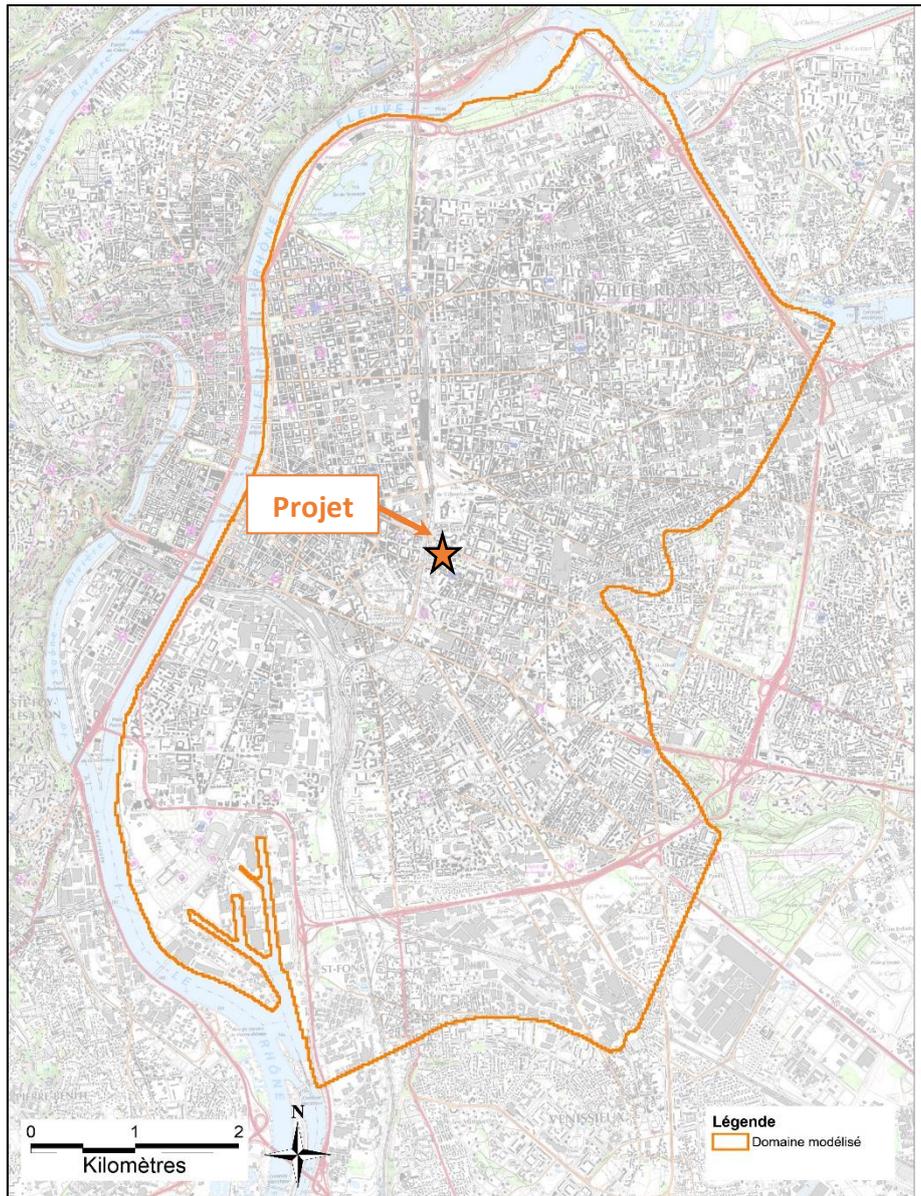


Figure 26 : Extension horizontale du domaine modélisé

- **Limites du modèle**
- ✓ **Typologie**

Les conditions aux limites fixées dans le modèle sont les suivantes :

- Cours d’eau, formant des limites naturelles de l’aquifère des alluvions du Rhône, représentés par des charges imposées :
  - Canal de Jonage au Nord-Est, entre Cusset et la Feyssine,
  - Cours du Rhône à l’Ouest et au Nord, depuis la Feyssine, au Nord, jusqu’à Pierre Bénite, au Sud,
- Arrivées d’eau des couloirs fluvio-glaciaires de Décines à l’Est et d’Heyrieux au Sud-Est représentées par des isopièzes de charges imposées déterminées à partir de l’étude des cartes piézométriques ;
- Limite entre les formations morainiques et les alluvions des couloirs fluvio-glaciaires représentées par une limite étanche à flux nul ;

- Limite Sud représentée par une condition de charge imposée ainsi qu’une limite étanche parallèle à la direction des écoulements à l’Est.

✓ **Définition des niveaux de référence des cours d’eau**

Le modèle est délimité, de l’aval vers l’amont, par le Rhône, depuis le barrage de Pierre Bénite au Sud jusqu’à la confluence avec le canal de Jonage (en amont du seuil de la Feysine) au Nord, puis par le canal de Jonage jusqu’à la limite Est du modèle, localisé en aval du barrage hydroélectrique de Cusset.

Les données hydrologiques ont été obtenues auprès du service hydrométrie de la DREAL et de la Compagnie Nationale du Rhône, sur des stations situées sur le Rhône et la Saône :

- Pont Morand – Rhône amont ;
- Perrache – Rhône amont ;
- La Feuillée – Saône amont ;
- Sain Georges – Saône amont ;
- Pk13 en aval de la Confluence et amont du barrage de Pierre-Bénite.

Les données effectivement recueillies sont listées dans le tableau suivant.

Objet	Données collectées
Niveau du Rhône à Pierre Bénite	Niveau journalier du 01/09/2007 au 31/08/2008
Niveau du Rhône à Perrache	Niveau journalier du 01/09/2007 au 31/08/2008
Niveau du Rhône au Pont Morand	Niveau journalier du 31/12/2000 au 16/08/2016

**Tableau 14: Inventaire des données collectées pour le niveau du Rhône**

La moyenne des mesures sur les années 2007 et 2008 a été utilisée pour le niveau du Rhône dans le modèle. Une interpolation des valeurs a été effectuée entre ces points. Le gradient du niveau d’eau entre les stations de Perrache et du Pont Morand a été interpolé pour les niveaux du Rhône à l’amont du Pont Morand. En l’absence de données au niveau du seuil de la Feysine, une différence de niveau de 1,8 m entre l’amont et l’aval du seuil a été introduite dans le modèle.

✓ **Recharge**

Dans un contexte urbain, les zones de recharge sont très limitées. A l’échelle du modèle, la majeure partie du territoire est imperméabilisée (voiries, bâtiments) et les eaux de pluie sont récupérées dans leur quasi-totalité par les réseaux collecteurs (unitaire ou séparatif) sans pouvoir atteindre la nappe. Les espaces verts sont peu nombreux à permettre une infiltration de l’eau de pluie vers la nappe. Ces zones sont regroupées dans la partie Nord du modèle et se limitent :

- Au Parc de la Tête d’Or (140 mm/an) ;
- Au Parc de la Feysine (180 mm/an) ;
- Au cimetière militaire (140 mm/an),

D’autres espaces verts existent à l’échelle des villes de Lyon et Villeurbanne mais leur surface cumulée est bien trop réduite pour contribuer significativement à la recharge de la nappe. Une pluie efficace à 264 mm/an a été estimée par le BRGM sur la période 2000-2005. Or, à l’échelle du modèle, cette recharge a un impact négligeable sur les niveaux piézométriques simulés. Elle n’a donc pas été prise en compte dans le modèle.

✓ **Drain CNR**

Le drain de la CNR existant dans le secteur de Lyon 7 est également pris en compte dans le modèle par intégration de charges hydrauliques imposées au droit de ce dernier.

➤ **Paramètres hydrodynamiques**

Le modèle de perméabilité est issu des données recueillies dans la bibliographie, notamment dans les études réalisées par le BRGM et dans les thèses de R. Kastner de 1962 et 1974. Il est basé sur les caractéristiques hydrodynamiques des différentes formations géologiques présentes sur le secteur modélisé, à savoir :

- Les alluvions modernes : leur perméabilité est estimée entre  $5,10^{-3}$  m/s et  $1,10^{-1}$  m/s selon leur nature plus ou moins argileuse. Dans le secteur de la Part Dieu, au niveau de la Cité Administrative d’Etat, des valeurs de perméabilité à  $1,10^{-2}$  m/s ont été mesurées lors de la création des captages et rejets de l’installation géothermique ;
- Les alluvions fluvio-glaciaires : leur perméabilité a été fixée à  $7,10^{-3}$  m/s, ce qui est cohérent avec les valeurs mentionnées dans la bibliographie ;
- La molasse : sa perméabilité est hétérogène mais elle est estimée entre  $5,10^{-5}$  et  $5,10^{-4}$  m/s dans le sens d’écoulement horizontal, Le modèle considère une perméabilité homogène de  $1,10^{-5}$  m/s.

Au droit et à proximité du site d’étude, la perméabilité a été évaluée à  $5,10^{-2}$  m/s à l’aide des essais de pompage des forages ORANGE ou de la centrale de production de Mouton-Duvernet – DALKIA.

Le coefficient d’emmagasinement considéré est de 0,18 et la porosité de 0,1,

Concernant le paramètre d’anisotropie :

- Aucune anisotropie n’a été considérée pour la formation alluvionnaire ;
- Une anisotropie verticale (K verticale/ K horizontale) de 0,3 a été prise en compte pour la formation molassique. Dans la formation molassique, la perméabilité verticale (Kv) est relativement faible par rapport à la perméabilité horizontale (Kh). En effet, la perméabilité verticale est imposée par les horizons et/ou les lentilles les moins perméables (horizons argileux) alors que la perméabilité moyenne horizontale est pratiquement identique à celle des horizons les plus perméables (horizons sableux). D’après la bibliographie, le rapport des perméabilités horizontale et verticale est de l’ordre de 1 à 3, voire 1 à 10.

➤ **Caractéristiques thermiques**

La température des eaux de la nappe des alluvions fluviales est considérée égale à  $15,5^{\circ}\text{C}$ . Cette température correspond à la température moyenne observée sur les suivis des eaux souterraines à l’échelle globale du modèle.

La température des eaux de la nappe de la molasse est considérée d’une température équivalente à celle des eaux des alluvions dans le but d’éliminer les transferts de chaleur et de fraîcheur entre les deux couches et de mettre en évidence uniquement les impacts du panache thermique rejeté au droit des installations géothermiques sur la nappe des alluvions.

➤ **Installations géothermiques avoisinantes**

✓ ***Hypothèses hydrodynamiques***

Les prélèvements effectués dans la nappe retenus dans le périmètre du modèle sont issus des archives Antea Group, complétées par les installations recensées sur la Banque Nationale des Prélèvements quantitatifs en Eau (BNPE) et sur la BSS du BRGM dans un périmètre d’un kilomètre autour du site d’étude.

Les volumes de prélèvements et de réinjection correspondent à des débits moyens ou maximaux d’exploitation annuels. En l’absence d’indication de variabilité mensuelle, les débits ont été considérés constants au cours de l’année. Les installations voisines exploitant les nappes en prélèvement ou en réinjection dans le secteur du projet sont localisées sur la Figure 19 et la Figure 20 et résumées dans le Tableau 10.

Concernant les eaux drainées par les parkings LPA Part-Dieu et réinjectées au droit des forages de rejet LPA ou au droit des forages de rejet de la centrale froid DALKIA selon ses besoins énergétiques, il a été retenu le scénario le plus réaliste. Pour rappel, il est impossible de déterminer précisément et dans le temps, le débit moyen réinjecté au droit de l’installation DALKIA dont les besoins énergétiques fluctuent rapidement. En effet, le débit réinjecté peut passer de 0 m<sup>3</sup>/h à 950 m<sup>3</sup>/h (débit maximal) en quelques minutes selon les besoins énergétiques de la centrale froid.

Afin de définir le scénario le plus conforme à la réalité, les données de suivi de l’exploitation entre 2021 et fin 2023 ont été analysés. Entre 2021 et 2023, le débit moyen annuel réinjecté au droit des puits de rejet DALKIA était de l’ordre de 350 m<sup>3</sup>/h (valeur de référence). Depuis juillet 2023, deux nouveaux forages (P4 et P6) ont été mis en fonctionnement au droit de la centrale froid augmentant ainsi la capacité maximale de réinjection, passant de 600 m<sup>3</sup>/h (2022) à 900 m<sup>3</sup>/h (fin 2023). Toutefois, entre juillet et décembre 2023 le débit total moyen réinjecté était de 290 m<sup>3</sup>/h soit inférieur à la valeur de référence indiquée précédemment. Cette valeur s’explique par le fait que l’installation avait des arrêts plus fréquents, avec un fonctionnement récent sur une demi-journée environ.

**A ce stade, il est impossible de déterminer l’évolution de l’exploitation de la centrale froid DALKIA. De plus, les données DALKIA ne peuvent pas être présentées dans le rapport par un soucis de confidentialité.**

**Dans ces conditions et à partir des données historiques de 2021 à 2023, il a été retenu un débit moyen de réinjection de 350 m<sup>3</sup>/h au droit des forages DALKIA (débit moyen sur les trois dernières années), le débit restant (600 m<sup>3</sup>/h) étant renvoyés au droit des forages LPA. Ces débits sont considérés constants pendant toute la période simulée.**

La répartition des débits entre les forages a été définis en fonction des données historiques.

Tableau 15 : Débits moyens de rejet au droit des sites DALKIA et LPA

Ouvrages - DALKIA	Q <sub>moy</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Ouvrages - LPA	Q <sub>moy</sub> (m <sup>3</sup> /h)
P1-DALKIA	60	R6-LPA SUD	54
P2-DALKIA	46	R7-LPA SUD	54
P3-DALKIA	80	R8-LPA SUD	34
P7-DALKIA	51	R9-LPA SUD	34
P8-DALKIA	0	R10-LPA SUD	34
P4-DALKIA	63	R1-LPA NORD	26
P6-DALKIA	51	R2-LPA NORD	26
<b>TOTAL</b>	<b>350</b>	R3-LPA NORD	26
		R4-LPA NORD	38
		R5-LPA NORD	38
		R1-LPA BLEU	41
		R2-LPA BLEU	41
		R3-LPA BLEU	41
		R5-LPA BLEU	113
		<b>TOTAL</b>	<b>600</b>

Concernant l’installation du site Lacassagne, il a été considéré un état futur avec un fonctionnement total des deux ailes A et B selon le débit moyen annuel d’exploitation historique, soit 240 m<sup>3</sup>/h. Ce fonctionnement est constant et sans période d’arrêt. C’est un cas sécuritaire par rapport à l’exploitation actuelle à 150 m<sup>3</sup>/h.

Pour rappel, la Maîtrise d’Ouvrage souhaite que la nouvelle installation géothermique fonctionne similairement à l’installation historique. Le Tableau 16 suivant présente les débits moyens par forage, sachant que les ouvrages de rejet R5 et R6 seront toujours utilisés comme ouvrages de secours (déversoirs des forages R4N et R7N).

Tableau 16 : Débits moyens de captage / rejet au droit du site Lacassagne ORANGE

Ouvrages - ORANGE	Q <sub>moy</sub> (m <sup>3</sup> /h)
C1N-ORANGE	-25
C2N-ORANGE	-67
C3N-ORANGE	-67
C4-ORANGE	-81
R1-2-ORANGE	81
R3N-ORANGE	25
R4N-ORANGE	67
R5-ORANGE et R6-ORANGE	0
R7N-ORANGE	67
<b>TOTAL</b>	<b>240</b>

Le fonctionnement d’une installation aux valeurs maximales de débit n’est observé que quelques heures dans l’année. Par conséquent, la mise en œuvre d’une modélisation aux valeurs maximales de débit est incohérente et fautive.

### ✓ **Hypothèses thermiques**

Par manque d’information sur le fonctionnement des installations géothermiques avoisinantes et afin de mettre en évidence principalement l’impact thermique des installations du site Lacassagne et de la Centrale Froid DALKIA, la température de l’eau rejetée au droit des autres installations voisines est asservie à celle de l’eau prélevée dans le captage.

Concernant le rejet de la centrale froid DALKIA, le suivi de l’exploitation entre 2021 et 2023 met en évidence une température moyenne des eaux de rejet de 23,4 °C. Pour rappel, les eaux rejetées proviennent de la nappe de la molasse, pompée au niveau des parkings LPA Part-Dieu. Ainsi, la température de la molasse (au captage et au rejet) n’est pas impactée par les autres installations géothermiques de la nappe des alluvions et la température de rejet reste donc constante.

Concernant l’installation du site Lacassagne, le suivi de l’exploitation met en évidence les deltas de température suivante :

- +9 °C entre C2N et R4N ;
- +10 °C entre C3N et R7N ;
- +6,5 °C entre C4.1 et R3N ;
- +4°C entre C4.2 et R1/R2 ;
- +4°C entre C1N et R1/R2.

Pour rappel, ORANGE a réalisé des essais sur son installation géothermique afin d’abaisser au maximum les températures de rejet qui pourront potentiellement être abaissées dans le futur.

### ➤ **Régime de simulation**

Le modèle fonctionne en régime transitoire au pas de temps mensuel de manière à pouvoir intégrer les variations de débits et d’asservissement de température.

La durée de simulation est de 5 ans. Cette période correspond à la période au bout de laquelle un équilibre est atteint entre les conditions d’exploitation des eaux souterraines des différentes installations et le milieu récepteur. Ainsi, les résultats simulés concernant les incidences hydrodynamiques et thermiques au bout de 5 années d’exploitation seront les mêmes que ceux simulés au bout de 30 années d’exploitation, correspondant à la durée du titre minier.

### ➤ **Calage du modèle en régime permanent et piézométrie initiale**

Le modèle a été calé sur les niveaux piézométriques moyens mesurés sur la période 2007-2008 sur les piézomètres de suivi du Grand Lyon. En effet, cette période est celle sur laquelle nous possédons les données les plus exhaustives sur le plus grand nombre de piézomètres de suivi. Au niveau du piézomètre de la rue Baraban, le niveau médian pour la période 2007-2008 est de 163,48 m NGF, ce qui est très proche du niveau quasi permanent calculé de 163,50 m NGF.

Au regard du contexte hydroclimatique local, cette piézométrie peut être considérée comme représentative d’une situation de moyennes eaux.

Rappelons que, compte tenu des caractéristiques hydrogéologiques et du fonctionnement de l’aquifère, mais également du nombre limité de piézomètres disponibles pour établir les cartes de référence, il n’est pas possible de définir précisément des situations de hautes et basses eaux. Par conséquent, il a été choisi de travailler sur la base de valeurs moyennes, justement représentatives de la situation de moyennes eaux.

Comme le laissait entrevoir la phase de collecte, de nombreux objets (infrastructures enterrées) ont dû être intégrés au modèle pour rendre compte de leurs effets réels sur la piézométrie.

Les infrastructures enterrées (métro, parkings, sous-sols), étanches par construction, ont été représentées par des éléments complètement étanches dans le modèle, c'est-à-dire que l’eau ne peut pas circuler dans les mailles affectées. De même, les prélèvements et les rejets en nappe sont nombreux et impactent différemment la piézométrie selon le débit soutiré ou réinjectés à la nappe.

Le modèle de perméabilité initial des alluvions et de la molasse a été tiré des études BRGM de 2004-2007 et des données collectées sur le terrain dans le secteur de la Part Dieu.

La comparaison entre les mesures et la piézométrie simulée est réalisée au droit des 15 piézomètres inclus dans le domaine modélisé.

**Tableau 17 : Ecart entre niveaux piézométriques simulés et observés sur les points de référence**

Nom	X Lambert 2 étendu (m)	Y Lambert 2 étendu (m)	Niveau médian 2007-2008 (m NGF)	Niveau calculé (m NGF)	Ecart (m)
LPA Ouest	796356	2087673	162,67	162,81	0,14
LPA Riboud	796446	2087793	163,62	164,00	0,38
LPA Francfort	796475	2087609	163,25	163,60	0,35
Rue Baraban	796910	2087380	163,48	163,43	-0,05
Bd Deruelle	795950	2087890	162,83	162,92	0,09
Bd des Belges	795580	2089040	162,96	163,00	0,04
CNR rue Domer	795726	2086187	162,34	162,34	0,00
La Doua	796607	2089749	163,19	163,44	0,25
Place Wilson	796923	2089071	163,58	163,54	-0,04
Cimetière militaire	798127	2090284	164,42	164,01	-0,41
Eglise St Pothin	795185	2088229	162,83	162,71	-0,12
Eglise St André	794857	2086690	162,03	162,20	0,17
Stade des Channées	794132	2084936	159,53	159,86	0,33
St Jean de Dieu	795578	2083345	159,74	159,75	0,02
Elco Brandt	794860	2084185	160,08	159,59	-0,49

Le diagramme de la figure ci-après montre une bonne corrélation entre les niveaux calculés et les niveaux médians mesurés : la totalité des piézomètres se situe dans l’intervalle  $\pm 50$  cm.

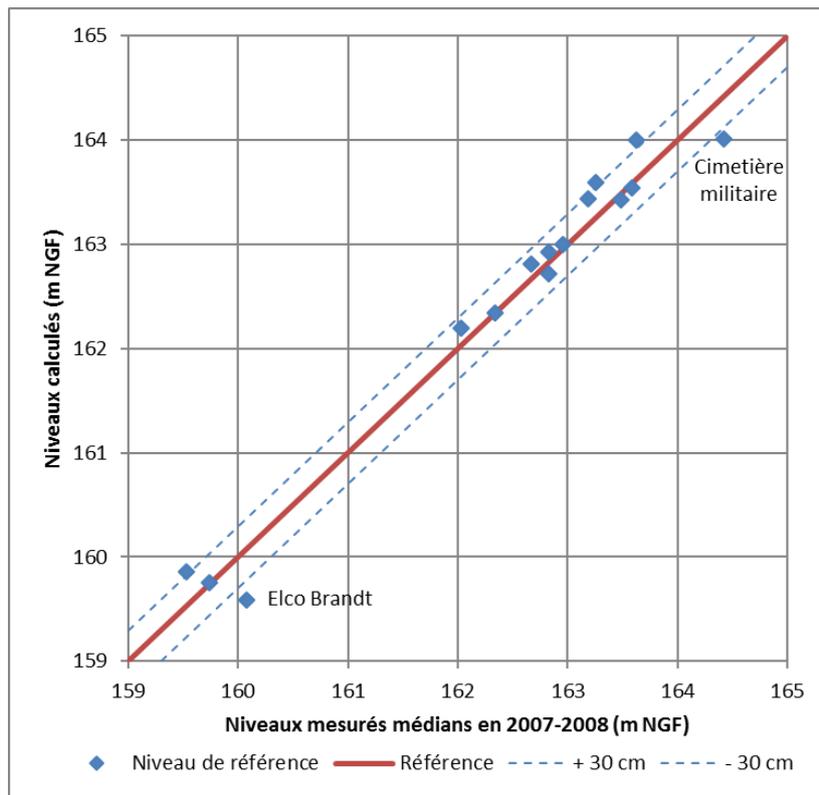


Figure 27 : Graphique de corrélation des piézométries observée et simulée pour l'état initial

A l'échelle du modèle, la piézométrie simulée reproduit correctement la structure générale des écoulements, aussi bien en direction qu'en gradient (cf. carte ci-après). Seuls quelques objets impactent très visiblement la piézométrie simulée en raison des forts débits de pompage / rejet associés au fonctionnement des radiers drainants. C'est notamment le cas du parking de la Part-Dieu dont les débits de pompage atteignent près de 1000 m<sup>3</sup>/h. Mais la déformation de la piézométrie reste très locale et n'impacte pas le comportement de la nappe à grande échelle.

Ces résultats confirment néanmoins le rôle sensible des infrastructures enterrées et des puits de pompage/rejet. Ils confirment également la validité des conditions aux limites retenues.

De plus, le modèle a également été calé en rabattement sur certains ouvrages situés dans le secteur de la Part Dieu. Des pompages d'essai ont en effet été réalisés sur plusieurs ouvrages dans le secteur de la Part Dieu, dans le but de déterminer les propriétés hydrodynamiques de la nappe en vue d'installation d'infrastructures pour la géothermie. Le modèle a donc été testé sur certains de ces ouvrages en y appliquant le débit de pompage testé et comparant le rabattement calculé par le modèle avec celui observé dans la réalité. Le modèle reproduit ces rabattements de manière fidèle.

Enfin, le modèle a également été calé avec les données DALKIA de l'année 2022 (sans fonctionnement ORANGE) et avec les données DALKIA et d'ORANGE d'octobre 2023. Ces calages ont mis en évidence des charges et des températures simulées quasi-systématiquement supérieures à celles mesurées sur le terrain de l'ordre de 0,3 m pour la charge et de 1 à 2 °C pour la température. Ces différences s'expliquent notamment par la précision que le modèle ne peut atteindre et les incertitudes dans le secteur avec par exemple (liste non exhaustive) :

- Le nombre, la localisation et les caractéristiques (profondeur, mode de fondation, cote d'étanchéité, ...) des sous-sols ;
- Le nombre, la localisation et les caractéristiques des pompages et des rejets sur nappe (débits pompés, variations du débit, pérenne ou temporaire, ...) ;

- Le régime d’exploitation des installations géothermiques (mode de fonctionnement, débits mensuels inconnus, température de captage et de rejet inconnu, ...)

Il n’est également pas possible d’incrémenter dans le modèle une variation piézométrique et de température saisonnière qui induisent forcément les résultats de la modélisation.

**D’après les calages réalisés du modèle, ce dernier donne des résultats plus pénalisants et donc plus sécuritaires pour le projet. Les limites de la modélisation ne permettent pas de reproduire parfaitement l’état hydrogéologique naturel dans le temps notamment dans un contexte urbain ou de nombreuses infrastructures et installations peuvent venir perturber l’écoulement naturel des eaux souterraines.**

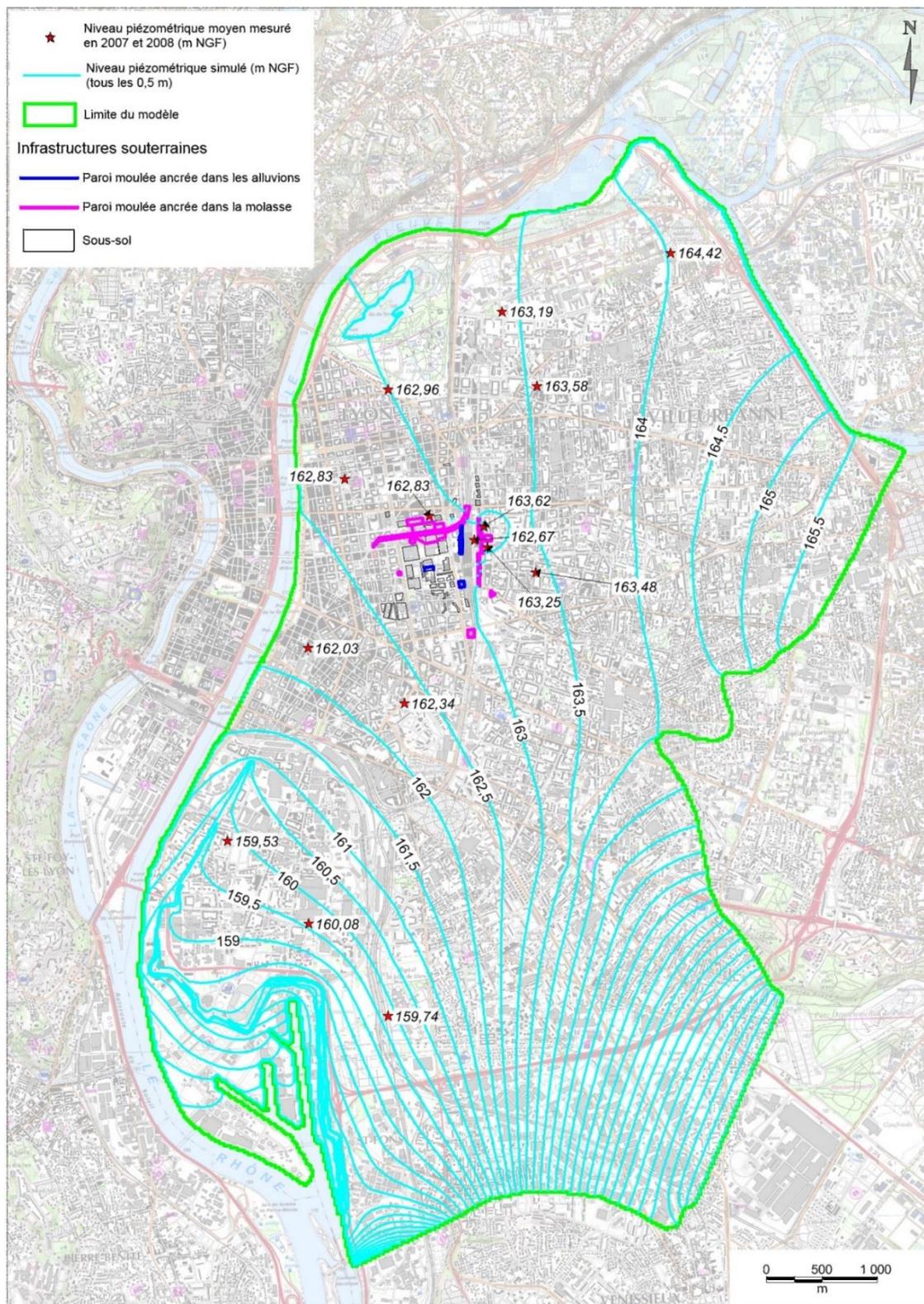


Figure 28 : Carte piézométrique calculée dans l'état de calage (niveaux médians 2007-2008)

Les conditions aux limites et hypothèses retenues permettent de reproduire un sens d'écoulement des eaux d'Est en Ouest, légèrement dévié vers le Sud. Le niveau piézométrique simulé au droit du site est de l'ordre de +163,2 m NGF, comparable aux niveaux piézométriques mesurés dans le secteur en 2022 et 2023.

#### 2.5.3.4. Impacts hydrauliques et thermiques en phase exploitation

A partir du modèle hydrogéologique numérique, il a été réalisé trois simulations :

1. Fonctionnement synchrone et aux débits moyens des installations DALKIA et ORANGE. C’est le scénario présentant l’état futur le plus probable (ORANGE + DALKIA) ;
2. Fonctionnement uniquement de l’installation ORANGE aux débits moyens avec rejet des eaux drainées LPA dans le réseau LPA (ORANGE + LPA) ;
3. Fonctionnement uniquement de l’installation DALKIA aux débits moyens, sans fonctionnement de l’installation ORANGE (DALKIA + LPA). Ces deux derniers scénarios sont théoriques et ont pour objectif de mieux visualiser l’impact de chaque installation sur les avoisinants.

Ces deux dernières simulations permettent d’estimer les impacts hydrauliques et thermiques des deux installations principales du secteur et de mettre en évidence le réel impact du projet.

Les simulations prennent en compte les débits de pompage et de rejet de l’ensemble des captages et des installations géothermiques connues dans le secteur, ainsi que les hypothèses de fonctionnement thermique des installations DALKIA et ORANGE comme présentés dans les paragraphes précédents.

##### ➤ Impacts hydrauliques

Les résultats des simulations selon les trois scénarios évoqués ci-dessus (DALKIA+ORANGE ; DALKIA ; ORANGE + LPA) sont présentés au bout de 5 années de fonctionnement dans les figures suivantes.

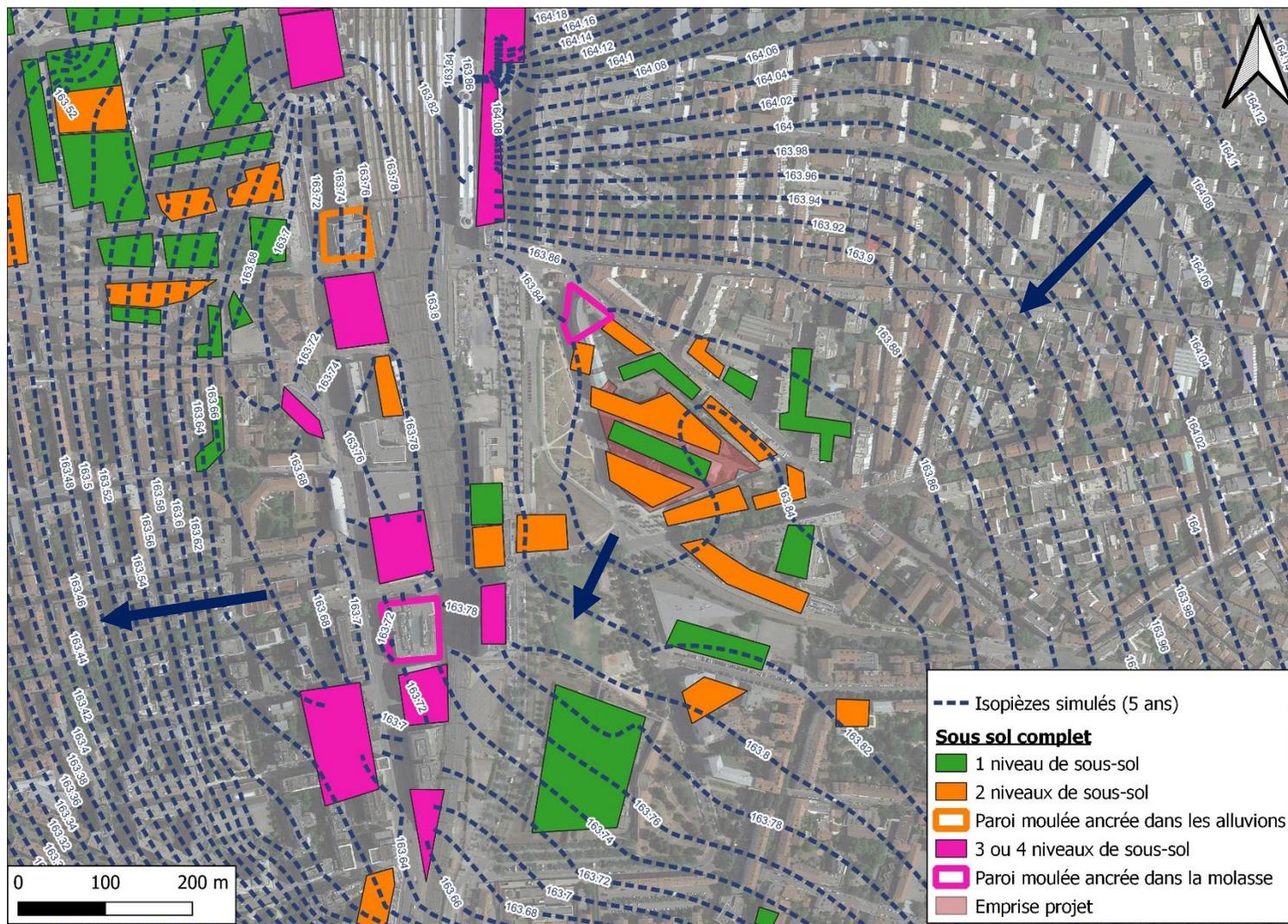


Figure 29 : Esquisse piézométrique simulée après 5 années de fonctionnement – Installations ORANGE et DALKIA

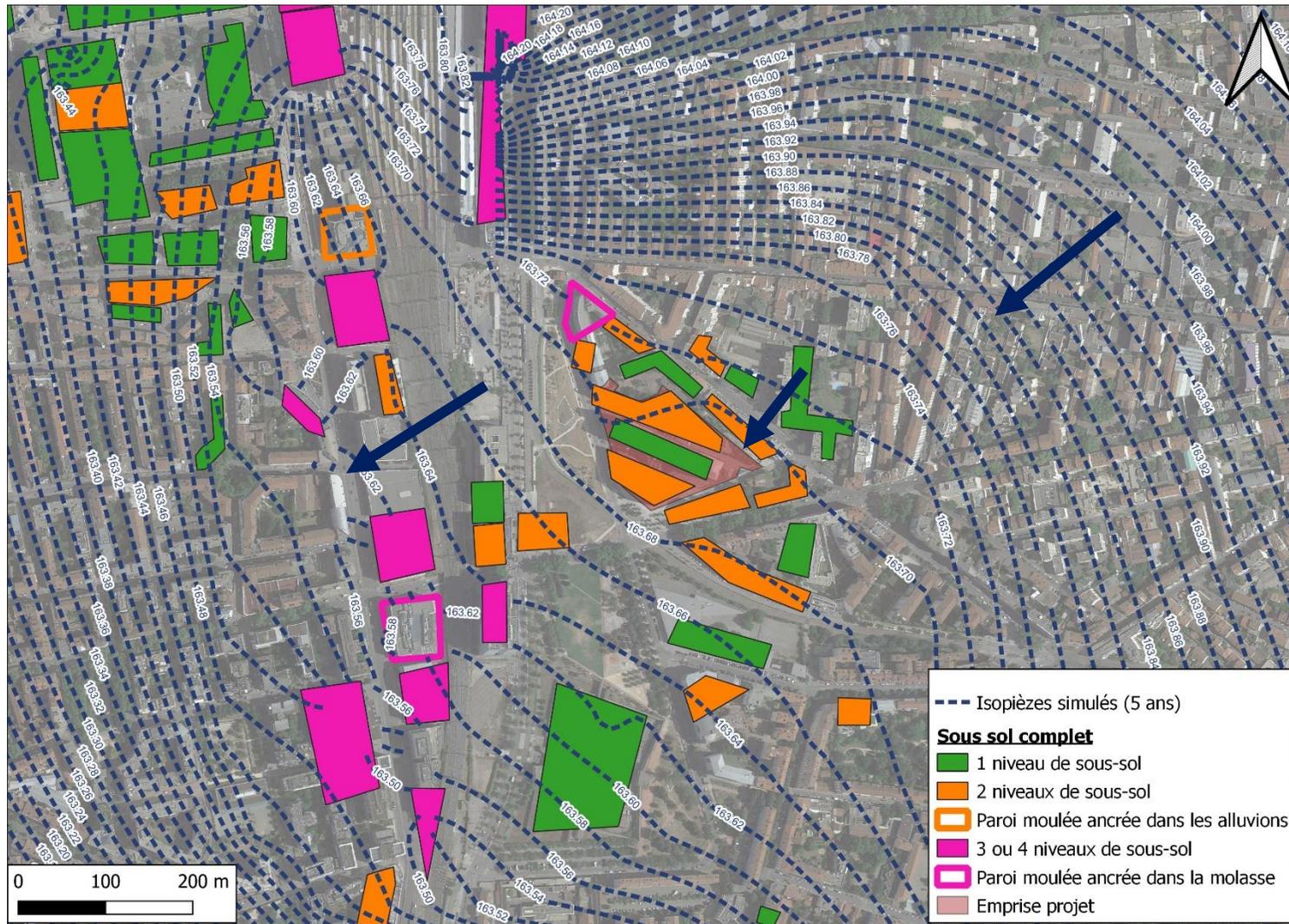


Figure 30 : Influence sur le niveau de la nappe après 5 années de fonctionnement – Installations ORANGE et LPA

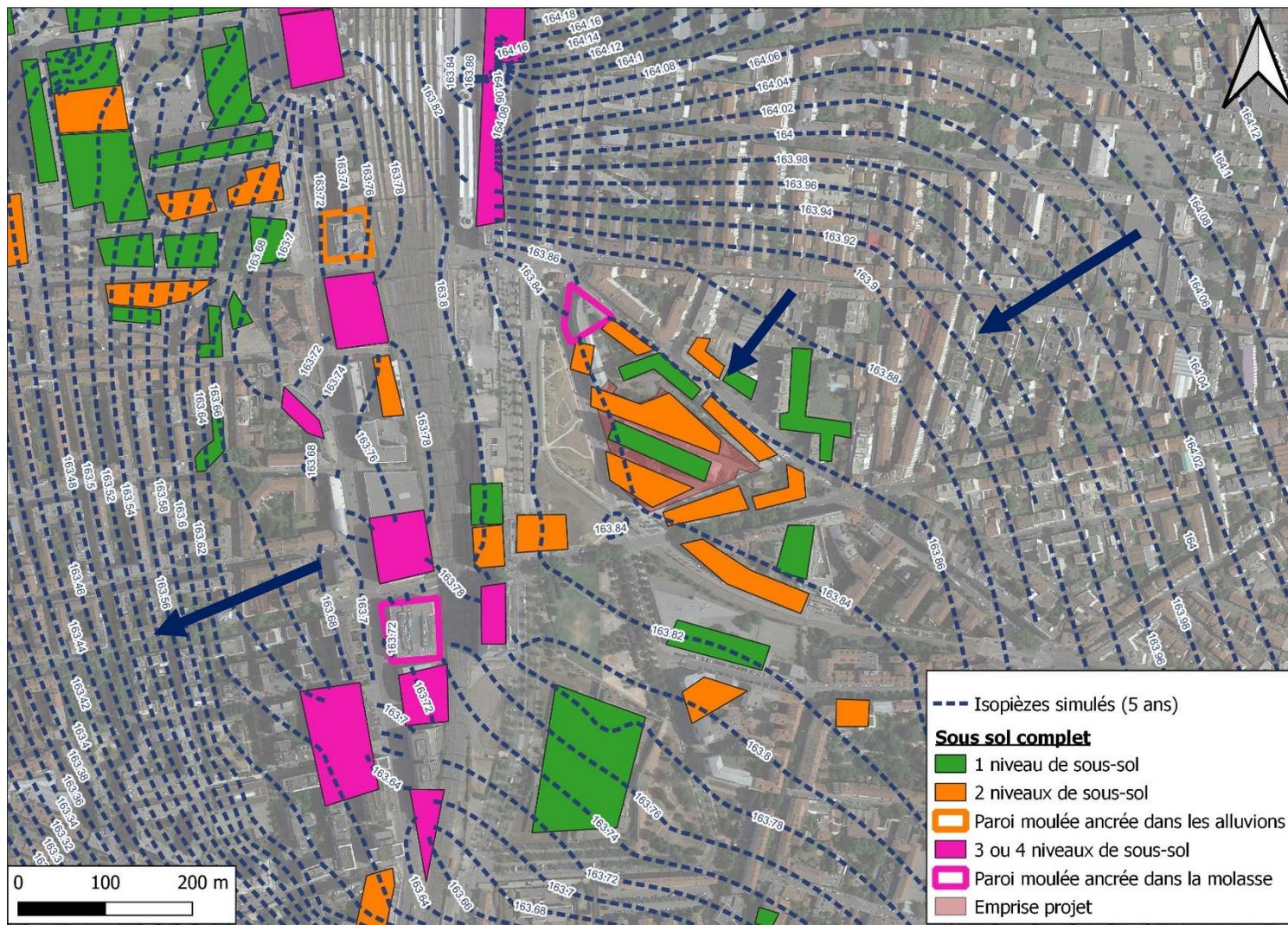


Figure 31 : Influence sur le niveau de la nappe après 5 années de fonctionnement – Installations DALKIA et LPA

Ces figures mettent en évidence une variation piézométrique globalement faible induite par les deux installations avec des rabattements et des réhausses du niveau de la nappe inférieure à la dizaine de centimètres au droit des différents forages. Pour rappel, les pompages d’essais dans la zone ont mis en évidence une forte productivité de la nappe alluviale avec des valeurs de perméabilités de l’ordre de  $10^{-2}$  à  $10^{-1}$  m/s.

Dans le cas d’un fonctionnement synchrone des installations DALKIA et ORANGE aux débits moyens, la simulation montre l’inflexion des isopièzes au niveau du site Lacassagne et des rejets DALKIA (Figure 30). La réhausse piézométrique est de l’ordre de 0,20 m dans cette zone créant un léger dôme piézométrique qui inverse très localement le gradient hydraulique. Les courbes piézométriques sont impactées jusqu’à environ 300 m en aval hydraulique (influence de quelques centimètres).

Lorsque l’installation DALKIA ne fonctionne pas (Figure 31) l’influence du site ORANGE sur le niveau de la nappe est faible. En effet, le sens d’écoulement général est conservé, il n’y a pas de création de dôme piézométrique hormis au droit des quelques forages de rejet avec une importance très limitée. Les isopièzes sont légèrement influencés par les forages de captage et de rejet mais l’orientation générale est conservée dans toute la zone d’étude. Cette observation semble logique puisqu’il y a un équilibre hydraulique entre la zone de pompage et la zone de rejet ORANGE.

**En effet, le bilan hydraulique du site sur la nappe est nul avec une réinjection totale des eaux prélevées. Aussi, l’impact sur le volume prélevé sur la nappe est négligeable.**

Lors des phases de diagnostic réalisés tous les 10 ans environ, des pompages d’essais pourront être réalisés induisant ponctuellement un prélèvement de l’ordre de 5 000 m<sup>3</sup> par forage. Ce volume est négligeable par rapport aux volumes prélevés annuellement dans la nappe alluviale et son impact ne sera pas perceptible.

Lorsque l’installation ORANGE ne fonctionne pas (Figure 31) l’influence du site DALKIA sur le niveau de la nappe est légèrement amoindrie. En effet, il y a toujours la création d’un dôme piézométrique local mais moins étendu. Le sens d’écoulement de la nappe est localement inversé mais cette modification est plus diffuse du fait de l’arrêt de l’installation ORANGE. En effet, les forages de captage ORANGE forment un cône d’appel tandis que les forages de rejet participent à la réhausse piézométrique.

**Au niveau de l’impact hydraulique, la simulation montre une réhausse globale de quelques centimètres au niveau de la zone de rejet ORANGE et DALKIA. Cette dernière installation crée un déséquilibre quantitatif dans la nappe alluviale avec un apport d’eau provenant de la nappe de la molasse réinjecté dans la nappe alluviale. A l’inverse, l’installation ORANGE a un impact hydraulique global nul du fait de la réinjection totale des eaux prélevées dans la même nappe.**

**Pour rappel, aucun recyclage hydraulique et thermique n’a été observé depuis la mise en fonctionnement de l’installation d’ORANGE en janvier 2024.**

### ➤ Impacts thermiques

Les résultats des simulations sont présentés à la fin du mois de décembre, après 5 ans d’exploitation. Pour rappel, les installations ORANGE et DALKIA fonctionnent uniquement en mode rafraîchissement sans modification des deltas de température (ORANGE) ou de la température de rejet (DALKIA) tout au long de l’année. Aussi, il n’y a pas d’intérêt de présenter différentes périodes de l’année.

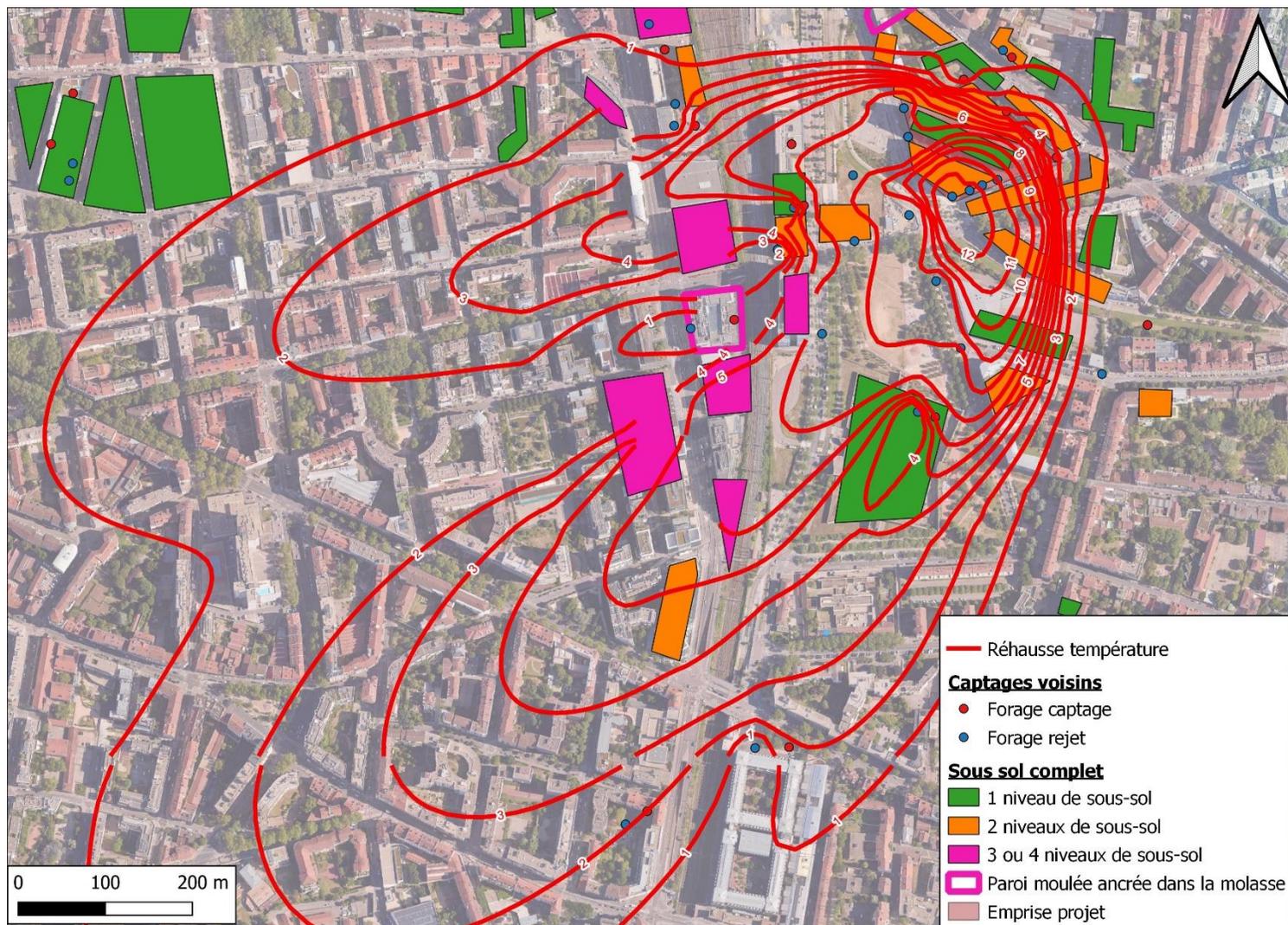


Figure 32 : Influence thermique sur la nappe après 5 années de fonctionnement – Installations ORANGE et DALKIA

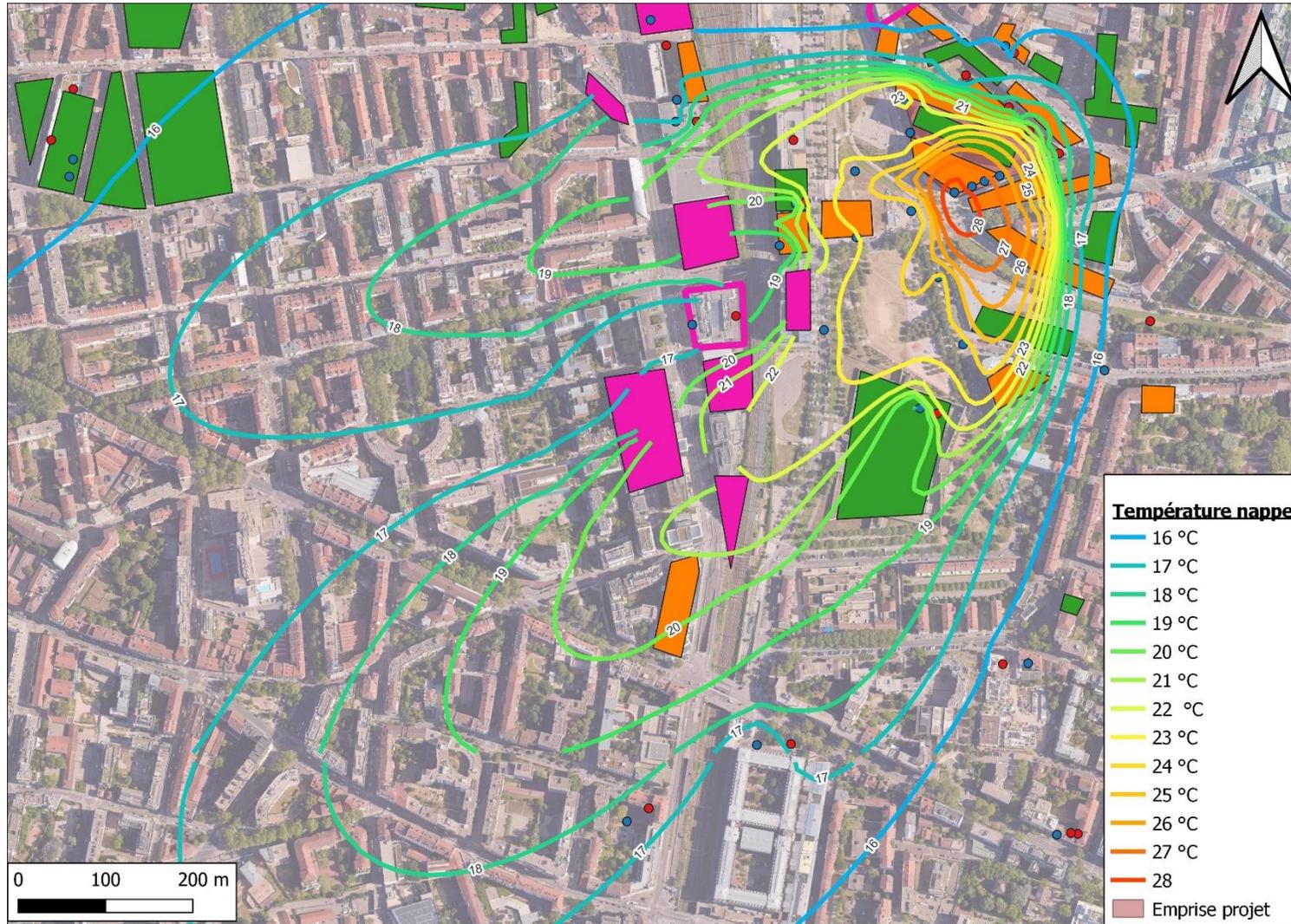


Figure 33 : Température simulée de la nappe après 5 années de fonctionnement – Installations ORANGE et DALKIA

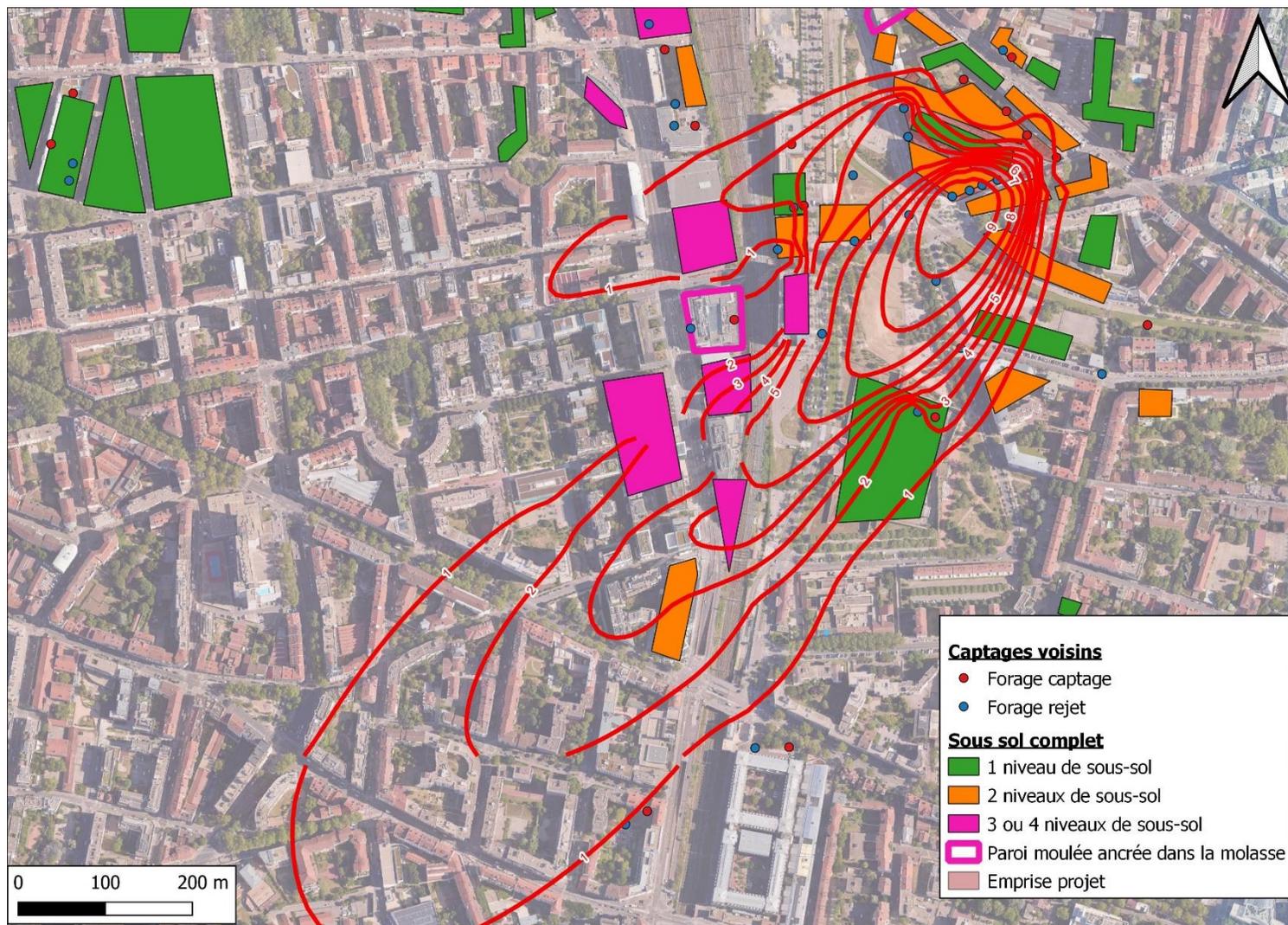


Figure 34 : Influence thermique sur la nappe après 5 années de fonctionnement – Installations ORANGE et LPA

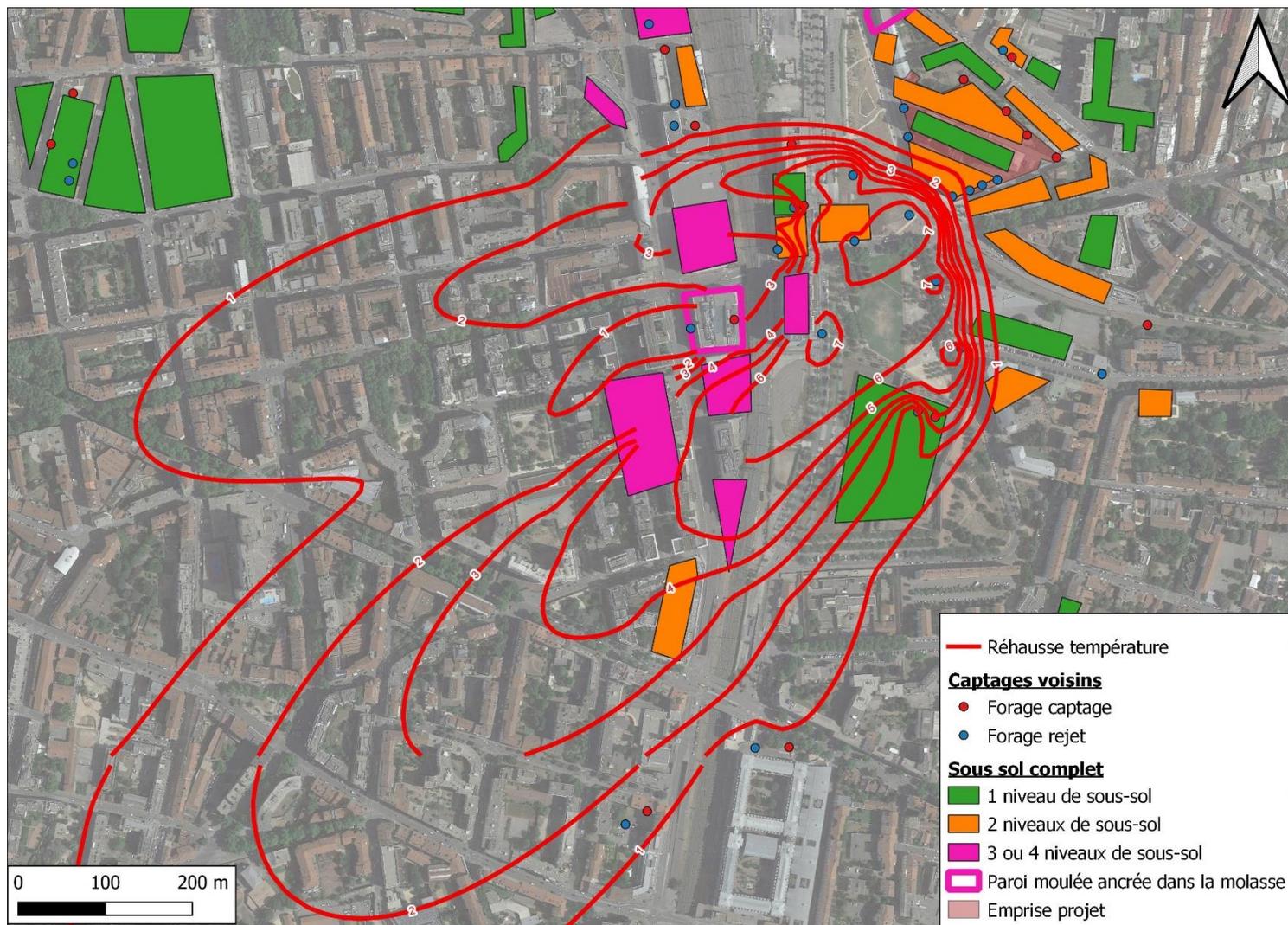


Figure 35 : Influence thermique sur la nappe après 5 années de fonctionnement – Installations DALKIA et LPA

**Pour le scénario 1 ORANGE + DALKIA (Figure 32 et Figure 33) :**

Un faible recyclage thermique est mis en évidence au sein de l’installation ORANGE dû notamment à la création locale d’un dôme piézométrique par le fonctionnement des forages DALKIA. Les eaux de captage conservent une température de l’ordre de 16 à 18°C sauf C2N situé le plus proche des rejets avec une température de 20 °C.

Les eaux rejetées au niveau de l’installation DALKIA restent toujours proche d’une température de 23,4°C soit un delta température de +8°C environ par rapport à la température de base. Aussi, un panache de chaleur est automatiquement créé dans la zone de rejet DALKIA.

Les eaux rejetées au niveau de l’installation ORANGE atteignent 28 °C, soit un delta température de +12°C au maximum en fin de simulation, conformément aux deltas de température appliqués aux rejets. Ce panache de chaud ne s’étend pas en aval de la central froid DALKIA puisque les forages DALKIA créent une « barrière » thermique.

A l’échelle de la zone d’étude, le panache thermique s’étend selon le sens d’écoulement des eaux souterraines et les distances maximales des réhausses thermiques observées sont résumées dans le Tableau 18.

**Tableau 18 : Réhausses thermiques simulées selon la distance au site Lacassagne**

Scénario	ORANGE + DALKIA	ORANGE + LPA	DALKIA + LPA
<b>Réhausse thermique simulée</b>	<b>Distance en m du site Lacassagne</b>		
+7 °C	330 m	240 m	250 m
+ 5 °C	610 m	410 m	500 m
+2 °C	1 100 m	840 m	1 100 m
+1 °C	1 400 m	1 100 m	1 400 m

Ce tableau montre qu’à l’aval hydraulique des puits de rejet DALKIA, l’installation d’ORANGE n’a aucun effet sur la diffusion du panache thermique. En effet, le panache thermique est similaire avec (scénario 1) ou sans (scénario 3) le fonctionnement des forages ORANGE.

Les installations voisines les plus impactées sont celles situées en aval hydraulique (Fort Monluc, ATRIUM et Equinoxe) avec une réhausse thermique de l’ordre de +3 °C à +5°C au niveau de leur installation. Le fonctionnement de ces doublets géothermiques sera incontestablement perturbé. La contribution d’ORANGE à ce réchauffement apparaît secondaire vis-à-vis de celle de DALKIA.

**Pour le scénario 2 ORANGE + LPA (Figure 34) :**

Il n’y a aucun recyclage thermique au droit du site ORANGE et le panache thermique s’étend naturellement selon le sens d’écoulement des eaux souterraines.

L’installation ORANGE réchauffe localement la nappe de +9°C au droit de la zone de rejet et les distances de propagation du panache thermique sont résumées dans le tableau précédent.

**Pour le scénario 3 DALKIA + LPA (Figure 35) :**

Il y a également absence de recyclage thermique puisque les forages de captages ORANGE sont à l’arrêt. L’installation DALKIA réchauffe localement la nappe de +7°C au droit de la zone de rejet et les distances de propagation du panache thermique sont résumées dans le tableau précédent.

**Comme mentionné précédemment, la propagation du panache thermique en aval de l’installation DALKIA est majoritairement induite par les forages DALKIA.**

### ➤ **Evolution des températures simulées**

Le graphique ci-après présente l’évolution des températures simulées sur une période de fonctionnement de 5 ans au droit du projet.

D’après la simulation, on observe au droit du site de projet :

- Une augmentation rapide des températures de captage et de rejet lors de la première année de fonctionnement avec une augmentation de l’ordre de +5°C à +10°C pour les forages de rejet par rapport à la température initiale et de l’ordre de +1°C à +3°C pour les forages de captage. Ce phénomène est dû au fait que les installations DALKIA et ORANGE ont uniquement des besoins de rafraîchissement ;
- L’évolution des températures se stabilisent après 1,5 ans de fonctionnement environ puisque l’augmentation simulée est de l’ordre de +1°C au maximum entre la 1<sup>ère</sup> année et la 5<sup>e</sup> année de fonctionnement ;
- La stabilisation des températures des eaux pompé/réinjectés met en évidence l’absence de recyclage thermique ;
- La température moyenne des forages de captage atteint 18 °C tandis que celle des rejets est compris entre 23 et 29 °C selon le delta de température et le débit de réinjection considérés.

**Pour conclure, la modélisation a mis en évidence l’influence thermique suivante :**

- **Aucun recyclage thermique au droit du site Lacassagne et une stabilisation des températures de captage/rejet est observée après 1,5 ans de fonctionnement ;**
- **L’augmentation de température atteint +5 à +10 °C au niveau des forages de rejet ORANGE et est constante à +8 °C au niveau des forages de rejet DALKIA ;**
- **Les températures de rejet établies peuvent atteindre 29 °C ;**
- **D’après le recensement des ouvrages existants, les installations voisines les plus impactées par le panache d’eau chaude sont celles situées en aval hydraulique avec une réhausse thermique de l’ordre de +3 °C à +5 °C ;**
- **L’extension du panache thermique en aval hydraulique est majoritairement induite par les forages de rejet DALKIA.**

**La modélisation donne des résultats sécuritaires par rapport aux données réellement observées au droit du site depuis janvier 2024 avec l’absence totale de recyclage thermique et hydraulique.**

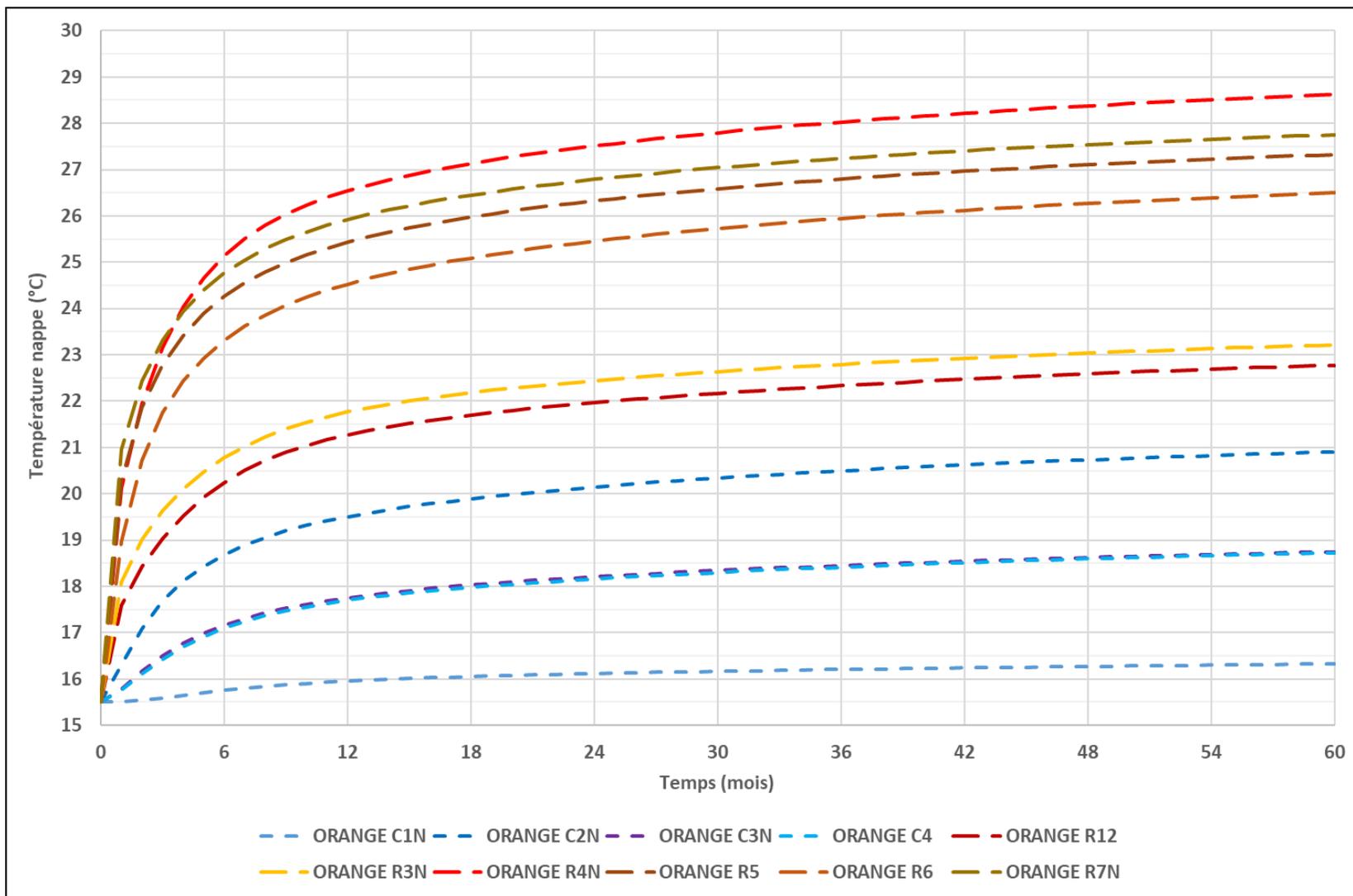


Figure 36 : Chroniques simulées de la température mesurée au droit des forages de l’installation ORANGE

### 2.5.3.5. Impact sur la qualité des eaux souterraines

La nappe contenue dans les alluvions du Rhône est relativement vulnérable du fait de sa faible profondeur et de l’absence de recouvrement imperméable,

#### ➤ En phase travaux

En phase travaux, toutes les mesures ont été prises pour éviter la pollution des eaux souterraines par les engins de chantiers et les déchets liés aux travaux.

#### ➤ En phase exploitation

La conception des ouvrages et leur protection (cimentation annulaire, massif filtrant, nature des matériaux mis en œuvre – inox, tampon de fermeture du regard de visite, puisards) permettent de prélever une eau claire sans particule en suspension et donc un rejet avec une eau claire et sans particule, d’autant plus que l’eau aura au préalable alimentée l’installation thermique et sera donc passée sur différents filtres et échangeurs, Ces aménagements permettent également d’éviter toute problématique de contamination de la nappe des eaux superficielles.

L’installation ne constitue pas un risque du point de vue de la qualité des eaux rejetées car il n’y a aucune modification de la qualité physico-chimique de l’eau au passage dans les échangeurs (hormis la température),

D’après les résultats de simulations, une légère augmentation des niveaux piézométriques de l’ordre de quelques centimètres pourrait être observée au droit des forages de réinjection. Cette réhausse est anecdotique par rapport aux variations saisonnières de la nappe pouvant atteindre 1 m. Aussi, le fonctionnement de l’installation n’induit pas la mobilisation de polluants des sols.

L’augmentation locale de la température de la nappe liée au rejet d’eau peut exercer une influence sur l’équilibre physico-chimique des eaux souterraines. Une augmentation de température peut ainsi être à l’origine de précipitations dues à la modification de l’équilibre calco-carbonique, et parfois d’un développement bactérien anormal. Pour rappel, l’analyse récente des eaux souterraines au droit du site a mis en évidence la conformité qualitative des eaux avec un usage géothermique jusqu’à une température de 30 °C. Toutefois, les ouvrages feront l’objet d’inspection vidéo régulières et de régénération au besoin.

### 2.5.3.6. Synthèse des impacts sur les eaux souterraines

En phase chantier, la méthode de foration choisie étant la méthode BENOTO, aucun impact qualitatif n’a eu lieu sur la nappe (pas de boue de forage).

Le volume total prélevé ponctuellement dans la nappe des alluvions du Rhône à la suite des pompages d’essais est de l’ordre de 32 200 m<sup>3</sup> répartis sur plusieurs périodes de test. Les eaux pompées au droit des forages ont été rejetées après décantation au réseau d’eau pluviale après vérification que celui-ci le permettait (accord du gestionnaire) ou ont été réinjectés dans les forages de rejet. Les eaux étaient claires et propres.

En phase exploitation, d’après les simulations numériques réalisées avec le logiciel Marthe :

- D’un point de vue quantitatif :
  - L’équilibre hydraulique du projet est nul (volume prélevé = volume réinjecté) ;
- D’un point de vue thermique :
  - Aucun recyclage thermique n’est mis en évidence au droit du site Lacassagne et une stabilisation des températures de captage/rejet est observée après 1,5 ans de fonctionnement ;

- L’augmentation de température atteint +10 °C au niveau des forages de rejet ORANGE et est constante à +8 °C au niveau des forages de rejet DALKIA ;
- Les températures de rejet établies peuvent atteindre 29 °C ;
- Les rejets DALKIA engendrent la création d’un dôme piézométrique avec une inversion locale du gradient hydraulique de la nappe ;
- D’après le recensement des ouvrages existants, les installations voisines les plus impactées par le panache d’eau chaude sont celles situées en aval hydraulique avec une réhausse thermique de l’ordre de +3 °C à +5 °C ;
- L’extension du panache thermique en aval hydraulique est majoritairement induite par les forages de rejet DALKIA ;

**La conception et la protection des ouvrages, ainsi que le fonctionnement de l’installation géothermique, permettent de préserver la qualité des eaux souterraines.**

#### **2.5.4. Incidence du projet sur le climat et vulnérabilité au changement climatique**

L’utilisation de la géothermie pour le chauffage et le rafraîchissement rentre dans une démarche de développement durable,

Cette ressource est :

- Ecologique. Son mode d’exploitation n’engendre que peu d’émissions de gaz à effet de serre, les seules consommations d’électricité sont liées au fonctionnement de la pompe hydraulique et de la pompe à chaleur,
- Locale. La géothermie, par nature, est consommée là où elle est produite. Elle a donc l’avantage de n’engendrer aucune perte d’énergie ni de pollution liée à son transport ;
- Renouvelable. La géothermie ne se vide pas de son réservoir au fur et à mesure que l’on s’en sert. L’eau présente dans l’aquifère se recharge naturellement par les précipitations et les apports des cours d’eau.

L’incidence du projet sur le climat est donc très réduite par rapport à d’autres installations énergétiques (électriques, gaz, ...).

Des projections climatiques indiquant la variation de température de l’atmosphère à plusieurs horizons sont disponibles sur le site internet <http://www.drias-climat.fr/>. Pour un scénario d’émissions non réduites (RCP8.5 : Scénario le plus pessimiste, sans politique climatique), à un horizon moyen (2041-2070), l’augmentation de la température moyenne annuelle de l’air ambiant serait de l’ordre de 2,3°C sur le secteur lyonnais.

Une étude menée conjointement par le CEREMA, le BRGM, la DREAL et la région Auvergne-Rhône-Alpes et concernant l’état des lieux du réchauffement de la nappe Lyonnaise est en cours. Il est indiqué sur le site internet du CEREMA que « ces dernières années, les réseaux de surveillance de Grand Lyon Métropole et de la ville de Lyon indiquent un réchauffement de la température des eaux souterraines de l’ordre de 0,2 °C par an en moyenne. » Ce constat semble être à l’origine de l’étude de réchauffement de la nappe lyonnaise et notamment de la réalisation d’une modélisation 3D des écoulements et de la température des eaux souterraines par le CEREMA. Les premiers résultats sont consultables sur le site suivant : <https://www.cerema.fr/fr/actualites/determination-du-rechauffement-nappe-eau-souterraine-lyon>.

Les résultats simulés indiquent une augmentation des températures de nappe au bout de 25 années comprise entre +3 et +4,5 °C environ au droit du site Lacassagne, causée par les activités anthropiques et les constructions souterraines (Figure 37). Cette valeur reste une estimation établie à partir d’une modélisation qui considère certaines hypothèses pessimistes et discutables.

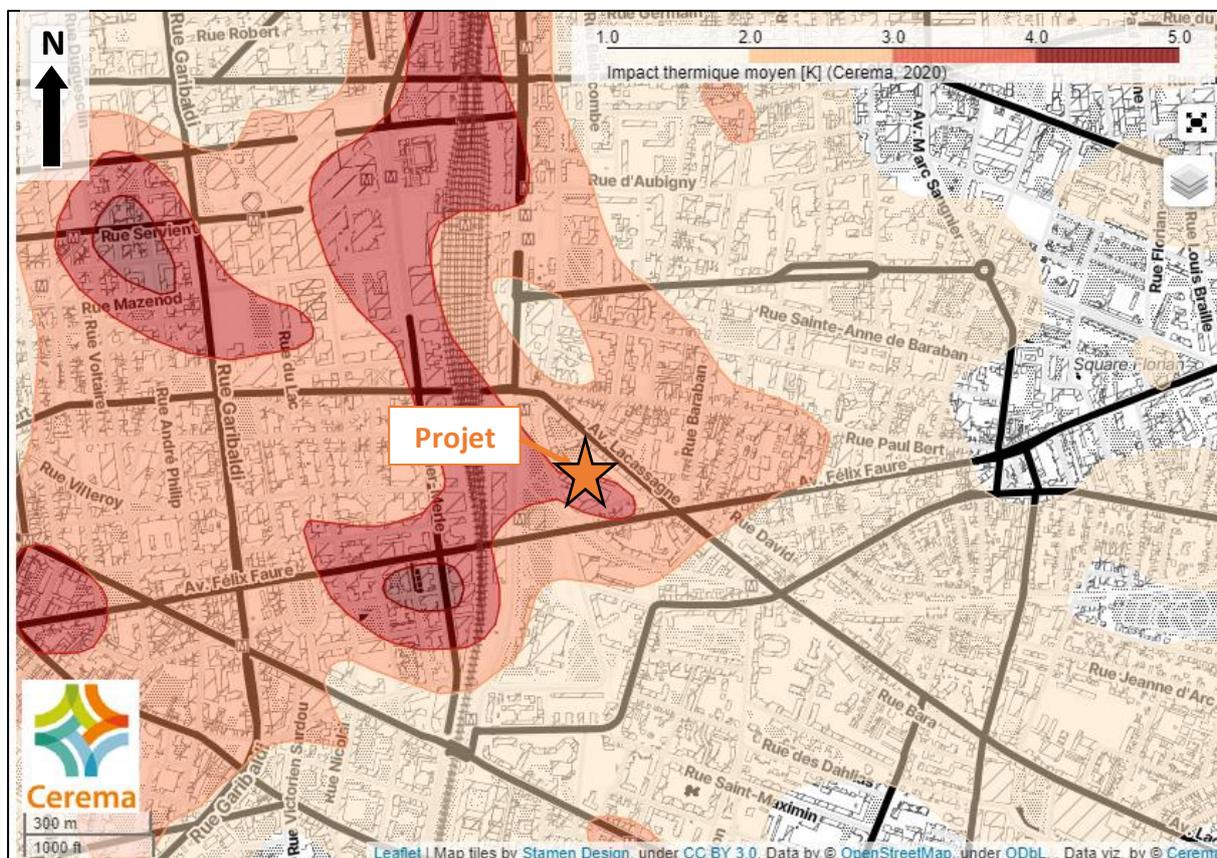


Figure 37 : Réchauffement de la nappe lyonnaise causé par les activités anthropiques et les constructions souterraines (Source : CEREMA)

En considérant que la température des eaux souterraines augmente autant que la température atmosphérique (cas sécuritaire), d’après les données du Drias pour un scénario d’émissions non réduites à un horizon moyen (2041-2070), l’augmentation de la température des eaux souterraines d’ici 30 ans (durée du titre sollicité) serait de l’ordre de 2°C. Une telle augmentation est acceptable pour les pompes à chaleur commercialisées de nos jours.

En fonction de l’exploitation connue à ce jour et des équipements en place, l’installation, depuis sa mise en place, fait déjà face à une augmentation des températures de l’eau prélevée en nappe (+2 °C à + 4°C). Cette augmentation des températures de prélèvement n’avait pas nécessité une maintenance plus régulière des installations en place et l’installation avait fonctionné normalement en répondant aux besoins énergétiques du site. D’après ce retour d’expérience, l’installation a la capacité de fonctionner de manière satisfaisante avec des températures de prélèvement des eaux souterraines plus importantes.

### 2.5.5. Impact sur la qualité du sol

Des études de sol ont été réalisées en 2015 au droit du site, lors de la réalisation des nouveaux bâtiments Nord et Sud. Il n’y a pas eu d’études de sol pour la réalisation des nouveaux forages géothermiques. Pour rappel, les études de 2015 avaient mis en évidence trois échantillons de sols dans les remblais supérieurs aux critères d’acceptation en ISDI, la présence de composés volatils et de

métaux lourds sur la moitié des échantillons. Pour les eaux souterraines, les analyses avaient mis en évidence la présence de composés métalliques et organiques volatils inférieures aux limites de qualité des eaux brutes. Une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires avait donc été réalisée et avait permis de conclure que l’état environnemental du site était compatible avec l’usage tertiaire envisagé.

En phase travaux, toutes les mesures ont été prises pour éviter la pollution des sols par les engins de chantiers et les déchets liés aux travaux. Les déblais produits par les travaux forage ont été mis en benne et envoyés dans un centre adapté.

En phase exploitation, les sols ne sont pas remaniés et il n’y a aucun impact sur les sols. Par ailleurs, les forages sont équipés et sécurisés afin d’être protégés de tout risque d’infiltration de polluants.

### **2.5.6. Impact sur le milieu naturel**

L’implantation des zones Natura 2000 et des ZNIEFF les placent hors de toute influence potentielle de l’exploitation géothermique du site Lacassagne (Figure 22).

Aucun impact spécifique n’est à considérer sur les zones naturelles recensées.

L’exploitation géothermique du site Lacassagne concernant le milieu souterrain, aucun impact n’est identifié sur les paysages.

Le site étudié étant situé en zone urbaine, il n’a pas d’effet sur le Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE).

Par ailleurs, l’installation géothermique n’aura pas d’impact temporaire ou permanent sur les aléas inondation, séisme, mouvements de terrains, gonflement des argiles et cavités souterraines.

### **2.5.7. Impact sur les structures et ouvrages voisins**

L’ensemble de l’installation géothermique (forages, plomberie et local technique) sont installés sur les parcelles du site de Lacassagne.

Par ailleurs, les forages ont été conçus selon les normes en vigueur, de manière à ne solliciter que la nappe et ne pas entraîner l’arrivée d’éléments fins (sables). Une attention particulière a été portée lors de la réalisation des forages afin d’adapter l’équipement (crépines et massif filtrant) en fonction des terrains sollicités.

D’après les simulations :

- Les impacts hydrauliques sont minimales et sont localisées au niveau des zones de rejet. Cette réhausse est négligeable par rapport aux variations saisonnières de la nappe.
- L’extension du panache thermique en aval est résumée dans le Tableau 18 ;
- Les installations voisines les plus impactées sont situées en aval hydraulique : Fort Montluc, ATRIUM et Equinoxe. La réhausse thermique théorique au droit de ces installations est comprise entre +3°C et +5°C.

## 2.5.8. Compatibilité règlementaire

### 2.5.8.1. Périmètres de protection des captages AEP

Les forages sont situés en dehors de tout périmètre de protection de captage AEP.

### 2.5.8.2. Etat des masses d’eau

L’exploitation géothermique du site ne créant aucun impact quantitatif ou qualitatif sur les eaux souterraines et superficielles, elle apparaît compatible avec les objectifs fixés pour la masse d’eau souterraine sollicitée (nappe alluviale du Rhône).

### 2.5.8.3. Compatibilité avec la Directive Cadre Européenne

#### 2.5.8.3.1. Présentation

La Directive Cadre Européenne définit deux principes :

- Lutter contre le déversement de substances dangereuses ou polluantes dont le cadmium, le mercure et les composés du tributylétain ;
- Définir des normes de qualité sur des zones spécifiques ou pour des usages particuliers,

L’objectif de cette directive est donc de parvenir à un "bon état des eaux", c'est-à-dire :

- Restaurer, améliorer et protéger les eaux de surface et souterraines en arrêtant un cadre destiné à prévenir de toute nouvelle détérioration en vue de parvenir à un bon état des eaux en 2015 (un second plan de gestion et de mesure a été lancé en 2015 pour atteindre les objectifs d’ici la dernière échéance en 2027) ;
- Protéger les écosystèmes ;
- Promouvoir un usage durable de l'eau ;
- Contribuer à une lutte contre les inondations et la sécheresse ;
- Mettre fin à l'utilisation de substances dangereuses dans le milieu naturel,

La directive cadre conduit à déterminer et à anticiper la détérioration des usages de l'eau afin de parvenir à un état des eaux satisfaisant.

#### 2.5.8.3.2. Compatibilité

L’exploitation géothermique du site est compatible avec les objectifs de la directive cadre européenne qui visent, entre autres, à améliorer et protéger les eaux de surface et souterraines et à promouvoir un usage durable de l’eau car tant au niveau quantitatif que qualitatif, les incidences sur le milieu récepteur sont très faibles.

La zone étudiée se situe à environ 500 m à l’ouest du SAGE de l’Est Lyonnais et n’est donc pas soumise aux objectifs de celui-ci.

**L’exploitation projetée respecte les objectifs et principes de la Directive Cadre Européenne,**

### 2.5.8.1. Articles D.211-10 du Code de l’Environnement

#### 2.5.8.1.1. Présentation

Les articles D.211-10 du Code de l’Environnement fixent des objectifs de qualité assignés aux eaux superficielles en fonction des usages (vie piscicole, production d’eau alimentaire, baignade) en vue d’assurer une amélioration continue de l’environnement.

#### 2.5.8.1.2. Compatibilité

L’exploitation géothermique du site est compatible avec cet article dans la mesure où elle ne conduira pas à déclasser la qualité des eaux de surface et souterraines et ne créera pas d’obstacle à la continuité piscicole.

**L’exploitation géothermique du site est donc compatible avec les objectifs de l’article D.211-10 du Code de l’Environnement.**

## 2.5.8.2. Compatibilité avec l’article L.211-1 du Code de l’Environnement

### 2.5.8.2.1. Présentation

L’article L.211-1 du code de l’environnement a pour objet une gestion équilibrée de la ressource en eau.

Cette gestion équilibrée vise à assurer :

- La préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides ;
- La protection des eaux et la lutte contre toute pollution par déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et plus généralement par tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse des eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales ;
- La restauration de la qualité de ces eaux et leur régénération ;
- Le développement et la protection de la ressource en eau ;
- La valorisation de l'eau comme ressource économique et, en particulier, pour le développement de la production d'électricité d'origine renouvelable ainsi que la répartition de cette ressource.

La gestion équilibrée doit permettre de satisfaire ou concilier, lors des différents usages, activités ou travaux, les exigences :

- De la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile et de l'alimentation en eau potable de la population ;
- De la vie biologique du milieu récepteur, et spécialement de la faune piscicole ;
- De la conservation et du libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations ;
- De l'agriculture, des pêches et des cultures marines, de la pêche en eau douce, de l'industrie, de la production d'énergie, et en particulier pour assurer la sécurité du système électrique, des transports, du tourisme, de la protection des sites, des loisirs et des sports nautiques ainsi que de toutes autres activités humaines légalement exercées.

### 2.5.8.2.2. Compatibilité

L’exploitation géothermique du site est compatible avec l’article L.211-1 du code de l’environnement dans la mesure où elle ne dégrade pas les écosystèmes aquatiques,

	Objectif de l’article L.211-1 du code de l’environnement	Compatibilité
1	Préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides	L’exploitation géothermique du site ne porte pas atteinte aux eaux superficielles. De plus, aucune zone humide n’a été touchée par les travaux.
2	Protection des eaux et la lutte contre toute pollution par déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et plus généralement par tout fait susceptible de provoquer ou d’accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu’il s’agisse des eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales	Ni le Rhône, ni la Saône ne sont dégradés par l’exploitation géothermique du site. Toutes les mesures ont été prises dans la conception des ouvrages pour protéger la qualité des eaux souterraines. L’exploitation de l’installation géothermique conduit à une réinjection d’eau plus ou moins chaude mais ne conduit pas à dégrader la qualité des eaux souterraines pompées et rejetées en nappe.
3	Restauration de la qualité de ces eaux et leur régénération	Non concerné
4	Développement et la protection de la ressource en eau	Toutes les mesures ont été prises pour préserver la qualité des eaux.
5	Valorisation de l’eau comme ressource économique et, en particulier, pour le développement de la production d’électricité d’origine renouvelable ainsi que la répartition de cette ressource.	L’installation du site répond complètement à cet objectif en utilisant les eaux souterraines pour l’alimentation d’une installation thermique.

Tableau 19 : Compatibilité du projet avec l’article L.211-1

**Le projet est compatible avec les objectifs de l’article L.211-1 du Code de l’Environnement.**

### 2.5.8.3. Compatibilité avec le SDAGE Rhône – Méditerranée 2022-2027

#### 2.5.8.3.1. Présentation des objectifs du SDAGE

Un SDAGE (Schéma Directeur d’Aménagement et de Gestion des Eaux) est un document public élaboré à l’échelle d’un grand bassin hydrographique (au nombre de six en France) qui fixe les orientations fondamentales d’une gestion équilibrée de la ressource en eau et des objectifs en termes de qualité et de quantité des eaux. Une fois arrêté par le bassin, le SDAGE devient un cadre légal et obligatoire avec lequel doivent être compatibles les décisions et les projets élaborés dans le domaine de l’eau. Les orientations fondamentales du SDAGE et les dispositions sont opposables aux décisions administratives dans le domaine de l’eau (réglementation locale, programme d’aide financières, ...), aux SAGE et à certains documents tels que les plans locaux d’urbanisme, les schémas de cohérence territoriale et les schémas départementaux de carrière.

Le projet se situe dans la zone d’application du SDAGE Rhône Méditerranée et Corse, définie pour la période 2022-2027 (arrêté par le préfet coordonnateur de bassin le 21 mars 2022 après avis favorable du comité de bassin le 18 mars 2022). Le SDAGE détermine pour une période de 6 ans les grandes orientations pour une gestion équilibrée de la ressource en eau, ainsi que les objectifs de qualité des milieux aquatiques et de quantité des eaux à maintenir ou à atteindre.

Le SDAGE 2022-2027 comprend 9 orientations fondamentales. Les intitulés et l’organisation générale des orientations fondamentales du SDAGE 2016-2021 sont conservés, avec quelques ajustements.

Les 9 orientations fondamentales du SDAGE 2022- 2027 sont, pour le bassin Rhône-Méditerranée :

- OF0 : Adaptation au changement climatique ;
- OF1 : Prévention ;

- OF2 : Non dégradation ;
- OF3 : Enjeux sociaux et économiques ;
- OF4 : Gouvernance locale et gestion intégrée des enjeux ;
- OF5 : Lutte contre les pollutions ;
- OF6 : Fonctionnement des milieux aquatiques et des zones humides ;
- OF7 : Equilibre quantitatif ;
- OF8 : Gestion des inondations.

Le SDAGE définit également des principes de gestion spécifiques des différents milieux : eaux souterraines, cours d’eau de montagne, grands lacs alpins, rivières à régime méditerranéen, lagunes, littoral.

**Tableau 20 : Articulation du projet avec le SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée 2022-2027**

Orientations et dispositions	Projet
<b>ORIENTATION FONDAMENTALE 0 : S’ADAPTER AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE</b>	
Disposition 0-01 : Agir plus vite et plus fort face au changement climatique	Les dispositions de cette orientation concernent les pouvoirs publics.  Le choix de la géothermie sur nappe s’inscrit dans une démarche globale de protection de l’environnement.
Disposition 0-02 : Développer la prospective en appui à la mise en œuvre des stratégies d’adaptation	
Disposition 0-03 : Eclairer la décision sur le recours aux aménagements nouveaux et infrastructures pour s’adapter au changement climatique	
Disposition 0-04 : Affiner la connaissance pour réduire les marges d’incertitude et proposer des mesures d’adaptation efficaces	
<b>ORIENTATION FONDAMENTALE 1 : PRIVILEGIER LA PREVENTION ET LES INTERVENTIONS A LA SOURCE POUR PLUS D’EFFICACITE</b>	
Les dispositions de cette orientation concernent les pouvoirs publics,	
<b>ORIENTATION FONDAMENTALE 2 : CONCRETISER LA MISE EN ŒUVRE DU PRINCIPE DE NON-DEGRADATION DES MILIEUX AQUATIQUES</b>	
Disposition 2-01 : Mettre en œuvre de manière exemplaire la séquence « éviter-réduire-compenser »	Les dispositions de cette orientation concernent les pouvoirs publics.
Disposition 2-02 : Évaluer et suivre les impacts	
Disposition 2-03 : Contribuer à la mise en œuvre du principe de non-dégradation via les SAGE et contrats de milieu	
Disposition 2-04 Sensibiliser les maîtres d’ouvrages en amont des procédures règlementaires sur les enjeux environnementaux à prendre en compte	
<b>ORIENTATION FONDAMENTALE 3 : PRENDRE EN COMPTE LES ENJEUX ECONOMIQUES ET SOCIAUX DES POLITIQUES DE L’EAU</b>	
Les dispositions de cette orientation concernent les pouvoirs publics.	
<b>ORIENTATION FONDAMENTALE 4 : RENFORCER LA GOURVERNANCE LOCALE DE L’EAU POUR ASSURER UNE GESTION INTEGREE DES ENJEUX</b>	
Les dispositions de cette orientation concernent les pouvoirs publics.	

Orientations et dispositions	Projet
<b>ORIENTATION FONDAMENTALE 5 : LUTTER CONTRE LES POLLUTIONS EN METTANT LA PRIORITE SUR LES POLLUTIONS PAR LES SUBSTANCES DANGEREUSES ET LA PROTECTION DE LA SANTE</b>	
<b>Orientation fondamentale 5A : Poursuivre les efforts de lutte contre les pollutions d’origine domestique et industrielle</b>	
Disposition 5A-01 : Prévoir des dispositifs de réduction des pollutions garantissant l’atteinte et le maintien à long terme du bon état des eaux	Sans objet
Disposition 5A-02 : Pour les milieux particulièrement sensibles aux pollutions, adapter les conditions de rejet en s’appuyant sur la notion de « flux admissible »	Le projet de géothermie sur nappe prélève les eaux dans l’aquifère superficiel des alluvions, les fait transiter dans des échangeurs thermiques et rejette les eaux dans le même aquifère. L’eau prélevée n’est en contact avec aucun autre fluide. Sa qualité n’est pas altérée par l’installation géothermique. Seule la température des eaux varie entre le point de prélèvement et les points de réinjection.
Disposition 5A-03 : Réduire la pollution par temps de pluie en zone urbaine	Un dispositif de gestion des eaux pluviales à la parcelle a été mis en œuvre pour gérer les eaux au droit du site.
Disposition 5A-04 : Eviter, réduire et compenser l’impact des nouvelles surfaces imperméabilisées	L’installation géothermique a été mise en place dans le cadre d’un projet de réaménagement comprenant la modification de l’emprise du site (rétrocession d’une partie du terrain à la Métropole du Grand Lyon et la vente d’une autre partie pour la création de logements) et la construction de deux bâtiments au droit du site existant.  Les surfaces perméables et semi-perméables ont été optimisées au droit du site (toitures végétalisées, dalles, pavées enherbées, ...).
Disposition 5A-05 : Adapter les dispositifs en milieu rural en confortant les services d’assistance technique	
Disposition 5A-06 : Établir et mettre en œuvre des schémas directeurs d’assainissement qui intègrent les objectifs du SDAGE	Cette disposition concerne les pouvoirs publics.
Disposition 5A-07 : Réduire les pollutions en milieu marin	Sans objet
<b>Orientation fondamentale 5B : Lutter contre l’eutrophisation des milieux aquatiques</b>	
Disposition 5B-01 : Anticiper pour assurer la non-dégradation des milieux aquatiques fragiles vis-à-vis des phénomènes d’eutrophisation	
Disposition 5B-02 : Restaurer les milieux dégradés en agissant de façon coordonnée à l’échelle du bassin versant	
Disposition 5B-03 : Réduire les apports en phosphore et en azote dans les milieux aquatiques fragiles vis-à-vis des phénomènes d’eutrophisation	Ces dispositions concernent les pouvoirs publics.
Disposition 5B-04 : Engager des actions de restauration physique des milieux et d’amélioration de l’hydrologie	

Orientations et dispositions	Projet
<u>Orientation fondamentale 5C : Lutter contre les pollutions par les substances dangereuses</u>	
5C – A, Réduire les émissions et éviter les dégradations chroniques	
Disposition 5C-01 : Décliner les objectifs de réduction nationaux des émissions de substances au niveau du bassin	Ces dispositions concernent les pouvoirs publics.
Disposition 5C-02 : Développer des approches territoriales pour réduire les émissions de substances dangereuses et le niveau d’imprégnation des milieux	
Disposition 5C-03 : Réduire les pollutions que concentrent les agglomérations	
Disposition 5C-04 : Conforter et appliquer les règles d’une gestion précautionneuse des travaux sur les sédiments aquatiques contaminés	Sans objet
Disposition 5C-05 : Maitriser et réduire l’impact des pollutions historiques	Le site se trouve au droit d’une zone industrielle. Les études environnementales réalisées en 2015 ont mis en évidence un état environnemental conforme à l’usage tertiaire du site. L’installation géothermique n’est pas génératrice de pollution dans le milieu naturel en phase travaux ou en phase d’exploitation.
5-B, Sensibiliser et mobiliser les acteurs	
Disposition 5C-06 : Intégrer la problématique "substances dangereuses" dans le cadre des SAGE et des dispositifs contractuels	Ces dispositions concernent les pouvoirs publics.
5-C, Améliorer les connaissances nécessaires à la mise en œuvre d’actions opérationnelles	
Disposition 5C-07 : Valoriser les connaissances acquises et assurer une veille scientifique sur les pollutions émergentes, pour guider l’action et évaluer les progrès accomplis	Ces dispositions concernent les pouvoirs publics.
<u>Orientation fondamentale 5D : Lutter contre la pollution par les pesticides par des changements conséquents dans les pratiques actuelles</u>	
Sans objet	
<u>Orientation fondamentale 5E : Évaluer, prévenir et maitriser les risques pour la santé humaine</u>	
Disposition 5E-01 : Protéger les ressources stratégiques pour l’alimentation en eau potable	Ces dispositions concernent les pouvoirs publics.  Le projet n’est pas situé à proximité de périmètres de protection de captage AEP.
Disposition 5E-02 : Délimiter les aires d’alimentation des captages d’eau potable prioritaires, pollués par les nitrates ou les pesticides, et restaurer leur qualité	
Disposition 5E-03 : Renforcer les actions préventives de protection des captages d’eau potable	
Disposition 5E-04 : Restaurer la qualité des captages d’eau potable pollués par les nitrates par des zones d’actions renforcées	

Orientations et dispositions	Projet
<b>ORIENTATION FONDAMENTALE 6 : PRESERVER ET RESTAURER LE FONCTIONNEMENT DES MILIEUX AQUATIQUES ET DES ZONES HUMIDES</b>	
<u>Orientation fondamentale 6A : Agir sur la morphologie et le décloisonnement pour préserver et restaurer les milieux aquatiques</u>	
Sans objet	
<u>Orientation fondamentale 6B : Préserver, restaurer et gérer les zones humides</u>	
Sans objet, le projet se situe en dehors d'une zone humide.	
<u>Orientation fondamentale 6C : Intégrer la gestion des espèces de la faune et de la flore dans les politiques de gestion de l'eau</u>	
Ces dispositions concernent les pouvoirs publics.	
<b>ORIENTATION FONDAMENTALE 7 : ATTEINDRE ET PRESERVER L'EQUILIBRE QUANTITATIF EN AMELIORANT LE PARTAGE DE LA RESSOURCE EN EAU ET EN ANTICIPANT L'AVENIR</b>	
<u>Orientation fondamentale 7A : Concrétiser les actions de partage de la ressource et d'économie d'eau dans les secteurs en déséquilibre quantitatif ou à équilibre précaire</u>	
Disposition 7-01 : Elaborer et mettre en œuvre les plans de gestion de la ressource en eau	Cette disposition concerne les pouvoirs publics.
Disposition 7-02 : Démultiplier les économies d'eau	Sans objet
Disposition 7-03 : Recourir à des ressources de substitution dans le cadre de projets de territoire	
<u>Orientation fondamentale 7B : Anticiper et s'adapter à la rareté de la ressource en eau</u>	
Disposition 7-04 : Anticiper face aux effets du changement climatique	Le choix de la géothermie sur nappe s'inscrit dans une démarche globale de protection de l'environnement.
Disposition 7-05 : Rendre compatibles les politiques d'aménagement du territoire et les usages avec la disponibilité de la ressource	L'installation de géothermie sur nappe réinjecte la totalité des volumes pompés dans le même aquifère. Aucune perte en eau n'est à relever.
Disposition 7-06 : Mieux connaître et encadrer les prélèvements à usage domestique	Sans objet
<u>Orientation fondamentale 7C : Renforcer les outils de pilotage et de suivi</u>	
Disposition 7-07 : S'assurer du retour à l'équilibre quantitatif en s'appuyant sur les principaux points de confluence du bassin et les points stratégiques de référence pour les eaux superficielles et souterraines	Cette disposition concerne les pouvoirs publics.
<b>ORIENTATION FONDAMENTALE 8 : AUGMENTER LA SECURITE DES POPULATIONS EXPOSEES AUX INONDATIONS EN TENANT COMPTE DU FONCTIONNEMENT NATUREL DES MILIEUX AQUATIQUES</b>	
<u>Orientation fondamentale 8A : Agir sur les capacités d'écoulement</u>	
Disposition 8-01 : Préserver les champs d'expansion des crues	Le projet n'est pas situé en zone inondable.
Disposition 8-02 : Rechercher la mobilisation de nouvelles capacités d'expansion des crues	Cette disposition concerne les pouvoirs publics.
Disposition 8-03 : Éviter les remblais en zones inondables	Le projet n'est pas en zone inondable.
Disposition 8-04 : Limiter la création et la rehausse des ouvrages de protection aux secteurs à risque fort et présentant des enjeux importants	

Orientations et dispositions	Projet
Disposition 8-05 : Limiter le ruissellement à la source	Les eaux pluviales sont gérées à la parcelle par un dispositif de bassins de rétention et d’infiltration.
Disposition 8-06 : Favoriser la rétention dynamique des écoulements	Les surfaces perméables et semi-perméables ont été optimisées au droit du site (toitures végétalisées, dalles, pavées enherbées, ...).
Disposition 8-07 : Restaurer les fonctionnalités naturelles des milieux qui permettent de réduire les crues et les submersions marines	Ces dispositions concernent les pouvoirs publics.
Disposition 8-08 : Préserver et améliorer la gestion de l’équilibre sédimentaire	
Disposition 8-09 : Gérer la ripisylve en tenant compte des incidences sur l’écoulement des crues et la qualité des milieux	
<u>Orientation fondamentale 8B : Prendre en compte les risques torrentiels</u>	
Sans objet : le site n’est pas implanté en zone à risque torrentiel,	
<u>Orientation fondamentale 8C : Prendre en compte l’érosion côtière du littoral</u>	
Sans objet : le site n’est pas implanté en zone littorale,	

**Tel que décrit, l’installation géothermique du site CAMPUS ORANGE est compatible avec les principes du SDAGE Rhône-Méditerranée 2022-2027.**

La température de rejet des eaux souterraines pourrait atteindre 29°C soit une valeur supérieure à la valeur seuil de 25 °C mentionné dans les critères de bon état chimique des masses d’eau. Compte tenu de l’argumentaire expliqué précédemment sur les investissements effectués pour l’installation géothermique vis-à-vis de l’arrêté de 2005, des gains environnementaux d’une telle solution et de sa nécessité pour le fonctionnement du site sensible de Lacassagne, il a été demandé de conserver une température maximale de rejet de 30 °C.

La valeur seuil des 25°C étant dépassée uniquement sur l’aile A (aile B conforme) et notamment sur le forage R7N où des essais ont été effectués par ORANGE afin de diminuer les températures de rejet par rapport au fonctionnement des machines de production.

**2.5.8.3.2. Mesure spécifique à l’échelle des alluvions du Rhône**

Du fait de l’état qualitatif médiocre de la masse d’eau FRDG384, une mesure spécifique référencée sous le code IND0601 s’y applique, Il s’agit de mettre en place des mesures visant à réduire les pollutions des "sites et sols pollués" (essentiellement liées aux sites industriels).

Cette mesure porte sur les sites en activité ou arrêtés (dont les sites orphelins) tels que les exploitations minières, les terrils, les centres de stockage, les carrières, les anciens entrepôts industriels, ... Elle consiste à mettre en place des mesures visant à réduire les pollutions associées à ces sites. Cette action concerne notamment en :

- La surveillance des eaux superficielles et souterraines potentiellement impactées par la pollution du site ou du sol ;

- Les diagnostics préalables afin d'assurer la maîtrise des rejets de matières en suspension et de mettre en place des dispositifs de rétention de ces rejets (par exemple dans le cas de l'extension de carrières en activité) ;
- Les études préalables et les travaux de remise en état (confinement de la pollution, excavation et traitement des déchets, dépollution du site par extraction et traitement de la pollution, dépollution des nappes impactées, ...).

Pour rappel, le site est une zone qui a connu plusieurs activités industrielles dont la plus récente est celle d'ORANGE. Les études de sol et d'eaux souterraines réalisées ont mis en évidence la faible présence de polluants et à des concentrations inférieures aux limites de qualités pour les eaux souterraines. Par ailleurs, les forages ont été réalisés selon la norme en vigueur afin qu'aucune contamination de la nappe ne soit possible en phase travaux ou en phase d'exploitation.

En phase d'exploitation, le circuit d'eau souterraine sera fermé entre les forages de prélèvement et les forages de rejet. Les eaux rejetées seront claires et exempt de matière en suspension.

L'exploitation de l'installation géothermique ne génère pas de pollution.

**Au vu de ces éléments, et en considérant les mesures associées au projet, ce dernier est compatible avec la disposition spécifique IND0601 associée aux orientations fondamentales du SDAGE.**

#### **2.5.8.4. Compatibilité avec un SAGE**

Le projet est situé en dehors de limite du SAGE de l'Est Lyonnais et n'est donc pas soumis aux prescriptions de celui-ci.

#### **2.5.8.5. Périmètre de ZRE**

Les zones de répartition des eaux (ZRE) sont définies en application de l'article R211-71 du code de l'environnement (CE), comme des "zones présentant une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins".

Le projet est situé en dehors du périmètre d'une ZRE.

#### **2.5.8.6. Compatibilité avec le PPRI**

Le plan de prévention des risques naturels d'inondation sur le territoire des communes du Grand Lyon exposés aux débordements directs et indirects du Rhône et de la Saône – secteur Lyon/Villeurbanne a été approuvé par l'arrêté préfectoral 2009 / 1970 (02 mars 2009). Le secteur est classé en secteur où les remontées de nappe sont potentielles, hors zone inondable (Figure 24).

Le projet d'exploitation de forages est compatible avec le règlement correspondant. Les ouvrages sont fermés afin d'empêcher les retours d'eaux superficielles dans le puits.

L'exploitation de la nappe a pour conséquences des remontées des niveaux piézométriques au droit des ouvrages de rejet. Pour pallier les niveaux piézométriques potentiellement hauts, les sous-sols des bâtiments du site Lacassagne sont rendus étanches par la mise en œuvre d'un cuvelage remonté jusqu'au terrain naturel.

#### **2.5.8.7. Compatibilité avec le PLU-H**

La zone concernée par le projet est classée en zone UEi2. Cette zone regroupe les activités économiques. Il n'y a pas d'incompatibilité du projet avec le règlement d'urbanisme.

### 2.5.8.8. Compatibilité avec le SRADDET Auvergne-Rhône-Alpes

Le SRADDET (Schéma régional d’aménagement, de développement durable et d’égalité des territoires) a été introduit par la loi NOTRe et adopté le 20 décembre 2019.

Le SRADDET Auvergne-Rhône-Alpes fixe les objectifs de moyen et longs termes en lien avec plusieurs thématiques :

- La réduction de la consommation d’espace et de l’artificialisation des sols ;
- Le développement des EnR et la maîtrise des consommations énergétiques ;
- La réduction des émissions de GES et l’adaptation au changement climatique ;
- La préservation de la biodiversité et de la ressource en eau ;
- La santé des populations ;
- La prévention et la réduction de l’exposition aux risques naturels et technologiques ;
- La gestion des déchets et le développement d’une économie circulaire.

La géothermie est une énergie renouvelable qui répond aux objectifs de développement des EnR et maîtrise des consommations énergétiques, réduction des émissions de GES et adaptation au changement climatique.

**Au vu de ces éléments, le projet est compatible avec le SRADDET.**

### 2.5.8.9. PPA

#### 2.5.8.9.1. Présentation

Le PPA (Plan de Protection de l’Atmosphère) est un plan d’actions, arrêté par le préfet et qui a pour objectif de réduire les émissions de polluants atmosphériques et de maintenir ou ramener dans la zone du PPA concerné les concentrations en polluants à des niveaux inférieurs aux normes fixées à l’article R, 221-1 du code de l’Environnement.

#### 2.5.8.9.2. Compatibilité

Objectifs de SRCAE	Compatibilité
Objectifs en termes de concentrations	La géothermie est une énergie renouvelable qui répond à tous ces objectifs.
Objectifs en termes d’émissions	
Objectifs en termes d’exposition de la population	
Objectifs en termes d’amélioration de connaissances	

Tableau 21 : Compatibilité du projet avec le PPA

**Au vu de ces éléments, le projet est compatible avec le PPA.**

### 2.5.9. Impact sur la sécurité publique

Les risques industriels générés dans le cadre du projet concernent uniquement les forages de prélèvement et de rejet ainsi que les échangeurs géothermiques.

Les forages de prélèvement et de rejet et leurs équipements de tête sont contenus dans un regard de visite fermé ce qui exclut tout accès de personnes étrangères aux services. Les échangeurs sont placés dans un local technique qui est verrouillé et dont l’accès est réservé exclusivement aux personnels techniques habilités.

Au vu des éléments, les risques industriels liés au dispositif géothermique sont compatibles avec la sécurité publique.

## 2.6. Analyse des effets cumulés avec d’autres projets existants ou approuvés

Conformément à l’article R.122-5 du Code de l’environnement, l’étude d’impact doit comporter une analyse du cumul des incidences avec d’autres projets existants ou approuvés.

Les projets approuvés sont ceux qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l’étude d’impact, ont fait l’objet d’une décision leur permettant d’être réalisés.

Sont compris, en outre, les projets qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l’étude d’impact :

- Ont fait l’objet d’une étude d’incidence environnementale au titre de l’article R. 181-14 et d’une consultation du public ;
- Ont fait l’objet d’une évaluation environnementale au titre du présent code et pour lesquels un avis de l’autorité environnementale a été rendu public.

La recherche des projets a été effectuée via les avis émis, depuis 2021, par les autorités environnementales :

- Le Ministère de la transition écologique ;
- Le Conseil général de l’environnement et du développement durable (CGEDD) ;
- La Mission Régionale d’Autorité Environnementale (MRAe) Auvergne - Rhône-Alpes ;
- La DREAL Rhône Alpes ;
- La Préfecture du Rhône.

**Tableau 22 : Projets identifiés dans un rayon de 5 km autour du site**

Projet	Commune	Avis de l’AE	Distance au projet	Commentaire
Projet de réhabilitation du « Bâtiment King Charles - Exploitation des eaux souterraines à des fins géothermiques	Lyon	n°MRAe 2023-ARA-AP-1532	4 km	Le projet se situe à plus de 4 km du site. Ainsi le projet est exclu de l’analyse des effets cumulés.

Le projet n’aura pas d’impact sur les installations existantes. Leurs impacts ne seront donc pas modifiés.

Par ailleurs, les activités ICPE du site n’ont pas d’impact ou d’effets cumulés avec l’exploitation du gîte géothermique.

## 2.7. Les mesures prises pour éviter, réduire et compenser

### 2.7.1. Les mesures d’évitement

#### 2.7.1.1. Déblais de forage

Les déblais de forage ont été stockés en benne et évacués vers une décharge appropriée. Ils n’ont pas eu d’impact notable sur l’environnement.

#### 2.7.1.2. Pollution de la nappe souterraine

Lors des travaux de forage, les produits polluants (carburants, huiles) ont été stockés conformément à la législation en vigueur. Les huiles ont été évacuées pour être traitées par des organismes spécialisés.

L’introduction d’eaux superficielles et de ruissellement est empêché. Afin d’éviter toute infiltration d’eau souillée dans la nappe, les têtes de forages de prélèvement et de réinjection se situent dans des regards bétons étanches et verrouillés. Les têtes de forage dépassent d’une cinquantaine de centimètre du radier béton et un puisard a été réalisé dans le fond du regard afin d’infiltrer les eaux superficielles susceptibles de rentrer dans le regard.

L’accès aux regards des forages et aux locaux techniques est accessible aux seules personnes techniques habilitées (badge d’accès et contrôle sécurité à l’accueil).

Par ailleurs, la cimentation d’une hauteur minimale de 2 m et jusqu’à 4 m selon l’ouvrage, renforce l’étanchéité entre la partie haute du forage et l’intérieur du forage et ainsi empêche tout échange entre les eaux superficielles et les eaux souterraines.

Le circuit d’eau géothermale étant fermé entre le forage de prélèvement et celui de réinjection, aucune pollution ne peut s’introduire dans ce circuit et contaminer les eaux souterraines.

#### 2.7.1.3. Pollution des eaux superficielles

L’installation se situe à plus de 1 800 m du Rhône, il n’y a donc pas de mesure à prendre vis-à-vis des eaux superficielles.

#### 2.7.1.4. Pollution par fluide frigorigène

Parmi les différentes pompes à chaleur disponibles sur le marché, il a été décidé de ne garder que celle fonctionnant au R134a afin d’être faiblement impacté par la révision de la F-Gaz, Il présente les caractéristiques suivantes :

- Fluide disponible actuellement sur le marché présentant un GWP (Global Warming Potential) de 1430 soit inférieur à la valeur seuil de 1500, Cela représente un impact relativement faible sur l’environnement et permet d’anticiper les changements liés à la nouvelle réglementation européenne F-GAZ ;
- Fluide non explosif ;
- Puissance volumique élevée (puissance froide par m<sup>3</sup>/h de gaz comprimé) ;
- Fluide frigorigène présentant un ODP (Ozone Depletion Potential = Potentiel d’appauvrissement de la couche d’ozone) nul, ce qui permet au maître d’ouvrage d’entretenir le matériel aisément et durablement et d’avoir du fluide frigorigène disponible plus longtemps ;
- Classe de sécurité ASHRAE : A1.

Chaque groupe froid est équipé d’un détecteur automatique en cas de fuite de fluide frigorigène, relié à un dispositif d’alarme centrale (Figure 38). En cas de fuite, des alarmes sonores et lumineuses

s’activent dans le local technique et la supervision national fonctionnant 24h/24 et 7j/7 est alerté. Un technicien intervient alors sur site pour constater l’anomalie et un organisme plus qualifié peut intervenir si nécessaire. Un dispositif d’extracteur d’air automatique est également présent dans chaque local.

Des contrôles périodiques de fuite de fluide frigorigène sont réalisés dans ces locaux, conformément à l’art,4 §3 de la réglementation européenne n° 517/2014. Ces contrôles d’étanchéité périodiques des équipements prévus par la réglementation européenne sont conduits avec des appareils dont la sensibilité sera inférieure à 5 g/an et permettent de lutter contre une possible pollution.

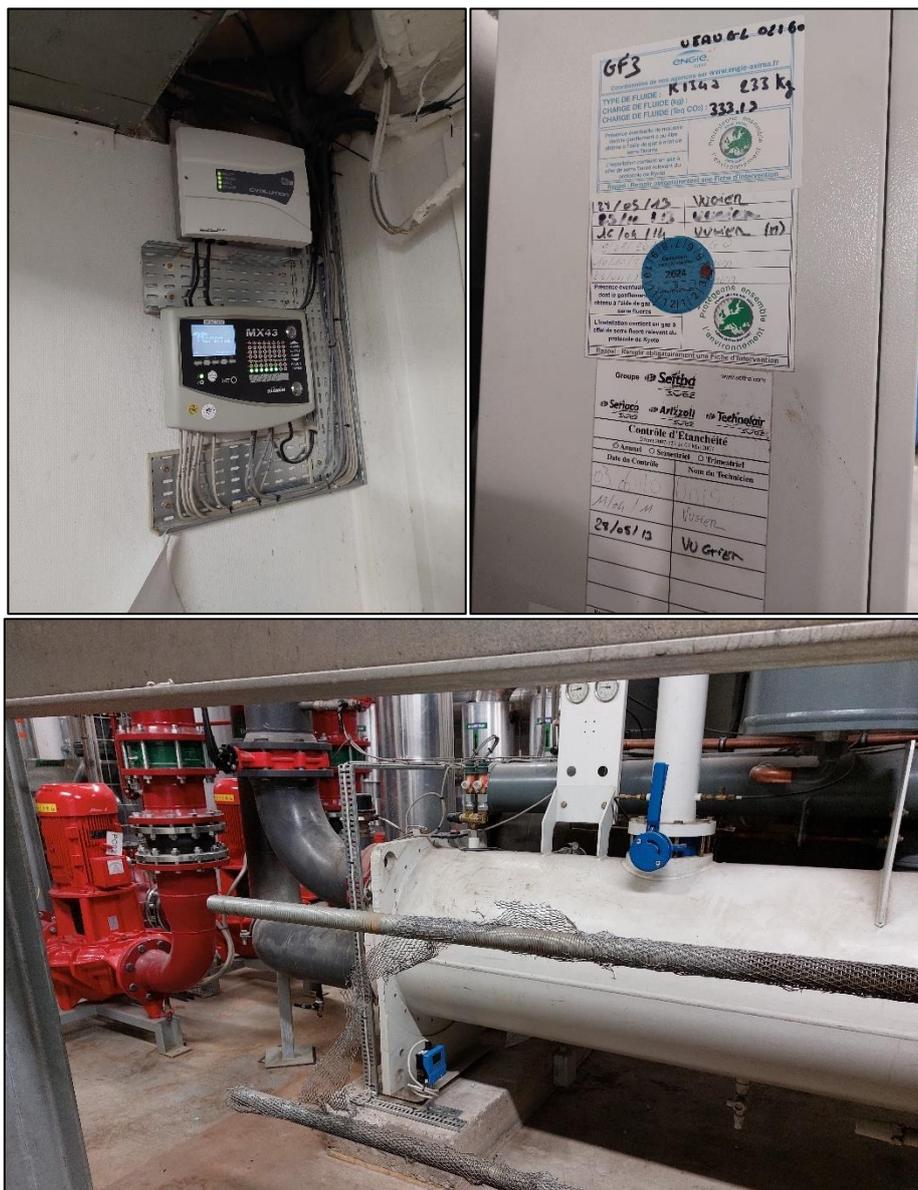


Figure 38: Photographies des dispositifs de sécurité, alarme et contrôle de fuite du fluide frigorigène

## 2.7.2. Les mesures de réduction

### 2.7.2.1. Réduction de la consommation en énergie liée au type d’installation

Dans le cadre du réaménagement de son site de Lacassagne, ORANGE souhaite réutiliser ses forages géothermiques sur nappe pour répondre aux besoins de froid des équipements informatiques. Le

refroidissement de ces installations est indispensable puisque son arrêt entrainerait la coupure de toutes les installations informatiques ORANGE gérées sur le site.

Jusqu’en 2017, les besoins de froid étaient assurés par six doublets de forages géothermiques de captage-rejet à la nappe. Cette installation avait fait l’objet d’un arrêté préfectoral le 2 septembre 2005, autorisant à titre de régularisation l’exploitation de l’installation géothermique.

Compte tenu du réaménagement du site entre 2017 et aujourd’hui, l’installation géothermique sur nappe a été suspendue et modifiée et les besoins énergétiques ont été assurés par des Tours Aéroréfrigérantes (TAR) régies par l’arrêté préfectoral du 24 juillet 2017.

Aujourd’hui, il est donc décidé de revenir à l’utilisation des puits géothermiques afin d’être conforme à l’arrêté préfectoral du 2 septembre 2005 et pour des raisons énergétiques et environnementales. Ainsi, l’installation géothermique refonctionnera de manière similaire à son état d’origine et les conditions d’exploitation de la nappe seront similaires.

Le pompage à débit variable, permettra d’ajuster le débit en fonction des besoins des bâtiments. Ainsi les consommations électriques liées aux pompes de forage sont directement liées aux besoins du site, permettant de faire des économies en électricité et un meilleur rendement de l’installation.

De plus, la géothermie sur nappe présente des avantages spécifiques appréciables, qui sont détaillés dans les paragraphes suivants :

- Elle est écologique ;
- Elle est locale ;
- Elle est renouvelable ;
- Elle est économique.

#### **2.7.2.2. La géothermie sur nappe est écologique**

La géothermie fait appel à des ressources renouvelables : les calories du sous-sol. Son mode d’exploitation n’engendre que peu d’émissions de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, ...).

#### **2.7.2.3. La géothermie sur nappe est locale**

La géothermie, par nature, est consommée là où elle est produite. Elle a donc l’avantage de n’engendrer aucune perte d’énergie ni de pollution liée à son transport.

#### **2.7.2.4. La géothermie sur nappe est renouvelable**

La géothermie ne se vide pas de son réservoir au fur et à mesure que l’on s’en sert. L’eau présente dans l’aquifère se recharge naturellement par les précipitations et les apports des cours d’eau. Par ailleurs, l’impact hydraulique global sur la nappe est nul, du fait de la réinjection totale des eaux prélevées.

#### **2.7.2.5. La géothermie sur nappe est économique**

Une étude technico-économique entre les différents systèmes a été réalisée en 2014 par l’Association Française des Professionnels de la Géothermie (AFPG). Les principaux résultats sont repris ci-après.

Afin de pouvoir comparer l’intérêt de la géothermie par rapport à ces énergies d’un point de vue strictement financier, le coût du MWh est calculé pour chaque technologie pour une durée de vie de l’installation de 50 ans. Les coûts intègrent les coûts de fonctionnement, de maintenance et d’investissement de chaque technologie.

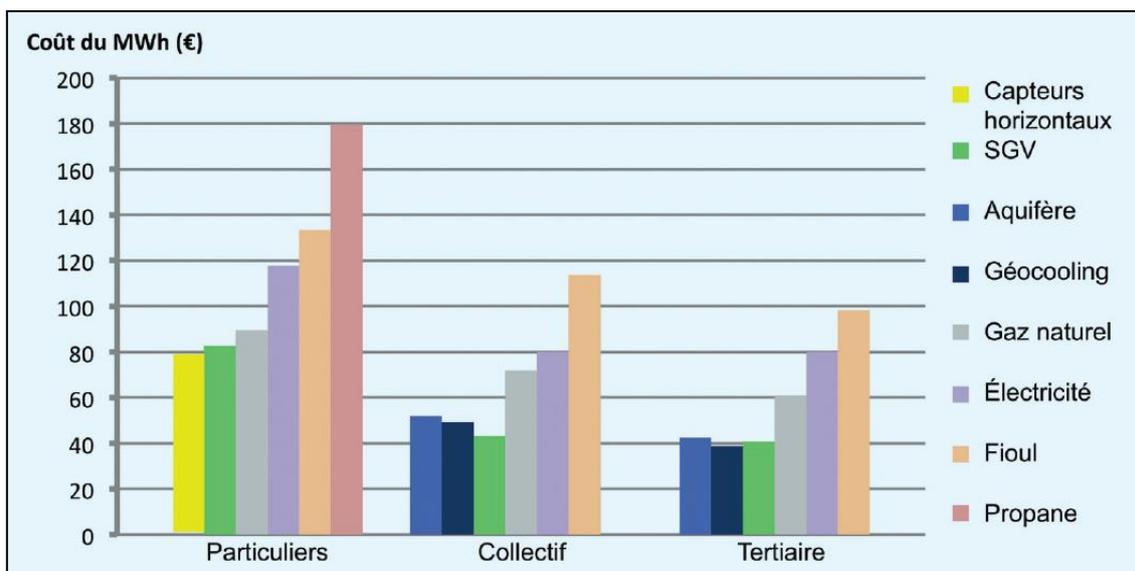


Figure 39, Coûts comparatifs des énergies géothermiques (avec aides) et conventionnelles en €/MWh pour les trois secteurs

Pour le secteur tertiaire, les géothermies sur aquifère et sur sondes verticales sont les plus rentables, avec un coût du MWh autour de 44€. Par rapport à une chaudière à gaz, la rentabilité est atteinte au bout de 9 ans. Si on y ajoute une option rafraîchissement, la rentabilité est obtenue en 7 ans.

### 2.7.3. Les mesures de compensation

Il peut être considéré que les mesures d’évitement et de réduction prévues, par rapport aux impacts du projet sur les milieux, sont suffisantes et ne nécessitent pas de mesures de compensation.

## 2.8. Solutions de substitution raisonnable (article R.122-5.II.7° du code de l’environnement)

Il peut être considéré que les mesures d’évitement et de réduction prévues, par rapport aux impacts du projet sur les milieux, sont suffisantes et ne nécessitent pas de mesures de compensation.

### 3. Conclusion

L’étude d’impact met en évidence que les modifications de l’installation géothermique du site Lacassagne d’ORANGE à Lyon 3<sup>e</sup> sont non substantielles car ces modifications ne conduisent pas à un accroissement ou à l’apparition de dangers et d’impacts du projet. En effet, les impacts environnementaux relatifs à l’exploitation des forages géothermiques seront similaires à ceux établis historiquement avant 2017 et seront réduits par rapport à l’utilisation des TAR.

Par ailleurs, les ouvrages géothermiques ne sont plus associés à une rubrique ICPE et le fonctionnement de ces installations ne modifient pas le classement du titre au titre de la réglementation des ICPE.

### **Observations sur l’utilisation du rapport**

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable, Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport,

En conséquence, l’utilisation qui pourrait être faite d’une communication ou d’une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d’Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci, Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d’autres fins que celles définies pour la présente prestation,

Les résultats des prestations et des investigations s’appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l’hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés, Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d’informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière,

Antea Group s’est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l’exécution des prestations et s’est conformé aux usages de la profession, Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l’éclairer au mieux, Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client,

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale, A défaut, Antea Group s’entendra avec le Client pour définir les modalités de l’usage commercial ou scientifique de la référence,

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu’à ce paiement, A partir de ce moment, le Client devient libre d’utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d’utilisation décrites ci-dessus,

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d’Antea Group sont consultables sur : <https://www.anteagroup.fr/fr/annexes>



# ANNEXES

- Annexe 1 : Comparaison énergétique des TAR et des forages géothermiques
- Annexe 2 : Données d'exploitation de l'installation historique 2010-2017
- Annexe 3 : Qualité des eaux souterraines au droit du site
- Annexe 4 : DOE de la mise en sécurité des forages de l'aile B
- Annexe 5 : Mode de fonctionnement des TAR

Annexe 1 : **Comparaison énergétique des TAR et des forages géothermiques**

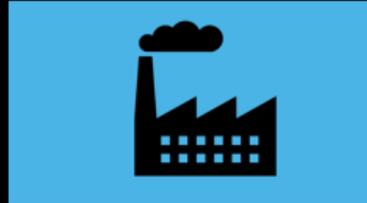
## Présence des TAR

### Quel sont les risques et notre impact sur l'environnement



#### Risque pour la santé

Du fait de l'eau nous sommes exposés à un risque de développement de *Legionella pneumophila*, bactérie responsable d'infections respiratoires grave.



#### Risque pour l'environnement (impact RSE)

Les éventuelles bactéries peuvent être emportées par le brassage de l'air et être rejetées dans l'air ambiant. Des eaux également contaminées peuvent être rejetées dans la nappe phréatique (eau de rejet).



#### Consommation d'eau et d'énergie

Les TAR sont consommatrices d'énormément d'eau étant donné la forte perte en vapeur et d'électricité.



#### Consommation de produit chimique

Des quantités importantes de produits chimiques sont utilisées chaque année pour les TAR afin de limiter leurs oxydations, et le développement de Légionelle.

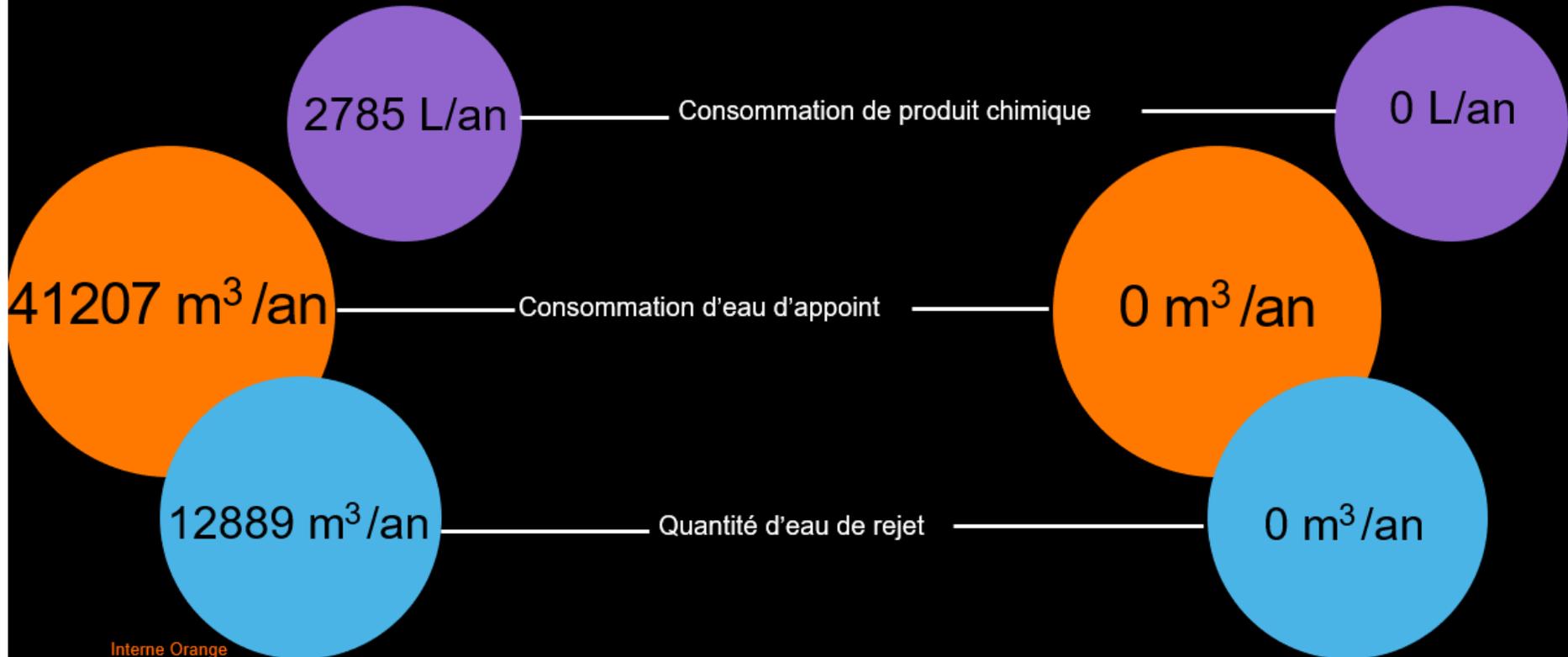
# Comparaison des puits et des TAR

## Les consommations

- Pour les 7 TAR de Lacassagne avant mise en service des puits

Ces consommations pour les TAR sont réduites de 90% après la mise en service des puits (mode fonctionnement uniquement en mode secours)

- Pour les puits:

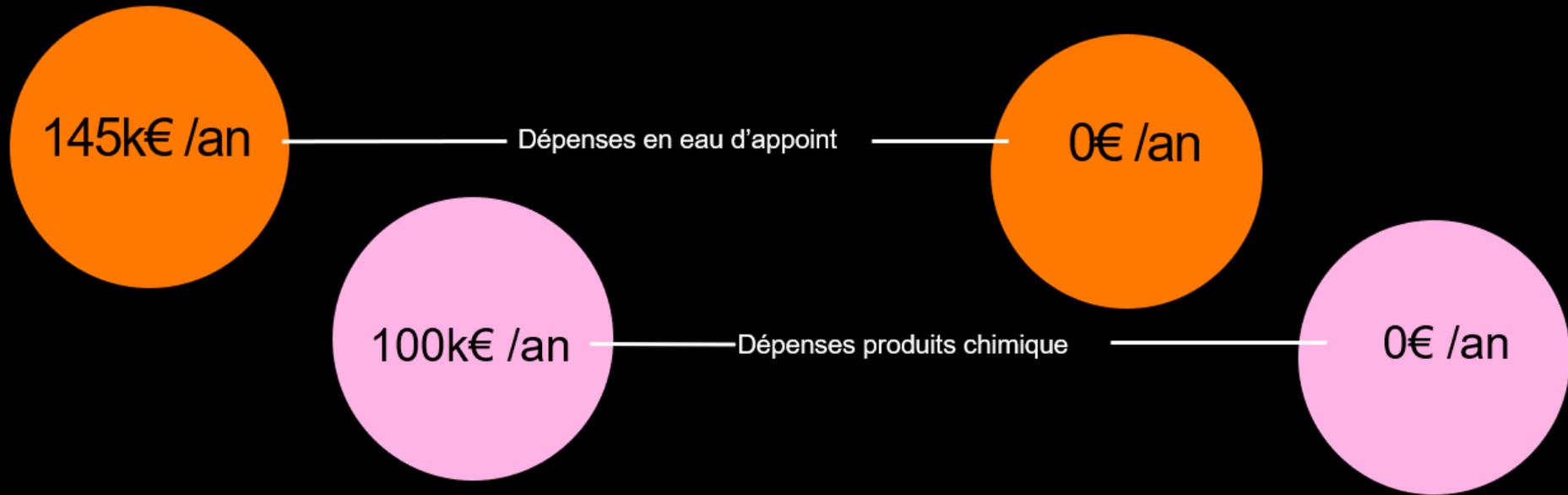


# Comparaison des puits et des TAR

## Les consommations

- Pour les 7 TAR de Lacassagne avant mise en service des puits

- Pour les puits



# Comparaison des puits et des TAR

## Les consommations d'électricité

Consommation en énergie des TAR en Gwh

En comparaison des TAR La consommation des puits est estimée à 1,75MWh/an

	Aile A	Aile B	
Traitement chimique	39,8	39,8	79,6
Traitement UV par TAR	0	12	12
Nettoyage packing	13,4	13,4	26,8
Prestations ACOMALIS	4,6	4,6	9,2
Consommation Elec	7,7	7,7	15,4
Consommation d'eau	66	66	132
Cout global par an	131,5	143,5	275

2022

	Aile A	Aile B	
Traitement chimique	39,8	8	47,8
Traitement UV par TAR	0	12	12
Nettoyage annuel	13,4	7	20,4
Prestations ACOMALIS	4,6	4,6	9,2
Consommation Elec	7,7	0,3	8
Consommation d'eau	66	2,2	68,2
Cout global par an	131,5	34,1	165,6

2023

	Aile A	Aile B	
Traitement chimique	8	8	16
Traitement UV par TAR	12	12	24
Nettoyage annuel	7	7	14
Prestations ACOMALIS	4,6	4,6	9,2
Consommation Elec	0,3	0,3	0,6
Consommation d'eau	2,2	2,2	4,4
Cout global par an	34,1	34,1	68,2

Estimation 2024

# Comparaison des puits et des TAR

## Les consommations d'eau

- Concernant la consommation en eau globale du site :

36280m3 pour 2022

24025 m3 pour 2023

15531m3 pour 2024 (année en cours au 06/09/2024)

On constate une baisse significative de la consommation en eau par rapport au TAR

	Aile A	Aile B	
Traitement chimique	39,8	39,8	79,6
Traitement UV par TAR	0	12	12
Nettoyage packing	13,4	13,4	26,8
Prestations ACOMALIS	4,6	4,6	9,2
Consommation Elec	7,7	7,7	15,4
Consommation d'eau	66	66	132
Cout global par an	131,5	143,5	275

2022

consommation en eau des TAR en k€

Interne Orange

	Aile A	Aile B	
Traitement chimique	39,8	8	47,8
Traitement UV par TAR	0	12	12
Nettoyage annuel	13,4	7	20,4
Prestations ACOMALIS	4,6	4,6	9,2
Consommation Elec	7,7	0,3	8
Consommation d'eau	66	2,2	68,2
Cout global par an	131,5	34,1	165,6

2023

Orange Restricted

	Aile A	Aile B	
Traitement chimique	8	8	16
Traitement UV par TAR	12	12	24
Nettoyage annuel	7	7	14
Prestations ACOMALIS	4,6	4,6	9,2
Consommation Elec	0,3	0,3	0,6
Consommation d'eau	2,2	2,2	4,4
Cout global par an	34,1	34,1	68,2

Estimation 2024

AFFAIRE : 60100211-4_CT Lyon Lacassagne géothermie zone B		
Relevés et comparaison entre la réjection sur TAR et la réjection sur PUIITS		
Référentiel		Remarques
Température extérieure (°C)	16 °C	
Puissance frigorifique site (kWf)	440 kWf	
Groupe Froid en fonctionnement	PEG2 + PEG3	Consigne Groupe Froid à 8 °C
Consommation globale PEG avec réjection sur <b>TAR</b> (kW)	120 + 5 + 9,48 = 134,48 kW	Cumul consommation PEG + Pompes ER + Ventilation et brumisation TAR
EER <b>TAR</b> (ratio Puissance frigorifique / puissance absorbée)	3,27	
Consommation globale PEG avec réjection sur <b>puits</b> (kW)	104,9 + 4,1 = 109 kW	Cumul consommation PEG + Pompes puits (pompe 1 puits C4.1 + pompe 1 puits C4.2)
EER <b>Puits</b> (ratio Puissance frigorifique / puissance absorbée)	4,04	
Ecart de consommation entre réjection <b>TAR</b> et réjection <b>Puits</b>	134,48 kW - 109 kW = <b>25,48 kW</b>	En mode puits => <b>Diminution</b> de la consommation électrique + <b>impact positif</b> sur la consommation d'eau des TAR et des produits de traitement chimique.
Point de fonctionnement actuel		Remarques
Puits en service	C4.2 PEG 2 / C4.1 PEG 3	Pompe 1 puits C4.2 / Pompe 1 puits C4.1
Consigne Puits T°C Entrée condenseur / Mesure	Consigne 26 °C / PEG2 = 21,6 °C / PEG3 = 22,4 °C	
Pilotage pompe	0 % - 0 %	
Fréquence pompe	30 HZ - 30 HZ	Pompe 1 puits C4.2 / Pompe 1 puits C4.1
Nombre de pompe en fonctionnement	1 / 1	
T° aspiration puits (°C)	15,8 / 15,7	C4.2 / C4.1
T° refoulement puits (°C)	20,8 / 22,5	C4.2 / C4.1
Niveau nappe depuis tampon - puits de captage (m)	5,2 / 5,2	C4.2 / C4.1
Niveau nappe depuis tampon - puits de rejet (m)	3,1 / 5,4	R1R2 / R3n



AFFAIRE : 60100211-4\_CT Lyon Lacassagne géothermie zone B

**Fiche vérifications dynamique pompes C1N / Echangeur ERC2 (800 kWc) / Groupe froid PEG2B**

Eléments	Relevés avec 1 pompe à demi-débit					Remarques
	0%	25%	50%	75%	100%	
Pilotage pompe	0%	25%	50%	75%	100%	
Fréquence pompe (Hz)	30	35	40	45	50	
Puissance pompe consommée (kW)	1,75	2,58	3,65	5,4	6,81	
Débit aspiration / refoulement (m3/h)	38,2 / 38,2	45,3 / 45,3	51,2 / 51,2	58,1 / 58,1	64,5 / 64,5	
Niveau nappe depuis tampon - aspiration / refoulement (m)	5,5 / 3,4	5,5 / 3,3	5,5 / 3,2	5,5 / 3,1	5,5 / 3,1	A l'arret niveau rejet R1R2 à 4,1 m
Eléments	Relevés avec 2 pompes à demi-débit					Remarques
	0%	25%	50%	75%	100%	
Pilotage pompe	0%	25%	50%	75%	100%	
Fréquence pompe	30	35	40	45	50	
Puissance pompe consommée	1,85 / 1,79	2,73 / 2,66	3,93 / 3,8	5,5 / 5,25	7,25 / 6,97	
Débit aspiration / refoulement	67,2 / 67,2	79,3 / 79,3	91,6 / 91,3	103,6 / 103,4	114,9 / 114,7	
Niveau nappe depuis tampon - aspiration / refoulement	5,5 / 3,0	5,5 / 3,0	5,6 / 2,9	5,6 / 2,8	5,6 / 2,7	A l'arret niveau rejet R1R2 à 4,1 m

**Fiche vérifications dynamique pompes C4.1 / Echangeur ERC3 (800 kWc) / Groupe froid PEG3B**

Eléments	Relevés avec 1 pompe à demi-débit					Remarques
	0%	25%	50%	75%	100%	
Pilotage pompe	0%	25%	50%	75%	100%	
Fréquence pompe (Hz)	30	35	40	45	50	
Puissance pompe consommée (kW)	2,03	2,9	4,15	5,75	7,58	
Débit aspiration / refoulement (m3/h)	36,5 / 37	43,5 / 44,2	51,2 / 52	57,7 / 58,6	65,5 / 66,2	
Niveau nappe depuis tampon - aspiration / refoulement (m)	5,2 / 5,4	5,2 / 5,4	5,2 / 5,4	5,2 / 5,4	5,2 / 5,4	A l'arret niveau rejet R3n à 5,4 m
Eléments	Relevés avec 2 pompes à demi-débit					Remarques
	0%	25%	50%	75%	100%	
Pilotage pompe	0%	25%	50%	75%	100%	
Fréquence pompe (Hz)	30	35	40	45	50	
Puissance pompe consommée (kW)	1,98 / 1,86	2,95 / 2,74	4,23 / 3,91	5,84 / 5,42	7,8 /	
Débit aspiration / refoulement (m3/h)	59,0 / 59,6	69,1 / 70,6	79,4 / 81,2	89,3 / 91,4	99,8 / 101,7	
Niveau nappe depuis tampon - aspiration / refoulement (m)	5,2 / 5,4	5,2 / 5,4	5,2 / 5,4	5,2 / 5,4	5,2 / 5,4	A l'arret niveau rejet R3n à 5,4 m

**Fiche vérifications dynamique pompes C4.2 / Echangeur ERC1 (1800 kWc) / Groupe froid PEG1A + 1B + 1C**

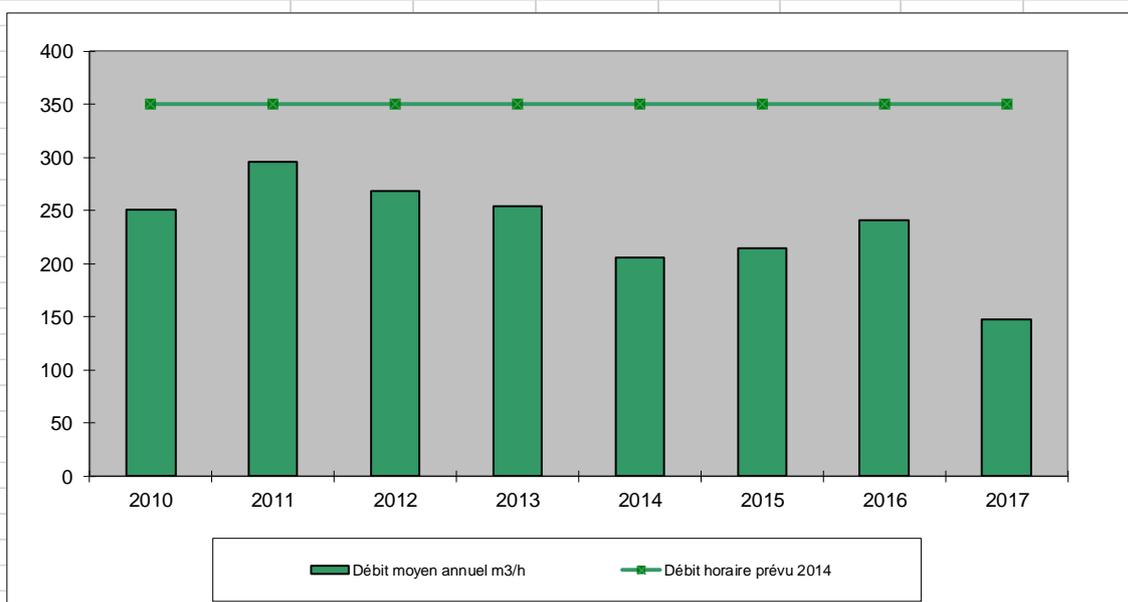
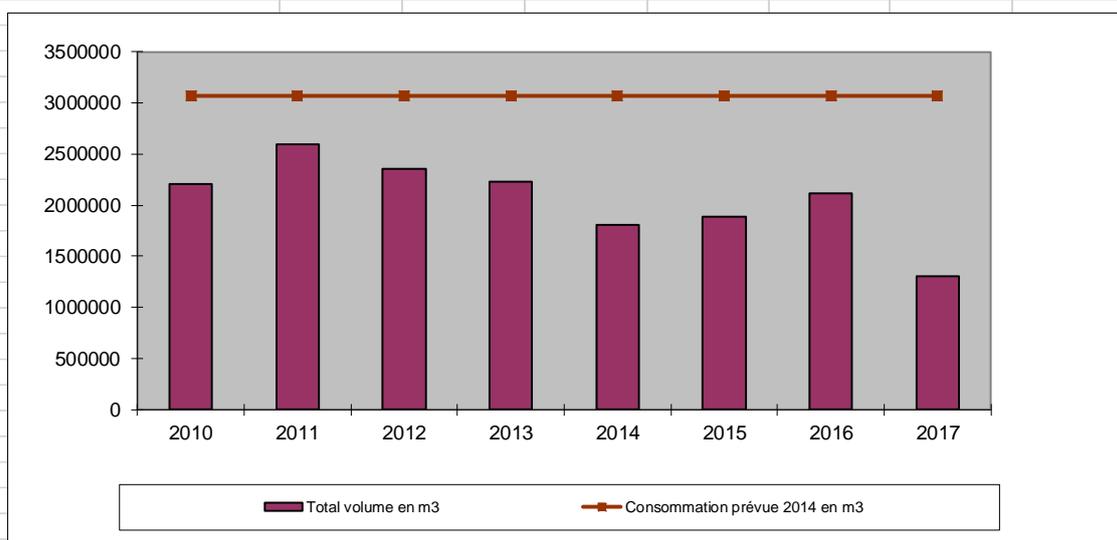
<b>Eléments</b>	<b>Relevés avec 1 pompe à demi-débit</b>					<b>Remarques</b>
Pilotage pompe	0%	25%	50%	75%	100%	
Fréquence pompe (Hz)	30	35	40	45	50	
Puissance pompe consommée (kW)	2,65	4,09	6,01	8,5	11,59	
Débit aspiration / refoulement (m3/h)	57,7 / 58,3	67,8 / 68,3	78,1 / 78,4	88,0 / 88,8	97,0 / 97,6	
Niveau nappe depuis tampon - aspiration / refoulement (m)	5,2 / 3,1	5,2 / 3,0	5,2 / 2,9	5,2 / 2,9	5,2 / 2,8	A l'arret niveau rejet R1R2 à 4,1 m
<b>Eléments</b>	<b>Relevés avec 2 pompes à demi-débit</b>					<b>Remarques</b>
Pilotage pompe	0%	25%	50%	75%	100%	
Fréquence pompe (Hz)	30	35	40	45	50	
Puissance pompe consommée (kW)	2,81 / 2,78	4,36 / 4,33	6,39 / 6,37	9,01 / 8,95	12,35 / 12,88	
Débit aspiration / refoulement (m3/h)	104,4 / 105,6	123,0 / 124,5	141,6 / 143,1	160,5 / 162,4	176,5 / 178,5	
Niveau nappe depuis tampon - aspiration / refoulement (m)	5,2 / 2,7	5,2 / 2,6	5,3 / 2,4	5,3 / 2,1	5,3 / 1,9	A l'arret niveau rejet R1R2 à 4,1 m

Annexe 2 : **Données d'exploitation de l'installation historique  
2010-2017**

## SYNTHESE CONSOMMATION

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Total volume C1	211140	1031897	664899	621639	821381	815972	733863	299725
	24	118	76	71	94	93	84	34
Total volume C2	516571	41691	57103	76549	146789	857	0	276167
	59	5	7	9	17	0	0	32
Total volume C3	333793	234066	327377	254655	167019	331388	327910	162312
	38	27	37	29	19	38	37	19
Total volume C4	387729	663054	927003	986409	504697	443031	617290	324898
	44	76	106	113	58	51	70	37
Total volume C6	751023	626128	381835	284066	168917	295589	429224	237030
	86	71	43	32	19	34	49	27
Total volume C5	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650
<b>Total volume en m3</b>	<b>2200256</b>	<b>2596836</b>	<b>2358217</b>	<b>2223318</b>	<b>1808803</b>	<b>1886837</b>	<b>2108287</b>	<b>1300132</b>
Consommation prévue 2014 en m3	3066000	3066000	3066000	3066000	3066000	3066000	3066000	3066000
Nbre d'heures	8760	8760	8784	8760	8760	8760	8784	8760
<b>Débit moyen annuel m3/h</b>	<b>251</b>	<b>296</b>	<b>268</b>	<b>254</b>	<b>206</b>	<b>215</b>	<b>241</b>	<b>148</b>
Débit horaire prévu 2014	350	350	350	350	350	350	350	350

**Remarque:** Le puits C5 est utilisé pour les groupes électrogènes qui fonctionnent 3 h/jour et 11 jours/an  
 La consommation est estimée à 50 m3/h, ce qui fait sur 1 an 1650 m3 ( $50 \times 11 \times 3 = 1650 \text{m}^3$ ). Ce captage ne possède pas d'instruments de mesures





SYNTHESE TEMPERATURE								
	moyenne 2010	moyenne 2011	moyenne 2012	moyenne 2013	moyenne 2014	moyenne 2015	moyenne 2016	moyenne 2017
Max Temp.de captage puits C1(°C)	17.0	17.8	16.4	17.2	17.7	17.8	17.6	18.6
Min Temp.de captage puits C1(°C)	15.8	16.6	15.8	15.8	16.6	16.3	16.6	16.0
Max Temp.de rejet puits C1(°C)	22.6	23.5	23.0	23.1	25.1	23.2	23.2	23.5
Min Temp.de rejet puits C1(°C)	20.4	21.7	20.3	20.6	21.5	21.1	20.9	19.8
Max de Delta t° C1	6.4	6.5	7.0	7.1	8.1	6.7	6.4	6.8
Min de Delta t° C1	3.7	4.5	4.2	4.2	3.8	4.3	3.5	3.0
Moyenne T° captage C1	16.4	17.3	16.1	16.2	17.1	16.7	17.0	16.8
Moyenne T° rejet C1	21.7	22.6	21.8	21.7	23.2	22.1	22.1	22.0
Moyenne Delta T° C1	5.3	5.4	5.7	5.6	6.0	5.4	5.2	5.2
Max Temp.de captage puits C2(°C)	18.3	19.0	16.3	17.4	20.7			19.9
Min Temp.de captage puits C2(°C)	16.8	18.1	15.9	16.4	18.9			17.2
Max Temp.de rejet puits C2(°C)	22.8	23.4	21.9	24.2	26.0			23.2
Min Temp.de rejet puits C2(°C)	19.2	20.8	19.4	20.5	22.4			19.3
Max de Delta t° C2	5.1	4.6	5.8	7.9	6.2			4.7
Min de Delta t° C2	1.9	2.3	3.4	2.1	1.4			2.0
Moyenne T° captage C2	17.5	18.5	16.0	16.9	19.7			17.9
Moyenne T° rejet C2	20.3	22.0	20.6	22.2	24.4			21.8
Moyenne Delta T° C2	2.8	3.5	4.6	5.1	4.5			2.9
MaxTemp.de captage puits C3(°C)	17.3	17.6	17.4	17.1	18.1	17.8	17.6	17.7
Min Temp.de captage puits C3(°C)	16.7	16.8	16.4	16.3	16.9	17.0	16.9	16.3
Max Temp.de rejet puits C3(°C)	26.1	25.9	25.7	25.6	25.0	24.6	23.2	26.2
Min Temp.de rejet puits C3(°C)	24.5	25.0	23.7	24.0	22.1	21.3	19.4	20.2
Max de Delta t° C3	9.2	8.9	9.1	9.1	7.9	7.1	6.0	9.2
Min de Delta t° C3	7.4	7.6	6.4	7.2	5.3	3.7	1.0	4.2
Moyenne T° captage C3	17.0	17.3	16.8	16.8	17.3	17.5	17.2	17.0
Moyenne T° rejet C3	25.1	25.5	25.2	24.9	23.9	23.0	21.4	23.2
Moyenne Delta T° C3	8.1	8.2	8.4	8.1	6.6	5.3	4.1	6.7
MaxTemp.de captage puits C4(°C)	16.4	17.1	17.6	17.2	16.7	16.5	16.5	16.6
Min Temp.de captage puits C4(°C)	15.8	15.9	15.9	15.8	16.2	15.9	16.0	15.9
Max Temp.de rejet puits C4(°C)	26.9	27.3	27.0	26.5	23.4	23.0	19.8	21.4
Min Temp.de rejet puits C4(°C)	20.3	21.8	21.3	20.4	19.4	18.4	17.7	17.3
Max de Delta t° C4	10.8	11.2	10.9	10.5	7.0	6.9	3.5	5.2
Min de Delta t° C4	4.2	5.7	4.7	4.5	2.9	1.8	0.2	0.9
Moyenne T° captage C4	16.2	16.1	16.1	16.0	16.4	16.2	16.5	16.5
Moyenne T° rejet C4	23.9	24.6	24.6	23.5	21.9	21.2	18.8	18.8
Moyenne Delta T° C4	7.7	8.4	8.5	7.5	5.4	4.8	2.2	2.4
MaxTemp.de captage puits C6(°C)	18.5	19.3	15.8	16.0	17.6	17.6	16.3	19.7
Min Temp.de captage puits C6(°C)	15.7	15.6	15.6	15.6	15.7	15.7	15.8	15.9
Max Temp.de rejet puits C6(°C)	29.4	29.2	26.4	29.2	29.8	29.8	27.4	29.7
Min Temp.de rejet puits C6(°C)	21.7	21.0	21.8	25.5	24.7	24.7	22.3	21.5
Max de Delta t° C6	13.6	13.3	10.7	13.4	16.1	13.5	11.4	13.5
Min de Delta t° C6	5.0	2.6	6.1	9.7	27.2	7.8	4.9	4.7
Moyenne T° captage C6	16.0	16.3	15.7	15.7	16.1	16.1	16.0	16.8
Moyenne T° rejet C6	25.5	25.9	23.8	27.2	27.2	27.2	25.6	26.9
Moyenne Delta T° C6	9.6	9.6	8.0	11.5	11.1	11.1	8.9	10.2
<b>MOYENNE</b>	<b>6.7</b>	<b>7.0</b>	<b>7.0</b>	<b>7.5</b>	<b>6.7</b>	<b>6.7</b>	<b>5.1</b>	<b>5.5</b>

Annexe 3 : **Qualité des eaux souterraines au droit du site**

Edité le : 03/11/2020

Rapport d'analyse Page 1 / 4

RESURGENCE  
FRANCOIS LABAILLE

17, rue Jules Vernes  
ZI du caillou  
69630 CHAPONOST

Le rapport établi ne concerne que les échantillons soumis à l'essai. Il comporte 4 pages.

La reproduction de ce rapport d'analyse n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.

Dans le cas où le laboratoire n'a pas réalisé l'étape de prélèvement, les résultats s'appliquent uniquement à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation, identifiés par le symbole #.

Les paramètres sous-traités sont identifiés par (\*).

<b>Identification dossier :</b>	LSE20-166294	<b>Référence contrat :</b>	LSEC17-4659
<b>Identification échantillon :</b>	<b>LSE2010-65142-1</b>		
<b>Doc Adm Client :</b>	COM 3950-760		
<b>Nature:</b>	Eau de production		
<b>Origine :</b>	C3 m - fin de pompage Forage		
<b>Dept et commune :</b>	<b>69 LYON 3EME ARRONDISSEMENT</b>		
<b>Prélèvement :</b>	Prélevé le 21/10/2020 à 14h15 Réception au laboratoire le 21/10/2020 Prélevé par le client RESURGENCE / LABAILLE Circonstances atmosphériques : Temps couvert		

Les données concernant la réception, la conservation, le traitement analytique de l'échantillon et les incertitudes de mesure sont consultables au laboratoire. Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat.

Toutes les informations relatives aux conditions de prélèvement ont été transmises par le client.  
Le laboratoire n'est pas responsable de la validité des informations transmises par le client.

Date de début d'analyse le 21/10/2020

Paramètres analytiques	Résultats	Unités	Méthodes	Normes	Limites de qualité	Références de qualité	COFRAC
<b>Analyses microbiologiques</b>							
Bactéries ferrugineuses	Absence	-	Examen microscopique				
Microorganismes aérobies à 36°C	> 300	UFC/ml	Incorporation	NF EN ISO 6222			
Microorganismes aérobies à 22°C	> 300	UFC/ml	Incorporation	NF EN ISO 6222			
<b>Analyses physiques</b>							
Granulométrie laser	cf rapport joint	-	Granulomètre laser	NF ISO 13320-1			
<b>Analyses physicochimiques</b> <i>Analyses physicochimiques de base</i>							

.../...

Doc Adm Client : COM 3950-760

Paramètres analytiques	Résultats	Unités	Méthodes	Normes	Limites de qualité	Références de qualité
Indice hydrocarbures (C10-C40)	< 0.1	mg/l	GC/FID	NF EN ISO 9377-2		#
pH	7.61	-	Electrochimie	NF EN ISO 10523	6.5	9 #
Température de mesure du pH	19.8	°C		NF EN ISO 10523		
Conductivité électrique brute à 25°C	750	µS/cm	Conductimétrie	NF EN 27888	200	1100 #
TA (Titre alcalimétrique)	0.00	° f	Potentiométrie	NF EN 9963-1		#
TAC (Titre alcalimétrique complet)	28.25	° f	Potentiométrie	NF EN 9963-1		#
TH (titre hydrotimétrique)	339.3	mg/l CaCO3	Calcul à partir de Ca et Mg	Méthode interne M_EM144		#
Résidu sec à 105°C	548	mg/l	Gravimétrie	NF T90-029		#
<b>Analyse des gaz</b>						
Hydrogène sulfuré	0	-	Test olfactif qualitatif	Méthode interne		
<b>Cations</b>						
Calcium dissous	109.7	mg/l Ca++	ICP/AES après filtration	NF EN ISO 11885		#
Magnésium dissous	15.8	mg/l Mg++	ICP/AES après filtration	NF EN ISO 11885		#
Sodium dissous	19.5	mg/l Na+	ICP/AES après filtration	NF EN ISO 11885		200 #
Potassium dissous	3.2	mg/l K+	ICP/AES après filtration	NF EN ISO 11885		#
<b>Anions</b>						
Chlorures	30.0	mg/l Cl-	Chromatographie ionique	NF EN ISO 10304-1		250 #
Sulfates	48.7	mg/l SO4--	Chromatographie ionique	NF EN ISO 10304-1		250 #
Nitrates	29.0	mg/l NO3-	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 13395	50	#
Carbonates	0	mg/l CO3--	Potentiométrie	NF EN 9963-1		#
Bicarbonates	345.0	mg/l HCO3-	Potentiométrie	NF EN 9963-1		#
<b>Métaux</b>						
Arsenic dissous	8MET < 0.002	mg/l As	ICP/MS après filtration	ISO 17294-1 et NF EN ISO 17294-2	0.010	#
Cadmium dissous	8MET < 0.001	mg/l Cd	ICP/MS après filtration	ISO 17294-1 et NF EN ISO 17294-2	0.005	#
Chrome dissous	8MET < 0.005	mg/l Cr	ICP/MS après filtration	ISO 17294-1 et NF EN ISO 17294-2	0.05	#
Cuivre dissous	8MET < 0.010	mg/l Cu	ICP/MS après filtration	ISO 17294-1 et NF EN ISO 17294-2	2.0	1.0 #
Fer dissous	< 0.010	mg/l Fe	ICP/MS après filtration	ISO 17294-1 et NF EN ISO 17294-2		0.2 #
Fer total	0.176	mg/l Fe	ICP/MS après acidification et décantation	ISO 17294-1 et NF EN ISO 17294-2		0.2 #
Manganèse dissous	< 0.010	mg/l Mn	ICP/MS après filtration	ISO 17294-1 et NF EN ISO 17294-2		0.05 #
Manganèse total	0.019	mg/l Mn	ICP/MS après acidification et décantation	ISO 17294-1 et NF EN ISO 17294-2		0.05 #
Mercuré dissous	8MET < 0.01	µg/l Hg	Fluorescence après minéralisation bromure -bromate	Méthode interne M_EM156	1.0	#
Nickel dissous	8MET < 0.005	mg/l Ni	ICP/MS après filtration	ISO 17294-1 et NF EN ISO 17294-2	0.020	#
Plomb dissous	8MET < 0.002	mg/l Pb	ICP/MS après filtration	ISO 17294-1 et NF EN ISO 17294-2	0.010	#
Zinc dissous	8MET 0.026	mg/l Zn	ICP/MS après filtration	ISO 17294-1 et NF EN ISO 17294-2		#
<b>COV : composés organiques volatils BTEX</b>						
Benzène	48COV < 0.5	µg/l	HS/GC/MS	NF EN ISO 11423-1	1.0	#
Toluène	48COV < 0.5	µg/l	HS/GC/MS	NF EN ISO 11423-1		#
Ethylbenzène	48COV < 0.5	µg/l	HS/GC/MS	NF EN ISO 11423-1		#

Doc Adm Client : COM 3950-760

Paramètres analytiques	Résultats	Unités	Méthodes	Normes	Limites de qualité	Références de qualité
Xylènes (m + p)	48COV	< 0.1	µg/l	HS/GC/MS		#
Xylène ortho	48COV	< 0.05	µg/l	HS/GC/MS		#
Styrène	48COV	< 0.5	µg/l	HS/GC/MS		#
1,2,3-triméthylbenzène	48COV	< 1	µg/l	HS/GC/MS		#
1,2,4-triméthylbenzène (pseudocumène)	48COV	< 1	µg/l	HS/GC/MS		#
1,3,5-triméthylbenzène (mésitylène)	48COV	< 1	µg/l	HS/GC/MS		#
Isopropylbenzène (cumène)	48COV	< 0.5	µg/l	HS/GC/MS		#
4-isopropyltoluène (p cymène)	48COV	< 0.5	µg/l	HS/GC/MS		#
Tert butylbenzène	48COV	< 0.5	µg/l	HS/GC/MS		#
n-butyl benzène	48COV	< 0.5	µg/l	HS/GC/MS		#
MTBE (methyl-tertiobutylether)	48COV	< 0.5	µg/l	HS/GC/MS		#
<b>Solvants organohalogénés</b>						
1,1,2,2-tétrachloroéthane	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
1,1,1-trichloroéthane	48COV	0.85	µg/l	HS/GC/MS		#
1,1,2-trichloroéthane	48COV	< 0.20	µg/l	HS/GC/MS		#
1,1,2-trichlorotrifluoroéthane (fréon 113)	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
1,1-dichloroéthane	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
1,1-dichloroéthylène	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
1,2-dibromoéthane	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
1,2-dichloroéthane	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS	3.0	#
Cis 1,2-dichloroéthylène	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
Trans 1,2-dichloroéthylène	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
1,2-dichloropropane	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
2,3-dichloropropène	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
3-chloropropène (chlorure d'allyle)	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
Bromochlorométhane	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
Bromoforme	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
Chloroforme	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
Chlorométhane	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
Chlorure de vinyle	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS	0.5	#
Cis 1,3-dichloropropylène	48COV	< 2.00	µg/l	HS/GC/MS		#
Trans 1,3-dichloropropylène	48COV	< 2.00	µg/l	HS/GC/MS		#
Dibromochlorométhane	48COV	< 0.20	µg/l	HS/GC/MS		#
Dichlorobromométhane	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
Dichlorométhane	48COV	< 5.0	µg/l	HS/GC/MS		#
Hexachloroéthane	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
Tétrachloroéthylène	48COV	44	µg/l	HS/GC/MS		#
Tétrachlorure de carbone	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
Trichloroéthylène	48COV	1.1	µg/l	HS/GC/MS		#
Trichlorofluorométhane	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS		#
<b>PCB : Polychlorobiphényles</b>						

Doc Adm Client : COM 3950-760

Paramètres analytiques		Résultats	Unités	Méthodes	Normes	Limites de qualité	Références de qualité
<b>PCB par congénères</b>							
PCB 28	T11	< 0.2	ng/l	GC/MS/MS après extraction LL	Méthode interne M_ET173		
PCB 52	T11	< 0.2	ng/l	GC/MS/MS après extraction LL	Méthode interne M_ET173		#
PCB 101	T11	< 0.2	ng/l	GC/MS/MS après extraction LL	Méthode interne M_ET173		#
PCB 118	T11	< 0.2	ng/l	GC/MS/MS après extraction LL	Méthode interne M_ET173		#
PCB 138	T11	< 0.2	ng/l	GC/MS/MS après extraction LL	Méthode interne M_ET173		1
PCB 153	T11	< 0.2	ng/l	GC/MS/MS après extraction LL	Méthode interne M_ET173		1
PCB 180	T11	< 0.2	ng/l	GC/MS/MS après extraction LL	Méthode interne M_ET173		1
<b>Dérivés du benzène</b>							
<b>Chlorobenzènes</b>							
Monochlorobenzène	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS	NF EN ISO 11423-1		#
2-chlorotoluène	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS	NF EN ISO 11423-1		#
3-chlorotoluène	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS	NF EN ISO 11423-1		#
4-chlorotoluène	48COV	< 0.50	µg/l	HS/GC/MS	NF EN ISO 11423-1		#
1,2-dichlorobenzène	48COV	< 0.05	µg/l	HS/GC/MS	NF EN ISO 11423-1		#
1,3-dichlorobenzène	48COV	< 0.5	µg/l	HS/GC/MS	NF EN ISO 11423-1		#
1,4-dichlorobenzène	48COV	< 0.05	µg/l	HS/GC/MS	NF EN ISO 11423-1		#

T11 PCB PAR CONGENERES PAR GC/MS/MS/LL

48COV 48 COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS (HS/GC/MS)

8MET 8 METAUX DISSOUS

ABSENCE DU LOGO COFRAC

1 L'absence du logo Cofrac provient d'un délai de mise en analyse par rapport au prélèvement supérieur aux exigences normatives.

Analyses microbiologiques hors accréditation : Délai entre le prélèvement et la mise en analyse au laboratoire supérieur aux normes et amendements en vigueur.

Eau conforme aux limites et références de qualité fixées par le Code de la Santé Publique, articles R 1321-1 à 1321-5, arrêté du 11 janvier 2007 pour les paramètres analysés.

**Si certains paramètres soumis à des seuils de conformité ne sont pas couverts par l'accréditation alors la déclaration de conformité n'est pas couverte par l'accréditation.**

Les résultats sont rendus en prenant en compte les matières en suspension (MES) sauf quand la filtration est indiquée dans les normes analytiques.

Sébastien GASPARD  
Responsable de laboratoire



## Identification Echantillon

**Nom de l'échantillon** Moyenne des "LSE2010-65142"

**Nom de l'opérateur** msolides

## Identification Echantillon

**Date et heure d'analyse** 02/11/2020 09:01:28

**Date Heure mesure** 02/11/2020 09:01:28

## Parametres SOP

**Nom des Particules** Fraunhofer

**Indice de réfraction des particules** 0,000

**Indice d'Absorption Des Particules** 0,000

**Nom du dispersant** Water

**Indice de réfraction des dispersants** 1,330

**Modèle de diffusion** Mie

**Modèle d'Analyse** Analyse standard

**Résiduels pondérés** 2,70 %

**Obscurisation du laser** 0,18 %

## Résultat

**Concentration** 0,0004 %

**Span (largeur de distribution)** 2,518

**Uniformité** 0,893

**Surface spécifique** 393,5 m<sup>2</sup>/kg

**D [3;2]** 14,5 µm

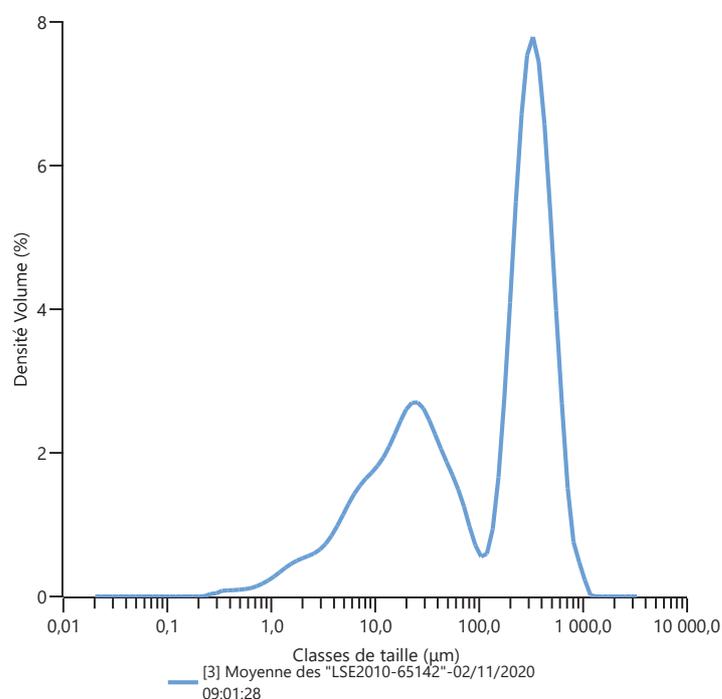
**D [4;3]** 210 µm

**Dv (10)** 6,77 µm

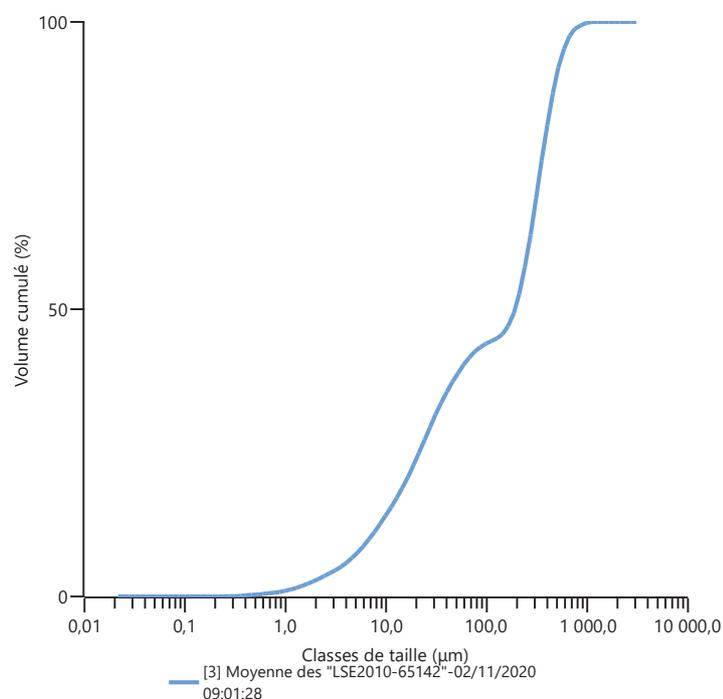
**Dv (50)** 191 µm

**Dv (90)** 487 µm

## Histogramme



## Passant



## Résultats

Taille (µm)	% Volume Dans														
0,0100	0,00	0,0597	0,00	0,357	0,07	2,13	0,47	12,7	1,74	76,0	0,81	454	4,47	2710	0,00
0,0114	0,00	0,0679	0,00	0,405	0,07	2,42	0,50	14,5	1,89	86,4	0,59	516	3,31	3080	0,00
0,0129	0,00	0,0771	0,00	0,460	0,08	2,75	0,54	16,4	2,04	98,1	0,45	586	2,23	3500	
0,0147	0,00	0,0876	0,00	0,523	0,08	3,12	0,61	18,7	2,18	111	0,47	666	1,23		
0,0167	0,00	0,0995	0,00	0,594	0,10	3,55	0,70	21,2	2,26	127	0,76	756	0,60		
0,0189	0,00	0,113	0,00	0,675	0,12	4,03	0,82	24,1	2,26	144	1,36	859	0,39		
0,0215	0,00	0,128	0,00	0,767	0,15	4,58	0,95	27,4	2,19	163	2,27	976	0,19		
0,0244	0,00	0,146	0,00	0,872	0,18	5,21	1,08	31,1	2,05	186	3,41	1110	0,00		
0,0278	0,00	0,166	0,00	0,991	0,23	5,92	1,19	35,3	1,88	211	4,60	1260	0,00		
0,0315	0,00	0,188	0,00	1,13	0,28	6,72	1,29	40,1	1,71	240	5,63	1430	0,00		
0,0358	0,00	0,214	0,00	1,28	0,33	7,64	1,37	45,6	1,56	272	6,32	1630	0,00		
0,0407	0,00	0,243	0,03	1,45	0,38	8,68	1,44	51,8	1,41	310	6,54	1850	0,00		
0,0463	0,00	0,276	0,03	1,65	0,42	9,86	1,51	58,9	1,24	352	6,25	2100	0,00		
0,0526	0,00	0,314	0,07	1,88	0,44	11,2	1,61	66,9	1,04	400	5,51	2390	0,00		

Annexe 4 : **DOE de la mise en sécurité des forages de l'aile B**

- **Forages par lavage benoto**
- **Puits à drains rayonnants et barbacanes**
- **Cuvelages circulaires havés**
- **Régénérations et réhabilitations d'ouvrages**
- **Rabattements de nappe**
- **Pompages et ingénierie des forages et puits**



## Campus ORANGE

Rue Maurice FLANDRIN – 69003 Lyon



## RAPPORT N° 760 – Mise en sécurité des forages géothermiques de tous les ouvrages du site

A	14/10/21	CF	SV	23	-	SV
B	25/10/21	SV			Suite observations clients	
Indice	Date	Etabli par	Vérfié par	Nb de pages	Modifications - Observations	Contrôlé par

Adresse : 17 rue Jules Verne - Z.I du Caillou - 69630 CHAPONOST  
 Tél : 04 72 31 55 55 | Fax : 04 72 31 55 50  
 S.A.R.L Scop au capital de 156.746 Euros | RCS Lyon 419 413 190 | SIRET 419 413 190 00028 | APE 4221Z  
 www.resurgence-forage.com | e-mail : [resurgence.forage@wanadoo.fr](mailto:resurgence.forage@wanadoo.fr)

## SOMMAIRE

INTRODUCTION .....	3
1 Opérations réalisées.....	4
2 Point de vigilance .....	5
3 Plans des ouvrages.....	6
3.1 Plan d'orientation des canalisations et fourreaux des ouvrages.....	6
3.2 Ouvrage C1n .....	7
3.3 Ouvrage C4 .....	9
3.4 Ouvrage C2n .....	11
3.5 Ouvrage C3n .....	13
3.6 Ouvrages R6, R5, R7n et R4.....	15
3.7 Ouvrage R1R2 .....	21
3.8 Ouvrage R3n .....	23

### LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plan d'orientation des canalisations et fourreaux des ouvrag.....	6
Figure 2 : Plan d'orientation de la canalisation et des fourreaux de l'ouvrage C1n ....	7
Figure 3 : Photo du tampon boulonné de l'ouvrage C1n .....	7
Figure 4 : Plan du regard de l'ouvrage C1n .....	8
Figure 5 : Plan d'orientation des canalisations et des fourreaux de l'ouvrage C4.....	9
Figure 6 : Photo du tampon sécurisé de l'ouvrage C4 .....	9
Figure 7 : Plan du regard de l'ouvrage C4 .....	10
Figure 8 : Plan d'orientation de la canalisation et des fourreaux de l'ouvrage C2n ..	11
Figure 9 : Photo du tampon sécurisé de l'ouvrage C2n.....	11
Figure 10 : Plan du regard de l'ouvrage C2n .....	12
Figure 11 : Plan d'orientation de la canalisation et des fourreaux de l'ouvrage C3n	13
Figure 12 : Photo du tampon sécurisé de l'ouvrage C3n.....	13
Figure 13 : Plan du regard de l'ouvrage C3n .....	14
Figure 14 : Plan d'orientation des canalisations et des fourreaux des ouvrages R6, R5, R7n et R4.....	15
Figure 15 : Photo des tampons sécurisés des ouvrages respectivement R4n, R5, R6 et R7n.....	16
Figure 16 : Plan du regard de l'ouvrage R6.....	17
Figure 17 : Plan du regard de l'ouvrage R5 .....	18
Figure 18 : Plan du regard de l'ouvrage R7n .....	19
Figure 19 : Plan du regard de l'ouvrage R4 .....	20
Figure 20 : Plan d'orientation des canalisations et des fourreaux de l'ouvrage R1R2 .....	21
Figure 21 : Photo du tampon sécurisé de l'ouvrage R1R2 .....	21
Figure 22 : Plan du regard de l'ouvrage R1R2 .....	22
Figure 23 : Plan d'orientation des canalisations et des fourreaux de l'ouvrage R3n.	23
Figure 24 : Photo du tampon sécurisé de l'ouvrage R3n .....	23
Figure 25 : Plan du regard de l'ouvrage R3n .....	24

## INTRODUCTION

Le site Orange Lacassagne dispose de forages de captages et rejet pour assurer le refroidissement des installations.

Dans le cadre d'un projet immobilier et de l'aménagement du Campus Orange, il a été nécessaire de réorganiser le dispositif de forages. Les travaux réalisés de 2017 à 2020 par l'entreprise Résurgence ont donc consisté en :

- La réalisation de nouveaux forages de captages et de rejets et essais associés;
- La réalisation de regards;
- Abandon de forage;

Pour des contraintes opérationnelles, les forages et regard ont été réalisés en début de chantier et ont été réceptionnés (inspection vidéo de contrôle, capot de protection, regard de protection). L'aménagement de la voirie et le calage altimétrique des regards (notamment tampon) ont été réalisés ultérieurement par le lot VRD.

Des anomalies sur les aménagements ont été constatées au printemps 2021 :

- Absence des boulons assurant la fermeture des forages ;
- Forage laissés ouverts (capots déposés à côté des forage)
- Présence de déblais dans les regards (C1n, C2n, C3n, R1R2, R3n, R4, R5, R6, R7n) ;
- Eaux résiduelles en fond de regard (C1n, C3n, R1R2, R3n, R4, R5, R6, R7n) ;

C'est dans ce contexte que Résurgence a été mandaté pour :

- Mettre en sécurité les puits;
- La reprise des cotations et plan de chaque regard.

Résurgence est intervenu de Juillet à début octobre 2021.

Ce rapport présente les opérations réalisées et quelques points de vigilance avant équipements des forages.

## 1 OPERATIONS REALISEES

Lors de l'intervention de Résurgence, les opérations suivantes ont été réalisées sur les ouvrages :

- Déblaiement du fond des regards : Présence de nombreux déblais et blocs et vidange des eaux résiduelles (C1n, C2n, C3n, R1R2, R3n, R4, R5, R6, R7n).
- Carottage du radier pour évacuation des eaux résiduelles à travers gravier filtre (C1n, C2n, C3n, R1R2, R3n, R4, R5, R7n). NB : Non réalisé sur R6 car trop exigü.
- Remise en place des capots au droit des forages (NB : Sur le puits C4, la protection du forage a été complété par un bardage bois compte tenu de l'emprise des canalisation).
- Reprise des plans avec prise en compte des réhausse réalisées par le VRD
- Reprise des boulons

## 2 POINT DE VIGILANCE

Nous mettons des points de vigilance suivants pour la bonne exploitation future des ouvrages :

- Accès au puits nécessitant l'emploi d'EPI spécifique : harnais de sécurité (Sécurisation des accès à réaliser lors de l'aménagement définitif des puits : Echelle), détecteur de gaz (milieu confiné)...
- Prévoir inspection télévisuelle des forages avant équipement pour vérifier le fond, la présence de blocs et l'état des tubages (présence de concrétion Fe, Mn, voile bactérien).

### 3 PLANS DES OUVRAGES

Les plans de chaque regard ont été réactualisé ainsi que le plan global du chantier pour indiquer l'orientation des sorties de chaque canalisation et fourreaux.

#### 3.1 PLAN D'ORIENTATION DES CANALISATIONS ET FOURREAUX DES OUVRAGES

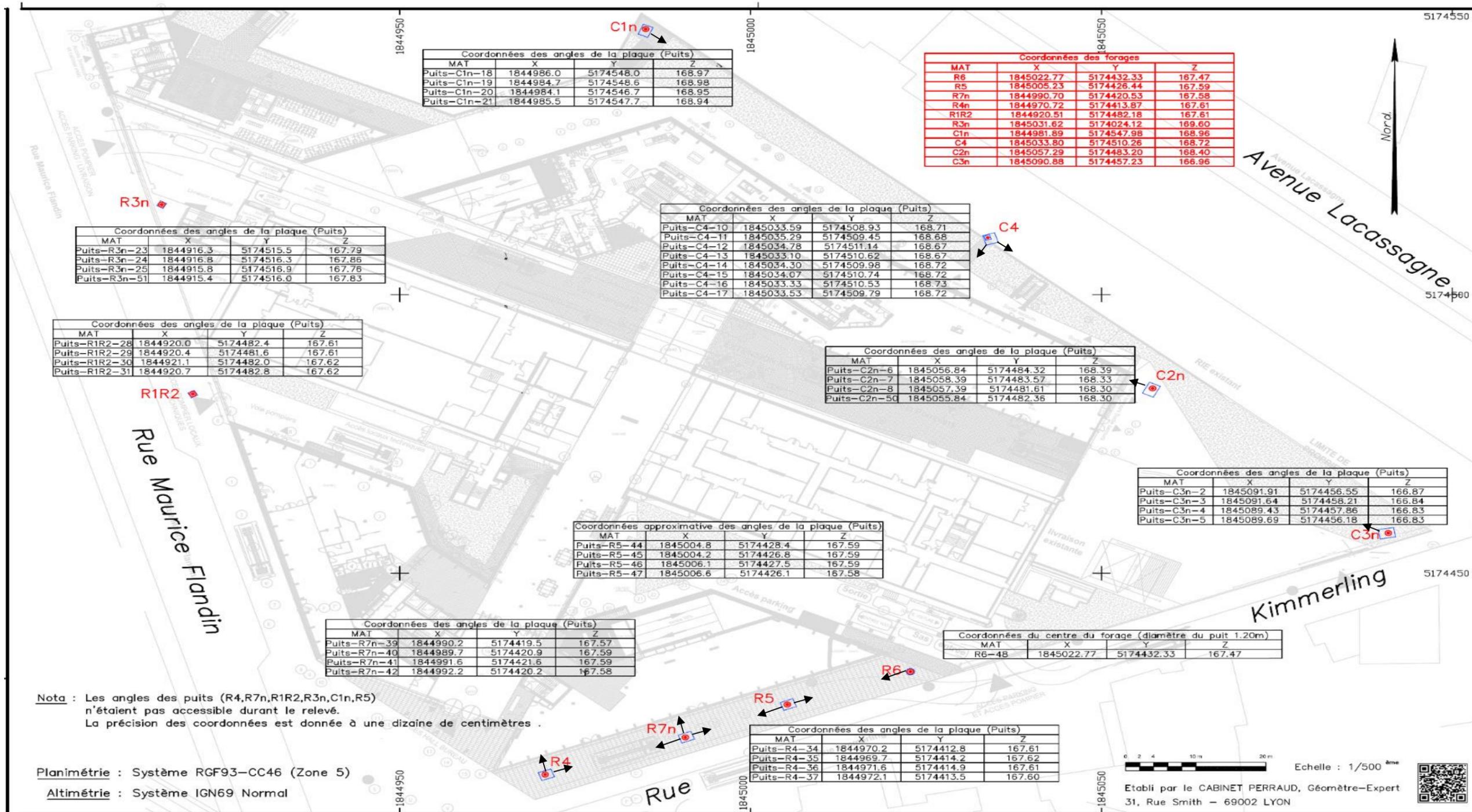


Figure 1 : Plan d'orientation des canalisations et fourreaux des ouvrag

## 3.2 OUVRAGE C1N

Vous trouverez ci-dessous les plans d'orientation précisant l'orientation de la canalisation et des fourreaux de l'ouvrage C1n ainsi que les plans de cotations de celui-ci remis à jour :

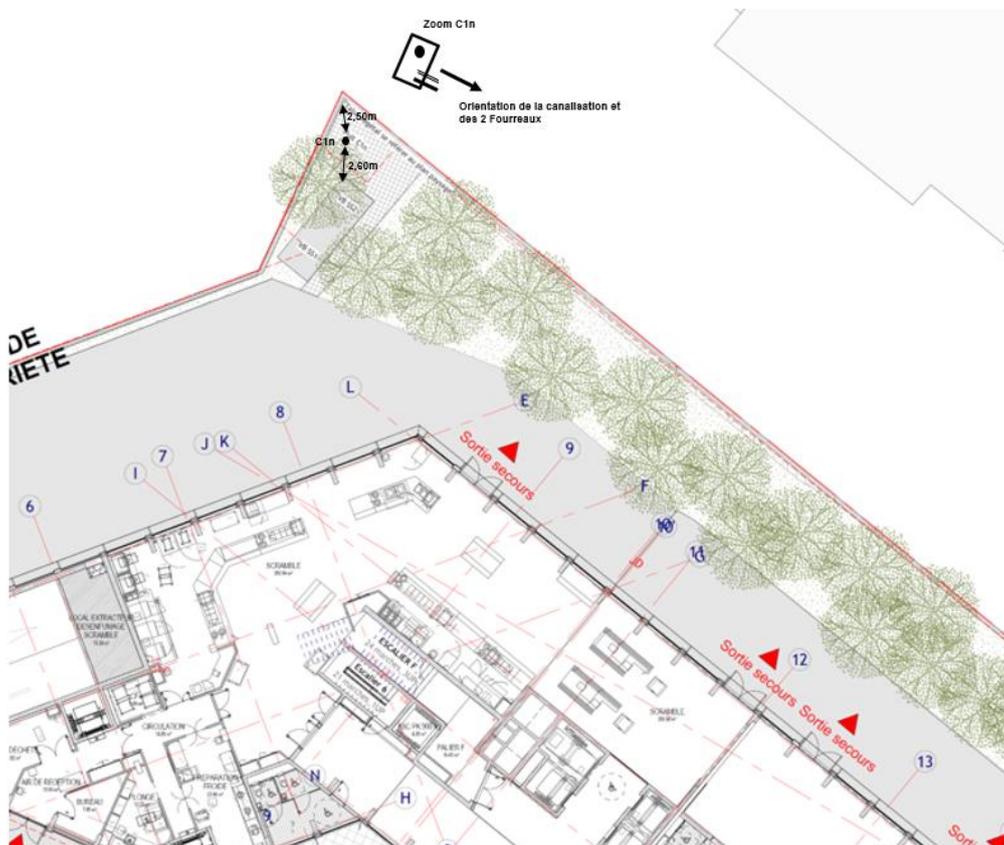


Figure 2 : Plan d'orientation de la canalisation et des fourreaux de l'ouvrage C1n



Figure 3 : Photo du tampon boulonné de l'ouvrage C1n



### 3.3 OUVRAGE C4

Vous trouverez ci-dessous les plans d'orientation précisant l'orientation des canalisations et fourreaux de l'ouvrage C4 ainsi que les plans de cotations de celui-ci remis à jour :

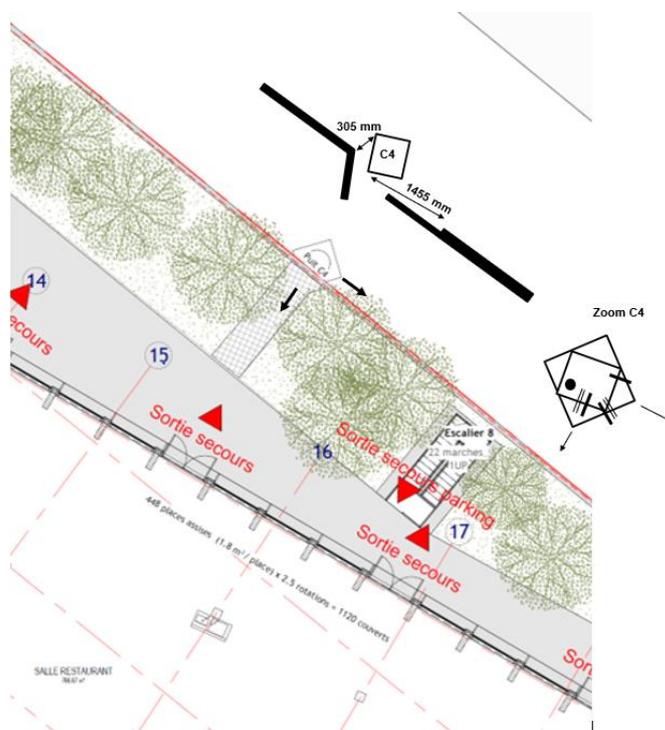


Figure 5 : Plan d'orientation des canalisations et des fourreaux de l'ouvrage C4

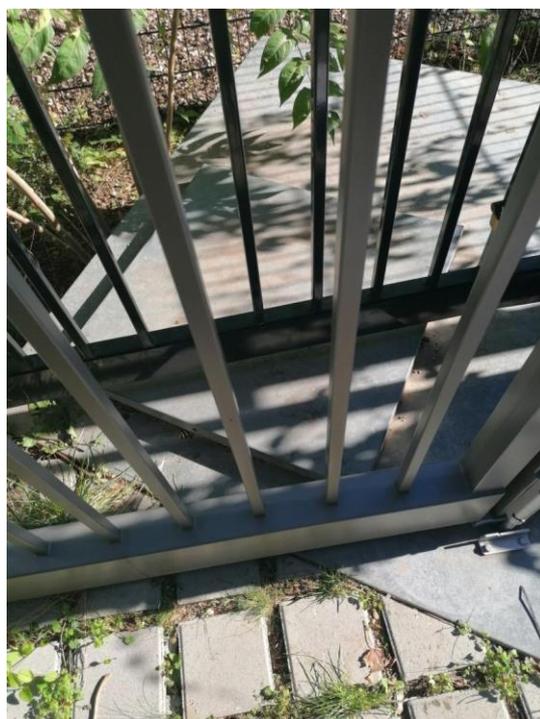


Figure 6 : Photo du tampon sécurisé de l'ouvrage C4

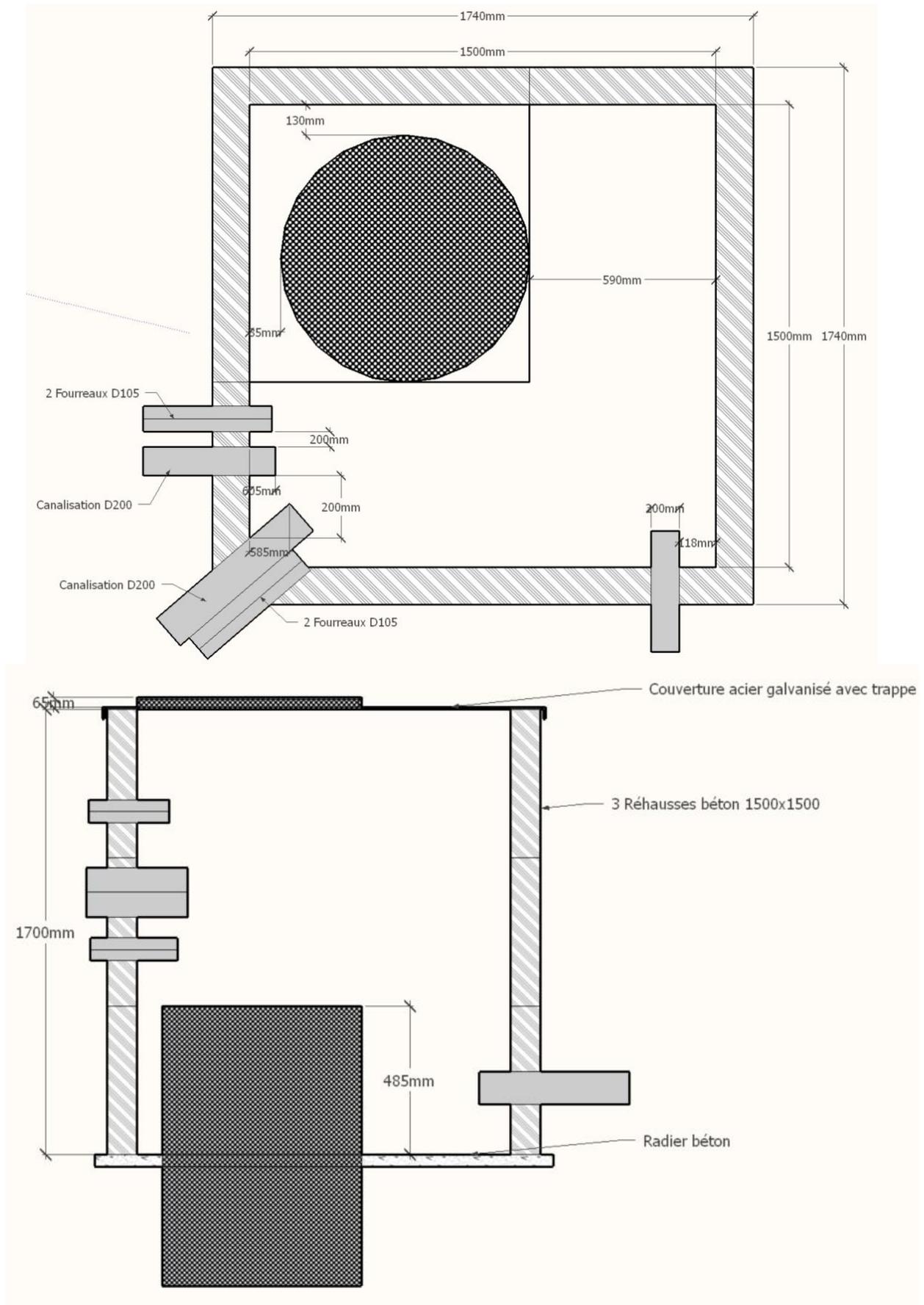


Figure 7 : Plan du regard de l'ouvrage C4

### 3.4 OUVRAGE C2N

Vous trouverez ci-dessous les plans d'orientation précisant l'orientation de la canalisation et des fourreaux de l'ouvrage C2n ainsi que les plans de cotations de celui-ci remis à jour :

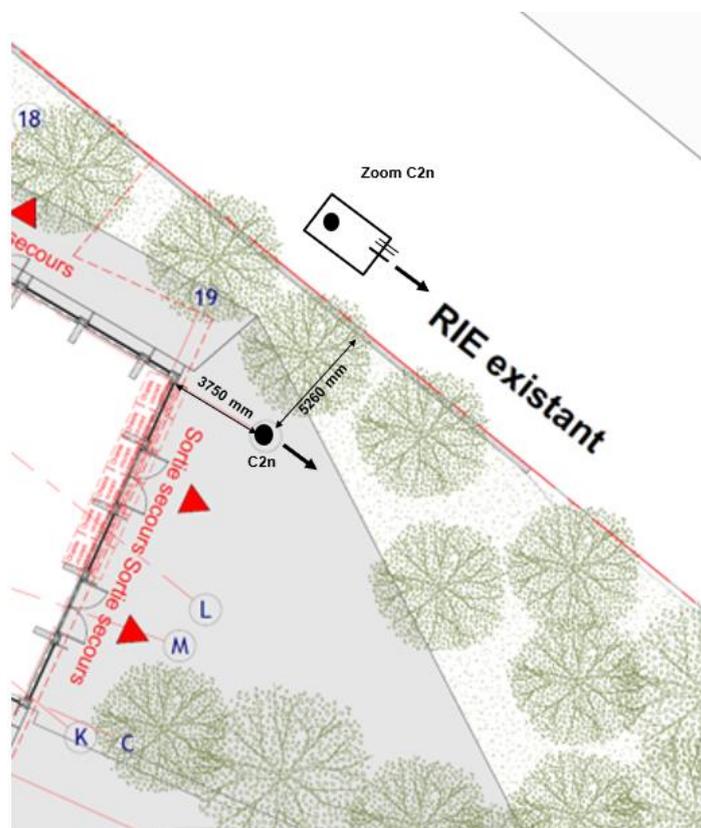


Figure 8 : Plan d'orientation de la canalisation et des fourreaux de l'ouvrage C2n



Figure 9 : Photo du tampon sécurisé de l'ouvrage C2n

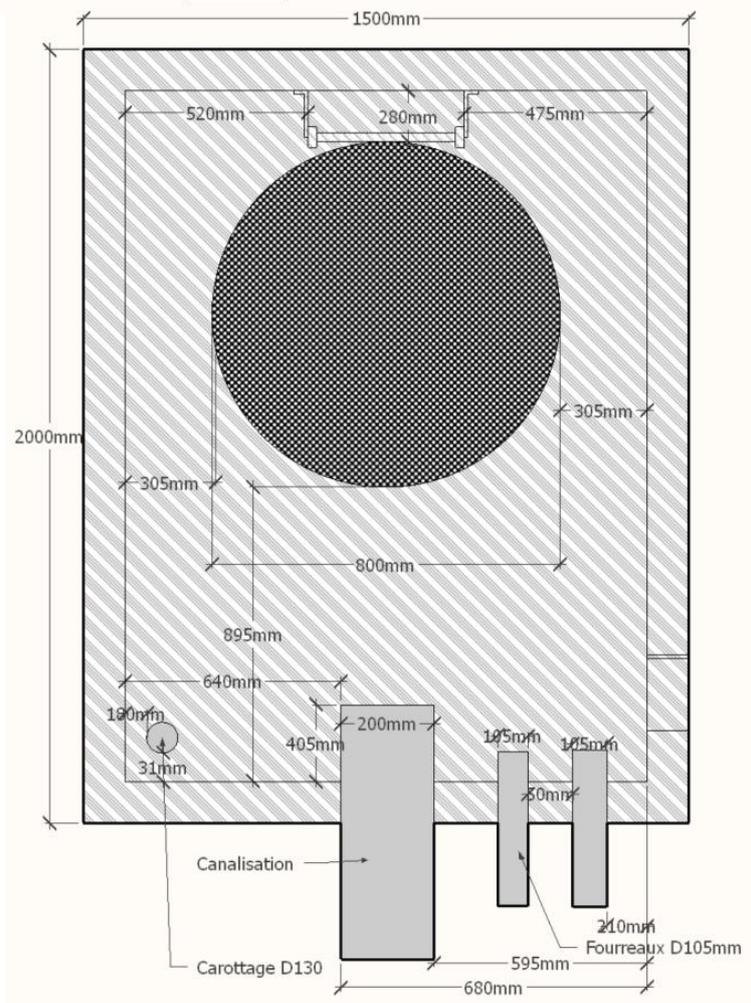
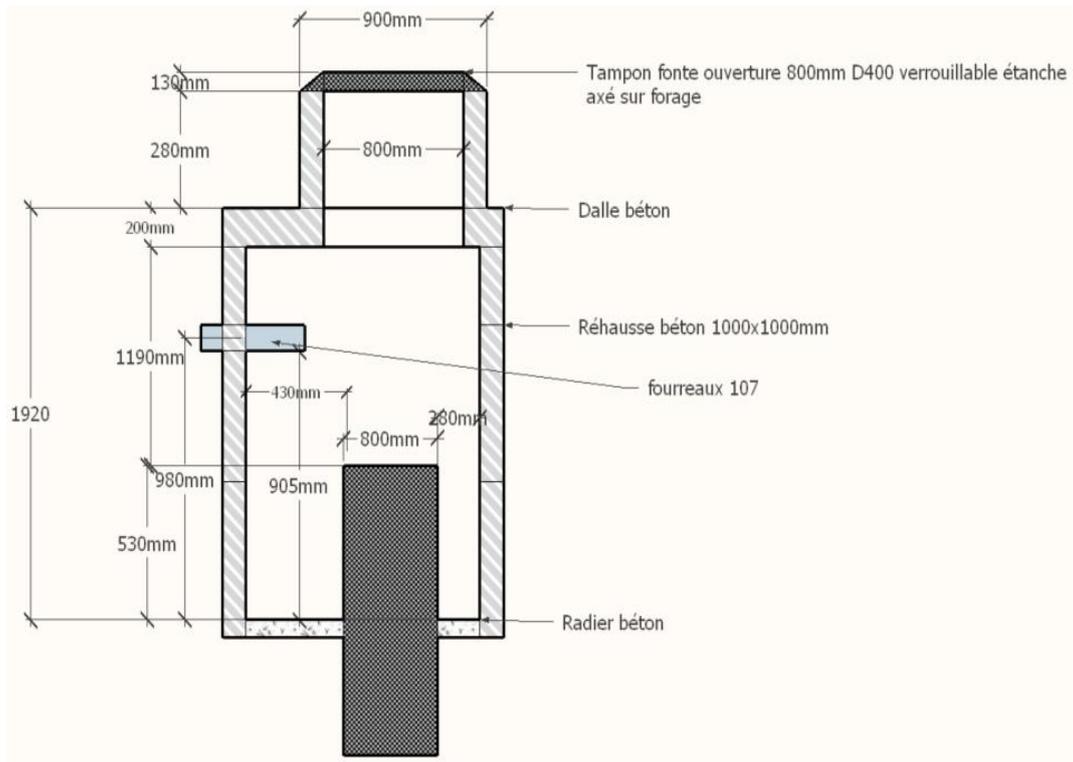


Figure 10 : Plan du regard de l'ouvrage C2n

### 3.5 OUVRAGE C3N

Vous trouverez ci-dessous les plans d'orientation précisant l'orientation de la canalisation et des fourreaux de l'ouvrage C3n ainsi que les plans de cotations de celui-ci remis à jour :

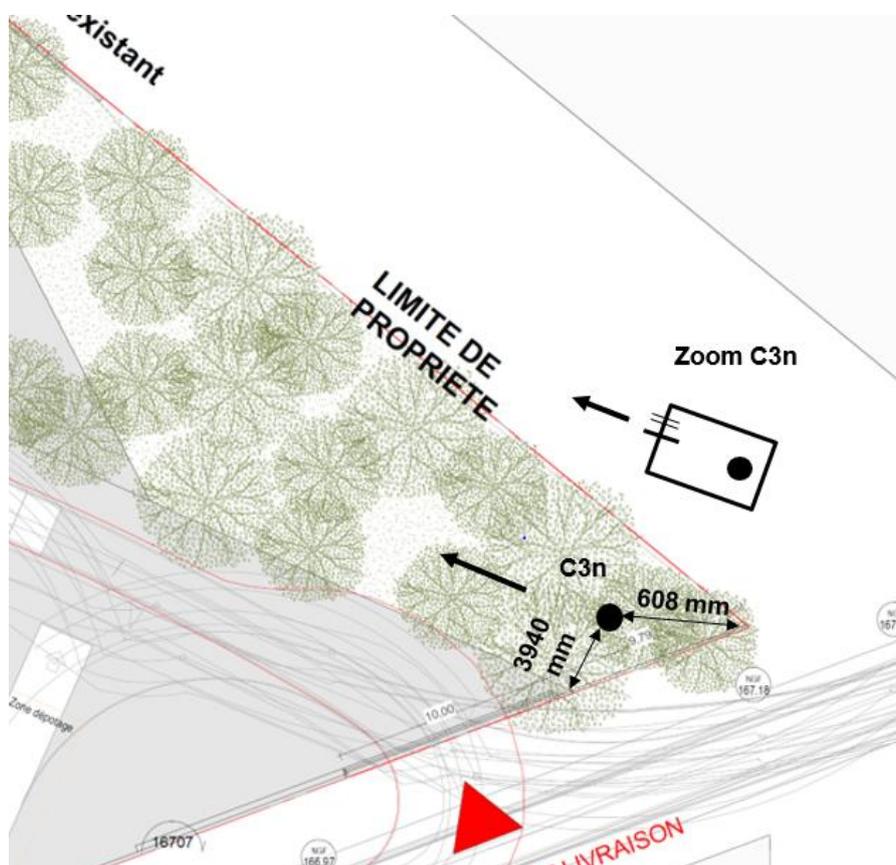


Figure 11 : Plan d'orientation de la canalisation et des fourreaux de l'ouvrage C3n



Figure 12 : Photo du tampon sécurisé de l'ouvrage C3n

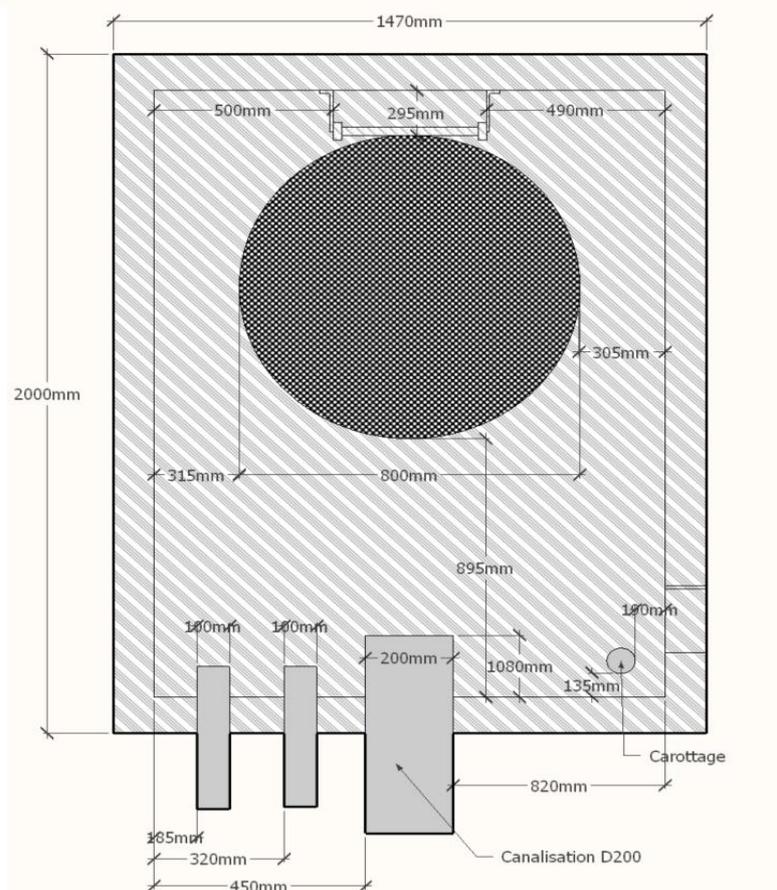
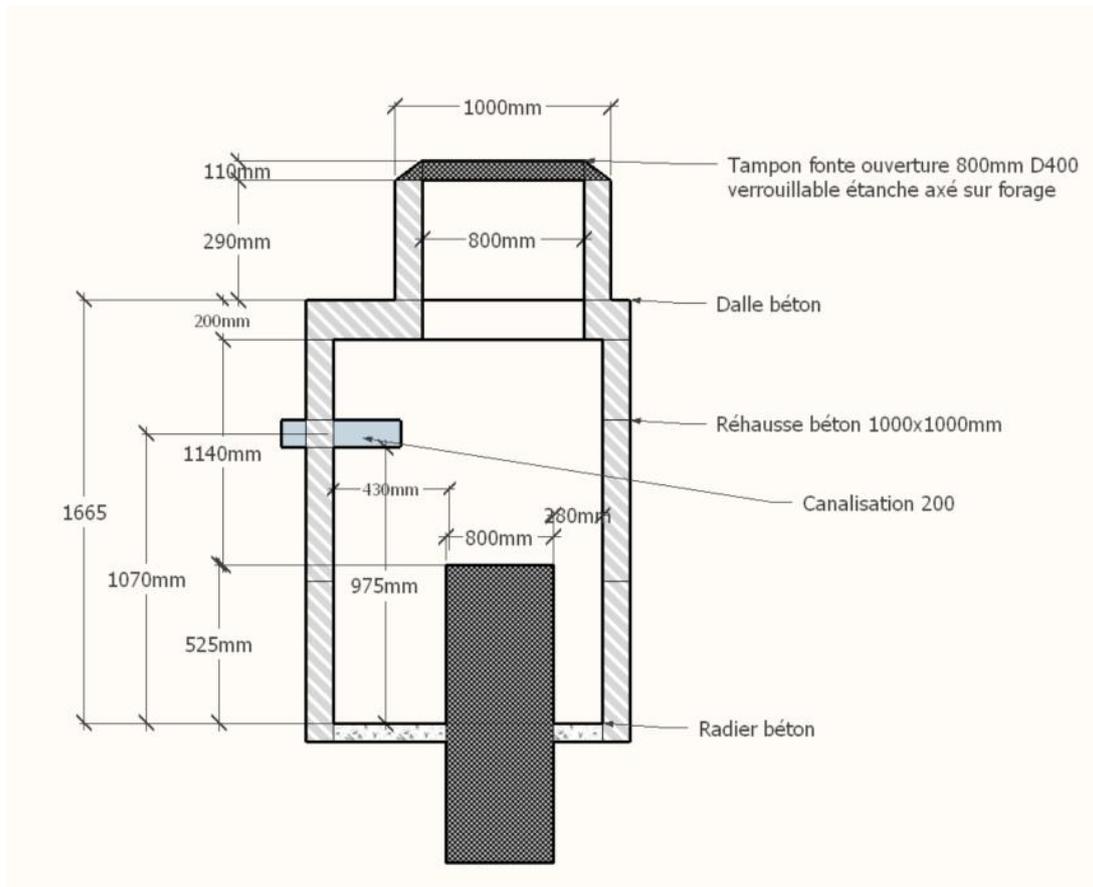


Figure 13 : Plan du regard de l'ouvrage C3n



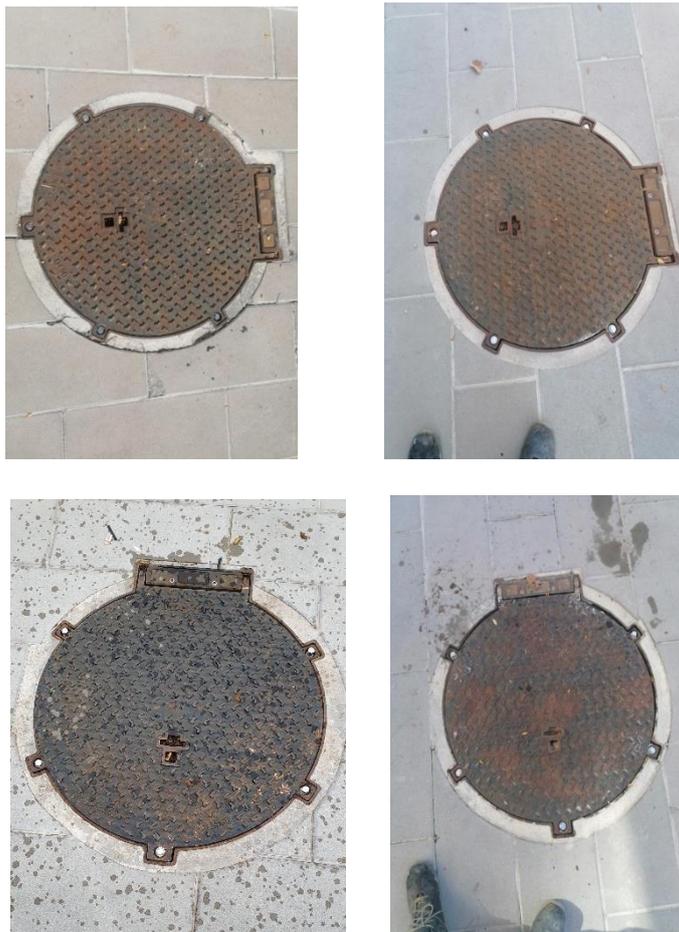


Figure 15 : Photo des tampons sécurisés des ouvrages respectivement R4n, R5, R6 et R7n



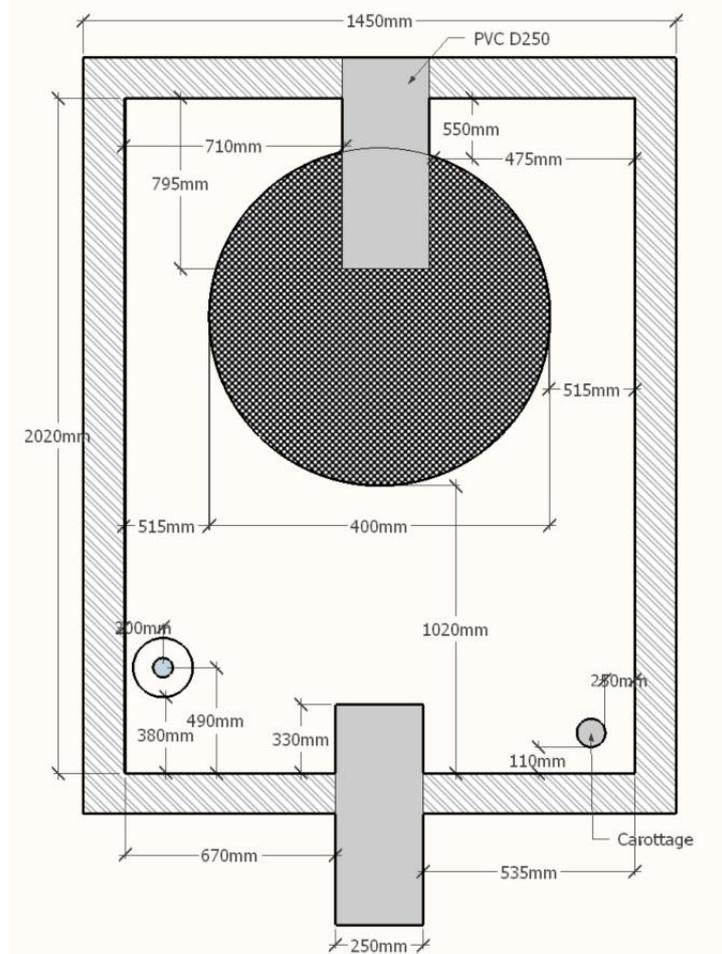
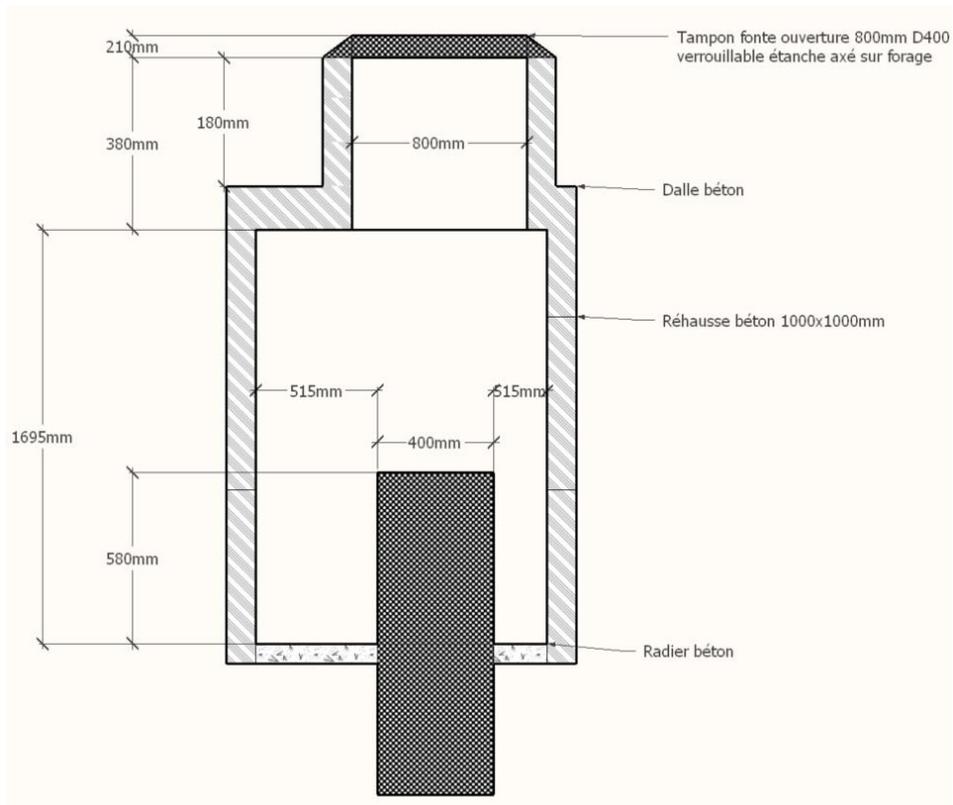


Figure 17 : Plan du regard de l'ouvrage R5

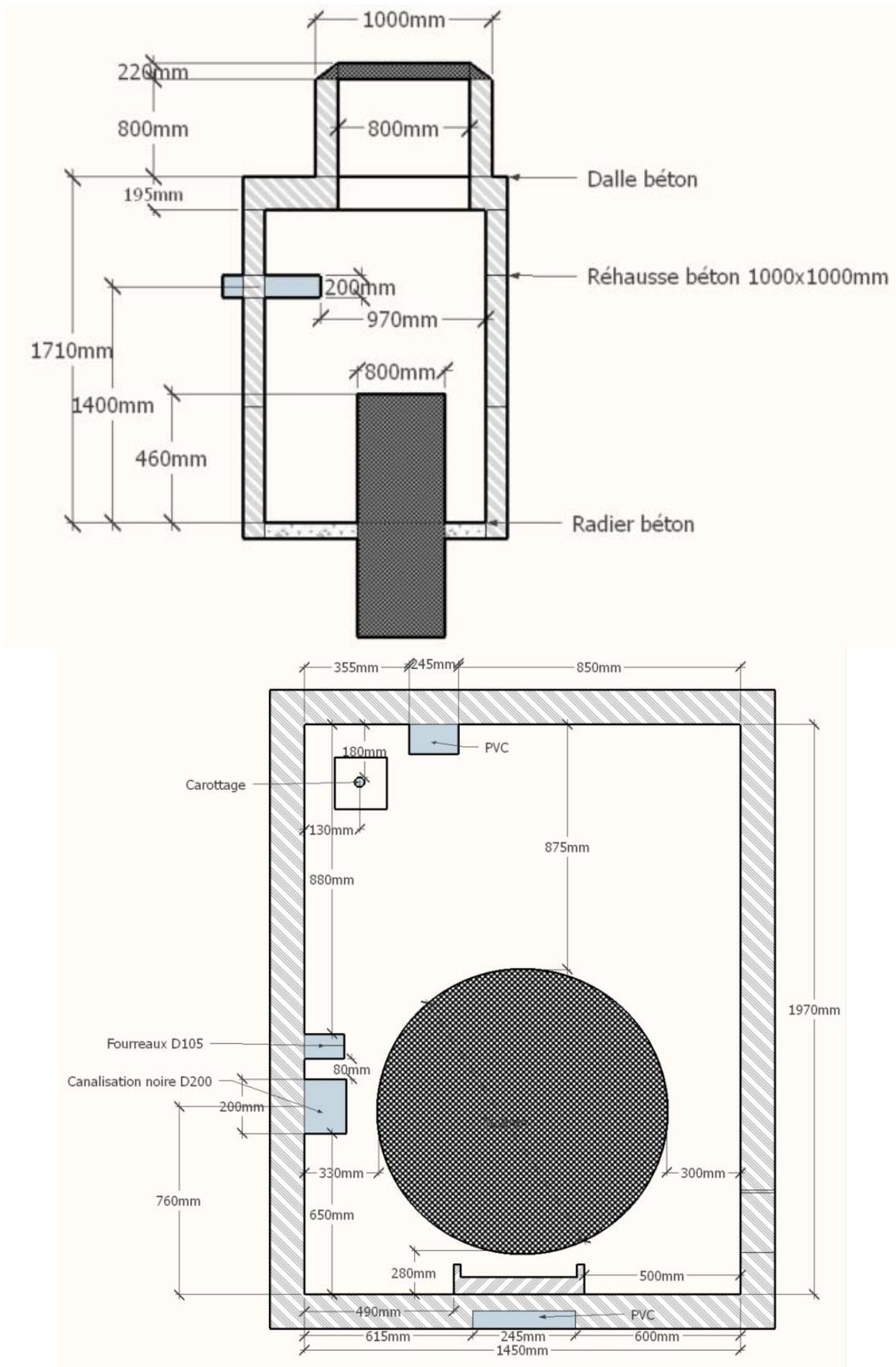


Figure 18 : Plan du regard de l'ouvrage R7n

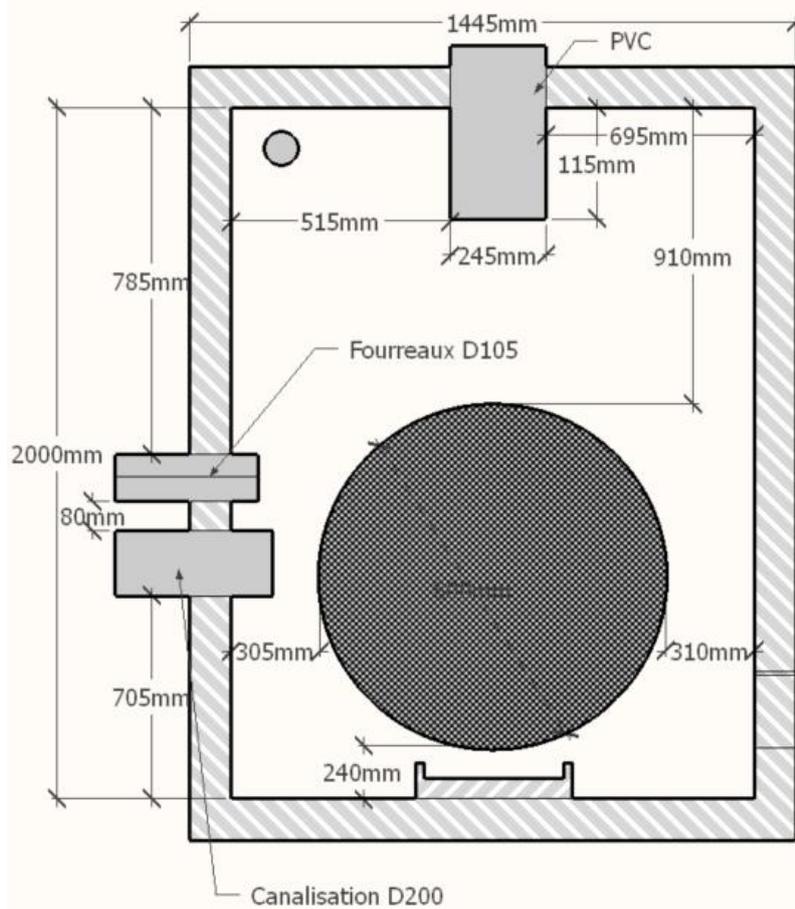
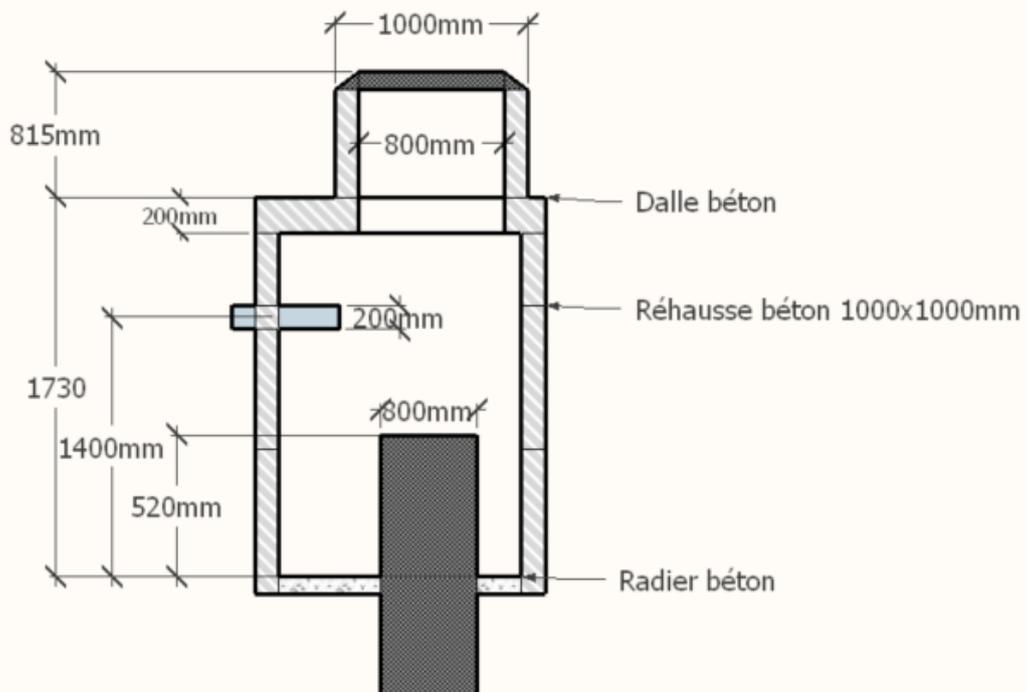


Figure 19 : Plan du regard de l'ouvrage R4

### 3.7 OUVRAGE R1R2

Vous trouverez ci-dessous les plans d'orientation précisant l'orientation de la canalisation et des fourreaux de l'ouvrage R1R2 ainsi que les plans de cotations de celui-ci remis à jour :

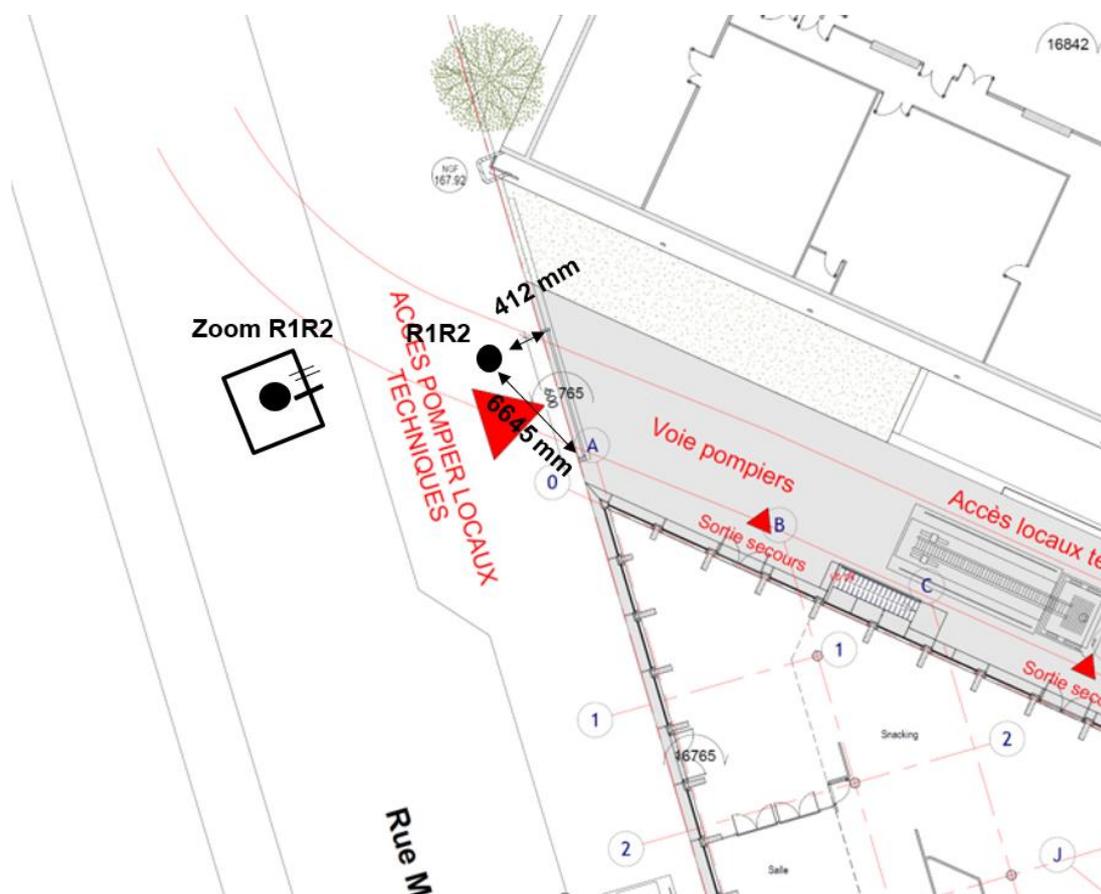


Figure 20 : Plan d'orientation des canalisations et des fourreaux de l'ouvrage R1R2



Figure 21 : Photo du tampon sécurisé de l'ouvrage R1R2

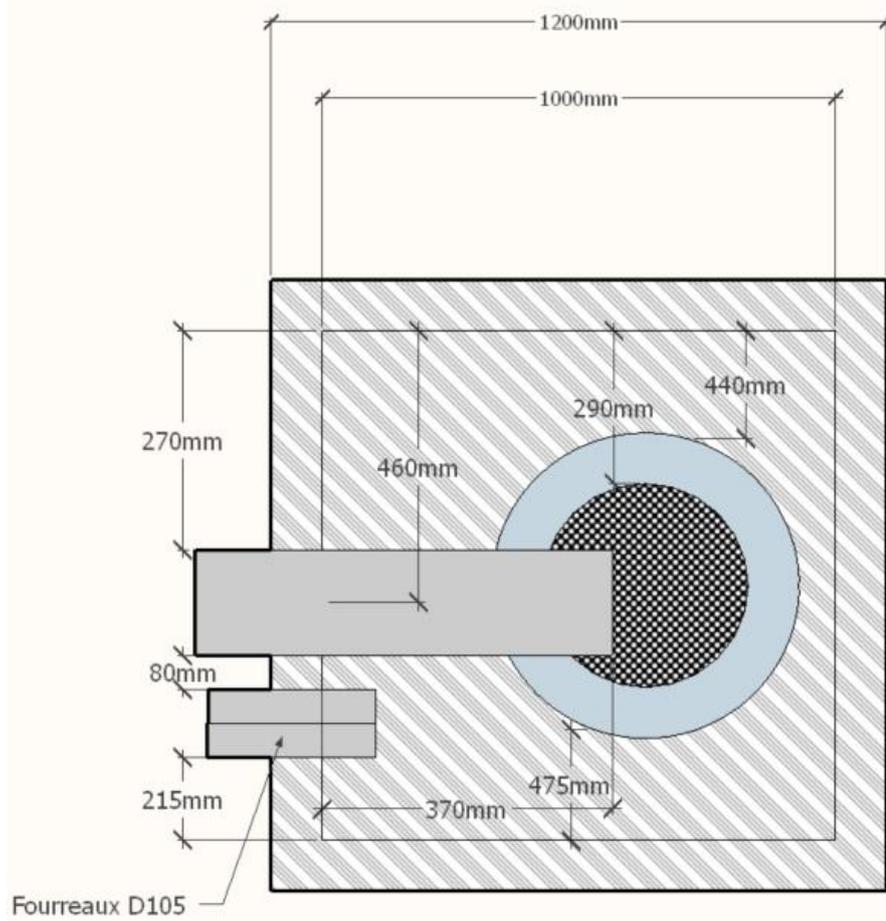
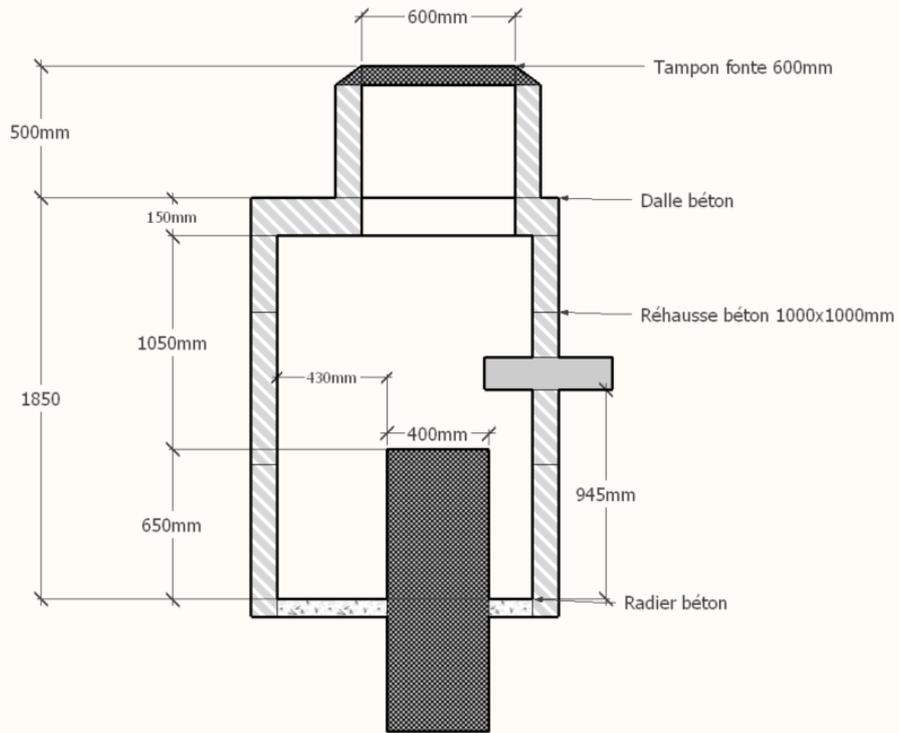


Figure 22 : Plan du regard de l'ouvrage R1R2

### 3.8 OUVRAGE R3n

Vous trouverez ci-dessous les plans d'orientation précisant l'orientation de la canalisation et des fourreaux de l'ouvrage R3n ainsi que les plans de cotations de celui-ci remis à jour :

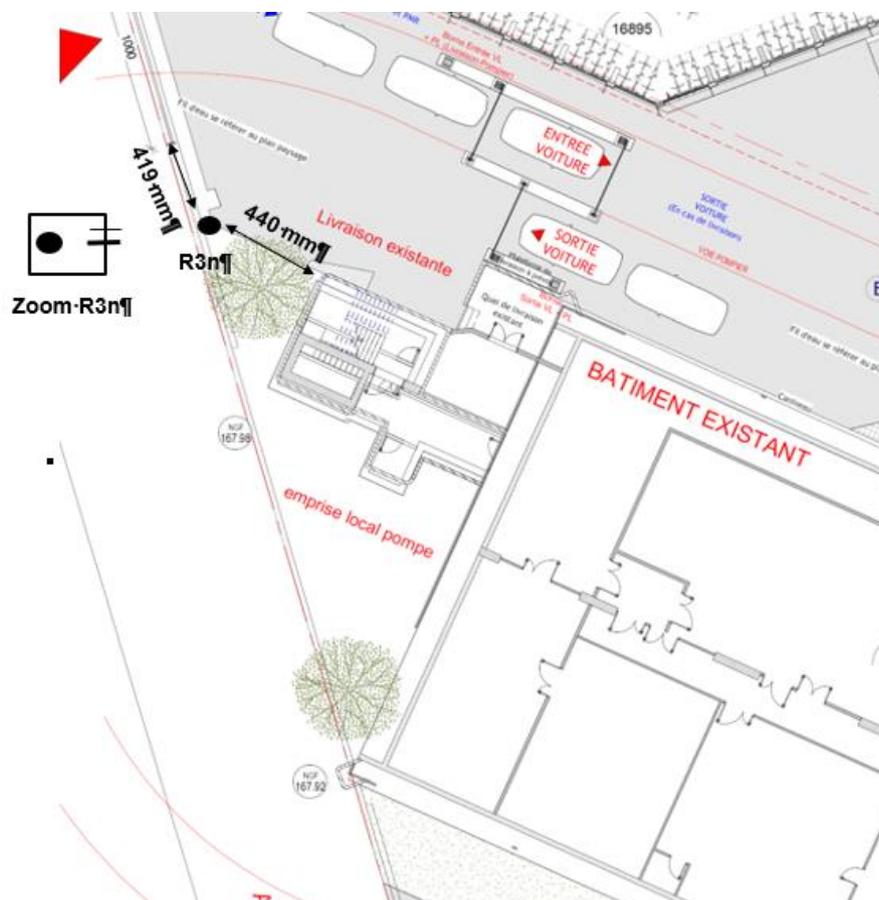


Figure 23 : Plan d'orientation des canalisations et des fourreaux de l'ouvrage R3n



Figure 24 : Photo du tampon sécurisé de l'ouvrage R3n

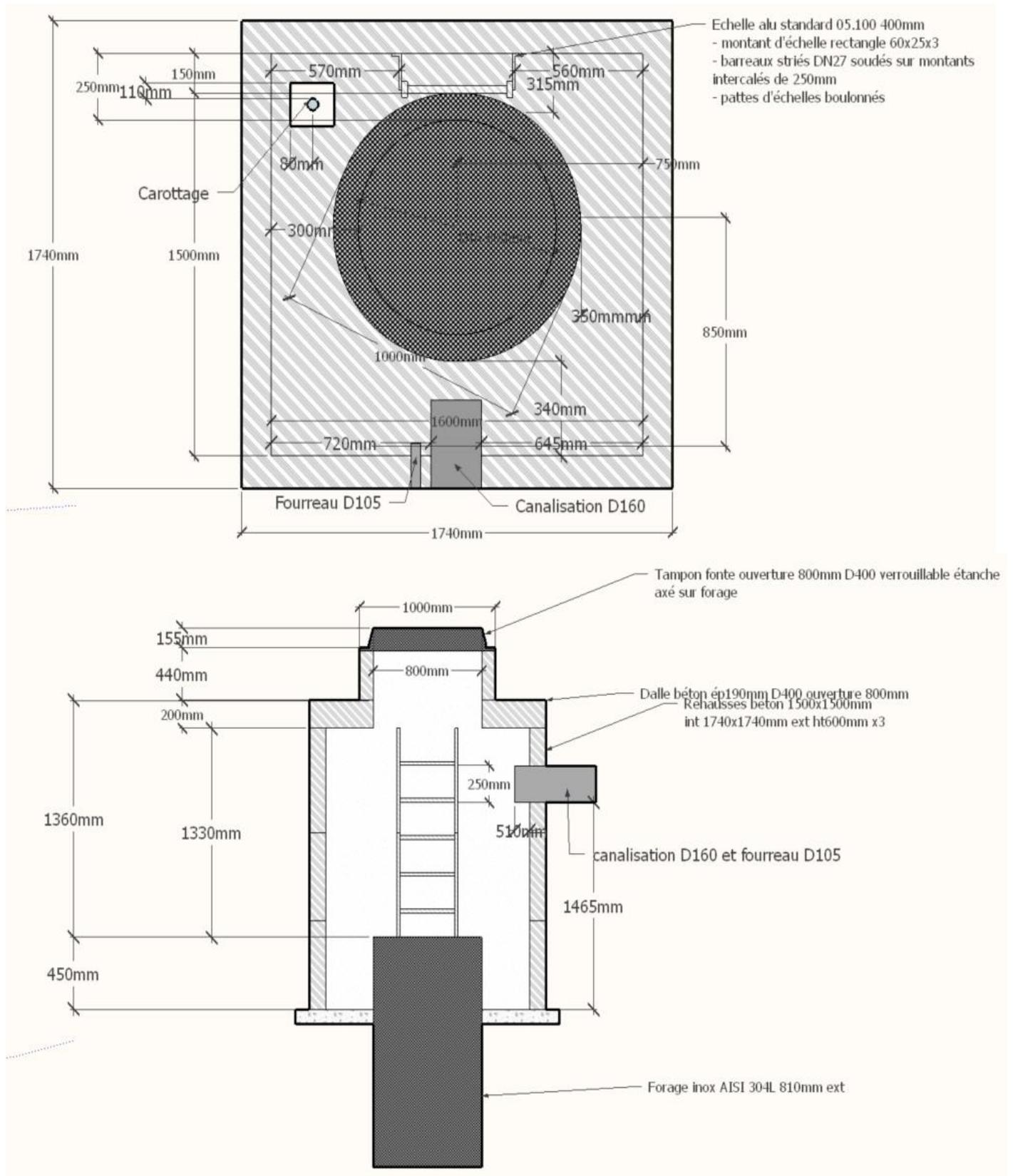


Figure 25 : Plan du regard de l'ouvrage R3n

Annexe 5 : **Mode de fonctionnement des TAR**



# Analyse Méthodique des Risques

## Tours de refroidissement

### Zone B - Provisoire



## ORANGE

Site de LACASSAGNE  
131 avenue Felix FAURE  
69 003 LYON

Dossier n°202201 003

Suivi par : Estelle MOREL

Rapport émis le : **30/03/2023**

Version : 2

1	Contexte de la pré AMR.....	3
1.1	<b>Contexte de la pré-AMR.....</b>	<b>3</b>
1.2	<b>Le groupe de travail.....</b>	<b>3</b>
2	Modifications apportées.....	4
2.1	<b>Conception des installations.....</b>	<b>4</b>
2.2	<b>Modalités d'exploitation.....</b>	<b>4</b>
2.2.1	Mode de fonctionnement courant – Mode Automatique.....	5
2.2.2	Modes de fonctionnement exceptionnels – Modes forcés.....	5
2.3	<b>Stratégie de traitement.....</b>	<b>5</b>
2.4	<b>Management et responsabilités.....</b>	<b>8</b>
2.5	<b>Procédures d'exploitation préventives et curatives.....</b>	<b>8</b>
2.6	<b>Liste des bras morts et modalités de gestion.....</b>	<b>8</b>
2.7	<b>Plan d'entretien.....</b>	<b>8</b>
2.8	<b>Plan de surveillance.....</b>	<b>9</b>
2.9	<b>Rondes/organisation générale.....</b>	<b>9</b>
3	Bilan et plan d'action.....	10

# 1 Contexte de la pré AMR

## 1.1 Contexte de la pré-AMR

À la suite de l'achèvement des travaux de restructuration du site de Lacassagne, la société ORANGE programme la remise en exploitation de sa réjection calorifique via la nappe phréatique au travers de puits de captage et de rejet.

Pour le moment seule l'aile B est concernée. Les 3 tours de refroidissement, exploitées jusqu'alors dans cette zone, vont désormais devenir des installations de secours en cas de dysfonctionnement des puits. En conséquence, le cycle de l'eau des tours aéroréfrigérantes va être significativement modifié, raison de cette pré-analyse des risques de développement des légionelles. Son objectif est d'étudier les risques et modalités de gestion permettant à ORANGE de maintenir un système de secours disponible tout en assurant la gestion du risque de développement de légionelle et la conformité à la réglementation ICPE rubrique 2921.

Une révision AMR définitive sera éditée lors du changement d'exploitation, comprenant les plans d'entretien et de surveillance actualisés.

## 1.2 Le groupe de travail

Date de la visite / réunion du groupe de travail : **cette pré AMR a été réalisée par le biais de nombreuses réunions de travail menées en 2022 et début 2023.**

Le tableau ci-dessous synthétise les personnes participantes.

Rôle	Nom	Société/ Fonction
Exploitants	<b>Xavier OLLIER</b>	ORANGE / UPR SE Production Environnement Technique (MOA)
	<b>Cédric BEY</b>	ORANGE / UPR SE Production Environnement Technique (MOA)
	<b>Bruno MAURIN</b>	ORANGE /UPR SE Maintenance Environnement Technique
	<b>Sébastien FRETEAU</b>	ORANGE / UI Exploitation Environnement Technique
	<b>Alain VEILLET</b>	ORANGE / UI Exploitation Environnement Technique
	<b>Kévin NOREN</b>	ORANGE / Responsable Opérationnel Environnement
Traiteur d'eau	<b>Kévin PALLANDRE</b>	KURITA / Responsable technico-commercial du site
	<b>Corentin DUFRESNE</b>	MPC / Technico-commercial en charge du site - UV
	<b>Thierry SALOMON</b>	MPC / Directeur commercial - UV
Automaticien	<b>David MONDINO</b>	XPERE / En charge des modifications automate du site
Mainteneur	<b>Florent LECACHEUR</b>	EQUANS / Responsable d'affaire
Consultante risque légionelles	<b>Estelle MOREL</b>	COLSEN / Directrice

*Personnes référentes, en charge de la surveillance et de la gestion du risque légionelles sur l'installation.*

### 2.1 Conception des installations

Aucune modification n'est apportée aux circuits de refroidissement, ni à la ligne d'appoint d'eau. Seuls des capteurs sont intégrés.

### 2.2 Modalités d'exploitation

ORANGE a déterminé les modes d'exploitation suivants :

Domaine	Nom	Principe	Fréquence
Exploitation	Mode automatique PUIITS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Fonctionnement sur puits</b></li> <li>- <b>Basculement automatique sur TAR en cas de lourd dysfonctionnement réseau puits</b></li> <li>- <b>Retour sur puits manuel après acquittement des défauts par opérateur</b></li> </ul>	« Exploitation de base »
	Mode automatique TAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonctionnement priorisé sur TAR à la suite d'une demande opérateur</li> <li>- Basculement automatique sur puits en cas de dysfonctionnement</li> <li>- → Correspond au mode de fonctionnement actuel des TAR</li> </ul>	Exceptionnel
	Mode forcé Puits	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonctionnement forcé sur puits à la suite d'une demande opérateur</li> <li>- Aucune permutation automatique sur le réseau TAR en cas de lourds dysfonctionnements</li> </ul>	Exceptionnel
Maintenance	Essais périodiques TAR	Tester l'efficacité et le bon fonctionnement du secours TAR en autorisant les TAR et le réseau ER à démarrer (avec charge thermique) Essai périodique sur action manuelle en début de matinée Retour sur mode automatique puits en fin d'après-midi	Mensuel

Il en découle plusieurs états de fonctionnement pour les TAR :

- **TAR à l'arrêt** : la tour ne peut être sollicitée car le bassin est vide
- **TAR en remplissage** : état de transition entre TAR à l'arrêt et TAR prête à démarrer
- **TAR prête à démarrer** : TAR en eau, avec stratégie de traitement et surveillance
- **TAR en essai maintenance** : TAR faisant l'objet de l'essai mensuel de bon fonctionnement (avec charge thermique)
- **TAR en fonctionnement** : TAR en eau, avec stratégie de traitement et surveillance, assurant le secours des puits en dehors des essais périodiques maintenance

### 2.2.1 Mode de fonctionnement courant – Mode Automatique

1 TAR prête à démarrer, les 2 autres sont à l'arrêt et vidangées.

Chaque mois, la TAR prête à démarrer permute (entre T1B, T2B ou T3B) afin des tester périodiquement les circuits.

Les échanges ont conduit aux modalités suivantes :

- Maintien des lampes UV dans le bassin
- Mise en circulation 2 fois/semaine par actionnement de la pompe de circulation (vanne de bypass pulvérisation ouverte, les rampes, buses et packing restent secs)
- Vidange 50% du bassin par automate afin d'acheminer de l'eau d'appoint traitée (gestion du risque de bras mort sur la ligne d'appoint + acheminement des produits anti-corrosion et bio dispersant). Il pourra être revu à la baisse par la suite le volume de purge pour limiter les consommations d'eau.
- Injection 2 fois/semaine du biocide oxydant employé depuis 2019 (au dosage ayant montré son efficacité vis-à-vis des bactéries et non innocuité vis-à-vis de la batterie en cuivre) lors des mises en circulation pour une bonne diffusion.
- Surveillance mensuelle légionelles sur la TAR prête à démarrer (après période de surveillance renforcée exigée par la réglementation)
- Surveillance mensuelle du traiteur d'eau KURITA (selon plan de surveillance)
- Ronde hebdomadaire de l'UI maintenue

### 2.2.2 Modes de fonctionnement exceptionnels – Modes forcés

Mode forcé puits : les modalités citées précédemment sont conservées

Mode forcé TAR : retour momentané au mode de fonctionnement actuel connu des équipes. Les 3 TAR sont remplis et le basculement quotidien de priorité est assuré. La charge thermique induit un renouvellement d'eau régulé selon la conductivité mesurée dans les circuits.

## 2.3 Stratégie de traitement

Il a été étudié par le groupe de travail 3 possibilités de stratégies pour ce nouveau mode d'exploitation, présenté dans le tableau en page suivant.

En parallèle, les produits et dosage envisagés ont fait l'objet d'essais de compatibilité avec les lampes UV afin de vérifier :

- Que les produits ne sont pas dégradés par les UV et peuvent donc conserver leur action et être détectés dans l'eau
- Les dosages maximums acceptables ne perturbant pas la transmittance de l'eau, nécessaire au bon fonctionnement des UV.

Ces essais ont été assurés par KURITA et MPC.

	<b>STRATEGIE A</b> <b>UV + biocide non oxydant (8583)</b>	<b>STRATEGIE B *</b> <b>UV + biocide oxydant (8590)</b>	<b>STRATEGIE C : Hybride</b> <b>UV + biocide non oxydant (8583) + 8590</b>
<b>Principe général</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UV dans bassin en eau</li> <li>- Injection sur l'appoint de <b>AKTIPHOS® 4180</b> (antitartre anti-corrosion) - dosage à <b>80 ppm</b> (100 max car F 8583)</li> <li>- Injection sur l'appoint de <b>KURIVERTER® IK110</b> (bio dispersant) à raison de <b>25 ppm</b>. Optimisation du dosage de l'IK 110 en fonction de l'évolution de l'état de surface du bassin et des résultats des coupons biofilm (max 35 ppm)</li> <li>- Injection tous les 7 jours de <b>FERROCID 8583 (50ppm)</b></li> <li>- Seconde injection de FERROCID 8583 après journée de test mensuel pour la TAR concernée (50 ppm) - OPTIONNEL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UV dans bassin en eau</li> <li>- Injection sur l'appoint de <b>AKTIPHOS® 4180</b> (antitartre anti-corrosion) - Dosage à <b>100 ppm</b> si bio dispersant IK110 à 50 ppm max, possible 150ppm max si utilisé « seul » SANS IK110</li> <li>- Injection sur l'appoint de <b>KURIVERTER® IK110</b> (bio dispersant) à raison de <b>50 ppm</b> max =&gt; Optimisation du dosage de l'IK 110 en fonction de l'évolution de l'état de surface du bassin et des résultats des coupons biofilm</li> <li>- Injection 2 fois/semaine de <b>FERROCID 8590 (120 ml)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UV dans bassin en eau</li> <li>- Injection sur l'appoint de <b>AKTIPHOS® 4180</b> (antitartre anti-corrosion) - Dosage à <b>80 ppm</b> (100 max car F 8583)</li> <li>- Injection sur l'appoint de <b>KURIVERTER® IK110</b> (bio dispersant) à raison de <b>25 ppm</b>. Optimisation du dosage de l'IK 110 en fonction de l'évolution de l'état de surface du bassin et des résultats des coupons biofilm (max 35 ppm)</li> <li>- Injection <b>sur l'appoint</b> de <b>FERROCID 8583 (50ppm)</b></li> <li>- Injection de 8590 UNIQUEMENT dans le cas d'un fonctionnement forcé (fonctionnement actuel) et dans ce cas : arrêt des injections sur l'appoint de 8583 et IK110.</li> </ul>
<b>Circulation d'eau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Circulation <b>tous les 7 jours</b> au moment de l'injection biocide + vidange totale du bassin <b>tous les 7 jours</b></li> </ul> <p style="text-align: center;">OU</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Circulation <b>tous les 7 jours</b> au moment de l'injection biocide + vidange à 50% du bassin deux fois par semaine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Circulation d'eau <b>2 fois/sem.</b> dans la TAR en attente au moment de l'injection biocide</li> <li>- Vidange à 50% du bassin deux fois par semaine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Circulation <b>tous les 7 jours</b> + vidange totale du bassin <b>tous les 7 jours</b></li> </ul> <p style="text-align: center;">OU</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Circulation <b>tous les 7 jours</b> + vidange à 50% du bassin deux fois par semaine</li> </ul>
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biocide non oxydant avec durée de vie longue dans le circuit (rémanence)</li> <li>- Biocide sans risque de dégradation du cuivre (batterie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temps de stagnation plus limité</li> <li>- UV reste le biocide principal</li> <li>- Biocide oxydant complémentaire = rejets moins polluants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biocide non oxydant avec durée de vie longue dans le circuit (rémanence)</li> <li>- Biocide sans risque de dégradation du cuivre (batterie)</li> </ul>

	<b>STRATEGIE A UV + biocide non oxydant (8583)</b>	<b>STRATEGIE B * UV + biocide oxydant (8590)</b>	<b>STRATEGIE C : Hybride UV + biocide non oxydant (8583) + 8590</b>
	- Les 3 produits injectés peuvent être suivis par des matières actives analysables dans l'eau par KURITA	- Biocide ayant déjà bénéficié des tests de compatibilité avec UV et permettant des dosages ATAC et BD plus élevés - Circulation 2 fois/semaine = meilleure action du bio dispersant et gestion risque biofilm	- Les 3 produits injectés peuvent être suivis par des matières actives analysables dans l'eau par KURITA
<b>Inconvénients</b>	- Biocide jugé polluant - Matériel (un poste d'injection par TAR) - Intérêt des UV limité (réduction des consommations évoqué)	- Dosage du biocide oxydant à limiter à 120 ml/injection (préservation cuivre) => fonctionnement actuelle testé et ayant montré de bon résultat bactérien - Le biocide chimique est dégradé rapidement et ne peut être mesuré dans l'eau facilement (sonde nécessaire)	- Biocide jugé polluant - Intérêt des UV limité (réduction des consommations évoqué) - Changement de biocide selon le mode d'exploitation = risque augmenté d'erreur
<b>Besoin matériel/ Automatisme</b>	- Pour le moment KURITA a proposé d'installer 3 postes d'injection supplémentaire (mais ce point pourrait être revu)	- Sonde rédox à mettre en place pour le suivi des injections Peroxyde ?	- A priori pas de poste supplémentaire : IK110 et 8583 sur l'appoint donc 1 bac par traitement, qui sont déjà présent sur site (à confirmer)
<b>Conso produits estimée</b> <small>(Estimatif approximatif si pas de fonctionnement forcé)</small>	Sur une année : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 20 Kg Aktiphos 4180</li> <li>▪ 10 Kg Ferrocid 8583,</li> <li>▪ 5 Kg Kuriverter IK110</li> </ul>	Sur une année : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 20 Kg Aktiphos 4180</li> <li>▪ 12,5 Kg FERROCID 8590</li> <li>▪ 5 Kg Kuriverter IK110</li> </ul>	Sur une année : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 20 Kg Aktiphos 4180</li> <li>▪ 10 Kg Ferrocid 8583,</li> <li>▪ 5 Kg Kuriverter IK110</li> <li>▪ 8590 : en cas de fonctionnement force</li> </ul>

Après revu des éléments de précision fournis par KURITA et MPC, ORANGE et COLSEN se sont positionnés uniquement sur la stratégie B, plus proche de la stratégie actuelle.

- Les adoucisseurs resteront en service. Il sera revu de temps de régénération afin de ne pas favoriser le tassement des résines et la prolifération bactérienne. Des analyses d'eau d'appoint seront menées 2 fois/an pour surveillance.
- Les coffrets pilotant la déconcentration de chaque TAR par mesure de la conductivité resteront en place. Cependant, en l'absence de charge thermique régulière, la conductivité de la tour prête à démarrer restera faible (à l'exception du jour de test maintenance). Les valeurs cible du plan de surveillance devront prendre en compte ce paramètre.

## 2.4 Management et responsabilités

- KURITA est depuis janvier 2023 l'interlocuteur unique d'ORANGE pour le traitement d'eau. La société MPC intervient pour le compte de KURITA.
- Pas de changement notable dans le management et les responsabilités chez ORANGE.

## 2.5 Procédures d'exploitation préventives et curatives

- Le manuel d'exploitation de KURITA devra être mis à jour, notamment le plan de surveillance et les procédures en cas de dérives.
- Sur cette base, la société COLSEN assurera la mise à jour des procédures d'exploitation zone B d'ORANGE
- En cas de mode exceptionnel forcé des TAR, les procédures actuellement en vigueur sont conservées (produits de traitement similaires)

## 2.6 Liste des bras morts et modalités de gestion

- Bras mort circuit géré par les circulations d'eau 2 fois/semaines
- Bras mort potentiel ligne d'appoint géré par les vidanges 50 % bassin d'eau 2 fois/semaines

## 2.7 Plan d'entretien

- Le plan d'entretien préventif des circuits est maintenu, les nettoyages bassins devraient être moins fréquents
- La procédure de nettoyage annuel restera très probablement à la formule de base sans détartrage ni démontage complet des packings, du fait de la faible sollicitation des TAR.
- L'entretien des sondes rédox futures est à intégrer

## 2.8 Plan de surveillance

- Le plan de surveillance devra être en 2 parties (avec ou sans charge thermique) afin de bien interpréter les valeurs et réagir aux dérives.
- Analyses légionelles mensuelles maintenues sur la TAR en eau
- Analyses trimestrielles et annuelle de la qualité des rejets maintenues, sur la TAR en eau
- Analyse eau d'appoint renforcé à 2 fois/an (car baisse significative de la consommation d'eau)

## 2.9 Rondes/organisation générale

### Mise à jour de la trame de ronde C09

La ronde est à adapter : en effet le suivi des ratios de dosage ne sera plus possible par les UI du fait des très faibles consommations de produits. Ces ratios seront vérifiés mensuellement à chaque visite de KURITA. Les UI s'assureront uniquement du bon fonctionnement des pompes d'injection et de l'absence d'alarme.

### Mise à jour de la trame de ronde C09

Après échange avec l'UI Lyon et l'UPR SE, l'organisation qui semble se dessiner est la suivante :

### MAI

L	M	M	J	V	S	D
W	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

X : Essais mensuel GE

X : Test mensuel maintenance TAR

X : purge 1 m<sup>3</sup> du bassin en début d'après-midi les mardis et vendredis (ex : 14h00)

X : Visite KURITA

X : prélèvement légionelles le matin avant injection biocide oxydant (respect ainsi des 48 heures de délai)

Le groupe de travail a anticipé les impacts potentiels en matière de risque de développement légionelles au regard du futur mode d'exploitation envisagé des circuits de refroidissement.

Cette modification d'exploitation va présenter les avantages suivants pour la zone B :

- Diminution significative des consommations d'eau et de produits
- Diminution significative de dispersion d'aérosols (1 Tar 1 fois/mois au lieu de 1 TAR quotidien à aujourd'hui)
- Diminution des risques de prolifération : eau de ville peu concentrée et à température du local.

Néanmoins, des actions ont dû être anticipées pour garantir l'absence de phénomène de stagnation et le maintien d'une qualité d'eau à faible charge bactérienne (traitement d'eau préventif). Le maintien des lampes UV dans le bassin en eau couplé à des injections de biocide oxydant 2 fois/semaine sécurise cet aspect. A ce jour les actions sont connues des acteurs et prise en compte dans le projet. Une vérification de ces dernières sera menée à réception pour valider le basculement d'exploitation par nos soins.

La mise à jour de plusieurs documents est aussi programmé.



## Acteur majeur de l'ingénierie de l'environnement et de la valorisation des territoires



### Références :

