

RESEAU CENTRE METROPOLE
65 RUE SAINT JEAN DE DIEU
CHAUFFERIE BOIS DE SURVILLE LYON 69007

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Création d'une centrale de production de froid - Décret n°2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n°78-498 du 28 mars 1978



CONSULTING

Archambault Conseil
Universaône
18, rue Felix Mangini
69 009 LYON

Pôle Métiers Ressource
France est

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'île - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

Version : 6

Date : 25/06/2021

Nom Prénom : Cécile ANDRIN

Visa : Fabien MONTVIGNIER



Numéro du projet : 20CMR024_Code minier_0621_R5_V6Intitulé du projet : **Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)**Intitulé du document : **Création d'une centrale de production de froid - Décret n°2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n°78-498 du 28 mars 1978**

Version	Rédacteur NOM / Prénom	Vérificateur NOM / Prénom	Date d'envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES Documents de référence / Description des modifications essentielles
1	ANDRIN Cécile	MONTVIGNIER Fabien	20/11/2020	Version provisoire
2	ANDRIN Cécile	MONTVIGNIER Fabien	25/11/2020	Version modifiée avec prises en compte des remarques de M. Gagnepain, Dalkia/ELM
V3	ANDRIN Cécile	MONTVIGNIER Fabien	30/11/2020	Version modifiée avec prises en compte des remarques de M. Gagnepain, Dalkia/ELM
V4	ANDRIN Cécile	MONTVIGNIER Fabien	11/03/2021	Version modifiée avec résultats de la modélisation sur le rejet au Rhône et la réduction du choix de fluides frigorigènes envisagés pour les groupes de production de froid
V5	ANDRIN Cécile	MONTVIGNIER Fabien	17/05/2021	Version modifiée avec prise en compte des remarques de la DREAL et de la solution du rejet définitive
V6	ANDRIN Cécile	MONTVIGNIER Fabien	24/06/2021	Version modifiée avec remarques de la DREAL (volume d'exploitation)

Sommaire

1.....	Contexte et objectif.....	5
2.....	Identification du demandeur	10
2.1	Données administratives	10
2.2	Justifications des capacités financières du demandeur	10
2.3	Justification des capacités techniques du demandeur	11
3.....	Description du projet	12
3.1	Localisation géographique et cadastrale	12
3.2	Exploitation prévisionnelle	14
3.2.1	Justification du choix de l'écart thermique.....	18
3.2.2	Justification d'un rejet au Rhône et du non-raccordement au réseau d'assainissement et au réseau de chaleur urbain	22
3.2.3	Justification de la technologie « groupe de froid » sur eau de nappe.....	25
3.2.4	Autres solutions techniques envisagées	25
4.....	Durée du titre sollicitée.....	27
5.....	Contexte général du site.....	27
5.1	Topographie	27
5.2	Hydrologie	27
5.3	Géologie.....	28
5.3.1	Cadre géologique.....	28
5.3.2	Lithologie au droit du site	29
5.4	Pollution des sols	30
5.5	Hydrogéologie.....	31
5.5.1	Description de l'aquifère.....	31
5.5.2	Inventaire des points d'eau exploités au voisinage du site.....	31
5.5.3	Inventaire des sous-sols au voisinage du site.....	35
5.5.4	Piézométrie et fluctuations de la nappe	35

5.5.5	Caractéristiques hydrodynamiques de la nappe	38
5.5.6	Chimie et température des eaux de la nappe.....	38
5.5.7	Environnement et vulnérabilité	39
6.....	Caractéristiques des ouvrages	41
6.1	Spécifications des ouvrages géothermiques souterrains.....	41
6.2	Spécifications de l'ouvrage de rejet au Rhône.....	44
6.3	Abandon éventuel des ouvrages géothermiques.....	46
7.....	Planning des travaux et utilisation de la ressource	47
7.1	Constitution du projet	47
7.2	Planning des travaux.....	47
7.3	Fonctionnement prévisionnel de l'installation	47
8.....	Volume d'exploitation	53
9.....	Caractéristiques de l'installation	60
9.1	Local technique.....	60
9.2	Machine de production et fluide frigorigène.....	61
9.3	Détection de fluide frigorigène	62
9.4	Ventilation du local technique	62
10 ...	Documents de santé et sécurité	64
10.1	Caractéristiques de l'installation	64
10.1.1	Local technique	64
10.1.2	Machine de production et fluide frigorigène	64
10.2	Détermination et évaluation des risques pour le personnel et mesures prises .	64
10.2.1	Risques et mesures prises en phase travaux.....	64
10.2.2	Risques et mesures prises en phase exploitation	64
10.2.3	Ventilation du local technique.....	65
10.3	Comptabilité des risques industriels avec la sécurité publique et l'environnement.....	65
10.3.1	Dispositions relatives à l'environnement en phase travaux	65

10.3.2	Dispositions relatives à l'environnement en phase exploitation	65
10.3.3	Inondabilité du local technique	67
11	...Mesures de protection de l'environnement	68
12	...Etude d'impact	69
12.1	Analyse de l'état initial du site.....	69
12.1.1	Données climatologiques	69
12.1.2	Données externes	70
12.1.3	Hydrologie.....	72
12.1.4	Contexte géologique	72
12.1.5	Contexte hydrogéologique	72
12.1.6	Occupation du sol	72
12.1.7	Patrimoine naturel	73
12.1.8	Risques naturels	78
12.1.9	Environnement humain et industriel	79
12.1.10	Contexte administratif	80
12.2	Raisons du choix du projet.....	85
12.3	Impacts temporaires.....	85
12.4	Impacts permanents	87
12.4.1	Impact sur les eaux souterraines	87
12.4.2	Impact sur les eaux superficielles	92
12.4.3	Impact sur le paysage	106
12.4.4	Impact sur la faune et la flore	107
12.4.5	Impact sur l'air et le climat.....	108
12.4.6	Impact sur le bruit.....	110
12.4.7	Impact sur le patrimoine culturel	110
12.4.8	Impact sur la santé et l'hygiène.....	110
12.4.9	Impact sur la salubrité publique.....	111
12.4.10	Impact sur la sécurité civile	111
12.4.11	Transport – accessibilité	111

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

12.5 Mesures d'évitement et de réduction des impacts	111
12.6 Mesures compensatoires.....	114
12.7 Compatibilité des risques industriels du projet avec la sécurité publique	114
12.8 Chiffrage des mesures d'évitement et de leurs indicateurs de suivi	115
13 ...Résumé non technique.....	116
Annexes	122

Table des illustrations

Figure 1 : Localisation du site.....	12
Figure 2 : Localisation géographique des ouvrages de captage et rejet	13
Figure 3 : Localisation cadastrale du projet	14
Figure 4 : Plan de développement du réseau de froid urbain (Source : ELM)	15
Figure 5 : Evolution du volume d'eau de nappe prélevé suivant les mois de l'année et en fonction des trois périodes .	17
Figure 6 : Evolution de l'énergie en froid nécessaire sur le réseau suivante les mois de l'année	17
Figure 7 : Graphique des températures maximales, moyennes du rejet et température de la nappe	20
Figure 8 : Bac de stockage de glace	22
Figure 9 : Exemple d'un ouvrage de réinjection en fleuve.....	24
Figure 10 : Localisation du projet sur fond de photos aériennes.....	27
Figure 11 : Evolution des températures du Rhône entre 1977 et 2006	28
Figure 12 : Extrait des cartes géologiques de Lyon (n°698) et de Givors (n°722).....	29
Figure 13 : Inventaire des anciens sites industriels	30
Figure 14 : Localisation des ouvrages voisins recensés	32
Figure 15 : Inventaire des installations géothermiques existantes à proximité du site en 2020	33
Figure 16 : Localisation de l'emprise du chantier et de la station du métro B.....	35
Figure 17 : Extrait de la carte piézométrique moyenne (2006-2013) sur le réseau suivi du Grand Lyon et de la CNR ..	36
Figure 18 : Carte piézométrique au repos au droit du projet	38
Figure 19 : Extrait du règlement du PLU-H du Grand Lyon.....	40
Figure 20 : Coupes lithologique et technique de l'ouvrage de captage C1.....	43
Figure 21 : Schéma de principe de fonctionnement d'un groupe froid	49
Figure 22 : Schéma de principe de séparation des différents circuits liquides dans la centrale de froid de Gerland.....	50
Figure 23 : Schéma de principe de la centrale de froid du projet à son démarrage en 2022, 12 MWf.....	51
Figure 24 : Schéma de principe de la centrale de froid du projet à partir de 2025, 20 MWf	52
Figure 25 : Volume d'exploitation selon les résultats obtenus de la modélisation	54
Figure 26 : Volume d'exploitation de la méthode analytique du CEREMA.....	56
Figure 27 : Volume d'exploitation défini en fonction de la modélisation et de l'analyse du CEREMA	58
Figure 28 : Localisation du local de la Centrale de Froid par rapport au dispositif de captages / Rejet	60
Figure 29 : Niveau de bruit à Lyon 7	71
Figure 30 : Carte de l'occupation des sols (CLC)	72
Figure 31 : Localisation des zones Natura 2000 à proximité du projet.....	75
Figure 32 : Zones naturelles à proximité du projet du Skate-Park.....	77
Figure 33 : Extrait du PPRi du Grand Lyon au droit de notre zone d'étude	78
Figure 34 : Aléa retrait gonflement des argiles	79
Figure 35 : Incidence hydrodynamique de l'installation à débit moyen.....	89
Figure 36 : Incidence hydrodynamique de l'installation à débit maximal (15 jours après débit moyen)	90
Figure 37 : Linéaire modélisé.....	94
Figure 38 : Topographie (Source : CNR).....	95
Figure 39 : Localisation de la plateforme d'amarrage (Source : Géoportail)	96
Figure 40 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P1 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage	99
Figure 41 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P2 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage	100
Figure 42 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P3 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage	101
Figure 43 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P1 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage	102
Figure 44 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P2 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage	103
Figure 45 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P3 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage	104

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Figure 46 : Vecteur vitesse de l'écoulement autour de la plateforme d'amarrage	105
Figure 47 : Gamme des températures de la faune piscicole	107
Figure 48 : Orthophotographie de la métropole du Grand Lyon – 2018 – montrant les berges du Rhône à proximité du projet.....	108

Table des tableaux

Tableau 1 : Fonctionnement prévisionnel du groupe Froid sur la période 2022 - 2025	5
Tableau 2 : Besoins définis par ELM pour la période 2026 * 2029.....	6
Tableau 3 : Besoins définis par ELM pour la période 2030 et au-delà	6
Tableau 4 : Régime réglementaire du projet.....	8
Tableau 5 : Présentation administrative du demandeur.....	10
Tableau 6 : Eléments concernant la localisation des forages	14
Tableau 7 : Tableau de synthèse des installations à raccorder au réseau de froid urbain (source ELM)	16
Tableau 8 : Evolution de la température de rejet	19
Tableau 9 : Débit moyen prélevé en m ³ /h et pourcentage du volume rejeté pouvant dépasser 25 °C.....	20
Tableau 10 : Caractéristiques des installations géothermiques voisines recensées	34
Tableau 11 : Caractéristiques des forages de captage.....	42
Tableau 12 : Hypothèses retenues pour l'évaluation du volume d'exploitation avec la méthode analytique du CEREMA	55
Tableau 13 : Coordonnées Lambert 93 du périmètre du volume d'exploitation.....	58
Tableau 14 : Principales caractéristiques de l'installation de Climatisation	62
Tableau 15 : Données météorologiques de Lyon Bron	70
Tableau 16 Site Natura 2000 recensé à 50 km du projet.....	73
Tableau 17 : Site ICPE présent au sein de la zone tampon de 500 m	79
Tableau 18 : Comptabilité du projet avec le SDAGE Rhône Méditerranée - Aspect Qualitatif.....	81
Tableau 19 : Comptabilité du projet avec le SDAGE Rhône Méditerranée – Aspect Quantitatif.....	82
Tableau 20 : Caractéristiques du panache simulé en fonction de la période de fonctionnement avec une injection au Nord de la plateforme d'amarrage	97
Tableau 21 : Synthèse des impacts et des mesures d'évitement et de réduction	112
Tableau 22 : Budget des mesures d'évitement et de réduction.....	115
Tableau 23 : Coordonnées Lambert 93 du périmètre du volume d'exploitation.....	120

Liste des annexes

- Annexe 1 : Pièces justificatives des capacités financières du demandeur
- Annexe 2 : Courrier d'engagement du maître d'ouvrage disposant de l'ensemble des capacités financières pour mener à bien l'exploitation et la maintenance de l'installation géothermique, dans le respect des conditions des éléments listés à l'article 4.1 du décret n°2019 1518 du Code Minier
- Annexe 3 : Courrier d'engagement du maître d'ouvrage disposant de l'ensemble des capacités techniques pour mener à bien l'exploitation et la maintenance de l'installation géothermique, dans le respect des conditions des éléments listés au point III de l'article 8-2 du décret n°78-498 du Code Minier
- Annexe 4 : Résultats et incidences d'un rejet par forages à la suite de la modélisation réalisée au droit du projet
- Annexe 5 : Etude de dilution du rejet de la station géothermique vers le Rhône, SAFEGE, Mars 2021
- Annexe 6 : Etude technico-économique de la réalisation de 6 forages de rejet et d'un ouvrage de réinjection au Rhône
- Annexe 7 : Coupes lithologiques des forages retrouvées sur la BSS
- Annexe 8 : Inventaire des points d'eau à proximité du projet
- Annexe 9 : Cartes piézométriques sur la métropole de Lyon
- Annexe 10 : Recensement des perméabilités retrouvées autour du projet
- Annexe 11 : Analyse effectuée à l'issue d'un prélèvement réalisé en 1981 sur un forage situé sous l'actuelle ENS LYON
- Annexe 12 : Chroniques de suivi de températures de la nappe au niveau du bâtiment CONFLUENT 2 au Nord du projet
- Annexe 13 : CEREMA – Eviter les interférences des échangeurs géothermiques – méthodologie pour déterminer le volume d'exploitation d'un gîte géothermique – Février 2020
- Annexe 14 : Sites industriels recensés à proximité du projet (rayon de 500m)
- Annexe 15 : Fiche de caractérisation de la Masse d'eau et objectifs de qualité
- Annexe 16 : Extrait de la cartographie du SRCE de la Région Rhône Alpes

1 CONTEXTE ET OBJECTIF

Dans le cadre du projet de développement du réseau de froid urbain (RFU) sur le périmètre de sa délégation, ELM, délégataire du service public de chaud et de froid Centre Métropole après une analyse des besoins de froid dans le quartier de Gerland à Lyon 7^{ème} envisage de réaliser une production de froid centralisée à l'aide d'une centrale de froid dont la condensation des machines installées serait réalisée grâce à l'eau de la nappe des alluvions du Rhône.

Le principe de fonctionnement d'une exploitation géothermique de la nappe est le suivant : le prélèvement en eau souterraine s'effectue dans une ou plusieurs installations de captage, puis après passage au niveau d'échangeurs thermiques (récupération ou restitution de thermies), les eaux prélevées sont intégralement réinjectées dans le milieu naturel.

Le fonctionnement de l'installation dont le début d'exploitation est prévu pour l'année 2022 va évoluer sur les dix prochaines années. En effet, il est prévu que le besoin de froid augmente au fil du raccordement de nouveaux immeubles. C'est pourquoi, pour suivre l'augmentation progressive des besoins, trois périodes ont été définies : une première 2022-2025, une deuxième 2026-2029 et enfin la dernière à partir de 2030.

D'après les renseignements fournis par ELM, les hypothèses de fonctionnement retenues pour l'exploitation géothermique envisagée de la nappe sont reportées dans les tableaux suivants :

- Fonctionnement 2022 – 2025 :

Tableau 1 : Fonctionnement prévisionnel du groupe Froid sur la période 2022 - 2025

Période 2022 – 2025			
Puissance maxi appelée estimée : 6 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à Septembre	6 mois Octobre à Mars	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	1 317 586 m ³	506 358 m ³	1 823 943 m ³
Débit géothermal maximal	975 m ³ /h	195 m ³ /h	975 m ³ /h
Débit géothermal moyen	301 m ³ /h	116 m ³ /h	208 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

- Pour la période 2026 – 2029 :

Tableau 2 : Besoins définis par ELM pour la période 2026 * 2029

Période 2026 – 2029 Puissance maxi appelée estimée : 12,5 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à Septembre	6 mois Octobre à Mars	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	2 093 149 m ³	598 094 m ³	2 691 243 m ³
Débit géothermal maximal	1220 m ³ /h	245 m ³ /h	1 220 m ³ /h
Débit géothermal moyen	478 m ³ /h	137 m ³ /h	307 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

- Pour la période 2030 et au-delà :

Tableau 3 : Besoins définis par ELM pour la période 2030 et au-delà

Période 2030 et au-delà Puissance maxi appelée estimée : 15 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à octobre	6 mois Octobre à avril	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	2 615 259 m ³	695 866 m ³	3 311 125 m ³
Débit géothermal maximal	1 465 m ³ /h	293 m ³ /h	1 465 m ³ /h
Débit géothermal moyen	597 m ³ /h	159 m ³ /h	378 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

Au vu des caractéristiques prévisionnelles du projet d'exploitation géothermique, il apparaît que la réalisation et la mise en service d'une centrale de froid, alimentée en eau de nappe par un dispositif de forages, est réglementée par le Code Minier et le Code de l'Environnement.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Au titre de la réglementation relative au Code Minier et plus précisément le décret n°2015-15 du 8 janvier 2015 modifiant l'article 17 du Décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie : « *sont considérées comme exploitations géothermiques à basse température de minime importance et dispensées de l'autorisation de recherches et du permis d'exploitation prévus aux articles 98 et 99 du code minier, les prélèvements de chaleur souterraine inférieurs à 500 kW et dont la profondeur est inférieure à 200 mètres.* »

La puissance thermique maximale restituée étant de 15 MW, le projet est soumis à autorisation au titre du Décret n°2015-15 du 8 janvier 2015 et du décret 2006-649 du 2 juin 2006.

Au titre de la réglementation relative au Code Minier, et plus précisément de l'article L. 411-1 : la réalisation de forages d'une profondeur de 20 m est soumise à déclaration « *Toute personne exécutant un sondage, un ouvrage souterrain, un travail de fouille, quel qu'en soit l'objet, dont la profondeur dépasse dix mètres au-dessous de la surface du sol, doit déposer une déclaration préalable auprès de l'autorité administrative compétente* ».

Au titre de la réglementation « Eaux et milieux aquatiques », articles L.214-1 à L.214-6 et R.214-1 à R.214-60 du Code de l'Environnement :

- **La réalisation des forages** est soumise à déclaration au titre de la **rubrique 1.1.1.0** « *Sondage, forage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau* »;
- **Le prélèvement en nappe** à un débit maximal de 1 465 m³/h, représentant un volume annuel de 3 311 125 m³ n'est pas soumis à déclaration ou à autorisation au titre de la **rubrique 1.2.1.0** « *Installations et ouvrages permettant le prélèvement, y compris par dérivation, dans un cours d'eau, dans sa nappe d'accompagnement ou dans un plan d'eau ou canal alimenté par ce cours d'eau ou cette nappe, la capacité totale maximale étant comprise entre 400 et 1000 m³/h ou entre 2 et 5% du débit moyen mensuel sec de récurrence cinq ans (QMNA₅) du cours d'eau* », le QMNA₅ du Rhône étant de 360 m³/s ;
- Le rejet au Rhône à 1 465 m³/h, le QMNA₅ du Rhône étant de 360 m³/s, le projet ne sera pas soumis ni à déclaration ni à autorisation au titre de la rubrique 2.2.1.0 : « *Rejet dans les eaux douces superficielles susceptible de modifier le régime des eaux, à l'exclusion des rejets visés à la rubrique 2.1.5.0 ainsi que des rejets des ouvrages visés aux rubriques 2.1.1.0 et 2.1.2.0, la capacité totale de rejet de l'ouvrage étant :*
 - ▷ Supérieure ou égale à 10 000 m³/j ou à 25 % du débit moyen interannuel du cours d'eau, soumis à Autorisation ;
 - ▷ Supérieure à 2 000 m³/j ou à 5 % du débit moyen interannuel du cours d'eau mais inférieure à 10 000 m³/j et à 25 % du débit moyen interannuel du cours d'eau, soumis à déclaration ».

Conformément à l'article L.162-11 du Code Minier, l'autorisation au titre du Code Minier vaut autorisation au titre du Code de l'Environnement.

Au vu des éléments présentés ci-dessus, le régime réglementaire du projet d'exploitation géothermique de la nappe serait le suivant :

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Tableau 4 : Régime réglementaire du projet

REGIME REGLEMENTAIRE APPLICABLE AU PROJET			
Code	Nature de l'opération	Rubrique ou décret concerné	Régime réglementaire
Minier	Travaux souterrains à plus de 10 m de profondeur	L411-1	Déclaration
	Puissance thermique maximale restituée de 17,2 MW	2015-15 2006-649	Autorisation
	Profondeur des ouvrages de 20 m	2015-15 2006-649	Non soumis
Environnement	Réinjection dans un cours d'eau	2.2.1.0	Non soumis
	Réalisation des forages	1.1.1.0	Déclaration
	Prélèvement à un débit maximal de 1 465 m ³ /h	1.2.1.0	Non soumis
	Travaux de recherche et d'exploitation de gîtes géothermiques	5.1.2.0	Autorisation
Code Minier			Autorisation

Ainsi, au vu des hypothèses de fonctionnement actuellement retenues, le projet d'exploitation géothermique nécessite d'établir un dossier d'autorisation au titre du Code Minier afin d'obtenir un titre minier et une autorisation d'ouverture de travaux miniers d'exploitation.

Dans le cadre de cette procédure, 2 dossiers ont donc été fournis :

- Un premier dossier regroupant les deux dossiers suivants :
 - Dossier de demande de permis d'exploitation de gîte géothermique basse température ;
 - Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux miniers d'exploitation ;
- Un résumé non technique.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Le présent rapport, établi par le bureau d'études ARCHAMBAULT CONSEIL, constitue la partie relative aux dossiers d'autorisation d'ouverture de travaux miniers d'exploitation et d'autorisation d'ouverture de travaux miniers d'exploitation. Conformément aux prescriptions réglementaires, ce rapport aborde les points suivants :

- Volumes d'exploitation de l'installation ;
- Durée du titre sollicité ;
- Nature et consistance, volume et objet des ouvrages ;
- Emplacement des installations ;
- Caractéristiques des ouvrages ;
- Méthodes de recherches ou d'exploitation envisagées ;
- Plans, coupes techniques et coupes géologiques prévisionnelles ;
- Schéma des installations ;
- Renseignements utiles sur les dispositions prévues pour l'exécution, l'entretien, et le contrôle des ouvrages, notamment en vue de la conservation et de la protection des eaux souterraines ;
- Moyens de surveillance et d'intervention prévus ;
- Importance, nature et caractéristiques des éventuels déversements et écoulements susceptibles de compromettre la qualité des eaux et les dispositions prévues pour éviter une altération de cette qualité ;
- Conditions de l'arrêt de l'installation ainsi que l'estimation de son coût, à titre prévisionnel ;
- Document de sécurité et de santé ;
- Etude d'impact dont incidences de l'opération sur la ressource en eau et, le cas échéant, les mesures compensatoires envisagées ainsi que la compatibilité du projet avec le SDAGE.

Il est important de noter que selon l'article 9 du décret n°78-498, la présente demande d'autorisation d'ouverture de travaux est déposée simultanément avec la demande de permis d'exploitation étant donné que le projet concerne de la géothermie basse température.

2 IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

2.1 Données administratives

Le tableau suivant regroupe les données administratives du demandeur.

Tableau 5 : Présentation administrative du demandeur

Raison sociale	ELM
Forme juridique	Société par Actions Simplifiée
Capital	13 950 000 €
Siège social (site concerné)	184 Cours Lafayette 69441 LYON Cedex 03
Numéro SIRET	821 375 65600013
Code APE	3530Z
Groupe	Dalkia – Groupe EDF
Signataire de la demande d'autorisation	Gérald CAMPBELL ROBERSTON - Directeur Général
Personnes chargées du dossier	CANTIN Yoann – Directeur Projet GAGNEPAIN Pascal – Chef de projet
Email	yoann.cantin@dalkia.fr pascal.gagnepain@dalkia.fr Mob : +33 6 10 84 08 77

2.2 Justifications des capacités financières du demandeur

Afin de justifier des capacités financières du demandeur, les trois derniers bilans financiers de ce dernier sont fournis en **Annexe 1**.

A partir de ces éléments on note une augmentation du chiffre d'affaire d'environ 100 millions d'euros par an depuis 2017.

De plus, un courrier d'engagement du maître d'ouvrage disposant de l'ensemble des capacités financière pour mener à bien l'exploitation et la maintenance de l'installation géothermique, dans le respect des conditions des éléments listés **de l'article 4-1 du Décret n°2019-1518 du 30 décembre 2019 du Code Minier** est fourni en **Annexe 2**.

2.3 Justification des capacités techniques du demandeur

La maintenance de la future installation géothermique sera assurée par ELM qui est une entreprise spécialisée dans la gestion de ce genre d'installation. Elle contrôlera les différents paramètres enregistrés dans la GTC pour réaliser les éventuelles interventions nécessaires en plus des opérations de maintenance périodiques.

La liste des moyens de surveillance qui seront à minima installés est la suivante :

- Un débitmètre et un compteur volumétrique en amont de l'installation pour mesurer le prélèvement ;
- Un débitmètre et un compteur volumétrique en aval de l'installation ;
- Une régulation du débit prélevé ;
- Des sondes de suivi de la température en entrée et en sortie de l'installation ;
- Des sondes de suivi de la conductivité en entrée et en sortie de l'installation ;
- Des sondes de suivi des niveaux dans les forages de captage et dans l'ouvrage de rejet ;
- Un détecteur de fluide frigorigène dans la centrale de production ;
- Des contrôles périodiques de l'étanchéité des circuits de fluide frigorigène des machines de froid de la centrale de production.

Chaque année, la société ELM produira un document de synthèse où seront repris tous les paramètres enregistrés. Ces derniers seront comparés aux données déclarées. En cas de dérive, une justification sera fournie et une action corrective mise en œuvre.

Un courrier d'engagement du maître d'ouvrage disposant de l'ensemble des capacités techniques pour mener à bien l'exploitation et la maintenance de l'installation géothermique, dans le respect des conditions des éléments listés au **point III de l'article 8-2 du décret n°78-498 du Code Minier** est fourni en **Annexe 3**.

3 DESCRIPTION DU PROJET

3.1 Localisation géographique et cadastrale

Le projet de l'ELM est situé au niveau du bâtiment du « Skatepark » dans le parc de Gerland à Lyon 7^{ème}. Le domaine pour implanter les ouvrages de captage et de rejet de la future installation est le domaine public (parcs, allées, voirie, parking, etc.). La localisation géographique du site est reportée sur la figure ci-dessous :

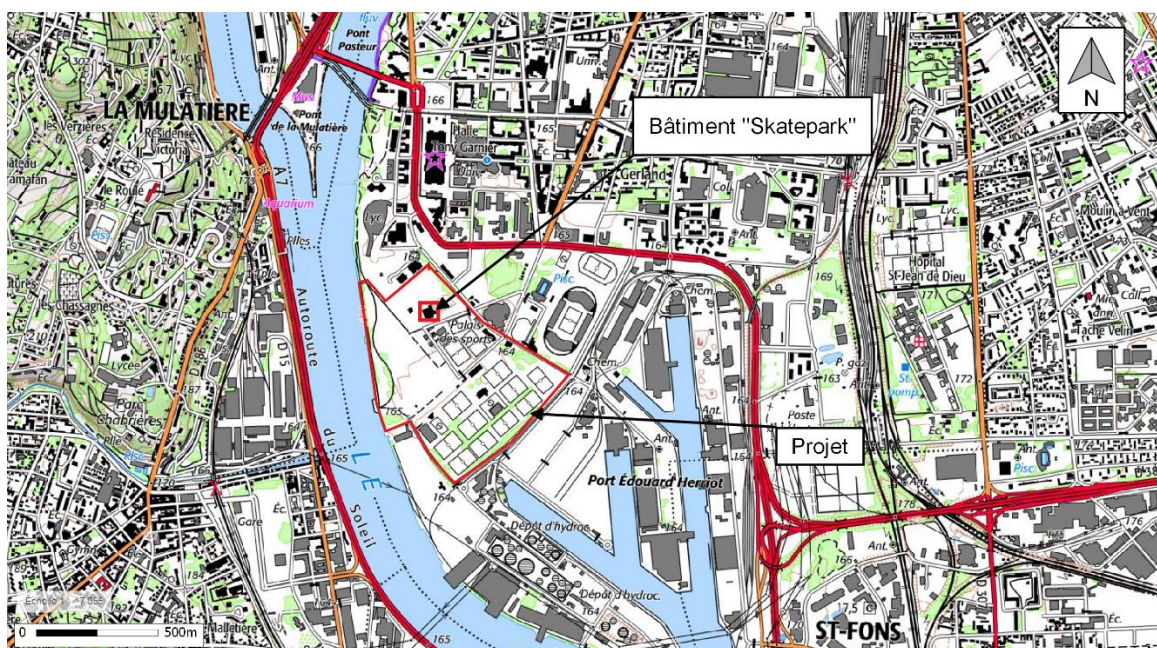


Figure 1 : Localisation du site

L'implantation des forages de captage et l'ouvrage de rejet est présentée en Figure 2. La localisation cadastrale est présentée en Figure 3.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)



Figure 2 : Localisation géographique des ouvrages de captage et rejet

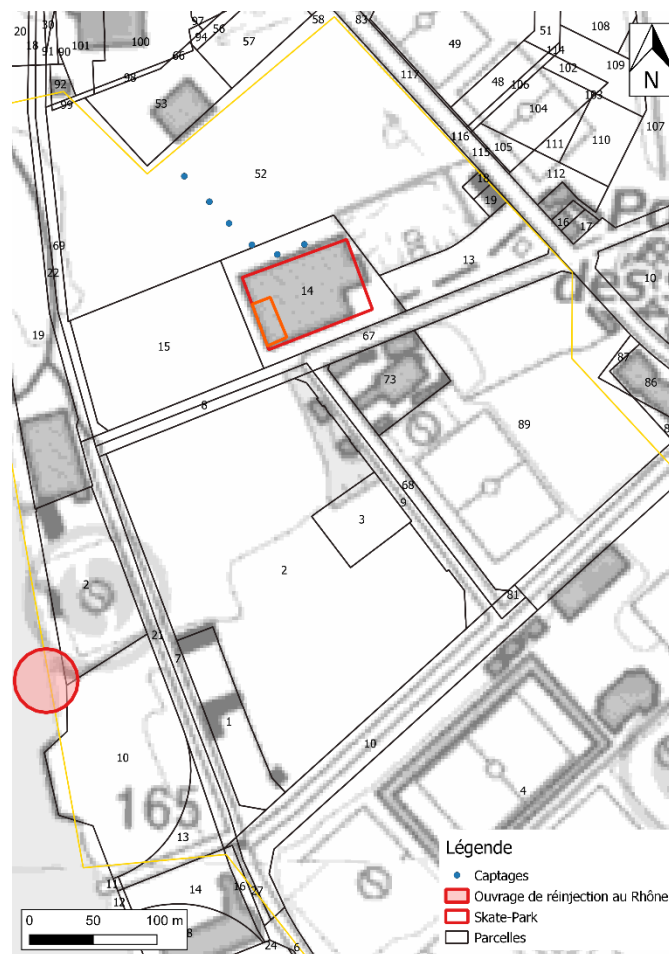


Figure 3 : Localisation cadastrale du projet



A noter

En tant que Déléataire de Service Public, ELM n'est pas propriétaire du foncier. Ce dernier est mis à disposition par son déléguant, le GRAND LYON Métropole pour construire les installations de productions de froid. A l'issue de la DSP, ces installations sont des biens de retour pour le déléguant.

Le bâtiment est propriété de la Direction Gestion Technique des Bâtiments de la Ville de Lyon. La surface nécessaire à la centrale de production d'eau glacée sera mise à disposition de la Métropole par la Ville de Lyon au travers d'une convention en cours d'élaboration.

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

Tableau 6 : Eléments concernant la localisation des forages

N°	Commune	Adresse	Cadastre Numéro	X (L93)	Y (L93)	Z moyen
C1	Lyon 7 Rhône (69)	Parc Naturel de Gerland	CK - 14, 52	841889	6515501	165 m NG
C2				841867	6515494	
C3				841848	6515501	
C4				841830	6515518	
C5				841814	6515535	
C6				841795	6515555	
R	Lyon 7 Rhône (69)	Parc Naturel de Gerland	CT 2	841686	6515160	162,5 m NGF

3.2 Exploitation prévisionnelle

L'installation devrait être constituée par 6 forages de captage d'une profondeur de 20 m/TN sollicitant la nappe des alluvions modernes du Rhône et d'un ouvrage de réinjection au Rhône qui permettront d'alimenter en eau souterraine la centrale de froid pour le rafraîchissement sur l'année entière.

La centrale de production de froid est prévue pour alimenter en eau glacée différents établissements/immeubles (Laboratoires, Centres de recherche, bureaux) implantés dans le quartier de Gerland (Lyon 7) via un réseau de froid urbain (RFU). Cette installation fonctionnera 12 mois par an avec un écart thermique au maximum sur eau de nappe de +10°C et une puissance frigorifique maximale produite de 15 MW pour une puissance de réinjection de 17,2 MW. Compte tenu des besoins énergétiques et des écarts thermiques retenus, le débit maximal d'exploitation sera de 1 465 m³/h, pour un prélèvement annuel d'environ 3 311 125 m³.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Les installations localisées sur la Figure 4 qui seront raccordées au réseau de froid urbain sont rappelées dans le Tableau 7 suivant. Les hypothèses ayant permis de déterminer les puissances frigorifiques de l'installation et les dates de mise en service prévisionnelles sont également notées dans ce document.

L'installation est prévue de monter en charge progressivement pour s'adapter aux besoins liés au développement du quartier. Ci-dessous la phase de raccordement au réseau de froid sur Gerland sera divisé en trois périodes (3 ans – 6 ans - >6 ans).

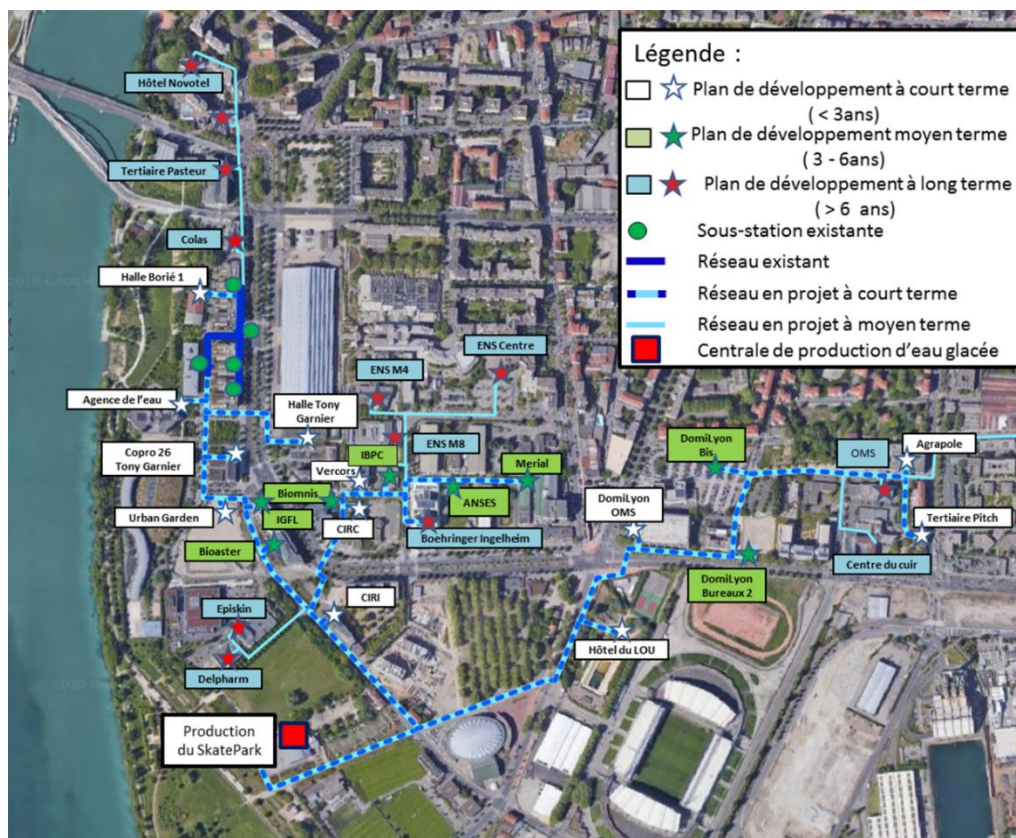


Figure 4 : Plan de développement du réseau de froid urbain (Source : ELM)

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Tableau 7 : Tableau de synthèse des installations à raccorder au réseau de froid urbain (source ELM)

	Client	Année Mise en service	Puissance installée en sous station en kW	Puissance maximale appelée en sous station en kW	Commentaires
Existant					
1	Quatuor		720	0	Délestable 100%
2	Halle BORIE 2		400	0	Délestable 100%
A Venir					
3	Urban Garden	01/10/2020	1 300	1 083	
4	Hôtel du LOU	01/10/2021	1 090	908	
5	CIRC	01/06/2022	1 700	917	Délestable 500 kW
6	Agrapole	01/10/2022	1 000	833	
7	Université de Gerland - CIRI	01/10/2022	662	552	
8	Agence de l'eau	01/10/2022	530	441	
9	Copro 26 avenue Tony Garnier (Ex arrow)	01/10/2022	509	424	
10	Tertiaire Pitch	01/10/2022	500	417	
11	DomiLyon OMS	01/10/2022	0	0	
12	Halle Borie 1	01/10/2022	300	250	
13	Halle Tony Garnier	01/10/2022	2 000	0	Délestable 100%
14	Vercors	01/10/2022	200	167	
15	Biomnis	01/10/2023	1 000	833	
16	ANSES	01/10/2023	500	417	
17	IBCP	01/10/2024	300	250	
18	DomiLyon Bureaux 2	01/10/2025	2 000	1 667	
19	DomiLyon bis	01/10/2026	1 800	1 500	
20	Mérial	01/10/2026	1 500	1 250	
21	IGFL	01/10/2026	400	333	
22	Bioaster	01/10/2026	300	250	
23	Boehringer Ingelheim	01/10/2030	1 400	1 167	
24	Développement (autres)	01/10/2030	1 800	1 500	
TOTAL BESOINS			21 911	15 159	

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Les graphiques ci-dessous montrent l'évolution de l'installation, volume et puissance sur une année selon les trois périodes (2023, 2026 et 2030).

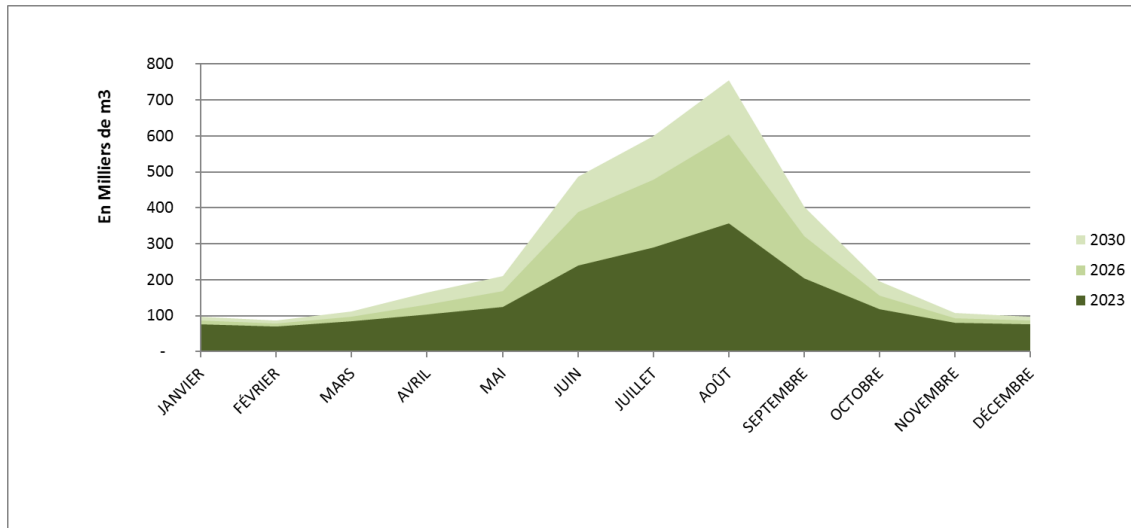


Figure 5 : Evolution du volume d'eau de nappe prélevé suivant les mois de l'année et en fonction des trois périodes

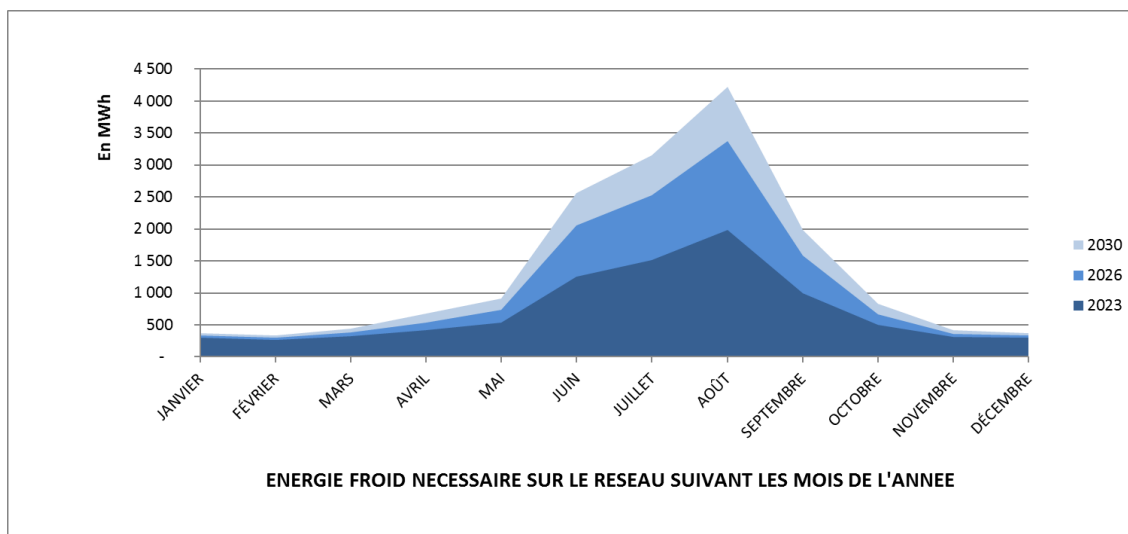


Figure 6 : Evolution de l'énergie en froid nécessaire sur le réseau suivante les mois de l'année

La création de ce réseau de froid urbain permettra :

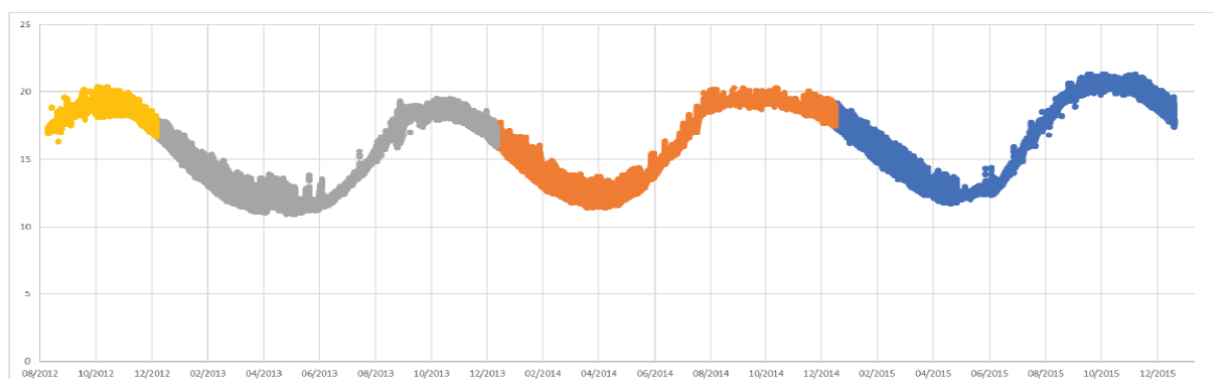
- ▷ L'arrêt de doublets géothermiques existants (n°5, 6, 7, 9, 10, 12). La pression sur la nappe au droit de Lyon 7 sera donc diminué.
- ▷ Un meilleur contrôle sur la nappe, car l'installation sera suivie en continu. Au lieu d'avoir plusieurs installations réparties sur l'arrondissement, le réseau de froid urbain regroupera une installation en un point.

3.2.1 Justification du choix de l'écart thermique

Les écarts thermiques retenus (+10°C) ont été déterminés pour limiter les débits maximaux du projet afin d'optimiser le dimensionnement et l'exploitation des forages de captage et des pompes ainsi que limiter l'impact hydrodynamique du projet.

Les résultats ont été obtenus de la manière suivante :

Nous avons pris en référence la température moyenne de la nappe pour chaque mois de l'année de 2012 à 2015 (Annexe 12) dont un extrait est présenté ci-dessous et retenu l'année 2015.



A noter

Ce suivi a été effectué au droit du forage de captage d'un doublet géothermique, Avenue du Pont Pasteur à Lyon, situé à 115 m du Rhône. Les fluctuations de températures saisonnières sont très importantes (9°C). Les températures moyennes varient suivant les années considérées entre 14,5°C et 16,3°C.

Les températures minimales sont de l'ordre de 11°C (périodes hivernales) et peuvent atteindre 20°C dans les extrêmes. Ces fluctuations sont fortement influencées par les eaux du Rhône qui alimente la nappe.

Ce phénomène est par ailleurs probablement accentué en raison de la proximité du drain CNR.

On peut d'ailleurs constater que la période où la température de la nappe est la plus élevée se situe entre les mois de septembre et octobre, alors que les mois où auront lieu les prélèvements et l'écart de température entre le captage et le rejet les plus importants seront les mois de juillet et août.

Nous avons prévu dans le cadre de notre projet d'installer dès le mois de juin 2021 sur le site de captage un suivi piézométrique de la nappe qui nous permettra de conforter ces données de températures.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Nous avons pris en référence pour la température du Rhône entre 1989 et 2004 les données fournies par le site « eaufrance », service public d'information sur l'eau, et la station de « Lyon Felizat », située en amont de la confluence.

Nous avons simulé mensuellement en fonction du besoin de froid sur le réseau de Gerland, les besoins en eau de refroidissement sur les trois périodes prises en compte pour le développement du réseau de froid, à savoir : 2023/2026, 2026/2030, et au-delà de 2030.

Nous avons calculé pour chacun des mois de l'année, pour l'eau rejetée dans le milieu naturel :

- La température moyenne de rejet ;
- La température maximale de rejet ;
- Les débits moyens mensuels prélevés ;
- Le pourcentage annuel du débit rejeté à une température supérieure à 25°C.

Les résultats sont repris dans les tableaux et graphiques ci-dessous. On peut constater qu'à l'issue du développement du réseau de froid **au-delà de 2030** :

- La température moyenne de l'eau rejetée sur l'année sera inférieure à 22°C ;
- La température maximale de rejet sera inférieure à 28°C avec un écart entre la température de l'eau puisée et l'eau rejetée inférieur à 10°C ;
- Le volume d'eau rejetée à une température supérieure à 25°C correspondra à 6% de volume global rejeté annuellement, ce qui représente un volume quasi négligeable à l'échelle du projet ;
- Le débit moyen annuel rejeté sera inférieur à 380 m³/h ;
- Le débit moyen rejeté au mois d'août sera inférieur à 1000 m³/h, ce qui rapporté au débit d'étiage du Rhône QMNA5 de 370 m³/s correspond à moins de 0,1% du débit minimal du Rhône.

Pour les calculs, nous avons retenus les valeurs les plus élevées de la température de la nappe. Pour le Rhône, nous nous sommes basés sur les Données Eaux France entre 1989 et 2004.

Tableau 8 : Evolution de la température de rejet

	Température moyenne de la nappe en °C	Température moyenne de rejet en °C	Δ T moyen entre Puisage et Rejet en °C	Température maximale de rejet en °C	Δ T maxi entre Puisage et Rejet en °C	Température Moyenne du Rhone °C	Moyenne mensuelle la plus chaude du Rhone °C	Température maximale du Rhone °C
JANVIER	18,00	21,21	3,21	22,40	4,40	7,08	8,78 (1996)	10,10 (1996)
FÉVRIER	16,00	19,21	3,21	20,40	4,40	7,53	8,75 (2002)	11,10 (1998)
MARS	14,00	17,58	3,58	18,80	4,80	9,61	11,04 (1994)	14,80 (2003)
AVRIL	13,00	17,43	4,43	18,10	5,10	11,85	14,42 (2003)	18,50 (2003)
MAI	13,00	17,65	4,65	18,10	5,10	15,66	17,77 (1990)	21,00 (1997)
JUIN	14,00	19,61	5,61	23,00	9,00	18,73	24,22 (2003)	26,40 (2003)
JUILLET	16,00	21,62	5,62	25,00	9,00	21,18	24,66 (2003)	26,70 (2003)
AOÛT	18,00	24,07	6,07	27,00	9,00	22,54	24,76 (2003)	26,70 (2003)
SEPTEMBRE	20,00	25,11	5,11	27,50	7,50	18,75	20,87 (1991)	23,40 (2004)
OCTOBRE	21,00	25,60	4,60	26,40	5,40	15,13	17,51 (1997)	21,40 (1997)
NOVEMBRE	20,00	23,56	3,56	24,80	4,80	10,85	12,15 (1995)	17,00 (1996)
DÉCEMBRE	19,00	22,21	3,21	23,40	4,40	8,40	9,80 (2002)	12,00 (1997)
GLOBAL ANNUEL	16,83	21,90	5,07	27,50	9,00			

NB : 2003 Année de la canicule

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Tableau 9 : Débit moyen prélevé en m³/h et pourcentage du volume rejeté pouvant dépasser 25 °C

	2022-2025		2026-2029		2030 et après	
	Débit moyen prélevé en m3/h	% du volume annuel rejeté à + de 25°C	Débit moyen prélevé en m3/h	% du volume annuel rejeté à + de 25°C	Débit moyen prélevé en m3/h	% du volume annuel rejeté à + de 25°C
JANVIER	120	0,00%	142	0,00%	161	0,00%
FÉVRIER	120	0,00%	142	0,00%	161	0,00%
MARS	122	0,00%	145	0,00%	170	0,00%
AVRIL	137	0,00%	175	0,00%	218	0,00%
MAI	160	0,00%	218	0,00%	273	0,00%
JUIN	324	0,00%	524	0,00%	655	0,00%
JUILLET	377	0,00%	622	0,00%	778	0,00%
AOÛT	457	3,46%	772	4,13%	965	4,19%
SEPTEMBRE	281	1,32%	445	1,55%	556	1,57%
OCTOBRE	151	0,28%	201	0,32%	251	0,33%
NOVEMBRE	121	0,00%	144	0,00%	169	0,00%
DÉCEMBRE	120	0,00%	142	0,00%	161	0,00%
GLOBAL ANNUEL	208	5,07%	307	6,00%	378	6,09%

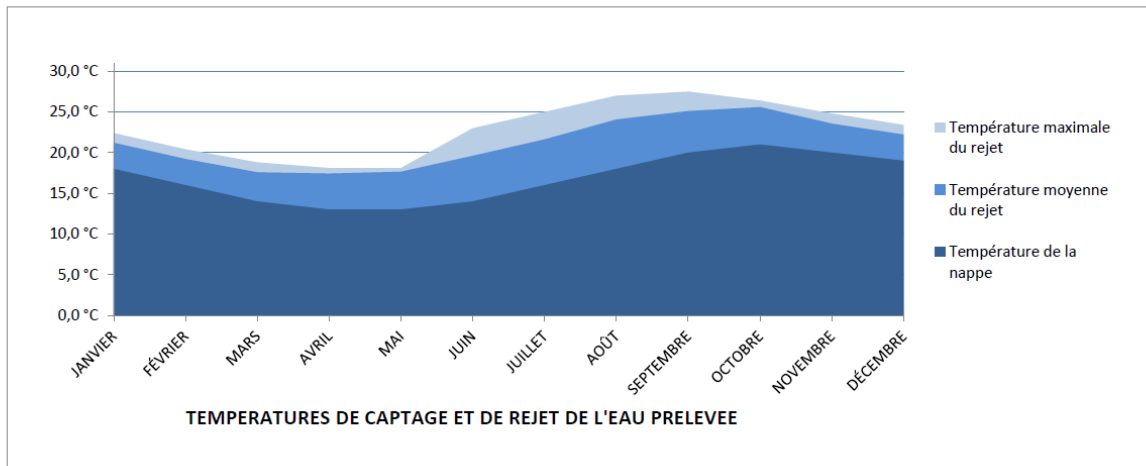


Figure 7 : Graphique des températures maximales, moyennes du rejet et température de la nappe

Lors de l'exploitation de l'installation, nous souhaitons suivre quotidiennement la température du Rhône. Cette donnée devra être issue dans la mesure du possible d'une base de données officielle d'un service d'état. A ce jour, nous avons pris contact avec la CNR pour savoir si elle était en mesure de nous fournir ces données. En effet aucune banque de données publiques ne dispose d'un suivi en continu de ce paramètre. Dans le cas où aucune donnée ne serait trouvée, une autre solution sera alors envisagée.

Nous pourrions dès lors adapter la puissance de la centrale de production d'eau glacée afin de respecter les limites qui seront fixées par l'arrêté d'autorisation d'exploiter quant à l'écart de température entre le captage et le rejet, et la température maximale du rejet en fonction de la température du Rhône.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Compte tenu de ces différents éléments techniques et des simulations faites, nous proposons les valeurs maximales suivantes :

- ▷ 10°C pour l'écart de température captage/rejet ;
- ▷ 28°C pour la température maximale de rejet lorsque la température du Rhône est inférieure à 27°C ;
- ▷ 27°C pour la température maximale de rejet lorsque la température du Rhône est supérieure ou égale à 27°C.

Pour mémoire sur le projet, une diminution de 1°C sur la température maximale de rejet ou sur la différence de température entre captage et rejet diminuera mathématiquement la puissance de froid de la centrale d'environ 1.500 kWf sans moyen de la compenser (surpuissance groupe, ...). Cela impacte donc directement notre capacité technique à raccorder, sur la zone de Gerland en forte mutation, de nouveaux clients en substitution de productions autonomes sur nappe avec des installations moins performantes, qui peuvent être moins surveillées et qui contribue au réchauffement d'une nappe déjà fortement sollicitée.

L'adaptation de la puissance instantanée de la centrale de froid lorsque la température du Rhône sera supérieure à 27°C sera réalisée par l'utilisation des groupes de production locaux existant sur certaines installations (Quatuor, CIRC, Halle Tony Garnier...), en combinaison avec l'utilisation d'un stockage d'énergie froide.

En effet, la centrale de froid du Skatepark sera équipée pour son démarrage en 2022 de 3 groupes de froid pour une puissance globale de 12 MWf (Cf Figure 23) pour répondre à un besoin de froid sur la période 2022-2025.

Elle verra dans les années suivantes sa capacité de production portée à 20 MWf (Cf. Figure 24) afin de suivre l'évolution du besoin de froid induite par le raccordement de nouveaux clients au réseau de froid de Gerland (cf Tableau 7), et également afin de disposer en permanence d'une redondance du moyen de production garantissant aux abonnés du réseau la sécurité d'approvisionnement.

Cette augmentation de puissance sera réalisée au moyen de deux techniques complémentaires :

- ▷ Par l'installation d'un 4ème groupe de production d'eau glacée de 4 MWf ;
- ▷ Par l'installation d'un stockage de froid sous forme de glace de 16 MWh équivalent à une puissance moyenne froid de 4 MWf pendant 4 heures.

Le principe du stockage de froid sous forme de glace est d'utiliser une machine de production pendant les périodes creuses de consommation du réseau (nuit par exemple) en la faisant travailler sur un régime de température négatives (-6 /-1°C) pour fabriquer de la glace dans un grand bassin et constituer ainsi une réserve de froid. Ce froid peut être ensuite restitué au réseau en cas de besoin lors de la fonte de la glace.

L'utilisation du stockage de froid permettra alors :

- D'assurer le secours du réseau en cas d'arrêt intempestif d'un groupe de froid ;
- De s'assurer que les contraintes de températures sur les rejets sont respectées en écrêtant les pointes de consommation, ce qui diminuera la puissance à fournir par les groupes de froid et donc la charge sur le pompage d'eau de nappe et son rejet.

Ci-dessous, la vue d'un bac de stockage de glace.

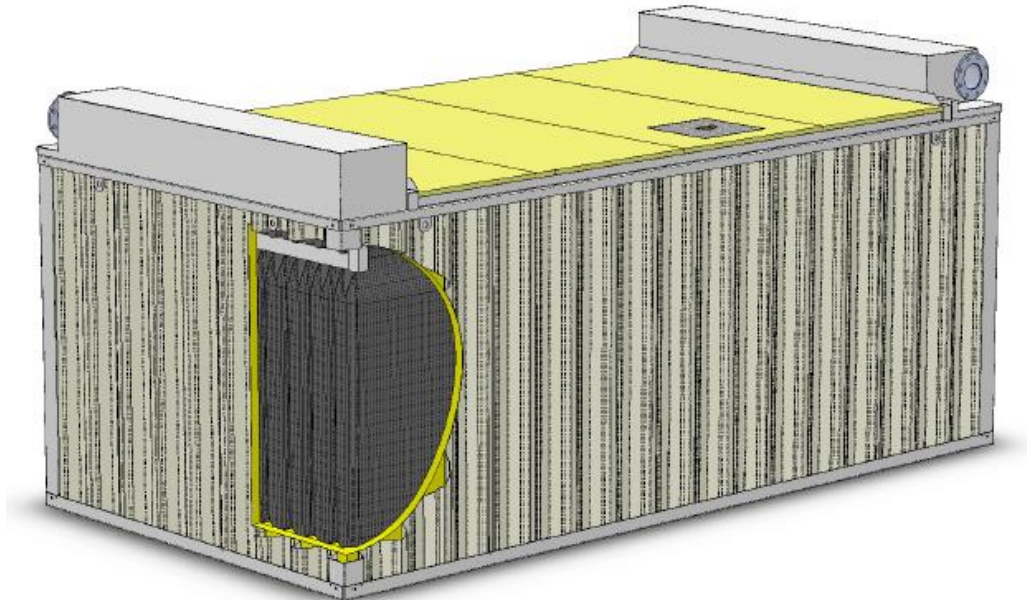


Figure 8 : Bac de stockage de glace

Ce principe de stockage de froid sous forme de glace est déjà utilisé par ELM dans sa centrale de froid de Mouton Duvernet à Lyon 3 (32 MWh) en exploitation depuis 2019.

3.2.2 Justification d'un rejet au Rhône et du non-raccordement au réseau d'assainissement et au réseau de chaleur urbain

Le principe de fonctionnement retenu pour le projet est de réinjecter l'intégralité des eaux prélevées dans le Rhône, source d'alimentation de la nappe et non au réseau d'eaux usées ou à la nappe. Ce choix se justifie de plusieurs façons.

Cette solution a tout d'abord comme avantage de ne pas créer d'impact thermique sur l'installation en elle-même (recyclage thermique) n'impactant pas ainsi son rendement et de ne pas créer d'impact thermique sur les avoisinants (installation de la ligue Auvergne Rhône Alpes et le drain CNR).

Ces deux incidences ont été déterminées lors de l'analyse de la modélisation du fonctionnement de l'installation que nous avons réalisée dans le cadre de cette étude avec un rejet par forages (solution depuis abandonnée). Les incidences sont présentées en Annexe 4. Cette solution (rejet au Rhône) est donc techniquement plus viable que le rejet dans la nappe.

Une modélisation a donc été effectuée par SAFEGE en mars 2021 pour connaître l'impact du rejet sur le Rhône. L'étude présente deux hypothèses de localisation, avec les différents débits d'exploitation de la future installation (débit moyen et débit max). Cette dernière sera présentée

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

au paragraphe 12.4.2, concernant les incidences du projet sur les eaux superficielles et est retrouvée en Annexe 5.

En outre, la solution de rejeter les eaux vers le Rhône est économiquement plus intéressante pour le projet. En effet :

- Le rejet au réseau d'assainissement nécessiterait le règlement d'une taxe qui s'élève à environ 1 €/m³ rejeté (soit environ 3 300 k€ par an). De plus, le raccordement du projet au réseau d'eaux usées nécessiterait d'obtenir l'autorisation de la part du gestionnaire du réseau (GRAND LYON).
- Concernant la réalisation de 6 forages de réinjection, cette dernière est estimée à 1 466 000 € HT. La réinjection au Rhône est évaluée à 828 750 € HT. Le détail des prix est retrouvé en Annexe 6. La réalisation d'un ouvrage de réinjection au Rhône sera donc moins onéreuse. Il y a lieu d'ajouter que les frais d'entretiens sont moins importants (1 ouvrage au lieu de 6) et plus simple car l'ouvrage sera accessible contrairement à un forage.

L'ouvrage de réinjection serait installé en bordure du Rhône, au Nord du ponton d'amarrage de la CNR. Il serait composé d'une chambre de refoulement connectée au Rhône par une canalisation. L'exemple d'un ouvrage similaire est fourni en Figure 9. Ce dernier est la représentation d'une chambre de raccordement à la Seine au niveau de Courbevoie (92). Cette installation est également gérée par DALKIA et fonctionnelle depuis 30 ans.

L'emplacement de la réinjection dans le Rhône retenu est présenté en Figure 10.

Etant donné la nature de l'opération (projet de création d'un réseau de froid urbain), le raccordement au réseau de chaleur urbain n'est pas un sujet.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

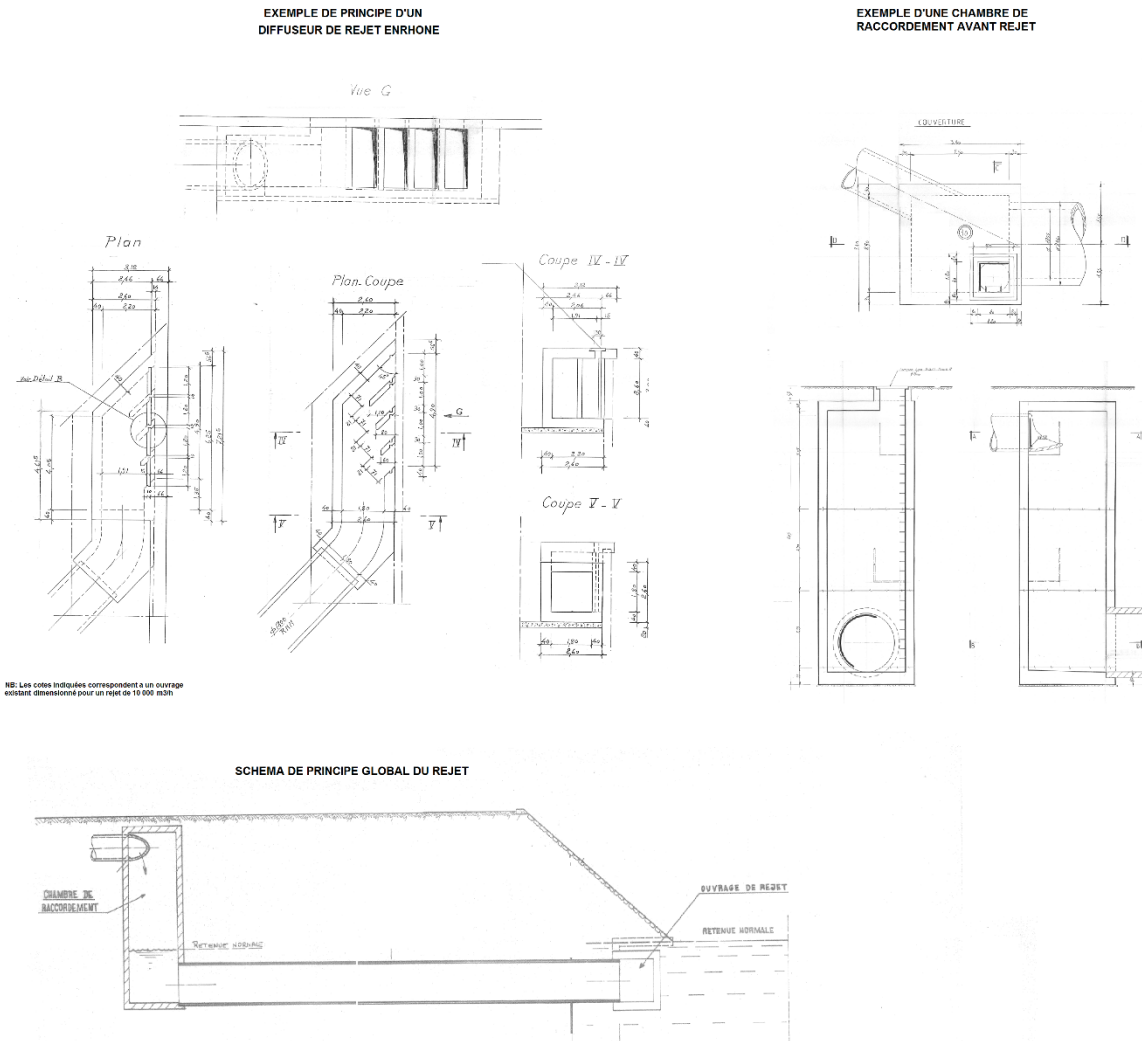


Figure 9 : Exemple d'un ouvrage de réinjection en fleuve

3.2.3 Justification de la technologie « groupe de froid » sur eau de nappe

La technologie « groupe de froid » sur eau de nappe a été retenue pour limiter les technologies gourmandes en énergie fossile. **Elle permettra de regrouper en un point une installation qui alimentera tout un réseau de froid urbain. Cette installation viendra notamment en substitution des installations existantes vieillissantes avec des efficacités énergétiques beaucoup plus faibles, et avec des procédures d'exploitation beaucoup plus formalisées et respectées du fait de la taille de l'installation.**

Les principales caractéristiques de l'exploitation prévisionnelle du futur dispositif de captage-rejet du projet sont présentées dans le Tableau 3 à nouveau fourni ci-dessous :

Tableau 3 : Besoins finaux de l'installation, 2030 et au-delà

Besoins définis par ELM sur la période 2030 et au-delà			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à octobre	6 mois Octobre à avril	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	2 615 259 m ³	695 866 m ³	3 311 125 m ³
Débit géothermal maximal	1 465 m ³ /h	293 m ³ /h	1 465 m ³ /h
Débit géothermal moyen	597 m ³ /h	159 m ³ /h	378 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

3.2.4 Autres solutions techniques envisagées

La solution retenue d'une centrale de froid sur le site de GERLAND, refroidie par les eaux de la nappe d'accompagnement du Rhône, est la meilleure parmi les solutions envisagées pour les raisons suivantes :

- Le circuit de refroidissement des condenseurs des groupes froids ne peut pas être assuré par des tours aéro-réfrigérantes qui nécessitent d'être installées en extérieur sur une surface d'environ 500 m², ce qui n'est pas pensable dans l'environnement du parc de Gerland ;
- La réjection de la chaleur par des refroidisseurs (échangeurs de chaleur) adiabatiques (utilisation de l'humidité lorsque le refroidissement en mode sec devient insuffisant) ou secs (le fluide est refroidi par l'air ambiant) est impossible car :
 - ▷ Cette solution technique aurait demandé une surface en centrale très importante, ce qui aurait limité fortement la puissance « froid » de la centrale compte tenu de la surface disponible ;

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

- ▶ L'emprise des grilles de ventilation sur le site proposé pour le projet (autour de 400 m²) n'est pas envisageable dans l'environnement.

Au stade de faisabilité technique de l'étude, l'installation géothermique envisagée pour le présent dossier d'autorisation devait exploiter (capter et réinjecter) la nappe d'accompagnement du Rhône au niveau du parc de Gerland.

Cependant, à l'issue de la réalisation de la modélisation hydrodynamique et thermique, présentée en Annexe 4, il est apparu que :

- des incidences thermiques étaient provoquées par la mise en service du projet sur des installations voisines ;
- le recyclage thermique de l'installation était non négligeable ;
- un risque non négligeable de débordement des ouvrages de réinjection lors de leur mise en charge en cas de crue du Rhône. L'installation lors de telles périodes aurait du fonctionner à débit limité.

Ces trois points impacteraient très fortement le rendement de notre installation et des installations avoisinantes.

De plus une étude de coût a été réalisée dans le but de connaître la différence de budget entre la réalisation de 6 forages ou celle de réaliser une chambre de refoulement vers le Rhône. Concernant la première solution, cette dernière est estimée à 1 466 000 € HT. La deuxième est évaluée 828 750 € HT. Le détail des prix est retrouvé en Annexe 6. La réalisation d'un ouvrage de réinjection au Rhône sera donc moins onéreuse. Il y a lieu d'ajouter que les frais d'entretiens sont moins importants (1 ouvrage au lieu de 6) et plus simple car l'ouvrage sera accessible contrairement à un forage.

C'est pourquoi la solution de création de 6 forages de réinjection a été abandonnée.

4 DUREE DU TITRE SOLICITEE

Au vu de la création d'un réseau de froid urbain, la durée du titre sollicitée correspond à la période maximale autorisée (du décret n°78-498), soit 30 ans.

5 CONTEXTE GENERAL DU SITE

5.1 Topographie

Le projet est localisé en zone urbaine en bordure du Rhône et à proximité du port Edouard Herriot. Le site est localisé au droit de la plaine alluviale du Rhône.



Figure 10 : Localisation du projet sur fond de photos aériennes

Le terrain du projet, d'une superficie d'environ 43 hectares, est situé à une altitude d'environ 165 m NGF, avec une légère élévation au niveau du bâtiment du Skatepark à 166 m NGF. Le Rhône, formant la limite Ouest du site, s'écoule globalement du Nord vers le Sud à une altitude d'environ 162 m NGF.

5.2 Hydrologie

Le réseau hydrographique à proximité du site est constitué par le Rhône qui s'écoule du nord vers le sud. Il longe la bordure Ouest du projet. Au droit du site, le Rhône est situé à une cote de l'ordre de 162 m NGF du fait de la retenue de Pierre Bénite en aval. Afin de ne pas rehausser le niveau de la nappe à la suite de cet aménagement, un drain a été créé le long du Rhône jusqu'en aval de la retenue comme expliqué dans la partie hydrogéologie.

Les données hydrologiques du Rhône ont été extraites de la station située à Ternay, à 14 km au Sud du projet, depuis la Banque Hydro. D'après cette dernière, le module du Rhône est de 1030 m³/s, soit 3 708 000 m³/h et le QMNA₅ du Rhône est de 370 m³/s (soit 900 000 m³/h).

Concernant les températures du Rhône, une analyse de l'évolution de la température de 1977 à 2006 montre qu'il y a une tendance générale à l'augmentation. En prenant en compte la station de Saint Alban (SAL) au Sud de Lyon, la température évolue entre 13° et 15°C tout le long de l'année.

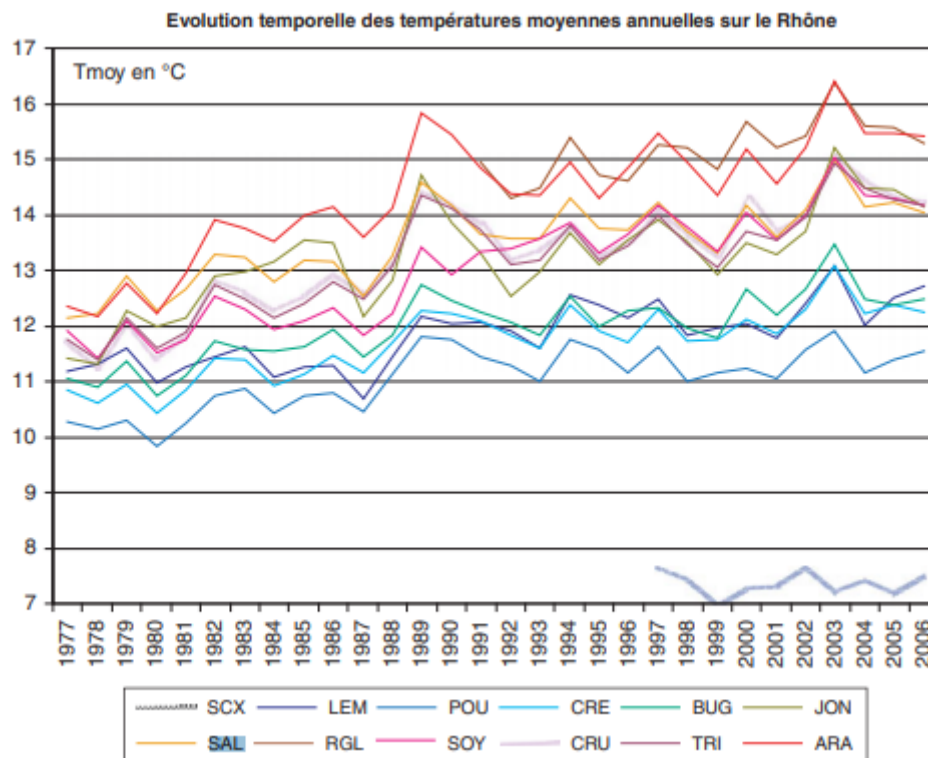


Figure 11 : Evolution des températures du Rhône entre 1977 et 2006

5.3 Géologie

5.3.1 Cadre géologique

D'après les cartes géologiques de Lyon (698) et de Givors (722) à l'échelle 1/50 000^{ème}, dans le secteur d'étude, le Rhône a entamé le recouvrement glaciaire initialement présent, jusqu'au substratum molassique et l'a recouvert par des alluvions fluviales, formant ainsi la plaine alluviale du Rhône.

Au droit du site, les terrains sont donc constitués de haut en bas, par les alluvions fluviales du Rhône sur une épaisseur moyenne d'environ 20 m, puis par la molasse Miocène qui constitue le substratum de la nappe alluviale. Le Rhône marque la limite où le substratum molassique rencontre des granites plus anciens constitutifs du socle. Au Sud du projet les alluvions fluviales reposent directement sur ces granites et il est donc probable que le substratum molassique soit d'une épaisseur relativement faible au droit du site.

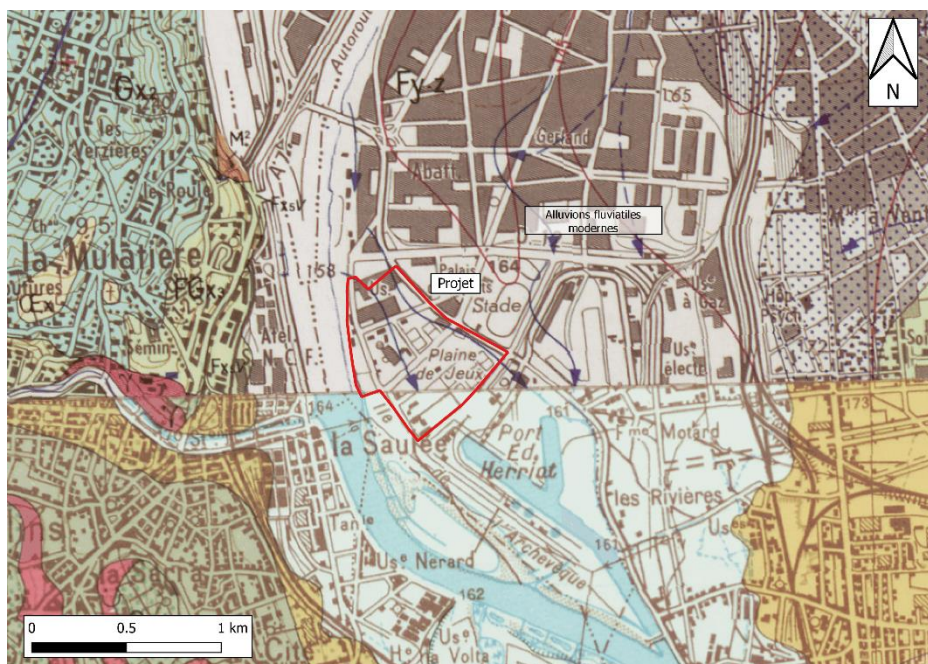


Figure 12 : Extrait des cartes géologiques de Lyon (n°698) et de Givors (n°722)

5.3.2 Lithologie au droit du site

La lithologie au droit du site a été appréciée à partir de plusieurs coupes de forages et piézomètres disponibles sur la Banque de données du Sous-Sol (BSS) gérée par le BRGM Bureau de Recherches Géologiques et Minières). La localisation et les caractéristiques de ces ouvrages sont fournies en Annexe 7.

D'après ces données, on constate, sous un recouvrement constitué de remblais (limoneux ou argileux) d'environ 3,5 m d'épaisseur, que les alluvions modernes seraient reconnues sur le projet jusqu'à la cote 145 m NGF, soit une profondeur approximative de 20 m par rapport au terrain naturel. Au niveau de la limite Ouest du projet, le long du Rhône, les alluvions fluviales présentent une épaisseur plus importante allant jusqu'à 25 m. Il est important de noter la présence de lentilles sableuses d'épaisseur comprise entre 2 et 5 m à diverses profondeurs. Cette couche n'étant pas continue, il n'est pas possible d'anticiper sa présence sur l'ensemble du site mais celle-ci se trouve généralement vers 13 m de profondeur. Au-delà de 140/145 m NGF, le substratum molassique serait retrouvé.

Au vu de l'ensemble des éléments disponibles, la coupe lithologique prévisionnelle suivante est retenue sur l'ensemble du secteur :

- 0 à 3,5 m : +165 à +161,5 m NGF : Remblais (limoneux ou argileux) ;
- 3,5 à 13 m : +161,5 à +152 m NGF : Alluvions modernes du Rhône ;
- 13 à 18 m : +152 à +147 m NGF : Sables fins à tendance argileuse (Alluvions modernes du Rhône) ;
- 15 à 20 m : +147 à +145 m NGF : Alluvions modernes du Rhône ;

- Au-delà de 20/25 m : au-delà de +140/145 m NGF : Substratum (Molasse).



A noter

Le toit de la molasse plonge naturellement au Sud du Projet. Ce dernier est donc plus haut au Nord du projet (145 m NGF) qu'au Sud (140 m NGF)

5.4 Pollution des sols

Aucune installation BASOL (base de données compilant les pollutions avérées) ou ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) n'est référencée au droit du site, toutefois il en existe plusieurs aux alentours. Le Port Edouard Herriot au Sud héberge plusieurs dépôts pétroliers et des pollutions aux hydrocarbures sont avérées et traitées. Au Nord, une pollution causée par les Laboratoires AGUETTANT a été récemment traitée.

Bien qu'aucun site pollué avéré ne soit présent sur l'emprise du projet, il a existé plusieurs installations industrielles durant le dernier siècle. L'ensemble de ces industries sont référencées sur BASIAS (Base nationale des Anciens Sites Industriels et Activités de Service). L'ensemble des anciens sites industriels est référencé dans la figure suivante.



Figure 13 : Inventaire des anciens sites industriels

5.5 Hydrogéologie

5.5.1 Description de l'aquifère

Dans le secteur étudié, deux aquifères renfermant des ressources en eaux souterraines significatives et susceptibles d'être exploitées, sont présents. Il s'agit de la nappe superficielle des alluvions modernes du Rhône contenue dans des formations sablo-graveleuses perméables d'une épaisseur d'environ 15 m dans le secteur et de la nappe profonde de la molasse sous-jacente, contenue dans des formations sablo-grésifiées peu perméables d'une puissance de plusieurs dizaines de mètres.

Les principales caractéristiques de ces deux nappes, déduites des données bibliographiques collectées sont donc décrites ci-après.

La nappe des alluvions d'une puissance de l'ordre d'une quinzaine de mètres (hauteur d'alluvions mouillées) est constituée par un empilement d'horizons sablo-graveleux. Des lentilles de matériaux plus ou moins argileux et donc peu perméables peuvent s'intercaler dans cet empilement sablo-graveleux. Globalement l'aquifère alluvial est caractérisé par des valeurs de perméabilité élevées.

La nappe des alluvions et la nappe de la molasse bien qu'abouchées l'une à l'autre 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). En fait, cette drainance s'exerce très probablement des horizons les plus profonds vers les horizons supérieurs, aussi bien dans la masse de l'aquifère molassique que de l'aquifère molassique vers la nappe des alluvions. Toutefois, ce mouvement de drainance qui est en fait un écoulement vertical de l'eau est très limité par rapport à l'écoulement horizontal de l'eau dans les différents horizons et spécialement dans les horizons les plus perméables de la molasse et des alluvions.

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

Il est important de noter la présence en limite Nord-Est du drain de la COMPAGNIE NATIONALE DU RHONE (CNR) qui influe notablement sur le sens d'écoulement global de la nappe sur le secteur.

Le projet de captage-rejet du Skatepark sollicitera uniquement l'aquifère superficiel des alluvions (nappe d'accompagnement du Rhône).

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

La Banque de données du Sous-Sol (BSS), les inventaires de la DDT et de la DREAL et les archives ARCHAMBAULT CONSEIL (en particulier les études antérieures réalisées dans le secteur) ont permis le recensement de 152 ouvrages, dont 22 au moins sont abandonnées.

Sur 131 ouvrages existants ou susceptibles de l'être, 50 piézomètres de surveillance, 69 forages, 3 puits et 9 ouvrages non identifiés ont été recensés.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Les principales informations recueillies sur ces installations et leurs localisations sont fournies sur la figure suivante, le tableau les présentant en détail est disponible en Annexe 8.

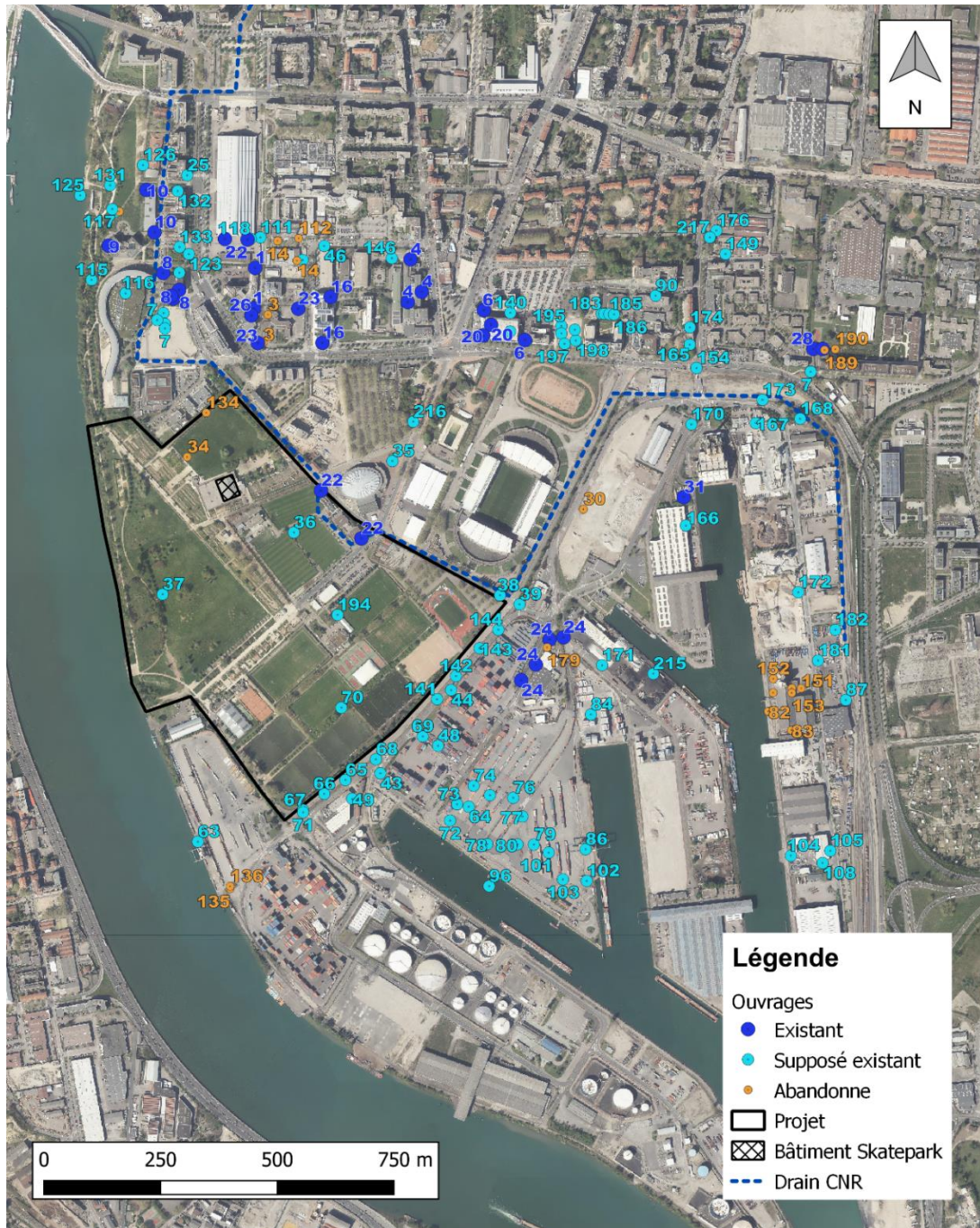


Figure 14 : Localisation des ouvrages voisins recensés

Un second inventaire a été réalisé afin d'identifier plus précisément les installations géothermiques et industrielles. Leurs caractéristiques sont détaillées sur la figure et le tableau récapitulatif suivants.



Figure 15 : Inventaire des installations géothermiques existantes à proximité du site en 2020

Tableau 10 : Caractéristiques des installations géothermiques voisines recensées

Numéro ouv	X L93	Y L93	Z (m NGF)	Exploitant	ouvrage	Q moyen ex	Q max expl	Ecart temp	Observations
1	841965.6	6515941.5	164.8	BIOMNIS (Ex : Institut Pasteur)	Captage	9 hiver 48 été	30 hiver 80 été	5	Fonctionnement dominant froid Raccord au réseau de froid à moyen terme
	841962.9	6515854.9	164.8		Rejet				
2	841949.3	6516002.2		HALLE TONY GARNIER	Captage	21	260	Rejet au drain CNR	Fonctionnement ponctuel événementiel Raccord au réseau de froid à court terme
	841900.9	6516003.5			Captage				
3	842322.2	6515890.4	163	MERIAL	Captage	54	240	Rejet au réseau (drain CNR?)	Refroidissement industriel Raccord au réseau de froid à moyen terme
	842298.3	6515959.9			Captage				
	842292.2	6515868.5			Captage				
4	842446.7765	6515879.548	164.8	DOMILENS (LSEH)	Captage	60	60	10	
	842538.3183	6515848.56	164.8		Rejet				
5	841807.6027	6515887.477	166	Avenue Gerland / Copro 26 Tony Garnier	Captage	14	46	10	Besoin en froid majoritaire Raccord au réseau de froid à court terme
	841770.4379	6515928.333			Rejet				
6	841652	6515989.2		AGENCE DE L'EAU RMC	Captage	60	100	Rejet au Rhône	Raccord au réseau de froid à court terme
7	841744.7	6516205.3		HALLE BORIE	Captage	80	80	-	Raccord au réseau de froid sous 3 ans
8	841750	6516017.8		HALLE BORIE IV	Captage	50	50	7	Sous-station existante du réseau de froid
	841732.8	6516108.7			Rejet				
9	842127.2	6515879.4	165.5	Boehringer Ingelheim	Captage	33	215	10	Raccord au réseau de froid à long terme
	842109.6	6515780.9	159.5		Rejet				
10	842470.7	6515819.7	0	Bausch & Lombe / DomiLyon OMS	Captage	7	150	10	Raccord au réseau de froid à court terme
	842453.6	6515796.8	0		Rejet				
11	842106.6	6515464.6		Ligue Auvergne Rhone Alpes de Foot (Ex CENTRE OL)	Captage	11	25	5	
	842192.9	6515361.9			Rejet				
12	842057.7482	6515854.233		CIRC	Captage	40 pendant 6 mois puis 27 m3/j	50 hiver 60 été	7	Raccord au réseau de froid à court terme
	841971.4042	6515780.659			Rejet				
13	842587.9562	6515028.942	164	CNR	Captage	0,4	7	-	Eau industrielle rapporté à une exploitation thermique
14	841818.8222	6516219.914		Immeuble le Quatuor	Captage	12,5	120	Rejet au drain CNR	fonctionnement ponctuel (3 mois) Sous-station existante du réseau de froid
	841820	6516140			Captage				
	841818	6516170			Captage				
15	843376.1306	6515840.959		Plastic Omnium	Captage	30 hiver 80 été	183 hiver 416 été	-6/+6	
	843391.5966	6515839.647			Captage				
	843180.5	6515767.92	163		Rejet				
	843160.5	6515767.92	163		Rejet				
16	842868.7524	6515443.737		UIOM	Captage	870 hiver 1090 été	1200	Rejet au Rhône (darse)	PUITS 4
	842901.2184	6515537.445			Captage				PUITS 7
	842866.5101	6515473.167			Captage				PUITS 8
	842893.9778	6515388.054			Captage				PUITS 5
	842886.27	6515528.055			Captage				PUITS 6
	842904.0446	6515555.733			Captage				PUITS 2
	842885.1956	6515503.834			Captage				PUITS 3
	842911.2385	6515597.121			Captage				PUITS 1

5.5.3 Inventaire des sous-sols au voisinage du site

Hormis le sous-sol du projet où seront installées les futures installations, le tracé de la ligne B du métro de Lyon passe à proximité du projet (à environ 300 m à l'Est, sous l'avenue Jean Jaurès), présenté en Figure 16.

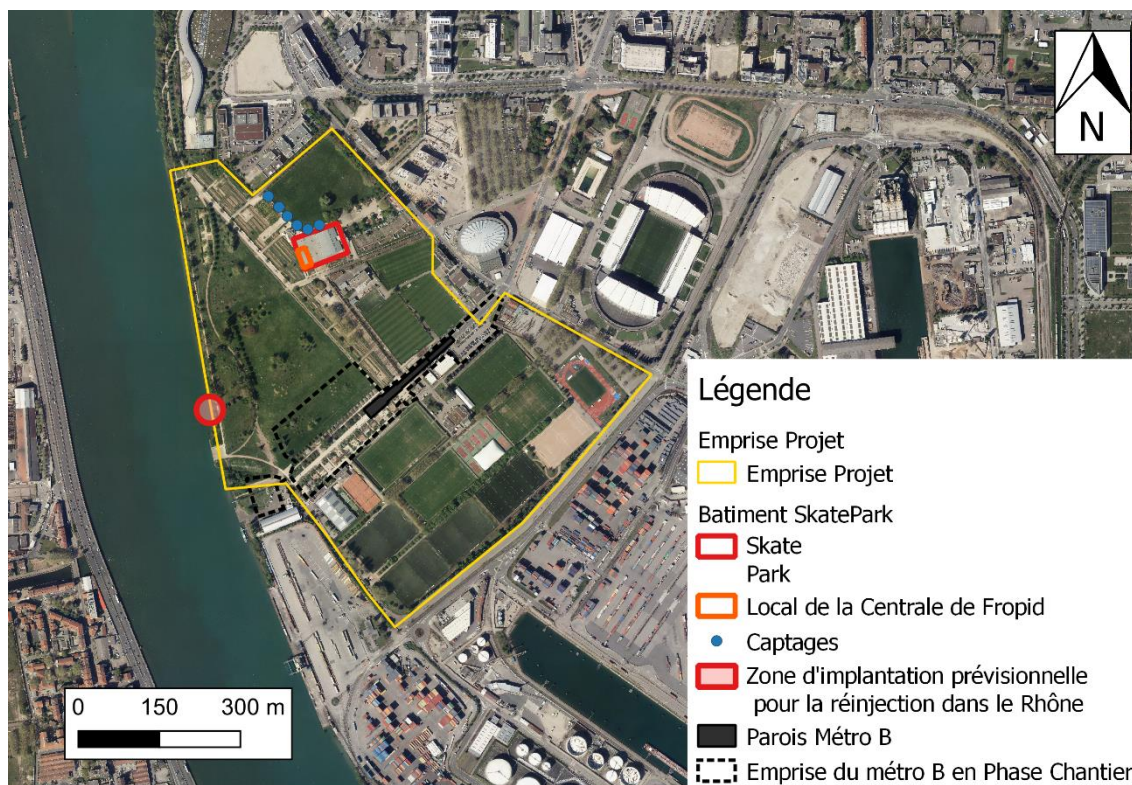


Figure 16 : Localisation de l'emprise du chantier et de la station du métro B

Dans le cadre des travaux de prolongement du métro B, un ouvrage de génie civil a été réalisé à la limite Sud Est du projet (Parois Métro B sur la Figure 16). Cet ouvrage constitué de parois moulées recoupe l'intégralité des alluvions modernes du Rhône (ancrage dans la molasse sous-jacente) pour notamment faire descendre le tunnelier afin de traverser le Rhône jusqu'à Oullins. Le positionnement de cet ouvrage ainsi que ces dimensions (environ 210 m de long pour 10 à 15 m de large) ont été transmis par le SYTRAL.

5.5.4 Piézométrie et fluctuations de la nappe

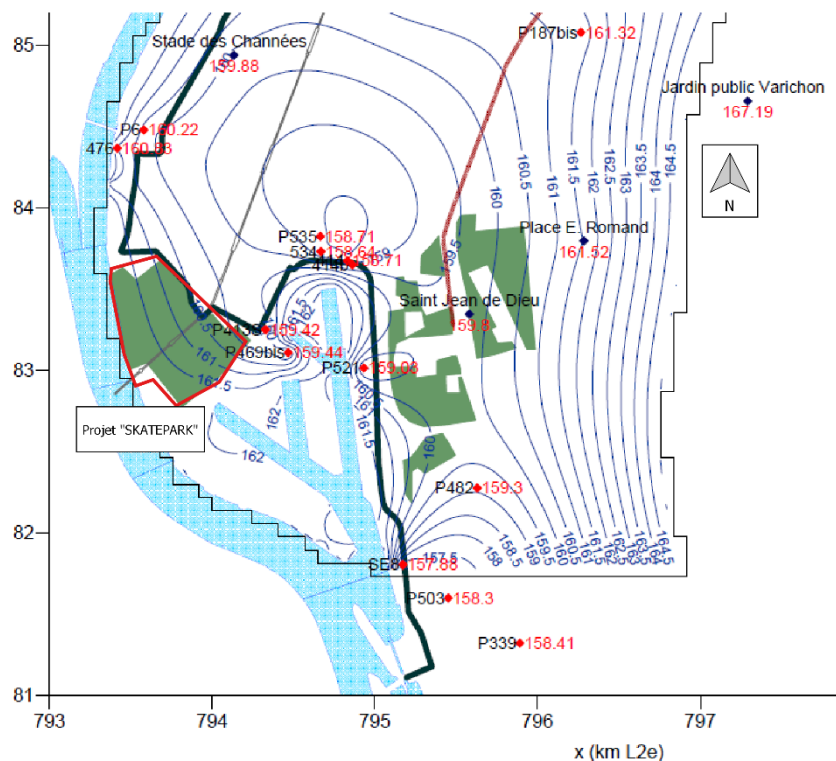
Dans le secteur de l'étude, la piézométrie de la nappe est fortement influencée par le drain CNR.

A la suite de la construction du barrage de Pierre-Bénite (au Sud du projet) et de sa mise en eau en 1966, un drain a été réalisé jusqu'au pont SNCF de la gare de Perrache afin d'éviter une remontée de la nappe consécutive à l'élévation du Rhône et l'inondation des sous-sols. Ce drain CNR modifie localement l'écoulement naturel de la nappe en imposant le long de son tracé, un niveau d'eau situé à 3 m en dessous de celui du Rhône. Le fil d'eau du drain CNR (à l'Est du projet) serait situé à une cote de 159 m NGF, alors que le niveau moyen du Rhône (à l'Ouest du projet) est situé à la cote de 162 m NGF.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

D'après la carte piézométrique moyenne (2006-2013) sur le réseau suivi du GRAND LYON et de la CNR, présentée en Figure 17 (EGIS GEOTECHNIQUE, 2014) ainsi qu'avec carte piézométrique représentative des niveaux en Eaux Quasi Permanentes (BRGM, 2004), le niveau moyen de la nappe au droit du projet serait situé à la cote moyenne de 160,5 m NGF, soit à une profondeur d'environ 4,5 m par rapport au terrain naturel. La nappe des alluvions, dont la puissance (hauteur d'alluvions mouillées) serait d'environ 15 m, s'écoulerait, au droit du projet, du Sud-Est vers le Nord-Ouest (en direction du drain CNR), avec un gradient hydraulique de l'ordre de 5 ‰. Les cartes originales utilisées sont disponibles en **Annexe 9**.



❖ Figure 17 : Extrait de la carte piézométrique moyenne (2006-2013) sur le réseau suivi du Grand Lyon et de la CNR

En outre, d'après la **Figure 17** il apparaît que les darses du port Edouard Herriot sont en communications directes avec les alluvions du Rhône d'un côté et le Rhône de l'autre. De ce constat, nous considérerons en 1^{ère} approche un niveau dans les darses identique à celui du Rhône et qu'un échange entre le Rhône et les darses est effectif.

Enfin dans le cadre de la modélisation thermique et hydrodynamique du projet, une modélisation de la nappe a été réalisée au droit du projet cette dernière est présentée en Figure 18

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)



Figure 18 : Carte piézométrique au repos au droit du projet

Dans la suite de ce rapport, il sera considéré un niveau de nappe à 160,5 m NGF au centre du projet, soit 45/TN, en considérant un TN à 165 m NGF.

5.5.5 Caractéristiques hydrodynamiques de la nappe

Les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe des alluvions ont pu être appréciées à l'aide des données issues des essais de pompage dans les ouvrages recensés dans le secteur d'étude (Annexe 10).

L'analyse des résultats des essais d'eau a permis de déterminer dans le secteur du projet des valeurs de perméabilité comprises entre 1 et 9.10^{-3} m/s en fonction de la nature plus ou moins sableuse des alluvions. Une valeur de **perméabilité moyenne de l'ordre de 4.10^{-3} m/s** a été retenue en première approche dans ce rapport.

En considérant une hauteur d'alluvions mouillées moyenne au droit du projet d'environ 15 m, la **transmissivité (productivité de la nappe) moyenne dans le secteur du projet serait de 6.10^{-2} m²/s**, soit environ 210 m³/h/m de rabattement.

Un **coefficient d'emmagasinement** (non mesuré) de 10^{-1} a été retenu, valeur correspondant à une nappe libre contenue dans des alluvions.

5.5.6 Chimie et température des eaux de la nappe

La chimie des eaux de la nappe des alluvions dans le secteur du projet a pu être appréciée à partir d'une analyse chimique de l'eau de la nappe des alluvions modernes effectuée par le Laboratoire d'Hygiène Appliquée de l'Institut Pasteur de Lyon à l'issue d'un prélèvement réalisé en 1981 sur un forage situé sous le bâtiment de l'ENS, situé à environ 500 m au Nord du site. Les résultats obtenus indiquaient qu'il s'agissait d'une eau de type bicarbonaté calcique présentant un titre hydrotimétrique de 24,05°F (cf. analyse chimique en **Annexe 11**). L'eau serait fortement ferrugineuse et présenterait une forte concentration en manganèse.

Il est à noter que l'exploitation généralisée de la nappe des alluvions modernes au droit de l'agglomération lyonnaise pour l'alimentation en eau souterraine de pompes à chaleur a donné lieu à la réalisation de trois campagnes de mesures thermiques. Ces campagnes ont été effectuées en décembre 1999, avril et août 2000 sous le contrôle de la DDAF du Rhône et du Service de la Navigation.

Les résultats de diverses mesures réalisées sur le forage de captage de CONFLUENT 2 (à environ 900 m au Nord du projet, dans un contexte similaire : entre le Rhône et le drain CNR) montrent que la température de la nappe varie entre 11 et 21,3°C dans le secteur. La température moyenne de la nappe entre 2012 et 2015 de 16,4°C sera considérée comme température de la nappe pour la suite du rapport. L'ensemble du suivi de température est présenté en **Annexe 12**.

Le réchauffement global du secteur peut être apprécié en regard des valeurs initiales relevées sur le secteur de l'ENS, situé à environ 700 m au Nord-Est du projet (11°C en 1987, puis 13°C en 2004, et 15,5 à 16°C en 2013/2014) soit une augmentation de l'ordre de +4°C en 25 ans.

5.5.7 Environnement et vulnérabilité

5.5.7.1 Environnement au niveau des ouvrages

Les forages de captages et l'ouvrage de rejet seront implantés sous un espace public, à vocation sportive. Les accès pour chacun des forages et de l'ouvrage seront fermés.

A côté de la future centrale, au même niveau se trouveront des locaux utilisés par les services municipaux de la ville de Lyon – département espace verts - pour le stockage de matériels.

Conformément à la réglementation, le local technique Groupe Froid sera exclusivement réservé à cet usage et seul le personnel technique habilité (personnel formé aux installations et pompiers) sera autorisé à y pénétrer (local fermé à clef). Les locaux seront physiquement complètement séparés avec des accès séparés.

Les forages de captage seront situés au droit du parc naturel de Gerland, à l'extérieur de bâtiment à une cote approximative de 165 m NGF. Ils sont situés sur une ligne Nord-Ouest – Sud-Est, au Nord du Skate-park.

L'ouvrage de rejet au Rhône sera aussi situé à l'extérieur des bâtiments à une cote approximative de 162,5 m NGF. Ils sont situés au Sud - Ouest du site.

Les ouvrages de captage-rejet, localisés sur la Figure 2, seront distants d'environ 340 m.

5.5.7.2 Environnement autour des ouvrages

Même si le projet est situé au sein d'un parc, l'emprise foncière du projet est située en zone urbaine, portuaire et est limitée :

- au Nord par un ensemble de bâtiments (lycée, laboratoire, entreprises) ;
- à l'Est par l'allée Pierre de Coubertin qui dessert le palais des Sports, des résidences et des sociétés ;
- à l'Ouest par le Rhône ;
- au Sud par la Plaine de Jeu de Gerland.

Le Port Edouard Herriot au Sud héberge plusieurs dépôts pétroliers et des pollutions aux hydrocarbures sont avérées et traitées. Au Nord, une pollution causée par les Laboratoires AGUETTANT a été récemment traitée.

A l'exception du réseau d'eaux usées, des voies de communication et des pollutions qui sont traitées au Nord et au Sud du projet, aucune autre source potentielle de pollution avérée n'a été identifiée à proximité des ouvrages.

5.5.7.3 Vulnérabilité de la nappe

Le projet est localisé dans la plaine alluviale du Rhône.

Dans le secteur, la nappe des alluvions modernes est située en moyenne à environ 4,5 m/sol et est contenue dans des formations sablo-graveleuses très perméables (perméabilité

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

d'interstice), présentes jusqu'à une profondeur de 20 m/TN actuel sous un recouvrement moyen de 3,5 m d'épaisseur constitué de remblais et localement de limons, d'argiles et de sables et graviers limoneux. Au vu de la relativement faible épaisseur de terrain non saturé et de la couverture limoneuse/argileuse non continue, il apparaît donc que la nappe des alluvions est moyennement vulnérable.

Toutefois, les risques de contamination des eaux souterraines par l'infiltration d'eau superficielle sont extrêmement réduits du fait de la localisation même du projet. Ce dernier est situé au sein de la zone UL du plan local d'urbanisme de Lyon. D'après son règlement dont un extrait est présenté ci-dessous la zone est spécialisée dans la réception des équipements sportifs, de loisirs, touristiques, culturels, de superstructure ou de plein air. L'ensemble de ces points ne sont pas des activités à risque pouvant générer une importante pollution de la nappe.

UL	Zone de parcs urbains ou de loisirs ouverts au public
UL Parcs urbains ou de loisirs ouverts au public	Zone spécialisée destinée à recevoir, au sein d'un environnement paysager, des équipements sportifs, de loisirs, touristiques, culturels, de superstructure ou de plein air, localisés dans un contexte urbain, le long des berges et dans certains parcs urbains.

Figure 19 : Extrait du règlement du PLU-H du Grand Lyon

Afin de ne pas altérer la qualité des eaux souterraines, les travaux de foration et de création de l'ouvrage de réinjection seront exécutés en respectant toutes les mesures de protection pour l'environnement. L'entreprise de forage devra être qualifiée RGE FORAGE et QUALIFORAGE.

Il est important, pour éviter toute contamination par des eaux potentiellement contaminées qui pourraient provenir du ruissellement des eaux météoriques en surface ou d'éventuelles fuites du réseau d'assainissement, qu'une cimentation annulaire et une tête de protection étanche (en cas de risque d'inondation) ou surélevée et équipée d'une margelle pour éloigner les eaux de ruissellement (dans le cas contraire) soient mises en œuvre au droit de chaque ouvrage.

6 CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES

6.1 Spécifications des ouvrages géothermiques souterrains

Les forages captage (C1, C2, C3, C4, C5 et C6) seront mis en place au droit du site et fonctionnera au débit maximal de 1 465 m³/h.

Les ouvrages de captages seront situés au droit des différents espaces verts au sein du parc naturel de Gerland. Les forages de captage seront situés au Nord-Est. L'implantation des forages est reportée sur la Figure 2.

Les ouvrages seront réalisés selon la norme NFX10-999. La société de forage disposera des qualifications « RGE FORAGE » et « QUALIFORAGE » en plus d'être adhérente à la charte de qualité des puits et des forages d'eau. Une société régionale sera favorisée.

En considérant un terrain naturel à 165 m NGF, les forages seront réalisés jusqu'à une profondeur de 20 m/TN (soit jusqu'à la cote de 145 m NGF).

La foration des ouvrages sera effectuée selon la technique BENOTO avec mise en place de tubes de soutènement en diamètre minimal de 1 500mm.

Pour les forages de captage, les caractéristiques lithologiques et hydrodynamiques prévisionnelles permettent d'envisager des forages de 20 m de profondeur, forés en diamètre minimal 1500 mm, avec 12 m de crépine en fil enroulé diamètre 1000 mm slot 0,75 mm (et éventuellement 0,5 mm en face des terrains sableux) permettant chacun de pomper 245 m³/h.

Il est à noter que si des horizons de sables fins, limons ou argiles homogènes sont rencontrés, les crépines seront obturées par un moyen approprié (grille fine par exemple dans le cas de sables fins).

Il est à noter également que :

- le nombre d'ouvrages pourra éventuellement être optimisé si les conditions réelles déterminées lors des travaux de reconnaissance le permettent (passage 6 à 4 ouvrages de captage).
- le diamètre d'équipement pourra éventuellement être optimisé si les conditions réelles déterminées lors des travaux de reconnaissance le permettent (passage en 800 mm).

Ces caractéristiques sont reportées dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Caractéristiques des forages de captage

Principales caractéristiques prévisionnelles des forages constituant le futur dispositif de captage du projet du "SKATEPARK" à Lyon 7^{ème} (69)	
Type	Captage
Ouvrage	Forages
Débit d'exploitation envisagé (m ³ /h)	245
Profondeur (m/TN)	20
Diamètre de foration minimal (mm)	1500
Diamètre d'équipement (mm)	1000
Hauteur des crépines pour les forages (m)	12
Nature et type des crépines	Fil enroulé en acier inoxydable AISI304L
Pourcentage de vides des crépines	15% soit 0,75 mm

Les ouvrages de captage seront situés à l'extérieur. Afin d'éviter toute infiltration d'eau potentiellement contaminée dans les ouvrages, une tête de protection verrouillable et dépassant d'au moins 0,3 m du sol sera aménagée au droit de chaque ouvrage.

Cette tête sera constituée d'un regard de dimensions prévisionnelles 2 m x 2 m sur une hauteur de 2 m et équipée d'une ouverture intégrale avec échelle d'accès fixe. Chaque tête dépassera d'au moins 0,3 m du sol avec éventuellement mise en place de réhausses comme indiqué sur la coupe technique ci-dessous. En cas d'impossibilité de mettre en place cette surélévation de 0,3 m (dans le cas de regards au droit de voiries en particulier), il conviendra de prévoir une surélévation minimale pour éloigner les eaux superficielles et des tampons étanches et de valider le principe au préalable avec l'administration.

A l'intérieur de la tête de protection, un hors sol de 0,5 m minimum sera conservé pour les tubes d'équipement. Les tubes d'équipement seront fermés par une plaque en inox boulonnée.

Une margelle bétonnée devra être aménagée de manière à éloigner les eaux superficielles de chaque tête de forage (autour du regard s'il est totalement surélevé ou des tampons). Elle présentera une surface minimale de 3 m² et une hauteur de 0,3 m au-dessus du niveau du terrain naturel au niveau du regard ou des tampons.

En cas d'impossibilité de mettre en place cette surélévation de 0,3 m, une surélévation minimale sera mise en œuvre pour éloigner les eaux superficielles et des tampons étanches seront posés.

Les coupes techniques des forages de captage (C1-6) sont présentées dans les figures suivantes :

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

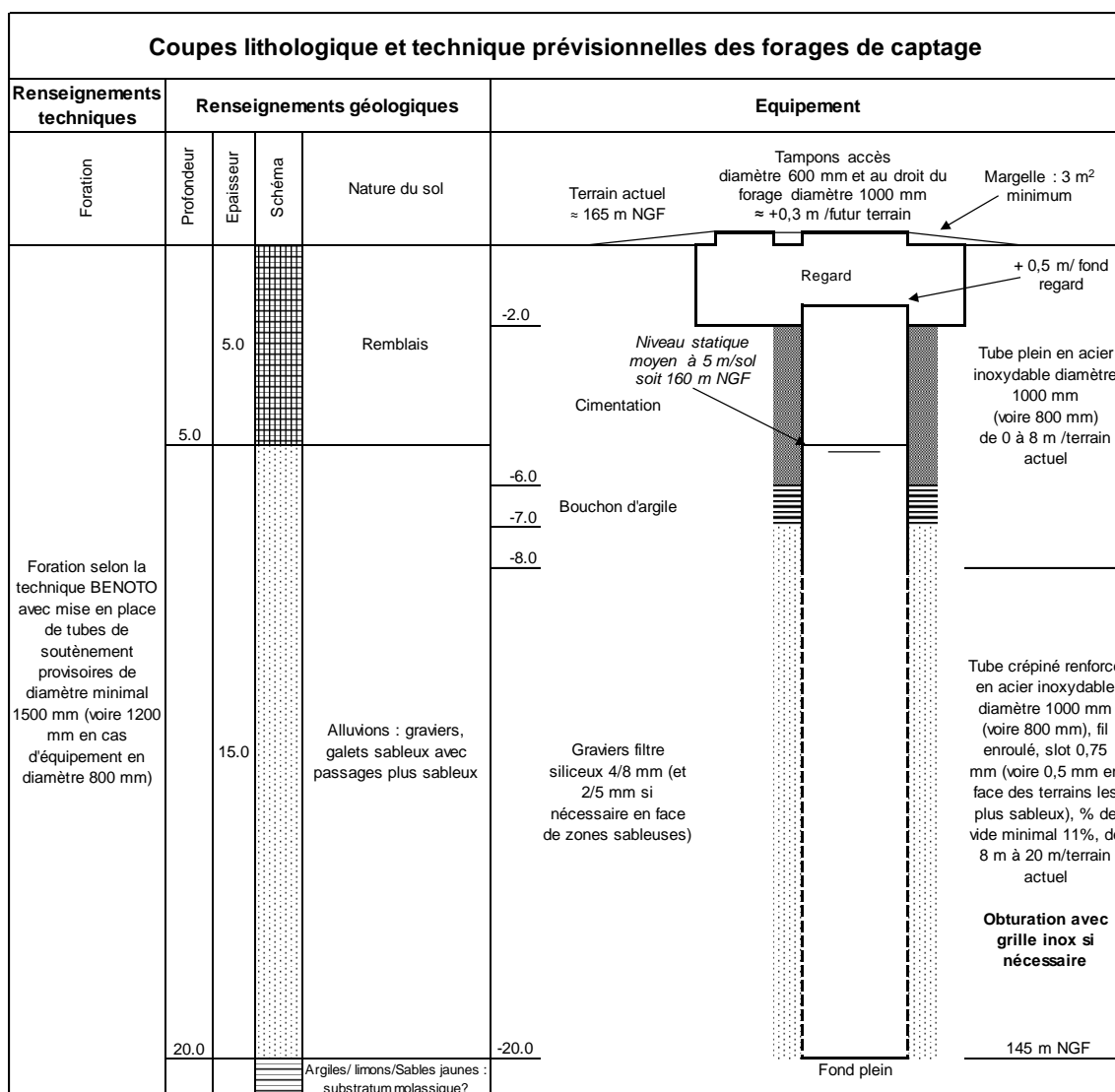


Figure 20 : Coupes lithologique et technique de l'ouvrage de captage C1

Chaque forage de captage sera équipé d'une ou deux pompes immergées (dont une de secours) capables de fournir un débit de 245 m³/h.

Chaque forage sera développé pendant une durée minimale de 8 heures par pompage à débits croissants jusqu'à obtention d'une eau totalement claire, exempte de boue et de sable, avec des « pistonages » provoqués par des marches-arrêts de la pompe. **Dans le cas contraire, une prolongation des pompages de développement sera nécessaire.**

Les opérations de développement comprendront au minimum la réalisation de quatre paliers à débits croissants jusqu'à au moins 300 m³/h pour les forages de captage.

Après développement et récupération du niveau statique initial, un pompage par paliers d'une durée de 4 heures sera réalisé dans chaque ouvrage avec réalisation de quatre paliers à débits

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

croissants pour atteindre à la fin, au minimum 245 m³/h pour les captages. A l'issue des opérations de pompage par paliers, la remontée sera suivie.

Puis un essai de productivité d'une durée de 48 heures sera effectué au débit de 1465 m³/h. Les eaux pompées dans les ouvrages de captage (environ 245 m³/h par forage) seront réinjectées vers le Rhône directement.

Lors de l'ensemble de ces essais, des mesures de niveaux d'eau (sondes enregistreuses et mesures manuelles de contrôle), débits, de quantités de sable contenue dans l'eau et de températures seront régulièrement effectuées pour chacun des ouvrages pompés. Les niveaux d'eau seront également suivis dans des piézomètres.

Les eaux pompées durant l'essai longue durée seront intégralement réinjectées dans l'ouvrage de rejet, soit au Rhône. De ce fait, sur les 115 000 m³ pompés (développement, paliers, longue durée), près des 2/3 (près de 80 000 m³) seront restitués au milieu naturel.

Les eaux pompées lors des essais de pompage de développement et par paliers seront rejetées au réseau public après obtention d'une autorisation du gestionnaire : le GRAND LYON qui s'assurera avant le lancement des essais de la présence d'un moyen de comptage et d'un bac de décantation pour les sables. Les particules fines limoneuses ne seront pas traitées car leur présence est temporaire (uniquement pendant les quelques minutes de développement des ouvrages au moment des changements de débit ou après un démarrage). De plus elles sont entraînées dans le réseau et ne sont pas susceptibles de s'y déposer comme le sable.

En outre, la réalisation du développement des ouvrages par du personnel qualifié et sous le contrôle d'un hydrogéologue (augmentation progressive du débit et uniquement si les résultats du palier précédent sont satisfaisants, baisse du débit en cas de présence de sable excessive et longue, réalisation d'arrêt marche) n'engendrera pas de quantité de sable importante.

Bien entendu, les programmes de pompage indiqués ci-dessus devront être adaptés en fonction des rabattements observés et de la productivité réelle des ouvrages.

6.2 Spécifications de l'ouvrage de rejet au Rhône

L'ouvrage sera installé en bordure du fleuve, au Sud Est de la zone de captage, à environ 50 m au Nord du ponton d'amarrage des péniches. Il sera composé d'une chambre de refoulement connectée au Rhône par une canalisation. Un exemple de ce type d'ouvrage est fourni en Figure 9 et rappelée ci-dessous. L'emplacement de la réinjection dans le Rhône est présenté en Figure 2 et appelé ci-dessous.

Pour l'instant, une canalisation DN 450 mm est prévu entre la zone de captage et la zone pour la réinjection au Rhône. Cette section sera confirmée lors des études d'exécution.

L'ouvrage sera réalisé selon les règles de l'art.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

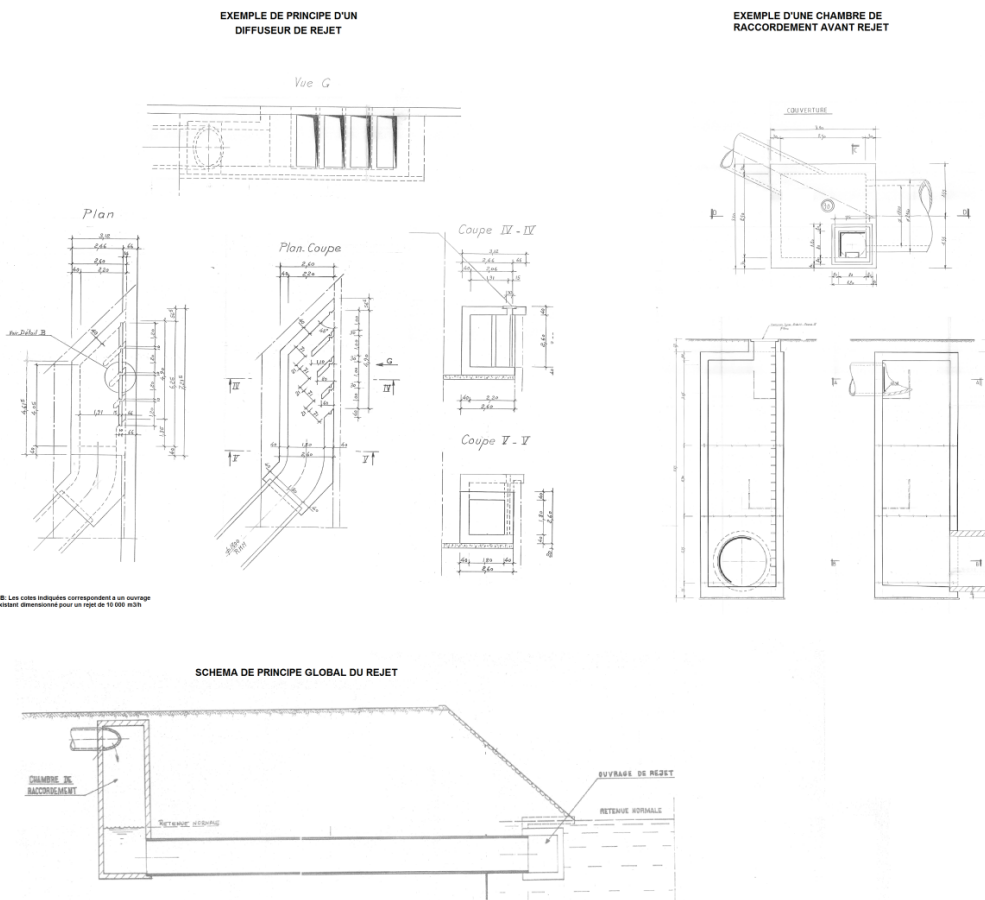


Figure 9 : Exemple d'un ouvrage de réinjection en fleuve



Figure 2 : Localisation géographique des ouvrages de captage et rejet



A noter

Pour information, le schéma présenté ci-dessus représente un rejet dans la Seine. Ce dernier a été dimensionné pour rejeter un débit de 12 000 m³/h. C'est un ouvrage existant fonctionnel et exploité par Dalkia. Dans le cadre de notre projet, ce sera le même type d'ouvrage mais dimensionné pour notre rejet de 1 500 m³/h.

6.3 Abandon éventuel des ouvrages géothermiques

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

Concernant l'abandon de la chambre de raccordement, la canalisation sera retirée et la chambre comblée.

Pour ce qui est de la centrale de froid, le fluide frigorigène sera enlevé par une entreprise spécialisée. Une fois extrait, ce fluide sera géré dans la filière adéquate. Le budget à prévoir pour ce genre d'opération est d'environ 15 000 € H.T.

7 PLANNING DES TRAVAUX ET UTILISATION DE LA RESSOURCE

7.1 Constitution du projet

L'installation sera constituée par 6 forages de captage d'une profondeur de 20 m/terrain naturel du projet (TN), sollicitant la nappe des alluvions modernes du Rhône et qui permettront d'alimenter en eau souterraine la centrale de froid pour le rafraîchissement tout le long de l'année les sociétés, immeubles, laboratoires pouvant être desservis par le futur réseau de froid urbain. Le rejet des eaux pompées sera effectué via une chambre de raccordement vers le Rhône.

L'installation est prévue de manière évolutive pour s'adapter aux besoins liés au développement du quartier.

7.2 Planning des travaux

La durée prévisionnelle des travaux est d'environ 25 semaines : 2 semaines pour la réalisation de chaque forage, 5 semaines pour les essais de développement et par paliers sur les 6 forages, 6 semaines pour la création de la chambre de raccordement au Rhône et 13 semaines pour la réalisation de l'essai en vraie grandeur et la réalisation des têtes de forage.

Ce planning est prévisionnel et ne prend pas en compte les possibles aléas que le chantier pourrait rencontrer.

De plus il pourra être optimisé par l'entreprise de forage qui sera retenue en mettant en place par exemple plusieurs équipes sur place pour réaliser des activités en doublons (foration/développement).

7.3 Fonctionnement prévisionnel de l'installation

Il est prévu que l'installation géothermique permettant le rafraîchissement des locaux, fonctionne 12 mois par an avec un écart thermique sur l'eau de nappe de +10°C.

Compte tenu des besoins énergétiques et de l'écart thermique retenu, le débit maximal d'exploitation sera de 1 465 m³/h, pour un prélèvement annuel d'environ 3 311 125 m³. La centrale de froid qui permettra le rafraîchissement, fonctionnera toute l'année avec une puissance frigorifique maximale produite de 15 MW pour une puissance de réjection de 17,2 MW.

La simulation thermique ayant permis de déterminer les puissances frigorifiques de ce projet est présentée dans le Tableau 7.

L'installation géothermique évoluera sur les années à venir selon trois périodes de 3 ans, la première de 2022 à 2025, la deuxième de 2026 à 2029 et enfin la dernière à partir de 2030. L'installation évoluera avec les besoins nécessaires. Le débit sera donc variable, toutefois la température restera constante. Le débit maximal qu'atteindra l'installation sera donc de 1 465 m³/h pour un fonctionnement à débit moyen de 378 m³/h.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Les tableaux de fonctionnement prévisionnel de la future installation géothermique sont présentés en partie 1. Ils sont rappelés à nouveau ci-dessous.

Période 2022 – 2025			
Puissance maxi appelée estimée : 6 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à Septembre	6 mois Octobre à Mars	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	1 317 586 m ³	506 358 m ³	1 823 943 m ³
Débit géothermal maximal	975 m ³ /h	195 m ³ /h	975 m ³ /h
Débit géothermal moyen	301 m ³ /h	116 m ³ /h	208 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

Période 2026 – 2029			
Puissance maxi appelée estimée : 12,5 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à Septembre	6 mois Octobre à Mars	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	2 093 149 m ³	598 094 m ³	2 691 243 m ³
Débit géothermal maximal	1220 m ³ /h	245 m ³ /h	1 220 m ³ /h
Débit géothermal moyen	478 m ³ /h	137 m ³ /h	307 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

Période 2030 et au-delà Puissance maxi appelée estimée : 15 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à octobre	6 mois Octobre à avril	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	2 615 259 m ³	695 866 m ³	3 311 125 m ³
Débit géothermal maximal	1 465 m ³ /h	293 m ³ /h	1 465 m ³ /h
Débit géothermal moyen	597 m ³ /h	159 m ³ /h	378 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

Le schéma général de principe de fonctionnement d'un groupe froid est présenté dans la figure suivante.

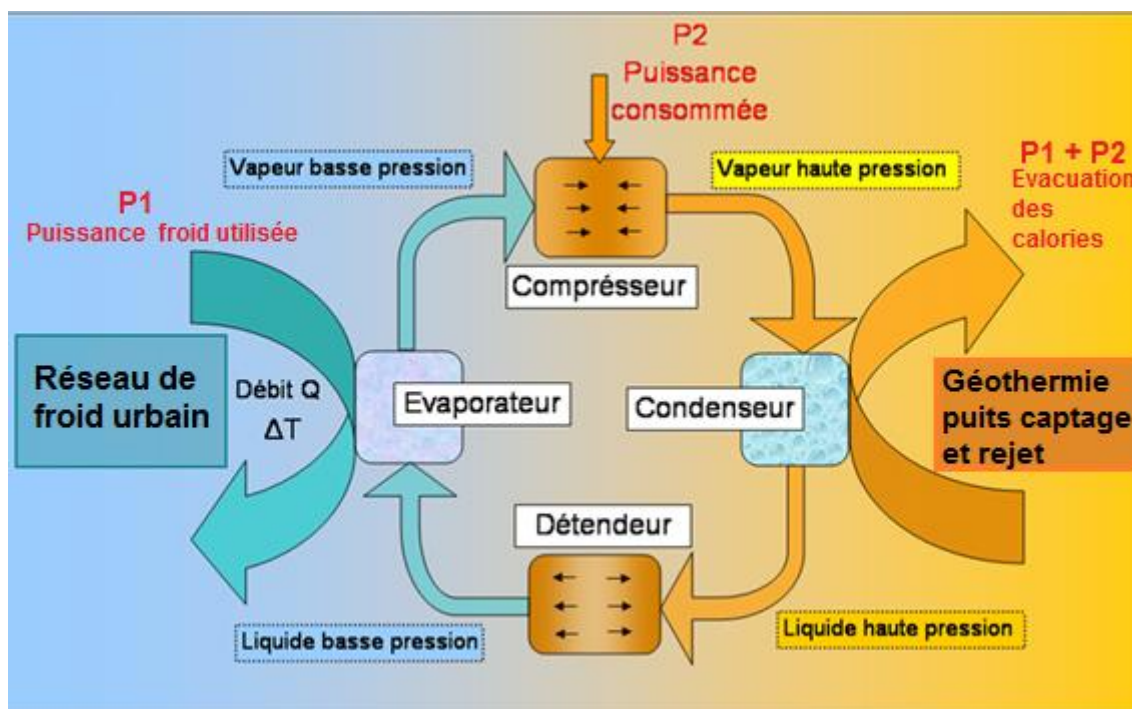


Figure 21 : Schéma de principe de fonctionnement d'un groupe froid

Concernant la future installation, les eaux de la nappe d'accompagnement du Rhône (aquifère supérieur) captées vont servir au refroidissement des groupes froids. Elles traverseront les circuits primaires des échangeurs à plaques en centrale avant d'être renvoyées vers le milieu naturel via la chambre de raccordement au Rhône.

Le circuit secondaire des échangeurs sera raccordé aux condenseurs de groupes froids au travers d'un deuxième circuit fermé et indépendant rempli également d'eau.

Les deux circuits primaires et secondaires des échangeurs à plaques étant complètement indépendants et étanches, il est assuré que l'eau des forages ne subira aucune modification chimique avant son renvoi vers le Rhône.

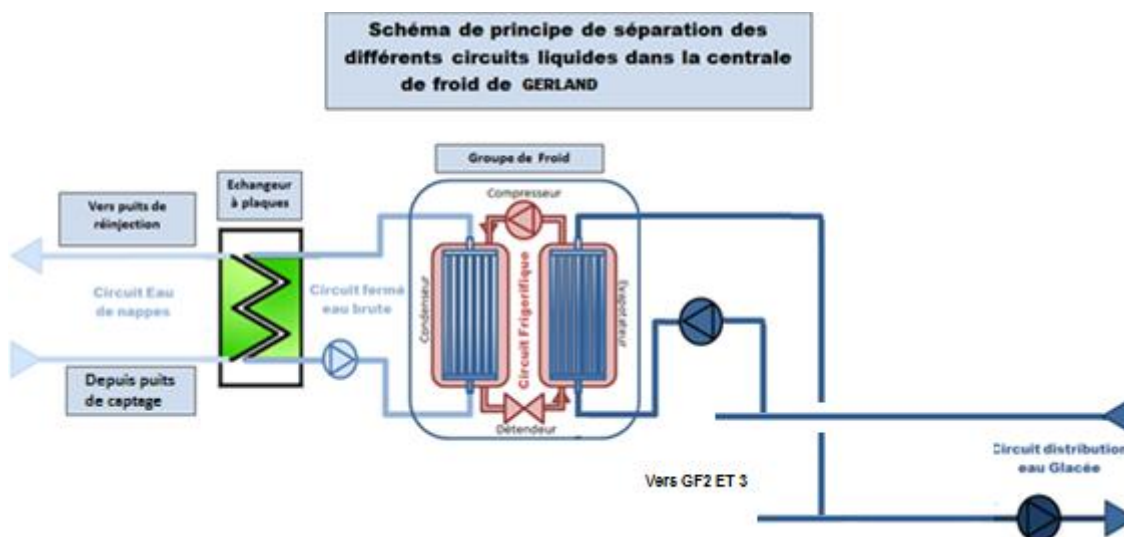


Figure 22 : Schéma de principe de séparation des différents circuits liquides dans la centrale de froid de Gerland

Le schéma de principe de l'installation projetée est présenté dans les figures suivantes. Elle sera évolutive, elle sera équipée pour son démarrage en 2022 de 3 groupes de froid pour une puissance de 12 MWf (Cf Figure 23) pour répondre à un besoin de froid sur la période 2022-2025. Elle verra dans les années suivantes sa capacité de production portée à 20 MWf (Cf. Figure 24) afin de suivre l'évolution du besoin de froid induite par le raccordement de nouveaux clients au réseau de froid de Gerland (cf Tableau 7), et également de disposer en permanence d'une redondance du moyen de production garantissant aux abonnés du réseau la sécurité d'approvisionnement.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation Chauffage urbain
 d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-
 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

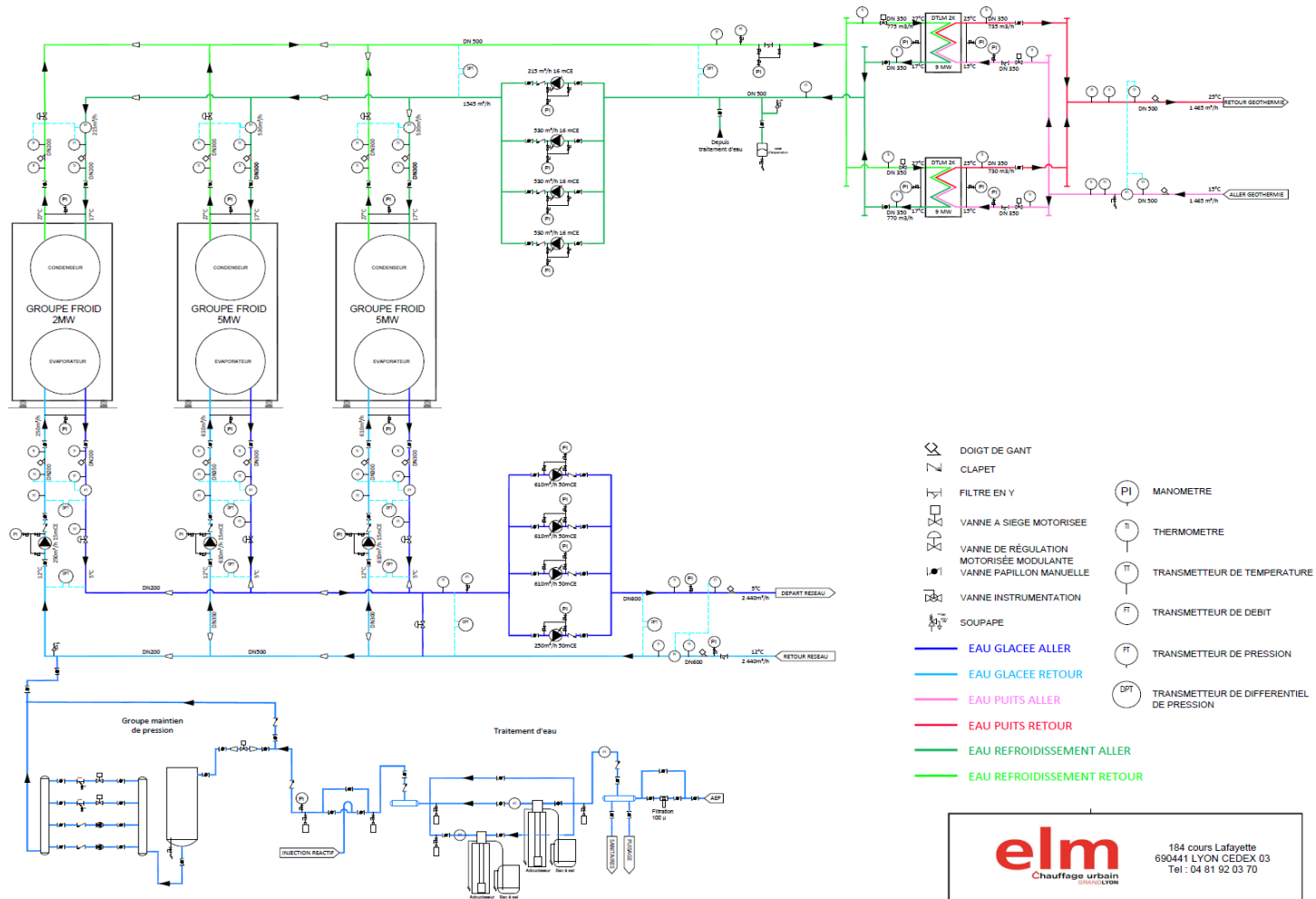


Figure 23 : Schéma de principe de la centrale de froid du projet à son démarrage en 2022, 12 MWf

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation Chauffage urbain
 d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-
 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

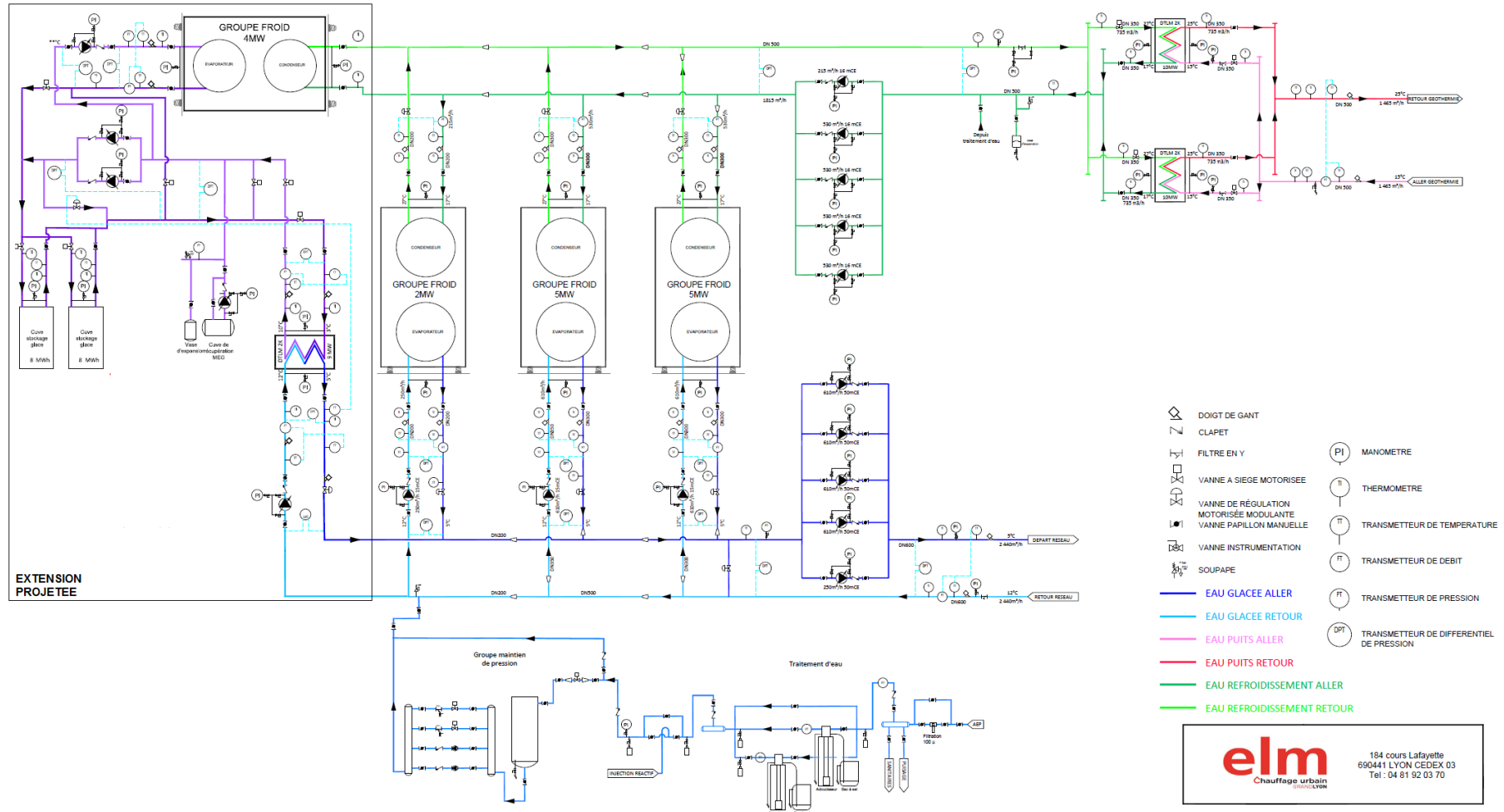


Figure 24 : Schéma de principe de la centrale de froid du projet à partir de 2025, 20 MWf

8 VOLUME D'EXPLOITATION

Pour rappel une modélisation hydrodynamique et thermique a été réalisée au droit du projet en prenant en compte le scénario forages de captage et forages de rejet et est présentée en Annexe 4. Ce scénario a été abandonné.

A ce jour, la solution de rejet au Rhône permet de nous affranchir de la création d'un panache thermique au droit de la nappe. L'incidence thermique du rejet au Rhône a fait l'objet d'une deuxième modélisation présentée en Annexe 5.

Le volume d'exploitation défini au droit de la zone prendra en compte le résultat de la modélisation hydrodynamique, de la piézométrie de la nappe et la méthodologie du CEREMA.

Notre argumentaire sera divisé en trois étape :

1. En prenant en compte l'incidences hydrodynamique des 6 captages ;
2. En prenant en compte la méthodologie analytique du CEREMA ;
3. En ajustant les deux méthodes au contexte hydrogéologique, géologique du projet (piézométrie) et en suivant la méthode de détermination du volume d'exploitation par l'approche « modélisation numérique » du CEREMA.

La première étape concerne l'incidence hydrodynamique du projet. Toute la zone impactée hydrodynamiquement par les captages sera donc concernée. Ces résultats sont valables pour la durée du titre sollicité (30 ans) puisque le régime permanent est obtenu dès les premières années de fonctionnement et que la modélisation a été effectuée sur 30 ans. La piézométrie à l'état initial dans le modèle a été calée sur la piézométrie réelle disponible à partir des cartes piézométriques existantes.

Cette zone est représentée sur la Figure 25. Cette approche donne une zone d'environ 400 m en amont hydraulique des captages, la limite hydraulique étant le Rhône, 300 m en aval avec la présence du drain CNR et 300 m et 400 m de part et d'autre en latéral, respectivement au Nord et au Sud.

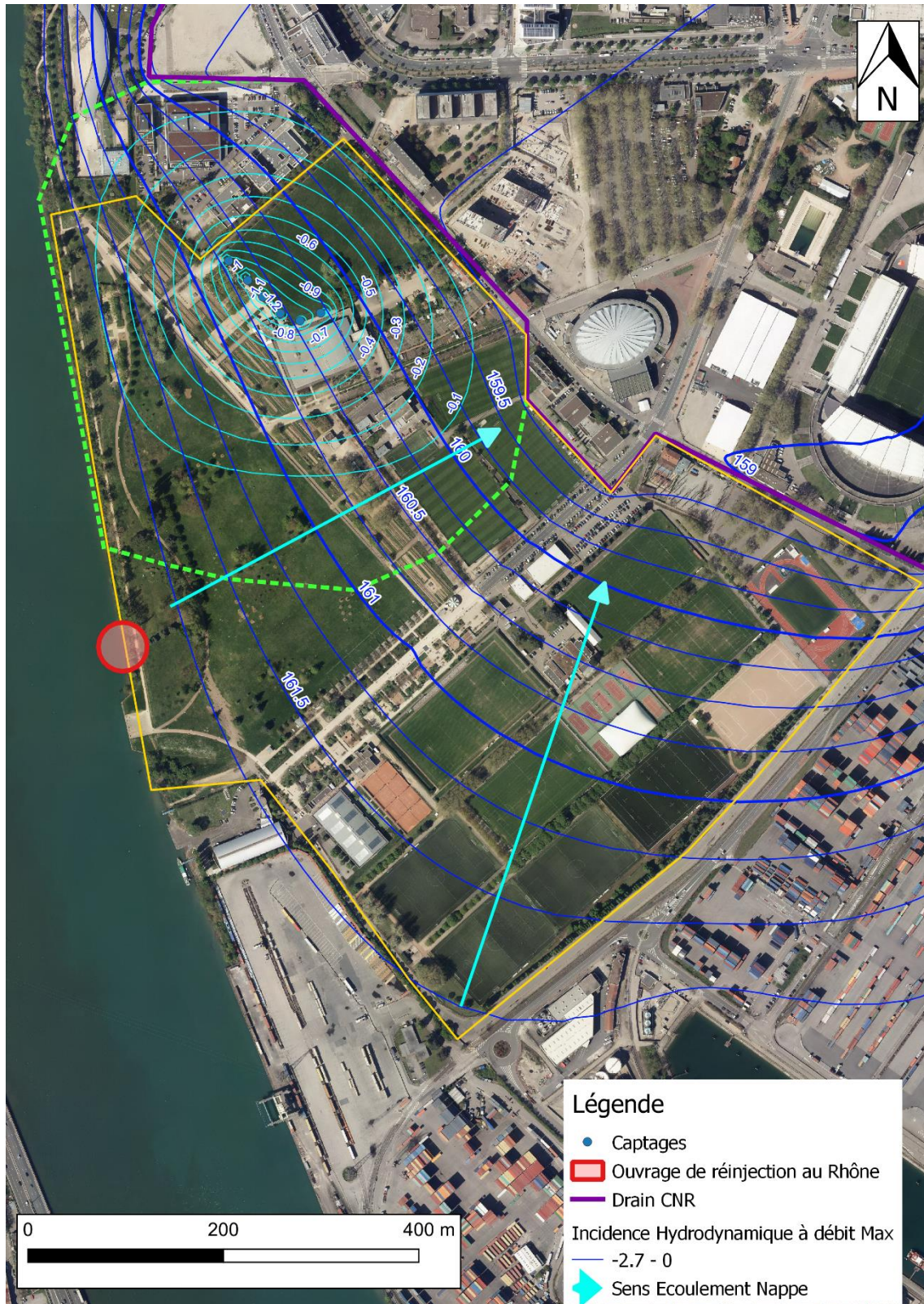


Figure 25 : Volume d'exploitation selon les résultats obtenus de la modélisation

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

La deuxième étape consiste à suivre la méthode analytique proposée par le CEREMA dans sa note technique de février 2020 (**Annexe 13**).

Les calculs ont été réalisés à débit moyen pour la période finale (2030 et au-delà) pendant une durée prévisionnelle de 30 ans. L'impact maximal considéré sur le projet a été fixé à 1°C et les calculs ont été réalisés pour une installation voisine inférieure à 500 kW (qui pourrait bénéficier d'un régime de télédéclaration non soumis à autorisation).

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

Tableau 12 : Hypothèses retenues pour l'évaluation du volume d'exploitation avec la méthode analytique du CEREMA

Paramètres d'entrée	
K [m/s]	4.00E-03
i [-]	8.68E-04
n [-]	0.3
Qp [m3/h]	378
Qp [m3/s]	1.05E-01
b [m]	15
Cs [MJ/m3/°K]	1.45
Cs [J/m3/°C]	1.45E+06
Cw [J/m3/°C]	4.20E+06
λ_m [W/m/°C]	2.75
t [ans]	30
ΔT max[°C]	1

Où :

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

Les résultats sont présentés sur la figure suivante.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

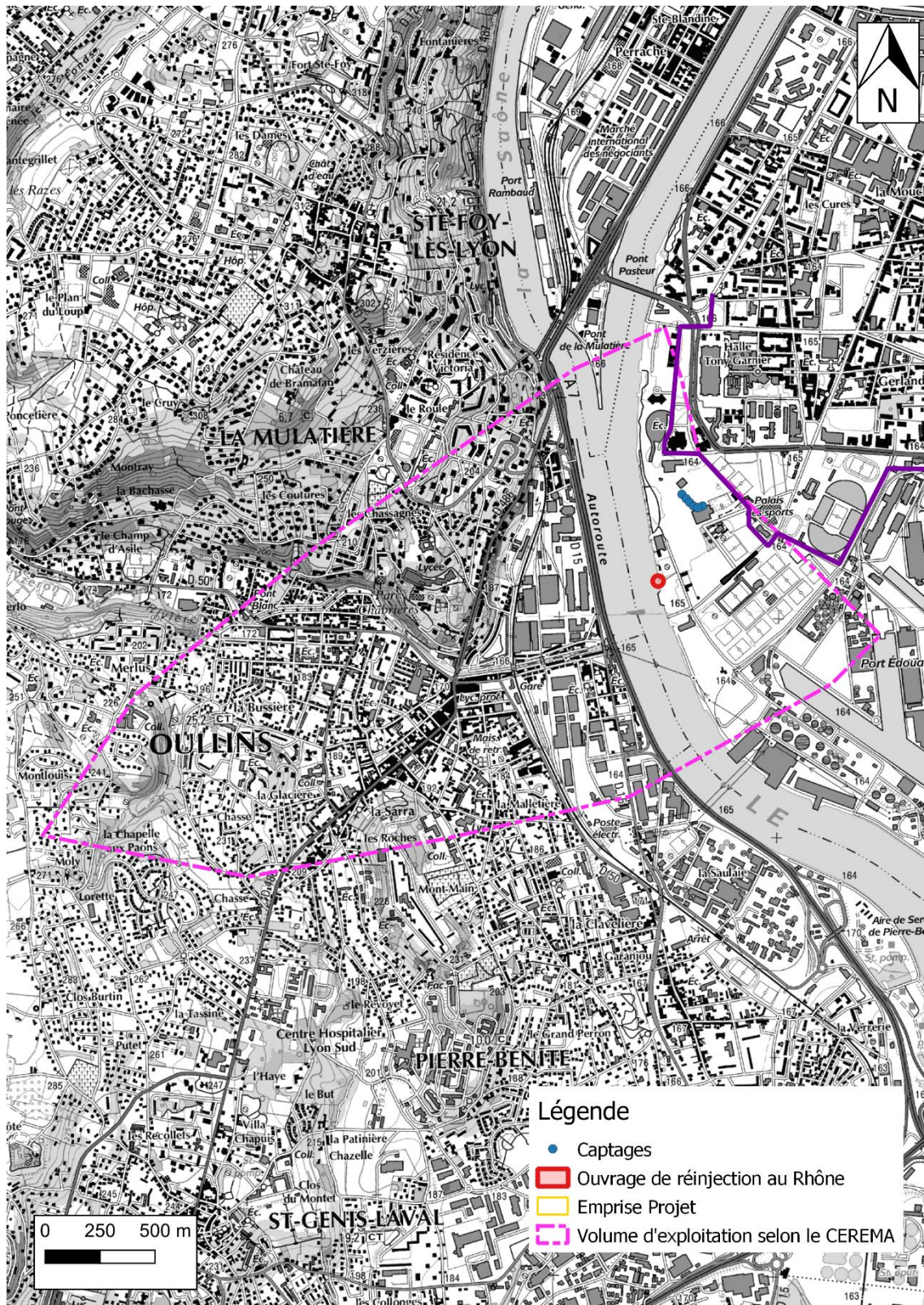


Figure 26 : Volume d'exploitation de la méthode analytique du CEREMA

Il ressort de cette comparaison que la méthode analytique du CEREMA donne un volume d'exploitation beaucoup plus étendu malgré une puissance voisine considérée moindre. Le « volume » calculé était de 4,5 km². Cette différence s'explique en partie par le fait que cette méthode ne prend pas en compte le contexte hydrogéologique même du secteur. En suivant cette méthode analytique aucune barrière hydraulique n'a pu être considérée (fleuve, drain CNR, limite géologique ...).

Le guide CEREMA propose une autre approche, celle par la modélisation numérique, permettant de tenir compte précisément des milieux hétérogènes avec des limites d'alimentation complexes, ce qui est le cas du projet.

C'est pourquoi, nous proposons une troisième étape pour déterminer le volume d'exploitation de l'installation. Cette dernière prend en compte les deux volumes d'exploitation définis précédemment (méthode analytique et résultat de la modélisation). Cette approche « modélisation numérique » du CEREMA permet de considérer les différentes caractéristiques de la zone d'étude.

L'exploitation est alimentée en direct par le Rhône via sa nappe d'accompagnement (sens d'écoulement Ouest – Est). Le risque le plus important ne peut venir que par une exploitation venant s'installer entre le Rhône et les 6 captages de la centrale de Froid.

Les limites définies seront les suivantes :

- En limite Ouest : le Rhône, constituant une réelle barrière face à une exploitation située en rive droite ;
- En Limite Est : le drain CNR ;
- En Limite Nord : la présence du Drain qui remonte légèrement vers l'Ouest vient protéger les captages, de plus la piézométrie de la nappe est dirigée au Nord du Projet d'Ouest en Est, sur une portion de 135 m entre le Rhône et le Drain. C'est pourquoi, il n'est pas envisageable de considérer la limite déduite par l'approche analytique du CEREMA, mais plutôt de déduire une limite intermédiaire en prenant en compte l'incidence hydrodynamique et la présence du Drain CNR.
- En Limite Sud : un mixte de la méthode analytique du CEREMA, le sens d'écoulement et du Drain CNR. Pour s'affranchir de tout risque de captage d'une panache thermique, il a été considéré comme limite Sud la ligne du métro B. L'ouvrage de génie civil constitué de parois moulées recoupe l'intégralité des alluvions modernes du Rhône (ancrage dans la molasse sous-jacente) pour notamment faire descendre le tunnelier afin de traverser le Rhône jusqu'à Oullins. C'est pourquoi cet ouvrage représente une bonne protection vis-à-vis d'une panache thermique d'une future installation située au Sud de cette ligne.

La **Figure 27** présente le volume d'exploitation du projet déduit à la fois par l'approche « analytique » et par l'approche « modélisation numérique » du CEREMA. De ce fait, la zone a pu être adaptée au contexte du secteur (Rhône et drain CNR).

C'est ce volume d'exploitation que nous proposons de retenir. Cette méthode est suffisamment sécuritaire puisqu'elle prend en compte l'ensemble des contraintes hydrogéologique du secteur et une incidence thermique maximale de +/-1°C.

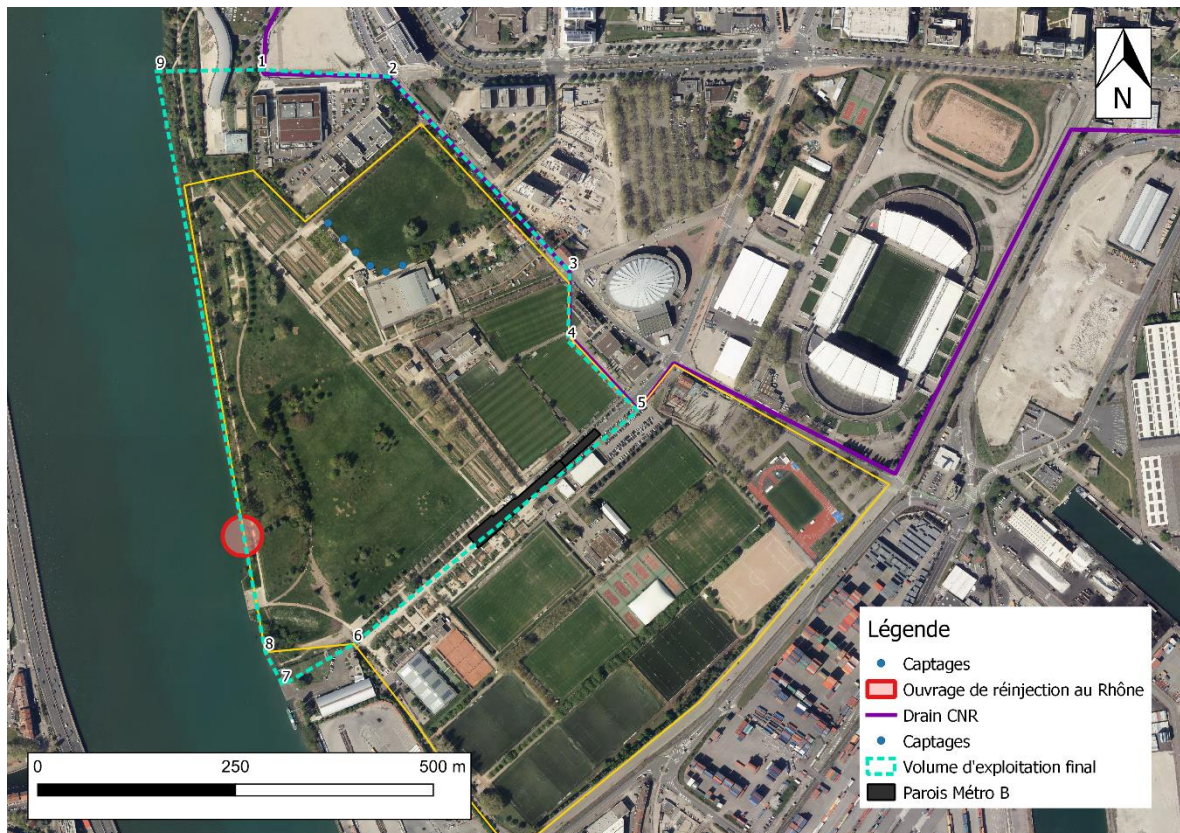


Figure 27 : Volume d'exploitation défini en fonction de la modélisation et de l'analyse du CEREMA

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

- Un périmètre sous la forme d'un ovoïde présenté sur la **Figure 27** dont les coordonnées Lambert 93 sont fournies dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Coordonnées Lambert 93 du périmètre du volume d'exploitation

Nb	X(L93)	Y(L93)
1	841706	6515748
2	841872	6515740
3	842100	6515493
4	842097	6515406
5	842186	6515318
6	841827	6515023
7	841737	6514972
8	841715	6515013
9	841578	6515746

- Une altimétrie comprise entre 140 et 166 m NGF (cote minimale du substratum des alluvions dans le secteur et TN).

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

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

9 CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

9.1 Local technique

La centrale de froid, ainsi que les équipements hydrauliques, le filtre à sable et les échangeurs seront situés dans un local technique réservé exclusivement aux installations thermiques. Le local technique groupe de froid est exclusivement réservé à cet usage et seul le personnel technique habilité (personnel formé aux installations et pompiers) sera autorisé à y pénétrer (local fermé à clef).

Par ailleurs, aucune présence humaine permanente n'est prévue dans ce local.

L'implantation du local technique est présentée en Figure 28.



Figure 28 : Localisation du local de la Centrale de Froid par rapport au dispositif de captages / Rejet

L'installation sera munie d'équipement de lutte contre l'incendie, plus précisément elle sera équipée

- d'une installation de détection incendie composée de détecteurs adaptés à la zone de contrôle, de sirènes et panneaux lumineux. Elle sera reliée au centre de pilotage ELM.;
- d'extincteurs en nombre et qualité (type de feu) suffisants.
- Les murs seront coupe-feu et respecteront la réglementation en vigueur.

9.2 Machine de production et fluide frigorigène

L'installation fonctionnera uniquement en groupe froid avec des besoins moins importants en hiver. La puissance frigorifique de cette installation sera de 15 MW. La puissance absorbée par les machines de froid est estimée à 2 200 kW.

La centrale sera composée de groupes de froid de puissances différentes afin de pouvoir répondre aux besoins de froid quelle que soit la saison. En effet, le besoin hivernal pourra ne représenter que 5% du besoin estival.

Dans ces conditions, le fluide frigorigène utilisé pourra être différent suivant la puissance de la machine.

A ce stade du projet les fluides frigorigènes suivants ont été envisagés pour les groupes froid :

- ▷ Fluide type HFC R513A avec un PRP < 650, ininflammable (Catégorie A1) faible toxicité ;
- ▷ Fluide type HFO R514A avec un PRP <10, ininflammable (Catégorie B1) faible toxicité.
- ▷ Fluide type HFO R1233Zd avec un PRP <1, ininflammable (Catégorie A1) faible toxicité.

A ce jour, tous ces fluides sont autorisés et aucune date d'interdiction programmée de leur utilisation n'existe

Aucun mélange entre le fluide frigorigène des machines et l'eau de la nappe ne pourra avoir lieu. En effet, l'échange des thermies entre le fluide frigorigène et la nappe (exploitée par 6 forages de captage et 1 ouvrage de rejet au débit maximal de 1 465 m³/h) se fera via un circuit intermédiaire constitué d'eau et d'un système d'échangeurs à circuits primaire/secondaire séparés et indépendants. Les caractéristiques de ces ouvrages sont décrites dans le présent dossier d'autorisation (cf. paragraphe 3.2).

Un schéma de principe de l'installation est fourni en Figure 22 et Figure 23.

Concernant le bruit de l'installation, elle respectera la réglementation en termes d'exigence sonore en ZER. Si nécessaire, il sera installé des pièges à sons dans les gaines de ventilation.

Les principales caractéristiques de la centrale de froid sont jointes dans le tableau présenté ci-dessous :

Tableau 14 : Principales caractéristiques de l'installation de Climatisation

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION DE CLIMATISATION DU PROJET DE CREATION D'UN RESEAU DE FROID URBAIN A LYON 7 (69)	
Puissance finale de l'installation en production	15 MW
Puissance électrique absorbée	2 200 KW
COP des machines retenues	> 7
Fluide frigorigène	HFC (R513A) Ou HFO (R1233Zd) ou (R514A)
Charge en fluide	Estimée à 2500 kg
Niveau de bruit	Respect de la réglementation en zone ZER

9.3 Détection de fluide frigorigène

La centrale sera dotée d'un système de détection de fluide frigorigène. En cas de détection, des signaux sonores et lumineux avertiront du risque, la ventilation de sécurité sera mise en marche et l'installation sera partiellement ou totalement arrêtée.

Un système d'extraction motorisé sera installé au plus près des groupes et en partie basse. Une arrivée d'air neuf sera également mise en œuvre en partie haute du local pour assurer une bonne ventilation. Trois systèmes de ventilations sont prévus : ventilation de confort de la centrale, désenfumage et ventilation de sécurité permettant l'extraction du fluide frigorigène. Le système de gestion de l'air développé permettra la conservation du cheminement piéton au droit des ouvertures de la centrale. Un report d'alarme au centre de télésurveillance d'ELM sera installé.

9.4 Ventilation du local technique

L'installation est conçue de manière à :

- en fonctionnement normal, ventiler la centrale de froid ;
- en fonctionnement désenfumage, respecter le débit d'extraction réglementaire.

Le ventilateur a la double fonction « ventilation de confort » et « désenfumage ». Le rejet d'air se fera à l'extérieur du bâtiment.

Le désenfumage mécanique est réalisé conformément à la réglementation en vigueur et en particulier à la réglementation relative au désenfumage des locaux qui relèvent du Code du Travail, et notamment l'arrêté du 5 août 1992 compris modifications du 22 septembre 1998. Le débit de désenfumage mécanique est calculé sur la base d'un mètre cube par seconde par 100 mètres carrés (code du travail).

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

Le ventilateur axial est commandé manuellement de manière prioritaire par les services de sécurité pour le désenfumage. Il n'y a pas d'asservissement automatique à la détection d'incendie.

10 DOCUMENTS DE SANTE ET SECURITE

10.1 Caractéristiques de l'installation

10.1.1 Local technique

Se référer au paragraphe 9.1, page 60

10.1.2 Machine de production et fluide frigorigène

Se référer au paragraphe 9.2, page 61

10.2 Détermination et évaluation des risques pour le personnel et mesures prises

10.2.1 Risques et mesures prises en phase travaux

L'entreprise devra produire un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS) où seront identifiés les différents risques inhérents aux autres entreprises et au chantier.

L'entreprise de forages/travaux publics devra respecter les règles de sécurité et a mis à la disposition du personnel tous les équipements de protection individuels (casque de sécurité, chaussures et bottes de sécurité, gants, lunettes de protection, protections auditives, gilet haute visibilité, tenue de pluie haute visibilité, etc.) et collectifs (mallette de secours de première urgence, extincteur à poudre, signalisation routière, barrières de protection, etc.).

Le personnel devra être formé et devra posséder les habilitations (CACES) et qualifications requises.

10.2.2 Risques et mesures prises en phase exploitation

La centrale de froid, ainsi que les équipements hydrauliques, les pompes, les filtres et les échangeurs seront situés dans un local technique réservé exclusivement aux installations thermiques.

Les principaux risques identifiés sont :

- Nuisances sonores générées par le fonctionnement de la centrale de froid ;
- Fuites de fluide frigorigène dans le local technique ;
- Electrocutation avec les différents équipements sous-tension ;
- Incendie ou explosion ;
- Chutes d'objet, heurts.

Les mesures de préventions adaptées pour limiter ces risques sont :

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

- Port des EPI ;
- Détecteur de fluide frigorigène ;
- Mise en place d'un système de ventilation asservi au système de détection de fluide frigorigène afin de moduler la ventilation : cet élément est détaillé dans le paragraphe suivant ;
- Pressostat sur le circuit de fluide frigorigène et alerte en cas de fuite ;
- Détecteurs d'incendie dans le local technique ;
- Plan de secours et des consignes de sécurité affichés dans le local technique ;
- Equipements de lutte contre l'incendie : extincteurs à CO₂ pour feu électrique ;
- Equipements limitant la propagation d'incendie : système de parois coupe-feu ;
- Maintenance des installations par une entreprise habilitée et spécialisée.

10.2.3 Ventilation du local technique

Se référer au paragraphe 9.4, page 62.

10.3 Comptabilité des risques industriels avec la sécurité publique et l'environnement

10.3.1 Dispositions relatives à l'environnement en phase travaux

La société de forage et de travaux publics devra mettre en œuvre des protections spécifiques pour la protection de l'environnement : groupes électrogènes équipés de bacs de rétention, cuves à fuel à double paroi et conformes à la réglementation ADR, kits anti-pollution composés de feuilles hydrophobes pour absorber les éventuelles fuites d'huiles et d'hydrocarbures. De plus, le personnel intervenant sur site sera sensibilisé à la protection de l'environnement et notamment des sols et eaux souterraines.

L'activité de forage et de création de la chambre de raccordement généra principalement des déchets inertes (déblais) qui seront évacués hors du site.

Le rejet des eaux de pompage au réseau public sera contrôlé à l'aide d'un compteur volumétrique : suivi des volumes rejetés et de la qualité des eaux (sable, couleur). Un décanteur sera mis en place.

Les différents risques environnementaux propres au chantier seront identifiés et traités dans le PPSPS.

10.3.2 Dispositions relatives à l'environnement en phase exploitation

Lors de l'exploitation du dispositif géothermique, les principaux risques pour l'environnement sont :

- Déversement accidentel de produits nocifs dans les forages ;
- Fuite de fluide frigorigène dans la nappe ou l'atmosphère ;

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

- Nuisances sonores.

Les mesures de prévention adaptées pour limiter ces risques sont :

- Les forages seront situés dans un regard verrouillé ou dans un local (cas des rejets). Dans les deux cas, ils seront uniquement accessibles aux personnes habilitées. Les 6 forages auront une cimentation annulaire pour éviter des infiltrations par l'espace interannulaire. Pour les forages de captage, la hauteur de cimentation est de 4 mètres. La mise en place de la cimentation permet surtout de créer une étanchéité vis-à-vis des pollutions ou d'infiltration venant de l'extérieur pouvant s'écouler entre le tube inox et le terrain naturel. Les forages de captage présenteront une tête surélevée avec une margelle pour éloigner les eaux superficielles et empêcher leur infiltration. Le tampon de fermeture du regard sera étanche ;
- Dans le cas de la réinjection au Rhône, l'accès sera accessible uniquement aux personnes habilitées.
- Le refroidissement de la centrale de froid sera constitué d'un circuit intermédiaire (entre le fluide frigorigène et la nappe) pour éviter toute contamination de l'eau souterraine par le fluide caloporteur. L'étanchéité du circuit contenant le fluide frigorigène sera contrôlée à l'aide d'un pressostat ;
- Les installations seront situées dans le sous-sol dans des locaux fermés et isolés. Un sas est prévu à l'entrée.

En outre, les moyens de surveillance de la nappe suivants sont prévus :

Compteur volumétrique :	Des compteurs volumétriques seront mis en place afin de connaître les volumes et débits totaux prélevés. Un débitmètre sera installé sur tous les ouvrages de captages pour connaître le débit instantané ce qui permettra d'une part d'optimiser la répartition des débits pompés et rejetés dans chaque ouvrage et de suivre l'évolution des caractéristiques de l'ouvrage (avec la mesure du niveau d'eau dans chaque ouvrage). Un compteur volumétrique sera mis en place au droit de la canalisation de réinjection au Rhône
Régulation du débit :	Le débit sera régulé par un variateur en fonction des besoins.
Suivi de la température :	L'installation sera munie de sondes de température en entrée et sortie.
Suivi de la conductivité :	L'installation sera munie de sondes de conductivité en entrée et sortie.
Suivi des niveaux d'eau :	Les forages seront munis d'une sonde de niveau d'eau et de température.
Maintenance :	La maintenance sera assurée par une entreprise spécialisée.

Le volume et le débit d'eau prélevée, la conductivité, la température de puisage, la température de rejet seront enregistrés en continu au niveau de l'automatisme de la centrale.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

L'ensemble des moyens de protection et de surveillance prévus par le demandeur devrait donc permettre de limiter les incidences sur l'environnement.

10.3.3 Inondabilité du local technique

Le projet est situé en zone inondable. Les cotes retenues pour une crue centennale et une crue exceptionnelle sur le casier (zone définie sur le PPRI ayant la même côte de crue) qui comprend le projet, sont respectivement « Ni » et 165,1 m NGF (cf Figure 33, p 78).

Le projet est donc en zone inondable pour une crue exceptionnelle.

Le Local technique est situé au niveau N-1 du bâtiment, soit à la cote approximative de 162 m NGF. Il est inondable uniquement en cas de crue exceptionnelle (supérieure à la crue centennale 161,9 m NGF). Du fait du caractère exceptionnel du risque d'inondation, aucune protection spéciale n'est prévue pour protéger le local technique. Tous les équipements électriques (Poste HTA, Moteurs, Variateurs) seront cependant installés sur des massifs béton ou des socles, et donc à une cote supérieure de 162 m NGF.

11 MESURES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

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

- Tête de forage : les forages seront situés soit dans un regard verrouillé. Ils seront uniquement accessibles aux personnes habilitées. Les forages de captage et l'ouvrage de rejet présenteront une tête surélevée avec une margelle pour éloigner les eaux superficielles et empêcher leur infiltration. Si le regard est situé sous la cote de crue exceptionnelle (zone inondable), le tampon de fermeture et le regard seront étanches ;
- Cimentation : les types de forage auront une cimentation annulaire pour éviter des infiltrations par l'espace interannulaire. Pour les forages de captage, la hauteur de cimentation est de 4 m et pour les rejets, de 2 m. La mise en place de la cimentation permet surtout de créer une étanchéité vis-à-vis des pollutions ou d'infiltration venant de l'extérieur pouvant s'écouler entre le tube inox et le terrain naturel.
- Circuit intermédiaire et échangeurs : Le circuit de refroidissement de la centrale de froid sera constitué d'un circuit intermédiaire (entre le fluide frigorigène et la nappe) pour éviter toute contamination de l'eau souterraine par le fluide caloporteur. L'étanchéité du circuit contenant le fluide frigorigène sera contrôlée à l'aide d'un pressostat.
- Chambre de raccordement au Rhône : accès uniquement pour les personnes qualifiées, la canalisation de sortie sera équipée par un clapet anti-retour pour que rien ne puisse retourner dans les circuits.

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

12 ETUDE D'IMPACT

L'étude d'impact a été réalisée et contrôlée par Fabien MONTVIGNIER, ingénieur hydrogéologue, modélisateur, 13 ans d'expérience et Cécile ANDRIN, ingénieure hydrogéologue et 2 ans d'expérience.

Les hypothèses de la modélisation hydrodynamique et thermique pour appréhender les impacts sur les eaux souterraines et les installations voisines sont présentées en Annexe 4. Ce scénario n'a plus lieu d'être. La réinjection se fera par une chambre de raccordement au Rhône.

Les hypothèses de la modélisation thermique pour appréhender l'impact du rejet des eaux au Rhône sont présentées en partie 12.4.2, p92.

Les difficultés rencontrées sont principalement liées à la définition de la méthode de rejet (Rhône/eaux souterraines), au recensement des installations existantes et la collecte des informations sur leur fonctionnement et à l'évolution de l'installation géothermique qui devient de plus en plus puissante avec le raccordement de nouvelles structures et l'obtention des données CNR dont le temps de réponses fut très long et un coût exorbitant pour les obtenir.

12.1 Analyse de l'état initial du site

12.1.1 Données climatologiques

12.1.1.1 Données générales

Du fait de sa position continentale et de son ouverture sur la Méditerranée par la vallée du Rhône, la région lyonnaise possède à la fois des influences climatiques continentales, méditerranéennes et océaniques ce qui lui confère un climat relativement contrasté.

Les hivers sont relativement secs et assez froids et les étés sont généralement chauds, orageux (avec des pluies parfois assez importantes) et plutôt bien ensoleillés.

12.1.1.2 Températures

Les relevés de températures effectués entre 1921 et 2008 sur la station météorologique de Lyon-Bron, synthétisés dans le tableau ci-dessous, indiquent que la température moyenne annuelle de la région lyonnaise est de l'ordre de 11,7°C avec un minimum de 2,8°C en janvier et un maximum de 21°C en juillet. La température minimale mesurée a été de -24,6°C en décembre 1938 et la plus élevée de 40,5°C en août 2003.

Globalement, les mois les plus chauds sont ceux de juin à septembre où les températures mensuelles moyennes sont supérieures à 17°C. Les mois hivernaux (décembre à février) sont les plus froids avec des températures mensuelles moyennes inférieures à 5°C.

Tableau 15 : Données météorologiques de Lyon Bron

Mois	jan.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température minimale moyenne (°C) (1940 à 2008)	-0,4	0,8	3,3	5,9	9,8	13,3	15,4	14,9	12,1	8,3	3,6	0,8	7,3
Température moyenne (°C) (1921 à 2008)	2,8	4,3	7,8	10,8	14,9	18,5	21,0	20,4	17,2	12,4	6,9	3,4	11,7
Température maximale moyenne (°C) (1940 à 2008)	5,6	8,0	12,5	15,9	20,2	24,0	26,8	26,1	22,3	16,8	10,1	6,1	16,2
Record de froid (°C) (1921 à 2008)	-23,0	-22,5	-10,5	-4,4	-3,8	2,3	6,1	4,6	0,2	-4,5	-9,4	-24,6	-24,6
Record de chaleur (°C) (1921 à 2008)	17,9	21,9	25,7	30,1	34,2	38,4	39,8	40,5	35,8	28,4	23,0	20,2	40,5
Précipitation moyenne (mm) (1940 à 2008)	54,2	49,0	55,8	64,2	80,3	80,4	58,6	84,4	86,6	84,3	81,4	61,1	840,2
Ensoleillement moyen (heures) (1969 à 2008)	69	94	155	185	212	245	284	256	200	129	78	57	1964

Source : Météo France – Station météorologique de Bron

12.1.1.3 Précipitations

D'après les relevés de la station de Lyon-Bron réalisés entre 1940 et 2008 (cf. tableau précédent), les précipitations moyennes annuelles sont de 840 mm. Elles sont globalement plus importantes entre les mois de mai et novembre où elles sont supérieures à 80 mm, excepté pour le mois de juillet où les précipitations moyennes sont de 58,6 mm. Le mois le plus sec est le mois de février avec une pluviométrie moyenne inférieure à 50 mm. Le tiers des précipitations hivernales tombent sous forme de neige ce qui correspond environ à 20 jours de précipitations par an.

12.1.1.4 Vents

Les vents dominants dans la région lyonnaise proviennent de deux directions : le Nord (direction 340° à 20°) et le Sud (direction 160° à 200°). Le vent du nord (la « bise »), happé par les dépressions méditerranéennes, est sec, froid et permet de chasser le brouillard qui sévit une quarantaine de jours par an sur la région lyonnaise. Le vent du Sud, attiré par les dépressions sur le nord de la France, est quant à lui chaud, violent et amène inmanquablement la pluie.

Ces vents, autant ceux du Nord que du Sud, soufflent la plupart du temps à de vitesses comprises entre 2 et 5 m/s.

12.1.1.5 Insolation

D'après les données météorologiques de la station de Lyon-Bron (1969-2008), l'ensoleillement annuel moyen de la région lyonnaise est 1 964 heures, soit environ 164 jours par an. Les mois les plus ensoleillés sont ceux de mai à septembre avec un ensoleillement mensuel moyen supérieur à 200 heures. A l'inverse, les mois de novembre à février sont les moins ensoleillés avec moins de 100 heures de soleil en moyenne.

12.1.2 Données externes

12.1.2.1 Qualité de l'air

Dans la métropole lyonnaise, territoire particulièrement sensible à la pollution atmosphérique, des vents dominants orientés Nord-Sud et Sud-Nord ont tendance à favoriser la dispersion des polluants, mais peuvent aussi importer des masses d'air polluées : import d'ozone l'été de la région PACA, import de poussières secondaires en fin d'hiver et au printemps du Nord et de l'Est de l'Europe. En hiver, les inversions de températures favorisent la stagnation des polluants

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

à basse altitude : l'accumulation engendrée peut alors être rapidement la source d'épisodes pollués.

D'après le PPA de l'agglomération lyonnaise, les deux principaux polluants sont les particules fines et le dioxyde d'azote. Ces deux polluants en particulier font l'objet d'un plan d'actions (dans les domaines de l'industrie, des travaux publics, du chauffage biomasse et individuel bois et dans les transports) pour diminuer fortement leurs teneurs et le nombre d'habitants exposés.

12.1.2.2 Nuisance sonore

Comme l'ensemble des grandes agglomérations européennes, une importante proportion d'habitants de la métropole lyonnaise est exposée à des nuisances sonores d'origine principalement routière. Elles sont fortement atténuées la nuit.

La carte suivante met en avant le niveau de bruit sur le 7^{ème} arrondissement de Lyon. Au droit du futur projet il serait estimé entre 50 -60dB.

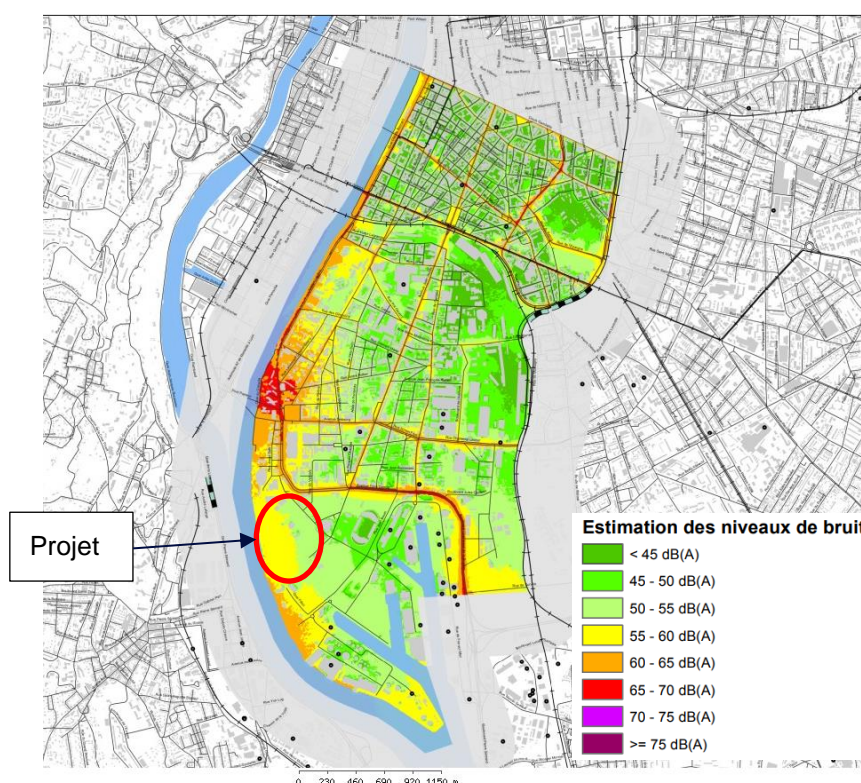


Figure 29 : Niveau de bruit à Lyon 7

12.1.2.3 Réseaux enterrés

Les réseaux sont en l'état non connu à ce jour. Avant les travaux une Déclaration de projet de Travaux (DT) et une Demande Intention de Commencement de Travaux (DICT) seront déposées.

Il existe toutefois la ligne du métro B qui passe au Sud du Projet. Les plans et tracés ont été obtenus lors de la recherche des données d'entrée.

12.1.3 Hydrologie

Le réseau hydrographique à proximité du site est constitué par le Rhône qui s'écoule du nord vers le sud à une distance d'environ 100 m.

Au droit du site, le Rhône est situé à une cote de l'ordre de 162 m NGF du fait de la retenue de Pierre Bénite en aval. Afin de ne pas rehausser le niveau de la nappe à la suite de cet aménagement, un drain a été créé le long du Rhône jusqu'en aval de la retenue comme expliqué dans la partie hydrogéologie. Les données hydrologiques du Rhône ont été extraites de la station située à Ternay, à 14 km au Sud du projet, depuis la Banque Hydro. D'après cette dernière, le module du Rhône est de 1030 m³/s, soit 3 708 000 m³/h et le QMNA₅ du Rhône est de 370 m³/s (soit 1 332 000 m³/h).

12.1.4 Contexte géologique

Se référer au paragraphe 5.3, page 28.

12.1.5 Contexte hydrogéologique

Se référer au paragraphe 5.5, page 31.

12.1.6 Occupation du sol

Une carte d'occupation de l'espace issue du référentiel Corine Land Cover ©, jointe en Figure 30, permet de visualiser les principales zones d'occupation du sol au niveau du projet.

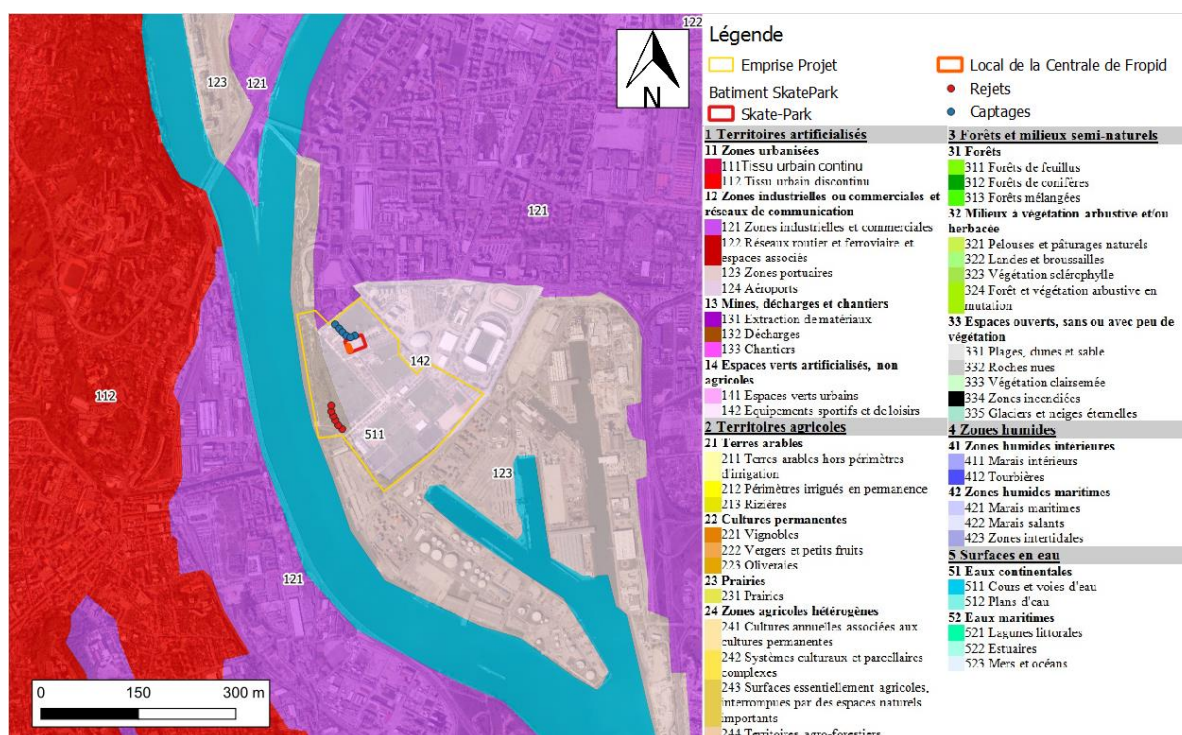


Figure 30 : Carte de l'occupation des sols (CLC)

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

On distingue 4 types d'aménagement du territoire au droit et à proximité de la zone d'étude :

- 121. : Zones industrielles et commerciales : il est présent au Nord du projet, il recouvre une grande partie du 7^{ème} arrondissement et est présent à l'ouest du site sur la presqu'île (2^{ème} arrondissement) ;
- 123. : Zones portuaires : Cet espace est présent sur une bande au Sud-Ouest du site, il est localisé sur toute la bande qui longe le Rhône et est retrouvé sur tout le port de Gerland ;
- 142. : Equipements sportifs et de loisirs : cet espace couvre la quasi-totalité du projet ;
- 511. : Cours et voies d'eau : Cet espace correspond au Rhône.

12.1.7 Patrimoine naturel

L'inventaire des zones environnementales effectué auprès des services de la DREAL a révélé que le projet n'était pas situé dans une zone protégée, dont en particulier les sites Natura 2000.

24 zones Natura 2000 sont situées à moins de 50 km du projet. Il s'agit de celles présentées dans le tableau suivant :

Tableau 16 Site Natura 2000 recensé à 50 km du projet

N° carte	Numéro	nom	statut	Distance Km	Orientation /projet
22	FR8212016	La Dombes	ZPS	17	Nord
11	FR8212002	Ecozone du Forez	ZPS	47	Ouest
26	FR8212012	Ile de La Platière	ZPS	36	Sud
28	FR8212024	Plaine du Forez	ZPS	40	Ouest
17	FR8212011	Steppes de la Valbonne	ZPS	23	Nord - Est
67	FR8201785	Pelouses, Milieux Alluviaux et Aquatiques de l'île de Miribel-Jonage	SIC	7	Nord
4	FR8201635	La Dombes	ZSC	17	Nord
121	FR8201638	Milieux Alluviaux Et Aquatiques du Fleuve Rhône, de Jöns A Anthon	ZSC	21	Nord
87	FR8201639	Steppes de La Valbonne	ZSC	23	Nord
122	FR8201653	Basse Vallée de l'Ain, Confluence Ain-Rhône	ZSC	23	Nord
104	FR8201727	L'Isle Cremieu	ZSC	25	Est
125	FR8202008	Vallons et Combes du Pilat Rhodanien	ZSC	28	Sud
102	FR8202006	Prairies Humides Et Forêts Alluviales du Val De Saône Aval	ZSC	33	Nord
65	FR8202005	Site A Chiroptères des Monts du Matin	ZSC	34	Est
57	FR8201749	Milieux Alluviaux Et Aquatiques de L'île de La Platière	ZSC	36	Sud
59	FR8201760	Crêts du Pilat	ZSC	38	Sud
213	FR8201663	Affluents Rive Droite du Rhône	SIC	40	Sud
61	FR8201762	Vallée de L'Ondenon, Contreforts Nord du Pilat	ZSC	42	Sud
68	FR8201791	Gite A Chauves-Souris Des Mines de Vallossieres	ZSC	44	Nord - Ouest
110	FR8201641	Milieux Remarquables du Bas Bugey	ZSC	45	Est
64	FR8201765	Milieux Alluviaux Et Aquatiques De La	ZSC	46	Est

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

		Loire			
22	FR8201671	Suc De Clava	SIC	46	Sud
88	FR8201758	Lignon, Vizezy, Anzon Et Leurs Affluents	ZSC	49	Ouest
58	FR8201755	Etangs Du Forez	SIC	49	Ouest

Le plan de localisation des zones Natura 2000 est présenté en Figure 31.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

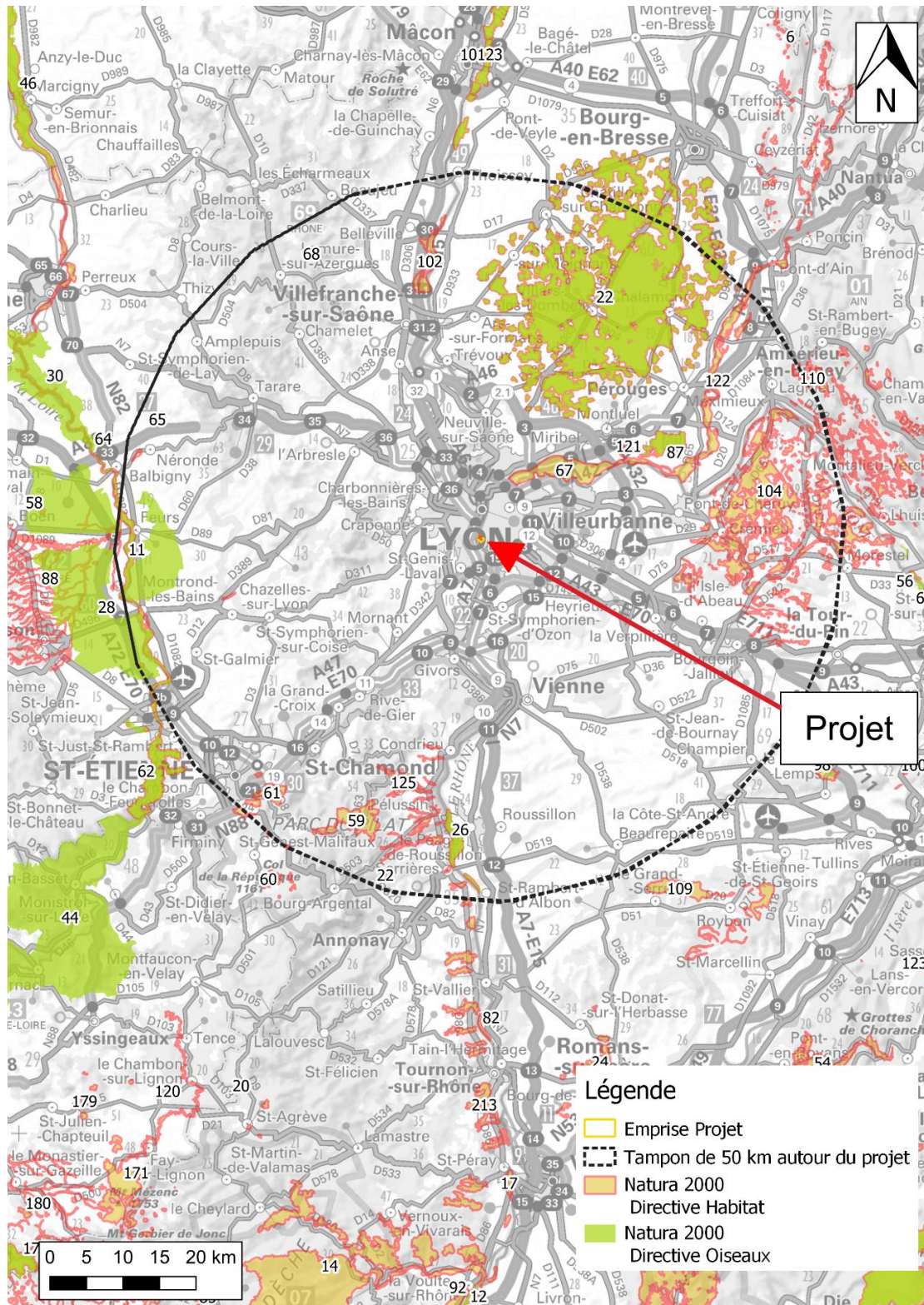


Figure 31 : Localisation des zones Natura 2000 à proximité du projet

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Le site naturel sous **Arrêté de Protection Biotope (APB)** le plus proche se situe à 8,5 km au Nord-Est du site. Il s'agit des Iles de Crépieux-Charmy (FR3800687).

Les Zones Naturelles d'Intérêt Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de type 1 les plus proches sont :

- Le bassin de l'île de Miribel Jonage (820031397) situé à environ 9 km au nord-est ;
- La plaine des grandes terres (820032294) située à environ 5,5 km au Sud-Est ;
- Le vieux-Rhône entre Pierre-Bénite et Grigny (820030245) situé à environ 3,5 km au Sud ;
- La moyenne vallée de l'Yzeron (820031399) située à environ 5 km au Nord-Ouest.

Les Zones Naturelles d'Intérêt Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de type 2 les plus proches sont :

- L'ensemble formé par le fleuve Rhône, ses îles et ses Brotteaux à l'amont de Lyon (820004939) situé à environ 1 km au Nord ;
- L'ensemble fonctionnel formé par le moyen Rhône et ses annexes fluviales (820000351) situé à environ 80 m à l'Ouest;

Le plan de localisation des ZNIEFF est présenté en Figure 32.

Aucune zone protégée de type Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO), RAMSAR, Parc Naturel Régional (PNR), Réserve Naturelle régionale ou nationale, n'a été recensée dans les environs du projet.

L'ensemble des zones naturelles (hors zones Natura 2000 présentées en Figure 31) sont retrouvées sur la figure suivante.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

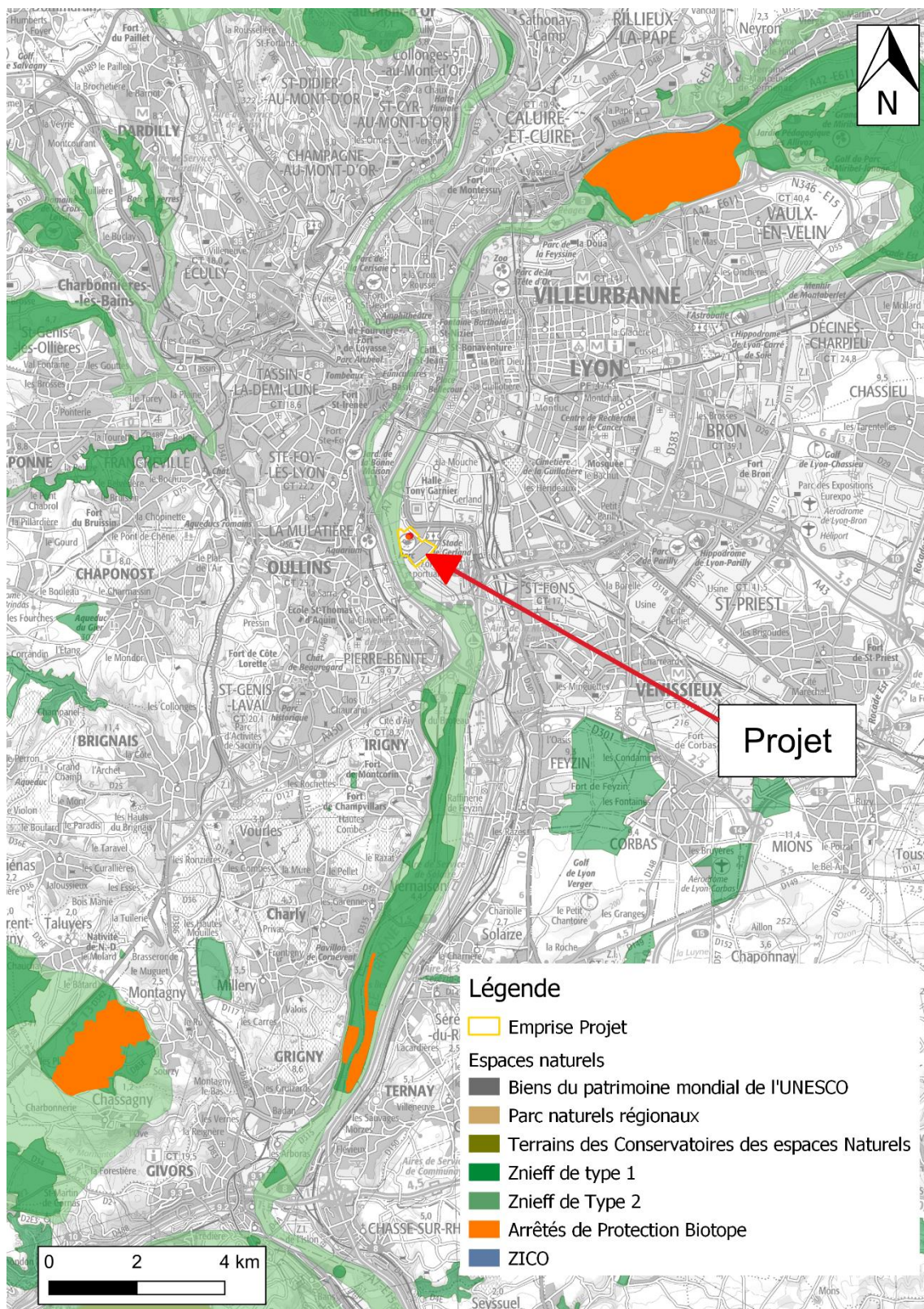


Figure 32 : Zones naturelles à proximité du projet du Skate-Park

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

12.1.8 Risques naturels

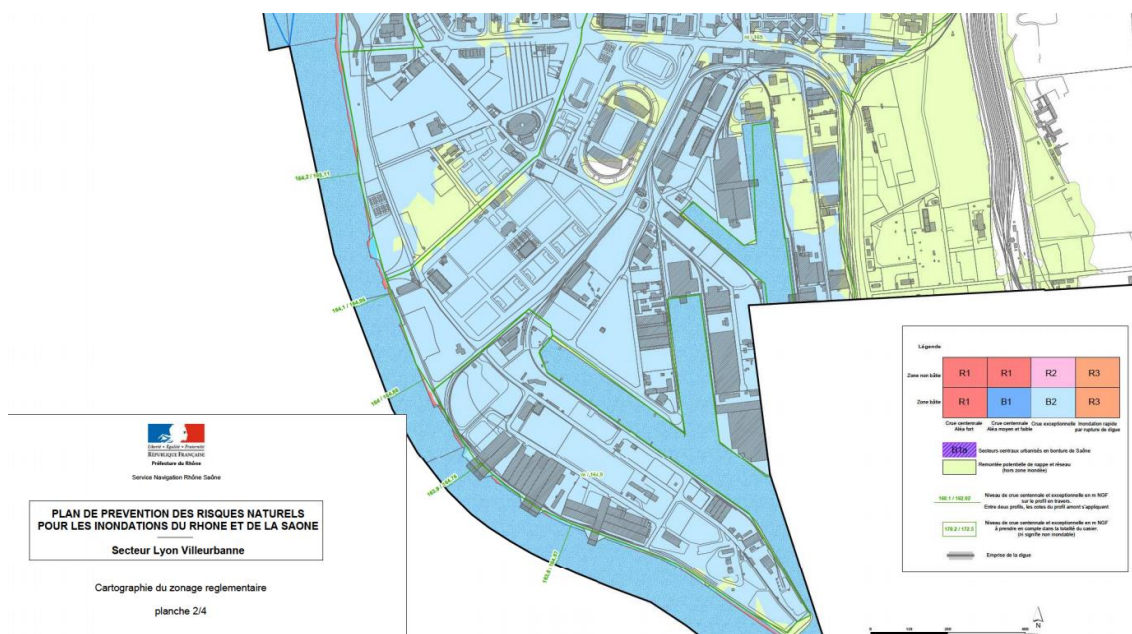
Le Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI) du Grand Lyon sur le secteur de Lyon et de Villeurbanne approuvé le 02/03/2009 met en évidence que le site actuel est localisé en partie en zone inondable en cas de crue exceptionnelle (165,1 m NGF). L'extrait du plan de prévention du risque inondation est présenté en Figure 33. D'après le plan de masse fourni, le terrain naturel serait situé à une cote approximative de 165 m NGF. Il y aurait au droit du projet 10 cm lors d'une crue exceptionnelle. Toutefois, les margelles bétonnées de chacun des ouvrages rehaussent la tête de 30 cm. Elles seront donc hors eau. Il faudra quand même prévoir une étanchéité des forages.

Le sous-sol est cependant inondable par submersion et par remontée de nappe.

Dans le cas, d'une crue exceptionnelle, le local sera inondé. La centrale sera mise à l'arrêt pendant toute la durée de la crue. Il y aura des dégâts matériels mais aucune pollution ne sera à déplorer.

Concernant les têtes de forages, les capots seront étanches. En cas de crue exceptionnelle, l'eau ne pourra pénétrer les regards.

Concernant l'ouvrage de rejet, en cas de crue exceptionnelle, il est actuellement en cours de dimensionnement. Les crues exceptionnelles du Rhône seront bien prises en compte. La chambre « Casse Pression » sera calculé en fonction de la problématique charge hydraulique : en cours d'étude. L'accès, le regard visitable, sera scellé et étanche, la canalisation disposera d'un clapet anti-retour.



L'inventaire des zones d'aléas retrait gonflement du département du Rhône indique un risque d'aléa faible au droit de la zone d'étude (Figure 34).

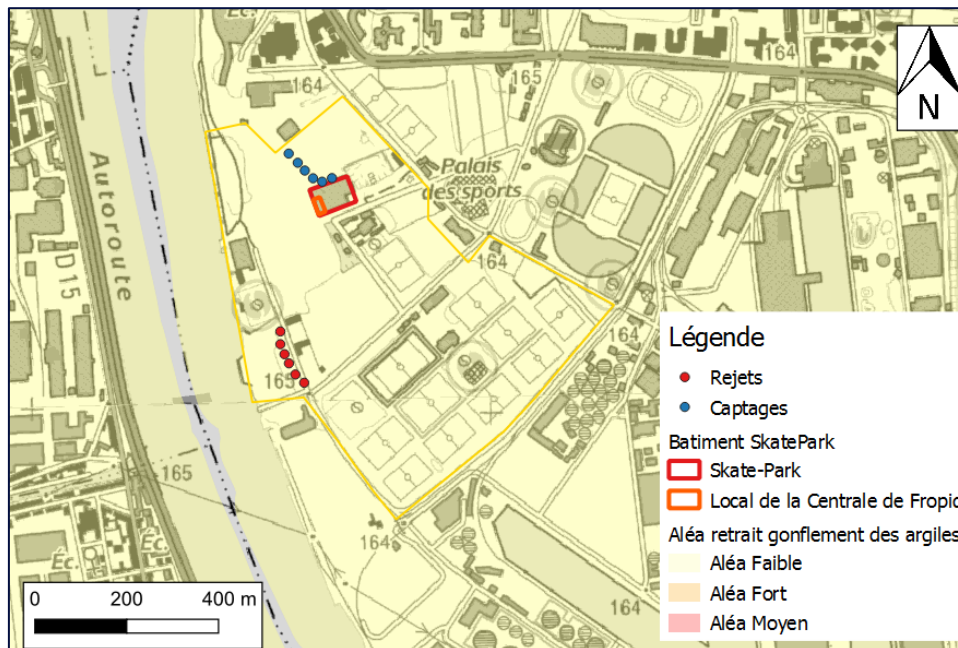


Figure 34 : Aléa retrait gonflement des argiles

Aucun plan de prévention des risques géologiques et miniers n'a été élaboré à ce jour pour le département du Rhône.

12.1.9 Environnement humain et industriel

La commune de Lyon comptait 516 092 habitants en 2017 selon les données recueillies auprès de l'INSEE et relatives au dernier recensement.

Quatre Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sont présentes dans un rayon de 500 m autour du site dont une en rive gauche du Rhône (commune de La Mulatière). L'ensemble de ces sites sont localisés en latéral des différents forages. Deux sites sont en cessation d'activités.

Tableau 17 : Site ICPE présent au sein de la zone tampon de 500 m

N° Carte	Nom	Commune	Type	Régime	Seveso
1	Delpharm Biotech	Lyon 7	Recherche-développement en biotechnologie	Soumis à Autorisation	Non Seveso
2	Chantiers Modernes Rhône-Alpes	Lyon 7	Construction et entretien de tunnels	Cessation déclarée	Non Seveso
3	Société Du Pipeline Méditerranée-Rhône	Lyon 7		Soumis à Autorisation	Non Seveso

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

4	SNCF - Technicentre Industriel D'Oullins	La Mulatière	Transport ferroviaire interurbain de voyageurs	Cessation déclarée	Non Seveso
---	--	--------------	--	--------------------	------------

La liste des sites industriels et des activités de services présentes actuellement ou par le passé dans un rayon de 500 m autour du site a été extraite de la banque de données BASIAS/BASOL gérée par le BRGM. La liste des sites BASIAS et BASOL sont présentées en Annexe 14.

Il existe 24 anciens sites industriels dans un rayon de 500 m autour des forages. Sur ces 24 sites, 7 sont déclarés en activités terminés, 8 en « ne sait pas » et le reste « vide ».

12.1.10 Contexte administratif

12.1.10.1 Identification de la masse d'eau

Le projet sollicitera les alluvions fluviales de la plaine du Rhône identifiées sous le code FRDG384 : alluvions du Rhône agglomération lyonnaise et extension Sud. D'après les données disponibles, l'état quantitatif de la ressource est bon et l'état qualitatif est médiocre du fait de la contamination par les solvants chlorés (cf. Annexe 15).

Les états chimique et écologique de la masse d'eau superficielle au droit du projet (FRDR2005) sont bons. Cependant la masse d'eau juste en aval : à partir de la confluence avec la Saône (FRDR2006) présente un mauvais état chimique à cause de polluants industriels.

Compte tenu de la nature du projet (installation géothermique) et des moyens de protections mis en œuvre pour l'installation (cimentation annulaire, présence d'un échangeur, têtes étanches et/ou isolées des ruissellements extérieurs) la nature chimique de l'eau utilisée pour la géothermie ne sera pas altérée (aucun échange avec l'extérieur) et permettra de respecter les objectifs définis par le SDAGE Rhône Méditerranée Corse.

12.1.10.2 Périmètres de protection

Les ouvrages seront localisés en dehors de tout périmètre de protection.

Le périmètre de protection le plus proche est celui du champ captant de Crépieux-Charmy situé à environ 8 km au Nord-Est du site (en amont).

12.1.10.3 Compatibilité des aménagements avec le SDAGE et le SAGE

L'installation n'ira pas à l'encontre des orientations fondamentales et des mesures concernées définies par le SDAGE RMC. Aucune incompatibilité n'a été relevée comme détaillé dans les tableaux ci-dessous :

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouvrages - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 19

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Tableau 18 : Comptabilité du projet avec le SDAGE Rhône Méditerranée - Aspect Qualitatif

FICHE DE SYNTHÈSE - COMPATIBILITÉ DU PROJET AVEC LE SDAGE RHÔNE MÉDITERRANÉE ASPECT QUALITATIF						
Rubriques Code Environnement concernées	Description nature des travaux	Orientations fondamentales du SDAGE concernées		Nomenclature et description des mesures concernées	Commentaires sur l'adéquation entre le projet et les prescriptions du SDAGE	Comptabilité du projet avec le SDAGE
1.1.1.0 Sondage, forage, y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain	Création et exploitation d'un dispositif de 6 forages géothermiques d'une profondeur de 20 ml/TN	2 - CONCRETISER LA MISE EN ŒUVRE DU PRINCIPE DE NON DEGRADATION DES MILIEUX AQUATIQUES		2-02 Evaluer et suivre les impacts des projets	Un suivi du niveau des eaux, de température de conductivité sera effectué sur chacun des ouvrages. Un piézomètre de contrôle de la température de la nappe sera créé.	Oui
		5. LUTTER CONTRE LA POLLUTION EN METTANT LA PRIORITE SUR LES POLLUTIONS PAR LES SUBSTANCES DANGEREUSES ET LA PROTECTION DE LA SANTE	5A. POURSUIVRE LES EFFORTS DE LUTTE CONTRE LES POLLUTIONS D'ORIGINE DOMESTIQUE ET INDUSTRIELLE	Disposition 5A-01 Prévoir des dispositifs de réduction des pollutions garantissant l'atteinte et le maintien à long terme du bon état des eaux	Compte tenu de la nature de l'installation (échange de thermie uniquement), le projet n'est pas en mesure d'engendrer de pollution sur la nappe et d'altération de sa qualité chimique initiale.	OUI
			5C. LUTTER CONTRE LES POLLUTIONS PAR LES SUBSTANCES DANGEREUSES	Disposition 5C-02 : Réduire les rejets industriels qui génèrent un risque ou un impact pour une ou plusieurs substances (identifiées sur le bassin)	En outre, les moyens de protection prévus pour le forage (tête de protection, cimentation annulaire) permettront d'éviter toute infiltration d'eau météorologique potentiellement contaminées dans le forage et donc dans la nappe.	OUI
2.2.1.0 Réinjection en milieu superficiel				Disposition 5C-05 : Maitriser et réduire l'impact des pollutions historiques	Aucune installation BASOL (base de données compilant les pollutions avérées) ou ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) n'est référencée au droit du site, toutefois il en existe plusieurs aux alentours. Le Port Edouard Herriot au Sud héberge plusieurs dépôts pétroliers et des pollutions aux hydrocarbures sont avérées et traitées. Au Nord, une pollution causée par les Laboratoires AGUETTANT a été récemment traitée. Une analyse des cuttings du forage de reconnaissance sera réalisée pour déterminer la qualité chimique des sols. L'examen de l'incidence du projet (cf. § 12.4.2.5) a mis en évidence que l'exploitation du dispositif de forages de captage et en particulier l'ouvrage de rejet de l'installation géothermique n'aura pas d'incidence et ne pourra en particulier pas favoriser le transfert des polluants identifiés au droit de ces zones.	OUI

Tableau 19 : Comptabilité du projet avec le SDAGE Rhône Méditerranée – Aspect Quantitatif

FICHE DE SYNTHÈSE - COMPATIBILITÉ DU PROJET AVEC LE SDAGE RHÔNE MÉDITERRANÉE - ASPECT QUANTITATIF						
Rubriques Code Environnement concernée	Description nature des travaux	Orientations fondamentales du SDAGE concernées		Nomenclature et description des mesures concernées	Commentaire sur l'adéquation entre le projet et les prescriptions du SDAGE	Comptabilité du projet avec le SDAGE
<p>1.1.1.0 Sondage, forage, y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain</p> <p>1.2.1.0 prélèvements et installations et ouvrages permettant le prélèvement, y compris par dérivation, dans un cours d'eau, dans sa nappe d'accompagnement ou dans un plan d'eau ou canal alimenté par ce cours d'eau ou cette nappe</p> <p>2.2.1.0 Réinjection en milieu superficiel</p>	Création et exploitation d'un dispositif de 6 forages géothermiques d'une profondeur de 20 m/TN	<p>ATTEINDRE L'EQUILIBRE QUANTITATIF EN AMELIORANT LE PARTAGE DE LA RESSOURCE EN EAU ET EN ANTICIPANT L'AVENIR</p>	<p>7A. CONCRETISER LES ACTIONS DE PARTAGE DE LA RESSOURCE ET D'ECONOMIE D'EAU DANS LES SECTEURS EN DESEQUILIBRE QUANTITATIF OU EN EQUILIBRE PRECAIRE</p>	<p>Disposition 7A-02 Démultiplier les économies d'eau</p>	<p>Le prélèvement aura lieu au sein de la nappe des alluvions du Rhône, nappe d'accompagnement de ce dernier. Les eaux seront réinjectées au cours d'eau et rejoindront de toute façon le milieu naturel qui est au droit du projet la source d'alimentation de la nappe.</p>	OUI

Les ouvrages ne sont pas situés dans le SAGE de l'Est Lyonnais.

12.1.10.4 Règlement d'urbanisme

Le projet est situé dans la zone UL du PLU. Il n'y a aucune incompatibilité avec le projet.

D'après le PLU de la Métropole de Lyon, les nouvelles constructions doivent favoriser les énergies renouvelables pour la climatisation des locaux (chauffage et rafraîchissement). Le choix d'une installation géothermique pour couvrir les besoins en Froid du secteur de Lyon Gerland va dans ce sens.

12.1.10.5 Compatibilité des aménagements avec le Code de l'Environnement

- **Gestion équilibrée et durable de la ressource en eau (article L211-1 du Code de l'Environnement) :**

Compte tenu de la nature du projet et au vu des moyens de protection et de surveillance prévus par le demandeur, le projet ne va pas à l'encontre des objectifs fixés par l'article L211-1 du Code de l'Environnement. En particulier, l'utilisation géothermique de la nappe permet de valoriser la ressource en eau souterraine de manière économe et durable puisque le processus ne nécessite aucune consommation d'eau (rejet vers le milieu naturel, nappe alimentée à 100% par le Rhône) et que la qualité des eaux souterraines sera préservée. Par ailleurs, le projet n'a aucune incidence qualitative et quantitative sur les eaux superficielles.

- **Préservation de la qualité des eaux superficielles (Article D211-10 du Code de l'Environnement) :**

Les eaux souterraines seront rejetées au cours d'eau, elles seront exemptées de toutes pollutions. Le projet n'ira donc pas à l'encontre des objectifs de qualité fixés par l'article D211-10 du Code de l'Environnement. De plus, les eaux prélevées proviennent de la nappe d'accompagnement du Rhône qui est au droit du projet alimentée par le fleuve, situé à quelques centaines de mètres des captages. Les caractéristiques physicochimiques des eaux seront donc probablement très proches de celles du Rhône. Une analyse sera effectuée pour confirmer ce point.

12.1.10.6 Compatibilité avec le Schéma Régional Climat Air Energie en Rhône Alpes :

Le Schéma Régional Climat Air Energie de Rhône-Alpes a été approuvé le 24 avril 2014. Il se fonde sur :

- Un état des lieux/diagnostic sur la question de la qualité de l'air, des énergies renouvelables, des émissions de gaz à effet de serre, de la consommation énergétique et de la vulnérabilité du territoire au changement climatique ;
- Un exercice de prospective aux horizons 2020 et 2050 sur ces différents éléments afin de déterminer les futurs possibles de la région ;
- La définition d'objectifs et d'orientations découlant des exercices précédents.

Il détermine :

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

- Les orientations permettant d'atténuer les effets du changement climatique et de s'y adapter,
- Les orientations permettant de prévenir ou de réduire la pollution atmosphérique,
- Les objectifs qualitatifs et quantitatifs à atteindre en matière d'économie d'énergie, d'efficacité énergétique et de développement des énergies renouvelables aux horizons 2020 et 2050.

La stratégie climatique régionale se combine autour :

- D'orientations structurantes qui fondent la stratégie d'action territoriale sur des principes de gouvernance collégiale, de solidarité et d'équité sociale, de changement de comportement et de mise en place des capacités pour faire évoluer la société « consommatrice d'énergie » actuelle vers une société post carbone,
- D'orientations plus sectorielles avec des objectifs quantifiés mesurables. Elles concernent tous les domaines prioritaires d'actions visant à une plus grande sobriété et une plus grande efficacité, que ce soit dans le domaine de l'aménagement, dans les différents secteurs d'activités, et en termes de développement d'énergies renouvelables en cohérence avec les potentialités, mais aussi avec les contraintes des territoires,
- D'orientations transversales qui concernent l'ensemble de ces secteurs.

L'utilisation d'une Energie Renouvelable (géothermie sur eau de nappe) est en adéquation avec le SRCAE pour limiter les émissions de polluants pouvant nuire à la qualité d'air dans la région Rhône Alpes.

12.1.10.7 Compatibilité avec le Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) :

L'objectif du SRCE qui définit la Trame Verte et Bleue (TVB) est (selon l'article L 371-1 du code de l'environnement) « d'enrayer la perte de biodiversité en participant à la préservation, la gestion et la remise en bon état des milieux nécessaires aux continuités écologiques [...] ». Elles doivent contribuer à « diminuer la fragmentation et la vulnérabilité des habitats naturels et habitats d'espèces [...], identifier, préserver et relier les espaces importants pour la préservation de la biodiversité par des corridors écologiques [...] ».

L'objectif du SRCE est donc par essence d'enrayer le morcellement et de restaurer des continuités en identifiant les réservoirs et corridors biologiques à préserver et restaurer en présentant un plan d'action stratégique pour y parvenir.

Les orientations du SRCE dans les domaines de l'eau, l'air et les paysages sont les suivantes :

▷ L'eau :

Orientation SRCE – Préconiser et favoriser la préservation des milieux interstitiels afin de limiter le ruissellement et ainsi protéger la ressource en eaux superficielles et souterraines.

Le projet ne va pas à l'encontre de cette orientation.

▷ L'air :

Orientation SRCE – Préconiser et favoriser la préservation des milieux interstitiels et la préservation des prairies permanentes afin de favoriser la fixation du carbone et ainsi contribuer à la lutte contre les gaz à effet de serre et le changement climatique. Limiter la périurbanisation

en milieu rural pour éviter les déplacements pendulaires excessifs et la détérioration de la qualité de l'air qui y est liée.

Le projet est situé en zone urbanisée et est donc cohérent avec cette orientation. De plus cette solution énergétique n'émet pas de gaz à effet de serre. Concernant l'impact des travaux proprement dits, émetteurs de gaz à effet de serre, ils seront de courte durée et ont donc un impact limité.

▷ **Le paysage :**

Orientation SRCE – Préserver les éléments fixes du paysage, en tenant compte des enjeux paysagers.

Le projet est situé en milieu urbain. Les forages n'auront pas d'impact sur le paysage, tout comme la chambre de raccordement au Rhône, qui sera enterré.

En conclusion, le projet d'exploitation et de création des forages est compatible avec les objectifs du SRCE de Rhône Alpes.

D'après un extrait de la cartographie du SRCE de la Région Rhône Alpes fournit en Annexe 16, on constate que le projet est situé pour la partie Rejet au sein d'une trame Bleue (corridor écologique aquatique). Le point de rejet, qui sera très ponctuel ne formera pas de barrière ou barrage pour la faune / flore.

12.1.10.8 Compatibilité avec le PPRI :

Cet aspect est développé dans la partie précédente risques naturels : partie 12.1.8.

12.2 Raisons du choix du projet

Les raisons du choix du projet sont développées dans la partie 3.2.4.

12.3 Impacts temporaires

Les impacts temporaires durant la période de réalisation des travaux de forage seront essentiellement :

- Les nuisances sonores pour le voisinage immédiat ;
- Les impacts sur le trafic routier ;
- Les impacts sur la qualité de l'air ;
- Les impacts hydrodynamiques sur la nappe le temps des travaux ;
- Le rejet des eaux pompées dans le réseau le temps des essais de développement et par paliers ;

Les impacts sonores, sur le trafic et la qualité de l'air seront limités compte tenu du faible trafic engendré par ce type de travaux en dehors de l'installation et du repli du matériel de foration. Concernant les nuisances sonores, la foration sera faite selon la technique BENOTO, cette technique pouvant engendrer des nuisances sonores, En phase travaux, le chantier est susceptible d'engendrer des nuisances sonores. Afin de limiter l'impact sonore, les forages seront réalisés uniquement de jour, les entreprises intervenantes mettent en œuvre des matériaux et engins de chantier conformes à la réglementation sur les objets bruyants.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Seul l'essai de pompage longue durée nécessitera le fonctionnement d'un groupe électrogène de nuits mais sera insonorisé.

La réalisation des forages engendrera des nuisances sonores au voisinage immédiat des ouvrages donc principalement pour le personnel de chantier disposant d'EPI. Les machines de foration produiront ponctuellement au maximum 92 dB à 1 m et 88 dB à 7 m. Or les habitations, les commerces ou bureaux les plus proches seront situés à 40 m du premier forage (captage) puis chaque ouvrage sera éloigné de 25 m de plus que son voisin le plus proche.

Le groupe électrogène utilisé pendant les pompages respectera les normes européennes : la puissance acoustique ne dépassera pas 97 dB(A) et le niveau sonore sera inférieur à 72 dB(A) à 7 m. De la même manière que pour les machines de foration, les principales nuisances concernent le personnel présent à proximité du groupe uniquement de manière temporaire et disposant d'EPI.

La durée prévisionnelle des travaux de foration et des essais de pompage est d'environ 8 mois (40 semaines). Ils seront réalisés en semaine (du lundi au vendredi) et en journée, de 7h30-12h et 13h-18h, les machines seront arrêtées dès qu'elles ne seront pas utilisées ce qui limitera l'impact des nuisances sonores sur le voisinage. Seul l'essai en vraie grandeur de 48 h occasionnera des gênes sonores 2 nuits (absence d'habitations à proximité). Enfin, il sera possible d'éloigner le groupe d'électrogène des habitations les plus proches (cas du captage C6).

Le chantier ne sera pas accessible au public. Une emprise de travaux sera définie pour chaque forage. Seules les personnes habilitées et équipées de leurs EPI pourront pénétrer le chantier.

L'entreprise qui réalisera les ouvrages respectera la réglementation en vigueur : Code de la santé publique et en particulier l'article R1336-10 concernant les travaux publics et Code du travail. En particulier des précautions seront prises afin de limiter le bruit comme évoqué ci-dessus.

Enfin, les engins de foration, les engins de terrassement et le groupe électrogène généreront des gaz à effet de serre qui ont également un impact sur la qualité de l'air. Néanmoins, ces rejets seront limités dans le temps et les engins utilisés sont régulièrement entretenus et respectent les normes en vigueur.

Les incidences hydrodynamiques temporaires liées aux essais d'eau dans le cadre de la création des forages seront négligeables sur les installations avoisinantes exploitant la nappe du fait de la très bonne productivité de celle-ci.

Le bilan sur la nappe sera déficitaire. Toutefois, les eaux prélevées proviennent de la nappe d'accompagnement du Rhône qui, au droit du projet, est alimentée par ce dernier. Les eaux seront donc renvoyées vers leur milieu initial naturel. Il peut donc être considéré que le bilan est nul car les eaux seront réinjectées vers leur milieu d'alimentation.

L'impact du rejet au Rhône sera faible d'un point de vue quantitatif et négligeable d'un point de vue qualitatif. La majeure partie des eaux rejetées seront claires. Un bac décanteur permettra d'éviter le rejet de sable dans le Rhône.

Concernant le rejet au réseau (développement, paliers), seules les phases de démarrage, de changement de débit et d'arrêt marche lors des développements généreront la production de particules fines (limons). Ces rejets durent généralement quelques minutes au démarrage et aux changements de débits et représentent donc de faibles volumes. Une demande d'autorisation de rejet sera réalisée auprès de la CNR. Les éventuelles taxes de rejet associées seront payées par l'entreprise de forages.

Concernant les risques de pollution des sols et de la nappe, la société de forage mettra en œuvre des protections spécifiques pour la protection de l'environnement : groupes électrogènes équipés de bacs de rétention, cuves à fuel à double paroi et conformes à la réglementation ADR, kits anti-pollution composés de feuilles hydrophobes pour absorber les éventuelles fuites d'huiles et d'hydrocarbures. De plus, le personnel intervenant sur site sera sensibilisé à la protection de l'environnement et notamment des sols et eaux souterraines.

Enfin, la technique de foration : BENOTO ne présente pas de risque de pollution pour la nappe. Seules les alluvions seront forées (arrêt de la foration au toit de la molasse limoneuse/argileuse). **Les nappes de la molasse et des alluvions ne seront donc pas mises en relation par les ouvrages.**

Une attention particulière sera apportée à la gestion des déblais qui devront être évacués dans les filières adaptés.

12.4 Impacts permanents

12.4.1 Impact sur les eaux souterraines

Pour apprécier les risques de recyclage thermique et l'incidence du projet ainsi que l'incidence sur le projet des installations voisines, une modélisation hydrodynamique et thermique a été réalisée afin de simuler l'exploitation du futur dispositif de captage-rejet. Cette dernière est présentée « pour information » en Annexe 4, car les forages de rejet ont été remplacé par une chambre de raccordement au Rhône.

12.4.1.1 Hypothèses retenues

Les hypothèses de calage retenues pour caractériser le site et la nappe dans le secteur sont les suivantes :

- Cote du terrain naturel actuel : 165 (Est – Limite Rhône) à 166 m NGF (zone de captage) ;
- Aquifère sollicité : Nappe des alluvions modernes du Rhône ;
- Niveau statique de la nappe : 160 m NGF soit environ 6 m/sol (au niveau de la zone de captage) et 161,5 m NGF soit environ 3,5 m/sol (au niveau de la zone de réinjection) ;
- Gradient hydraulique : 5 ‰ en moyenne dans le secteur (au droit du projet) du Sud-Ouest vers le Nord-Est ;
- Substratum de l'aquifère : 140 à 145 m NGF soit 21 à 25 m/sol (au droit du projet) ;
- Perméabilité moyenne : 4.10^{-3} m/s ;

- Transmissivité : Environ $6 \text{ à } 8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ (215 à 290 $\text{m}^3/\text{h/m}$) ;
- Coefficient d'emmagasinement : $1 \cdot 10^{-1}$ (nappe libre) ;
- Température de la nappe : 16,4°C (température non influencée).

12.4.1.2 Hypothèses de fonctionnement des installations

Les hypothèses de fonctionnement retenues pour le futur dispositif de captage-rejet du projet sont celles reportées dans les Tableau 1, Tableau 2 et Tableau 3 présenté en partie 1.

12.4.1.3 Incidence quantitative

12.4.1.3.1 Bilan en eau sur la nappe

En phase d'exploitation, les prélèvements seront effectués au droit de 6 forages à un débit maximal de 1 465 m^3/h et à débit annuel moyen de 378 m^3/h pour un volume de 3 311 125 m^3/an . L'intégralité des prélèvements sera réinjectée au Rhône au travers d'un dispositif de chambre de raccordement.

Le bilan est déficitaire mais pourrait être considéré comme nul car l'eau pompée sera renvoyée vers sa source d'alimentation initiale qui est le Rhône (projet située dans la nappe d'accompagnement du Rhône qui est alimenté par le fleuve au droit du projet).

12.4.1.3.2 Influence hydrodynamique sur la nappe

Lors de l'exploitation du futur dispositif de captage-rejet, il sera possible d'observer localement une baisse du niveau piézométrique de la nappe au droit des forages de captage.

L'influence de l'exploitation de ce dispositif sur la nappe est délimitée par les dimensions de la zone où le niveau de la nappe est affecté par une variation. Les dimensions de cette zone correspondent au cône de rabattement (dépression créée par les pompages).

Pour apprécier l'influence hydrodynamique de l'installation, les résultats de la modélisation au débit moyen après 30 ans de fonctionnement (378 m^3/h) ainsi que les résultats de la modélisation à débit maximal (1 465 m^3/h) pendant 15 jours (hypothèse sécuritaire) enchaînés après les 30 ans à débit moyen sont présentés ci-dessous. Le fonctionnement à débit maximal est en effet envisagé que quelques jours par an.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-4 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)



Figure 35 : Incidence hydrodynamique de l'installation à débit moyen

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-4 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

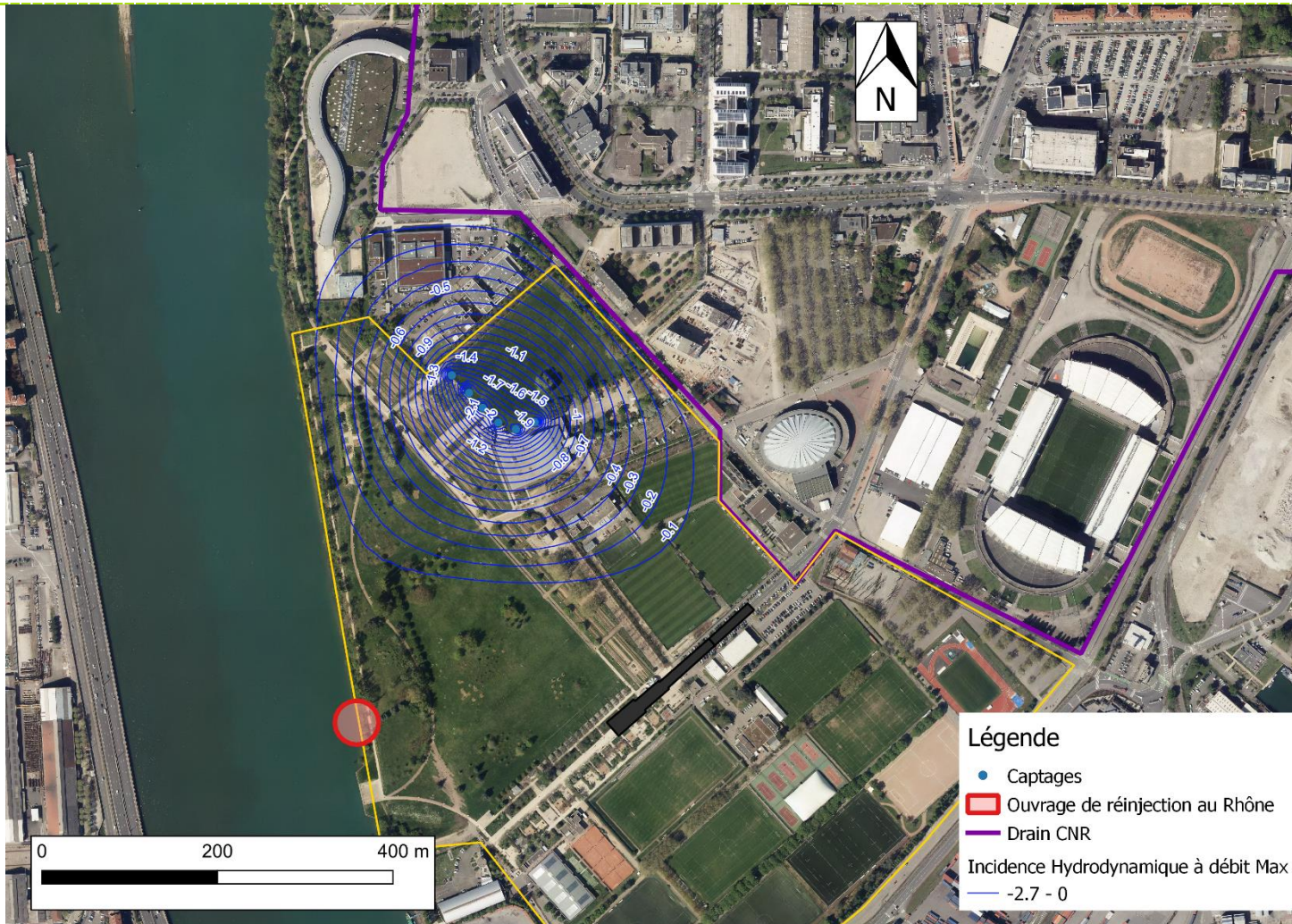


Figure 36 : Incidence hydrodynamique de l'installation à débit maximal (15 jours après débit moyen)

Les résultats montrent, qu'à débit moyen, les rabattements seraient inférieurs à 0,1 m au-delà d'environ 325 m des ouvrages de captage. Au débit maximal pendant 15 jours après 30 ans de fonctionnement à débit moyen (hypothèse sécuritaire), les rabattements seraient inférieurs à 0,1 m au-delà d'environ 450 m des ouvrages de captage.

Ainsi, il apparaît qu'au-delà d'une distance maximale de 450 m du dispositif de captage-rejet et plus probablement 325 m, l'influence sur la nappe sera faible et quasiment négligeable (moins de 0,1 m) sur le plan hydrodynamique. L'incidence hydrodynamique sur les ouvrages avoisinants sera nulle du fait de leurs positionnements de l'autre côté du drain CNR ou de leurs éloignements (supérieur à 450 m).

Concernant le drain CNR, il ne devrait pas y avoir d'incidences sur les fondations de ce dernier. En effet, le phénomène de déstabilisation des terrains pouvant provoquer des problématiques au droit des fondations est principalement lié à la présence d'argile. En effet ce sont les argiles qui « gonflent » et se « rétractent » en fonction de la présence d'eau.

Dans le cas du projet, les terrains rencontrés au droit de la nappe sont des terrains sablo-graveleux. Il ne devrait donc pas avoir d'incidences au droit des fondations du drain. Concernant les venues de sables, celles-ci se produisent en général dans un rayon de 10/20 m aux alentours des captages. Le drain est quant à lui situé à 170 m de la zone de captage.

Enfin lors du forage de reconnaissance qui sera réalisé en milieu d'année 2021, il est prévu de réaliser des tests de pompage. Ces derniers permettront de vérifier les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe. Si le cône d'incidence est plus important que ce qui était prévu alors un complément d'étude géotechnique pourra être effectué pour vérifier le phénomène de tassement des sols au droit du drain. Toutefois en l'état des connaissances, les incidences de déstabilisation des terrains seraient négligeables.

12.4.1.4 Incidence et recyclage thermique

Il n'y aura aucune incidence thermique sur la nappe.

Les incidences d'un rejet au Rhône sont présentées en 12.4.2.

12.4.1.5 Incidence qualitative

Les ouvrages capteront uniquement la nappe des alluvions et pas la nappe de la molasse sous-jacente comme indiqué sur leurs coupes prévisionnelles (cf. Figure 20). Les eaux des deux nappes ne seront jamais en contact et la foration fera l'objet d'un suivi par un hydrogéologue afin de capter uniquement les alluvions.

De manière générale, les moyens de protection prévus par le demandeur (têtes de protection surélevées, margelles, cimentation annulaire, échangeurs et circuit intermédiaire), permettront d'éviter toutes infiltrations d'eaux potentiellement contaminées, qui pourraient provenir du ruissellement des eaux météoriques en surface ou d'éventuelles pollutions (réseaux, pollution accidentelle en surface) dans les forages et donc dans la nappe.

Dans ces conditions, la présence de ces nouveaux forages ne devrait pas avoir d'influence négative sur la qualité des eaux de la nappe. Le respect des recommandations d'exploitation et

l'entretien courant des installations devraient permettre de préserver la qualité des eaux souterraines.

12.4.1.5.1 Incidence physico-chimique du rejet

Néant.

12.4.1.5.2 Incidence bactériologique du rejet

Néant

12.4.1.5.3 Incidence sur les terrains pollués

Aucune installation BASOL (base de données compilant les pollutions avérées) ou ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) n'est référencée au droit du site. Toutefois il en existe plusieurs aux alentours. Le Port Edouard Herriot au Sud héberge plusieurs dépôts pétroliers et des pollutions aux hydrocarbures sont avérées et traitées. Au Nord, une pollution causée par les Laboratoires AGUETTANT a été récemment traitée.

L'examen de l'incidence du projet (cf. § 12.4.1.3.2) a mis en évidence que l'exploitation du dispositif de forages de captage et en particulier de l'ouvrage de rejet de l'installation géothermique n'aura pas d'incidence et ne pourra en particulier pas favoriser le transfert des polluants identifiés au droit de ces zones.

De plus lors de la réalisation du forage de reconnaissance, un bureau d'études SSP sera missionné pour vérifier la compatibilité de l'état du sol avec son usage futur. C'est pourquoi lors du forage de reconnaissance, des cuttings tous les mètres seront mis de côté pour analyse. Une analyse d'eau type BC3 et complétée avec d'autres molécules sera réalisée à la fin du pompage longue durée.

Grâce à ces deux mesures, la qualité chimique des eaux et du sol sera connue, permettant ainsi d'anticiper la problématique pollution si cette dernière existe.

Dans ce contexte, il apparaît que l'exploitation du dispositif de forages du projet ne favorisera pas le transfert des polluants identifiés.

12.4.2 Impact sur les eaux superficielles

L'étude est présentée en Annexe 5. Les éléments ci-dessous sont extrait de cette étude.

12.4.2.1 Mise en place de la modélisation sur les eaux superficielles

12.4.2.1.1 Description du logiciel de modélisation

La modélisation hydraulique est réalisée à l'aide du logiciel TELEMAT-2D. Ce dernier permet de simuler des écoulements à surface libre en deux dimensions (dans le plan).

Pour ce faire, il résout les équations de Barré de Saint-Venant par l'utilisation de la méthode des éléments finis. Ses résultats principaux sont, en chaque point du maillage, constitués de la hauteur d'eau et de la vitesse moyenne sur chaque maille.

Le logiciel permet la réalisation de simulations en régime transitoire et permanent.

Il prend notamment en compte les phénomènes suivants :

- Rugosité du terrain ;
- Flux en rivière ;
- Zones sèches (non-submergées) dans le domaine de modélisation ;
- Traitement de points singuliers (ouvrages tels que les seuils, digues, conduites...).

Il intègre également des calculs de dilution et d'advection-dispersion via la mise en place de traceurs. L'étude du panache thermique généré par le rejet d'eau chaude dans le Rhône est réalisé grâce à l'injection d'un traceur de température.

12.4.2.1.2 Géométrie du modèle

Le modèle mis en œuvre est de type bidimensionnel couvrant une surface de de 1.6 km² avec un maillage triangulaire irrégulier comportant environ 138 500 mailles. La surface moyenne des mailles est égale à 11.5 m². Les surfaces de mailles minimales et maximales sont respectivement égales à 4.6 m² et 25 m².

12.4.2.1.3 Emprise et topographie du modèle

Le modèle est un modèle 2D du lit mineur du Rhône. Il débute après la confluence entre la Saône et le Rhône soit environ 500 m à l'amont de la zone du rejet prévu et se termine à l'amont immédiat des installations de Pierre-Bénite constituées d'un barrage, d'une centrale hydroélectrique et d'une écluse. Le linéaire maximal modélisé est égal à 4 400 m.

Le modèle inclut la zone du port.

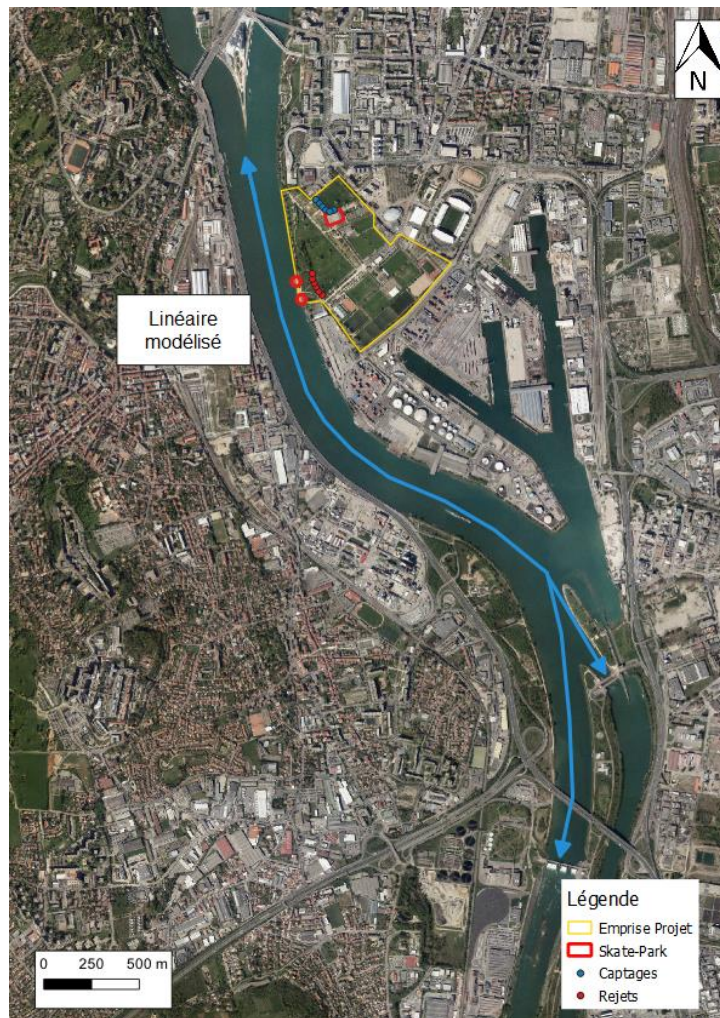


Figure 37 : Linéaire modélisé

Les données topographiques intégrées dans le modèle sont les données bathymétriques transmises par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR).

Le port n'étant pas couvert, sa cote a été considérée comme plane et extrapolée à partir du profil en travers couvrant la sortie du port fourni par la CNR.

Les ouvrages à l'aval du modèle (barrage et centrale hydroélectrique) n'ont pas été intégrés dans le modèle en tant que tels. Leur fonctionnement sera cependant intégré dans les conditions aux limites du modèle.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

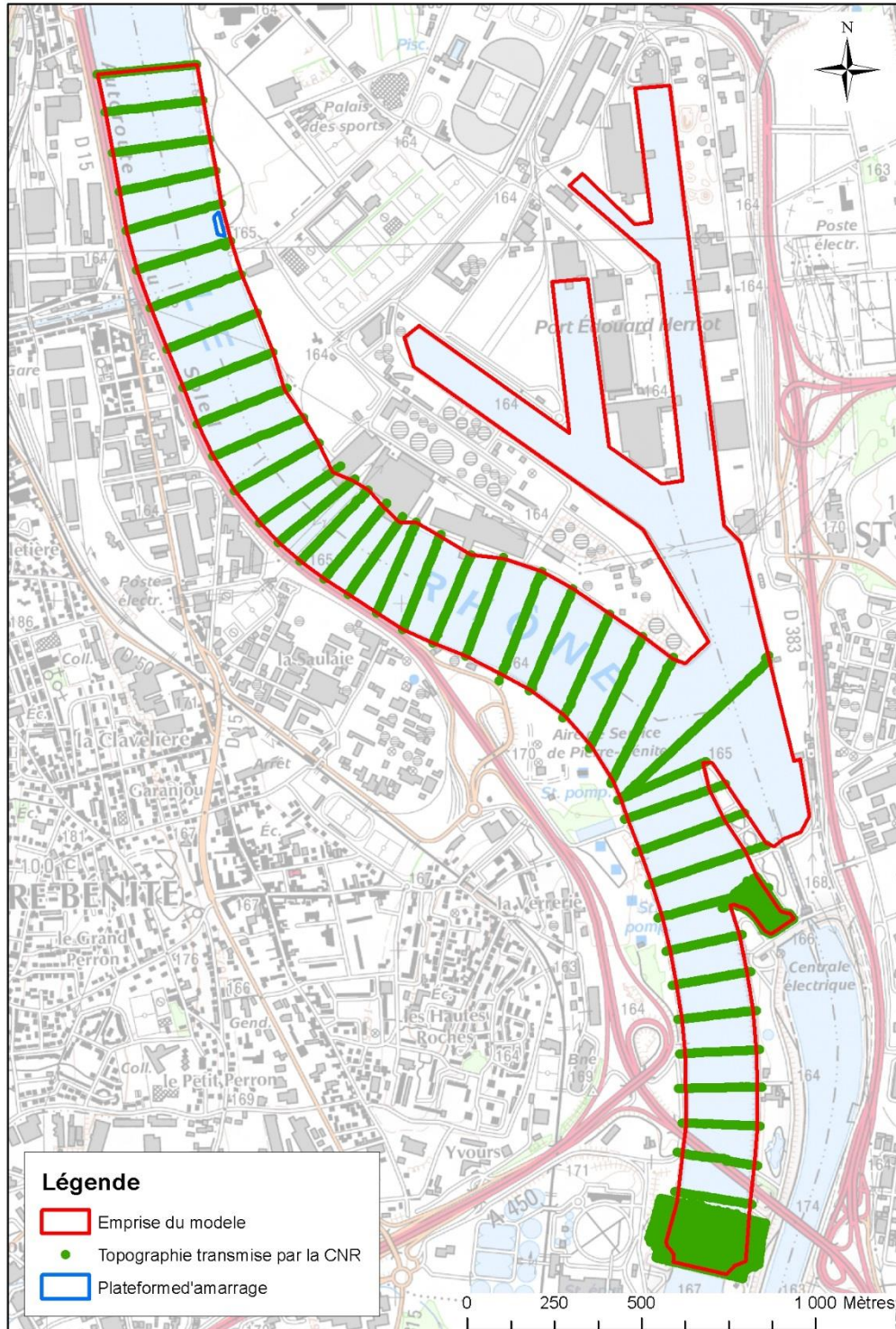


Figure 38 : Topographie (Source : CNR)

Les zones de rejet envisagées se situent sur les parcelles 0002 et 0010. Pour améliorer la représentativité de la modélisation, la plateforme d'amarrage (entourée en bleu ci-dessous) a été intégrée à la topographie de la berge.



Figure 39 : Localisation de la plateforme d'amarrage (Source : Géoportail)

12.4.2.1.4 Hypothèses retenues pour caler le modèle et de fonctionnement

Deux scénarii de point de rejet sont étudiés :

- Scénario 1 : le point de rejet se situe 50 m au nord de la plateforme d'amarrage,
- Scénario 2 : le point de rejet se situe 30 m au sud de la plateforme d'amarrage.

Toutefois, d'après les résultats de ces deux modélisations, le choix s'est porté sur le scénario 1, situant le rejet au Nord de la plateforme, car ce dernier présente moins d'incidences que le scénario 2. Le scénario 2 est retrouvé en Annexe 5.

Les hypothèses retenues pour les deux scénarios modélisés sont les suivants :

- Le **débit du Rhône est fixé à 370 m³/s** soit le débit moyen mensuel minimum ayant une probabilité de 1/5 de se produire chaque année (**QMNA5**). Ce débit est fourni par la station banque Hydro sur le Rhône à Ternay entre 1966 et 2017. *L'influence de ce paramètre va être étudié lors de l'analyse de sensibilité.*
- Le **débit réservé dans le Vieux Rhône** (bras au sud-ouest se terminant par le barrage) est de **100 m³/s**. Le débit restant passe par le bras de la centrale hydroélectrique (au centre entre le bras du barrage et le bras de l'écluse). Ce fonctionnement correspond au **fonctionnement classique de turbinage transmis par la CNR**.

- Le coefficient de Strickler du Rhône est fixé à 29.
- Le **coefficient de diffusion est fixé à 10^{-6} m²/s**, valeur proposée par défaut par le code TELEMAR 2D. *L'influence de ce paramètre va être étudiée lors de l'analyse de sensibilité.*
- Le flux d'eau chaude rejetée dans le Rhône a une **température supérieure de 10°C à celle du Rhône** en considérant une température moyenne haute de 20°C.

Les hypothèses de fonctionnement retenues pour le futur dispositif de captage-rejet du projet sont celles reportées dans les Tableau 1, Tableau 2 et Tableau 3 présenté en partie 1. Les débits moyens et max sont résumés ci-dessous en fonction des trois périodes (P1 : 2022 – 2025, P2 : 2025 - 2029 et P3 >2030) :

- Le **débit d'eau chaude rejetée dans le Rhône** prend successivement les valeurs des **débits moyens annuels** ($Q_{moyP1} = 208$ m³/h / $Q_{moyP2} = 307$ m³/h / $Q_{moyP3} = 378$ m³/h) puis des **débits maximaux annuels** ($Q_{maxP1} = 975$ m³/h / $Q_{maxP2} = 1220$ m³/h / $Q_{maxP3} = 1465$ m³/h) sur chaque période de fonctionnement. Les injections sont faites de sorte que le panache thermique soit pleinement établi et stabilisé avant la modification du débit d'injection.

12.4.2.2 Incidence thermique sur les eaux superficielles – rejet en amont

Lors de l'exploitation du futur dispositif de rejet dans le Rhône avec une injection au Nord de la plateforme d'amarrage, on observe localement une hausse de la température du Rhône. La localisation de l'impact et sa répartition sont respectivement présentées sur les cartographies ci-dessous et dans le tableau suivant :

Tableau 20 : Caractéristiques du panache simulé en fonction de la période de fonctionnement avec une injection au Nord de la plateforme d'amarrage

Débits injectés (en m ³ /s)	Panache total (impact supérieur à +0.01°C dans le Rhône)			Panache partiel (Impact supérieur à +1°C dans le Rhône)	
	Longueur max (en m)	Largeur max (en m)	ΔTmax (en °C)	Longueur max (en m)	Largeur max (en m)
$Q_{moy} P1$ = 0.058	47	24.6	+2	2.3	2
$Q_{moy} P2$ = 0.085	72	29.8	+2	9.9	6.8
$Q_{moy} P3$ = 0.105	90	33.15	+2	15	9
$Q_{max} P1$ = 0.27	221	40.1	+4	51.8	11.7
$Q_{max} P2$ = 0.339	259	44	+5	54.2	12.5
$Q_{max} P3$ = 0.407	318	48.7	+5	58.4	14.4

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Du fait des débits de rejet très faibles comparés au débit du Rhône (entre 2 et 3% en débit moyen et entre 7 et 11% en débit maximal suivant la période), la dilution est très rapide. Ainsi, malgré un rejet avec une différence égale à +10°C, **aucune hausse de température de +10°C n'est observée dans le Rhône.**

Le panache obtenu avec un **rejet moyen** représente une **longueur maximale inférieure à 110 m** et une largeur maximale inférieure à 34 m soit **14% de la largeur du Rhône**. La différence de température obtenue dans le Rhône est supérieure **d'au maximum +3°C à l'échelle des mailles du modèle.**

Le panache obtenu avec un **rejet maximal** représente une **longueur maximale inférieure à 320 m** et une largeur maximale inférieure à 50 m soit **20% de la largeur du Rhône**. La différence de température obtenue dans le Rhône est supérieure **d'au maximum +5°C à l'échelle des mailles du modèle.**

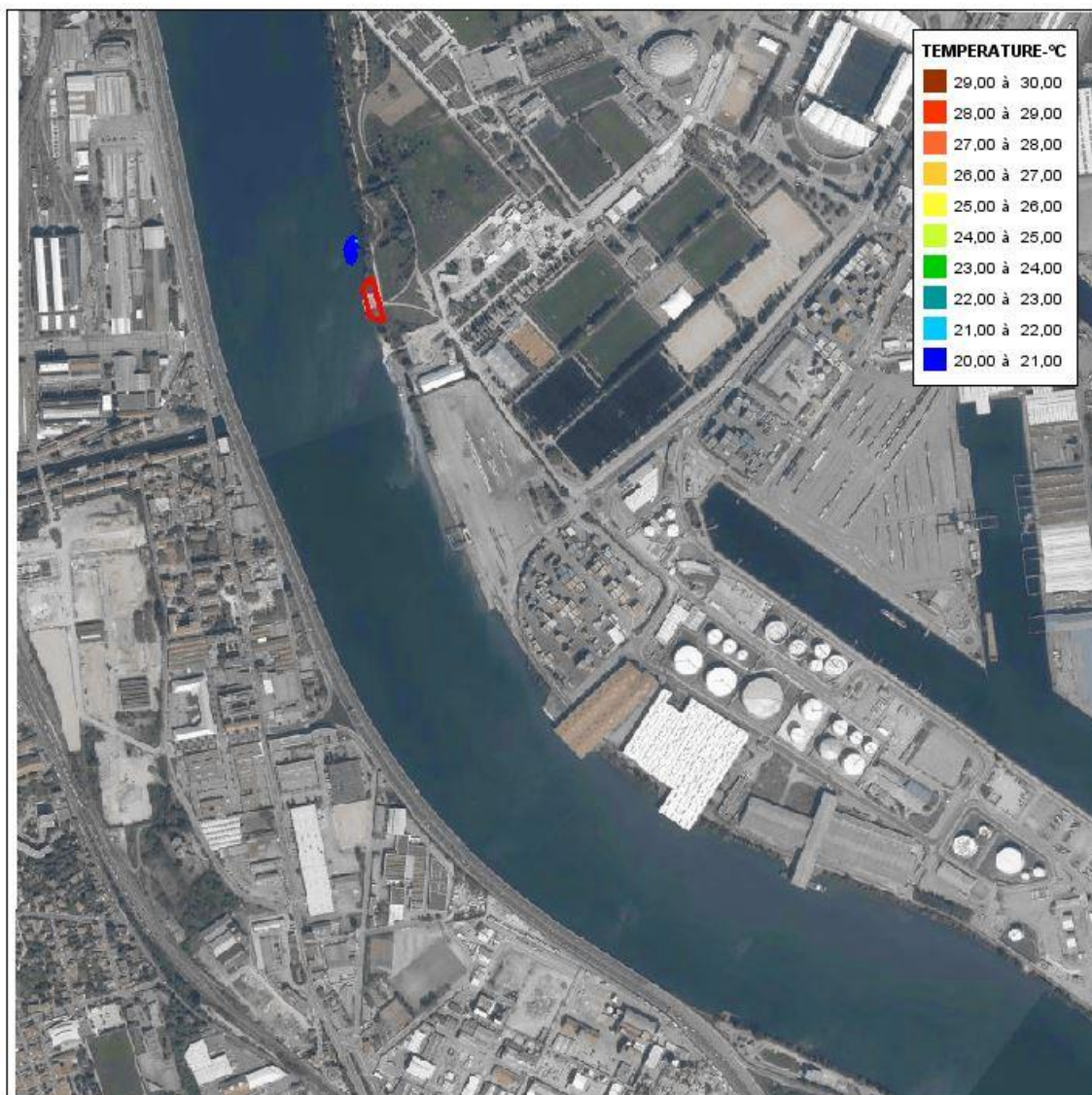


Figure 40 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P1 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage

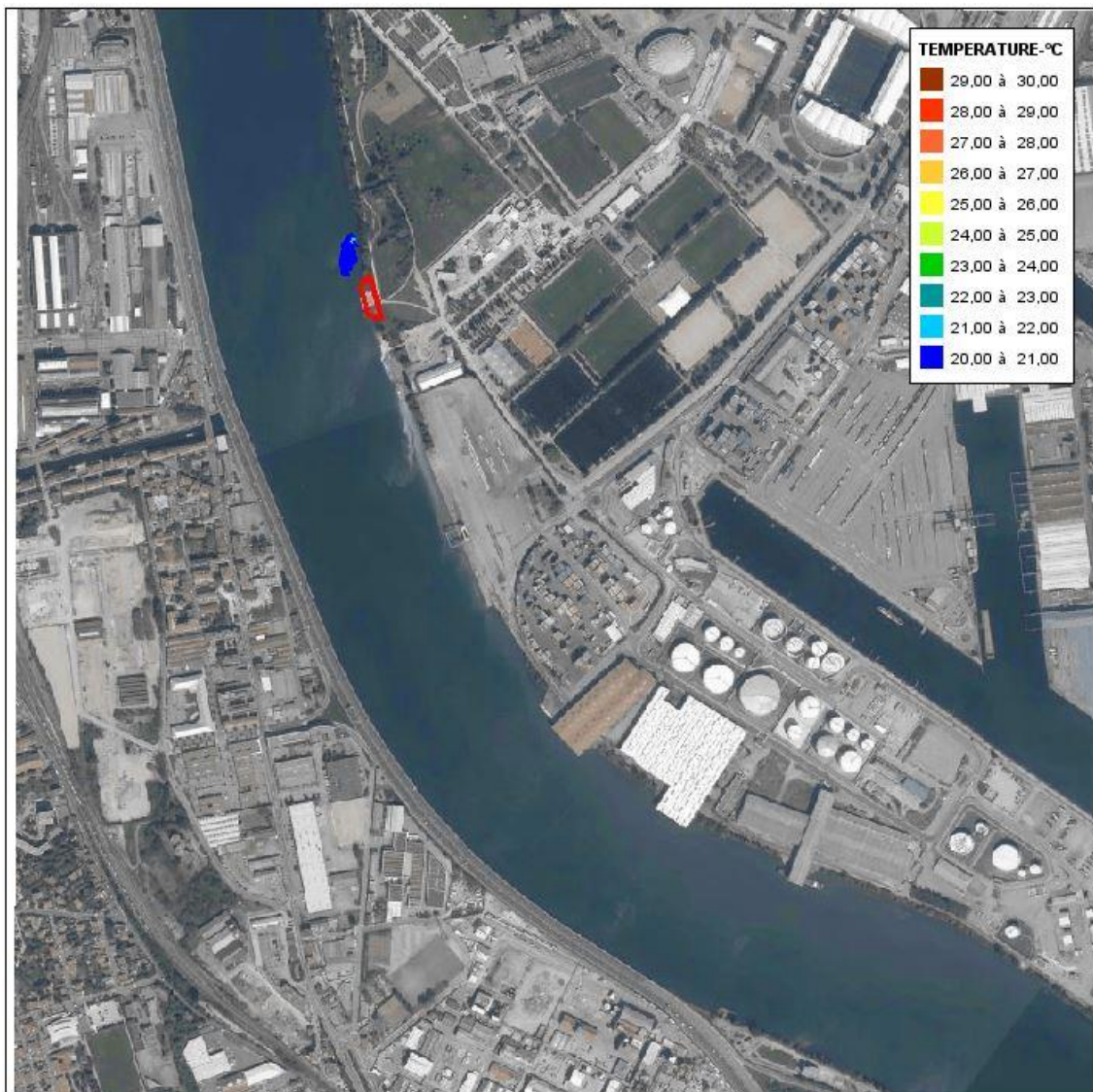


Figure 41 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P2 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

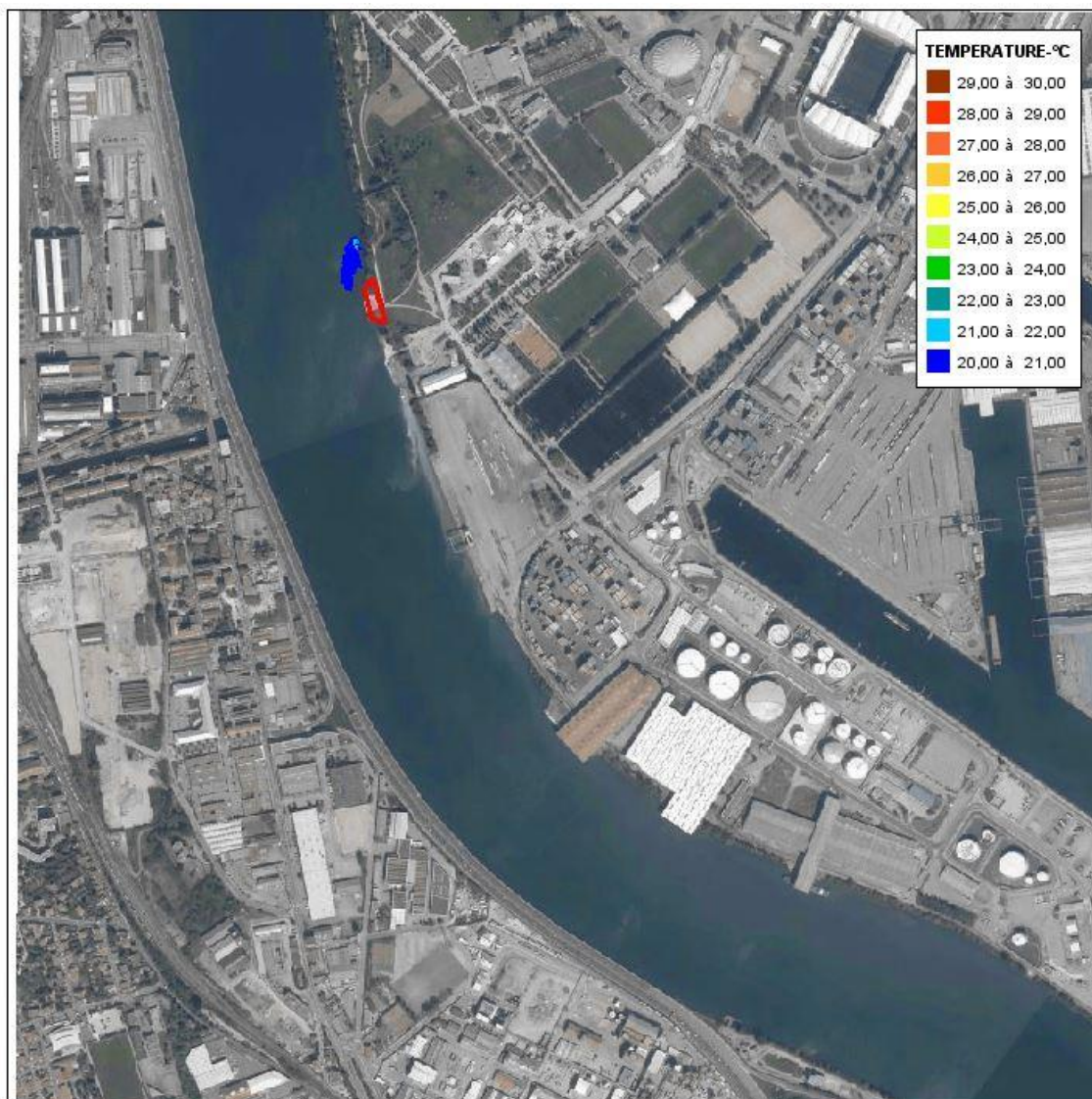


Figure 42 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P3 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage

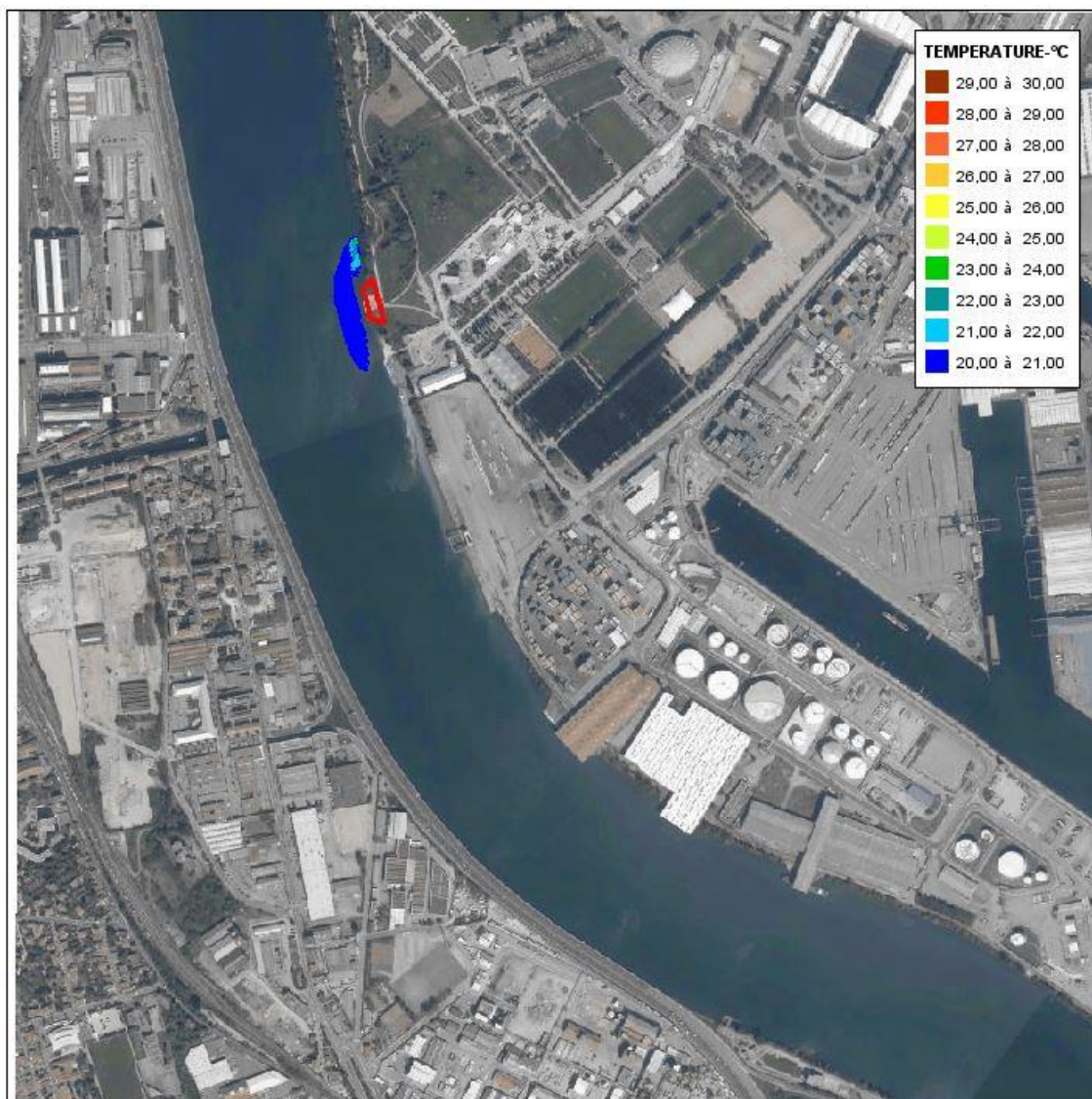


Figure 43 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P1 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage

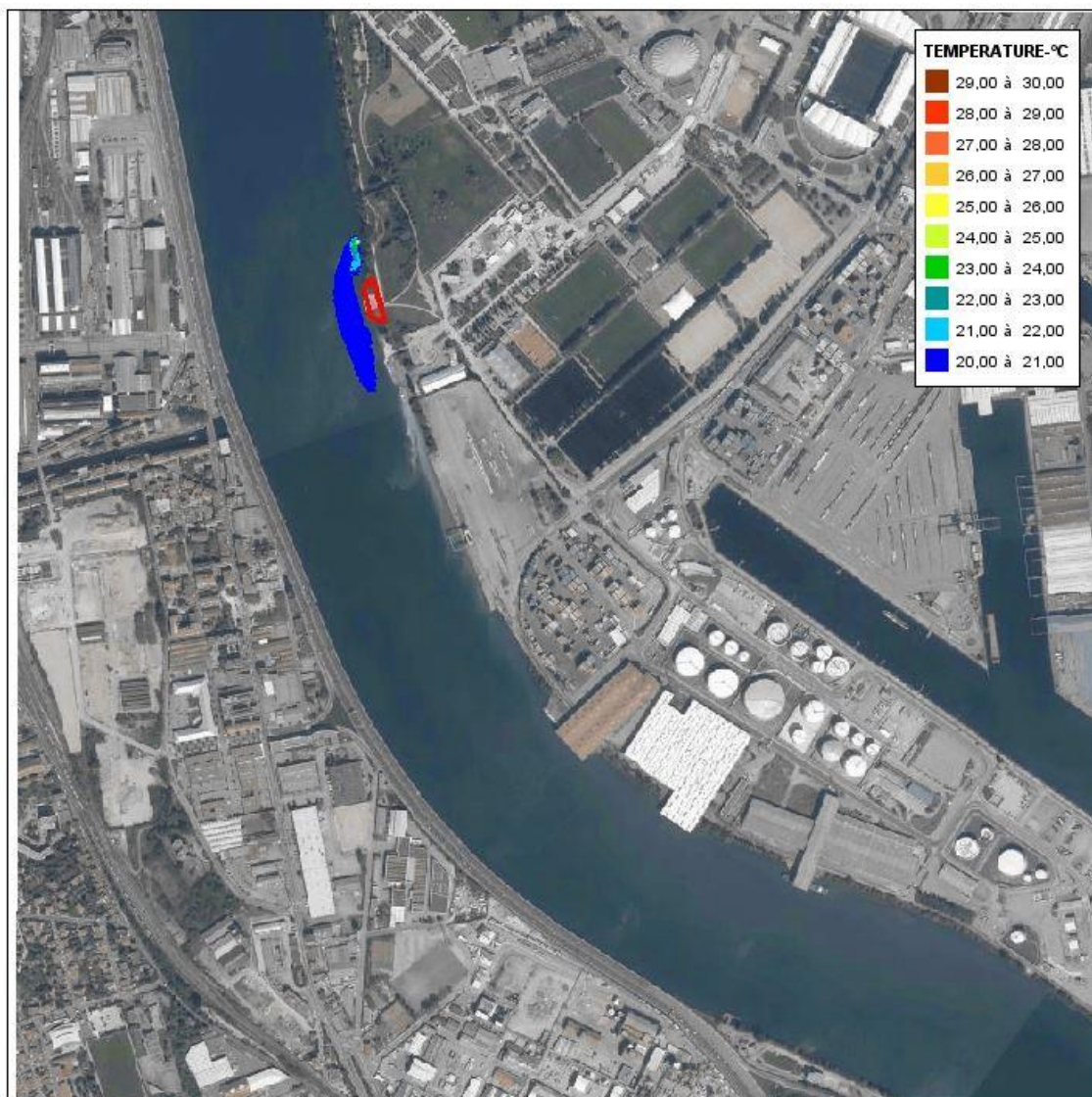


Figure 44 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P2 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage

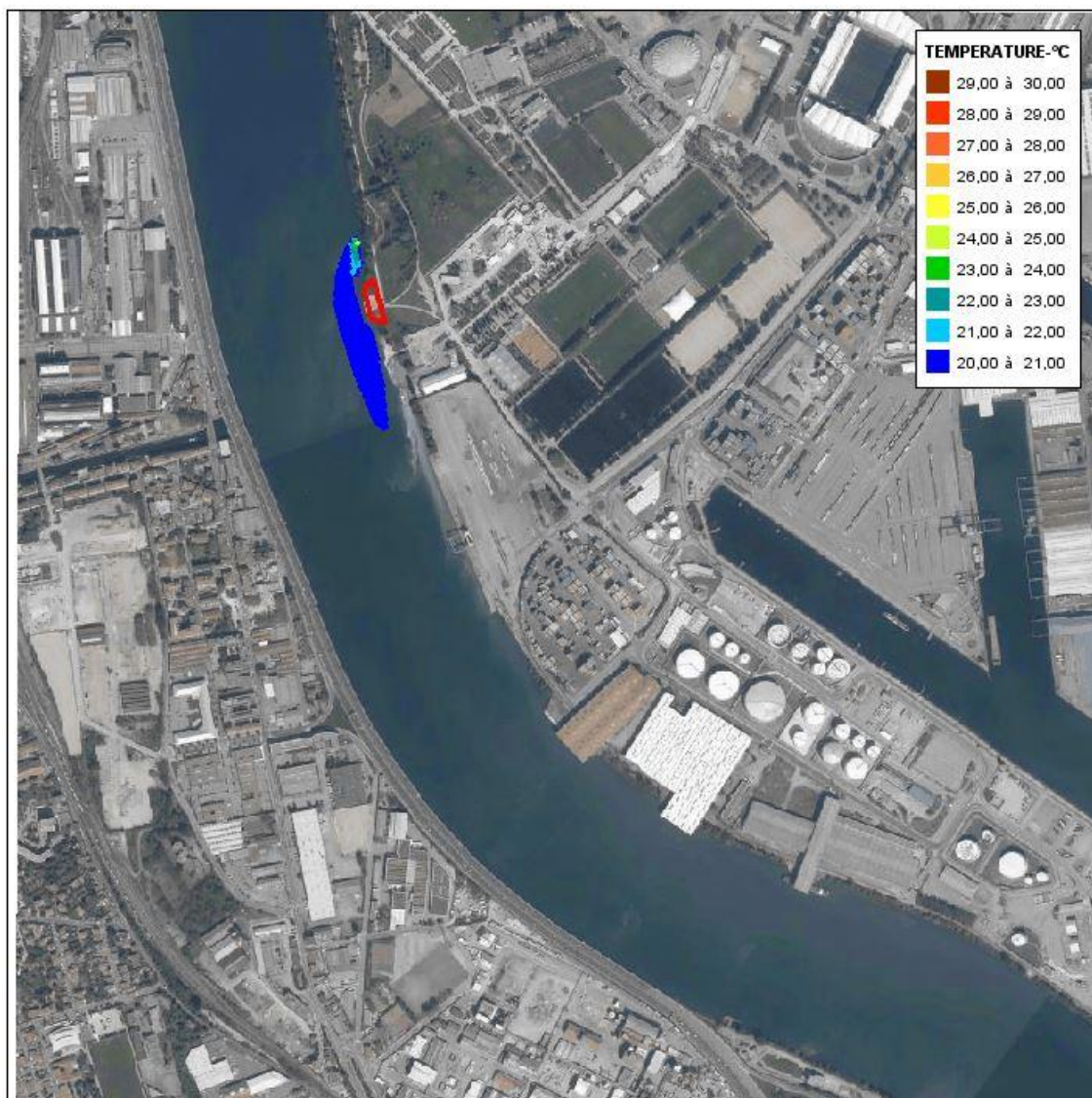


Figure 45 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P3 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage

12.4.2.3 Comparaison et bilan de la modélisation

Avec un rejet au Nord de la plateforme d'amarrage, le panache obtenu pour le débit moyen pendant la période P1 est plus étendu dans le sens de la largeur et plus chaud que celui avec un rejet au sud (Annexe 5).

Ceci s'explique par le fait qu'au Sud, du fait de la localisation du rejet à l'aval immédiat de la plateforme d'amarrage, des tourbillons de vitesses sont observés, accélérant ainsi la dilution.

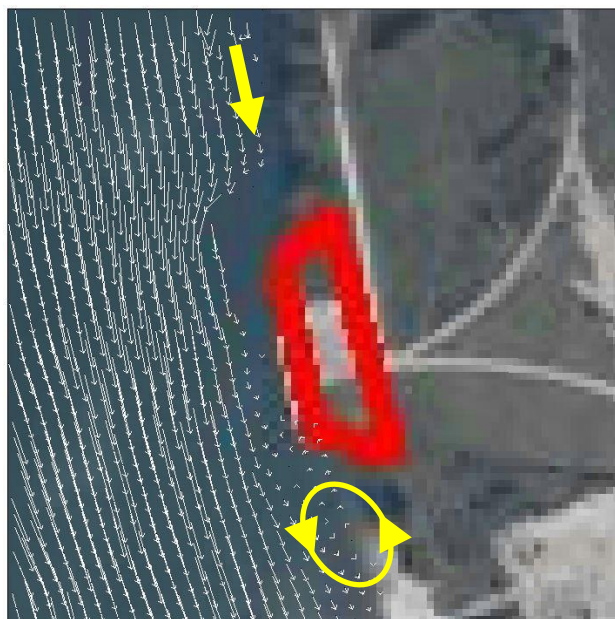


Figure 46 : Vecteur vitesse de l'écoulement autour de la plateforme d'amarrage

En situation établie (pour la période P3) pour un débit moyen, le panache est moins étendu mais plus large. Ceci s'explique par le contournement partiel de la plateforme d'amarrage.

Pour le rejet des débits maximum, le panache contourne entièrement la plateforme. Le panache total obtenu est moins étendu et moins chaud que celui obtenu avec un rejet au Sud du fait de l'accélération de la dilution au droit du contournement de la plateforme d'amarrage.

En effet, pour un rejet au Nord, la plateforme joue un effet de déflecteur qui détourne le panache vers le centre du lit, à un endroit où les vitesses sont plus importantes. La dilution du panache est plus rapide. Pour un rejet au sud, le panache longe la berge et reste globalement dans une zone (le long de la berge) où les vitesses sont plus faibles. La dilution est moindre et l'impact plus étendu.

Il apparaît donc qu'une injection au nord génère un impact légèrement plus important pour un rejet moyen sur la première période. En situation établie pour un débit moyen, le panache est moins étendu mais plus large et similaire en termes de différence de température.

Quelle que soit la localisation du point de rejet, pour un fonctionnement moyen, le panache thermique reste toutefois très limité (au maximum d'environ 100m de long et 30m de large).

En fonctionnement maximal, la distinction entre un rejet au nord ou au sud est plus marquée. Le rejet au nord présente un panache moins étendu et moins chaud que celui obtenu avec un rejet au sud de la plateforme d'amarrage. La position du point d'injection en amont de la plateforme d'amarrage, qui oriente le flux chaud vers le centre du lit, semble donc plus favorable.

La position du point d'injection en amont de la plateforme d'amarrage, qui oriente le flux chaud vers le centre du lit, semble donc plus favorable car il limite l'impact sur les berges de la rive gauche du Rhône.

Par ailleurs, les résultats sont à minimiser car l'hypothèse de température du Rhône prise en compte dans ce modèle est de 20°C et le delta des eaux de rejet est de + 10°C, soit 30°C (température maximale de rejet). Or les eaux captées seront en moyenne à 16,4 °C, soit une eau rejetée à 26,4 °C. L'impact en moyenne sera donc de 26,4°C et non de 30 °C comme indiqué sur les différentes cartes. La température maximale de rejet sera de 26,4°C au lieu de 30 °C.

Concernant les résultats présentant le Qmax, ces derniers ne sont pas représentatifs de la réalité. En effet, l'installation fonctionnera en Qmax ponctuellement (en continu il a été évalué à 3 semaines). Les impacts présentés en Figure 43, Figure 44, Figure 45 sont donc largement surestimés.

Finalement, en prenant en compte les Qmoyens sur les périodes P1, P2 et P3, les panaches observés avec un impact de +1°C seront compris entre 0 à 15 m de long et 0 à 14 m de large. Les impacts seront donc faibles et très locaux.

12.4.2.4 Impact du réchauffement climatique

La problématique du réchauffement climatique et donc de la baisse de la ressource à l'horizon 2100 a été prise en compte dans le cadre de la modélisation. L'ensemble des calculs sont basés sur une valeur de débit du Rhône de 370 m³/s (soit 67% inférieure à la valeur du débit du module moyen du Rhône de 1030 m³/s).

De plus dans le cadre de la modélisation du rejet au Rhône, une analyse de sensibilité a été effectuée en prenant en compte le VCN1 du Rhône soit 193 m³/s. La simulation a été effectuée sur la localisation au Sud de la plateforme, soit la solution la moins favorable.

« Le panache ainsi obtenu a une longueur de 721 m au lieu de 928 m et une largeur de 70 m au lieu de 68m). Le panache est donc plus court et légèrement plus large. Le gradient de température est toutefois plus élevé puisqu'on observe une différence de température allant jusqu'à +10°C à l'échelle des mailles modélisées. »

Le panache est plus chaud mais moins long, car il y a moins d'entraînement. Etant donné que le rejet sera effectué au Nord de la Plateforme, les incidences seront moindres que celle présentée ci-dessus. Grâce à la plateforme qui détourne le panache vers le centre du lit, à un endroit où les vitesses sont plus importantes, la dilution du panache est plus rapide.

12.4.2.5 Incidence qualitative

Pour quantifier l'impact physico-chimique des eaux de rejet sur le Rhône, des analyses d'eau seront effectuées au niveau de la zone de captage et dans le Rhône pour s'assurer que les qualités physico-chimiques correspondent. A ce stade, il a été considéré que les eaux étaient de même qualité, les eaux de la nappe provenant du Rhône.

12.4.3 Impact sur le paysage

La centrale de froid sera implantée dans un local existant semi enterré. Il n'y aura donc pas d'emprise foncière mobilisée pour cet équipement. Seules les créations d'un accès principal et d'un accès secours seront réalisées. Ces accès seront créés dans le respect de l'esprit architectural qui a été retenu lors de la construction du bâtiment Skate parc.

12.4.4 Impact sur la faune et la flore

Dans le cas d'un rejet au Rhône, la modification des températures du Rhône du fait d'un rejet d'eau chaude en rive gauche peut générer un impact sur la flore et la faune. En effet, la hausse de la température de l'eau peut provoquer une eutrophisation (développement de la végétation aquatique). De plus, elle peut impacter le développement de la faune piscicole puisque les poissons ont une tolérance thermique différente en fonction des espèces et de leur stade de développement comme illustré ci-dessous.

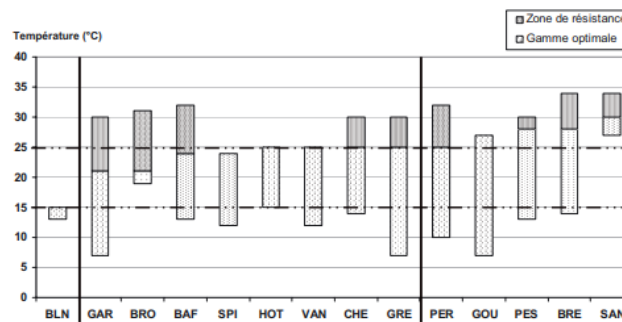


Fig. 2. Représentation de la gamme des températures optimales et de la gamme de résistance à la température pour le juvénile de chacune des espèces étudiées.

Fig. 2. Optimum temperature range and resistance temperature range for juvenile of each studied species.

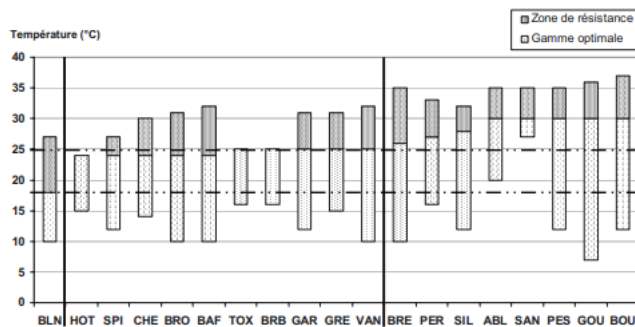


Fig. 3. Représentation de la gamme des températures optimales et de la gamme de résistance à la température pour l'adulte de chacune des espèces étudiées.

Fig. 3. Optimum temperature range and resistance temperature range for adult of each studied species.

Tableau I. Nom vernaculaire, nom latin et code des 19 espèces étudiées.
Table I. French name, Latin name and code of the 19 studied species.

Code	Famille	Nom vernaculaire	Nom latin
ABL	Cyprinidae	ablette	<i>Alburnus alburnus</i>
BAF	Cyprinidae	barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>
BLN	Cyprinidae	blageon	<i>Telestes souffia</i>
BOU	Cyprinidae	bouvère	<i>Rhodeus sericeus</i>
BRB	Cyprinidae	brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>
BRE	Cyprinidae	brème commune	<i>Abramis brama</i>
BRO	Esocidae	brochet	<i>Esox lucius</i>
CHE	Cyprinidae	chevesne	<i>Leuciscus cephalus</i>
GAR	Cyprinidae	gardon	<i>Rutilus rutilus</i>
GOU	Cyprinidae	goujon	<i>Gobio gobio</i>
GRE	Percidae	grémille	<i>Gymnocephalus cernuus</i>
HOT	Cyprinidae	hotu	<i>Chondrostoma nasus</i>
PER	Percidae	perche fluviatile	<i>Perca fluviatilis</i>
PES	Centrarchidae	perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>
SAN	Percidae	sandre	<i>Stizostedion lucioperca</i>
SIL	Siluridae	silure	<i>Silurus glanis</i>
SPI	Cyprinidae	spirin	<i>Alburnoides bipunctatus</i>
TOX	Cyprinidae	toxostome	<i>Chondrostoma toxostoma</i>
VAN	Cyprinidae	vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>

Figure 47 : Gamme des températures de la faune piscicole

Source : Synthèse des tolérances thermiques des principales espèces de poissons des rivières et fleuves de plaine de l'ouest européen par L. Tissot et Y. Souchon de mars 2011

Toutefois, du fait de l'arrivée de la Saône, affluent « chaud » et de la traversée de Lyon, le peuplement du Bas Rhône est caractérisé par la dominance d'espèces léniophiles (qui affectionnent les milieux lents) et thermophiles (capables de vivre à des températures très élevées) : le gardon, l'ablette, la brème bordelière, la perche-soleil, le poisson-chat, la brème commune, le rotengle et la tanche. L'anguille est aussi présente dans cette partie du Rhône. (Source : *Le Rhône en 100 questions* – Ouvrage collectif sous la direction de Jean-Paul Bravard et Anne Clémens)

Ainsi, à l'exception de la brème bordelière (et des espèces non étudiées telles que poisson-chat, rotengle et tanche), **l'ensemble des espèces potentiellement présentes dans le Rhône au droit du rejet sont capable de supporter (en fonctionnement optimal voire en résistance) des hausses de température de l'ordre de celles obtenues dans cette étude.** D'autant plus que les hausses de températures élevées sont très localisées. Ainsi les espèces peuvent trouver ailleurs sur le Rhône, des secteurs sans hausse de températures (si toutefois ce secteur en particulier n'est pas un lieu de frayère – peu probable étant donné la localisation à proximité immédiate du Port Edouard Herriot). Une étude approfondie des espèces effectivement présentes et de d'habitats intéressants sur les zones thermiquement impactées pourrait être menée. Toutefois il est important de préciser que les berges situées en aval du rejet sont fortement urbanisées comme montrées sur la figure suivante (constituées de palplanches et de berge bétonnée).



Figure 48 : Orthophotographie de la métropole du Grand Lyon – 2018 – montrant les berges du Rhône à proximité du projet

12.4.5 Impact sur l'air et le climat

12.4.5.1 Choix du fluide frigorigène

Le fluide frigorigène employé sera de type HFC (R513A ininflammable Catégorie A1 et à toxicité faible) ou HFO (R1233Zd ininflammable catégorie A1 à toxicité faible). Le choix de l'utilisation d'un fluide frigorigène à Potentiel de Réchauffement Planétaire (PRP ou GWP) inférieur à 650 a été fait pour limiter son impact sur l'environnement. De plus, à ce jour il n'existe pas de date d'interdiction d'utilisation de ces produits.

Néanmoins, conformément à la réglementation, une détection de fluide frigorigène sera mise en place afin de détecter et réparer toute fuite. Des contrôles réguliers d'étanchéité seront également réalisés.

12.4.5.2 Impact sur l'air et sur le climat

Le projet permet de recourir à une solution limitant les apports carbonés par rapport à une installation classique compte tenu que l'énergie primaire est l'électricité produite majoritairement de manière nucléaire (75% environ en moyenne ces dernières années) et également par des énergies renouvelables (15 à 20% environ ces dernières années) en France. Il faut également considérer que l'installation se substituera à des productions locales réalisées avec de petites machines dont les rendements sont bien inférieurs. L'installation par elle-même aura une incidence très faible sur le changement climatique. Au global, elle aura une incidence positive sur le changement climatique.

La ventilation mécanique du local technique a été conçue conformément à la norme EN 378-3. Elle sera dimensionnée en fonction de la masse de fluide frigorigène contenue dans les groupes. En dehors de tout sinistre, la ventilation du local technique, qui sera asservie à la détection de fluide frigorigène en cas de fuite, ne portera pas atteinte à la qualité de l'air.

En revanche, en cas de fuite, comme expliqué dans le paragraphe précédent, les fluides frigorigènes envisagés à ce stade pourront présenter un impact non négligeable sur le réchauffement climatique ($GWP/PRP < 650$). Néanmoins, comme expliqué dans le paragraphe précédent, l'objectif est de mettre en œuvre des gaz respectant la réglementation 2030 qui vise à supprimer les gaz à effet de serre les plus importants.

12.4.5.3 Compatibilité avec le PPA

Les principaux objectifs du PPA sont de diminuer les particules fines et le dioxyde d'azote.

Pour les particules fines, les principaux axes d'amélioration identifiés sont l'industrie dont les chantiers, le chauffage biomasse et bois individuel en particulier et les transports.

Pour le dioxyde d'azote, il s'agit de l'industrie et des transports.

Le mode de production d'eau glacée avec des machines fonctionnant à l'électricité n'émettra pas de particules fines, ni de dioxyde d'azote et va donc dans le sens du PPA.

12.4.5.4 Impact du changement climatique

Dans la dernière simulation thermique le confort thermique ainsi que les consommations énergétiques prévisionnelles du projet en prenant en compte le réchauffement climatique ont été évalués.

12.4.5.5 Impact sur le sol

Des dispositions spécifiques seront prises pour la protection de l'environnement pour éviter les impacts sur le sol en cas d'incident : bacs de rétention sous les engins en cas de fuite d'hydrocarbure, fourniture de papiers absorbants aux équipes de foration, sensibilisation des équipes à l'environnement.

L'exploitation géothermique de la nappe n'aura aucune incidence sur le sol.

12.4.6 Impact sur le bruit

12.4.6.1 Fonctionnement des groupes froid

La centrale de froid respectera la réglementation en termes d'exigence sonore en ZER.

L'installation sera localisée dans un local spécifique isolé et fermé et semi enterré. Les parois extérieures du local sont en béton et les parois intérieures en bloc à bancher. Des pièges à son pourront si nécessaire être installés au niveau des prises d'air et de rejet pour respecter la réglementation. Les dispositions acoustiques seront validées par un bureau d'études acoustique. Ces dispositions limiteront la gêne acoustique.

Les nuisances sonores à l'extérieur du local respecteront le Code de la Santé publique.

L'accès au local sera réservé au personnel de maintenance formé et suivi. Une signalisation adaptée sera mise en place afin de limiter l'accès aux personnes formées et disposant d'EPI conformément au Code du travail (articles R4431-1 et 4, R4432-1, R4433-2 à 7, R4434-1 à 10, R4435-2 à 5 et R4436-1). Le projet respectera les VAS (valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action) valeur maximale continue de 85 dB et la valeur de crête de 135 dB(A).

Le projet respectera donc la réglementation en vigueur : Code de la santé publique et le Code du travail.

12.4.6.2 Réalisation des travaux de foration :

Le chantier respectera le Code de la santé publique et en particulier l'article R1336-10 concernant les travaux publics. Des précautions seront prises pour limiter le bruit.

Les travaux seront réalisés en semaine (du lundi au vendredi) et en journée, de 7h30-12h et 13h-18h, les machines seront arrêtées dès qu'elles ne seront pas utilisées ce qui limitera l'impact des nuisances sonores sur le voisinage. Seul l'essai en vraie grandeur de 48 h occasionnera des gênes sonores 2 nuits (absence d'habitations à proximité). Enfin, il sera possible d'éloigner le groupe d'électrogène des habitations les plus proches (cas du captage C6).

Le chantier ne sera pas accessible au public.

12.4.7 Impact sur le patrimoine culturel

L'exploitation géothermique de la nappe n'aura aucune incidence sur le patrimoine culturel.

12.4.8 Impact sur la santé et l'hygiène

Les travaux seront réalisés en conformité avec la législation en vigueur pour la protection des travailleurs.

La maintenance sera assurée par une entreprise spécialisée et l'accès au local technique sera réservé exclusivement aux personnels techniques habilités à y pénétrer (personnel formé aux installations et pompes).

12.4.9 Impact sur la salubrité publique

En exploitation, la centrale de froid ne présentera aucune gêne pour le voisinage. Compte tenu de l'implantation de l'installation dans un local technique isolé, les nuisances sonores (cf. 9) seront limitées et il n'y aura ni nuisance olfactive, ni nuisance visuelle, ni vibration.

Par ailleurs, dans le cadre de son fonctionnement, l'installation de climatisation ne sera pas génératrice de déchets puisque le fluide frigorigène fonctionne en circuit fermé étanche. Aucune régénération, aucun complément ou remplacement ne sera nécessaire.

12.4.10 Impact sur la sécurité civile

Au vu des caractéristiques du projet et des moyens de protections mis en œuvre (cf. chapitre 10), l'exploitation de la centrale de froid n'aura aucun impact sur la sécurité civile.

12.4.11 Transport – accessibilité

L'installation thermique étant localisée dans un local technique spécifique, les forages de captage et la chambre de raccordement dans des espaces verts, l'exploitation géothermique de la nappe n'aura aucun impact sur le transport et l'accessibilité au voisinage du projet.

12.5 Mesures d'évitement et de réduction des impacts

La liste des impacts est reportée dans les tableaux suivants.

Les mesures d'évitement et de réductions des impacts identifiés aux chapitres 6.3 et 6.4 ainsi que les impacts résiduels qui en découlent sont synthétisés dans les tableaux ci-dessous. Il ressort de cette analyse que les impacts hydrodynamiques résiduels de l'installation seront faibles en phase d'exploitation. Cependant, les impacts thermiques seront non négligeables sur le projet et sur les forages et ouvrages avoisinants, en particulier l'installation 11 et le drain CNR (cf. paragraphe 6.4.2 Impact sur les eaux souterraines).

C'est pourquoi, au stade de l'étude, une réflexion est portée sur une réinjection directement au Rhône qui d'après les résultats de la modélisation présentés en Annexe 5 présenterait un impact thermique faible sur le Rhône et à proximité. En effet, cette solution permettrait de s'affranchir des incidences thermiques engendrées sur l'installation 11 et le drain CNR et du recyclage thermique sur le projet de la Centrale de Froid.

En phase travaux, les impacts résiduels seront faibles et limités dans le temps.

Tableau 21 : Synthèse des impacts et des mesures d'évitement et de réduction

Impacts identifiés, mesures d'évitement et de réduction et impacts résiduels pour le projet de central de Froid alimentées par la nappe pour le futur réseau de froid urbain à Lyon 7 (69)					
	Impacts identifiés		Mesures d'évitement et de réduction	Impacts résiduels	
	Identification	Qualification		Identification	Qualification
Eaux souterraines	Risque de mise en communication de la nappe de la molasse et de la nappe des alluvions.	Nul	Les ouvrages capteront uniquement la nappe d'accompagnement du Rhône et non la nappe de la molasse sous-jacente comme en attestent leurs coupes prévisionnelles. La foration fera l'objet d'un suivi par un hydrogéologue d'ARCHAMBAULT CONSEIL afin de capter uniquement les alluvions.	-	-
	- En phase travaux, risques de pollution accidentelle de la nappe par les engins de foration (en cas de fuite d'hydrocarbures), risque de malveillance par déversement dans les forages en dehors des heures de chantier. - Lors du pompage en vraie grandeur, injection des eaux pompées dans le forage de rejet : risque de pollution.	Faible à nul	1/ Les mesures spécifiques mises en œuvre pour la protection de l'environnement permettront d'éviter les impacts sur la nappe : sensibilisation des équipes à l'environnement, sécurisation des têtes de puits tous les soirs, contrôle d'accès sur le chantier, cuve hydrocarbures double parois. En cas d'incident des mesures sont prévues : bacs de rétention sous les engins en cas de fuite d'hydrocarbure, papiers absorbants. 2/ Lors de l'essai en vraie grandeur (l'intégralité des eaux pompées dans les captages seront réinjectées au Rhône, étant donné que le circuit sera fermé, aucun rejet autre que de l'eau souterraine ne sera effectué. 3/ Les consignes propres aux chantiers seront respectées et l'application des mesures de protection sera respectée par un maître d'œuvre.	-	-
	- En phase d'exploitation, risque de pollution de la nappe par le biais des forages. - Risque de pollution en cas de fuite du circuit de fluide frigorigène	Faible à nul	1/ Les moyens de protection prévus par le demandeur : tête étanche pour les forages de captage et rejet, regard surélevé et margelle, cimentation , ainsi que l'absence d'échange entre les eaux de la nappe et le milieu extérieur (circuit fermé pour la nappe et circuit intermédiaire entre la nappe et le fluide frigorigène) permettront d'éviter la dégradation qualitative de la nappe en phase d'exploitation. 2/ Le respect des recommandations d'exploitation et l'entretien courant des installations devraient permettre de préserver la qualité des eaux souterraines.	-	-
	- Incidence du prélèvement sur la ressource en eaux souterraine.	Faible	Les eaux pompées seront réinjectées au milieu naturel d'où elles proviennent. Le Rhône au droit du projet alimente la nappe. L'incidence peut être considérée comme négligeable.	-	-
	-Le fonctionnement des forages entrainera localement des incidences hydrodynamiques : Incidence hydrodynamique attendue inférieurs à 0,1 m au-delà d'environ 325 m au débit moyen, et à 450 m (hypothèse sécuritaire) au débit maximal.	Faible (hydrodynamique)	1/ Les incidences hydrodynamiques évaluées étant faibles, aucune mesure d'évitement et de réduction n'est prévue. Les incidences hydrodynamiques seront contrôlées lors des essais de pompage.	Idem impacts identifiés	Idem impacts identifiés
	Aucune installation BASOL (base de données compilant les pollutions avérées) ou ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) n'est référencée au droit du site, toutefois il en existe plusieurs aux alentours. Le Port Edouard Herriot au sud héberge plusieurs dépôts pétroliers et des pollutions aux hydrocarbures sont avérées et traitées. Au Nord, une pollution causée par les Laboratoires AGUETTANT a été récemment traitée. L'examen de l'incidence du projet (cf. § 12.4.2.5) a mis en évidence que l'exploitation du dispositif de forages de captage et en particulier de rejet de l'installation géothermique n'aura pas d'incidence et ne pourra en particulier pas favoriser le transfert des polluants identifiés au droit de ces zones. Une analyse des cuttings du forage de reconnaissance sera réalisée pour déterminer la qualité physicochimique du sol et anticiper une réaction dans le cas d'une pollution.	Faible	Etant donné l'absence d'impact du projet sur la qualité de la nappe, aucune mesure d'évitement et de réduction ne sera prise - les incidences hydrodynamiques seront contrôlées lors des essais de pompage et la qualité des eaux souterraines sera contrôlée par des analyses d'eau souterraines lors de travaux de reconnaissance dans les zones de captage et de rejet	-	-
Eaux superficielles	- Rejet des eaux captées au Rhône -Risque thermique sur le Rhône	Négligeable	Les eaux rejetées seront de mêmes compositions que les eaux prélevées. Il n'y aura aucun changement dans la chimie des eaux. Des analyses chimiques sur le Rhône et les eaux de la nappe seront réalisées pour vérifier la qualité physico-chimique. D'après l'étude menée en Mars 2021 sur l'impact d'un rejet vers le Rhône, ce dernier serait faible voir négligeable. En effet il serait inférieur à 1°C à sur une largeur de 0 à 14 m et une longueur de 0 à 15 m. Les caractéristiques hydrodynamique du Rhône (débits, volumes,...) permettent une dilution rapide des eaux chaudes réinjectées. Cet impact serait négligeable.	-	-

Impacts identifiés, mesures d'évitement et de réduction et impacts résiduels pour le projet de central de Froid alimentées par la nappe pour le futur réseau de froid urbain à Lyon 7 (69)					
	Impacts identifiés		Mesures d'évitement et de réduction	Impacts résiduels	
	Identification	Qualification		Identification	Qualification
Paysage	Néant	Nul	-	-	-
Faune - flore	Néant	Nul	Dans le cas d'un rejet vers le Rhône, le panache thermique issu des eaux réinjectées suivrait les berges de la rive gauche du Rhône. Toutefois, au vu de l'impact thermique faible (+ 2° à + 3 °C max), de la taille du panache thermique, de l'urbanisation des berges, l'ensemble des espèces potentiellement présentes dans le Rhône au droit du rejet sont capable de supporter (en fonctionnement optimal voire en résistance) des hausses de température de l'ordre de celles obtenues dans cette étude.	-	Faible
Air - climat	En phase chantier, les engins de foration et le groupe électrogène généreront des gaz à effet de serre qui ont également un impact sur la qualité de l'air (particules fine et dioxyde d'azote).	Faible	Les rejets sont limités dans le temps et les engins utilisés sont régulièrement entretenus et respectent les normes en vigueur. L'impact sera donc faible	- Impact réduit sur la qualité de l'air en phase chantier.	Faible
	En phase définitive, le projet n'émettra pas ces polluants compte tenu que le projet sera chauffé au moyen d'une PAC.	Nul	-	-	-
	En phase d'exploitation risques liés à une fuite de gaz frigorigène pour les personnes intervenant dans le local ou pour les usagers du bâtiment.	Faible	Ventilation du local technique dimensionnée en fonction de la quantité de fluide frigorigène présent et asservie à un détecteur de fluide frigorigène Choix d'un fluide frigorigène peu toxique.	Impact à moyen et long terme positif sur le climat compte tenu de la performance de l'installation par rapport aux performances des installations auxquelles elle se substitue	-
	Impact du fluide frigorigène utilisé pour l'air (impact sur la couche d'ozone nul) et le climat (fluide présentant un PRG relativement élevé) en cas de fuite	Nul à élevé	Contrôle des fuites avec un détecteur et des mesures régulières (contrôle de la pression du circuit) - Suivi et maintenance par une entreprise spécialisée	Impact sur le climat (réchauffement climatique) en cas de fuite avant réparation	Faible
Sol	En phase travaux, risques de pollution accidentelle	Faible	Les protections spécifiques mises en œuvre pour la protection de l'environnement en phase chantier évoquées ci-dessus pour la protection de la nappe empêcheront un impact accidentel sur le sol.	-	-
Bruit	En phase travaux, la réalisation des forages engendrera des nuisances sonores pour le voisinage immédiat. Les machines de foration produiront ponctuellement 92 dB(A) à 1 m et 88 dB(A) à 7 m. Le groupe électrogène utilisé pendant les pompages respectera les normes européennes : la puissance acoustique ne dépassera pas 97 dB(A) et le niveau sonore sera inférieur à 72 dB(A) à 7 m. Le chantier sera ouvert de 7h30 à 12h et de 13h à 18h. Les machines seront à l'arrêt dès qu'elles seront inutilisées.	Faible	1/ Le chantier ne sera pas accessible au public. 2/ Le personnel de chantier disposera d'EPI. 3/ Les habitations, les commerces ou bureaux les plus proches sont situés à 30 m du premier forage, le deuxième sera éloigné de + 25 m et ainsi de suite pour les 6 forages de captage. Concernant les forages de rejet ils sont éloignés de plus de 390 m des premiers bâtiments résidentiel. Les structures les plus proches sont des bâtiments de loisirs. 4/ Les travaux de foration et les essais de pompage seront réalisés en semaine (du lundi au vendredi) et en journée, ce qui limitera l'impact des nuisances sonores sur le voisinage. Seul l'essai en vrai grandeur de 48 h occasionnera des gênes sonores 2 nuits (absence d'habitations à proximité). 5/ L'entreprise qui réalisera les ouvrages respectera la réglementation en vigueur : Code de la santé publique et Code du travail.	Léger impact sonore en journée et en semaine et deux nuits lors de l'essai de pompage en vrai grandeur durant la phase travaux. Le groupe électrogène sera éloigné des habitations (cas du captage C1).	Faible
	les groupes de froid respecteront la réglementation en zone ZER	Faible	1/ L'installation sera localisée dans un local spécifique isolé et fermé. Les parois du local sont prévues en béton. Des pièges à son pourront être prévues au niveau des prises d'air et de rejet pour limiter l'impact sonore de l'installation. Les dispositions acoustiques seront validées par un bureau d'études acoustique. Les nuisances sonores à l'extérieur du local respecteront le Code de la Santé publique. 2/ L'accès au local sera réservé au personnel de maintenance formé et suivi. Une signalisation adaptée sera mise en place afin de limiter l'accès aux personnes formées et disposant d'EPI conformément au Code du travail. Le projet respectera les VAS (valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action) : valeur maximale continue de 85 dB et la valeur de crête de 135 dB(A)	-	-
Patrimoine culturel	Néant	Nul	-	-	-
Santé - hygiène	En phase travaux, risques pour le personnel intervenant.	Faible	Les travaux seront réalisés en conformité avec la législation en vigueur pour la protection des travailleurs.	-	-
	En phase d'exploitation, risques pour la santé des personnels en charge de la maintenance des installations	Faible	La maintenance sera assurée par une entreprise spécialisée.	-	-
Salubrité publique	Néant	Nul	-	-	-
Sécurité civile	Néant	Nul	-	-	-
Transport - accessibilité	Néant	Nul	-	-	-

12.6 Mesures compensatoires

Compte tenu que les impacts résiduels identifiés lors de l'étude, des mesures d'évitements et de réduction des impacts (cf. paragraphes 12.5) sont presque toutes qualifiées de nuls à faibles. Il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre des mesures compensatoires au droit du projet.

D'après l'étude menée en mars 2021, présentée en Annexe 5, l'impact thermique serait faible sur le Rhône.

12.7 Compatibilité des risques industriels du projet avec la sécurité publique

Non concerné.

12.8 Chiffrage des mesures d'évitement et de leurs indicateurs de suivi

Le tableau ci-dessous propose un budget possible des mesures d'évitement :

Tableau 22 : Budget des mesures d'évitement et de réduction

Budgets des mesures d'évitement et de réduction et des indicateurs de suivi pour le projet de création d'une centrale de froid à Gerland - Lyon 7 (69)			
	Mesures d'évitement et de réduction	Budget (€ HT)	Fréquence
Eaux superficielles	Mise en place d'une chambre de refoulement	828 750 €	
Eaux souterraines	Suivi par un hydrogéologue	25 000 €	-
	Regard étanche ; margelle, cimentation	115 000 €	-
	Nettoyage/régénération d'un forage si besoin.	17 000 €	En cas de besoin
	Piézomètre de contrôle et suivi du niveau d'eau	9 000 €	-
	Analyses d'eau et inspections vidéo des ouvrages régulières en exploitation	10 000 €	
Bruit	Local spécifique isolé et fermé, les parois du local sont prévues en béton. Des pièges à sons pourront être prévues au niveau des prises d'air et de rejet.	40 000 €	-
Air - climat	Ventilation du local technique dimensionnée en fonction de la quantité de fluide frigorigène présent et asservie à un détecteur de fluide frigorigène	10 000 €	
	Contrôle régulier de l'étanchéité des circuits de fluide frigorigène	600 €	2 fois par an
	Maintenance en cas de fuite par une entreprise spécialisée (prix d'une intervention sans le complément de gaz)	400 €	En cas de besoin
Total	Mesures d'évitement et de réduction et des indicateurs de suivi : budget initial investissement	325 000 €	-
	Mesures d'évitement et de réduction et des indicateurs de suivi : budget annuel fonctionnement	18 000 €	annuelle (pouvant être réduite en cas d'absence de problème : minimum 10 ans)
	Mesures d'évitement et de réduction et des indicateurs de suivi : budget fonctionnement : régénération d'un forage en fonction des besoins	18 600 €	en fonction des besoins

13 RESUME NON TECHNIQUE

Dans le cadre du projet de développement du réseau de froid urbain dans le quartier de Gerland à Lyon (69), DALKIA via sa filiale CHAUFFAGE URBAIN CENTRE METROPOLE envisage de réaliser la production de froid à l'aide d'une centrale de froid alimentée sur eau de nappe.

D'après les renseignements fournis par DALKIA, les hypothèses de fonctionnement retenues pour l'exploitation géothermique envisagée de la nappe sont reportées dans les tableaux suivants :

- Période 2022 - 2025

Période 2022 – 2025			
Puissance maxi appelée estimée : 6 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à Septembre	6 mois Octobre à Mars	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	1 317 586 m ³	506 358 m ³	1 823 943 m ³
Débit géothermal maximal	975 m ³ /h	195 m ³ /h	975 m ³ /h
Débit géothermal moyen	301 m ³ /h	116 m ³ /h	208 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

- Pour la période 2026 – 2029 :

Période 2026 – 2029			
Puissance maxi appelée estimée : 12,5 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à Septembre	6 mois Octobre à Mars	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	2 093 149 m ³	598 094 m ³	2 691 243 m ³
Débit géothermal maximal	1220 m ³ /h	245 m ³ /h	1 220 m ³ /h
Débit géothermal moyen	478 m ³ /h	137 m ³ /h	307 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

- Pour la période 2030 et au-delà :

Période 2030 et au-delà Puissance maxi appelée estimée : 15 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à octobre	6 mois Octobre à avril	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	2 615 259 m ³	695 866 m ³	3 311 125 m ³
Débit géothermal maximal	1 465 m ³ /h	293 m ³ /h	1 465 m ³ /h
Débit géothermal moyen	597 m ³ /h	159 m ³ /h	378 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

Au vu des caractéristiques prévisionnelles du projet d'exploitation géothermique, il apparaît que la réalisation et la mise en service d'une centrale de froid, alimentée en eau de nappe par un dispositif de forages captage/ouvrage de rejet au Rhône, est réglementée par le Code Minier et le Code de l'Environnement. Le régime réglementaire du projet d'exploitation géothermique de la nappe est synthétisé dans le tableau suivant :

REGIME REGLEMENTAIRE APPLICABLE AU PROJET			
Code	Nature de l'opération	Rubrique ou décret concerné	Régime réglementaire
Minier	Travaux souterrains à plus de 10 m de profondeur	L411-1	Déclaration
	Puissance thermique maximale restituée de 17,2 MW	2015-15 2006-649	Autorisation
	Profondeur des ouvrages de 20 m	2015-15 2006-649	Non soumis
Environnement	Réalisation des forages	1.1.1.0	Déclaration
	Prélèvement à un débit maximal de 1 465 m ³ /h	1.2.1.0	Non soumis
	Travaux de recherche et d'exploitation de gîtes géothermiques	5.1.2.0	Autorisation
Code Minier			Autorisation

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Ainsi, au vu des hypothèses de fonctionnement actuellement retenues, le projet d'exploitation géothermique nécessite d'établir un dossier d'autorisation au titre du Code Minier afin d'obtenir un titre minier et une autorisation d'ouverture de travaux miniers d'exploitation.

Dans le cadre de cette procédure, 2 dossiers ont donc été fournis :

- Un premier dossier regroupant les deux dossiers suivants :
 - Dossier de demande de permis d'exploitation de gîte géothermique basse température ;
 - Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux miniers d'exploitation ;
- Un résumé non technique.

La durée du titre sollicitée correspond à la période maximale autorisée, soit 30 ans (du décret n°78-498).

Le prélèvement sera effectué au droit de 6 ouvrages de captage (C1, C2, C3, C4, C5 et C6) situés sur le domaine public au sein du Parc Naturel de Gerland, au Nord Est du site et au Nord du bâtiment du Skate Park. Les eaux pompées seront intégralement réinjectées, après passage dans les échangeurs thermiques, dans 1 ouvrage de rejet situé 50 m au Nord du ponton d'amarrage du Parc de Gerland, dans l'angle Sud-Ouest du projet au niveau d'espaces verts. Le dispositif sera exploité au débit maximal de 1 465 m³/h en phase finale.

En considérant un terrain naturel à 165 m NGF, les forages seront réalisés jusqu'à une profondeur de 20 m/TN (soit jusqu'à la cote de 145 m NGF).

Pour les forages de captage, les caractéristiques lithologiques et hydrodynamiques prévisionnelles permettent d'envisager des forages de 20 m de profondeur, forés en diamètre minimal 1500 mm, avec 12 m de crépine en fil enroulé diamètre 1000 mm slot 0,75 mm (et éventuellement 0,5 mm en face des terrains sableux) permettant chacun de pomper 245 m³/h.

L'ouvrage de rejet sera installé en bordure du fleuve, au Sud Est de la zone de captage, à environ 50 m au Nord du ponton d'amarrage des péniches. Il serait composé d'une chambre de refoulement connecté au Rhône par une longue canalisation. Pour l'instant, une canalisation DN 450 mm est prévu pour relier la zone de captage avec l'ouvrage de réinjection au Rhône. L'ouvrage sera réalisé selon les règles de l'art.

Les ouvrages de captage et rejet seront situés à l'extérieur.

Afin d'éviter toute infiltration d'eau potentiellement contaminée dans les ouvrages, une tête de protection verrouillable et dépassant d'au moins 0,3 m du sol sera aménagée au droit de chaque ouvrage. Les regards seront étanches.

En cas d'impossibilité de mettre en place cette surélévation de 0,3 m, une surélévation minimale sera mise en œuvre pour éloigner les eaux superficielles et des tampons étanches seront posés.

A l'intérieur de la tête de protection, un hors sol de 0,5 m minimum sera conservé pour les tubes d'équipement des captages. Les tubes d'équipement seront fermés par une plaque en inox boulonnée.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Un clapet anti-retour sera mis en place sur la canalisation de rejet pour éviter tout retour d'eau provenant du Rhône dans l'installation.

La durée prévisionnelle des travaux est de 40 semaines :

Les travaux des forages sont prévus fin 2021 et la mise en service est prévue deuxième semestre de l'année 2022.

La délimitation du volume d'exploitation s'est réalisée en trois étapes :

- 1.) En prenant en compte l'incidence hydrodynamique des 6 captages ;
- 2.) En prenant en compte la méthodologie analytique du CEREMA ;
- 3.) En ajustant les deux méthodes au contexte hydrogéologique, géologique du projet (piézométrie) et en suivant la méthode de détermination du volume d'exploitation par l'approche « modélisation numérique » du CEREMA.

Il ressort de cette comparaison que la méthode analytique du CEREMA donne un volume d'exploitation beaucoup plus étendu malgré une puissance voisine considérée moindre. Le « volume » calculé était de 4,5 km². Cette différence s'explique en partie par le fait que cette méthode ne prend pas en compte le contexte hydrogéologique même du secteur. En suivant cette méthode analytique aucune barrière hydraulique n'a pu être considérée (fleuve, drain CNR, limite géologique ...). Le guide CEREMA propose une autre approche, celle par la « modélisation numérique », permettant de tenir compte précisément des milieux hétérogènes avec des limites d'alimentation complexes, ce qui est le cas du projet.

C'est pourquoi, nous proposons une troisième étape pour déterminer le volume d'exploitation de l'installation. Cette dernière prend en compte les deux volumes d'exploitation définis précédemment (méthode analytique et résultat de la modélisation). Cette approche « modélisation numérique » du CEREMA permet de considérer les différentes caractéristiques de la zone d'étude.

Les limites définies seront donc les suivantes :

- En limite Ouest : le Rhône, constituant une réelle barrière face à une exploitation située en rive droite ;
- En Limite Est : le drain CNR ;
- En Limite Nord : la présence du Drain qui remonte légèrement vers l'Ouest vient protéger les captages, de plus la piézométrie de la nappe est dirigée au Nord du Projet d'Ouest en Est, sur une portion de 135 m entre le Rhône et le Drain. C'est pourquoi, il n'est pas envisageable de considérer la limite déduite du CEREMA, mais plutôt de déduire une limite intermédiaire en prenant en compte l'incidence hydrodynamique et la présence du Drain CNR.
- En Limite Sud : un mixte de la méthode analytique du CEREMA, le sens d'écoulement et du Drain CNR. Pour s'affranchir de tout risque de capter un futur panache thermique, il a été considéré comme limite Sud le métro. L'ouvrage de génie civil constitué de parois moulées recoupe l'intégralité des alluvions modernes du Rhône (ancrage dans la molasse sous-jacente) pour notamment faire descendre le tunnelier afin de traverser le Rhône jusqu'à Oullins. C'est pourquoi cet ouvrage représente une bonne protection vis-à-vis d'un panache thermique d'une future installation située au Sud du métro.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

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

- Un périmètre sous la forme d'un ovoïde présenté sur la **Figure 27** dont les coordonnées Lambert 93 sont fournies dans le tableau suivant :

Tableau 23 : Coordonnées Lambert 93 du périmètre du volume d'exploitation

Nb	X(L93)	Y(L93)
1	841706	6515748
2	841872	6515740
3	842100	6515493
4	842097	6515406
5	842186	6515318
6	841827	6515023
7	841737	6514972
8	841715	6515013
9	841578	6515746

- Une altimétrie comprise entre 140 et 166 m NGF (cote minimale du substratum des alluvions dans le secteur et TN).

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

Le ou les fluides frigorigènes employés seront de type HFC (R513A) ininflammable (Catégorie A1) et à toxicité faible ou HFO (R1233Zd) inflammable (catégorie A1) et a toxicité faible. Le choix s'est porté sur l'utilisation de fluides frigorigènes à Potentiel de Réchauffement Planétaire (PRP ou GWP) inférieur à 650 pour limiter l'impact sur l'environnement. De plus, à ce jour il n'existe pas de date d'interdiction d'utilisation de ces produits. Suivant la puissance et le type de chaque machine installée, le fluide le mieux adapté sera retenu.

Néanmoins, conformément à la réglementation, une détection de fluide frigorigène sera mise en place afin de détecter et réparer toute fuite. Des contrôles réguliers d'étanchéité seront également réalisés. Un suivi et une maintenance par une entreprise spécialisée sont prévus.

L'installation a été conçue et sera exécutée dans le respect des textes réglementaires et des normes en vigueur, notamment en ce qui concerne les règles de sécurité en cas d'incident (ventilation, systèmes de détection de fuite de fluide frigorigène et de détection incendie, extincteurs...).

Sur le plan qualitatif, les moyens de protection prévus par le demandeur (cimentations annulaires en tête des ouvrages, étanchéité des têtes de forages, regards surélevés, quand c'est possible et margelle, échangeurs, circuit intermédiaire), permettront d'éviter toute infiltration d'eaux potentiellement contaminées, qui pourraient provenir du ruissellement des eaux météoriques en surface, d'éventuelles fuites du réseau d'assainissement ou encore d'une fuite de fluide frigorigène, dans les forages et donc dans la nappe.

Aucune installation BASOL (base de données compilant les pollutions avérées) ou ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) n'est référencée au droit du site,

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

toutefois il en existe plusieurs aux alentours. Le Port Edouard Herriot au sud héberge plusieurs dépôts pétroliers et des pollutions aux hydrocarbures sont avérées et traitées. Au Nord, une pollution causée par les Laboratoires AGUETTANT a été récemment traitée.

L'examen de l'incidence du projet a mis en évidence que l'exploitation du dispositif de forages de captage et en particulier de rejet de l'installation géothermique n'aura pas d'incidence et ne pourra en particulier pas favoriser le transfert des polluants identifiés au droit de ces zones.

L'incidence thermique de l'installations sur les eaux de la nappe est nulle.

Pour quantifier l'impact thermique du rejet sur le Rhône, une modélisation a été réalisée en Mars 2021 en prenant en compte le débit moyen et le débit maximal par période (2022-2025, 2026-2029 et après 2030) et en fonction de deux scénarii sur la localisation du point de rejet (amont et aval).

Cette dernière a mis en évidence que le rejet directement au Rhône aurait un impact faible voir négligeable sur ce dernier. En effet en prenant en compte le débit de fonctionnement moyen de l'installation, l'écart serait de +2 à + 3°C maximum pour un panache thermique de 47 à 110 m de long et 20 à 33 m de large. Par ailleurs, les résultats sont à minimiser car l'hypothèse de température du Rhône prise en compte dans ce modèle est de 20°C et le delta des eaux de rejet est de + 10°C, soit 30°C (température maximale de rejet). Or les eaux captées seront en moyenne à 16,4 °C, soit une eau rejetée à 26,4 °C. L'impact maximum en moyenne sera donc de 26,4°C et non de 30 °C comme indiqué sur les différentes cartes.

Concernant le panache thermique en fonctionnement à débit maximal, le panache est largement surestimé car le débit maximal est un débit ponctuel qui pourrait être utilisé en continu sur une durée maximum de 3 semaines et non sur une année complète.

En outre, la problématique de charge hydraulique et du risque de débordement seront nuls même en cas de crue du Rhône. La nécessité de disposer d'un by-pass vers le réseau pluvial ne sera plus nécessaire en cas de réinjection au Rhône.

Concernant l'incidence quantitative, le bilan serait d'une certaine façon nulle sur la nappe car l'eau pompée serait renvoyée vers sa source d'alimentation initiale qui est le Rhône. En effet le projet pompera directement dans la nappe d'accompagnement du Rhône qui est alimenté par ce dernier au droit du projet. Pour rappel la localisation prévisionnelle des forages de réinjection est à moins de 90 m des berges du Rhône.

Concernant l'impact qualitatif, les eaux pompées provenant de la nappe qui est alimentée par le Rhône, il est considéré au stade actuel que les eaux sont de même qualité. Pour quantifier l'impact physico-chimique des eaux de rejet sur le Rhône, des analyses d'eau seront effectuées au niveau de la zone de captage et dans le Rhône pour s'assurer que les qualités physico-chimiques correspondent.

Concernant l'impact sur la Faune Flore, dans le cas d'un rejet vers le Rhône, l'ensemble des espèces potentiellement présentes dans le Rhône au droit du rejet sont capables de supporter (en fonctionnement optimal voire en résistance) des hausses de température de l'ordre de celles obtenues dans cette étude. D'autant plus que les hausses de températures élevées sont très localisées.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

ANNEXES

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

Annexe 1 : Pièces justificatives des capacités financières du demandeur

(18 pages)

A. IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

La présente demande pour l'autorisation de permis d'exploitation de gîte géothermique est sollicitée par ELM qui gèrera, dans le cadre de la Délégation de Service Public (DSP), la centrale de production d'eau glacée de Lyon Gerland (7eme)

Tableau 1 : Fiche signalétique de l'exploitant

Raison sociale	ELM
Forme juridique	Société par Actions Simplifiée
Capital	9 700 000 €
Siège social (site concerné)	184 Cours Lafayette 69441 LYON Cedex 03
Numéro SIRET	821 375 65600013
Code APE	3530Z
Groupe	Dalkia – Groupe EDF
Signataire de la demande d'autorisation	Jérôme AGUESSE - Président
Personnes chargées du dossier	CANTIN Yoann – Directeur Projet GAGNEPAIN Pascal – Chef de projet
Email	yoann.cantin@dalkia.fr pascal.gagnepain@dalkia.fr Mob : +33 6 10 84 08 77

L'objet d'ELM est défini dans ses statuts :

- la conclusion et l'exécution du Contrat de DSP (résultant de l'appel d'offres de la Métropole de Lyon relatif à la conception, au financement et à la réalisation de travaux, ouvrages et équipements et à l'exploitation du service public de chaud et de froid urbain géré par la Métropole sur les territoires des communes de Lyon, Villeurbanne, Vénissieux et Vaulx en Velin),
- Toutes opérations qu'elles soient industrielles, commerciales, financières, civiles, mobilières ou immobilières se rattachant à l'exécution du Contrat de DSP telles que visées ci-dessus et notamment la conclusion et l'exécution de tous contrats avec des tiers permettant à la société ELM de mettre en œuvre les engagements pris au titre du Contrat de DSP et en particulier le contrat de promotion immobilière, le contrat d'exploitation et le règlement de service.

L'objet et le périmètre géographique de la DSP sont les suivants :

- La Délégation comprend la conception, le financement, la réalisation, l'exploitation, la maintenance, le renouvellement et la modernisation du service public de production et de distribution de chauffage et froid urbains sur le Périmètre Géographique du Contrat.
- Dans les conditions définies par le Contrat, le Délégrant confie la Délégation au Délégataire, qui l'accepte.
- Le Délégataire est maître d'ouvrage au titre de la Délégation.
- Sauf stipulation contraire du Contrat, tous les frais liés à la Délégation sont à la charge exclusive du Délégataire.
- La Délégation est assurée par le Délégataire à ses risques et périls, dans le respect de la continuité, de la qualité et de la mutabilité du Service.

ELM a pour actionnaires les sociétés DALKIA (société anonyme au capital de 220 047 504 €) et Dalkia investissement (société en nom collectif au capital de 24 400 000 €).

Ces actionnaires sont formellement engagés dans la bonne exécution du contrat de délégation de service public. En effet, ils apportent à la société dédiée, de manière illimitée et inconditionnelle, tous les moyens humains, financiers et techniques nécessaires à garantir la continuité du Service conformément au Contrat et ce pendant toute sa durée. De façon irrévocable, illimitée et inconditionnelle, ils demeurent parfaitement et entièrement solidaires des engagements qui incombent à la société dédiée tout au long de l'exécution du Contrat. En cas de manquement du Délégataire à l'une de ses obligations de faire au titre du Contrat, ils se substituent à la société dédiée afin d'assurer la prompte et complète exécution des obligations de faire définies par le Contrat, conformément aux dispositions des articles 2288 et suivants du Code Civil. En cas de difficultés répétées de la société dédiée (liquidation, mise en règlement judiciaire, perte de la moitié du capital, etc.), et à la demande du Délégrant, ils reprennent directement à leur charge l'ensemble des droits et obligations afférents au Contrat. Les garanties apportées par les actionnaires sont formalisées au sein du Contrat.

B. CAPACITES TECHNIQUES ET FINANCIERES DU DEMANDEUR

B.1 Capacités techniques

Depuis le 1^{er} janvier 2017, ELM assume la gestion du réseau de chaleur et de froid urbain conformément au contrat de délégation de service public

La société ELM a choisi de confier :

- **la conception et la réalisation des travaux de premier établissement** (incluant l'installation soumise à la réglementation Code minier objet de la présente demande) à la société DALKIA dans le cadre d'un contrat de promotion immobilière.

La société DALKIA, société anonyme au capital de 220.047.504 €, ayant son siège social 37, avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny, 59350 Saint-André-Lez-Lille, immatriculée au registre du commerce et des sociétés de Lille sous le n° B 456 500 537, est un opérateur reconnu en matière de construction et gestion de réseaux de chaleur et de froid urbain (plus de 350 réseaux gérés directement ou via des filiales dédiées en 2016).

- **l'exploitation du réseau de chaleur et de froid urbain**, installations de production comprises, à la société ELM Opérations, dans le cadre d'une subdélégation dont le principe avait été acté par le contrat de délégation de service public. En effet, le Délégué est tenu d'assurer personnellement l'exécution du Contrat. La subdélégation est interdite sauf accord préalable, exprès et écrit du Délégué. Cet accord a été donné pour le transfert au Subdélégué Autorisé de l'ensemble des droits et obligations, étant précisé, d'une part, que le Subdélégué Autorisé est tenu en vertu de la Subdélégation à l'égard du Délégué de la bonne exécution de l'ensemble des obligations correspondantes prévues au Contrat et, d'autre part, que le Délégué se porte fort de la bonne exécution par le Subdélégué Autorisé de ses obligations, le Délégué restant en tout état de cause responsable de l'exécution de l'ensemble du Contrat.

Le capital d'ELM étant détenu à 100% par la société DALKIA, ELM Opérations bénéficie à ce titre pleinement des moyens humains (mis à disposition) et techniques de DALKIA filiale à 100% du groupe EDF.

Le contrat d'exploitation a été conclu entre ELM et ELM Opérations qui assume l'exploitation du réseau de chaleur et de froid urbain conformément au contrat de délégation de service public.

B.1.1 Le Groupe EDF

Le groupe EDF, un des leaders sur le marché de l'énergie en Europe, est un énergéticien intégré, présent sur l'ensemble des métiers : la production, le transport, la distribution, le négoce et la vente d'énergies. Premier producteur d'électricité en Europe, le Groupe dispose en France de moyens de production essentiellement nucléaires et hydrauliques fournissant à 90 % une électricité sans émission de CO₂. En France, ses filiales de transport et de distribution d'électricité exploitent 1 285 000 km de lignes électriques aériennes et souterraines de moyenne et basse tension et de l'ordre de 100 000 km de réseaux à haute et très haute tension. Le Groupe participe à la fourniture d'énergies et de services à environ 33.6 millions de clients d'électricité et 5.3 millions de clients gaz. Le Groupe a réalisé en 2019 un chiffre d'affaires consolidé de 71.3 milliards d'euros. EDF, cotée à la Bourse de Paris, est membre de l'indice CAC 40.

Le groupe compte environ 165000 collaborateurs dont plus de 2700 en recherche et développement.

B.1.2 Dalkia rejoint le Groupe EDF

En juillet 2014, Dalkia France a rejoint le groupe EDF, devenu son unique actionnaire. Depuis de nombreuses années, les deux entreprises sont des partenaires de confiance dans les services énergétiques.

Faire partie d'EDF offre la formidable opportunité pour la Métropole et pour Dalkia de s'appuyer sur les compétences du plus grand électricien mondial, d'intégrer son savoir-faire d'innovation et de profiter de sa présence sur l'ensemble du territoire national. Désormais, Dalkia peut relever, avec davantage d'ambitions, le défi de la transition énergétique et permettre à chacun de bénéficier d'une maîtrise complète de l'ensemble de la chaîne énergétique, de la fourniture d'énergie jusqu'à l'optimisation de votre consommation.

B.1.3 Dalkia en France

Une organisation à proximité des clients

Dans un esprit de création de progrès énergétique à l'échelle du territoire, Dalkia réaffirme sa volonté d'être toujours plus proche de ses clients avec une organisation adaptée selon sept grandes régions.

Structure opérationnelle France

Les 7 entités régionales Dalkia en France : nord, Île-de-France, est, centre-est, sud-ouest, centre-ouest, Méditerranée.



Figure 1 : Entités régionales de DALKIA

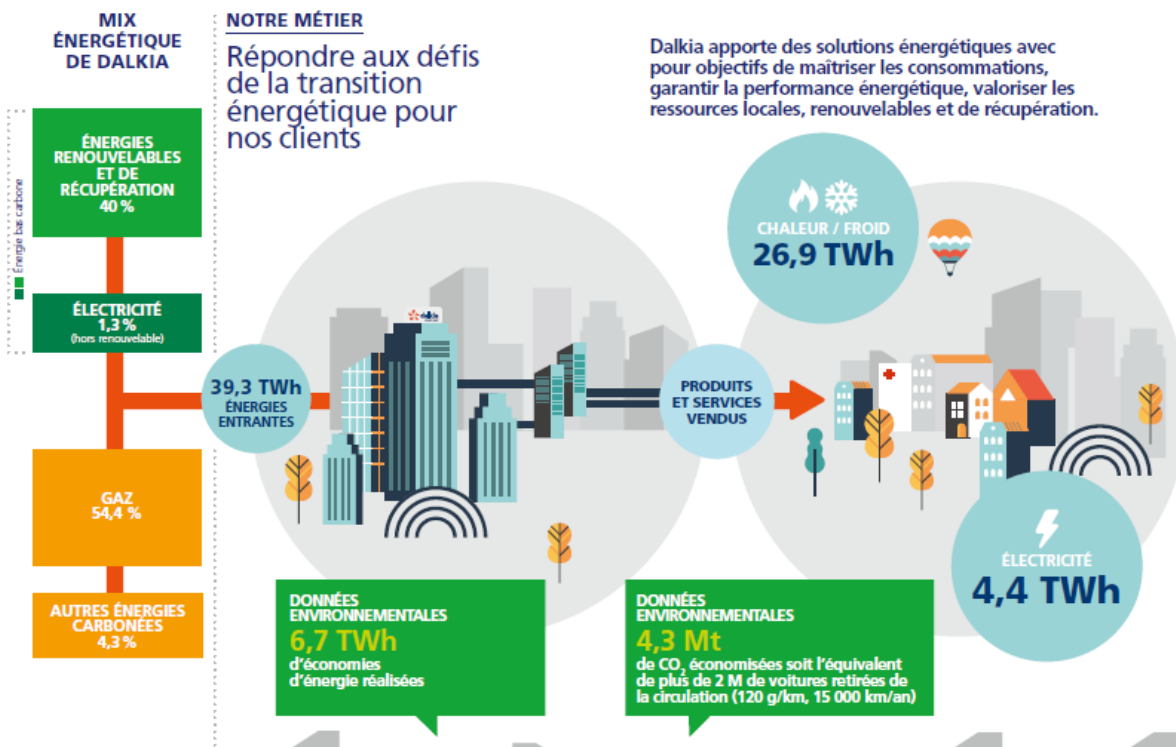
Ce maillage fin permet d'agir au plus près des opérations et de développer pour ses clients des solutions énergétiques durables.

Ces solutions s'adressent :

- aux territoires urbains où les réseaux de chaleur développés, gérés et optimisés par Dalkia font entrer le développement durable au cœur des agglomérations ;
- aux bâtiments où, dans une approche globale, les technologies et les solutions d'exploitation améliorent le confort et diminuent la consommation d'énergie ;
- aux sites industriels, où la sécurisation des approvisionnements, la valorisation des énergies fatales (énergies produites par un processus dont la finalité n'est pas la production de ces énergies), la réduction des coûts et des émissions de CO₂ sont des priorités.

Dalkia compte aujourd'hui 16 600 collaborateurs en France

B.1.4 Notre métier et nos clients



RÉSEAUX DE CHALEUR ET DE FROID



340
RÉSEAUX, 2 800 km

SERVICES ÉNERGÉTIQUES AUX INDUSTRIELS



2 000
SITES INDUSTRIELS

SERVICES ÉNERGÉTIQUES AUX BÂTIMENTS



2 M
DE LOGEMENTS CHAUFFÉS

4 200
ÉTABLISSEMENTS DE SANTÉ

21 900
ÉTABLISSEMENTS TERTIAIRES
ET COMMERCIAUX

B.1.5 Dalkia, entreprise certifiée

Le système de management de Dalkia : un élément clé pour donner de la cohérence aux organisations et mieux servir nos clients (voir détails en [annexe 1](#)).

Pour accompagner l'évolution de ses métiers et des équipes opérationnelles, Dalkia a choisi dès 2003 une approche processus. Elle a créé son système de management en 2006 et fait certifier toutes les régions en France.

Le SMI repose sur un engagement de développement durable unique positionnant Dalkia comme la référence de l'économie d'énergie en proposant à ses clients des solutions plus sobres en énergie et respectueuses de l'environnement. Il est constitué de 10 processus majeurs décomposés en trois grandes familles de processus (management, opérationnels et supports) et déclinés en procédures et modes opératoires.

Le Système de Management Intégré (SMI) de Dalkia répond à plusieurs référentiels normatifs partagés par de nombreux clients. Ainsi le SMI a été certifié ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, ISO 50001 et Label Diversité par l'AFNOR au niveau national en septembre 2014.

B.1.6 L'engagement environnemental

La prise en compte croissante des préoccupations environnementales par les parties prenantes de Dalkia, le développement des dispositifs législatifs et réglementaires dans ce domaine, la mise en œuvre de

systèmes de réduction d'émission de gaz à effet de serre et d'économies d'énergie à l'échelle internationale, et le souci croissant de prévention des risques notamment sanitaires, ont amené Dalkia à mettre en place un système de management environnemental (SME) à l'ensemble de ses activités de Dalkia et intégré dans le SMI de l'entreprise.

Depuis 2002, Dalkia a intégré la gestion des impacts environnementaux à travers son Système de Management Intégré, piloté par la direction des opérations de Dalkia et ses régions. Il permet, à chaque niveau pertinent, d'évaluer les impacts environnementaux et la conformité à la réglementation et aux exigences internes de l'entreprise. Il permet de fixer des objectifs puis de mettre en œuvre les moyens et plans d'actions pour les atteindre. L'objectif étant de prévenir les accidents de pollution et de définir et mettre en œuvre les moyens si ces accidents survenaient néanmoins.

Dalkia pilote la gestion des risques majeurs via la mise en place et le déploiement d'une cartographie des risques. Dalkia a défini ses procédures d'alerte et de gestion de crise, y compris en matière d'environnement, comprenant notamment des systèmes d'astreintes et d'alertes au niveau national qui permettent que les mesures nécessaires soient prises dans les meilleurs délais et au niveau approprié.

La formation et l'information des salariés en matière environnementale font partie intégrante des moyens gérés à travers le SME, puisque celui-ci inclut l'établissement de plans de formation environnementale. Dalkia s'appuie sur le campus pour son offre de formation environnementale. Celle-ci est complétée par des formations pilotées localement, en fonction des besoins identifiés.

[L'annexe 2](#) présente les engagements de la Direction Générale Dalkia pour un développement durable

B.1.7 Focus : la politique sécurité et les équipements associés

La sécurité au travail est un enjeu majeur pour Dalkia.

Enjeu humain : l'intégrité de chacun est concernée.

Enjeu social : tout défaut de sécurité met en cause le management et la qualité des relations de travail au sein de l'entreprise.

Enjeu commercial et de compétitivité : la sécurité contribue à l'image du Délégrant et du Délégataire auprès des abonnés, qui y voient un signe de la qualité des prestations, de professionnalisme et d'image du service public.

Dalkia fait de la sécurité une priorité. Une Charte Sécurité est mise en place. Elle consacre l'engagement personnel et collectif de chacun à faire sans cesse progresser la sécurité au travail et fait reposer cet engagement sur les qualités fondamentales que sont l'autonomie, la responsabilité et le professionnalisme.

Moyens mis en œuvre sur le terrain

La qualification et la sensibilisation du personnel à la santé au travail sont deux des piliers de la politique sécurité.

Accueil des nouveaux embauchés

Chaque nouveau collaborateur suivra au moment de son accueil opérationnel un stage d'intégration au cours duquel la personne en charge de la politique Qualité-Sécurité-Environnement (QSE) réalise le programme suivant :

- Présentation du système QSE,
- Sensibilisation aux risques métiers de notre activité,
- Habilitations électriques,
- Dotation de vêtements de travail et chaussures de sécurité.

En complément de ce stage d'intégration, chaque nouveau collaborateur se verra remettre les documents de référence en matière de QSE tels que le guide «sécurité -prévention et comportement», le lexique de prévention des principaux risques, le livret amiante, ou encore le « mémo du technicien ».

De plus, chaque nouveau collaborateur embauché sur un poste opérationnel se verra présenter les aspects de sécurité propres aux sites et installations sur lesquels il sera amené à intervenir.

Personnels en Poste

Plusieurs dispositions seront mises en œuvre pour que la sécurité fasse partie intégrante du quotidien des techniciens du service public :

- Sensibilisation aux risques professionnels,
- Audit annuel des Équipements de Protection Individuels,
- Dotation « Légionnelle » en fonction de chaque poste,
- Tableaux de bord sécurité présentés en réunion mensuelle de secteur,
- Participation aux évaluations des risques
- Etc...

Management de la sécurité

Des causeries sécurité (voir détails en [annexe 3](#)) seront organisées lors des réunions d'exploitation en présence de tout le personnel d'exploitation concerné.

Animées par la personne en charge de la politique QSE, elles seront le lieu d'échanges d'informations et de retours d'expériences mutuels entre les participants : information permanente des techniciens sur l'évolution des consignes de sécurité, commentaire de prévention avec participation obligatoire des sous-traitants, commentaire des résultats par rapport aux objectifs, etc.

Plan de prévention

Conformément au décret n°92158 du 20 février 1992, Dalkia organisera l'ensemble de ses prestations et travaux avec ses collaborateurs et sous-traitants en établissant au préalable un plan de prévention.

B.1.8 R&D L'INNOVATION OPÉRATIONNELLE

Dédiée au soutien de la stratégie de Dalkia, sa R&D vise à lui donner un avantage compétitif sur ses axes de développement prioritaires : maîtrise de la demande d'énergie dans les bâtiments, efficacité énergétique dans l'industrie et développement des énergies renouvelables.

Ses travaux visent à sélectionner les technologies les mieux adaptées et à concevoir les solutions les plus efficaces, tant en amont pour la production d'énergie qu'en aval dans la recherche des modes de consommation économes.

Dans cet esprit, la R&D développe et évalue des méthodes et des technologies pour quantifier ces gains et construire des engagements de résultats.

B.1.9 Dalkia centre est

L'organisation de la Région apporte à chacun des clients de DALKIA le meilleur de ses talents et de ses solutions, quel que soit son secteur d'activité.

A travers les équipes de proximité, présentes le plus souvent sur le site, chaque client bénéficie d'échanges quotidiens pour une solution sur-mesure. Gestion des appels, reporting, maintenance préventive..., de nombreux systèmes et outils permettent de disposer en temps réel de toutes les informations utiles.

L'organisation de la Région met à disposition des équipes opérationnelles sur site, l'ensemble de l'environnement des méthodes, des outils, des experts et des moyens nécessaires aux respects des engagements de Dalkia et en total cohérence avec les enjeux des collectivités.

Une organisation de proximité

La région centre-est de Dalkia regroupe les régions administratives Auvergne, Bourgogne et Rhône-Alpes.

Direction régionale

Le Chrysalis

2-4, avenue des Canuts 69120 Vaulx-en-Velin

5 centres opérationnels

7 agences commerciales

(territoriales ou marché)

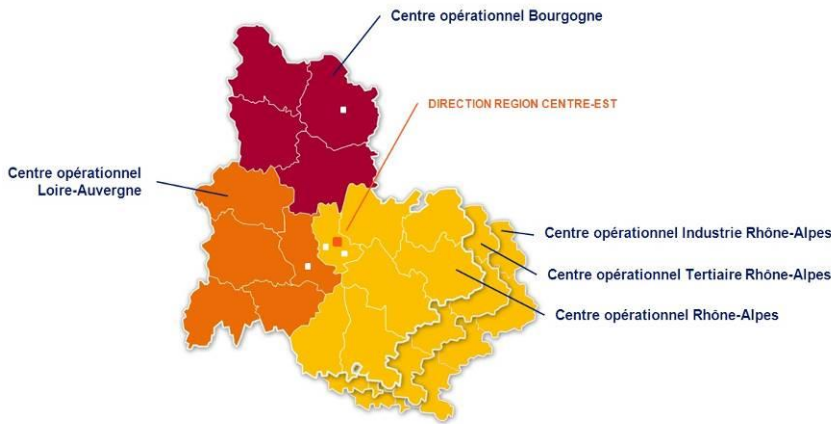
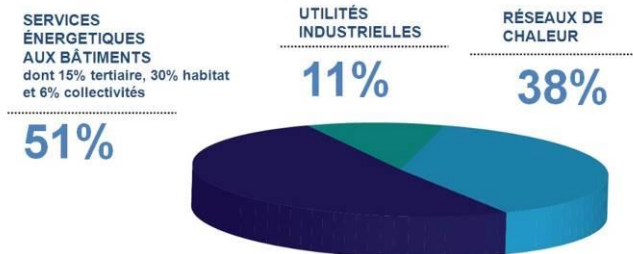


Figure 2 : Centre opérationnel de la région centre-est de Dalkia

Chiffres clés :



- 513 millions d'euros de Chiffre d'Affaires
- 1650 collaborateurs
- 53 réseaux de chaleur et de froid
- 64 2700 logements chauffés
- 486 établissements de santé
- 657 sites industriels
- 21 300 installations énergétiques gérées
 - 105 installations biomasse
 - 36 installations de cogénération
- 7 352 MW thermiques chaud installés

Figure 3 : Chiffres clés des activités développées

B.1.10 Organisation mise en place pour le projet :

Dans le cadre du projet de construction de la centrale de production d'eau glacée refroidie par la nappe des alluvions du Rhône dans le 7ème arrondissement de Lyon, Dalkia s'est entouré de spécialistes dans toutes les disciplines nécessaires au projet.

D'une part Dalkia a choisi comme Maître d'œuvre pour la réalisation de l'outil de production la société CABINET MERLIN. Cette dernière dispose de services d'études spécialisés dans les domaines du génie civil, du génie électrique, du génie climatique, de la prescription géologique et géothermique : Autant de disciplines indispensables pour mener à bien le présent projet.

Le CABINET MERLIN est en charge de la maîtrise d'œuvre, de la conception des installations de production, de l'élaboration de tous les éléments techniques permettant à un architecte la dépose du permis de construire.

Le CABINET MERLIN est également Maître d'Œuvre pour la réalisation des réseaux de distribution de froid à réaliser en milieu urbain dans le cadre de la Délégation de service public.

D'autre part, Dalkia s'est également rapproché de la société ARCHAMBAULT, expert reconnu dans la géothermie. Ses domaines de compétence sont notamment l'audit, l'expertise et le conseil sur les installations géothermiques, les missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage ou de maîtrise d'œuvre dans la conception et la réalisation d'installation géothermique en faible, moyenne et grande profondeur ainsi que la mise en place des dispositifs de suivi du fonctionnement des installations et des prestations intégrées du suivi de leur exploitation.

ARCHAMBAULT est en charge du présent dossier de demande d'autorisation d'exploiter et d'autorisation d'ouverture de travaux. ARCHAMBAULT a ainsi réalisé toutes les modélisations nécessaires, défini les points de réinjection, et étudié l'impact du projet

Avec ce partenaire, Dalkia a élaboré la solution technique retenue pour le pompage et le rejet de l'eau de la nappe des alluvions du Rhône utilisée pour le refroidissement des installations.

B.1.11 Expérience d'ELM dans le domaine

Dans le cadre du développement du réseau de froid pour le Grand Lyon Métropole sur le quartier de Lyon Part Dieu, ELM a mis en service en 2019 la centrale de froid de Mouton Duvernet dont la particularité est d'utiliser pour le refroidissement des groupes de froid les eaux d'exhaure issues des parkings de la gare de Lyon Part Dieu, pompées en continu pour assurer le maintien au sec des parkings.

Le projet a consisté à créer au niveau des parkings un bassin de stockage et une station de refoulement. L'eau captée dans le bassin est ensuite transférée jusqu'à la centrale de froid de Mouton Duvernet située 700 mètres plus au Sud du quartier par l'intermédiaire d'une canalisation spécifiquement installée.

L'eau d'exhaure est alors utilisée dans la centrale de froid pour le refroidissement des groupes de froid, avant d'être réinjectée dans la nappe des alluvions du Rhône grâce à des puits de réinjection (5 actuellement) créés en aval.

Cet ensemble d'équipements fonctionne aujourd'hui de manière satisfaisante en matière de production d'eau glacée et en matière de rejet d'eau à la nappe, avec un contrôle et un suivi en continu du niveau et de la température de la nappe en 11 points différents grâce aux matériels de mesures installés dans les 5 puits et dans les 6 piézomètres.

ELM a ainsi fait la preuve de sa capacité à mener à bien un projet de centrale de froid avec un refroidissement géothermique.

B.1.12 Consultations et sélection des entreprises

Dalkia ainsi que les sociétés filiales dédiées aux délégations de service public telle ELM, en tant que filiale d'EDF, sont des entreprises publiques au sens de l'ordonnance du 23 juillet 2015, et sont qualifiées d'entités adjudicatrices. En conséquence, Dalkia est soumise aux principes de publicité et de mise en concurrence pour l'exercice de ses activités d'Opérateur de réseaux.

Le choix des entreprises retenues pour les réalisations sera fait au regard :

- de la qualité technique des offres
- des références de l'entreprise dans la réalisation de travaux similaires
- de la compétence de l'entreprise (qualification, certification)
- de la qualité des dossiers techniques présentés
- du prix des prestations.

En l'état d'avancement du projet, les concours n'ont pas encore été lancés.

B.2 Capacités financières

La société ELM s'est engagée à supporter l'ensemble des investissements nécessaires à la réalisation des travaux de premier établissement dans le contrat de délégation de service public, en ce compris les travaux nécessaires à l'établissement de l'installation objet de la présente demande, puis à assumer la gestion et l'exploitation du service public, en ce compris les installations de production de chaleur et de froid du réseau. Avec le soutien de ses actionnaires, elle supporte l'ensemble des investissements nécessaires sur fonds propres.

Aujourd'hui, ELM est une société par actions simplifiée au capital de 13 950 000 €.

Pour mémoire, DALKIA est une filiale à 100% du groupe EDF, et a un capital est de 220 047 504 €.

L'évolution des résultats financiers de la société DALKIA figure ci –dessous :

Tableau 2 : Evolution du chiffre d'affaires de Dalkia

Année	Chiffre d'affaires en Millions d'euros
2016	3 500 M€
2017	4 000 M€
2018	4 200 M€
2019	4 300 M€

B.2.1 Garanties maisons mères

L'ensemble des garanties financières demandées par la Métropole de Lyon sera apporté. D'une part, les actionnaires initiaux apportent leur garantie de stabilité de l'actionariat et, de manière complémentaire de bonne exécution, par la signature de garanties maisons mères.

Ces garanties visent tant l'engagement d'apporter, de manière illimitée et inconditionnelle, les moyens nécessaires à la continuité du service, que l'engagement de solidarité à l'égard de la société ELM et l'engagement de se substituer à elle en cas de défaillance.

Ainsi Dalkia apporte un engagement de substitution dans les droits et obligations de la société ELM au titre du Contrat de DSP en cas de manquement de la société dédiée à ses obligations au titre du Contrat

de DSP. Cette garantie de substitution offre à la Métropole une certitude quant à la bonne continuité du service public

Une garantie maison mère fournie par Dalkia est émise au profit de la Métropole, elle couvre les obligations de la société ELM au titre du financement du programme de travaux. Dalkia apporte donc également un engagement de substitution pour l'exécution de cette obligation.

B.2.2 Garanties bancaires

D'autre part, la société ELM souscrit des garanties à première demande auprès d'un établissement bancaire, les actionnaires de la société ELM lui apporteront les appuis nécessaires demandés le cas échéant par l'établissement bancaire.

Les garanties apportées seront les suivantes :

- Garantie de bonne exécution,
- Garantie de fin de Contrat.

Ces garanties seront souscrites auprès de Société Générale SA – 29 Boulevard Haussmann – 75009 Paris.

Le montant annuel de la garantie de bonne exécution apportée par l'établissement bancaire correspondra à 5% du montant annuel des termes R1 + R2, soit pour l'année 2017 1.5 m€. Ce montant de la garantie évoluera donc en fonction du développement des réseaux.

Le montant global de la garantie de bonne fin apportée par l'établissement bancaire sera de 15 M€.

Les capacités financières de DALKIA permettent de faire face à leurs responsabilités en matière d'environnement, sécurité et hygiène industrielle.

Les moyens humains, techniques et financiers mis en œuvre par ELM permettent une maîtrise des aspects environnementaux du site.

Annexe 1 : Engagement de la direction et certification



Soucieux de la satisfaction de ses clients, la Direction de Dalkia est engagée dans une démarche de management de la qualité basée sur le principe de l'amélioration continue.

La certification ISO 9001 constitue depuis plus de vingt ans le fondement de notre système de management auquel nous avons depuis intégré aussi bien les préoccupations environnementales de nos parties prenantes que les grands enjeux de santé et sécurité au travail de nos collaborateurs et partenaires. Nos centres opérationnels ont sur ce point adopté le Manuel d'Amélioration Sécurité des Entreprises comme référentiel commun.

Les certifications ISO 14001 pour l'environnement et OHSAS 18001 pour la santé et la sécurité au travail concrétisent l'attachement aux valeurs de respect, responsabilité et solidarité de notre entreprise.

Agissant au quotidien pour la diversité, l'égalité des chances et la lutte contre les discriminations, Dalkia a également le Label Diversité depuis 2014.

De plus, dans le cadre de ses engagements pour un développement durable, Dalkia a démarré dès 2004 une démarche de certification CEFRI (Certification des Entreprises pour la Formation et le suivi du personnel travaillant sous Rayonnements Ionisants) pour améliorer la maîtrise des risques liés aux environnements ionisants.

En tant que leader des services énergétiques et acteur majeur de la transition énergétique, Dalkia a été pionnier dans la structuration et la mise en place des systèmes de management de l'énergie et dispose depuis 2013 d'une certification nationale ISO 50001.

Annexe 2 : Engagement de la direction pour un développement durable



TERRITOIRES

L'énergie de Bien Faire



NOS ENGAGEMENTS POUR UN DÉVELOPPEMENT DURABLE




NOTRE MEILLEUR ATOUT : L'ÉNERGIE DE BIEN FAIRE

Leader des services énergétiques et acteur majeur de la transition énergétique, Dalkia est la référence de l'économie d'énergie et de l'efficacité énergétique à l'échelle du territoire : Dalkia propose à ses clients des solutions fondées sur les ressources et les économies locales, plus sobres en énergie et respectueuses de l'environnement. Consommer moins et mieux est devenu un enjeu majeur pour nos clients. Pour y répondre, Dalkia s'appuie sur des collaborateurs formés et motivés, des partenaires sélectionnés pour leurs compétences et leur fiabilité, et un savoir-faire unique en matière de pilotage et de gestion d'installations énergétiques, développé sur chacun des territoires où nous opérons.

Pour répondre aux enjeux du développement durable des territoires, Dalkia s'engage auprès de ses parties prenantes à promouvoir « l'énergie de Bien Faire » dont les engagements répondent à cet objectif. C'est notre façon d'être au service de nos clients, notre Dalkia way !

Ensemble, engageons-nous ! À vos côtés, je mettrai toute mon énergie pour atteindre et conforter les objectifs ambitieux que nous nous donnons.



JEAN-MICHEL MAZALERAT
Président-Directeur Général

BIEN FAIRE

- SÉCURITÉ
- DIALOGUE
- RÉSULTATS
- ENVIRONNEMENT
- ÉTHIQUE



ARTIES PRENANTES

ENGAGEMENTS

INDICATEURS

CLIENTS

- Économies d'énergie et lutte contre le dérèglement climatique
- Développement des énergies renouvelables et de récupération
- Qualité de service
- Accompagnement du client

- ▶ Réaliser des économies d'énergie pour réduire les émissions de gaz à effet de serre par l'ensemble de nos solutions d'efficacité énergétique
- ▶ Développer les énergies locales, renouvelables et de récupération, en particulier la biomasse, la géothermie et le biogaz
- ▶ Satisfaire nos clients par notre qualité de service
- ▶ Accompagner nos clients dans la durée par des offres adaptées à leurs enjeux

- CO₂ économisé
- Taux d'énergies renouvelables et de récupération dans le mix énergétique
- Satisfaction globale
- Durée moyenne des contrats en portefeuille

COLLABORATEURS

- Prévention Santé Sécurité
- Développement des compétences
- Accompagnement des parcours professionnels
- Diversité et égalité des chances

- ▶ Préserver la santé et la sécurité de nos collaborateurs et sous-traitants en réduisant significativement le nombre d'accidents de travail
- ▶ Mettre le développement des compétences au cœur de la gestion des ressources humaines
- ▶ Accompagner les parcours professionnels en favorisant la promotion et la mobilité tout au long des carrières
- ▶ Agir au quotidien pour la diversité, l'égalité des chances et la lutte contre les discriminations

- Taux de fréquence des accidents de travail
- Taux de salariés ayant bénéficié d'au moins une action de formation
- Nombre de salariés ayant bénéficié d'une évolution professionnelle
- Taux de féminisation au sein du management

PARTENAIRES

- Achats responsables
- Développement des territoires
- Solutions innovantes
- Engagement citoyen et solidaire

- ▶ Développer avec nos partenaires une démarche d'achats responsables
- ▶ Contribuer au développement des territoires en favorisant les initiatives et ressources locales
- ▶ Imaginer, développer et mettre en œuvre les solutions de demain
- ▶ Soutenir les engagements citoyens et solidaires par des actions locales

- Taux de contrats-cadres fournisseurs disposant d'une clause de développement durable
- Nombre d'emplois directs et indirects
- Taux de chiffre d'affaires intégrant des innovations de moins de cinq ans
- Engagement financier soutenant les initiatives citoyennes et solidaires



Nos collaborateurs sont notre première richesse, la préservation de leur Santé et la garantie de leur Sécurité sont au cœur de la politique d'entreprise de Dalkia.

Pour animer la santé sécurité au quotidien sur les installations que vous nous confiez, Dalkia met à disposition de l'ensemble des équipes opérationnelles des outils dédiés, notamment :

- L'organisation de causeries avec les techniciens
- L'affichage des consignes et instructions d'urgence adéquates
- La tenue de Visites Sécurité de la Hiérarchie (VSH)
- La gestion des Equipements de Protection Individuelle (EPI)

1. LES CAUSERIES ET LES SUPPORTS DE COMMUNICATION

La préservation de la santé et de la sécurité nécessite une implication à tous les niveaux à travers une animation et une communication constantes :

▪ Nous encourageons nos techniciens à **se réunir régulièrement lors de causeries**. La causerie est un moment d'échange et de partage qui traite de thématiques Santé Sécurité (accident survenu sur un site donné, bonnes pratiques, ...). Les managers qui organisent les causeries peuvent s'appuyer sur des supports (Flash Sécurité) transmis par le service QSE.

▪ En parallèle, à l'initiative de la Direction, les collaborateurs peuvent être réunis pour parler de sécurité. Le thème est dans ce cas imposé en fonction des évolutions réglementaires, d'une typologie d'accident récurrente... (Exemples de thème : l'amiante, la consignation, l'analyse de risques sécurité, la protection de la main,...)



2. LES VISITES SECURITE DE LA HIERARCHIE

L'encadrement de Dalkia réalise des **visites Sécurité** sur des sites choisis de manière aléatoire.

L'objectif est d'affirmer l'engagement de la Direction sur les sujets Santé Sécurité. La visite se déroule à l'occasion d'une intervention de maintenance ou de dépannage. Elle permet à la hiérarchie d'échanger avec le management de proximité et les techniciens.

3. LA GESTION DES EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE



- Dalkia met en place dès que possible des **moyens de protection collective** (barreaudages, lignes de vie, garde-corps,...).
- Tous nos collaborateurs sont en plus dotés des **équipements de protection individuelle adaptés** aux risques auxquels ils pourraient être exposés.
- Des procédures sont en place pour assurer le **suivi des EPI**, en particulier ceux de catégorie 3 (exemples : harnais, masque de protection poussières de bois, ...).



4. LA GESTION DES ACCIDENTS DU TRAVAIL

**Annexe 2 : Courrier d'engagement du maître d'ouvrage
disposant de l'ensemble des capacités financières pour
mener à bien l'exploitation et la maintenance de
l'installation géothermique, dans le respect des
conditions des éléments listés à l'article 4.1 du décret
n°2019 1518 du Code Minier**

(2 pages)

CAPACITES FINANCIERES

Par la présente, je soussigné Gérald Campbell Robertson, Directeur Général de la société ELM, certifie que la société ELM a les capacités financières nécessaires à la réalisation des travaux de création d'un gîte géothermique sur le site de Gerland – Lyon 7ème, à son exploitation et à son entretien tout au long du contrat.

La société ELM a été créée pour l'exécution du Contrat de DSP résultant de l'appel d'offres de la Métropole de Lyon relatif à la conception, au financement et à la réalisation de travaux, ouvrages et équipements et à l'exploitation du service public de chaud et de froid urbain géré par la Métropole sur les territoires des communes de Lyon, Villeurbanne, Vénissieux et Vaulx-en-Velin.

La société ELM est une société par action simplifiée au capital de 13 950 000 €.

Elle a pour actionnaires les sociétés DALKIA, société anonyme au capital de 220 047 504 € et Dalkia investissement, société en nom collectif au capital de 24 400 000 €.

Ces actionnaires sont formellement engagés dans la bonne exécution du contrat de délégation de service public. Ils apportent à la société dédiée, de manière illimitée et inconditionnelle, tous les moyens financiers nécessaires à garantir la continuité du Service conformément au Contrat et ce pendant toute sa durée. De façon irrévocable, illimitée et inconditionnelle, ils demeurent parfaitement et entièrement solidaires des engagements qui incombent à la société dédiée tout au long de l'exécution du Contrat. En cas de manquement du Délégué à l'une de ses obligations de faire au titre du Contrat, ils se substituent à la société dédiée afin d'assurer la prompte et complète exécution des obligations de faire définies par le Contrat, conformément aux dispositions des articles 2288 et suivants du Code Civil. En cas de difficultés répétées de la société dédiée (liquidation, mise en règlement judiciaire, perte de la moitié du capital, etc.), et à la demande du Délégué, ils reprennent directement à leur charge l'ensemble des droits et obligations afférents au Contrat. Les garanties apportées par les actionnaires sont formalisées au sein du Contrat.

Les garanties financières sont détaillées dans l'annexe n°1 du présent dossier d'autorisation d'ouverture de travaux, de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier conformément au Décret n° 78-498 du 28 mars 1978.

Fait à Lyon, le 23 novembre 2020

M. Gérald CAMPBELL ROBERTSON

Directeur Général



Annexe 3 : Courrier d'engagement du maître d'ouvrage disposant de l'ensemble des capacités techniques pour mener à bien l'exploitation et la maintenance de l'installation géothermique, dans le respect des conditions des éléments listés au point III de l'article 8-2 du décret n°78-498 du Code Minier

(2 pages)

CAPACITES TECHNIQUES

Par la présente, je soussigné Gérald Campbell Robertson, Directeur Général de la société ELM, certifie que la société ELM a les capacités techniques nécessaires à la réalisation des travaux de création d'un gîte géothermique sur le site de Gerland – Lyon 7ème, à son exploitation et à son entretien tout au long du contrat.

La société ELM a été créée pour l'exécution du Contrat de DSP résultant de l'appel d'offres de la Métropole de Lyon relatif à la conception, au financement et à la réalisation de travaux, ouvrages et équipements et à l'exploitation du service public de chaud et de froid urbain géré par la Métropole sur les territoires des communes de Lyon, Villeurbanne, Vénissieux et Vaulx-en-Velin.

La société ELM a choisi de confier :

- La conception et la réalisation des travaux de premier établissement (incluant l'installation soumise à la réglementation Code minier objet de la présente demande) à la société DALKIA dans le cadre d'un contrat de promotion immobilière. La société DALKIA est un opérateur nationalement reconnu en matière de construction et gestion de réseaux de chaleur et de froid urbain (plus de 350 réseaux gérés directement ou via des filiales dédiées en 2016).
- L'exploitation du réseau de chaleur et de froid urbain, installations de production comprises, à la société ELM Opérations, dans le cadre d'une subdélégation dont le principe avait été acté par le contrat de délégation de service public.

La société ELM a pour actionnaires les sociétés DALKIA, société anonyme au capital de 220 047 504 € et Dalkia investissement, société en nom collectif au capital de 24 400 000 €.

A ce titre, ELM Opérations bénéficie pleinement des moyens techniques et des moyens humains mis à disposition par DALKIA. Ses actionnaires sont formellement engagés dans la bonne exécution du contrat de délégation de service public. Ils apportent à la société dédiée, de manière illimitée et inconditionnelle, tous les moyens humains et techniques nécessaires à garantir la continuité du Service conformément au Contrat et ce pendant toute sa durée. De façon irrévocable, illimitée et inconditionnelle, ils demeurent parfaitement et entièrement solidaires des engagements qui incombent à la société dédiée tout au long de l'exécution du Contrat. En cas de manquement du Délégué à l'une de ses obligations de faire au titre du Contrat, ils se substituent à la société dédiée afin d'assurer la prompte et complète exécution des obligations de faire définies par le Contrat, conformément aux dispositions des articles 2288 et suivants du Code Civil. En cas de difficultés répétées de la société dédiée (liquidation, mise en règlement judiciaire, perte de la moitié du capital, etc..), et à la demande du Délégué, ils reprennent directement à leur charge l'ensemble des droits et obligations afférents au Contrat. Les garanties apportées par les actionnaires sont formalisées au sein du Contrat.

L'ensemble des moyens techniques dont dispose ELM est détaillé dans l'annexe n°1 du présent dossier d'autorisation d'ouverture de travaux, de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier conformément au Décret n° 78-498 du 28 mars 1978.

Fait à Lyon, le 23 novembre 2020

M. Gérald CAMPBELL ROBERTSON

Directeur Général



Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

Annexe 4 : Résultats et incidences d'un rejet par forages à la suite de la modélisation réalisée au droit du projet

(16 pages)

1.1 Mise en place de la modélisation

1.1.1 Description du logiciel de modélisation employé

La modélisation hydrodynamique et thermique du futur dispositif de captage-rejet a été réalisée à l'aide du logiciel « Feflow » développé par Wasy Institute for Water Ressources Planning and Systems Research. Ce logiciel, qui permet de prendre en compte une ou plusieurs couches de terrain, met en œuvre un code de calcul en différences finies utilisant un maillage irrégulier. Il permet de simuler, en régime permanent et en régime transitoire, les écoulements souterrains (hydrodynamique), le transport hydrodispersif pour des éléments dissous (propagation de polluants et biseaux salés) et le transport thermique (impact de rejets d'eaux chaudes ou froides).

1.1.2 Géométrie du modèle

Le modèle mis en œuvre est du type monocouche bidimensionnel d'environ 2800 x 2900 m avec un maillage triangulaire irrégulier comportant environ 233 000 mailles. Le maillage a été densifié dans le secteur des ouvrages avec des mailles de 1 à 2 m².

1.1.3 Hypothèses retenues pour caler le modèle

Les hypothèses de calage retenues pour caractériser le site et la nappe dans le secteur sont les suivantes :

- Cote du terrain naturel actuel : 165 (zone de réinjection) à 166 m NGF (zone de captage) ;
- Aquifère sollicité : Nappe des alluvions modernes du Rhône ;
- Niveau statique de la nappe : 160 m NGF soit environ 6 m/sol (au niveau de la zone de captage) et 161,5 m NGF soit environ 3,5 m/sol (au niveau de la zone de réinjection) ;
- Gradient hydraulique : 5 ‰ en moyenne dans le secteur (au droit du projet) du Sud-Ouest vers le Nord-Est ;
- Substratum de l'aquifère : 140 à 145 m NGF soit 21 à 25 m/sol (au droit du projet) ;
- Perméabilité moyenne : $4 \cdot 10^{-3}$ m/s ;
- Transmissivité : environ 6 à $8 \cdot 10^{-2}$ m²/s (215 à 290 m³/h/m) ;
- Coefficient d'emmagasinement : $1 \cdot 10^{-1}$ (nappe libre) ;
- Température de la nappe : 16,4°C (température non influencée).

1.1.4 Durée de la modélisation

La modélisation hydrodynamique et thermique du projet a été réalisée sur une période de 30 ans. Durant cette période, la montée en puissance progressive de l'installation a été prise en compte en considérant le plan de développement du réseau de froid urbain fourni par ELM.

1.1.5 Hypothèses de fonctionnement des installations

Les hypothèses de fonctionnement retenues pour le futur dispositif de captage-rejet du projet sont celles reportées dans les tableaux suivants.

Tableau 1 : Fonctionnement prévisionnel du groupe Froid sur la période 2022 - 2025

Période 2022 – 2025 Puissance maxi appelée estimée : 6 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à Septembre	6 mois Octobre à Mars	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	1 317 586 m ³	506 358 m ³	1 823 943 m ³
Débit géothermal maximal	975 m ³ /h	195 m ³ /h	975 m ³ /h
Débit géothermal moyen	301 m ³ /h	116 m ³ /h	208 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

Tableau 2 : Besoins définis par ELM pour la période 2026 * 2029

Période 2026 – 2029 Puissance maxi appelée estimée : 12,5 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à Septembre	6 mois Octobre à Mars	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	2 093 149 m ³	598 094 m ³	2 691 243 m ³
Débit géothermal maximal	1220 m ³ /h	245 m ³ /h	1 220 m ³ /h
Débit géothermal moyen	478 m ³ /h	137 m ³ /h	307 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

Tableau 3 : Besoins définis par ELM pour la période 2030 et au-delà

Période 2030 et au-delà Puissance maxi appelée estimée : 15 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à octobre	6 mois Octobre à avril	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	2 615 259 m ³	695 866 m ³	3 311 125 m ³
Débit géothermal maximal	1 465 m ³ /h	293 m ³ /h	1 465 m ³ /h
Débit géothermal moyen	597 m ³ /h	159 m ³ /h	378 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

Les autres installations prises en compte et leurs caractéristiques de fonctionnement sont présentées en figure 14, tableau 10 du présent rapport et la fournis en partie 5.5.2..

1.2 Incidence quantitative

1.2.1 Bilan en eau sur la nappe

En phase d'exploitation, les prélèvements seront effectués au droit de 6 forages à un débit maximal de 1 465 m³/h et à débit annuel moyen de 378 m³/h pour un volume de 3 311 125 m³/an. L'intégralité des prélèvements sera réinjectée dans la nappe à l'aide de six forages de rejet. Le bilan en eau sur la nappe sera donc nul.



A noter

*Actuellement la solution de rejeter l'intégralité des eaux au Rhône a été modélisée et est présentée en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Le rejet au Rhône ne sera envisagé que si les conditions hydrologiques, thermiques et hydrogéologiques ne permettent pas un fonctionnement optimum de l'installation (risque de débordement, recyclage et incidences thermiques).*

Toutefois, si le rejet se faisait directement dans le Rhône le bilan pourrait être considéré comme nul car l'eau pompée sera renvoyée vers sa source d'alimentation initiale qui est le Rhône (projet située dans la nappe d'accompagnement du Rhône qui est alimenté par le fleuve au droit du projet).

1.2.2 Influence hydrodynamique sur la nappe

Lors de l'exploitation du futur dispositif de captage-rejet, il sera possible d'observer localement une baisse du niveau piézométrique de la nappe au droit des forages de captage et parallèlement une augmentation du niveau piézométrique de la nappe au droit des forages de rejet.

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

Pour apprécier l'influence hydrodynamique de l'installation, les résultats de la modélisation au débit moyen après 30 ans de fonctionnement (378 m³/h) ainsi que les résultats de la modélisation à débit maximal (1 465 m³/h) pendant 15 jours (hypothèse sécuritaire) enchainés après les 30 ans à débit moyen sont présentés ci-dessous. Le fonctionnement à débit maximal est en effet envisagé que quelques jours par an.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

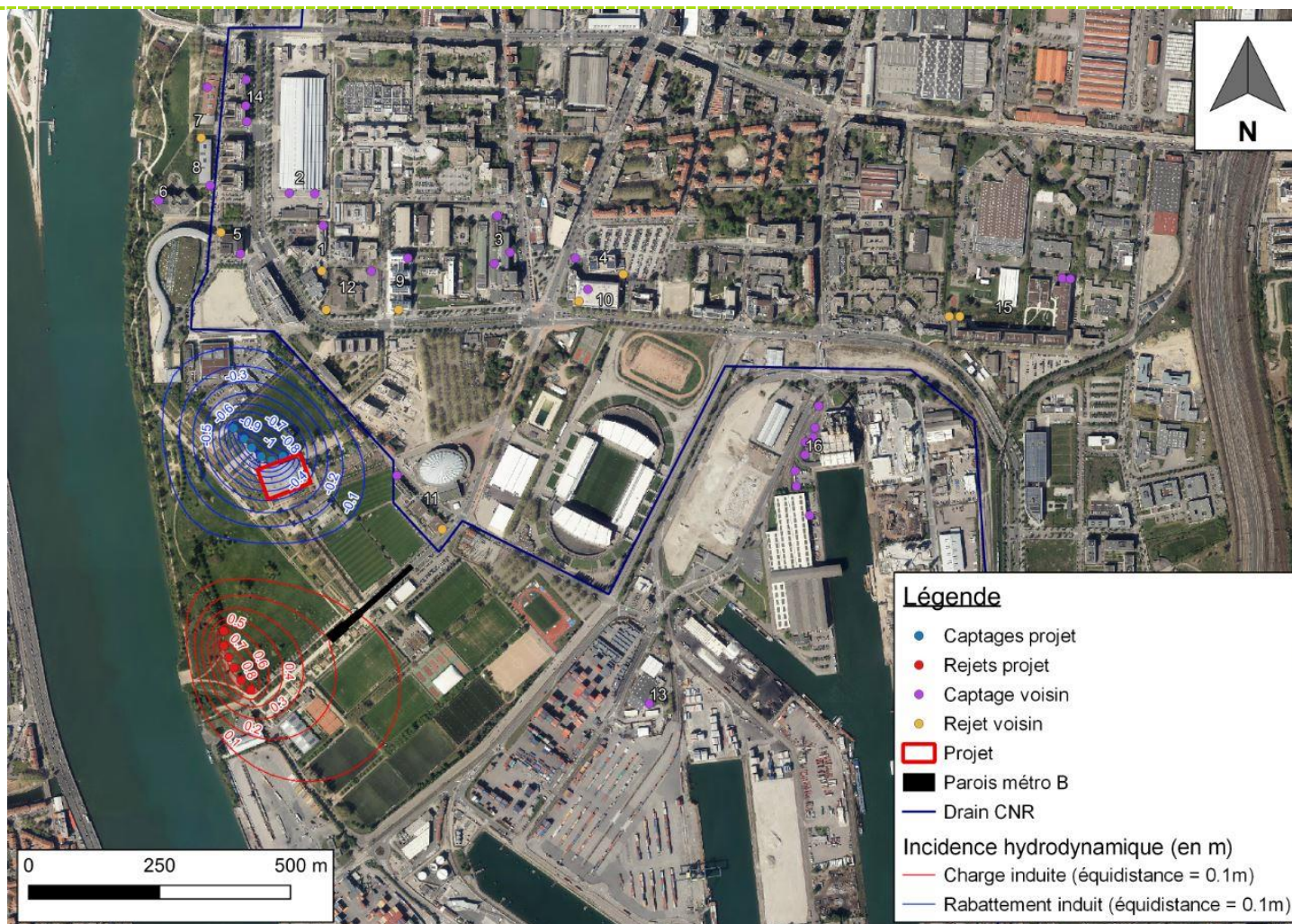


Figure 1 : Incidence hydrodynamique de l'installation à débit moyen

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

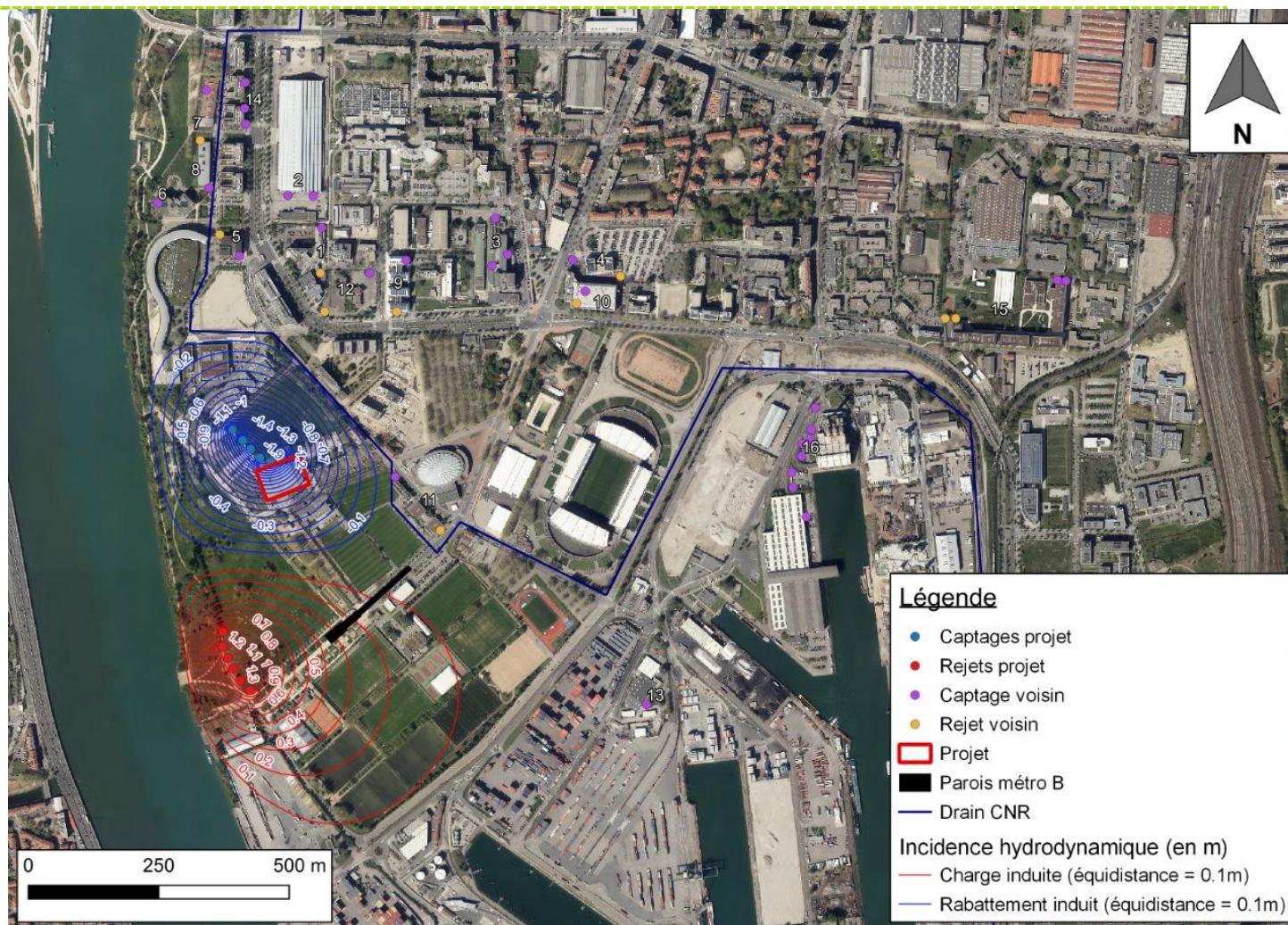


Figure 2 : Incidence hydrodynamique de l'installation à débit maximal (15 jours après débit moyen)

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Les résultats montrent, qu'à débit moyen, le rabattement et la charge seraient inférieurs à 0,1 m au-delà d'environ 325 m des ouvrages de captage et de rejet. Au débit maximal pendant 15 jours après 30 ans de fonctionnement à débit moyen (hypothèse sécuritaire), le rabattement et la charge seraient inférieurs à 0,1 m au-delà d'environ 450 m des ouvrages de captage et de rejet.

Ainsi, il apparaît qu'au-delà d'une distance maximale de 450 m du dispositif de captage-rejet et plus probablement 325 m, l'influence sur la nappe sera faible et quasiment négligeable (moins de 0,1 m) sur le plan hydrodynamique. L'incidence hydrodynamique sur les ouvrages avoisinants sera nulle du fait de leurs positionnement de l'autre côté du drain CNR ou de leurs éloignement (supérieur à 450 m).

Enfin, comme présenté en partie 5.2. Hydrologie du présent rapport **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, concernant les fluctuations du Rhône, la zone des ouvrages de réinjection est susceptible d'être impactée par la hausse du niveau en hautes eaux lors d'une crue sur le Rhône. En se basant sur les données DREAL d'une crue décennale au niveau du projet, en tenant compte de la propagation de l'onde de crue sur les ouvrages de réinjection situé à environ 100 m du Rhône, une hausse de 1 m serait observée. **Cette hausse devra être validée par la réalisation d'un suivi piézométrique au droit du projet et une confirmation de l'onde de crue. Le choix définitif du niveau de hautes eaux sera retenu par le maître d'ouvrage.**

A ce stade, il a été évoqué la possibilité de rejeter les eaux directement au Rhône. Une modélisation thermique a été réalisé en mars 2021 pour connaître l'impact du rejet sur le fleuve. Dans ce cas, l'incidence hydrodynamique au niveau des ouvrages de captage sera plus importante mais restera limitée pour deux raisons :

- ▷ La présence du drain CNR en limite Nord et Est du projet ;
- ▷ La présence du Rhône au niveau de la limite Ouest.

Une actualisation de la modélisation avec uniquement les ouvrages de captage en fonctionnement sera réalisée si cette solution venait à être retenue.

Après 30 ans d'exploitation au débit moyen de fonctionnement, la charge maximale observée à la fin du mois d'août (mois avec le plus de besoins : hypothèse sécuritaire) serait de 1,1 m. En considérant 15 jours de fonctionnement au débit maximal après 30 ans de fonctionnement au débit moyen, la charge serait de 2 m. En considérant un niveau moyen de la nappe au droit de la zone de rejets à une cote de 161,5 m NGF et un terrain naturel à 165 m NGF, une hauteur disponible pour la charge est de 3,5 m. En cas de hautes eaux d'ordre décennal, cette hauteur passerait à 2,5 m. En tenant compte de ces éléments et des niveaux du Rhône, la charge disponible pour la réinjection serait la suivante :

Tableau 4 : Hauteur estimée de terrain non impactée par la charge hydraulique générée par le projet en fonction du niveau de référence sur le Rhône

Hauteur restante de terrain non impactée par une charge hydraulique générée par le projet en fonction du niveau de référence sur le Rhône				
Etat du Rhône	Impact au droit de la zone de réinjection	Charge disponible	Charge hydraulique liée au projet	Hauteur restante /TN
Débit moyen				
Module (Niveau moyen)	0 m	3,5 m	1,1 m	2,4 m
Crue décennale	1 m	2,5 m	1,1 m	1,4 m
Débit Max				
Module (Niveau moyen)	0 m	3,5 m	2 m	1,5 m
Crue décennale	1 m	2,5 m	2 m	0,5 m

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Un suivi des niveaux de la nappe et du Rhône devra être mis en place afin de mieux appréhender les niveaux et fluctuations de la nappe pour choisir un niveau maximal avant le déclenchement du rejet vers un by-pass.

De plus il est important de noter que les données sur les charges générées par l'installation l'ont été à partir de données bibliographiques (caractéristiques hydrodynamiques de la nappe). Des travaux de reconnaissance seront nécessaires pour valider ces caractéristiques hydrodynamiques dans la zone de réinjection et pour valider également la constitution du dispositif et le dimensionnement des ouvrages.

Enfin lors de crue du Rhône (fréquence à définir avec les travaux de reconnaissance et avec l'évaluation des ondes de crue) et donc de la nappe ou en cas de dysfonctionnement du fait d'un « vieillissement » des forages de réinjection (diminution des capacités hydrodynamiques) ou encore lors des opérations de maintenance des forages, un by-pass associé à des sondes de niveau d'alerte devra être aménagé afin de permettre à l'installation de continuer de fonctionner. Ce dispositif permettra de rejeter momentanément les eaux prélevées dans le réseau public (eaux pluviales ?) ou vers le milieu naturel (Rhône). Cette solution, qui ne pourrait être que temporaire dans le cas d'un rejet au réseau pour ne pas le saturer, nécessitera la mise en place de compteurs volumétriques dédiés et l'obtention d'une autorisation de rejet par le gestionnaire du réseau et/ou par l'administration et éventuellement le paiement de taxes (en particulier en cas de rejet au réseau public).

Dans le cas d'une réinjection des eaux vers le Rhône, la problématique de charge hydraulique et du risque de débordement sera nulle même en cas de crue du Rhône. En outre, la nécessité de disposer d'un by-pass vers le réseau pluvial ne sera plus nécessaire.

1.3 Incidence thermique

1.3.1 Bilan thermique sur la nappe

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

Tableau 5 : Bilan thermique de l'installation

Bilan thermique du projet "Skatepark" à Lyon 7 ^{ème} (69)							
Période	Fonctionnement de la PAC	Temps de fonctionnement (mois)	Température de la nappe (°C)	Ecart thermique (ΔT°C)	Température des eaux rejetées (°C)	Volume prélevé (m ³)	Ecart thermique pondéré (ΔT°C)
Hivernale	Groupe froid	6	16,4	+10	26,4°C	695 866	+10
Estivale	Groupe froid	6	16,4	+10	26,4°C	2 615 259	+10
Année	Groupe froid	12	16,4	+10	26,4°C	3 311 125	+10

D'après le bilan thermique de l'installation, il apparaît que le fonctionnement de l'installation sur une année entraînera localement un réchauffement des eaux de la nappe, correspondant à un écart thermique pondéré sur l'année (12 mois) de +10°C pour un volume annuel de 3 311 125 m³. Cet excédent thermique devrait être absorbé grâce aux propriétés capacitives du milieu (échanges thermiques avec les eaux de la nappe par dilution, avec le milieu poreux de l'aquifère par transfert à la matrice solide, et avec les limites supérieure et inférieure de l'aquifère) et grâce à la présence du drain CNR en aval du projet.

Dans le cas d'un rejet vers le Rhône, le bilan thermique sur la nappe sera nul.

1.3.2 Influence thermique sur la nappe

D'une manière générale, on peut considérer que lors de l'exploitation des dispositifs de captage-rejet, il se créera au droit des forages de rejet une perturbation thermique qui s'étendra vers l'aval hydraulique selon le sens d'écoulement de la nappe. Un panache thermique se formera donc en direction du Nord-Est. Son incidence diminuera progressivement par un effet de dilution thermique dans le flux de la nappe et dans le drain CNR situé à proximité immédiate.

Pour apprécier les risques de recyclage et l'incidence thermique sur la nappe des futurs dispositifs de captage-rejet du projet, des modélisations aux débits moyens ont été réalisées. Une première a été réalisée avec uniquement les installations avoisinantes sur 30 ans pour connaître l'état initial de secteur. Une seconde a été réalisée en intégrant le projet avec l'intégralité des installations recensées dans la zone du projet. Cette dernière simulation a pris en compte la montée en puissance progressive de l'installation géothermique du projet. Cela sous-entend pour chaque installation considérée comme raccordée au projet, qu'elle est arrêtée dans la foulée pour ne pas faire doublon.

Pour l'installation ELM du « Skatepark », une modélisation à débit moyen correspond à une exploitation (24h/24h, 7j/7j) au débit moyen d'exploitation pour chaque période de fonctionnement de chaque installation (cf. Tableau 1, Tableau 2 et Tableau 3 pour le projet et pour les installations avoisinantes) avec les écarts thermiques correspondant à chaque période.

D'après les résultats de ces simulations à débit moyen avec les installations avoisinantes, on constate que l'incidence thermique du projet serait limitée à une distance d'environ 530 m à l'aval hydraulique du projet du fait de la présence du drain CNR et ce même après 30 ans de fonctionnement. Les résultats de la modélisation à débit moyen ont été observées à 3, 6, 9 et 30 ans d'exploitation. Ces données sont présentées respectivement en **Figure 3**, **Figure 4**, **Figure 5** et **Figure 6**.

En considérant ces éléments, il apparaît que l'installation du projet aura une incidence non négligeable (supérieure à +1°C) sur l'installation du même type située en aval (installation n°11 de la Ligue Auvergne Rhône-Alpes ou LAURA). En effet, une incidence de +8,4°C serait observée après 30 années d'exploitation (cf. graphique de suivi des températures en Annexe 12 du présent rapport). Cette incidence ne permettrait pas à cette installation de pouvoir continuer à fonctionner. Un rapprochement avec le gestionnaire de l'installation est en cours pour trouver des solutions. A ce stade, elles ne sont pas encore retenues.

Afin d'apprécier le recyclage thermique maximal de l'installation, une modélisation à débit maximal a été effectuée en considérant un fonctionnement (24h/24h, 7j/7j) au débit maximal d'exploitation de la période estivale (soit 1465 m³/h) avec un écart thermique de +10°C. Ainsi pour chaque mois, le volume mensuel est consommé sur un pas de temps restreint. Une fois le volume consommé l'installation s'arrête et redémarre le mois suivant selon la même méthode et ce sur 30 ans. Etant donné les résultats des modélisations au débit moyen de fonctionnement, l'installation n°11 (LAURA) a été considérée. Les installations n°13 (CNR) et n°16 (UIOM) ont également été considérées étant donné qu'elles se situent elles aussi entre le Rhône et le drain CNR.

D'après les résultats de ces simulations à débit maximal avec les installations avoisinantes LAURA, CNR et UIOM, on constate que l'incidence thermique du projet serait limitée à une distance d'environ 530 m à l'aval hydraulique du projet du fait de la présence du drain CNR et ce même après 30 ans de fonctionnement comme pour un fonctionnement au débit moyen. Les

résultats de la modélisation à débit maximal ont été observées après 30 ans d'exploitation Ces données sont présentées en **Figure 7**.

En considérant ces éléments, il apparaît que l'installation du projet aura une incidence non négligeable (supérieure à +1°C) sur l'installation du même type située en aval (installation n°11 LAURA). En effet, une incidence de +7,5°C serait observée après 30 années d'exploitation. Cette incidence ne permettrait pas à cette installation de pouvoir continuer à fonctionner. Les démarches sont lancées pour trouver un compris avec le gérant de l'installation. Cette incidence plus faible qu'en fonctionnement à débit moyen peut s'expliquer par les périodes de pause qui s'intercale entre les périodes de fonctionnement.

Enfin, il est important de noter que l'incidence thermique du projet sur le drain CNR sera non négligeable. En effet, en tenant compte des différentes modélisations réalisées, un impact de 1 à 8°C pourrait être observé localement sur les eaux drainées. En considérant que le débit de front de nappe qui atteint le drain CNR est de 715 m³/h) représente environ 7% du débit maximum observé sur le drain (10 000 m³/h), l'incidence thermique serait comprise entre +0,5 et +0,7°C. De ce fait, un rapprochement avec les parties de la CNR est en cours pour savoir si les incidences seront acceptables.

D'après la réalisation de ces modélisations à débit moyen et débit maximal, l'installation de Central de Froid aura des incidences thermiques non négligeables sur les installations de la Ligue Auvergne Rhône Alpes et le drain CNR. Des démarches sont actuellement en cours pour trouver des solutions ou pour vérifier l'acceptabilité de l'incidence (CNR).



A noter

Ces incidences non négligeables ont poussé à la réflexion pour trouver une autre solution et optimiser finalement l'installation. Le rejet directement au Rhône en conservant les 6 ouvrages de captages permettrait au projet de s'affranchir de ces incidences qui ne peuvent être mises de côté aux vues de leurs importances. Le rejet au Rhône sera donc techniquement plus viable qu'une réinjection au sein de la nappe. Les incidences du rejet au Rhône sont présentées en partie Erreur ! Source du

1.4 Recyclage thermique de l'installation

Les résultats des précédentes modélisations ont également permis de déterminer le recyclage thermique propre au projet.

Les résultats de la modélisation à débit moyen, engendre également un recyclage thermique non négligeable de +2°C en moyenne sur les 6 ouvrages de captages avec des températures maximales simulées comprises entre 16,5°C sur C6 et 20,6°C sur C1 (cf. graphique de suivi des températures en Annexe 12 du présent rapport). Le taux de recyclage thermique est donc de 20 %. Ce taux ne tient pas compte du recyclage et sera donc plus important en réalité. Le bureau d'études fluides devra tenir compte de ce recyclage thermique dans le dimensionnement de l'installation.

Afin d'apprécier le recyclage thermique maximal de l'installation, une modélisation à débit maximal a été effectuée en considérant un fonctionnement (24h/24h, 7j/7j) au débit maximal

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

d'exploitation de la période estivale (soit 1465 m³/h) avec un écart thermique de +10°C. Ainsi pour chaque mois, le volume mensuel est consommé sur un pas de temps restreint. Une fois le volume consommé l'installation s'arrête et redémarre le mois suivant selon la même méthode et ce sur 30 ans.

Les résultats de la modélisation à débit maximum, engendre également un recyclage thermique non négligeable de +2,7°C en moyenne sur les 6 ouvrages de captages avec des températures maximales simulées comprises entre 16,8°C sur C6 et 21,5°C sur C1. Le taux de recyclage thermique est donc de 27 %. Ce taux ne tient pas compte du recyclage et sera donc plus important en réalité. Le bureau d'études fluides devra tenir compte de ce recyclage thermique dans le dimensionnement de l'installation. **Le rendement de l'installation sera directement impacté par ce recyclage thermique.**



A noter

Le recyclage thermique au droit de l'installation est donc non négligeable et impactera directement le rendement de l'installation. C'est pourquoi, un rejet au Rhône a été envisagé. En effet, celui-ci est finalement plus viable techniquement que la réinjection en nappe étant donné qu'il n'y aura plus la problématique du recyclage. Le rendement de l'installation en sera amélioré.

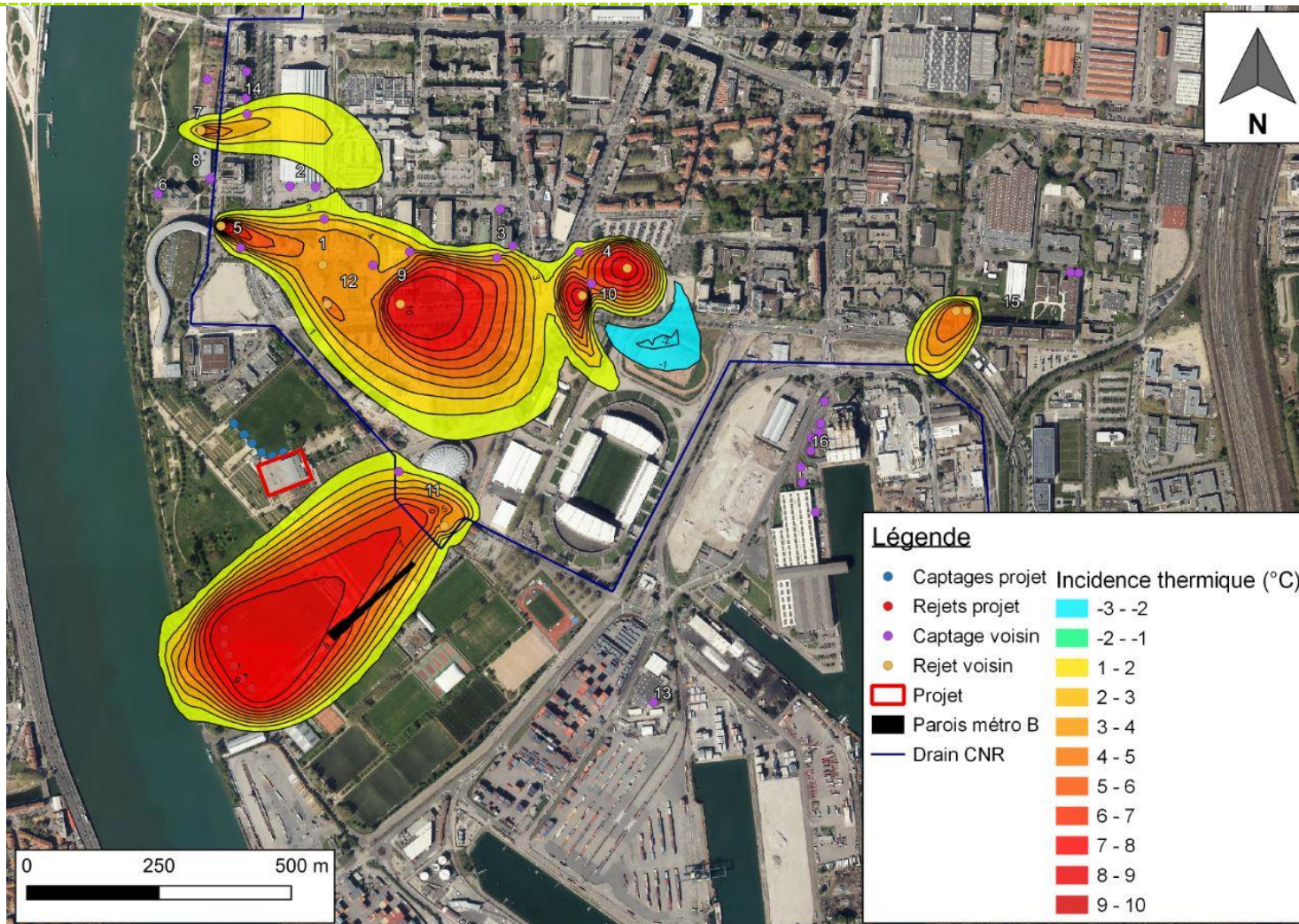


Figure 3 : Incidence thermique de l'installation à débit moyen (après 3 ans d'exploitation)

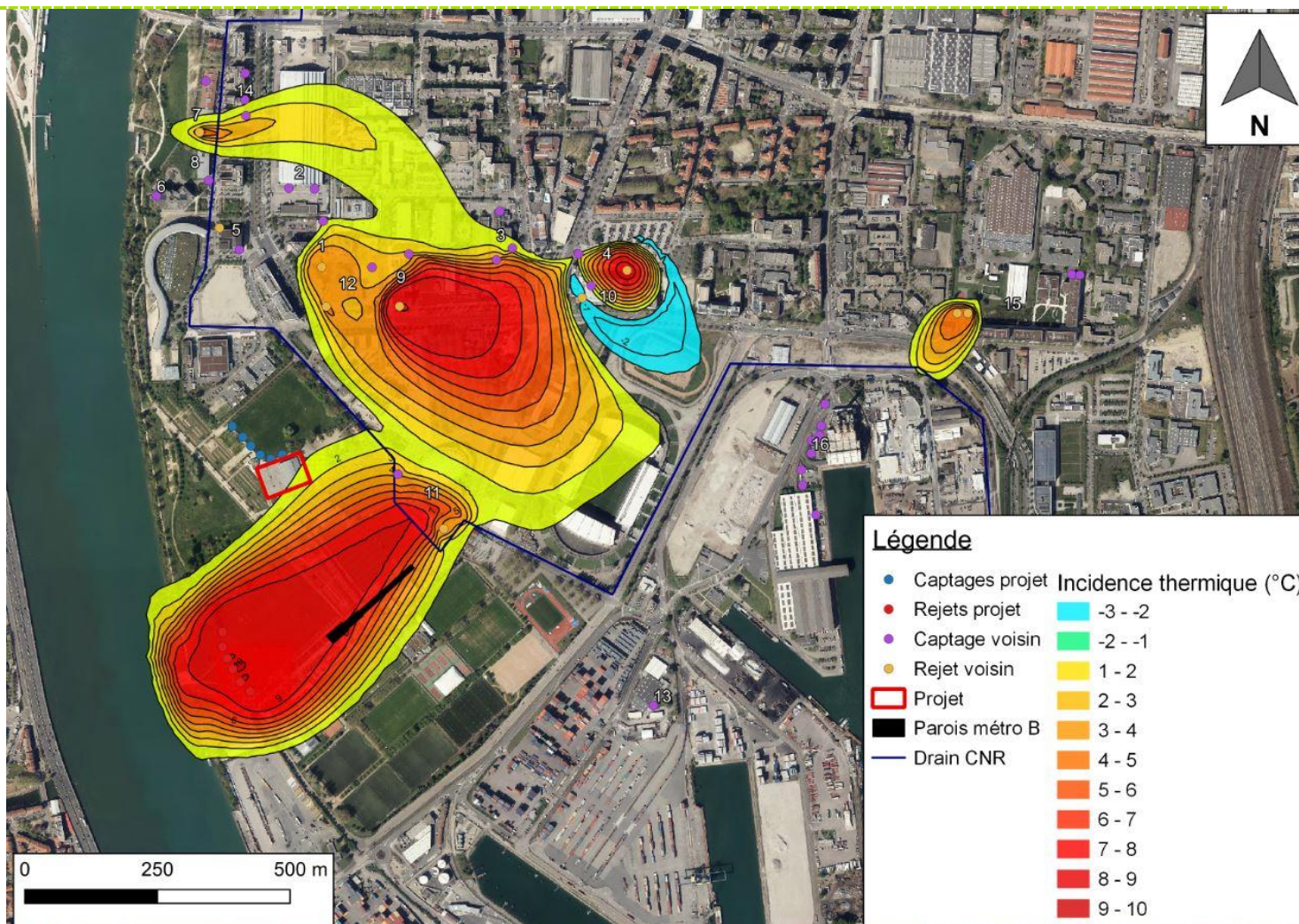


Figure 4 : Incidence thermique de l'installation à débit moyen (après 6 ans d'exploitation)

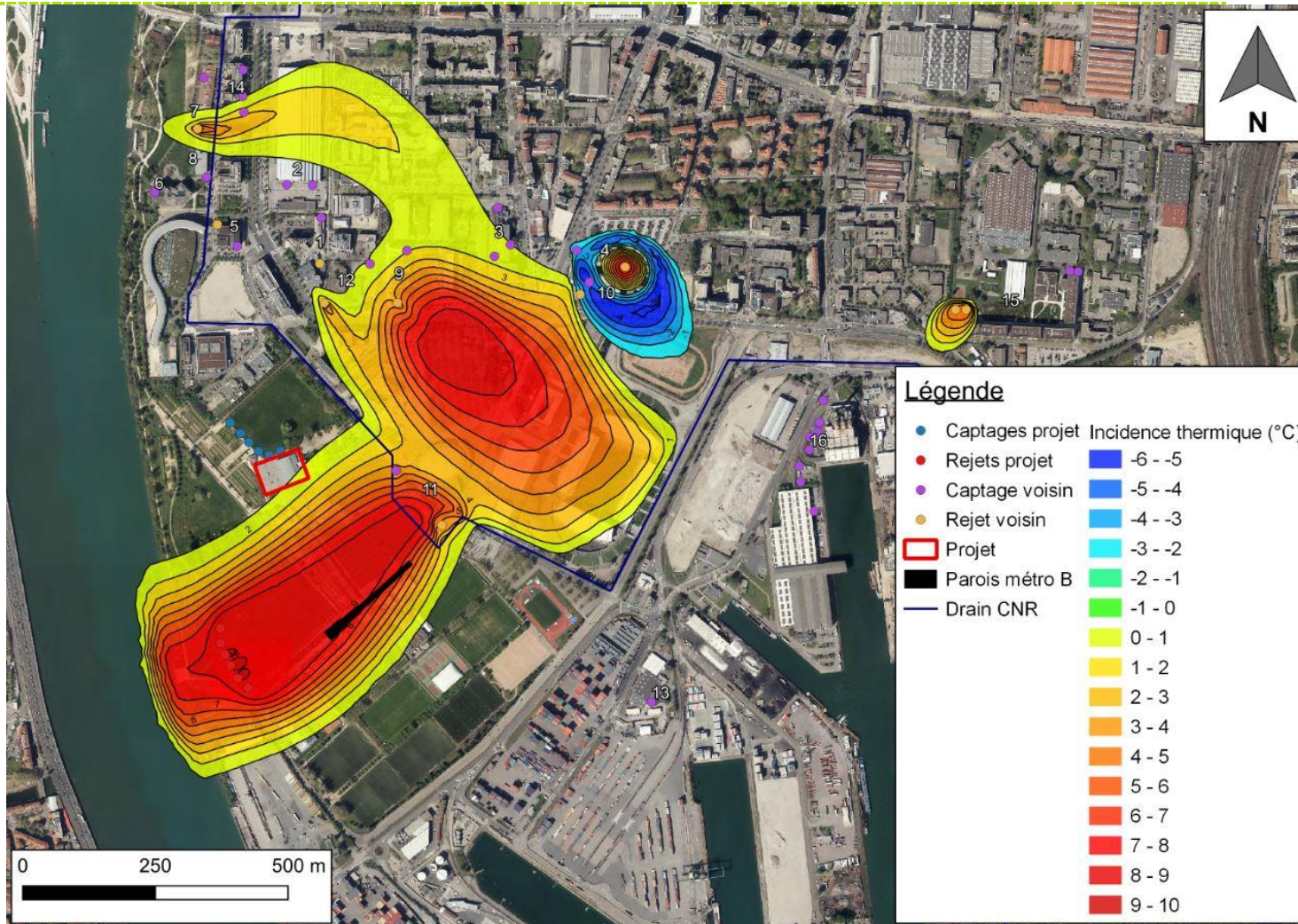


Figure 5 : Incidence thermique de l'installation à débit moyen (après 9 ans d'exploitation)

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

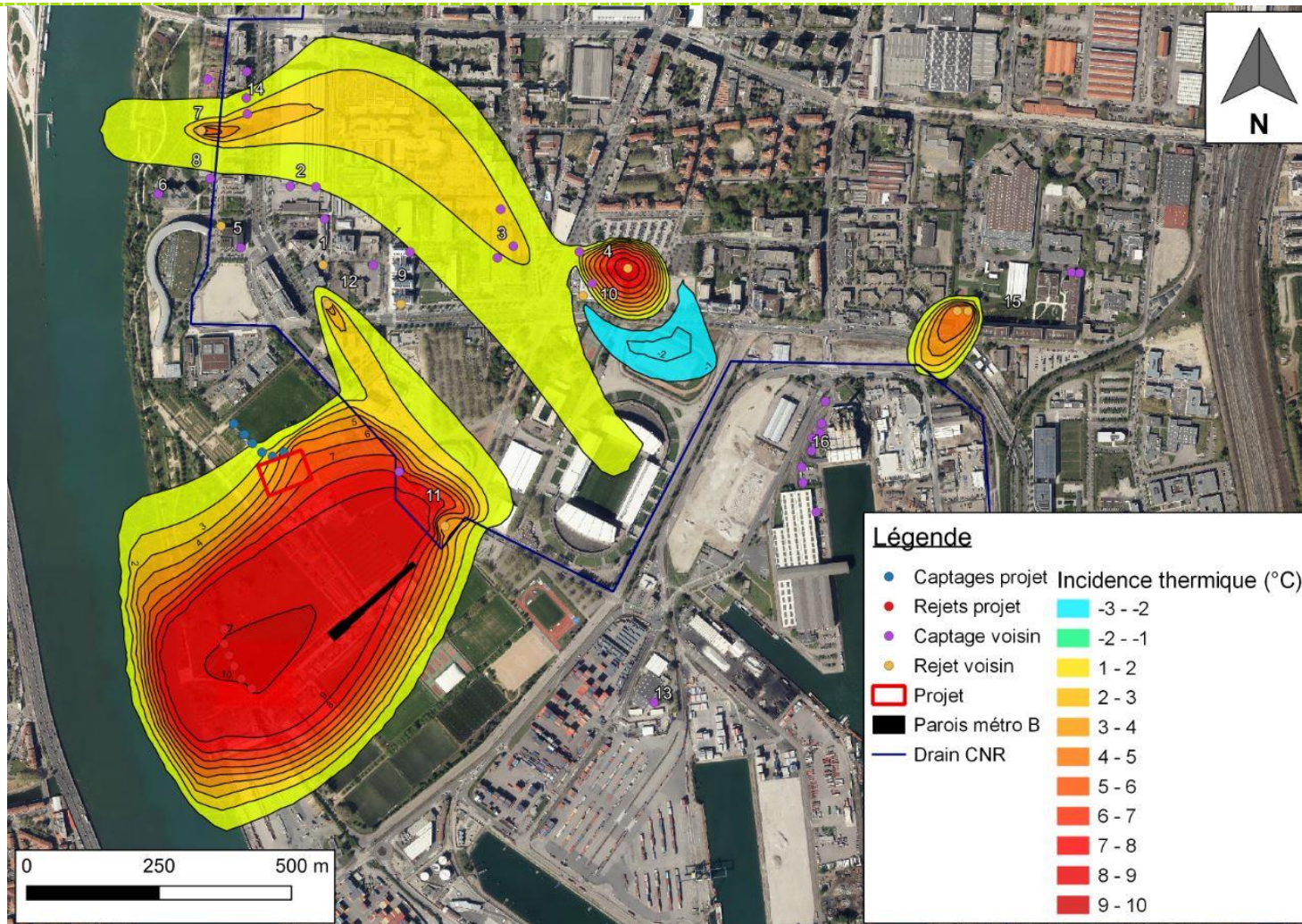


Figure 6 : Incidence thermique de l'installation à débit moyen (après 30 ans d'exploitation)

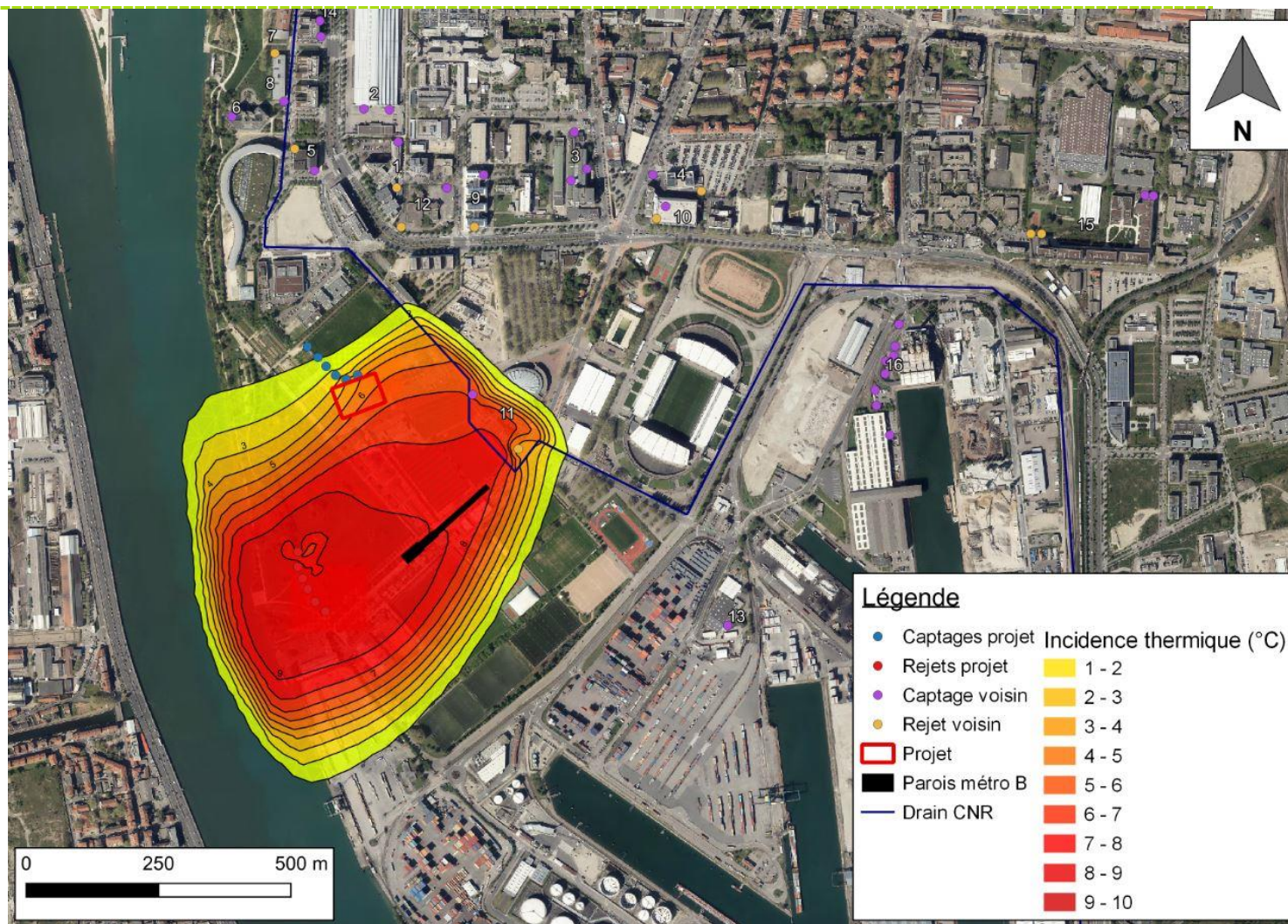


Figure 7 : Incidence thermique de l'installation à débit maximum (après 30 ans d'exploitation)

1.5 Justification de la durée retenue pour les simulations

La modélisation hydrodynamique et thermique du projet a été réalisée sur une période de 30 ans. Le raccordement des nouveaux clients au fil du développement du réseau de froid et l'évolution des besoins de froid dans le quartier font que l'installation va gagner en puissance sur les 10 prochaines années. De plus, l'incidence thermique du projet serait limitée à une distance d'environ 530 m à l'aval hydraulique du projet du fait de la présence du drain CNR et ce même après 30 ans de fonctionnement comme pour un fonctionnement au débit moyen. C'est pourquoi la modélisation n'a pas été réalisée sur une période encore plus longue.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

Annexe 5 : Etude de dilution du rejet de la station géothermique vers le Rhône, SAFEGE, Mars 2021

(29 pages)

Projet Skatepark – Création d'une centrale de production de froid situé au niveau du parc de Gerland à Lyon 7ème (69)

Etude de dilution du rejet de la station géothermique vers le Rhône

CONSULTING

SAFEGE
Parc de l'Île
15-27, Rue du Port
92022 NANTERRE cedex

Pôle Hydraulique fluviale
France Nord

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'Île - 15/27, Rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

Version : 1

Date : Mars 2021

Nom Prénom : Claire LEGRAND

Visa : Pierre RIGAUDIERE et Fabien MONTVIGNIER

Numéro du projet : S20NHF008

Intitulé du projet : Projet Skatepark – Création d’une centrale de production de froid situé au niveau du parc de Gerland à Lyon 7ème (69)

Intitulé du document : Etude de dilution du rejet de la station géothermique vers le Rhône

Version	Rédacteur NOM / Prénom	Vérificateur NOM / Prénom	Date d’envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES Documents de référence / Description des modifications essentielles
1	LEGRAND Claire	RIGAUDIERE Pierre MONTVIGNIER Fabien	08/03/2021	Version initiale
2				

Sommaire

1.....Contexte et objectif	4
2.....Modélisation hydraulique thermique	6
2.1 Description de la modélisation.....	6
2.2 Incidence thermique	10
3.....Conclusion.....	27

Table des illustrations

Figure 1 : Linéaire modélisé.....	6
Figure 2 : Topographie (Source : CNR).....	8
Figure 3 : Localisation de la plateforme d'amarrage (Source : Géoportail)	9
Figure 4 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P1 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage	11
Figure 5 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P2 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage	12
Figure 6 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P3 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage	13
Figure 7 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P1 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage	14
Figure 8 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P2 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage	15
Figure 9 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P3 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage	16
Figure 10 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P1 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage	18
Figure 11 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P2 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage	19
Figure 12 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P3 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage	20
Figure 13 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P1 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage	21
Figure 14 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P2 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage	22
Figure 15 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P3 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage	23
Figure 16 : Vecteur vitesse de l'écoulement autour de la plateforme d'amarrage	24
Figure 17 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P3 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage pour un débit du Rhône égal à 193 m ³ /s.....	25
Figure 18 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P3 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage pour un coefficient de diffusion égal à 10 ⁻⁷ m ² /s.....	26

Table des tableaux

Tableau 1 : Besoins définis par Dalkia pour la période P1 2022 - 2025	4
Tableau 2 : Besoins définis par Dalkia pour la période P2 2026 - 2029	5
Tableau 3 : Besoins définis par Dalkia pour la période P3 2030 et au-delà	5
Tableau 4 : Caractéristiques du panache simulé en fonction de la période de fonctionnement avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage	10
Tableau 5 : Caractéristiques du panache simulé en fonction de la période de fonctionnement avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage	17

1 CONTEXTE ET OBJECTIF

Dans le cadre du projet de développement du réseau de froid urbain dans le quartier de Gerland à Lyon (69), DALKIA via sa filiale CHAUFFAGE URBAIN CENTRE METROPOLE envisage de réaliser la production de froid à l'aide de pompe à chaleur alimentée sur eau de nappe.

Le principe de fonctionnement d'une exploitation géothermique de la nappe est le suivant : le prélèvement en eau souterraine s'effectue dans une ou plusieurs installations de captage, puis après passage au niveau d'échangeurs thermiques (récupération ou restitution de thermies), les eaux prélevées sont intégralement réinjectées dans la nappe au droit d'une ou plusieurs installations de réinjection.

Dans le cadre de cette étude, un rejet par réinjection total dans le Rhône est envisagé.

D'après les renseignements fournis par DALKIA, les hypothèses de fonctionnement retenues pour l'exploitation géothermique envisagée de la nappe sont reportées dans les tableaux suivants :

- Pour la période P1 2022 – 2025 :

Période 2022 – 2025			
Puissance maxi appelée estimée : 6 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à Septembre	6 mois Octobre à Mars	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	1 317 586 m ³	506 358 m ³	1 823 943 m ³
Débit maximal	975 m ³ /h	195 m ³ /h	975 m ³ /h
Débit moyen	301 m ³ /h	116 m ³ /h	208 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

Tableau 1 : Besoins définis par Dalkia pour la période P1 2022 - 2025

- Pour la période P2 2026 – 2029 :

Période 2026 – 2029			
Puissance maxi appelée estimée : 12,5 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à Septembre	6 mois Octobre à Mars	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	2 093 149 m ³	598 094 m ³	2 691 243 m ³
Débit maximal	1220 m ³ /h	245 m ³ /h	1 220 m ³ /h
Débit moyen	478 m ³ /h	137 m ³ /h	307 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

Tableau 2 : Besoins définis par Dalkia pour la période P2 2026 - 2029

- Pour la période P3 2030 et au-delà :

Période 2030 et au delà			
Puissance maxi appelée estimée : 15 MW			
Période	Estivale	Hivernale	Année
Durée	6 mois Avril à octobre	6 mois Octobre à avril	12 mois
Fonctionnement	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24	Production de froid 24h/24
Volume prélevé	2 615 259 m ³	695 866 m ³	3 311 125 m ³
Débit maximal	1 465 m ³ /h	293 m ³ /h	1 465 m ³ /h
Débit moyen	597 m ³ /h	159 m ³ /h	378 m ³ /h
Ecart thermique maximal (ΔT)	+10°C	+10°C	+10°C
Période de fonctionnement	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j	24h/24h, 7j/7j

Tableau 3 : Besoins définis par Dalkia pour la période P3 2030 et au-delà

DALKIA a donc demandé aux bureaux d'études SUEZ Consulting et ARCHAMBAULT CONSEIL de réaliser une modélisation hydraulique 2D de la dilution et de l'advection-dispersion du rejet thermique dans le Rhône.

Le présent rapport rend compte des résultats de la modélisation.

2 MODELISATION HYDRAULIQUE THERMIQUE

2.1 Description de la modélisation

Pour apprécier l'incidence thermique du projet sur les températures du Rhône, une modélisation hydraulique et thermique a été réalisée afin de simuler l'exploitation potentielle du futur dispositif de captage-rejet pour différents scénarios.

2.1.1 Emprise du modèle

Le modèle est un modèle 2D du lit mineur du Rhône. Il débute après la confluence entre la Saône et le Rhône soit environ 500 m à l'amont de la zone du rejet prévu et se termine à l'amont immédiat des installations de Pierre-Bénite constituées d'un barrage, d'une centrale hydroélectrique et d'une écluse. Le linéaire maximal modélisé est égal à 4 400 m.

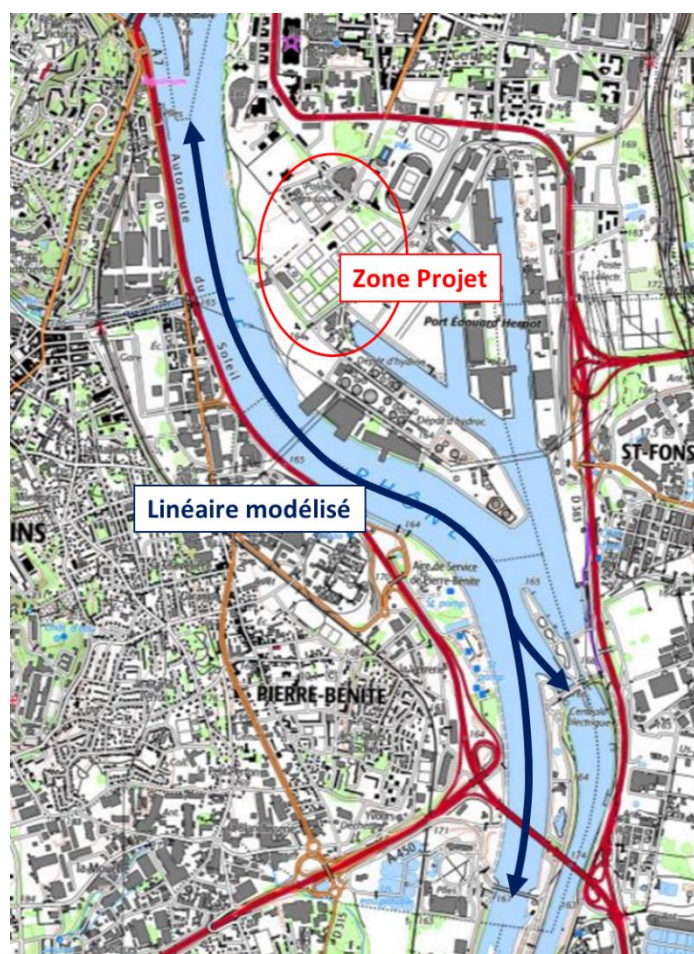


Figure 1 : Linéaire modélisé

Le modèle inclut la zone du port.

2.1.2 Description du logiciel de modélisation employé

La modélisation hydraulique est réalisée à l'aide du logiciel TELEMAC-2D. Ce dernier permet de simuler des écoulements à surface libre en deux dimensions (dans le plan).

Pour ce faire, il résout les équations de Barré de Saint-Venant ¹ par l'utilisation de la méthode des éléments finis. Ses résultats principaux sont, en chaque point du maillage, constitués de la hauteur d'eau et de la vitesse moyenne sur chaque maille.

Le logiciel permet la réalisation de simulations en régime transitoire et permanent.

Il prend notamment en compte les phénomènes suivants :

- Rugosité du terrain ;
- Flux en rivière ;
- Zones sèches (non-submergées) dans le domaine de modélisation ;
- Traitement de points singuliers (ouvrages tels que les seuils, digues, conduites...).

Il intègre également des calculs de dilution et d'advection-dispersion via la mise en place de traceurs. L'étude du panache thermique généré par le rejet d'eau chaude dans le Rhône est réalisé grâce à l'injection d'un traceur de température.

2.1.3 Géométrie du modèle

Le modèle mis en œuvre est de type bidimensionnel couvrant une surface de de 1.6 km² avec un maillage triangulaire irrégulier comportant environ 138 500 mailles. La surface moyenne des mailles est égale à 11.5 m². Les surfaces de mailles minimales et maximales sont respectivement égales à 4.6 m² et 25 m².

2.1.4 Topographie du modèle

Les données topographiques intégrées dans le modèle sont les données bathymétriques transmises par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR).

Le port n'étant pas couvert, sa cote a été considérée comme plane et extrapolée à partir du profil en travers couvrant la sortie du port fourni par la CNR.

Les ouvrages à l'aval du modèle (barrage et centrale hydroélectrique) n'ont pas été intégrés dans le modèle en tant que tels. Leur fonctionnement sera cependant intégré dans les conditions aux limites du modèle.

¹ Les équations de Barré de Saint-Venant constituent l'outil mathématique communément utilisé pour la description des écoulements transitoires (ou variables dans le temps) en eau peu profonde. Elles s'appuient sur les principes de la conservation de la masse et de la quantité de mouvement, ainsi que sur l'influence de la rugosité de la surface sur laquelle l'écoulement a lieu (de manière analogue à la formule de Manning-Strickler) pour restituer, entre autres, la hauteur et la vitesse atteintes par les écoulements.

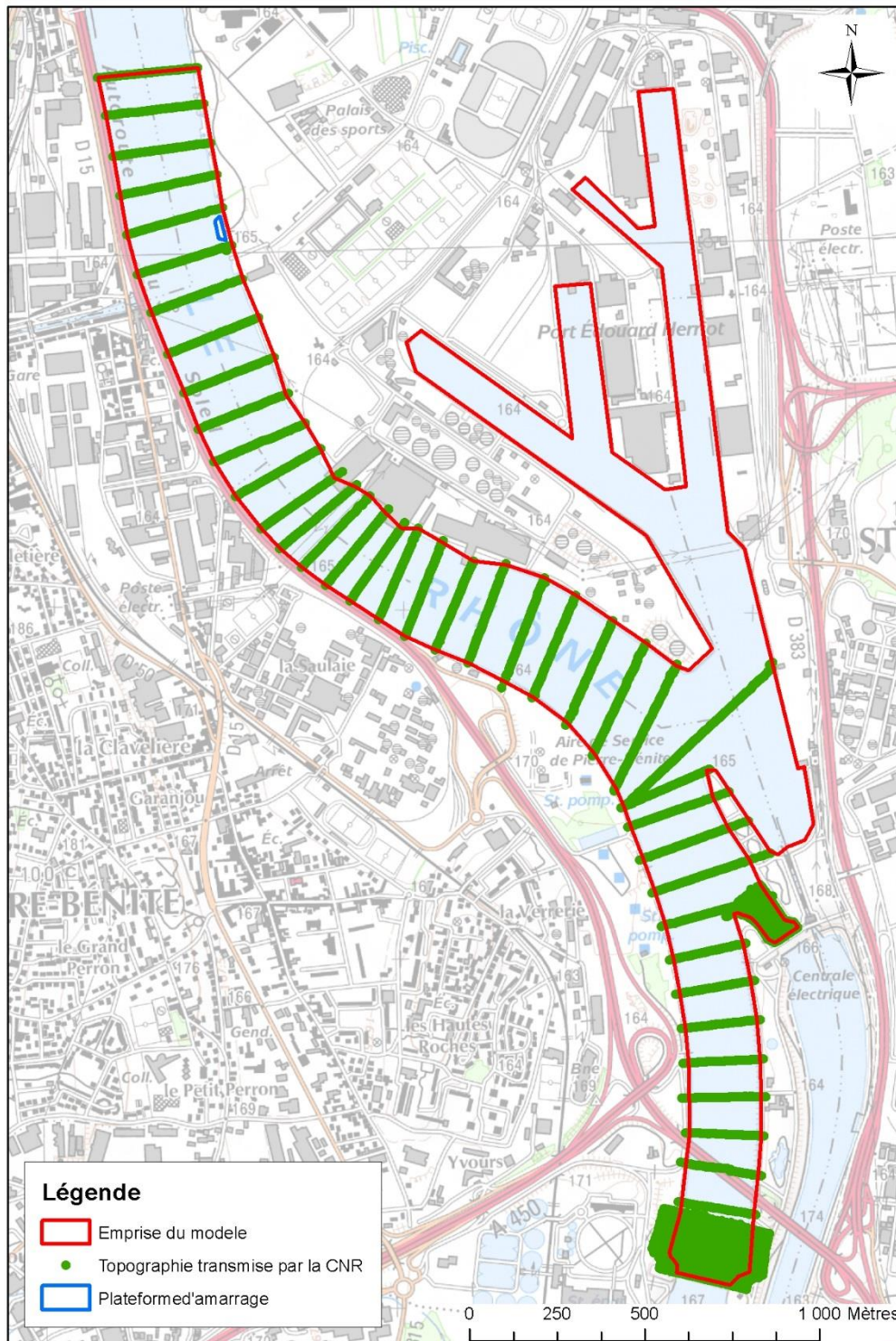


Figure 2 : Topographie (Source : CNR)

Les zones de rejet envisagées se situent sur les parcelles 0002 et 0010. Pour améliorer la représentativité de la modélisation, la plateforme d'amarrage (entourée en bleu ci-dessous) a été intégrée à la topographie de la berge.



Données cartographiques : © DGFP

Figure 3 : Localisation de la plateforme d'amarrage (Source : Géoportail)

2.1.5 Hypothèses retenues pour les simulations

Deux scénarios de point de rejet sont étudiés :

- Le premier se situe 50 m au nord de la plateforme d'amarrage,
- Le second se situe 30 m au sud de la plateforme d'amarrage.

Les hypothèses retenues pour les deux scénarios modélisés sont les suivants :

- Le **débit du Rhône est fixé à 370 m³/s** soit le débit moyen mensuel minimum ayant une probabilité de 1/5 de se produire chaque année (**QMNA5**). Ce débit est fourni par la station banque Hydro sur le Rhône à Ternay entre 1966 et 2017. *L'influence de ce paramètre va être étudié lors de l'analyse de sensibilité.*
- Le **débit réservé dans le Vieux Rhône** (bras au sud-ouest se terminant par le barrage) est de **100 m³/s**. Le débit restant passe par le bras de la centrale hydroélectrique (au centre entre le bras du barrage et le bras de l'écluse). Ce fonctionnement correspond au **fonctionnement classique de turbinage transmis par la CNR**.
- Le **coefficient de Strickler du Rhône est fixé à 29**.
- Le **coefficient de diffusion est fixé à 10⁻⁶ m²/s**, valeur proposée par défaut par le code TELEMAC 2D *L'influence de ce paramètre va être étudiée lors de l'analyse de sensibilité.*
- Le flux d'eau chaude rejetée dans le Rhône a une **température supérieure de 10°C à celle du Rhône**.
- Le **débit d'eau chaude rejetée dans le Rhône** prend successivement les valeurs des **débites moyens annuels** ($Q_{moyP1} = 208 \text{ m}^3/\text{h}$ / $Q_{moyP2} = 307 \text{ m}^3/\text{h}$ / $Q_{moyP3} = 378 \text{ m}^3/\text{h}$) puis des **débites maximaux annuels** ($Q_{maxP1} = 975 \text{ m}^3/\text{h}$ / $Q_{maxP2} = 1220 \text{ m}^3/\text{h}$ / $Q_{maxP3} = 1465 \text{ m}^3/\text{h}$) sur chaque période de fonctionnement. Les injections sont faites de sorte que le panache thermique soit pleinement établi et stabilisé avant la modification du débit d'injection.

2.2 Incidence thermique

2.2.1 Impacts modélisés obtenus

❖ Injection au sud de la plateforme d'amarrage

Lors de l'exploitation du futur dispositif de rejet dans le Rhône avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage, on observe localement une hausse de la température du Rhône. La localisation de l'impact et sa répartition sont respectivement présentées sur les cartographies et dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : Caractéristiques du panache simulé en fonction de la période de fonctionnement avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage

Débits injectés (en m ³ /s)	Panache total (impact supérieur à +0.01°C dans le Rhône)			Panache partiel (impact supérieur à +1°C dans le Rhône)	
	Longueur max (en m)	Largeur max (en m)	ΔTmax (en °C)	Longueur max (en m)	Largeur max (en m)
Q _{moy} P1 = 0.058	27	19.7	+1	Pas de panache avec une température supérieure à +1°C dans le Rhône	
Q _{moy} P2 = 0.085	72	23.7	+2	7.85	7
Q _{moy} P3 = 0.105	107.7	28.4	+2	10	14
Q _{max} P1 = 0.27	667.5	57.8	+7	244.5	18.5
Q _{max} P2 = 0.339	792.5	67	+8	306	22
Q _{max} P3 = 0.407	928	68	+8	346.6	23

Du fait des débits de rejet très faibles comparés au débit du Rhône (entre 2 et 3% en débit moyen et entre 7 et 11% en débit maximal suivant la période), la dilution est très rapide. Ainsi, malgré un rejet avec une différence égale à +10°C, **aucune hausse de température de +10°C n'est observée dans le Rhône.**

Le panache obtenu avec un **rejet moyen** représente une **longueur maximale inférieure à 110 m** et une largeur maximale inférieure à 30 m soit **12% de la largeur du Rhône**. La différence de température obtenue dans le Rhône est supérieure **d'au maximum +2°C à l'échelle des mailles du modèle.**

Le panache obtenu avec un **rejet maximal** représente une **longueur maximale inférieure à 1 km** et une largeur maximale inférieure à 70 m soit **28% de la largeur du Rhône**. La différence de température obtenue dans le Rhône est supérieure **d'au maximum +8°C à l'échelle des mailles du modèle.**

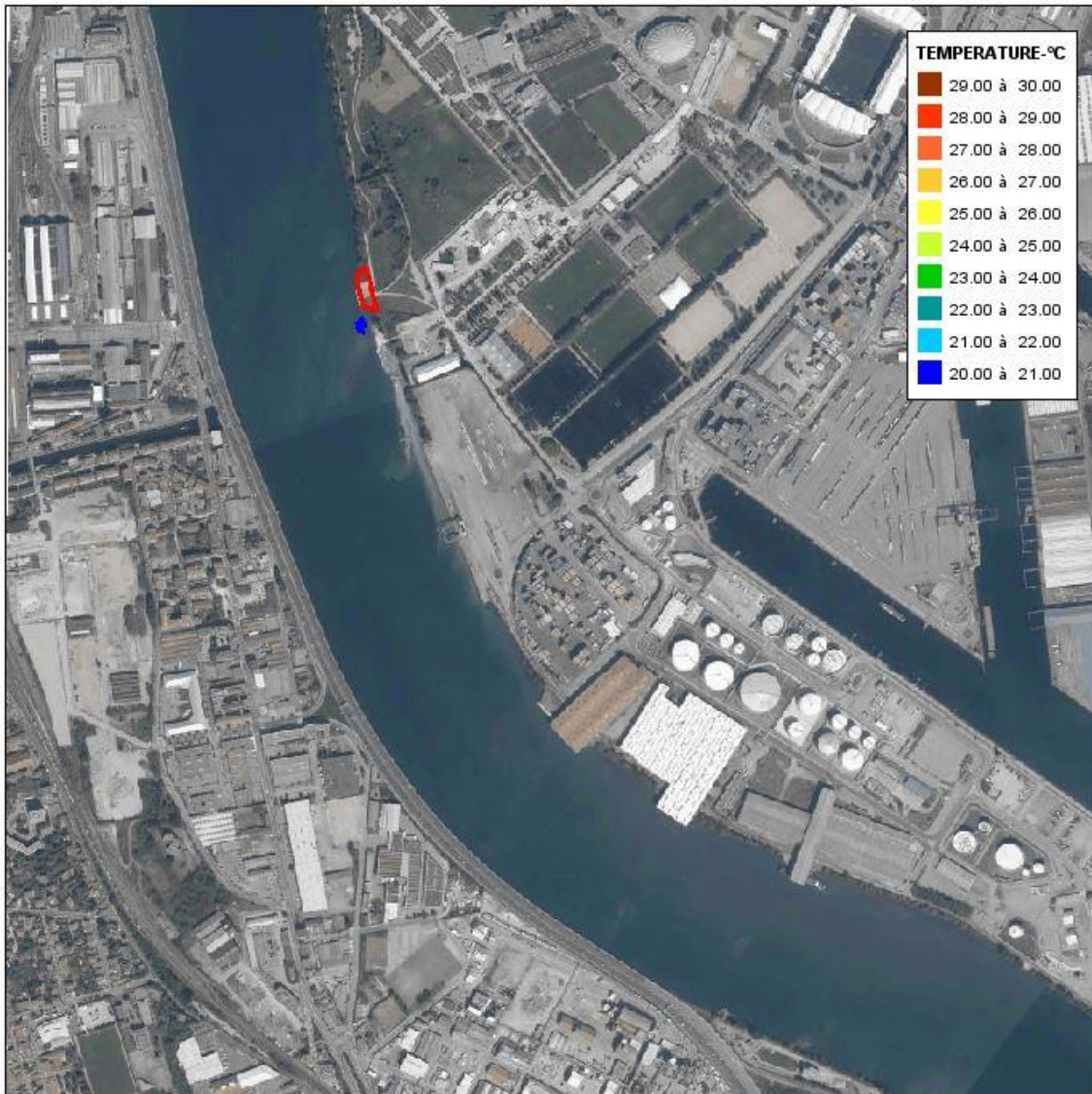


Figure 4 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P1 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage

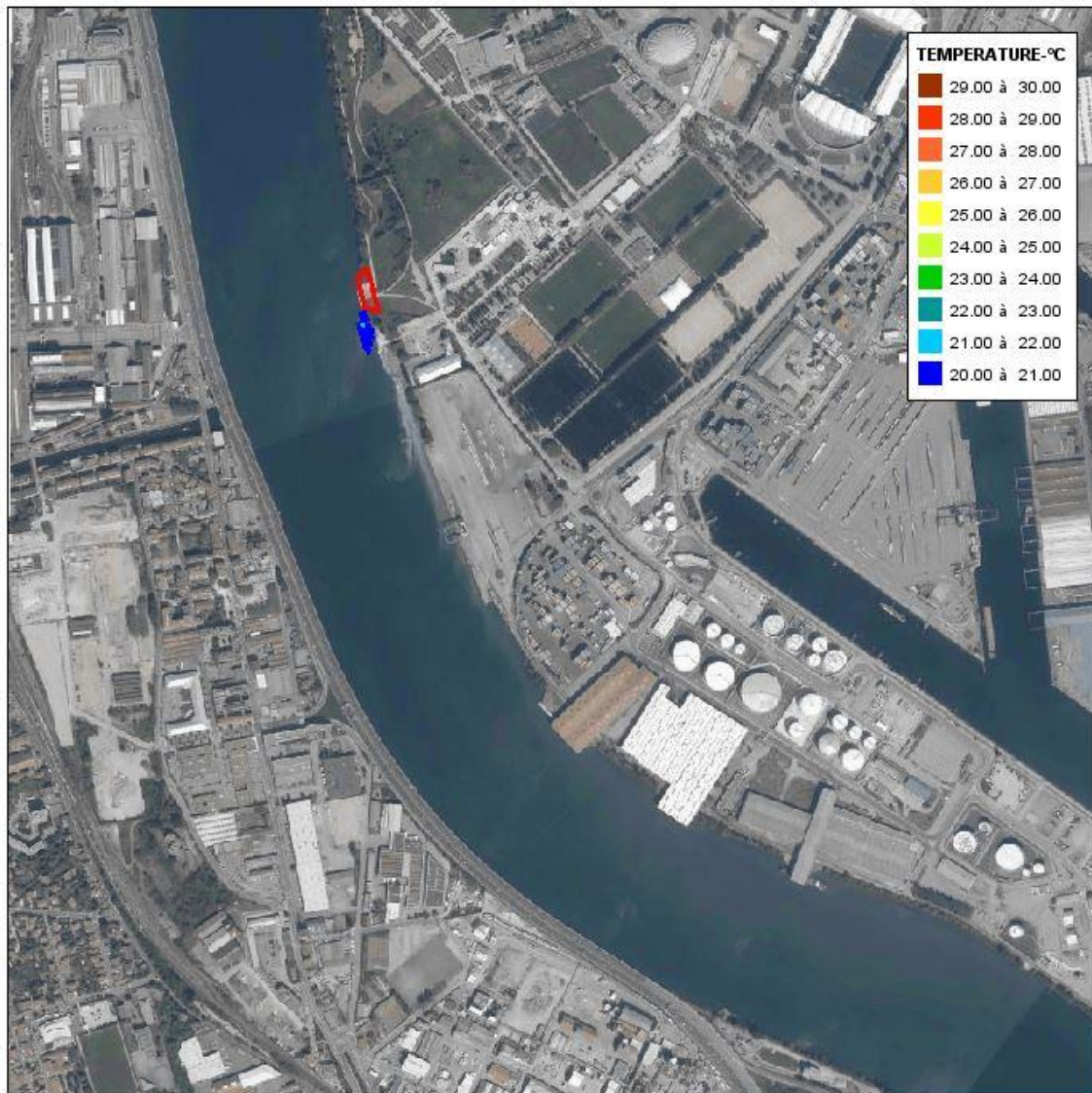


Figure 5 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P2 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage

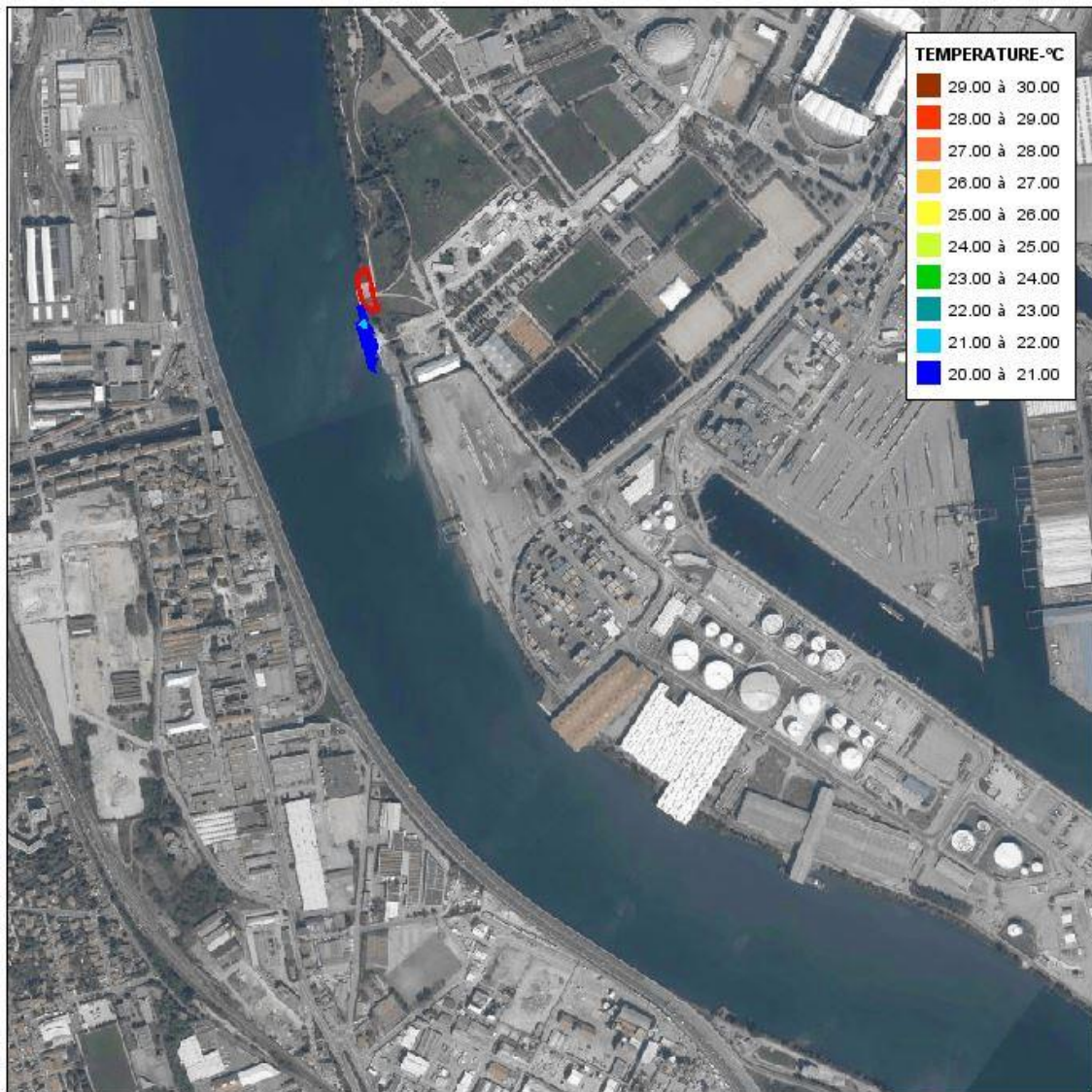


Figure 6 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P3 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage

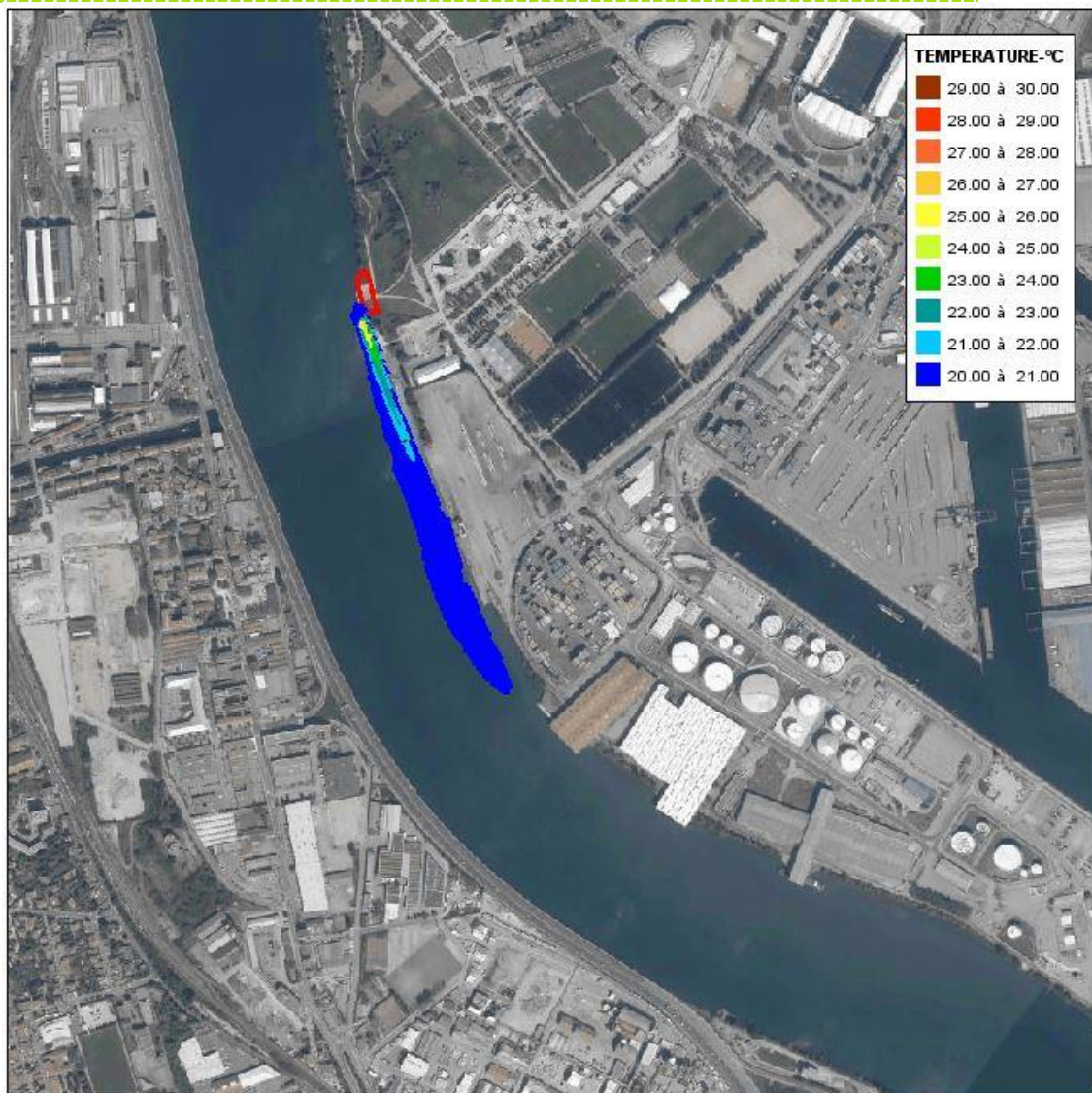


Figure 7 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P1 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage

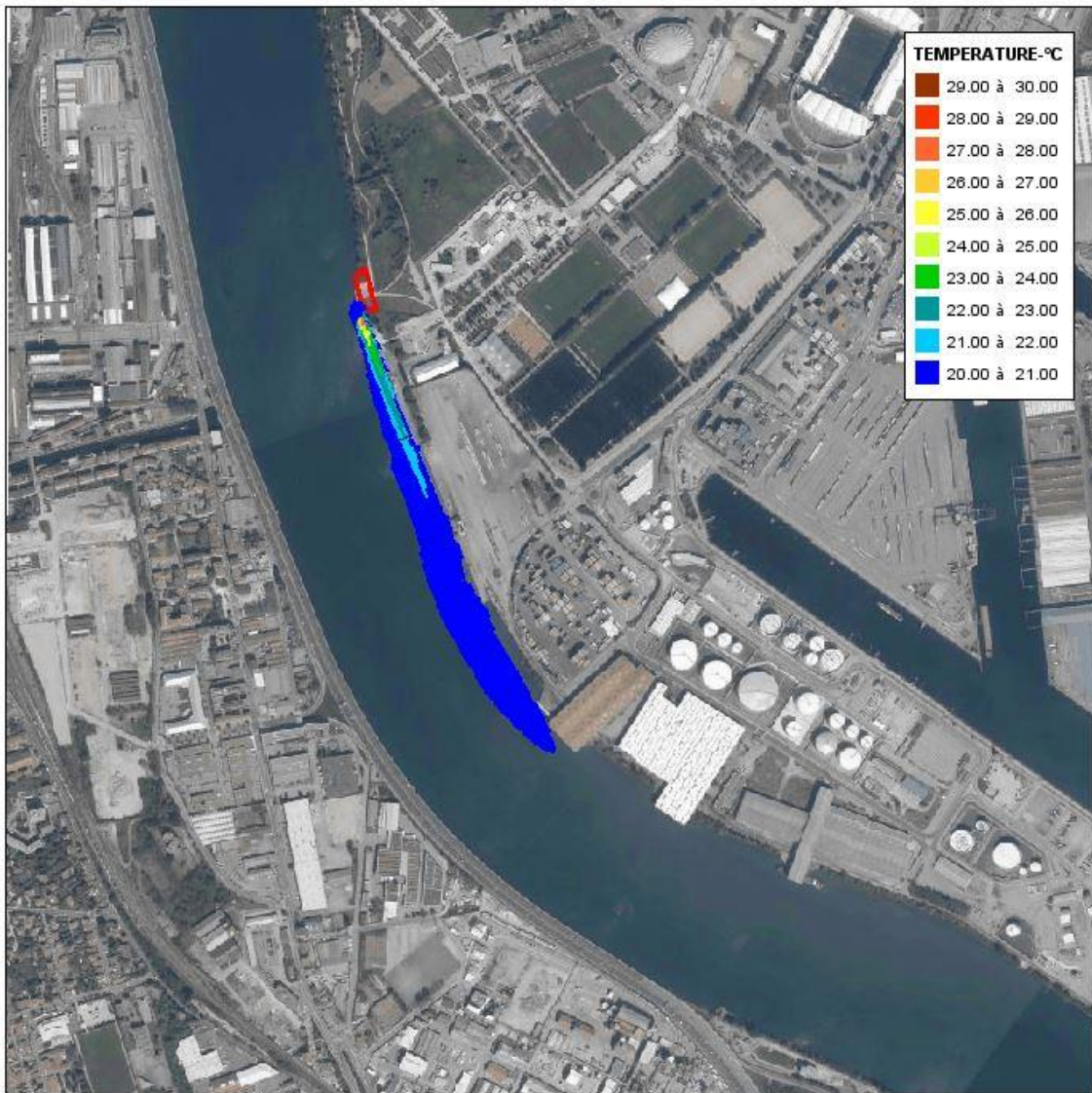


Figure 8 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P2 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage

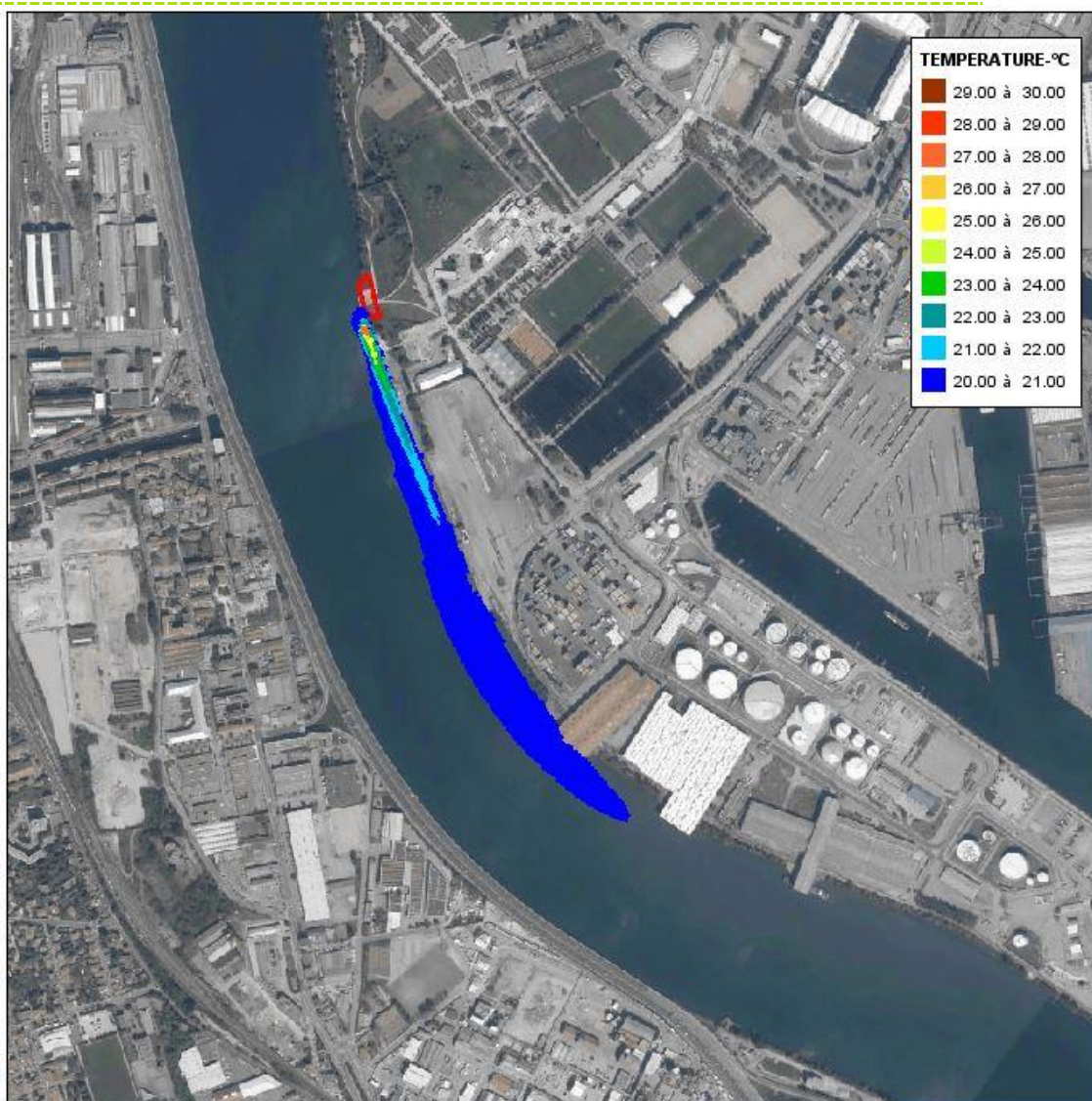


Figure 9 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P3 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage

❖ Injection au nord de la plateforme d'amarrage

Lors de l'exploitation du futur dispositif de rejet dans le Rhône avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage, on observe localement une hausse de la température du Rhône. La localisation de l'impact et sa répartition sont respectivement présentées sur les cartographies et dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5 : Caractéristiques du panache simulé en fonction de la période de fonctionnement avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage

Débits injectés (en m ³ /s)	Panache total (impact supérieur à +0.01°C dans le Rhône)			Panache partiel (impact supérieur à +1°C dans le Rhône)	
	Longueur max (en m)	Largeur max (en m)	ΔTmax (en °C)	Longueur max (en m)	Largeur max (en m)
Q _{moy} P1 = 0.058	47	24.6	+2	2.3	2
Q _{moy} P2 = 0.085	72	29.8	+2	9.9	6.8
Q _{moy} P3 = 0.105	90	33.15	+2	15	9
Q _{max} P1 = 0.27	221	40.1	+4	51.8	11.7
Q _{max} P2 = 0.339	259	44	+5	54.2	12.5
Q _{max} P3 = 0.407	318	48.7	+5	58.4	14.4

Du fait des débits de rejet très faibles comparés au débit du Rhône (entre 2 et 3% en débit moyen et entre 7 et 11% en débit maximal suivant la période), la dilution est très rapide. Ainsi, malgré un rejet avec une différence égale à +10°C, **aucune hausse de température de +10°C n'est observée dans le Rhône.**

Le panache obtenu avec un **rejet moyen** représente une **longueur maximale inférieure à 110 m** et une largeur maximale inférieure à 34 m soit **14% de la largeur du Rhône**. La différence de température obtenue dans le Rhône est supérieure **d'au maximum +3°C à l'échelle des mailles du modèle.**

Le panache obtenu avec un **rejet maximal** représente une **longueur maximale inférieure à 320 m** et une largeur maximale inférieure à 50 m soit **20% de la largeur du Rhône**. La différence de température obtenue dans le Rhône est supérieure **d'au maximum +5°C à l'échelle des mailles du modèle.**

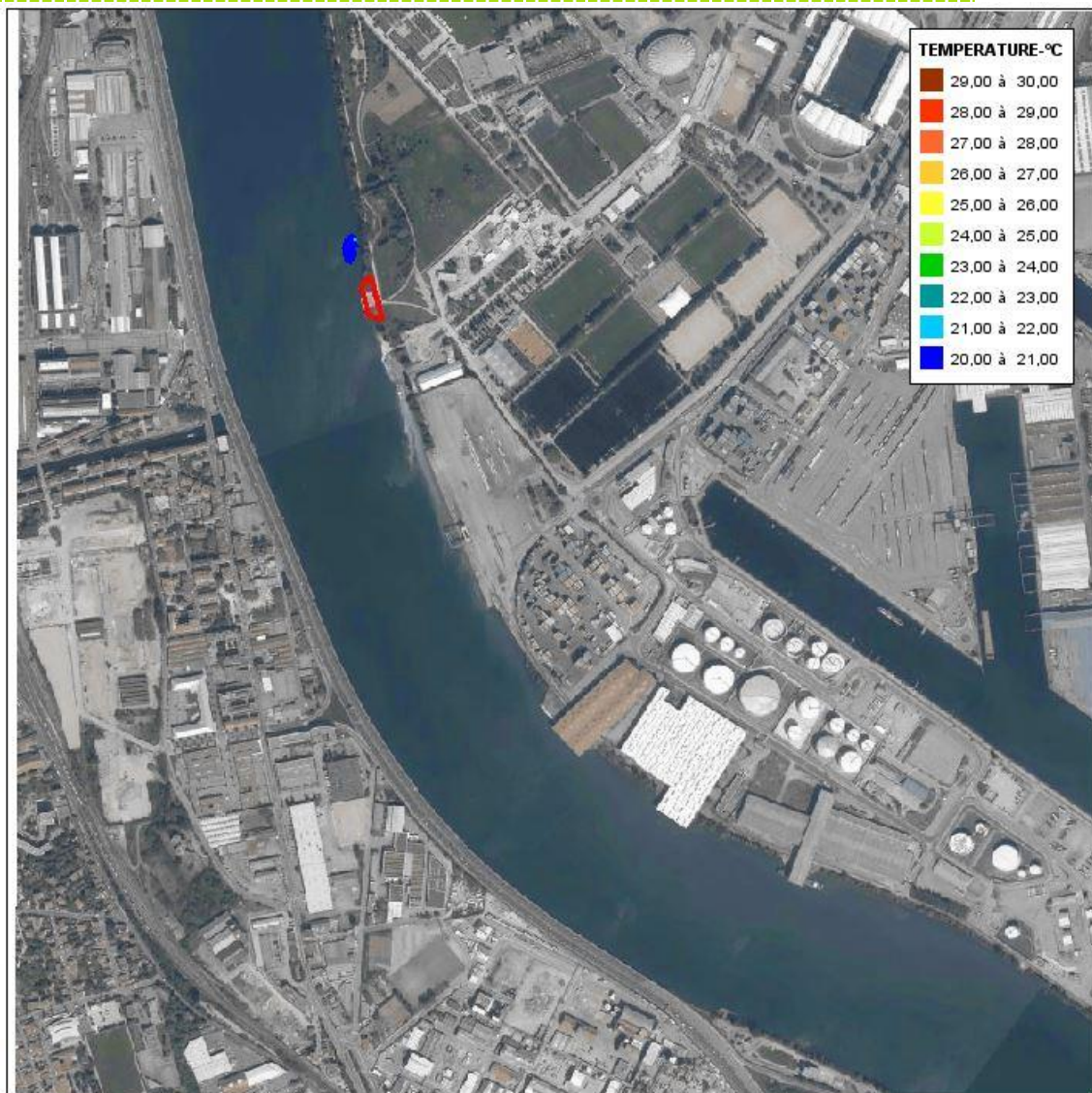


Figure 10 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P1 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage

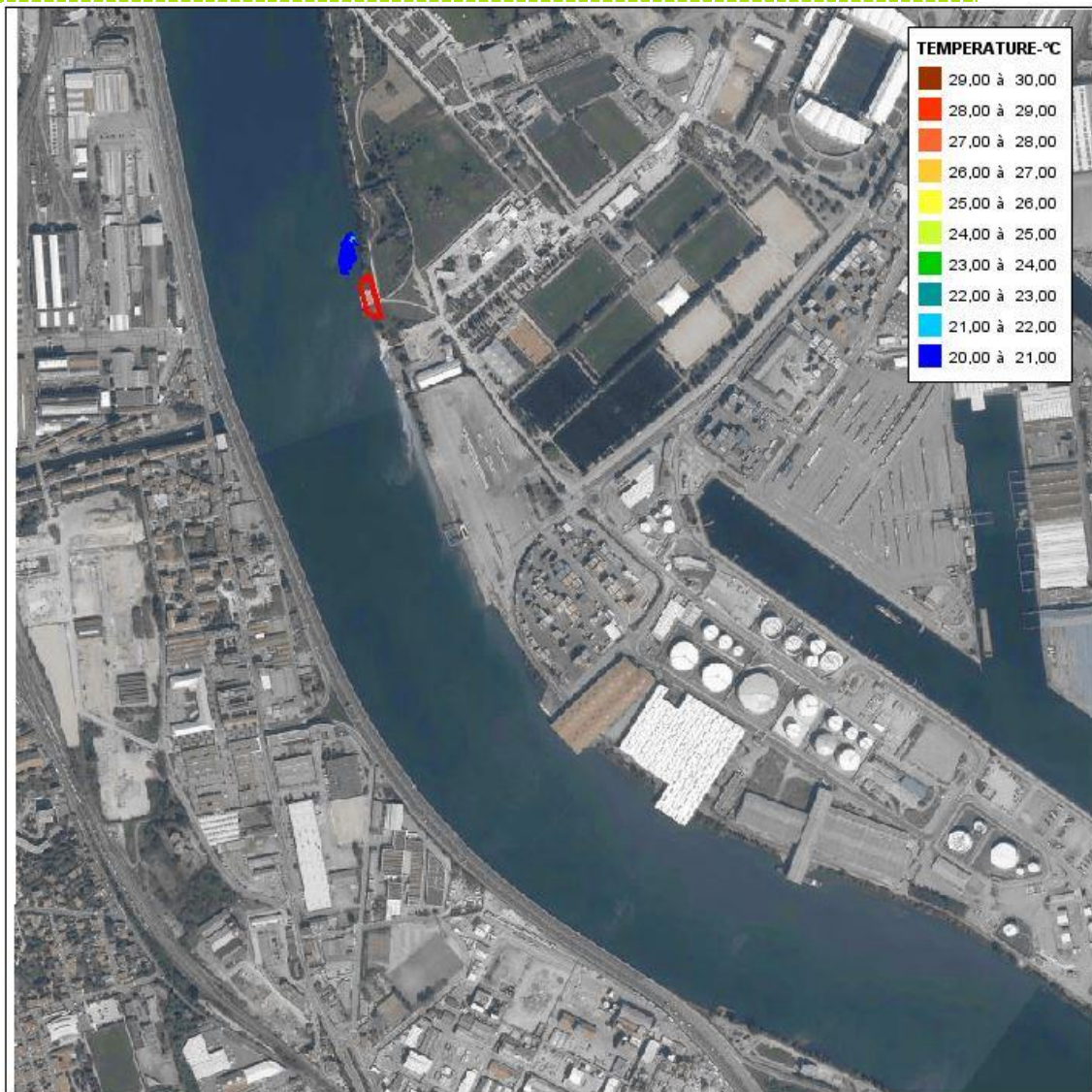


Figure 11 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P2 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage

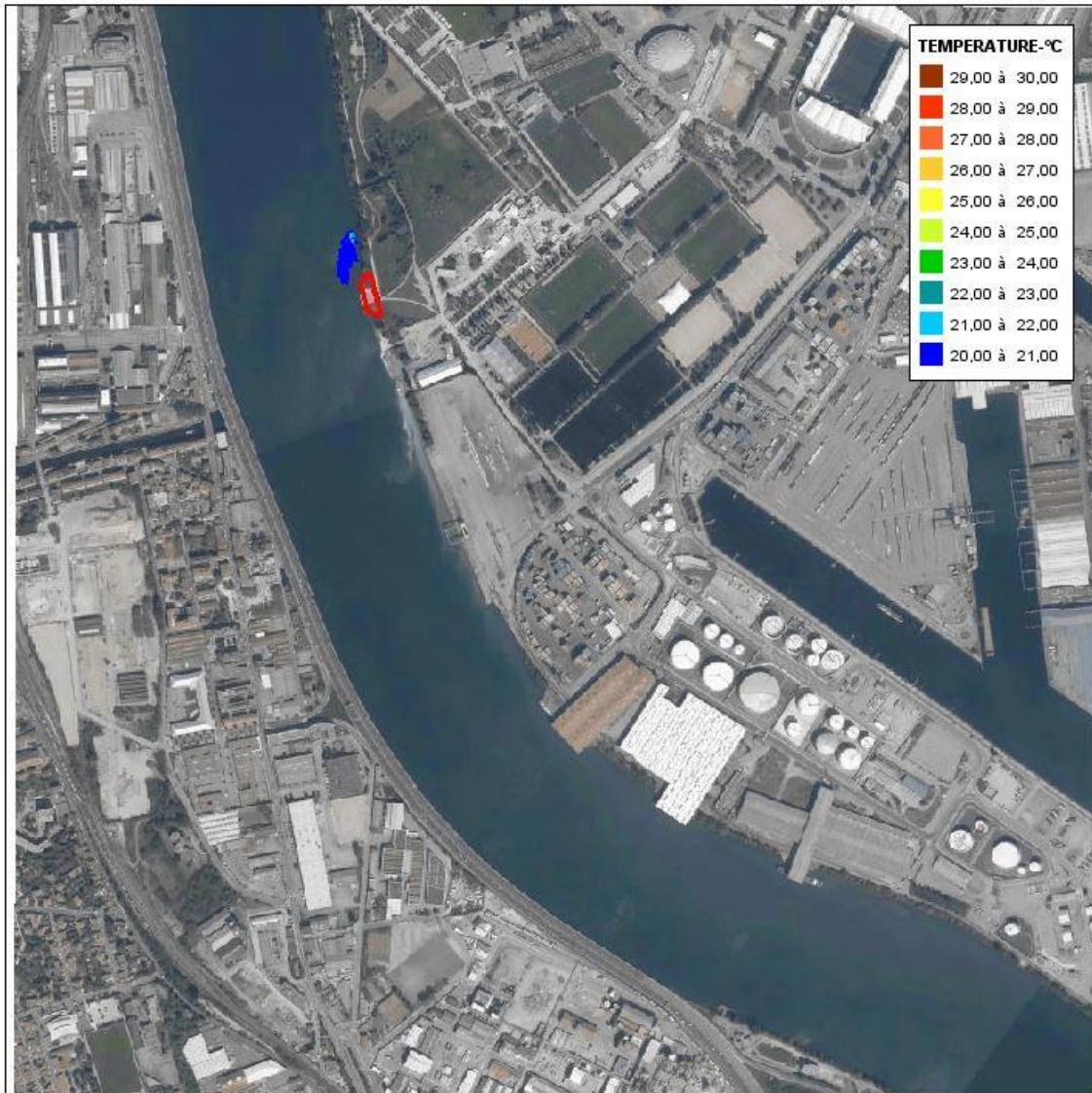


Figure 12 : Panache obtenu pour l'injection du débit moyen annuel pendant la période P3 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage

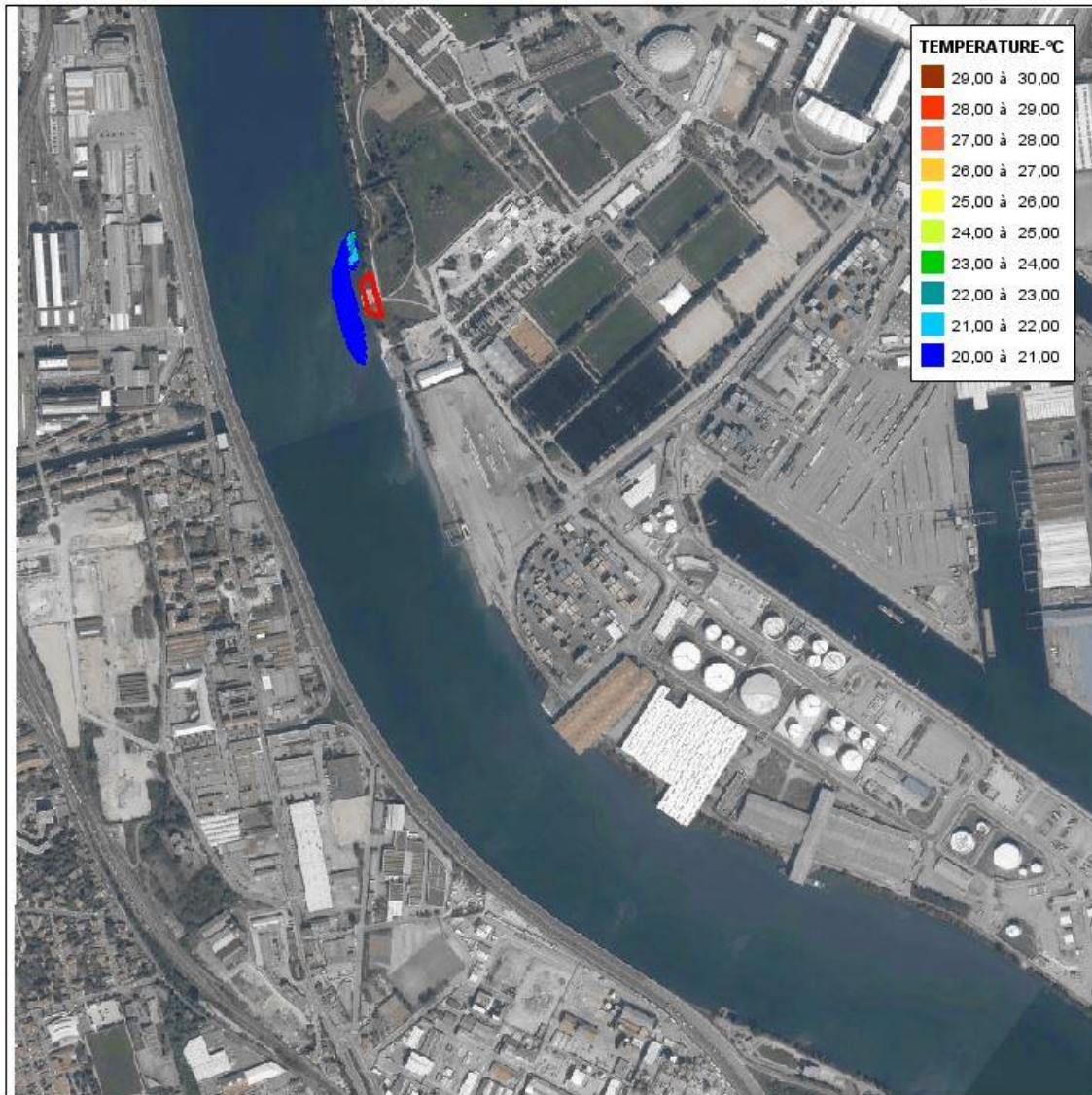


Figure 13 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P1 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage

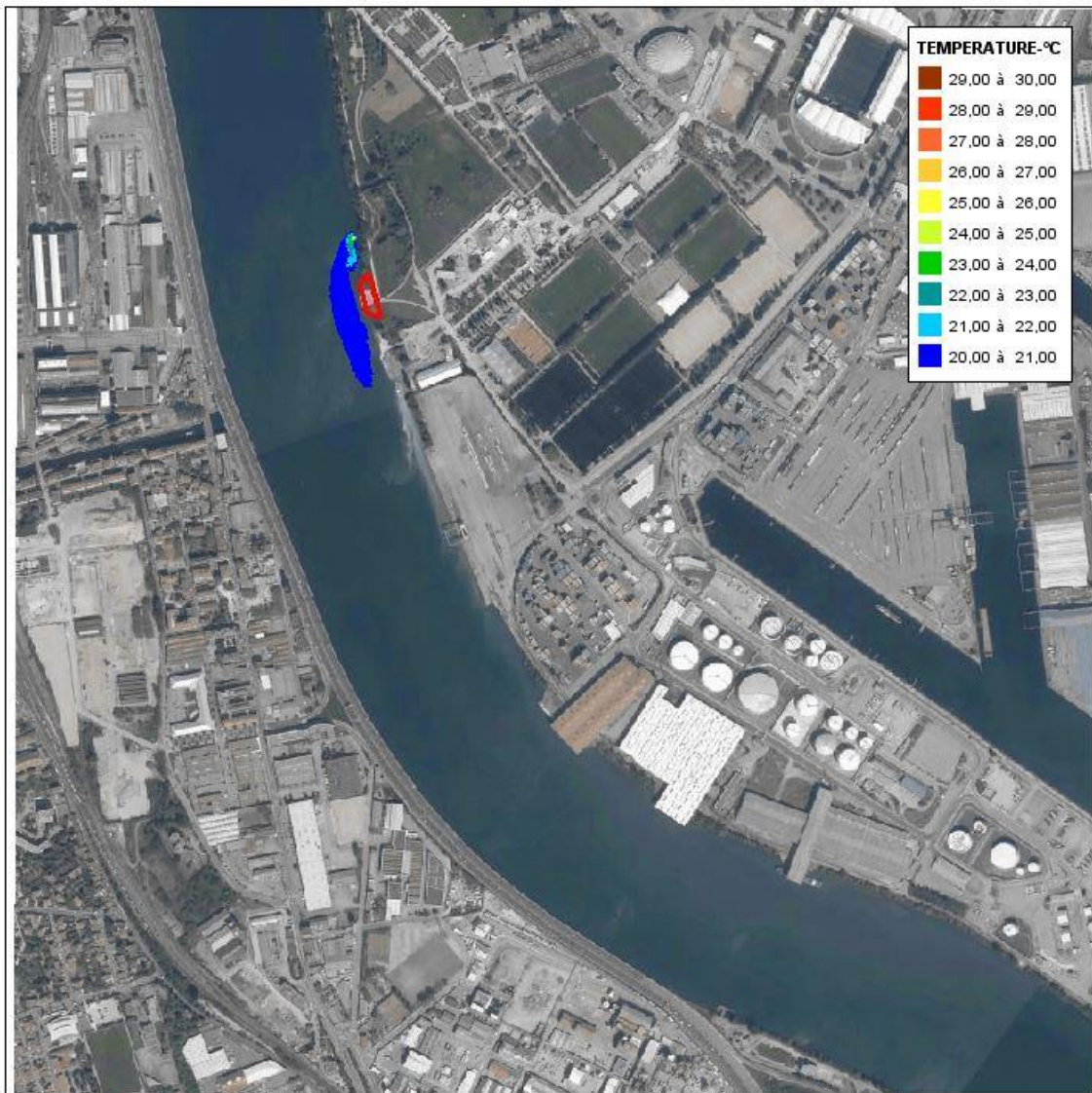


Figure 14 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P2 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage

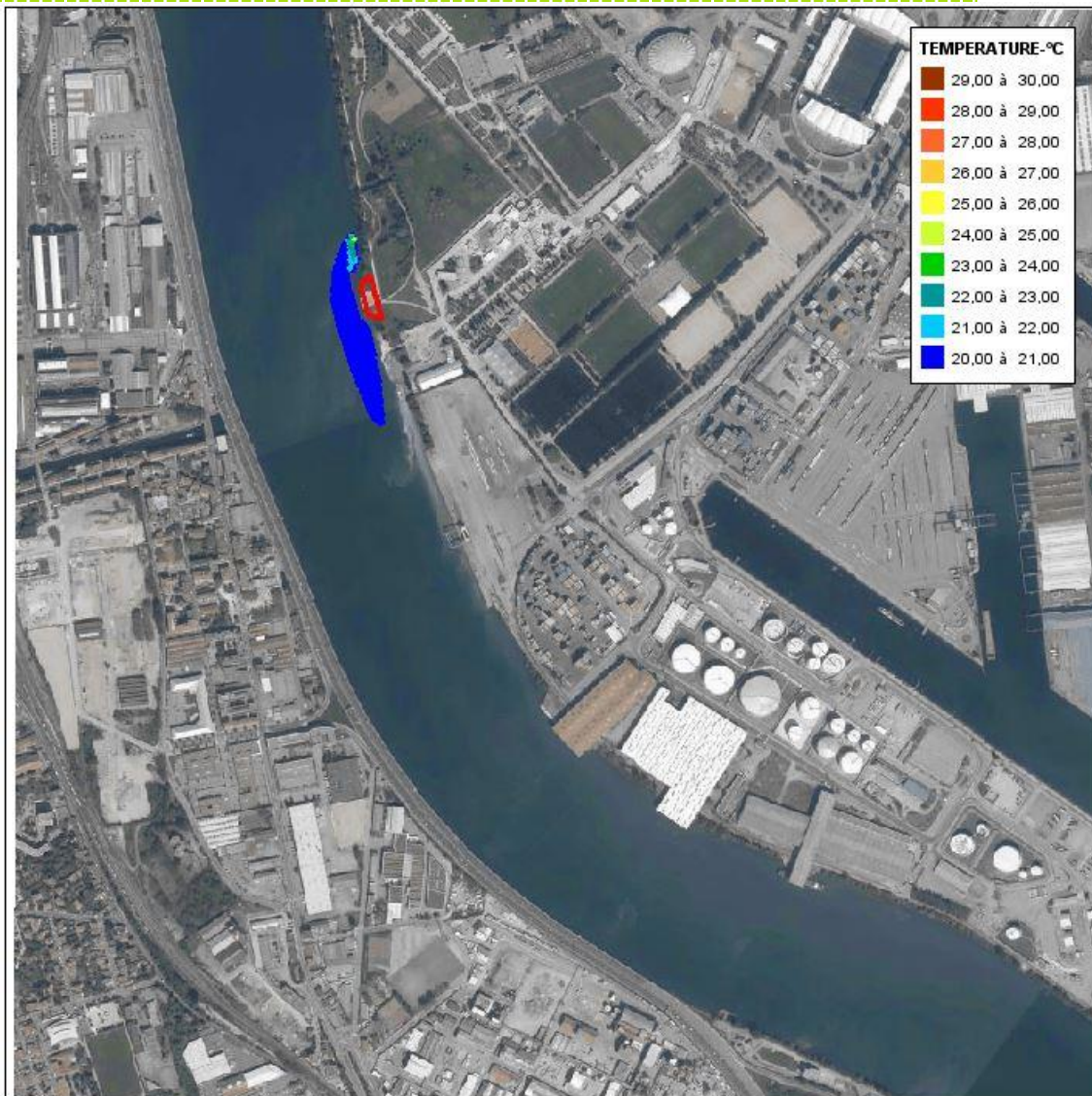


Figure 15 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P3 avec une injection au nord de la plateforme d'amarrage

❖ Comparaison des résultats obtenus en fonction de la localisation du rejet

Avec un rejet au nord de la plateforme d'amarrage, le panache obtenu pour le débit moyen pendant la période P1 est plus étendu dans le sens de la largeur et plus chaud que celui avec un rejet au sud.

Ceci s'explique par le fait qu'au sud, du fait de la localisation du rejet à l'aval immédiat de la plateforme d'amarrage, des tourbillons de vitesses sont observés, accélérant ainsi la dilution.

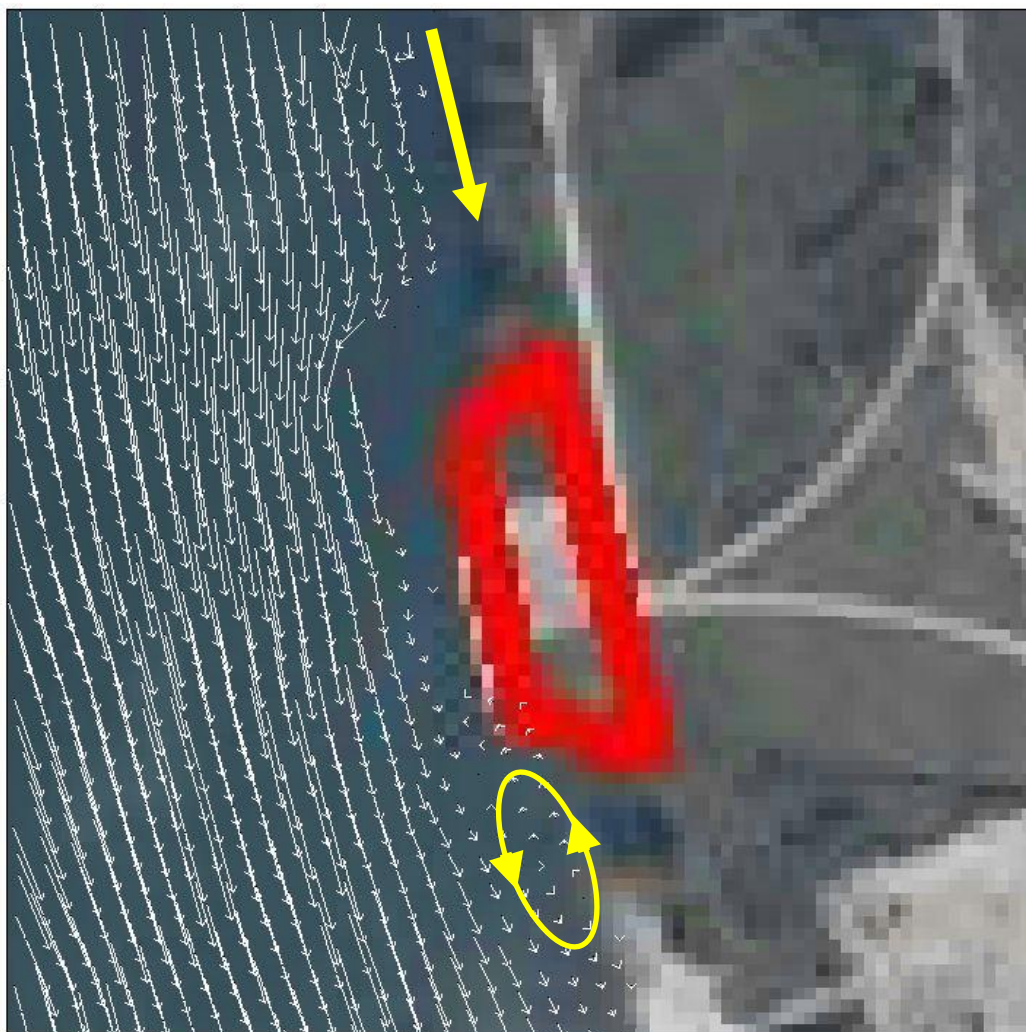


Figure 16 : Vecteur vitesse de l'écoulement autour de la plateforme d'amarrage

En situation établie (pour la période P3) pour un débit moyen, le panache est moins étendu mais plus large. Ceci s'explique par le contournement partiel de la plateforme d'amarrage.

Pour le rejet des débits maximum, le panache contourne entièrement la plateforme. Le panache total obtenu est moins étendu et moins chaud que celui obtenu avec un rejet au sud du fait de l'accélération de la dilution au droit du contournement de la plateforme d'amarrage.

En effet, pour un rejet au nord, la plateforme joue un effet de déflecteur qui détourne le panache vers le centre du lit, à un endroit où les vitesses sont plus importantes. La dilution du panache est plus rapide. Pour un rejet au sud, le panache longe la berge et reste globalement dans une zone (le long de la berge) où les vitesses sont plus faibles. La dilution est moindre et l'impact plus étendu.

2.2.2 Analyse de sensibilité

Certains paramètres ont été fixés avec des incertitudes fortes (comme le coefficient de diffusion) ou sont amenés à évoluer (comme le débit du Rhône). Une analyse de sensibilité sur ces deux paramètres a été réalisée.

❖ Débit du Rhône

Pour l'ensemble des simulations, le débit du Rhône est égal au débit QMNA5 à la station de Ternay soit 370 m³/s. L'analyse de sensibilité a pour objectif de faire diminuer ce débit afin d'obtenir l'impact maximal. Pour cette simulation, le débit du Rhône a été fixé au VCN1 minimal soit le débit journalier minimal observé sur le Rhône à Ternay entre 1966 et 2017 qui est égal à 193 m³/s. Le débit maximal de rejet (soit le débit maximal annuel sur la période P3) a été injecté.

Le panache ainsi obtenu a une longueur de 721 m au lieu de 928 m et une largeur de 70 m au lieu de 68m). Le panache est donc plus court et légèrement plus large. Le gradient de température est toutefois plus élevé puisqu'on observe une différence de température allant jusqu'à +10°C à l'échelle des mailles modélisées. Ceci s'explique par le fait que le débit rejeté représente 21% du débit du Rhône au lieu de 11% soit presque le double. Le panache est toutefois moins long car les vitesses d'entraînement sont plus faibles.

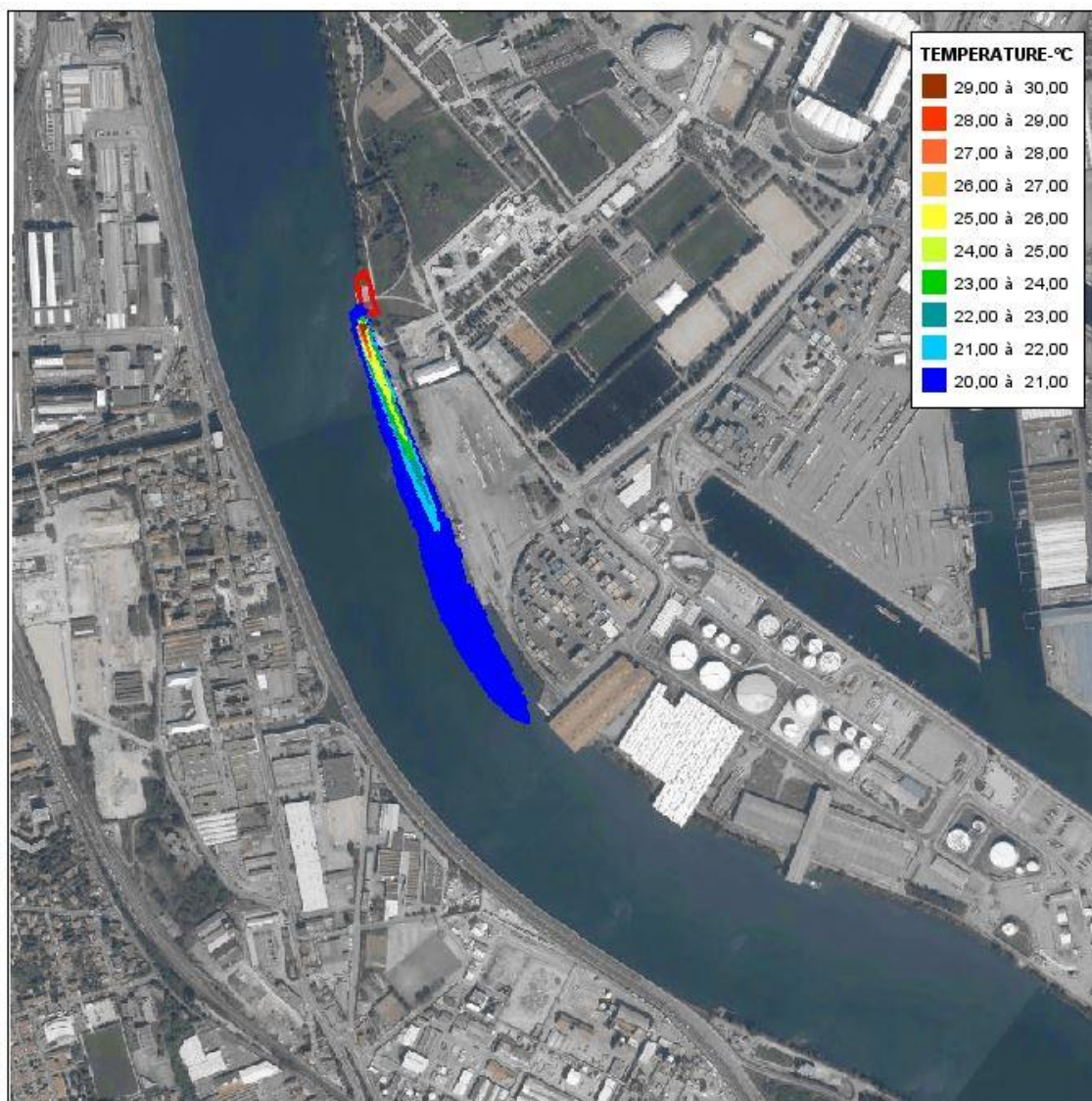


Figure 17 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P3 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage pour un débit du Rhône égal à 193 m³/s

❖ Coefficient de diffusion

Pour l'ensemble des simulations, le coefficient de diffusion est égal à 10^{-6} m²/s. L'analyse de sensibilité a pour objectif de faire diminuer ce coefficient afin d'obtenir l'impact thermique plus important. Pour cette simulation, le coefficient de diffusion a été fixé à 10^{-7} m²/s. Le débit maximal de rejet (soit le débit maximal annuel sur la période P3) a été injecté.

Le panache ainsi obtenu a une longueur de 887 m au lieu de 928 m et une largeur de 83.5 m au lieu de 68 m). Le panache est donc légèrement plus court et plus large. Le gradient de température est toutefois plus élevé puisqu'on observe une différence de température allant jusqu'à +9°C. Ceci s'explique par le fait que la diffusion soit plus faible.

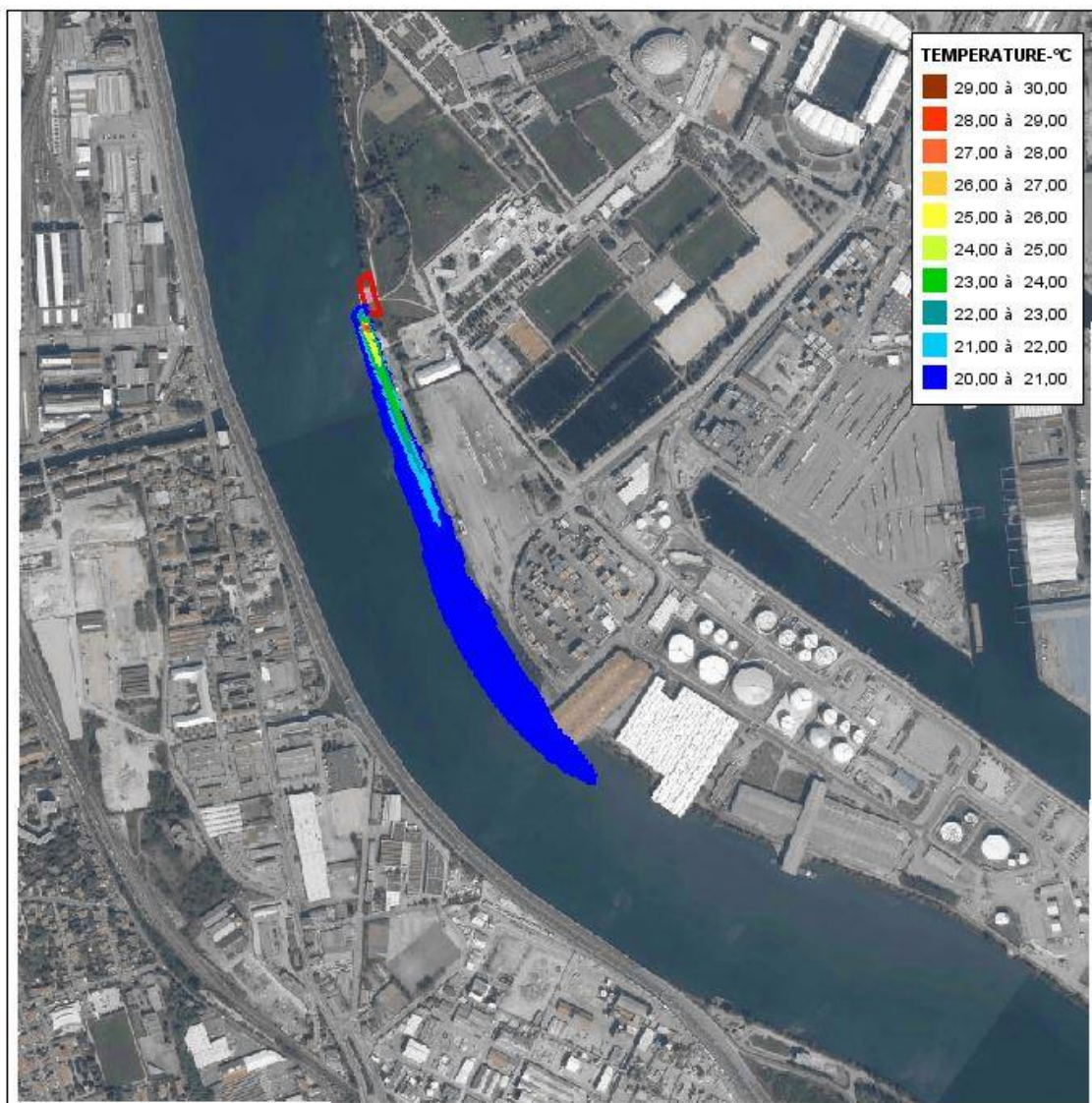


Figure 18 : Panache obtenu pour l'injection du débit maximal annuel pendant la période P3 avec une injection au sud de la plateforme d'amarrage pour un coefficient de diffusion égal à 10^{-7} m²/s.

3 CONCLUSION

Dans le cadre du projet de développement du réseau de froid urbain dans le quartier de Gerland à Lyon (69), DALKIA via sa filiale CHAUFFAGE URBAIN CENTRE METROPOLE envisage de réaliser la production de froid à l'aide de pompe à chaleur alimentée sur eau de nappe et d'un rejet d'eau chaude dans le Rhône.

Une modélisation du panache thermique a permis d'établir les caractéristiques du panache ainsi obtenus en fonction de la localisation du rejet et ce, sur les différentes périodes de fonctionnement (avec des débits de rejet différents).

Il apparaît qu'une injection au nord génère un impact légèrement plus important pour un rejet moyen sur la première période. En situation établie pour un débit moyen, le panache est moins étendu mais plus large et similaire en termes de différence de température.

Quelle que soit la localisation du point de rejet, pour un fonctionnement moyen, le panache thermique reste toutefois très limité (au maximum d'environ 100m de long et 30m de large).

En fonctionnement maximal, la distinction entre un rejet au nord ou au sud est plus marquée. Le rejet au nord présente un panache moins étendu et moins chaud que celui obtenu avec un rejet au sud de la plateforme d'amarrage. La position du point d'injection en amont de la plateforme d'amarrage, qui oriente le flux chaud vers le centre du lit, semble donc plus favorable.

La modification des températures du Rhône du fait d'un rejet d'eau chaude en rive gauche peut générer un impact sur la flore et la faune. En effet, la hausse de la température de l'eau peut provoquer une eutrophisation (développement de la végétation aquatique). De plus, elle peut impacter le développement de la faune piscicole puisque les poissons ont une tolérance thermique différente en fonction des espèces et de leur stade de développement comme illustré ci-dessous.

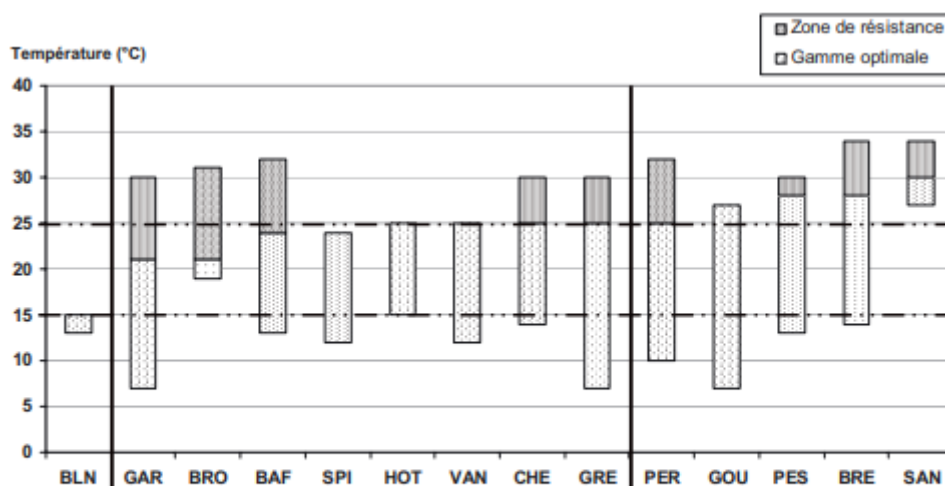


Fig. 2. Représentation de la gamme des températures optimales et de la gamme de résistance à la température pour le juvénile de chacune des espèces étudiées.

Fig. 2. Optimum temperature range and resistance temperature range for juvenile of each studied species.

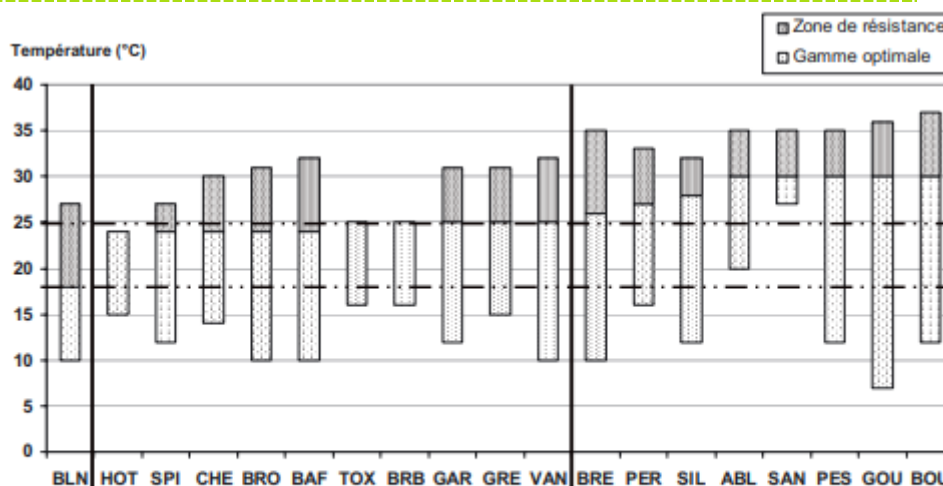


Fig. 3. Représentation de la gamme des températures optimales et de la gamme de résistance à la température pour l'adulte de chacune des espèces étudiées.

Fig. 3. Optimum temperature range and resistance temperature range for adult of each studied species.

Tableau I. Nom vernaculaire, nom latin et code des 19 espèces étudiées.

Table I. French name, Latin name and code of the 19 studied species.

Code	Famille	Nom vernaculaire	Nom latin
ABL	Cyprinidae	ablette	<i>Alburnus alburnus</i>
BAF	Cyprinidae	barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>
BLN	Cyprinidae	blageon	<i>Telestes souffia</i>
BOU	Cyprinidae	bouvière	<i>Rhodeus sericeus</i>
BRB	Cyprinidae	brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>
BRE	Cyprinidae	brème commune	<i>Abramis brama</i>
BRO	Esocidae	brochet	<i>Esox lucius</i>
CHE	Cyprinidae	chevesne	<i>Leuciscus cephalus</i>
GAR	Cyprinidae	gardon	<i>Rutilus rutilus</i>
GOU	Cyprinidae	goujon	<i>Gobio gobio</i>
GRE	Percidae	grémille	<i>Gymnocephalus cernuus</i>
HOT	Cyprinidae	hotu	<i>Chondrostoma nasus</i>
PER	Percidae	perche fluviatile	<i>Perca fluviatilis</i>
PES	Centrarchidae	perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>
SAN	Percidae	sandre	<i>Stizostedion lucioperca</i>
SIL	Siluridae	silure	<i>Silurus glanis</i>
SPI	Cyprinidae	spirlin	<i>Alburnoides bipunctatus</i>
TOX	Cyprinidae	toxostome	<i>Chondrostoma toxostoma</i>
VAN	Cyprinidae	vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>

Source : *Synthèse des tolérances thermiques des principales espèces de poissons des rivières et fleuves de plaine de l'ouest européen* par L. Tissot et Y. souchon de mars 2011


Toutefois, du fait de l'arrivée de la Saône, affluent « chaud » et de la traversée de Lyon, **le peuplement du Bas Rhône est caractérisé par la dominance d'espèces** lénitophiles (qui affectionnent les milieux lents) et **thermophiles** (capables de vivre à des températures très élevées) : le gardon, l'ablette, la brème bordelière, la perche-soleil, le poisson-chat, la brème commune, le rotengle et la tanche. L'anguille est aussi présente dans cette partie du Rhône. (Source : *Le Rhône en 100 questions* – Ouvrage collectif sous la direction de Jean-Paul Bravard et Anne Clémens)

Ainsi, à l'exception de la brème bordelière (et des espèces non étudiées telles que poisson-chat, rotengle et tanche), **l'ensemble des espèces potentiellement présentes dans le Rhône au droit du rejet sont capable de supporter (en fonctionnement optimal voire en résistance) des hausses de température de l'ordre de celles obtenues dans cette étude.** D'autant plus que les hausses de températures élevées sont très localisées. Ainsi les espèces peuvent trouver ailleurs sur le Rhône, des secteurs sans hausse de températures (si toutefois ce secteur en particulier n'est pas un lieu de frayère). Une étude approfondie des espèces effectivement présentes et de d'habitats intéressants sur les zones thermiquement impactées pourrait être menée.

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

Annexe 6 : Etude technico-économique de la réalisation de 6 forages de rejet et d'un ouvrage de réinjection au Rhône

(2 pages)

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par 

	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix global
I) LIAISON ENTRE LA CENTRALE DE PRODUCTION ET LES PUIITS DE REINJECTION				
Préparation du chantier, autorisations, , amenée et repli, installation de chantier, implantations, suivi de chantier, Dossier de recollement	Forfait	1	35 000.00	35 000.00
Liaison enterrée DN 500 en tube PEHD PN10	ml	450	750.00	337 500.00
Ouvrages et Piquages d'alimentation des 6 puits de réinjection	Ens	6	3 500.00	21 000.00
TOTAL (I) - Liaison entre la centrale et les puits				393 500.00
II) CHANTIER DE CREATION DES 6 PUIITS DE REINJECTION				
1 Préparation				
Préparation du chantier, autorisations, , amenée et repli, installation de chantier, implantations, Dossier de recollement	Forfait	1	60 000.00	60 000.00
2 Forages de réinjection				
Mise en chantier du matériel, montage démontage, protection des installations existantes, signalisation	Forfait	6	4 000.00	24 000.00
Foration selon la technique BENOTO avec mise en place d'un tubage de soutènement poussé à l'avancement avec un louvoyeur	ml	150	650.00	97 500.00
Fourniture et mise en place d'une colonne d'équipement	Ens	6	50 500.00	303 000.00
Fourniture et mise en place d'un massif filtrant	Ens	6	10 000.00	60 000.00
Cimentation annulaire	Ens	6	1 500.00	9 000.00
Tête de protection des puits	Forfait	6	18 000.00	108 000.00
Evacuation des déblais de foration dans une filière de déchets inertes et suivi de valorisation	Forfait	6	4 000.00	24 000.00
3 Développement et pompages d'essai des puits				
Montage et démontage sur l'emplacement de forage du matériel de pompage, Nettoyage et développement, Pompage par paliers, Pompage en continu, Analyses d'eau, Analyses d'eau, Taxe de rejet, opérations de reception, inspection vidéo, ...	Forfait	6	15 000.00	90 000.00
	Forfait	6	10 000.00	60 000.00
4 Equipements hydrauliques et de mesures				
Forage : fourniture, pose et raccordement des équipements hydrauliques (canalisations, vannes,...)	Forfait	6	15 000.00	90 000.00
Fourniture et pose des équipements de mesure (sondes de température et de niveau d'eau...)	Forfait	6	4 500.00	27 000.00
5 Frais divers				
Compte prorata, assurances, Aléas de chantier	Forafit	1	35 000.00	35 000.00
TOTAL (II) - Création de 6 puits de reinjection				987 500.00
III) ETUDE ET MAITRISE D'ŒUVRE				85 000.00
MONTANT TOTAL DES TRAVAUX POUR 6 PUIITS DE REINJECTION				1 466 000.00

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON


Centre Métropole par 

	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix global
I) LIAISON ENTRE LA CENTRALE DE PRODUCTION ET LA CHAMBRE CASSE PRESSION				
Préparation du chantier, autorisations, , amenée et repli, installation de chantier, implantations, suivi de chantier, Dossier de recollement	Forfait	1	35 000.00	35 000.00
Liaison enterrée DN 500 en tube PEHD PN10	ml	435	750.00	326 250.00
TOTAL (I) - Liaison entre la centrale et les puits				361 250.00
II) CHAMBRE CASSE PRESSION				
Réalisation d'un ouvrage casse pression en béton armé composé de : dimension extérieures ml : 2.50 x 2.50 X 6.00 (Profondeur) Etudes de structure et plans Blindages extérieurs en palplanches abandonnées Voiles BA en précoffré ep 30 cms Reservation pour canalisation arrivée DN500 et départ DN 1000 Descenderie acier galvanisé à crioline avec palier caillebotis	Ens	1	210 000.00	210 000.00
TOTAL (II) - Chambre casse pression				210 000.00
III) COLLECTEUR DE REJET ENTRE LES OUVRAGES PAR TUYAU BA 200A DN 1000				
Collecteur de rejet composé de : Blindage extérieur en palplanches réutilisées Terrassement mécanique dans embarras d'étais Rabattement des eaux Lit de pose en matériaux drainants Fourniture et pose de tuyau en béton armé classe 200A DN1000 Remblais avec matériaux extraits compactage soigné par fines couches evacuation et mise en décharge des excedents et remise en état	Ens	1	97 500.00	97 500.00
TOTAL (III) - Collecteur de rejet				97 500.00
IV) OUVRAGE DE REJET				
Réalisation d'un diffuseur de rejet en béton armé composé de : dimension extérieures ml : 4.00 x 2.50 X 2.50 Etudes de structure et plans Blindages extérieurs en palplanches abandonnées Voiles BA ep 30 cms Reservation pour canalisation arrivée DN 1000 Façon de ventelles de répartition du flux	Ens	1	100 000.00	100 000.00
TOTAL (IV) - Ouvrage de rejet				100 000.00
V) ETUDE ET MAITRISE D'ŒUVRE				60 000.00
MONTANT TOTAL DES TRAVAUX POUR REINJECTION EN RHONE				828 750.00

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

Annexe 7 : Coupes lithologiques des forages retrouvées sur la BSS

(9 pages)

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par **dalkia**

Localisation des points BSS



Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

BSS001TKVZ

698-65-0034
Figu 1

AMÉNAGEMENT DE PIERRE-BÉNITE

SONDAGE Béarnaise N° 296

Commencé le 12 Novembre 1962

Terminé le 21 Novembre 1962

ÉCHELLE 1/50

Quai Filon

Cotes Nives (X : 793446.05

Y : 81.535.95

COTES N.G.F.	PROFONDEUR	POURCENTAGE DE CAROTTES PERFORÉES	NATURE DES TERRAINS TRAVERSÉS	POURCENTAGE DE CAROTTES PERFORÉES	OBSERVATIONS
164.30	0.00				
160.30	4.00		Remblai		Trepan 7"
158.00	6.30		limon avec graviers		
157.50	6.80		Graviers gros galets et sable		
156.30	8.00		Sable graviers sans galets pollens		
154.30	10.00		Sable grossier graviers gros galets		Cureté 6"
152.30	12.00		Sable		
148.30	16.00		Sable fins de graviers et galets		
145.50	18.50		Sable graviers Sables		
145.30	19.00		Sable fin et graviers		
142.30	22.00		Sable fin graviers Sables		Cureté 5"
140.30	24.00		Argile avec Sable argileux		
138.30	26.00		Marne et argile de couleurs différentes		Pandeur double 140 mm
136.30	28.00				

P.B. n° 784

Saint Fons le 17 Décembre 1962

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier - Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

BSS001TKVS

65.0027
Pica 1

AMÉNAGEMENT DE PIERRE-BÉNITE

SONDAGE Béarnaise N° S 261

Commencé le 6 AVRIL 1962 Genlax : ngrue Brousses et rue Chevet

Terminé le 12 AVRIL 1962

ÉCHELLE 1/50

Coordonnées (x : 229.632.70
y : 03.426.00

COTES N.G.F.	PROFONDEUR	AVANCEMENT JOURNALIER	NATURE DES TERRAINS TRAVERSÉS	POURCENTAGE DE CAROTTES (perméabilité)	OBSERVATIONS	
					COTE DE L'EAU	OUTILS
166.60	0.00					
161.10	3.50	6.4 : 7.00	Remblai	3.00 K. 1.88 m ²		Soupage 7
160.60	4.20		Argile sableuse	4.00 K. 2.71 m ²		
			Sable fin	5.00 K. 0.11 m ²		
158.10	6.50			6.00 K. 0.01 m ²		
156.30	8.60	7.4 : 3.00	Sable, gravier, galets.	7.00 K. 0.97 m ²		
155.40	9.20		Sable, gravier, q. q. galets.	8.00 K. 0.28 m ²		Soupage 6
156.60	10.00		Sable, gravier, gras galets.	9.00 K. 0.15 m ²		
156.30	10.40		Gravier, galets, peu de sable.	10.00 K. 0.22 m ²		
		9.4 : 3.00	Sable fin, q. q. galets.	11.00 K. 0.01 m ²		
151.60	13.00			12.00 K. 0.02 m ²		
			Sable.	13.00 K. 0.01 m ²		
148.80	15.80	10.4 : 6.00		14.00 K. 0.05 m ²		
147.60	17.00		argile plastique			échantillon 4" 1/4
			Sable, Gravier, Galets.	18.00 K. 0.43 m ²		Soupage 5
144.80	19.80	11.4 : 0.00		19.00 K. 0.79 m ²		
		12.4 : 2.20	Melasse argilo-sableuse q. q. rognons de quartz à 21.80	100 %		échantillon 4" 1/4
142.60	22.00					
			S'PONS le 14 AVRIL 1961.			
			P. B. 654			

BSS001TKVT

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier - Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

CV8 - 65 - 0028
Pite 1.

AMÉNAGEMENT DE PIERRE-BÉNITE

SONDAGE Béarnaise N°S 262

Commencé le 14 AVRIL 1962

Terminé le 21 AVRIL 1962

ÉCHELLE 1/50

Angle quai Filles et rue Chevret
G. R. L. H. Z.

Coordonnées X: 793.473.05
Y: 83.362.30

COTES N.S.F.	PROFONDEUR	AVANCEMENT JOURNALIER	NATURE DES TERRAINS TRAVERSÉS		POURCENTAGE DE CARTILLES % de perméabilité	OBSERVATIONS	
						COTE DE L'EAU	OUTILS
169.80	0.00						
		14.4 5.00		Remblai			
160.30	5.50						
				Sable fin			
158.80	5.00						
				Sable et galets			
157.40	5.60	16.4 3.00					
				Gravier, gros galets			
155.80	8.00						
		17.4 3.90		Sable, gravier, galets			
153.80	11.00						
		18.4 4.00		Sable fin, galets			
150.00	13.80						
				Sable, gravier, galets			
148.80	15.00						
		19.4 4.80		Sable, gravier			
145.30	18.50						
		20.4 3.40		Sable, gravier, galets			
141.60	22.20						
141.60	23.40						
		21.4 1.50		Grès gravier	100%		
139.10	23.70						
138.90	24.00			Argile acide			

St Fons le 18.5.1962

P.B. 673

BSS001TLAM

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier - Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

498.65.0003
Pice 1

AMENAGEMENT DE PIERRE BENITE

SONDAGE Béarnaise N° S. 271

Commencé le 23 MAI 1962 Drais projet. GUYARD

Terminé le 9 JUIN 1962

ECHELLE 1/50

Coordonnées: X: 733.965.00
Y: 89.361.60

COTES H. C.F.	PROFONDEUR	AVANCEMENT JOURNALIER	NATURE DES TERRAINS TRAVERSÉS	POURCENTAGE DE CADOTTES de perméabilité	OBSERVATIONS COTE DE L'EAU OUTILS
146.05	0.00				
146.05	4.00	23.5: 8.00	Remblai.	75% 200.0.0200	
146.05	8.00		Sable et gravier.	50% 200.0.0200	Scrappe 6"
146.05	8.00	30.5: 1.00	Sable, gravier, galets.	50% 200.0.0200	
146.05	9.00		Sable fin hypernormal argileux	50% 200.0.0200	
146.05	9.25	1.5: 1.00	Gravier et galets.	50% 200.0.0200	
146.05	10.00	2.5: 2.50	Sable, gravier, galets	50% 200.0.0200	
146.05	10.25		Sable fin, gravier.	50% 200.0.0200	
146.05	12.00	4.5: 3.75	Argile	50% 200.0.0200	
146.05	12.50		Sable, gravier, galets peu argileux.	50% 200.0.0200	
146.05	16.00	5.5: 2.00	Sable fin hypernormal argileux quelques graviers et galets.	50% 200.0.0200	Scrappe 5"
147.00	16.25	6.5: 2.00	Sable, gravier, galets.	50% 200.0.0200	
147.00	18.00	7.5: 1.70	Argile rose et gravier.	50% 200.0.0200	
146.05	18.00		Argile rose, gravier.	50% 200.0.0200	
146.05	18.25	8.5: 3.30	Argile rose, débris de gravier.	65% 200.0.0200	Gravier dans 116 g/l
146.05	24.00	3.5: 1.00			

S'FONS le 27 JUIN 1962

a. autorisation perméabilité
11.00

P.B. 692 a

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier - Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

BSS001TKVR

698_65_0006

AMÉNAGEMENT DE PIERRE-BÉNITE

SONDAGE Béarnaise N°S. 260

Commencé le 27 MARS 1962

Terminé le 4 AVRIL 1962

ÉCHELLE 1/50

GRAND: angle rue Brissias
d'avenue J. Fourier prolongée

Coordonnées { x: 733.803.00
y: 83.207.25

COTES N.G.F.	PROFONDEUR	SONDAGE JOURNALIER	NATURE DES TERRAINS TRAVERSES	POURCENTAGE DE CAROTTES / pierre-bénite	OBSERVATIONS	
					COTE DE L'EAU	OUTILS
165.30	0.00					
		27.3-4.00	Arénolite, Galets, Sable.			Soupage 7"
164.90	3.40		Sable et quelques galets			
164.30	4.00		Gravier, Galets.			
163.80	6.50	28.3-4.00	Sable et quelques galets.			
163.40	8.40		Sable grossier, quelques galets.			Soupage 6"
163.30	10.00	29.3-4.00	Sable, Gravier, galets.			
162.70	12.60		Sable et galets.			
161.50	13.80	30.3-3.00	Sable fin, quelques galets.			
160.40	14.80		Sable fin et gravier.			
160.30	15.00		Sable fin, quelques graviers.			
160.80	16.80	31.3-2.00	Sable fin, gravier, galets.			
160.30	17.00		Sable, Gravier, quelques galets.			Soupage 5"
160.70	18.60	2.4-3.00	Gravier, galets.			
160.30	22.00		Sable, gravier, galets.			
160.30	28.00	3.4-2.00	Sables rose micacé.	98%		Gravier micacé 116 m/a
161.50	24.00	4.4-2.00				

ST FONS le 11 AVRIL 1962.

P.B. 649

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

BSS001UQAC

174-21-0041 Y 154 1

AMÉNAGEMENT DE PIERRE-BÉNITE

SONDAGE Béarnaise N° S 264

Commencé le 25 AVRIL 1962

Terminé le 6 MAI 1962

Relevé par M. F. F. F. F. F.

0722 21 0041 / S264 RC ÉCHELLE 1/50

Coordonnées X : 298 826 00

Y : 08 093 12

COTES N.E.F.	PROFONDEUR	MONTENEMENT JOURNALIER	NATURE DES TERRAINS TRAVERSES	POURCENTAGE DE CAROTTES	OBSERVATIONS	
					NOTE DE L'EAU	OUTILS
148.20	0.00					
	25.4 6.00		Remblai			
148.70	5.50		Sable, gravier, galets.			
148.50	6.70					
	35.4 3.00		Gravier, galets, peu de sable			Scalpeur 6
	37.4 3.00					
148.70	11.50		Sable, gravier, galets.			
	27.4 3.00		0722 21 0041			
148.70	11.50		Sable, gravier, galets.			
	28.4 3.30					
146.40	13.80		Sable, gravier.			
	29.4 3.30					
145.70	14.50		Sable, gravier, galets.			Scalpeur 5
	31.5 2.30					
144.70	14.50					
144.60	14.60		Marne pressée.			
	4-5 3.30		Marne avec passages galets	100%		Carotté dans 1/4
147.20	20.50					

St FONS le 25 MAI 1962.

P. B. 679 0722 21 0041 / S264 RC

BSS001UQBA

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier - Décret n 78-498 du 28 mars 1978

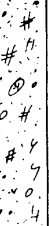



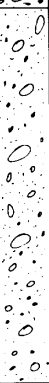
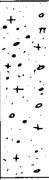
Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRAND LYON

Centre Métropole par 

722-2I-0068


0722 2I 0068 / 11692 / RC

Colas NGF		Profondeur	Schema lithologique	Nature du terrain	Carottage en % 20 40 60 80 90	Forage	Tubage	Eau. Echantillons Intacts, Essais divers, Equipements
0.00								
6.20				Rambai limono-graveleux noir hétérogène, débris de blocs de béton, verre, etc.		Vibropercussion \varnothing 168	\varnothing 220	eau 4.20 4.00
7.00				Limon sablo-argileux gris				
8.80				Graviers limoneux gris-noir, trace de briques				EMOIS LEFRANC 8.50 $K = 4 \times 10^3$ 9.00
11.50				Graviers, galets peu sableux 0/150 aspect cru				10.50 $K = 2 \times 10^3$ 11.00
21.50				Sable, graviers, galets 0/150 Pas de prédominance	100%	Vibropercussion \varnothing 140	\varnothing 194	17.20 21.70 Piezomètre PVC \varnothing 60
26.20				Conglomérat argilo-sableux violacé très induré ocre à partir de 25.40 m		Rotation \varnothing 146 + 6		

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

Annexe 8 : Inventaire des points d'eau à proximité du projet

(3 pages)

Numero ouvrage	Ancien numero BSS	Nouveau numero BSS	X Lambert 93	Y Lambert 93	Z (m NGF)	Usage	Exploitant	Localisation	Distance / au bâtiment Skatepark	Nature	Diametre (mm)	Etat	Substratum (m NGF)	Q/s de l'essai (m3/vm)	K (m/s) calculé	Q moyen exploitation (m3/h)	Q max exploitation (m3/h)	Ecart température	Date travaux	Observations			
1			841962.9	6515854.9	164.8	Geothermie	BIOMNIS (Ex : Institut Pasteur)	17/19 Avenue Tony Garnier	400	Captage	700	Existant		74	0.00157	40	80	+2/+5	1988	Fonctionnement dominant froid			
			841965.6	6515941.5	164.8				490	Rejet	800	Existant		31.5	0.00069	40	80	+2/+5	1988				
2			841949.3	6516002.2	165.0	Geothermie	HALLE TONY GARNIER	20 Place Docteurs Charles et Christophe Mérieux	540	Captage		Existant				130	260	10	2002	Fonctionnement ponctuel evenementiel Rejet au DRAIN CNR			
			841900.9	6516003.5					540	Captage		Existant				130	260	10	2002				
3			841983.4	6515782.6		Geothermie abandonnee	Etablissement Francais du Sang	Lyon 7	340	Captage		Abandonnee				10	30	-5/+5	1991	Arret de l'installation en 2017			
			841992.9	6515841.3					390	Rejet		Abandonnee				10	30	-5/+5	1975				
4			842322.2	6515890.4	163	Geothermie	MÉRIAL	254 Rue Marcel Merieux	610	Captage		Existant				54	240	egouts	1977	Refroidissement industriel Rejet au reseau (drain CNR)			
			842298.3	6515959.9					650	Captage		Existant				54	240	egouts	1977				
			842292.2	6515868.5					580	Captage		Existant				54	240	egouts	1977				
6	06986S0085/F	BSS001TKXL	842455.03	6515850.85	164.8	Geothermie	DOMILENS (LSEH)	321 Avenue Jean Jaurès	690	Captage		Existant	144.2	165.3	0.0027	60	-	10	19890407				
			842543	6515787.1	164.8	Geothermie	DOMILENS (LSEH)		740	Rejet		Existant		117.8	0.00204	60	-	10					
7			841769.3	6515844.7	164.0	Geothermie	Urban Garden (ex Laboratoire AGUETTANT)	1 Rue Alexander Fleming	400	Captage					78	0.00243	115	230	3	1991	Fonctionnement refroidissement industriel 100% Arret en novembre 2015 Nouveaux bâtiments en construction : usage géothermique?		
			841772.37	6515821.71					370	Captage				77	0.00281								
			841755.7	6515829.7					390	Rejet						115	230	3	1991				
			841772.37	6515811.71					370	Rejet													
			843155	6515719					165	Captage	300			55.6	0.00181								
			843155	6515719					165	Captage	300			44.9	0.00145								
8	06986S0183/C1	BSS001TLBC	841789.8	6515875.5	166	Geothermie	Avenue Gerland (Ex SCI Avenue de Gerland)	5 6 rue Maruis Carraz et 26 av. Tony Garnier	420	Captage	395	Existant									Besoin en froid uniquement (ponctuellement chaud)		
			440	Captage						Existant				11	65	10	2002						
	06986S0184/R1	BSS001TLBD	841785.87	6515881.54					430	Rejet	395	Existant											
			841768.6	6515930.6					480	Rejet		Existant			11	65	10	2002					
9			841652	6515989.2		Geothermie	AGENCE DE L'EAU RMC	Allée de Lodz	570	Captage		Existant				60	100	?	1994	Rejet au Rhône et influence limitée par le drain			
10	06986S0188/C1	BSS001TLBH	841750	6516017.8		Geothermie	HALLE BORIE IV	14 Rue Jonas Salk	570	Captage	500	Existant				50		?	2001	Influence limitée par le drain CNR			
	06986S0189/R1	BSS001TLBJ	841732.8	6516108.7		Geothermie						Existant				50		?	2001				
11			841744.7	6516205.3	165.0	Geothermie	HALLE BORIE	8 Rue Jonas Salk	750	Captage	?					80							
14	06986S0084/S	BSS001TKXK	842013.68	6515999.49	167	Geothermie abandonnee	ENS LYON	46 allée d'Italie 69007 LYON	550	Captage		Abandonnee	147.1		0.00177					19840101	Abandonnee		
			842054.9	6515957.2		Geothermie			520	Rejet		Abandonnee				30	100	5	1987				
16	BSS003MISO/X	BSS003MISO	842127.2	6515879.4	165.5	Geothermie	Sanofi (Ex Plastic Omnium)	29 Avenue Tony Garnier	480	Captage	600	Existant					215	10	20160411				
	BSS003MIUC/X	BSS003MIUC	842109.6	6515780.9	159.5	Geothermie		321 Avenue Jean Jaurès	390	Rejet	600	Existant					215	10	20160411				
19			842546.4	6515785	165	Geothermie	AFFSAPS	321 Avenue Jean Jaurès	740	Forage						60							
20			842470.7	6515819.7	-	Geothermie	Bausch & Lombe	321 Avenue Jean Jaurès	690	Captage		Existant											
			842453.6	6515796.8	-	Geothermie			660	Rejet		Existant											
22			842106.6	6515464.6		Geothermie	Ligue Auvergne Rhone Alpes de Foot (Ex CENTRE OL)	3005 Avenue Jean Jaurès	230	Captage		Existant											
			842192.9	6515361.9		Geothermie		330	Rejet		Existant												
23			842057.2	6515854		Geothermie	CIRC	21 Avenue Tony Garnier		Captage		Existant											
			841971.5	6515780.6		Geothermie				Rejet		Existant											
24	06986S0081/F	BSS001TKXJ	842566.44	6515091.57	163.0	Geothermie	CNR	4 rue de Chalon sur Saone	780	Captage		Existant	142.5	179.06977	0.0124					19811109			
	06986S0164/F	BSS001TLAP	842625.89	6515150.01	163.5				810	Captage	152	Existant	143.7								19891102		
	06986S0182/F	BSS001TLBB	842595.87	6515145.27	166.0				780	Captage	113	Existant											
			842535.18	6515057.86	164				770	Captage	400	Existant						40					
25			841820	6516140		Geothermie	Immeuble le Quatuor	8-16 Avenue Tony Garnier	680	Captage						120	?	2007	fonctionnement ponctuel (3 mois) rejet au drain CNR				
28			843160.5	6515767.92	163	Geothermie	Plastic Omnium	19-23 Boulevard Carteret	1320	Rejet		Existant					416	-6/+6					
			843180.5	6515767.92	163				1340	Rejet		Existant						416	-6/+6				
30	06986T0043/F	BSS001TLDN	842668.2	6515424.4	164	Geothermie	STEF Logistique	Port E. Herriot	790	Captage	3000	Abandonnee							19640201				
31	06986T0090/F8	BSS001TLFC	842883.2	6515450.5	163.4	Geothermie	UIOM	7 rue de Dole	1000	Captage	813	Existant				200			19920116	rejet au Rhone (Darse) par canaliation en fonte 700mm (rapport PAC)			
32	06986S0086/F	BSS001TKXM	842546.38	6515785.12	164.8	Eau industrielle/ Geothermie	Laboratoire Merieux	Gerland	740	Captage		Accessible	143.8	266.66667	0.0057				19890119	implatation exacte inconnue			
34	06986S0079/F	BSS001TKXG	841819.9	6515536.56	165	Eau industrielle		48 avenue Tony Garnier	100	Captage		Non reconnu lors de l'enquete de terrain											
35	06986X0017/S	BSS001TLGG	842259.44	6515527.81	164	Inconnu			380	Captage		Accessible							19620101				
36	06986S0162/F	BSS001TLAM	842048.31	6515374.75	164.5	Irrigation espaces verts	Stade Tola Vologe I	80 allée P. de Coubertin	190	Captage	450		144.7	666.875	0.0154				19900402				

127	06986S0187/R	BSS001TLBG	841674.52	6516062.33	164.850	Geothermie	Siege Pasteur Merieux	630	Rejet	350	Non reconnu lors de l'enquete	146.85							
128	06986S0188/C1	BSS001TLBH	841659.57	6516067.46	162.000	Irrigation espaces verts	HALLE BORIE 4 RUE J.SALK	640	Captage	500	Exploite								
131	06986S0193/PZ	BSS001TLBN	841655.01	6516118.45	165.880	Piezometre	Enceinte service navigation 100 CNR	690	Forage	38	Accessible								
132	06986S0196/PZ	BSS001TLBR	841799.78	6516106.22	164.930	Piezometre	Parking avenue Tony Garnier -	650	Forage	100	Accessible								
133	06986S0197/PZ	BSS001TLBS	841803.75	6515986.3	164.430	Piezometre	Parking avenue Tony Garnier -	530	Forage		Accessible								
134	06986X0117/S	BSS001TLKU	841860.67	6515631.12	165.000			170	Forage		Abandonne	128	0.00808						19620101
135	07222G0092/SC1	BSS001UPYC	841911.91	6514611.59	165.000			850	Forage		Abandonne								
136	07222X0463/S111	BSS001URDX	841911.96	6514616.58	163.640	Reconnaissance fondation sol	Ile de l'archeveque	850	Forage		Abandonne								19641009
140	06986S0005/S	BSS001TKUU	842511.93	6515845.37	165.000			740	Forage	350	Accessible	134.93548	0.00375						19640101
141	06986S0053/F5	BSS001TKWE	842354.99	6515017.44	164.000	Reconnaissance pollution nappe	Port E. Herriot	650	Forage										19800201
142	06986S0054/F4	BSS001TKWF	842395.38	6515067.05	164.000	Reconnaissance pollution nappe	Port E. Herriot	650	Forage										19800204
143	06986S0055/F-3	BSS001TKWG	842445.85	6515126.57	164.000	Reconnaissance pollution nappe	Port E. Herriot	660	Forage										19800205
144	06986S0056/F2	BSS001TKWH	842486.15	6515166.19	164.000	Reconnaissance pollution nappe	Port E. Herriot	670	Forage										19800206
145	06986S0057/F1	BSS001TKWJ	842511.59	6515805.4	164.000	Reconnaissance pollution nappe	Port E. Herriot	720	Forage										19800207
146	06986S0080/Puits1	BSS001TKXH	842258.15	6515962.43	163.000	Eau industrielle/ Geothermie	254 RUE MARCEL MERIEUX	630	Puits		Exploite								19800325
149	06986T0002/S	BSS001TLBW	842972.6	6515971.32	163.000			1200	Forage		Accessible								19690101
150	06986T0009/S	BSS001TLCD	843114.53	6515040.93	165.000			1300	Forage		Abandonne								19700101
151	06986T0010/S	BSS001TLCE	843134.51	6515040.75	163.000			1320	Forage		Abandonne								19700101
152	06986T0011/S	BSS001TLCF	843074.74	6515061.25	163.000			1260	Forage		Abandonne								19700101
153	06986T0012/S	BSS001TLCG	843114.44	6515030.93	163.000			1310	Forage		Abandonne								19700101
154	06986T0016/S	BSS001TLCL	842910.57	6515727.06	163.800	Piezometre	PIEZO CNR 534 Intersection rue Tony Garnier avenue	1060	Forage		Mesure								
165	06986T0087/F	BSS001TLFB	842896.01	6515777.14	163.500	Geothermie	216 rue de Gerland	1060	Forage										19851201
166	06986T0091/F9	BSS001TLFD	842887.7	6515389.56	163.400	Eau individuelle	UIOM-LYON-SUD Gerland	1010	Forage	813	Exploite								19920129
167	06986T0092/PZ1	BSS001TLFE	843037.45	6515609.08	163.400	Depollution	UIOM-LYON-SUD Gerland	1170	Forage	125	Accessible								19920122
168	06986T0093/PZ2	BSS001TLFF	843132.44	6515618.26	163.400	Depollution	UIOM-LYON-SUD Gerland	1260	Forage	113	Accessible								19920127
170	06986T0101/F3	BSS001TLFM	842899.55	6515606.26	164.400	Eau industrielle	USINE U.I.O.M. Gerland	1030	Forage		Exploite								
171	06986T0102/PZ	BSS001TLFN	842708.31	6515090.36	164.470	Piezometre	Rue de Chalon-sur-Saone P469 BIS	910	Forage	38	Accessible								
172	06986T0103/PZ	BSS001TLFP	843128.27	6515246.63	164.380	Piezometre	Rue Fos sur mer PS21 CNR	1270	Forage	38	Accessible								
173	06986T0104/PZ	BSS001TLFQ	843051.86	6515658.91	164.300	Piezometre	Rue Fos sur mer (au milieu des voies)	1190	Forage	120	Accessible								
174	06986T0105/PZ	BSS001TLFR	842896.32	6515814.11	164.310	Piezometre	206 Rue de Gerland P535 CNR	1070	Forage	38	Accessible								
176	06986X0116/S	BSS001TLKT	842953.05	6516021.44	164.000			1210	Forage										19650101
179	06986X0165/LABCNR	BSS001TLMP	842590.73	6515128.33	164.000	Piezometre		780			Abandonne								
181	06986X0351/PZ1	BSS001TLVG	843170.79	6515100.29	165.000	Piezometre		1340		52									20060713
182	06986X0352/PZ2	BSS001TLVH	843207.71	6515166.02	165.000	Piezometre		1360		52									
183	06986X0360/COUPE1	BSS001TLVR	842707.54	6515843.3	165.000	Eau		910		112									20090625
184	06986X0361/PZ1	BSS001TLVS	842713.23	6515843.15	165.000	Piezometre		920		112									20090625
185	06986X0362/PZ2	BSS001TLVT	842723.72	6515842.56	165.000	Piezometre		920		112									20090625
186	06986X0363/PZ3	BSS001TLVU	842734.01	6515841.97	165.000	Piezometre		930		112									20090625
189	06986X0494/R1	BSS001TMBB	843184.66	6515765.68	165.000	Geothermie abandonnee		1340	Rejet	800	Abandonne								20140101
190	06986X0495/R2	BSS001TMBC	843207.65	6515767.49	165.000	Geothermie abandonnee		1360	Rejet	800	Abandonne								20140101
194			842142	6515198	164	Irrigation espaces verts	Ville de Lyon	405 Avenue Jean Jaures Lyon 7	370	Forage	194								DS Creation d'un Forage pour l'arrosage terrain de sport
195			842621	6515817	164	Exhaure	Delta Service Location	Lyon 7	820	Forage	608							180	La realisation de Forages et d'un rabattement de nappe temporaire dans
196			842621	6515801	164	Exhaure	Delta Service Location	Lyon 7	810	Forage	608							180	La realisation de Forages et d'un rabattement de nappe temporaire dans
197			842628	6515779	164	Exhaure	Delta Service Location	Lyon 7	810	Forage	608							180	La realisation de Forages et d'un rabattement de nappe temporaire dans
198			842652	6515786	164	Exhaure	Delta Service Location	Lyon 7	840	Forage	608							180	La realisation de Forages et d'un rabattement de nappe temporaire dans
199			842650	6515809	164	Exhaure	Delta Service Location	Lyon 7	840	Forage	608								La realisation de Forages et d'un rabattement de nappe temporaire dans
215			842818	6515072	164	Inconnu	Transport Michaud			126	Captage		65	0.00306					implantation exacte inconnue
216			842904	6515612	164	Inconnu	Metro-ligne B			157	Captage								implantation exacte inconnue
217			842939	6516007	164.5	Inconnu	Ets Thermi-lyon	195 rue Gerland Lyon 7		300	Captage		145.5	15	0.00028				implantation exacte inconnue

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

Annexe 9 : Cartes piézométriques sur la métropole de Lyon

(3 pages)

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Cartes piézométriques des eaux quasi-permanentes réalisées par le BRGM en 2004

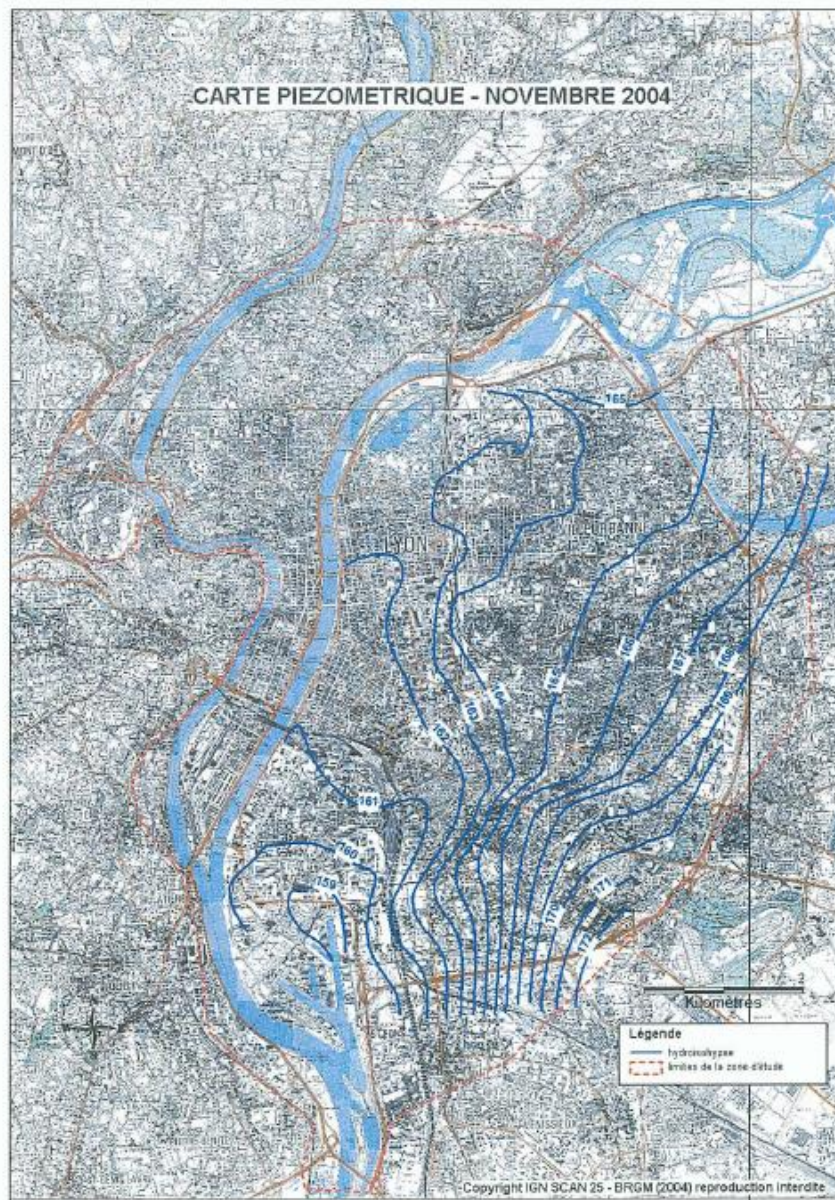
Connaissance hydrogéologique de l'agglomération lyonnaise - Phase 1



Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

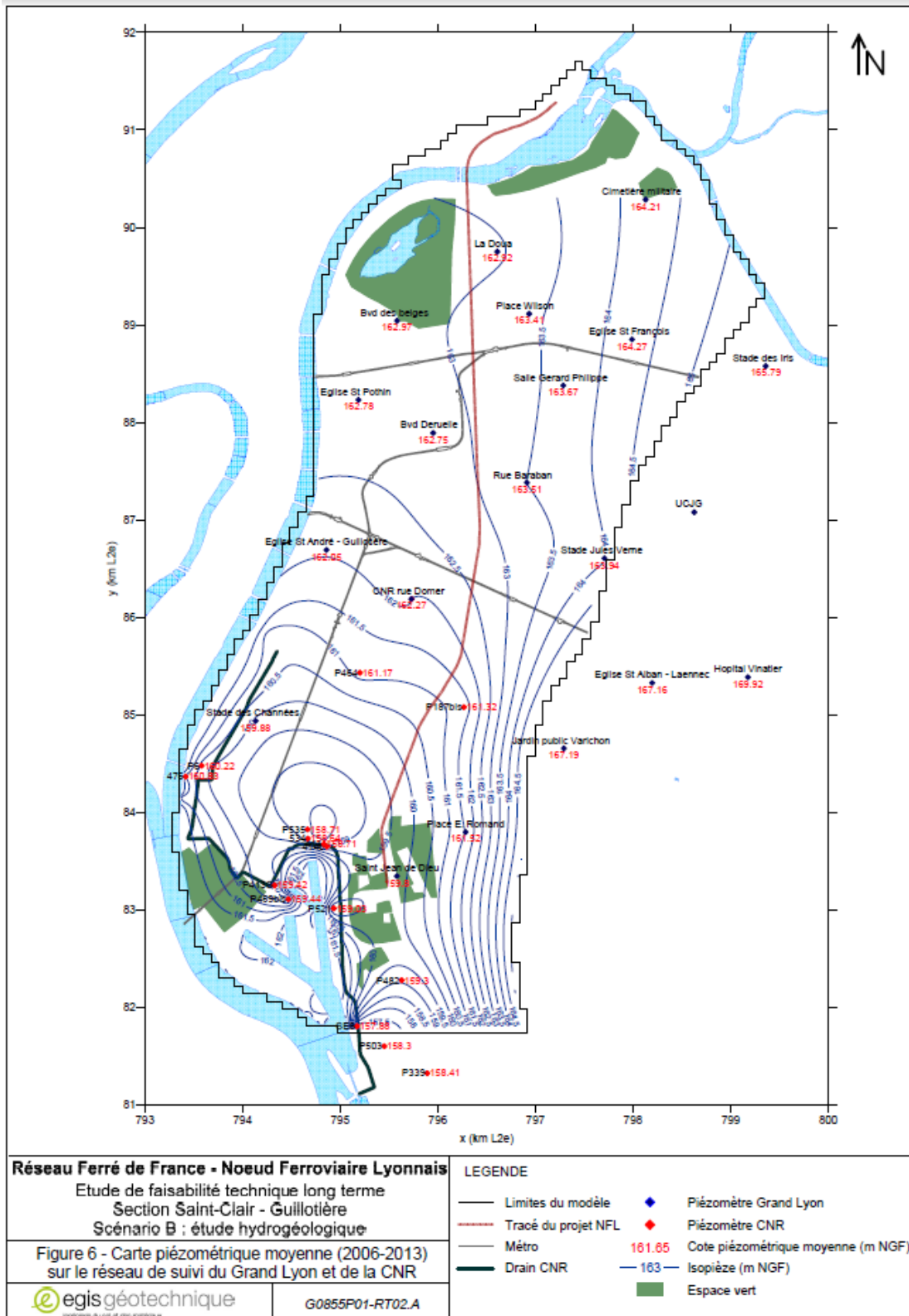
Connaissance hydrogéologique de l'agglomération lyonnaise - Phase 1



Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)


Carte piézométrique moyenne (2006-2013) sur le réseau suivi du Grand Lyon et de la CNR réalisée par Egis géotechnique en 2014



Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

**Annexe 10 : Recensement des perméabilités retrouvées
autour du projet**

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON


Centre Métropole par **dalkia**



Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

**Annexe 11 : Analyse effectuée à l'issue d'un
prélèvement réalisé en 1981 sur un forage situé sous
l'actuelle ENS LYON**

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier - Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Niveau à 110 C : 417 mg/l
 Niveau à 500 C : 293 mg/l
 Oxygène dissous : 1,60 mg/l
 III : Titre hydrométrique au degré titré : 24,05 degrés français : 1
 Titre alcalimétrique complet : 10,0 degrés français : 1
 Titre alcalimétrique : 0 degrés français : 1
 Titre acidoalcalimétrique : 30,6 degrés français : 1
 Silice soluble (en SiO₂) : 0 mg/l

COMPOSITION IONIQUE

CATIONS	mg/l	mg/l	ANIONS	mg/l	mg/l
III : Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	89	4,97	IIA : CO ₃ ⁼⁼ + HCO ₃ ⁻		3,60
Calcium : Ca ⁺⁺	6,3	4,45	IIA : 1/2 CO ₃ ⁼⁼		0
Magnésium : Mg ⁺⁺	28	0,52	Carbonate : 2 IIA		0
Sodium : Na ⁺	8,0	1,20	Bicarbonate : HCO ₃ ⁻	220	3,50
Potassium : K ⁺	< 0,10	0,20	Chlore : Cl ⁻	23	0,65
Ammonium : NH ₄ ⁺	15,6		Sulfate : SO ₄ ⁼⁼	83	1,73
Fer : divers	1,4		Nitrate : NO ₃ ⁻	24	0,39
Manganèse : Mn ⁺⁺			Nitrite : NO ₂ ⁻	0,02	
			Phosphate : PO ₄ ⁼⁼	0,30	0,01
			Silicate : SiO ₂		
tout des cations		6,27	total des anions		6,38

CONCLUSIONS

A noter un important dépôt de rouille au fond du flocan de prélevement.
 Eau moyennement minéralisée, de dureté accentuée, principalement bicarbonatée calcique, très ferrugineuse.
 Eau incorrecte à cause des taux en fer et en manganèse.

Le Chef de Service

- 0 6 9 8 - 6 - 0 0 8 4 -

INSTITUT PASTEUR DE LYON

INS(111) BACTÉRIOLOGIQUE

LABORATOIRE REGIONAL D'HYGIENE APPLIQUEE

43, Bd du 11 Novembre

BP 6083

69604 VILLEURBANNE, CEDEX.

V/ Ordre n° 126 dt 30.6.81

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

Effectué par l'Intéressé.

RESULTATS D'ANALYSE D'EAU

ANALYSE PHYSICO-CHEMIQUE - BILAN IONIQUE

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Température : 15
 Couleur : 5
 Turbidité (pouttes de mastic) : 7,50
 pH à 20°C (au laboratoire) : 7,50
 Conductivité à 20°C (en µmhos/cm) : 505

ANALYSE DES GAZ

Ammoniac carbonique libre (en CO₂) : 8 mg/l
 Hydrogène sulfuré (en H₂S) : 0 mg/l
 Oxygène dissous : 6,0 mg/l
 Chlore résiduel total : 0 mg/l

AGRESSIVITE AU MARBRE


AVANT MARBRE		APRES MARBRE	
mg/l	mg/l en CaO	mg/l	mg/l en CaO
7,50	101	7,40	97

(3)

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

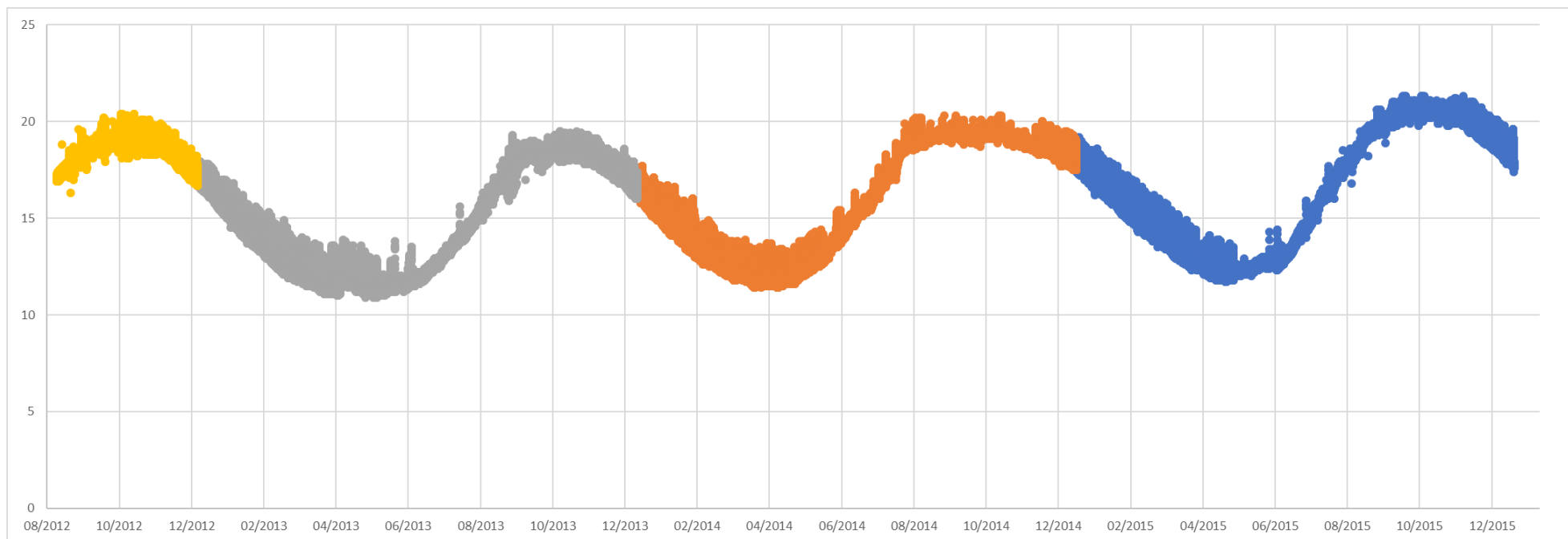
Centre Métropole par  dalkia

Annexe 12 : Chroniques de suivi de températures de la nappe au niveau du bâtiment CONFLUENT 2 au Nord du projet

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-1080 du 11 septembre 2006 - Chauffage urbain GRANDLYON 6 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Centre Métropole par 



Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

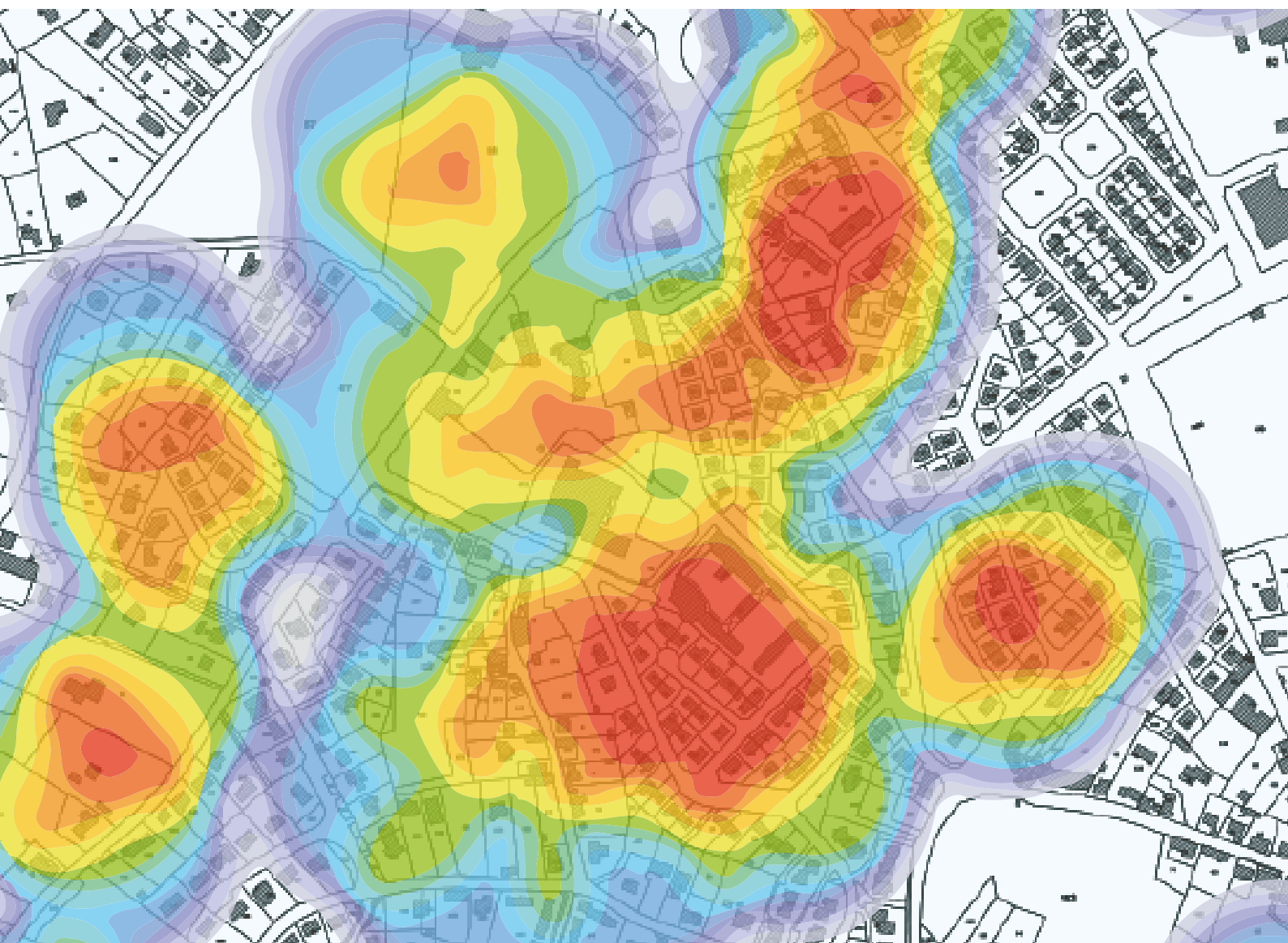
Centre Métropole par  dalkia

Annexe 13 : CEREMA – Eviter les interférences des échangeurs géothermiques – méthodologie pour déterminer le volume d'exploitation d'un gîte géothermique – Février 2020

(23 pages)

Éviter les interférences des échangeurs géothermiques

Méthodologie pour déterminer le volume
d'exploitation d'un gîte géothermique



Éviter les interférences des échangeurs géothermiques

Méthodologie pour déterminer le volume
d'exploitation d'un gîte géothermique

Collection | **Références**

Édition Cerema

Cerema Eau, mer et fleuves – 134, rue de Beauvais – CS 60039 – 60280 Margny-lès-Compiègne Tél : +33(0)3 44 92 60 00

Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30

L'ouvrage est une œuvre collective réalisée sous la direction du Cerema.

Le document a été élaboré en coopération avec la Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Auvergne Rhône-Alpes.

La rédaction a été assurée par :

- Guillaume Attard, Cerema
- Laurent Eisenlohr, Cerema

Le contenu technique a été élaboré avec l'appui de :

- Peter Bayer (Prof. Dr., Martin Luther University of Halle-Wittenberg, Allemagne)
- Philipp Blum (Prof. Dr., Karlsruhe Institute of Technology, Allemagne)
- Yvan Rossier (Prof. Dr., Université Grenoble Alpes)

Cette collaboration scientifique et technique a donné lieu à la publication suivante :

Attard, G., Bayer, P., Rossier, Y., Blum, P., & Eisenlohr, L. (2020). A novel concept for managing thermal interference between geothermal systems in cities. *Renewable Energy*, 145, 914-924. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.095>

Le document a été mis en consultation auprès des personnes suivantes :

Pour le Cerema

- Myriam Lorcet
- Elsa Delcombel
- Laurent Vernay
- William Pophillat
- Emmanuel Dumont

Pour la DREAL Auvergne Rhône-Alpes

- Marguerite Muhlhaus
- Isabelle Charlemagne

Pour la DRIEE Île-de-France

- Baptiste Lorenzi

Pour le Centre d'Hydrogéologie et de Géothermie de l'Université de Neuchâtel

- Pierre Perrochet

Le document a également été soumis à la consultation de l'association française des professionnels de la géothermie (AFPG) et de Syntec Ingénierie.

Comment citer cet ouvrage :

Cerema. Éviter les interférences des échangeurs géothermiques-Méthodologie pour déterminer le volume d'exploitation d'un gîte géothermique Cerema, 2020. Collection : Références. ISBN : 978-2-37180-440-1 (web)

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (loi du 11 mars 1957). Cette reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

RÉSUMÉ DU DOCUMENT

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

Le document apporte une définition technique à la notion de volume d'exploitation applicable aux installations géothermiques sur échangeurs ouverts et fermés verticaux exploitant une formation géologique aquifère ou non. Cette définition permet d'une part, d'éviter que de nouvelles installations altèrent le bon fonctionnement du projet sur la durée du permis sollicité, et d'autre part, d'optimiser l'extension du volume d'exploitation afin de maintenir l'accessibilité à la ressource géothermique, et de favoriser le développement de cette énergie renouvelable.

Également, le document présente un cadre méthodologique pour déterminer le volume d'exploitation d'une installation géothermique sur échangeur ouvert ou fermé. Il est constitué de quatre étapes :

- la première étape consiste à déterminer la perturbation thermique ΔT_{max} acceptable pour maintenir les performances de l'installation sur la durée du permis sollicité. Bien que certaines installations puissent présenter une plus grande sensibilité aux variations de températures, le choix d'une plage de température ΔT_{max} comprise entre 2°C et 3°C est raisonnable dans le cas général ;
- la deuxième étape consiste à cartographier les probabilités que des transferts thermiques atteignent l'installation. Ces probabilités permettent de connaître la puissance qu'il est possible d'exploiter autour du projet, sans perturber son fonctionnement. Des modèles analytiques et numériques peuvent être utilisés pour cartographier ces probabilités. Leur utilisation requiert la connaissance des écoulements de nappe (carte piézométrique) et des caractéristiques hydrauliques et thermiques des formations aquifères (conductivité hydraulique, porosité efficace, coefficient de dispersion, conductivité thermique, capacité thermique) ;
- la troisième étape consiste à déterminer l'emprise horizontale du volume d'exploitation. Pour cela, la puissance thermique totale vis-à-vis de laquelle le pétitionnaire souhaite se protéger doit être déterminée et confrontée aux cartographies obtenues à la deuxième étape ;
- la quatrième étape consiste à déterminer l'extension verticale du volume d'exploitation en s'appuyant sur la topographie, la profondeur de l'installation et sur le profil géologique.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	4
Contexte et objectif	4
Domaine d'application et structure du document	5
1. DÉFINITIONS ET ÉTAPES POUR DÉTERMINER LE VOLUME D'EXPLOITATION D'UN GÎTE GÉOTHERMIQUE	6
2. MÉTHODE POUR DÉTERMINER LE VOLUME D'EXPLOITATION	8
2.1 Définir la perturbation thermique ΔT_{max} acceptable (étape 1)	8
2.2 Cartographier les probabilités que des transferts thermiques atteignent une installation géothermique (étape 2)	9
2.2.1 Cas des échangeurs ouverts	9
2.2.2 Cas des échangeurs fermés dans une formation aquifère	11
2.2.3 Cas des échangeurs fermés dans une formation non-aquifère	12
2.2.4 Cartographie des probabilités par modélisation numérique	13
2.3 Délimiter l'extension horizontale du volume d'exploitation (étape 3)	15
2.3.1 Définir la puissance thermique vis-à-vis de laquelle l'installation doit être protégée	15
2.3.2 Prendre en compte le profil géologique	15
2.4 Délimiter la limite supérieure et inférieure du volume d'exploitation (étape 4)	16
2.4.1 Cas des échangeurs ouverts	16
2.4.2 Cas des échangeurs fermés	16
3. BIBLIOGRAPHIE	17
ANNEXE 1	18
Propriétés hydrauliques et thermiques de formations géologiques communes	18
NOMENCLATURE	19

Contexte et objectif

L'exploitation du sous-sol et des eaux souterraines comme source d'énergie géothermique suscite un intérêt croissant pour subvenir aux besoins de chauffage et de refroidissement exprimés par les territoires. Des échangeurs, ouverts ou fermés (figure 1), permettent un transfert d'énergie thermique avec le sous-sol.

- Les échangeurs géothermiques ouverts sont constitués d'un ou plusieurs groupes de puits captant l'eau souterraine pour couvrir les besoins énergétiques d'un bâtiment. Ces dispositifs regroupent couramment un puits de pompage de l'eau souterraine, et un puits de rejet où l'eau souterraine est restituée au milieu à un débit similaire, mais à une température altérée : plus froide lorsque le dispositif est utilisé pour du chauffage, ou plus chaude lorsque le dispositif est utilisé pour du refroidissement.
- Les échangeurs géothermiques fermés sont généralement constitués de plusieurs sondes à l'intérieur desquelles circule un fluide caloporteur permettant d'échanger de la chaleur avec le sous-sol.

inférieure à 20 MW ne puissent être exploités qu'en vertu d'un permis d'exploitation accordé par l'autorité administrative. Ce permis d'exploitation confère un droit exclusif d'exploitation dans un volume déterminé, dit « volume d'exploitation », défini par un périmètre et deux profondeurs, conformément à l'article L. 134-5 de ce même code (figure 2).

Le décret n°78-498 du 28 mars 1978, relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie, fixe le contenu de la demande de permis d'exploitation qui, selon l'article 8 du décret susvisé, doit préciser le volume d'exploitation sollicité par le pétitionnaire. De plus, depuis le 1^{er} juillet 2016, conformément à l'article 18 de ce même décret, tout nouvel échangeur géothermique relevant du régime de minime importance (GMI)² est interdit dans le volume d'exploitation d'un gîte géothermique bénéficiant d'un permis d'exploitation tel qu'il est défini à l'article L. 134-5 du code minier. Le décret susmentionné demande ainsi aux pétitionnaires de déterminer le volume d'exploitation qui sera alloué à l'installation en exploitation.

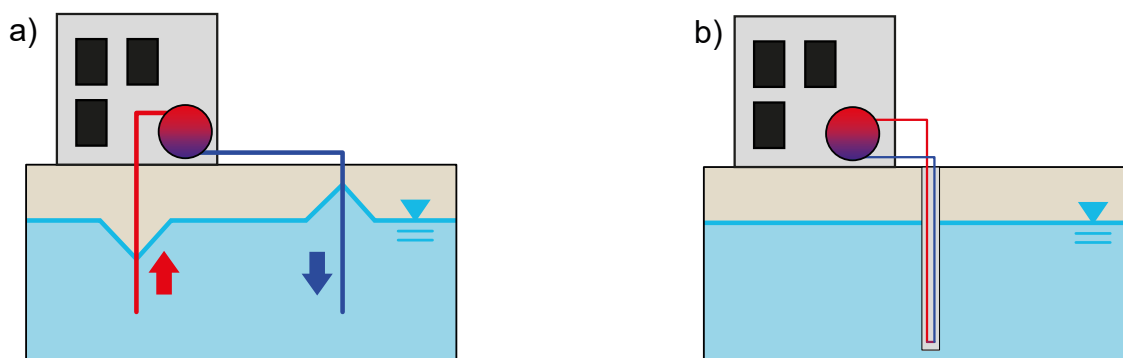


Figure 1 : échangeurs géothermiques (a) ouvert et (b) fermé (Modifié d'après Bayer et al., 2019)

Le développement non contrôlé de la filière géothermique conduit à l'apparition de secteurs fortement sollicités, notamment en zone urbaine, où des interférences hydrauliques et thermiques peuvent survenir entre des échangeurs trop proches les uns des autres, et ainsi dégrader leurs performances. Afin d'éviter ces interférences, l'article L. 134-1-1 du code minier prévoit que les gîtes géothermiques¹ d'une puissance thermique primaire

La mention du volume d'exploitation de l'installation géothermique sera reprise par le préfet dans son arrêté d'octroi du permis d'exploitation au pétitionnaire.

Actuellement, les seules prescriptions méthodologiques associées à la détermination du volume d'exploitation d'un gîte géothermique reposent sur le décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et

¹ Relèvent du régime légal des mines les gîtes renfermés dans le sein de la terre dont on peut extraire de l'énergie sous forme thermique, notamment par l'intermédiaire des eaux chaudes et des vapeurs souterraines qu'ils contiennent, dits « gîtes géothermiques » (Code minier - Article L112-1).

² Parmi les gîtes géothermiques d'une puissance thermique primaire inférieure à 20 MW, sont considérées comme des activités géothermiques de minime importance les activités de géothermie exercées dans le cadre du présent code qui utilisent les échanges d'énergie thermique avec le sous-sol, qui ne présentent pas de dangers ou d'inconvénients graves pour les intérêts mentionnés à l'article L. 161-1 et qui satisfont aux conditions fixées par décret en Conseil d'État sur la base des caractéristiques mentionnées au second alinéa de l'article L. 112-1 (Code minier - Article L112-3).

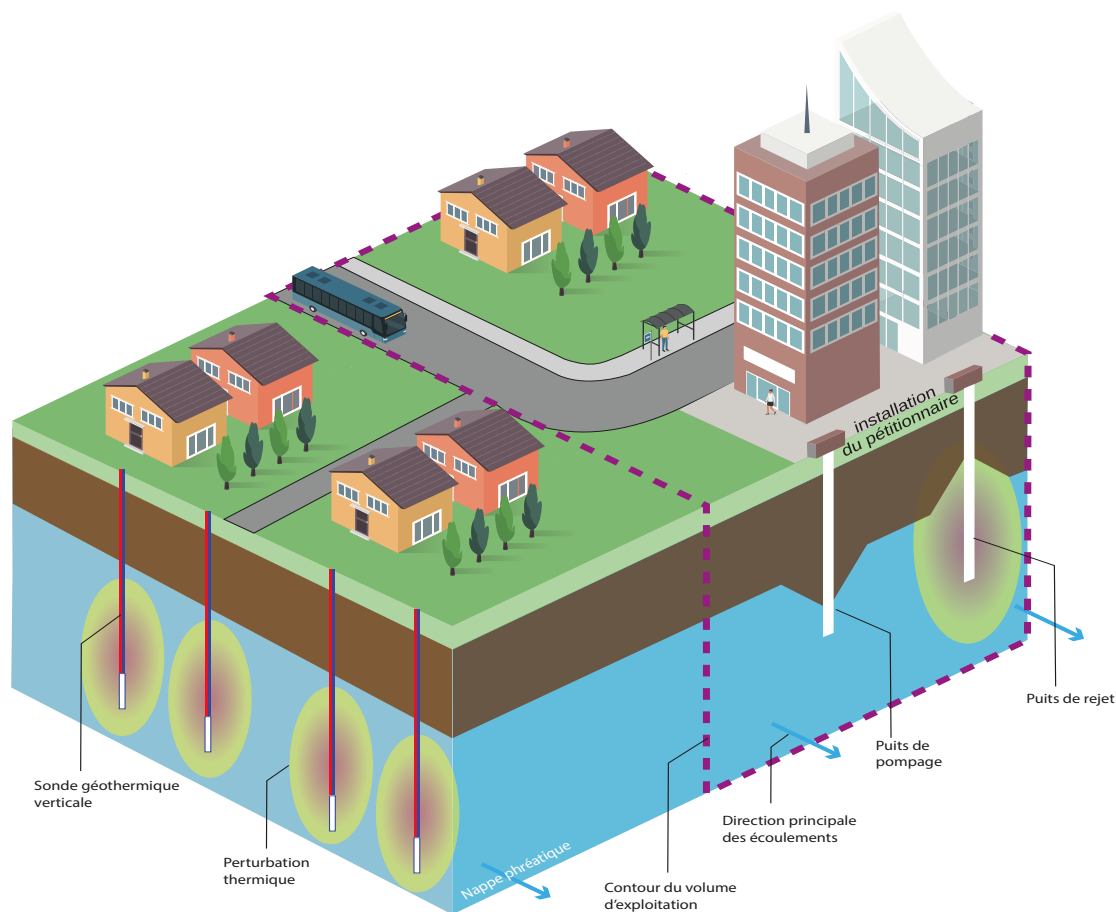


Figure 2 : Délimitation d'un volume d'exploitation afin d'éviter les interférences entre plusieurs échangeurs géothermiques (Cerema, 2020)

d'exploitation de géothermie. Une annexe technique à ce décret présente un mode de calcul simplifié permettant de déterminer le volume d'exploitation et le périmètre de protection d'une exploitation géothermique. Les cas des échangeurs géothermiques ouverts (doublets sur eau de nappe) et fermés (sur sondes verticales) sont distingués. Les recommandations formulées s'appuient sur des considérations géométriques et sur le choix de distances arbitraires, indépendantes du contexte hydrogéologique. En conséquence, ces prescriptions ne permettent pas de garantir la pérennité des installations géothermiques dans les secteurs soumis aux impacts cumulés et aux interférences de multiples installations.

Ainsi, l'objectif de ce document est de (1) donner une définition technique à la notion de volume d'exploitation qui soit applicable aux dispositifs géothermiques ouverts et fermés, et (2) définir le cadre méthodologique permettant de déterminer un volume d'exploitation qui protège les installations des interférences thermiques sur la durée des permis octroyés.

Domaine d'application et structure du document

Dans la première partie du document, les définitions et le cadre méthodologique général permettant de déterminer le volume d'exploitation d'un gîte géothermique sont exposés. Les définitions et éléments méthodologiques présentés concernent l'ensemble des dispositifs géothermiques basse

ou très basse énergie verticaux, ouverts ou fermés et prennent en compte les caractéristiques hydrogéologiques principales du site.

Notamment, la mise en œuvre de la méthodologie proposée nécessite l'acquisition de données hydrogéologiques utiles à la compréhension du comportement hydraulique et thermique de l'aquifère dans l'environnement du projet. En particulier, il s'agit :

- des cartes piézométriques décrivant les écoulements des masses d'eau dans l'environnement du projet ;
- d'un profil hydrogéologique décrivant les formations géologiques et les masses d'eau superposées ;
- des paramètres hydrodynamiques des aquifères tels que la conductivité hydraulique et la porosité ;
- des propriétés thermiques des formations géologiques telles que la conductivité thermique et la capacité thermique volumique ;
- des chroniques piézométriques et thermiques décrivant les variations saisonnières des niveaux et température des nappes.

Dans la deuxième partie, les quatre étapes permettant de déterminer le volume d'exploitation d'un gîte géothermique sont développées et illustrées sur des exemples. L'applicabilité des outils analytiques et numériques illustrés dans cette partie est conditionnée par la nature de l'échangeur considéré, le contexte hydrogéologique et l'environnement construit du projet.

1. DÉFINITIONS ET ÉTAPES POUR DÉTERMINER LE VOLUME D'EXPLOITATION D'UN GÎTE GÉOTHERMIQUE

L'objectif de ce chapitre consiste à préciser les étapes permettant de définir une zone de protection autour d'une installation géothermique afin d'éviter qu'une nouvelle installation d'une puissance thermique moyenne P ne génère d'altération thermique ΔT_{max} susceptible de dégrader les performances de l'installation (figure 3). Sauf mention contraire, l'installation géothermique considérée (système ouvert ou fermé) exploite toujours la chaleur (ou le froid) d'une formation aquifère³. Pour ce faire, les définitions suivantes sont données :

- La **Zone de Protection Cible (ZPC)** : elle correspond à la localisation des forages de l'installation qui permettent l'implantation des sondes (échangeurs fermés) ou des pompages (échangeurs ouverts) permettant les échanges thermiques avec le sous-sol ;
- La **Puissance thermique P** : correspond à la puissance thermique moyenne à laquelle une installation géothermique échange de la chaleur avec le sous-sol. La puissance d'une installation géothermique tierce est dite acceptable si l'impact thermique qu'elle génère sur la ZPC de l'installation du pétitionnaire reste inférieure à ΔT_{max} ;
- Le **Volume d'Exploitation (VE)** : il correspond à l'espace où l'injection d'une puissance thermique P génère une altération thermique de la ZPC supérieure ou égale à ΔT_{max} .

La réponse thermique ΔT de la ZPC à l'injection d'une puissance thermique P en un point donné du milieu aquifère peut être étudiée à l'aide d'une fonction de transfert hydrogéologique⁴ permettant (1) de décrire les temps de transfert thermique⁵ dans le système, et (2) quantifier la probabilité p que le transfert thermique se fasse jusqu'à la ZPC en un temps donné. En raison de l'analogie qui existe entre les équations du transfert de chaleur et les équations du transport de contaminants dans un système aquifère, la définition du volume d'exploitation est un problème analogue à la définition du périmètre de protection d'un captage d'eau potable, problème pour lequel la théorie associée aux fonctions de transferts hydrogéologiques peut être mise en œuvre⁶.

Le volume d'exploitation d'un gîte géothermique correspond ainsi à l'espace où la probabilité qu'un transfert thermique atteigne la ZPC est trop élevée pour que l'altération thermique qui en découle soit acceptable (elle est supérieure à ΔT_{max}). Ainsi, pour déterminer le volume d'exploitation d'un gîte géothermique, les étapes suivantes sont nécessaires :

Étape 1 : déterminer la perturbation thermique ΔT_{max} admissible pour maintenir les performances de l'installation sur la durée du permis sollicité. Elle dépend des préconisations techniques associées à l'échangeur et des variations saisonnières des températures du sous-sol ou de la nappe.

Étape 2 : cartographier les probabilités que des transferts thermiques atteignent la ZPC. Cette cartographie permet de déduire les puissances thermiques acceptables autour de l'installation par de nouveaux ouvrages ayant une faible influence hydraulique (c'est le cas des échangeurs géothermiques fermés et des échangeurs ouverts de minime importance).

Étape 3 : déterminer la puissance thermique totale P_{totale} envers laquelle l'installation doit être protégée. Un report de cette puissance sur la cartographie obtenue à l'étape 2 permet ainsi de déduire le contour du volume d'exploitation.

Étape 4 : déterminer la surface supérieure et inférieure, dans la dimension verticale, du volume d'exploitation.

Ces quatre étapes sont développées dans la suite du document.

³ Une formation aquifère est un corps constitué de roches perméables comportant une zone saturée suffisamment conductrice d'eau souterraine pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe souterraine (Castany et Margat, 1977)

⁴ Le transfert hydrogéologique correspond à la description du déplacement des molécules d'eau dans un système aquifère sous l'action de l'advection-dispersion et de la diffusion moléculaire.

⁵ Le transfert thermique correspond à la description du déplacement des calories/frigoriques dans un système aquifère sous l'action de l'advection-dispersion et de la conduction thermique.

⁶ Pour plus de détails sur les techniques mathématiques permettant d'obtenir des fonctions de transfert en hydrogéologie, les lecteurs peuvent consulter les travaux de Cornaton et Perrochet (2006a, b) et les travaux de Milnes et Perrochet (2013) qui concernent directement une application à la géothermie. Pour consulter des applications de cette théorie à la protection des captages AEP, les lecteurs peuvent consulter les travaux de Chow *et al.*, (2016), Kazemi *et al.*, (2006), Molson et Frind, (2012), et Turnadge et Smerdon, (2014).

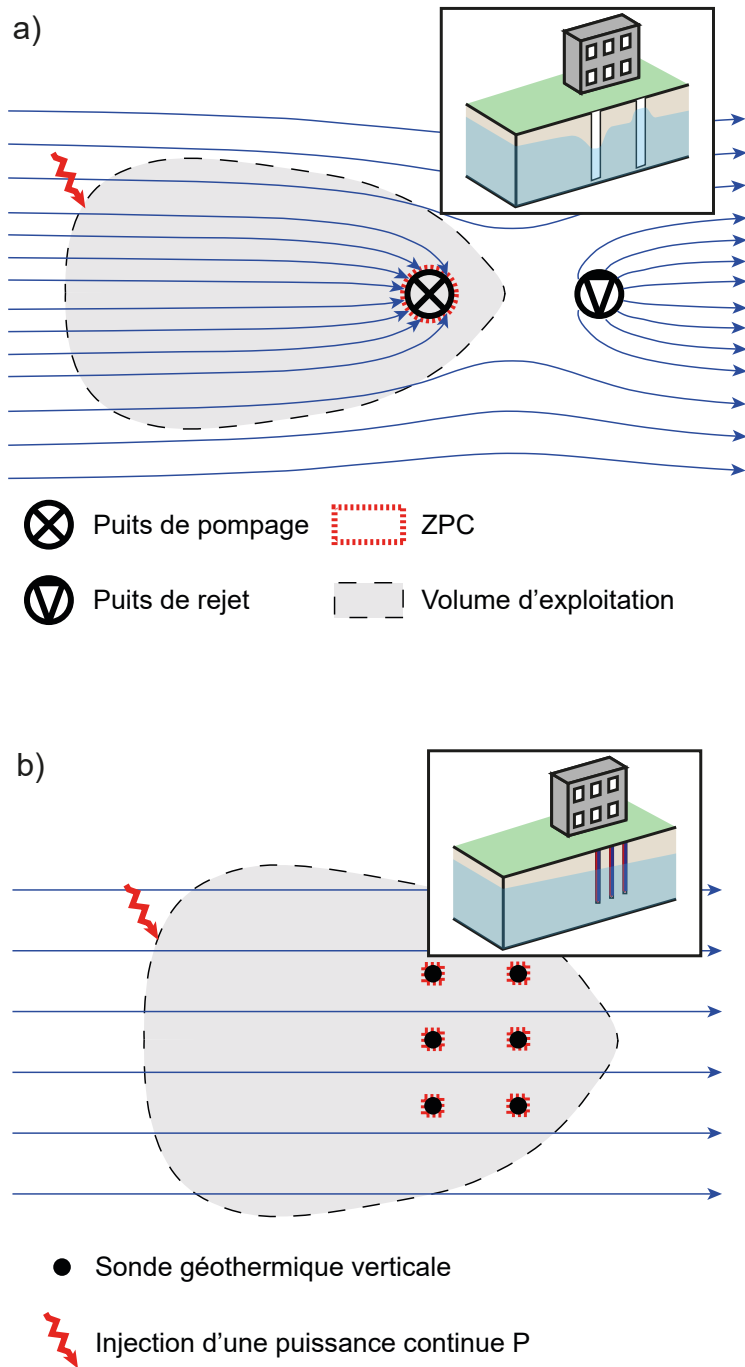


Figure 3 : Zone de protection cible et volume d'exploitation vus en plan dans le cas d'un échangeur ouvert (a) et dans le cas d'un échangeur fermé (b)

2. MÉTHODE POUR DÉTERMINER LE VOLUME D'EXPLOITATION

2.1 Définir la perturbation thermique ΔT_{max} acceptable (étape 1)

Cette amplitude ΔT_{max} correspond à l'écart maximal de température du sous-sol ou de l'eau souterraine admissible pour le maintien des performances de l'installation. En effet, une altération de la température du sous-sol ou de l'eau souterraine trop importante peut dégrader le coefficient de performance de la pompe à chaleur raccordée au dispositif géothermique ouvert ou fermé.

La *figure 4* illustre cette variation du coefficient de performance dans le cas d'échangeurs ouverts⁷. Dans le cas d'un fonctionnement en chauffage, le COP diminue de 11% lorsque la température de l'eau souterraine passe de 18 °C à 12 °C. Dans le cas d'un fonctionnement en refroidissement, le COP diminue de 13% lorsque la température de l'eau souterraine passe de 12 à 18°C.

Ce terme conditionne l'extension du volume d'exploitation : plus ΔT_{max} est faible, plus le volume d'exploitation sera étendu et inversement, plus ΔT_{max} est grand, plus le volume d'exploitation sera restreint.

En conséquence, l'amplitude ΔT_{max} doit être suffisamment faible pour garantir les performances de l'installation. Elle doit être déterminée en s'appuyant sur :

- les préconisations techniques relatives au bon fonctionnement de l'échangeur ;
- la variation naturelle de la température du sous-sol ou de la nappe dans l'environnement du projet.

Bien que certaines installations puissent présenter une plus grande sensibilité aux variations de températures, le choix d'une plage de température ΔT_{max} (de réchauffement, ou de refroidissement) comprise entre 2 °C et 3 °C est raisonnable dans le cas général⁸.

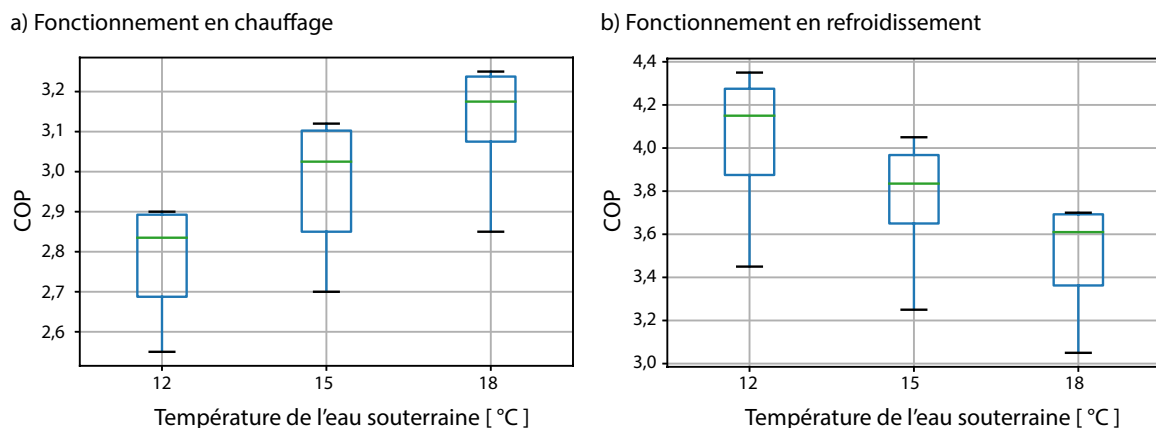


Figure 4 : Évolution du coefficient de performance d'une pompe à chaleur sur échangeur ouvert en fonction de la température de l'eau souterraine (a) dans le cas d'un fonctionnement en chauffage et (b) d'un fonctionnement en refroidissement (b). Les barres noires représentent les COP min et max pour chaque température d'eau souterraine, les rectangles bleus correspondent aux COP compris entre le premier et le quatrième quartile, et la barre verte indique le COP médian (D'après Kim et Nam (2015)).

⁷ Les variations des COP observées pour une même température d'eau souterraine sont dues à la variabilité des débits des installations géothermiques considérées par les auteurs

⁸ Dans certains cas, par exemple pour les projets de géo-cooling, les variations de température doivent être le plus faible possible pour garantir l'efficacité de l'installation. En fonction de la température naturelle de la nappe et pour une exploitation de ce type, la variation de température acceptable peut être inférieure à 2°C.

2.2 Cartographier les probabilités que des transferts thermiques atteignent une installation géothermique (étape 2)

Des modèles analytiques et numériques permettent de calculer la réponse thermique du sous-sol et de l'eau souterraine à la sollicitation d'une installation géothermique en échangeur ouvert ou fermé. Ces modèles peuvent être utilisés afin de cartographier les probabilités que des transferts thermiques atteignent une installation géothermique⁹.

Ainsi, dans la suite du document, des modèles analytiques et numériques sont utilisés pour illustrer la démarche. Le choix d'une solution analytique ou numérique est présenté à la figure 5. Ce choix repose sur :

1. **le contexte hydrogéologique** : les modèles analytiques disponibles sont adaptés aux aquifères dont les propriétés hydrodynamiques et thermiques sont homogènes, et lorsque l'écoulement de la nappe est uniforme. La modélisation numérique permet une meilleure prise en compte des hétérogénéités du sous-sol, et des échanges thermiques avec la surface du sol.
2. **l'environnement construit du projet** : la modélisation numérique permet de prendre en compte des perturbations d'écoulements causées, par exemple, par des aménagements souterrains, ou éventuellement par d'autres installations géothermiques.

2.2.1 Cas des échangeurs ouverts

Dans le cas d'un échangeur ouvert, la ZPC est réduite à la localisation du/des puits de pompage (figure 3a) fonctionnant avec un débit Q_p . Le critère de protection permettant de maintenir une variation de température induite par une puissance thermique externe P_{ex} en deçà du seuil ΔT_{max} s'exprime à l'aide de l'équation suivante :

$$p \leq \frac{\Delta T_{max} \cdot Q_p \cdot C_w}{P_{ex}} \quad (\text{équation 1})$$

avec C_w la capacité thermique volumique de l'eau.

Ce critère de protection signifie que toute puissance thermique externe P_{ex} introduite dans une zone où la probabilité d'atteindre l'installation du pétitionnaire est supérieure à $\frac{\Delta T_{max} \cdot Q_p \cdot C_w}{P_{ex}}$ n'est pas acceptable pour maintenir la température de l'eau prélevée dans la gamme souhaitée.

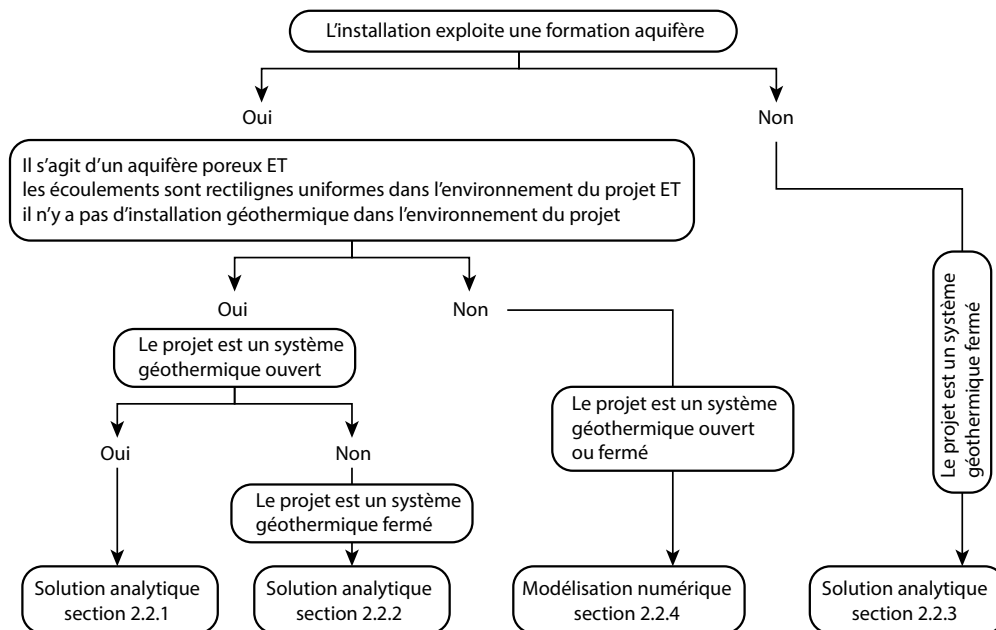


Figure 5 : Modalités de calcul utilisées dans le cadre de ce document pour cartographier les probabilités que des transferts thermiques atteignent une installation géothermique en fonction du contexte hydrogéologique et de l'environnement construit du projet.

⁹ Pour plus de détails sur l'utilisation de modèles analytiques et numériques pour calculer le champ de probabilité d'atteinte d'une installation géothermique, les auteurs peuvent consulter les travaux de Attard et al., (2020) (<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.095>).

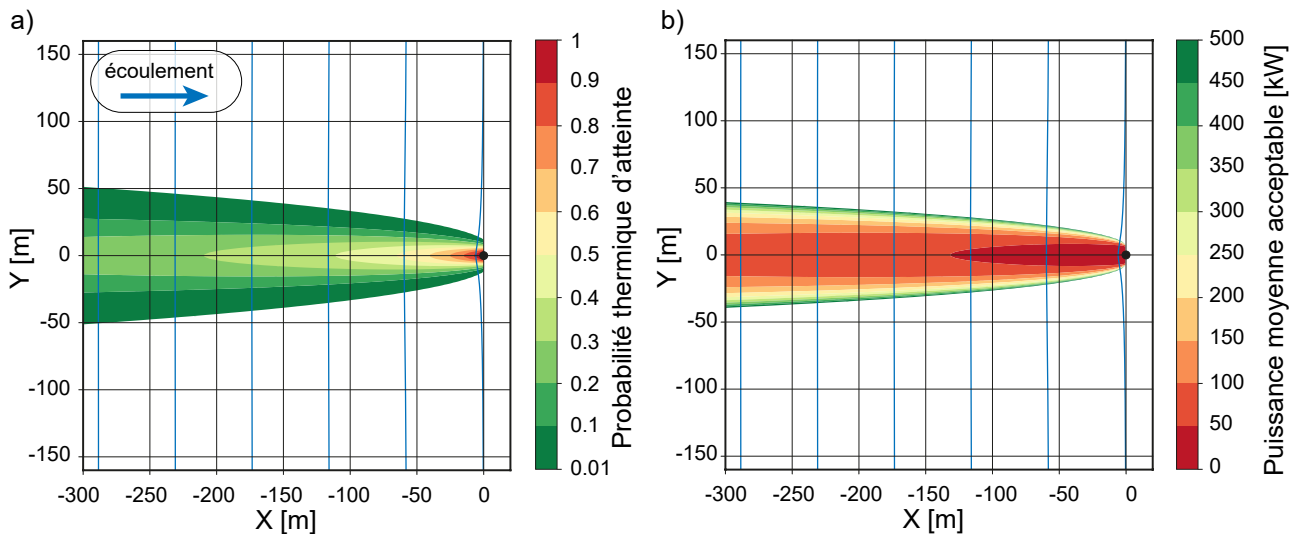


Figure 6 : (a) Probabilité que des transferts thermiques atteignent l'installation après 30 ans et (b) puissance moyenne acceptable à l'amont de l'installation (en considérant $\Delta T_{max} = 2$ °C). Les lignes piézométriques sont représentées par des lignes bleues. Le puits de pompage de l'échangeur ouvert est représenté par un point noir.

Dans un système aquifère captif où les écoulements sont uniformes, d'une vitesse effective¹⁰ v_a et orientés dans le sens des x positifs, l'adaptation du modèle analytique de Domenico et Robbins (1985)¹¹ modifié par Hähnlein *et al.* (2010) peut être utilisé¹² :

$$p(x, y, t) = \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \left(\frac{-Rx - v_a t}{2\sqrt{D_x R t}} \right) \left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{y + \frac{Y}{2}}{2\sqrt{D_y \frac{-x}{v_a}}} \right] - \operatorname{erf} \left[\frac{y - \frac{Y}{2}}{2\sqrt{D_y \frac{-x}{v_a}}} \right] \right\} \quad (\text{équation 2})$$

avec :

$$Y = \frac{Q_p}{b v_a n} \quad (\text{équation 3})$$

et :

$$D_{x/y} = \frac{\lambda_m}{n C_w} + \alpha_{L/T} v_a \quad (\text{équation 4})$$

Le paramètre R est défini comme le retard thermique et s'exprime par $R = \frac{c_m}{n C_w} = 1 + \frac{(1-n)c_s}{n C_w}$.

Exemple d'application : Ce modèle analytique est appliqué à un dispositif géothermique ouvert fonctionnant avec un débit annuel moyen de 8 m³/h, implanté dans un aquifère captif de 50 m d'épaisseur, d'une porosité efficace de 30%, où l'eau circule à une vitesse effective de 1 m par jour (Les valeurs de conductivité hydraulique et de porosité efficace de formations géologiques communes sont reportées en *annexe 1*).

L'application de ce modèle permet de cartographier la probabilité que des transferts thermiques atteignent l'installation durant ses 30 premières années d'exploitation. La *figure 6a* présente cette cartographie à proximité du puits de pompage : la probabilité que le transfert thermique atteigne le captage est élevée (il s'agit des secteurs représentés en orange - rouge). Plus en amont, la probabilité que le transfert thermique atteigne le captage est plus faible, notamment en raison des phénomènes de dispersion et de conduction thermique (il s'agit des secteurs représentés en vert - jaune).

Dans cet exemple, il est considéré que la variation de température de l'eau prélevée ne doit pas excéder $\Delta T_{max} = 2$ °C. Puisque la probabilité d'atteindre l'installation est connue, il est alors possible de déterminer la puissance thermique moyenne acceptable autour de l'installation à l'aide de l'équation (1) (*figure 6b*). Dans l'axe de l'écoulement, et jusqu'à 125 m à l'amont de l'ouvrage, la puissance moyenne acceptable est comprise entre 0 et 50 kW. Transversalement à l'écoulement (dans l'axe des Y positifs), la puissance moyenne acceptable croit rapidement jusqu'à dépasser 500 kW (zone blanche sur la figure).

¹⁰ La vitesse effective de l'eau est définie par $v_a = \frac{K \times i}{n}$, où K correspond à la conductivité hydraulique de la nappe, i correspond au gradient hydraulique et n à la porosité efficace de la nappe.

¹¹ Ce modèle analytique considère que la source de chaleur représentée par l'eau réinjectée est une source plane d'extension verticale infinie et orthogonale à la direction d'écoulement.

¹² Ce modèle analytique ne tient pas compte d'éventuels transferts thermiques verticaux avec (1) la surface du sol et (2) la formation géologique sous-jacente.

2.2.2 Cas des échangeurs fermés dans une formation aquifère

Dans le cas d'un échangeur fermé, la ZPC regroupe l'ensemble des sondes géothermiques verticales de l'installation (figure 3b). Le critère de protection permettant de maintenir au niveau des sondes une variation de température inférieure au seuil ΔT_{max} s'exprime à l'aide de l'équation suivante :

$$p \leq \frac{\Delta T_{max} \cdot Q_D \cdot C_w}{P_{ex}} \quad (\text{équation 5})$$

avec Q_D le débit de Darcy calculé autour de chaque sonde de diamètre d :

$$Q_D = d \cdot q \cdot b \quad (\text{équation 6})$$

avec q le flux de Darcy $q = K \cdot i$ où K correspond à la conductivité hydraulique de la nappe et i correspond au gradient hydraulique.

De même que pour les échangeurs ouverts, ce critère de protection signifie que toute puissance thermique moyenne P introduite dans une zone où la probabilité d'atteindre l'installation du pétitionnaire est supérieure à $\frac{\Delta T_{max} \cdot Q_D \cdot C_w}{P_{ex}}$

n'est pas acceptable pour maintenir la température au niveau des sondes dans la gamme souhaitée.

Dans un système aquifère captif où les écoulements sont uniformes et d'une vitesse effective¹³ v_a et orientés dans le sens des x positifs, l'adaptation du modèle analytique de Carslaw et Jaeger (1959)¹⁴ (cité par Stauffer *et al.*, (2013), équation 3.36, page 119) qui donne l'équation suivante pour une sonde géothermique verticale (k) localisée en $x=X_k$ et $y=Y_k$ peut être utilisée :

$$p_k(x, y, t) = \frac{K i d C_w}{4 \pi C_m \sqrt{D_{t,L} D_{t,T}}} \exp \left[\frac{-u_t (x - X_k)}{2 D_{t,L}} \right] \times \int_0^{\infty} \exp \left[-\Psi - \left(\frac{(x - X_k)^2}{D_{t,L}} + \frac{(y - Y_k)^2}{D_{t,T}} \right) \frac{u_t^2}{16 D_{t,L} \Psi} \right] \frac{d\Psi}{\Psi} \quad (\text{équation 7})$$

avec $u_t = \frac{C_w n}{C_m} v_a$ et $D_{t,L/T} = \frac{\lambda_m}{C_w} + \alpha_{L/T} u_t$.

Puisque la probabilité qu'un transfert thermique atteigne une installation géothermique composée de n sondes verticales est égale à la somme des probabilités d'atteindre chaque sonde, l'équation suivante donne le champ de probabilité d'atteindre l'installation :

$$p(x, y, t) = \sum_{k=1}^n p_k(x, y, t) \quad (\text{équation 8})$$

Exemple d'application : Ce modèle analytique est appliqué à un dispositif géothermique fermé composé de 6 sondes verticales, implantées dans un aquifère captif de 50 m d'épaisseur, d'une porosité efficace de 30%, où l'eau circule à une vitesse effective de 0,05 m par jour. L'application de ce modèle permet de cartographier la probabilité que des transferts thermiques atteignent l'installation durant ses 30 premières années d'exploitation (figure 7a). Dans cet exemple, il est considéré que la variation de température ne doit pas excéder $\Delta T_{max} = 2$ °C au niveau des sondes. Puisque la probabilité d'atteindre l'installation est connue, il est alors possible de déterminer la puissance thermique moyenne acceptable autour de l'installation à l'aide de l'équation (5) (figure 7b).

¹³ La vitesse effective de l'eau est définie par $v_a = \frac{K \cdot i}{n}$, où K correspond à la conductivité hydraulique de la nappe, i correspond au gradient hydraulique et n à la porosité efficace de la nappe.

¹⁴ Ce modèle analytique considère une source de chaleur d'extension infinie, dans un aquifère infini. Ce modèle analytique tient compte du phénomène de dispersion. Ce modèle analytique ne tient pas compte d'éventuels transferts thermiques verticaux avec (1) la surface du sol et (2) la formation géologique sous-jacente.

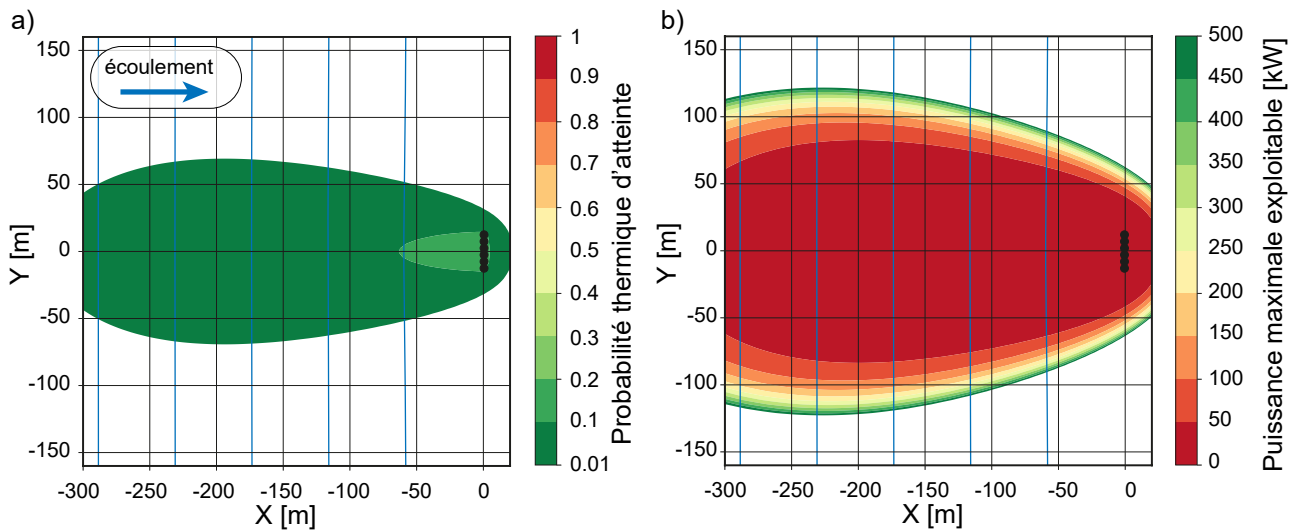


Figure 7 : (a) Probabilité que des transferts thermiques atteignent l'installation en 30 ans et (b) puissance moyenne acceptable à l'amont de l'installation (en considérant $\Delta T_{max}=2^\circ\text{C}$). Les lignes piézométriques sont représentées par des lignes bleues. Les sondes de l'installation sont représentées par des points noirs.

2.2.3 Cas des échangeurs fermés dans une formation non-aquifère

Lorsqu'une installation géothermique sur sondes verticales (échangeur fermé) exploite une formation géologique non-aquifère, les transferts thermiques se font principalement par conduction, et la détermination du volume d'exploitation peut se faire en évaluant l'impact thermique d'une installation tierce. Cet impact peut être calculé à l'aide du modèle analytique de Carslaw et Jaeger (1959)¹⁵ (cité par Stauffer *et al.*, (2013), équation 3.10 page 107) donne l'équation suivante pour une sonde géothermique verticale d'une puissance P localisée à l'origine (en $x=0$ et $y=0$) dans une formation géologique d'épaisseur b :

$$\Delta T(r, t) = -\frac{P/b}{4\pi\lambda_m} \times \int_{\frac{r^2}{4D_t t}}^{\infty} \exp(-u) \frac{du}{u} = -\frac{P/b}{4\pi\lambda_m} \text{Ei}\left(-\frac{r^2}{4D_t t}\right) \quad (\text{équation 9})$$

avec $D_t = \frac{\lambda_m}{C_m}$, r la distance à la sonde et Ei la fonction exponentielle intégrale.

Ainsi, la puissance thermique moyenne P qui peut être exploitée pendant un temps t , et à une distance r de l'installation, tout en maintenant une variation de température inférieure au seuil ΔT_{max} au niveau des sondes s'exprime à l'aide de l'équation suivante :

$$P(r, t) = -\frac{b4\pi\lambda_m\Delta T_{max}}{\text{Ei}\left(-\frac{r^2}{4D_t t}\right)} \quad (\text{équation 10})$$

Cette équation permet ainsi de déterminer le volume d'exploitation souhaité, en fonction de la puissance thermique moyenne acceptable autour de l'installation.

Exemple d'application : Considérons une installation géothermique composée d'une sonde verticale (échangeur fermé) implantée dans une formation géologique non-aquifère de 100 m d'épaisseur, d'une conductivité thermique $\lambda_m=2.2 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ et d'une capacité thermique volumique $C_m=2.5 \text{ MJ m}^{-3} \text{ K}^{-1}$ (Les valeurs des conductivités thermiques et de capacités thermiques de formations géologiques communes sont reportées en *annexe 1*). Considérons également que l'impact thermique causé par une installation tierce ne doit pas dépasser $\Delta T_{max}=2^\circ\text{C}$ autour de l'installation. L'équation (10) permet ainsi de calculer la puissance moyenne acceptable autour de l'installation après 30 années de fonctionnement (*figure 8*). Elle est comprise entre 0 et 50 kW à 70 m de l'installation, et elle est supérieure à 500 kW au-delà de 100 m.

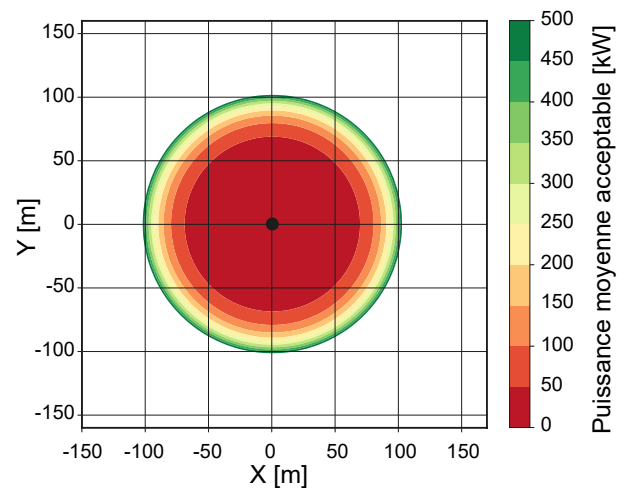


Figure 8 : Puissance thermique moyenne acceptable autour d'un échangeur géothermique fermé exploitant une formation géologique non-aquifère d'une conductivité thermique $\lambda_m = 2.2 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ et d'une capacité thermique volumique $C_m = 2.5 \text{ MJ m}^{-3} \text{ K}^{-1}$.

¹⁵ Ce modèle analytique considère une source de chaleur d'extension infinie, dans une formation géologique. Ce modèle analytique ne tient pas compte d'éventuels transferts thermiques verticaux avec (1) la surface du sol et (2) la formation géologique sous-jacente.

2.2.4 Cartographie des probabilités par modélisation numérique

Dans les contextes hydrogéologiques complexes (voir figure 5), par exemple lorsque l'aquifère présente des caractéristiques hétérogènes, où lorsque les écoulements de nappes sont perturbés, une approche par modélisation numérique déterministe peut être mise en œuvre. Les restitutions graphiques présentées dans la suite peuvent être obtenues avec n'importe quel logiciel de modélisation hydrogéologique des écoulements et des transferts thermiques (par exemple : MODFLOW (Therrien *et al.*, 2010), Hydrogeosphere (McDonald and Harbaugh, 1988), Watflow (Molson *et al.*, 2002) ou Feflow (Diersch, 2013) et éventuellement avec un outil de post-traitement de données (par exemple, Matlab, R, Python, etc.).

Exemple d'application : cet exemple consiste à simuler numériquement les probabilités que des transferts thermiques atteignent une installation géothermique en

échangeur ouvert et d'en déduire la puissance thermique qui peut être exploitée autour de cette installation. L'installation est localisée dans un secteur urbanisé où les écoulements de nappes sont perturbés par plusieurs constructions souterraines imperméables.

Tout d'abord, les écoulements de nappe sont simulés en régime permanent sur le secteur d'intérêt. La configuration modélisée est illustrée par la figure 9a. L'installation géothermique est implantée dans une formation aquifère alluviale d'une épaisseur d'environ 25 m, d'une conductivité hydraulique de 10^{-3} m/s et d'une porosité efficace de 20%. Les localisations du puits de pompage (point rouge sur la figure 9a) et du puits de rejet (point noir sur la figure 9a) sont introduites dans le modèle numérique. Le doublet géothermique a un débit de fonctionnement moyen de $Q_p = 4.5$ l s⁻¹ qui est défini comme condition limite au niveau de chacun des puits. Les constructions souterraines imperméables sont introduites dans le modèle numérique

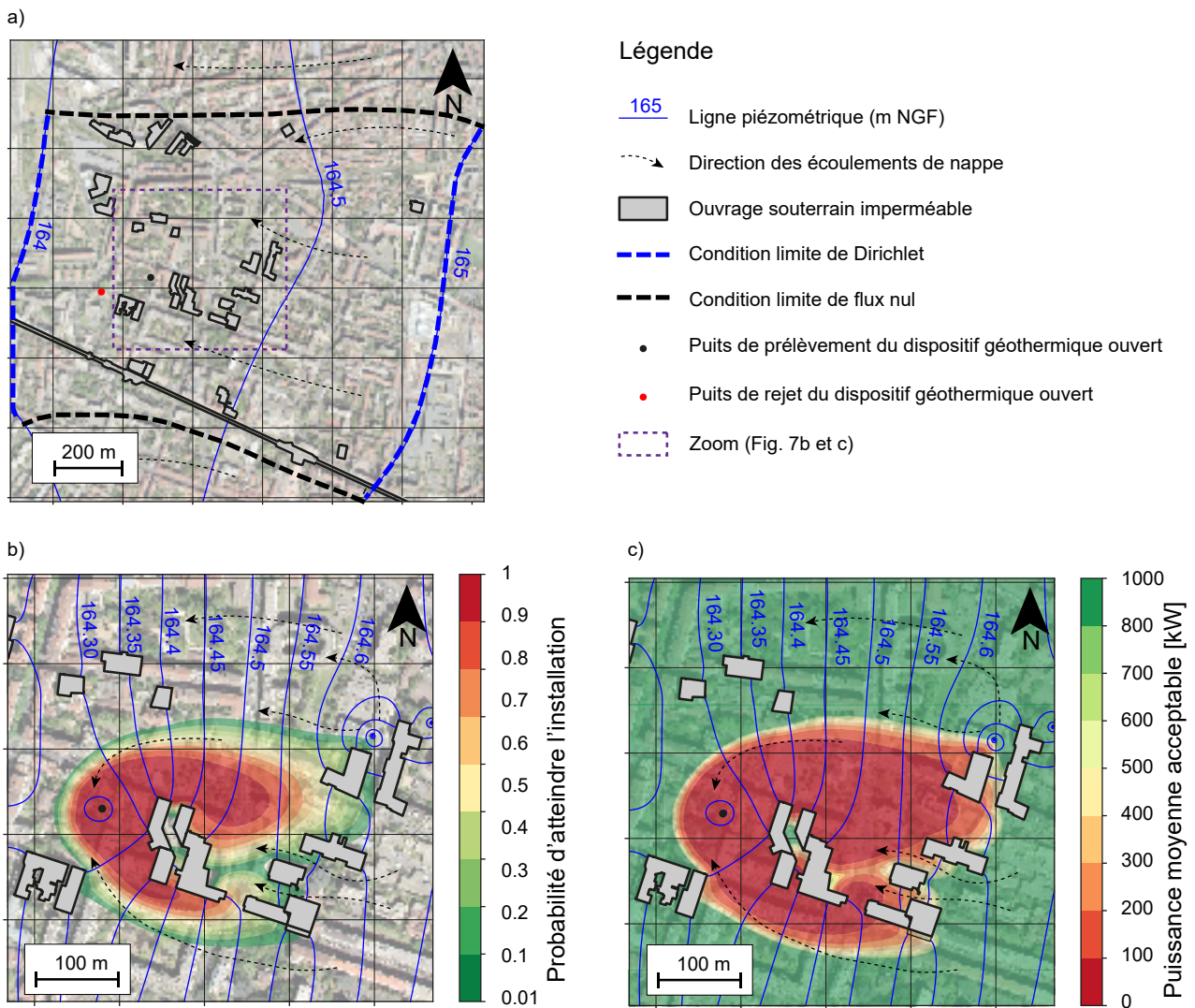


Figure 9 : (a) Configuration et conditions aux limites du site d'étude modélisé numériquement dans le secteur urbanisé ; (b) Probabilité d'atteindre le puits de pompage de l'installation géothermique étudiée (échangeur ouvert) ; (c) Puissance thermique moyenne acceptable autour de l'installation.

par des limites à flux nul. La taille des mailles du modèle numérique varie de l'ordre de quelques centimètres à proximité des constructions et des puits, à quelques mètres au niveau des limites du domaine d'étude¹⁶.

Ensuite, le sens des écoulements est inversé sur l'ensemble du domaine d'étude. De cette façon, les particules d'eau se déplacent virtuellement de l'aval vers l'amont, les zones de recharge deviennent des exutoires et vice-versa (figure 10). Lorsque le logiciel de modélisation le permet, cette inversion du sens des écoulements peut être effectuée automatiquement. Si ce n'est pas le cas, l'inversion du sens des écoulements peut être effectuée en inversant le signe (+/-) des conditions aux limites qui portent sur le régime hydraulique de la nappe (condition limite de potentiel imposé, condition limite supérieure liée à la recharge de la nappe, condition limite liée à la présence d'un puits, etc.)

Enfin, la probabilité d'atteindre l'installation est quantifiée. La technique mathématique permettant de calculer et cartographier cette probabilité consiste à simuler l'effet d'une injection localisée et instantanée d'énergie thermique au niveau de l'installation, et d'étudier sa migration dans le champ d'écoulement inversé (donc vers l'amont)¹⁷. Le champ de probabilité peut ainsi être calculé en intégrant le signal thermique migrant dans la direction inverse des écoulements. Puisque la réponse thermique d'une injection localisée et instantanée est aussi la fonction dérivée d'une injection constante d'énergie thermique, ce problème peut être résolu de façon équivalente en étudiant la réponse thermique de l'aquifère (en écoulement inversé) à une

anomalie de température $\Delta T=1\text{ K}$ imposée au niveau du puits de pompage du doublet géothermique¹⁸. La durée de la simulation dépend de la durée du permis d'exploitation sollicité.

La figure 9b montre que les franges d'iso-probabilité sont fortement influencées par les constructions souterraines qui perturbent les écoulements. Cette figure montre également que le dispositif d'intérêt est sous influence d'un puits de rejet situé environ 330 m en amont. Cette installation voisine rejette un débit de $6,8\text{ l s}^{-1}$. L'approche numérique mise en œuvre a permis de quantifier l'influence de cette installation sur le projet du pétitionnaire : les résultats montrent que l'installation voisine se situe dans une zone où la probabilité d'atteinte est inférieure à 1%. La formule de passage (équation (1)) permet finalement de calculer la puissance thermique moyenne acceptable autour de l'installation (figure 9c).

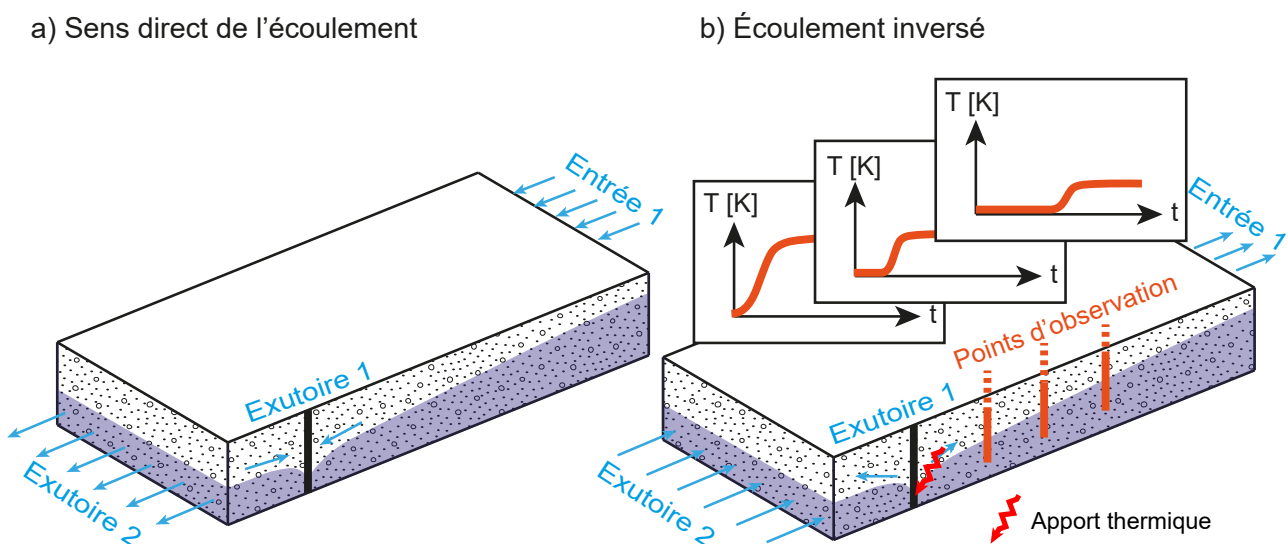


Figure 10 : Formalisation du problème en écoulement direct (a) et en écoulement inversé (b).

¹⁶ Pour plus de détails sur la sensibilité du modèle numérique utilisé dans le cadre de cet exemple, et sur sa calibration, les lecteurs peuvent consulter la littérature appropriée (Attard et al., 2016a, 2016b)

¹⁷ Pour plus d'information théorique, les lecteurs sont invités à consulter la littérature adaptée (Cornaton et Perrochet, 2006a, 2006b).

¹⁸ Cette valeur $\Delta T=1\text{ K}$ correspond à une probabilité de 1 d'atteindre l'installation.

2.3 Délimiter l'extension horizontale du volume d'exploitation (étape 3)

2.3.1 Définir la puissance thermique vis-à-vis de laquelle l'installation doit être protégée

La deuxième étape développée précédemment permet d'obtenir une cartographie continue de la puissance maximale exploitable autour d'un projet. Ainsi, délimiter l'extension horizontale du volume d'exploitation revient à déterminer une puissance thermique P_{totale} vis-à-vis de laquelle le projet doit être protégé. Plus la valeur de P_{totale} proposée par le pétitionnaire est faible, plus le volume d'exploitation sera réduit et inversement, plus la valeur de P_{totale} est grande, plus le volume d'exploitation sera étendu. En conséquence, la valeur de P_{totale} doit être suffisante pour garantir le maintien des performances de l'installation malgré l'arrivée de futures installations dans son environnement.

Pour déterminer cette puissance P_{totale} , le pétitionnaire peut estimer le nombre (n) d'installations géothermiques dont la puissance maximale extraite du sous-sol est inférieure à 500 kW¹⁹ susceptibles d'être implantées dans l'environnement du projet. Ce nombre peut varier en fonction du niveau d'urbanisation et des projets d'urbanisation autour de l'installation. Le produit de ce nombre n avec une estimation de la puissance thermique moyenne P_{moy} de fonctionnement de ces dispositifs permet de définir P_{totale} (équation 11).

$$P_{totale} = n \times P_{moy} \quad (\text{équation 11})$$

Notons que les projets dont la puissance maximale extraite du sous-sol est supérieure à 500 kW ne relèvent pas du régime de minime importance et sont donc soumis à une étude d'impact (Selon la nomenclature en annexe de l'article R. 122-2 du code de l'environnement). En conséquence, il n'apparaît pas utile de surdimensionner P_{totale} pour protéger une installation.

2.3.2 Prendre en compte le profil géologique

L'extension horizontale du volume d'exploitation doit tenir compte des différentes formations géologiques intersectées par l'installation lorsqu'elles varient significativement par leur propriétés hydrauliques (conductivité hydraulique, porosité efficace) ou thermiques (conductivité thermique, capacité thermique volumique). Ce cas de figure peut se présenter dans le cas des échangeurs fermés dont les profondeurs sont généralement supérieures aux échangeurs ouverts. Ainsi, ils intersectent généralement plusieurs formations géologiques.

Ces formations géologiques peuvent être prises en compte soit (1) en utilisant des solutions analytiques 2D pour chaque formation géologique intersectée, soit (2) en utilisant une modélisation numérique 3D permettant de tenir compte de l'ensemble du profil vertical.

Exemple d'application : considérons un échangeur fermé de 100 m de profondeur intersectant successivement depuis la surface du sol :

- une formation aquifère de 50 m d'épaisseur au sein de laquelle circule une nappe libre superficielle à une vitesse de 0,02 m/jour (son niveau piézométrique est représenté en bleu sur la *figure 11a*) ;
- une formation imperméable (non-aquifère) de 10 m d'épaisseur ;
- une seconde formation aquifère au sein de laquelle circule une nappe captive circulant à une vitesse de 0,04 m/jour (son niveau piézométrique est représenté en vert sur la *figure 11a*).

Pour chacune de ces formations, l'étape 2 peut être appliquée en utilisant les solutions analytiques adaptées aux formations aquifères (*voir section 2.2.2*) et non-aquifères (*voir section 2.2.3*). Cette étape permet de cartographier la puissance maximale acceptable autour du dispositif pour chacune des formations considérées. Il est admis pour cet exemple que la puissance thermique vis-à-vis de laquelle l'installation doit être protégée est de 500kW.

Les périmètres intermédiaires s'appuyant sur cette puissance de 500kW peuvent ainsi être déterminés pour chacune des formations (*figure 11b*). Ces périmètres intermédiaires sont représentés en coupe et en plan par des contours violets, roses et bleus pour les formations géologiques successives. Enfin, la délimitation horizontale du volume d'exploitation est déterminée en réunissant les emprises intermédiaires (*figure 11c*).

¹⁹ Ce seuil de 500 kW correspond au seuil des installations géothermiques qui relèvent du régime de la minime importance.

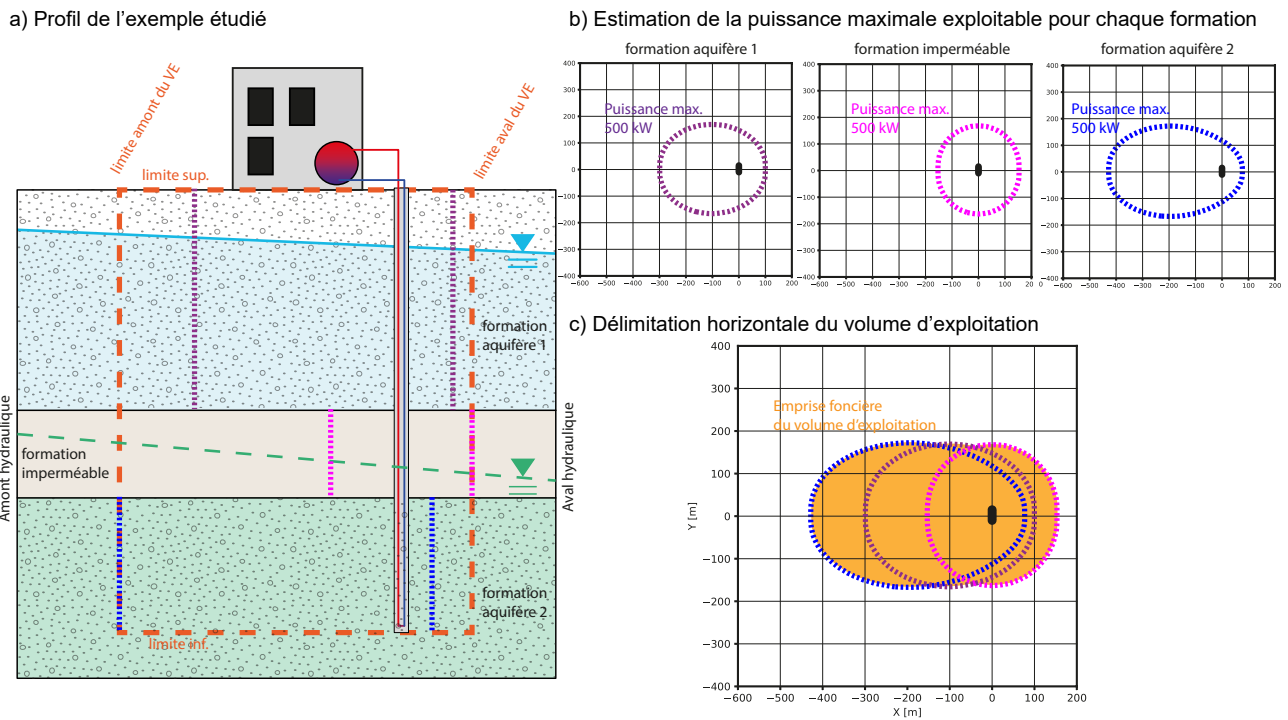


Figure 11 : Délimitation de l'emprise foncière du volume d'exploitation d'une installation géothermique sur échangeur fermé.

2.4 Délimiter la limite supérieure et inférieure du volume d'exploitation (étape 4)

2.4.1 Cas des échangeurs ouverts

Lorsque l'installation géothermique est un échangeur ouvert, les limites supérieures et inférieures du volume d'exploitation correspondent respectivement au toit et au mur de la formation aquifère sollicitée. Ce principe est illustré à la figure 12 pour le cas (a) d'une nappe libre et (b) d'une nappe captive. Lorsque la nappe exploitée est superficielle (figure 12a), la limite supérieure correspond au niveau topographique.

2.4.2 Cas des échangeurs fermés

Lorsque l'installation géothermique est un échangeur fermé, les limites supérieures et inférieures du volume d'exploitation correspondent respectivement à la surface topographique et à la côte la plus basse des échangeurs (voir figure 11a).

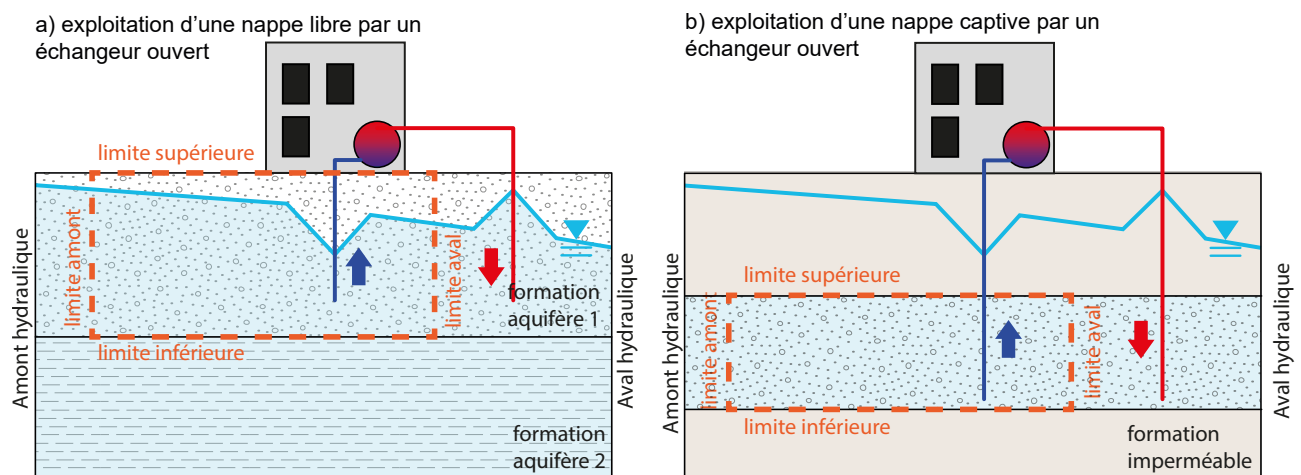


Figure 12 : Délimitation verticale du volume d'exploitation dans le cas d'un échangeur ouvert (a) sur nappe libre et (b) sur nappe captive.

3. BIBLIOGRAPHIE

- **Attard, G., Bayer, P., Rossier, Y., Blum, P., & Eisenlohr, L. (2020).** A novel concept for managing thermal interference between geothermal systems in cities. *Renewable Energy*, 145, 914-924.
- **Attard, G., Rossier, Y., Winiarski, T., Cuvillier, L., and Eisenlohr, L. (2016a).** Deterministic modelling of the cumulative impacts of underground structures on urban groundwater flow and the definition of a potential state of urban groundwater flow : example of Lyon, France. *Hydrogeology Journal* 24, 1213-1229.
- **Attard, G., Rossier, Y., Winiarski, T., and Eisenlohr, L. (2016b).** Deterministic modeling of the impact of underground structures on urban groundwater temperature. *Science of The Total Environment* 572, 986-994.
- **Bayer, P., Attard, G., Blum, P., and Menberg, K. (2019).** The geothermal potential of cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 106, 17-30.
- **Carlsaw, H.S., and Jaeger, J.C. (1959).** Conduction of heat in solids : Oxford Science Publications (Oxford, England).
- **Castany, G., and Margat, J. (1977).** Dictionnaire français d'hydrogéologie (BRGM).
- **Cornaton, F., and Perrochet, P. (2006a).** Groundwater age, life expectancy and transit time distributions in advective-dispersive systems : 1. Generalized reservoir theory. *Advances in Water Resources* 29, 1267-1291.
- **Cornaton, F., and Perrochet, P. (2006b).** Groundwater age, life expectancy and transit time distributions in advective-dispersive systems ; 2. Reservoir theory for sub-drainage basins. *Advances in Water Resources* 29, 1292-1305.
- **Diersch, H.-J. (2013).** FEFLOW : finite element modeling of flow, mass and heat transport in porous and fractured media (Springer Science & Business Media).
- **Domenico, P.A., and Robbins, G.A. (1985).** A new method of contaminant plume analysis. *Groundwater* 23, 476-485.
- **Domenico, P.A., and Schwartz, F.W. (1998).** Physical and chemical hydrogeology (Wiley New York).
- **Hähnlein, S., Molina-Giraldo, N., Blum, P., Bayer, P., and Grathwohl, P. (2010).** Ausbreitung von Kältefahnen im Grundwasser bei Erdwärmesonden. *Grundwasser* 15, 123-133.
- **Kazemi, G.A., Lehr, J.H., and Perrochet, P. (2006).** Groundwater age (John Wiley & Sons).
- **Kim, J., and Nam, Y. (2015).** A Numerical Study on System Performance of Groundwater Heat Pumps. *Energies* 9, 4.
- **McDonald, M.G., and Harbaugh, A.W. (1988).** A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model (US Geological Survey Reston, VA).
- **McWhorter, D.B., and Sunada, D.K. (1977).** Groundwater hydrology and hydraulics (Water Resources Publication).
- **Milnes, E., and Perrochet, P. (2013).** Assessing the impact of thermal feedback and recycling in open-loop groundwater heat pump (GWHP) systems : a complementary design tool. *Hydrogeology Journal* 21, 505-514.
- **Molson, J.W., Beckers, J., Frind, E.O., and Martin, P.J. (2002).** WATFLOW 3D version 4.0, a three-dimensional groundwater/surface water flow model, users guide. Ontario, Canada : Department of Earth Sciences, University of Waterloo.
- **Stauffer, F., Bayer, P., Blum, P., Giraldo, N., and Kinzelbach, W. (2013).** Thermal Use of Shallow Groundwater (CRC Press).
- **Therrien, R., McLaren, R.G., Sudicky, E.A., and Panday, S.M. (2010).** HydroGeoSphere : A three-dimensional numerical model describing fully-integrated subsurface and surface flow and solute transport. Groundwater Simulations Group, University of Waterloo, Waterloo, ON.
- **VDI (2010).** VDI 4640-Thermal use of underground. Blatt 1 : fundamentals, approvals, environmental aspects.

Propriétés hydrauliques et thermiques de formations géologiques communes

Tableau I : Porosité totale, porosité efficace et conductivité hydraulique de formations aquifère communes (d'après Domenico et Schwartz (1998) et McWhorter et Sunada (1977))

Matériau	Porosité totale	Porosité efficace	Conductivité hydraulique [m s ⁻¹]
Grave	0,25 - 0,44	0,13 - 0,44	$3 \times 10^{-4} - 3 \times 10^{-2}$
Sable grossier	0,31 - 0,46	0,18 - 0,43	$9 \times 10^{-7} - 6 \times 10^{-3}$
Sable moyen		0,16 - 0,46	$9 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-4}$
Sable fin	0,25 - 0,53	0,01 - 0,46	$2 \times 10^{-7} - 2 \times 10^{-4}$
Limon, loess	0,35 - 0,50	0,01 - 0,39	$1 \times 10^{-9} - 2 \times 10^{-5}$
Argile	0,40 - 0,70	0,01 - 0,18	$1 \times 10^{-11} - 5 \times 10^{-9}$
Sédimentaire consolidé ou cristallin			
Formation Karstique	0,05 - 0,50		$1 \times 10^{-6} - 2 \times 10^{-2}$
Calcaire, Dolomite	0,00 - 0,20	0,01 - 0,24	$1 \times 10^{-9} - 6 \times 10^{-6}$
Grès	0,05 - 0,30	0,10 - 0,30	$3 \times 10^{-10} - 6 \times 10^{-6}$
Siltite		0,21 - 0,41	$1 \times 10^{-11} - 1,4 \times 10^{-8}$
Basalte	0,05 - 0,50		$2 \times 10^{-11} - 2 \times 10^{-2}$
Roche cristalline fracturée	0,00 - 0,10		$8 \times 10^{-9} - 3 \times 10^{-4}$
Roche cristalline non-fracturée	0,00 - 0,05		$3 \times 10^{-14} - 2 \times 10^{-10}$
Granite altéré	0,34 - 0,57		$3,3 \times 10^{-6} - 5,2 \times 10^{-5}$

Tableau II : Conductivité thermique et capacité thermique volumique de formations géologiques communes (Stauffer *et al.*, 2013 ; VDI, 2010).

Matériau	Conductivité thermique [W m ⁻¹ K ⁻¹]	Capacité thermique volumique [MJ m ⁻³ °K ⁻¹]
Argile, limon, sec	0,4 - 1,0	1,5 - 1,6
Argile, limon saturé	0,9 - 2,3	2,0 - 2,8
Sable, sec	0,3 - 0,8	1,3 - 1,6
Sable, saturé	1,5 - 4,0	2,2 - 2,8
Grave, sec	0,4 - 0,5	1,3 - 1,6
Grave, saturé	1,6 - 2,0	2,2 - 2,6
Argile, siltite	1,1 - 3,5	2,1 - 2,4
Grès	1,3 - 5,1	1,8 - 2,6
Marbre	1,5 - 3,5	2,2 - 2,3
Calcaire	2,5 - 4,0	2,1 - 2,4
Dolomite	2,8 - 4,3	2,1 - 2,4
Granite	2,1 - 4,1	2,1 - 3,0
Bentonite	0,5 - 0,8	environ 3,9

NOMENCLATURE

Symbole	Variable	Unité
b	Épaisseur de l'aquifère	[m]
C	Capacité thermique volumique	[MJ m ⁻³ °C ⁻¹]
D	Coefficient de dispersion hydrodynamique	[m ² s ⁻¹]
i	Gradient hydraulique	[·]
K	Conductivité hydraulique	[m s ⁻¹]
n	Porosité	[·]
p	Probabilité	[·]
P	Puissance thermique moyenne d'une installation	[W]
Q_p	Débit de l'installation (échangeur ouvert)	[m ³ s ⁻¹]
R	Facteur de retard thermique	[·]
t	Temps	[s]
T_{inj}	Température de l'eau réinjectée	[°C]
T_a	Température du sous-sol à l'état naturel	[°C]
T_p	Température de l'eau prélevée (échangeur ouvert)	[°C]
ΔT_{inj}	Différence de température entre T_{inj} et T_a	[°C]
ΔT	Différence de température entre T et T_a	[°C]
ΔT_{max}	Variation de température maximale	[°C]
va	Vitesse d'écoulement efficace	[m s ⁻¹]
α	Dispersivité	[m]
λ	Conductivité thermique	[W m ⁻¹ °C ⁻¹]
Indices		
w	Eau	
s	Sol	
m	Milieu poreux	
L	Longitudinal	
T	Transversal	

© 2020 - Cerema

Le Cerema, l'expertise publique pour le développement et la cohésion des territoires

Le Cerema est un établissement public qui apporte un appui scientifique et technique renforcé dans l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques de l'aménagement et du développement durables. Centre d'études et d'expertise, il a pour vocation de diffuser des connaissances et savoirs scientifiques et techniques ainsi que des solutions innovantes au cœur des projets territoriaux pour améliorer le cadre de vie des citoyens. Alliant à la fois expertise et transversalité, il met à disposition des méthodologies, outils et retours d'expérience auprès de tous les acteurs des territoires : collectivités territoriales, organismes de l'État et partenaires scientifiques, associations et particuliers, bureaux d'études et entreprises.

Coordination-Maquettage : Service éditions Cerema Eau, mer et fleuves

Dépôt légal : Février 2020

ISBN : 978-2-37180-440-1

ISSN : 2276-0164

Prix : Téléchargement gratuit

Illustration couverture ou crédits photos : © Cerema

Editions du Cerema

Cité des mobilités,

25 avenue François Mitterrand

CS 92803

69674 Bron Cedex

Cerema Eau, mer et fleuves

Service Qualité Édition

134 rue de Beauvais

CS 60039

60280 Margny-lès-Compiègne

www.cerema.fr

La collection « Références » du Cerema

Cette collection regroupe l'ensemble des documents de référence portant sur l'état de l'art dans les domaines d'expertise du Cerema (recommandations méthodologiques, règles techniques, savoir-faire...), dans une version stabilisée et validée. Destinée à un public de généralistes et de spécialistes, sa rédaction pédagogique et concrète facilite l'appropriation et l'application des recommandations par le professionnel en situation opérationnelle.

Éviter les interférences des échangeurs géothermiques

Méthodologie pour déterminer le volume d'exploitation d'un gîte géothermique

L'exploitation d'un gîte géothermique d'une puissance inférieure à 20 MW est conditionnée par l'obtention d'un permis d'exploitation. Ce permis accordé par l'autorité administrative confère un droit exclusif d'exploitation dans un volume déterminé dit « volume d'exploitation ».

La présente publication apporte une définition technique à la notion de volume d'exploitation applicable aux échangeurs géothermiques basse ou très basse énergie verticaux, ouverts ou fermés. La définition proposée permet d'éviter que de nouvelles installations altèrent le bon fonctionnement du projet sur la durée du permis sollicité. Cette définition permet également d'optimiser l'extension du volume d'exploitation afin de maintenir l'accessibilité à la ressource géothermique, et donc de favoriser le développement de cette énergie renouvelable.

Finalement, le document présente un cadre méthodologique, en quatre étapes, pour déterminer le volume d'exploitation d'une installation géothermique.

Sur le même thème

Fiches «Impacts des aménagements sur l'eau souterraine urbaine» :

- Fiche n°1-*Revue introductive des impacts des aménagements sur les écoulements la qualité et la température de l'eau souterraine urbaine-Cerema 2018*
- Fiche n°2-*Impact thermique de la géothermie sur eau de nappe-Cerema 2018*
- Fiche n°3-*Impacts des ouvrages souterrains sur les mélanges entre masses d'eau superposées-Cerema 2018*
- Fiche n°4-*Méthodes analytiques et numériques pour quantifier l'impact des installations géothermiques basse énergie sur la température de l'eau souterraine-Cerema 2019*

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment

Prix TTC : téléchargement gratuit

ISSN : 2276-0164

ISBN : 978-2-37180-440-1



9 782371 804401

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

Annexe 14 : Sites industriels recensés à proximité du projet (rayon de 500m)

(2 pages)

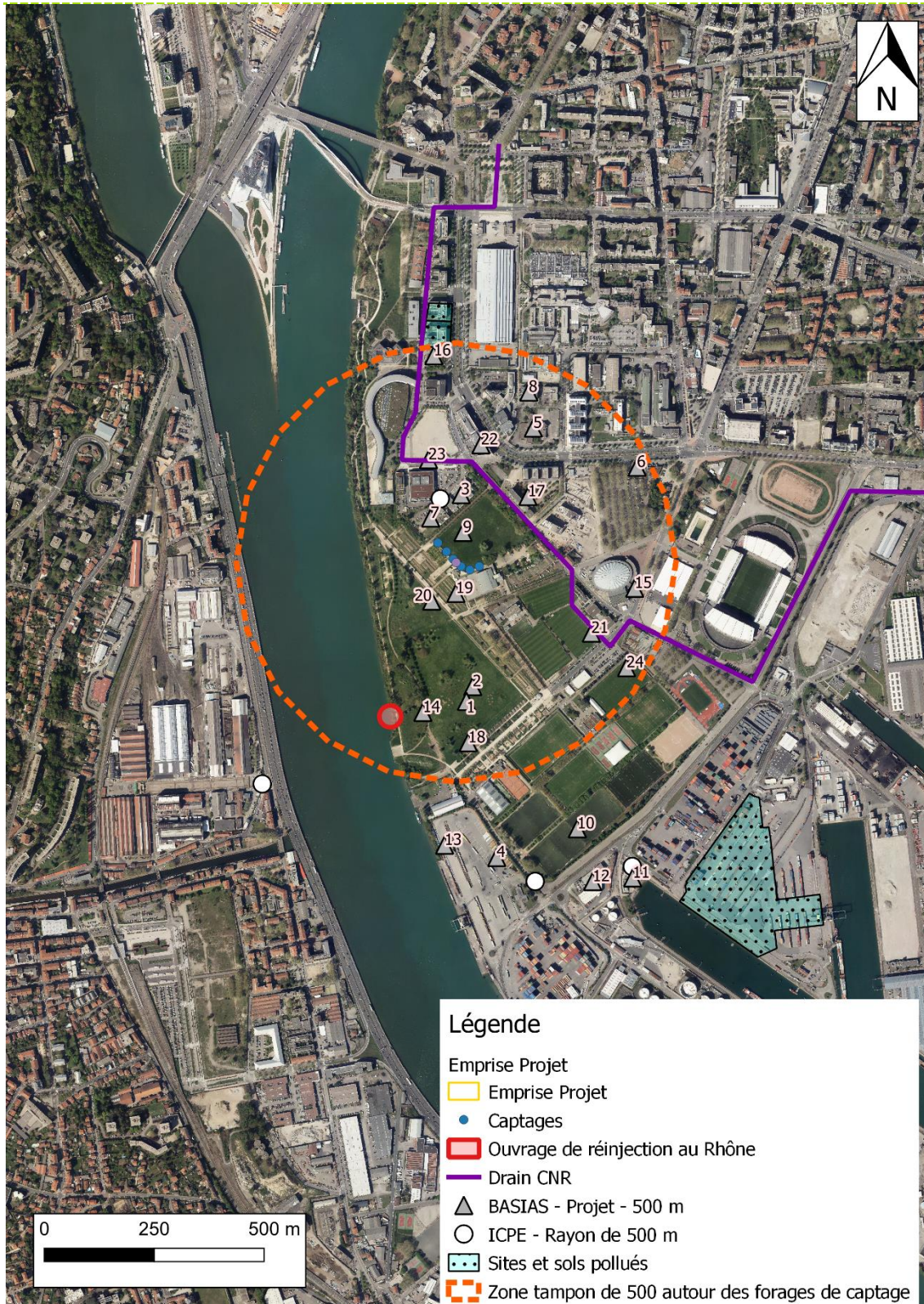
Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

N°	Identifiant	Com.	Raison soc	Nom usuel	Etat occup	Libellé a
1	RHA6911521	LYON	MAUBERNARD (ou Manbernard)	Fabrique d'engrais anc. Tannerie	Ne sait pas	Apprêt et tannage des cuirs ; préparation et teinture des fourrures et cuirs (tannerie, mégisserie, corroierie, peaux vertes ou bleues), Fabrication de produits azotés et d'engrais
2	RHA6909949	LYON	COURLY	Incinérateur d'ordures ménagères	Activité terminée	Usine d'incinération et atelier de combustion de déchets (indépendants ou associés aux cimenteries)
3	RHA6912842	LYON	Sté EPIKIN SNC (Co-Gérant: M. Alain ROMAN)	Pôle scientifique de Gerland - Laboratoire de biologie cellulaire		Compression, réfrigération, Stockage de produits chimiques (minéraux, organiques, notamment ceux qui ne sont pas associés à leur fabrication, ...), Fabrication de produits pharmaceutiques de base et laboratoire de recherche
4	RHA6912804	LYON	CNR (Compagnie Nationale du Rhône)	Transformateur au PCB		Transformateur (PCB, pyralène, ...)
5	RHA6913578	LYON	Ets de Transfusions Sanguines	Etablissement de transfusions sanguines avec utilisation de substances radioactives	Activité terminée	Activités hospitalières, Utilisation de sources radioactives et stockage de substances radioactives (solides, liquides ou gazeuses), Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
6	RHA6912997	LYON	TOTAL France	Station service, Relais de Gerland		Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage), Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de st
7	RHA6913851	LYON	Sté SYNBIOTICS EUROPE	Fabrication de médicaments	Ne sait pas	Fabrication de produits pharmaceutiques de base et laboratoire de recherche, Stockage de produits chimiques (minéraux, organiques, notamment ceux qui ne sont pas associés à leur fabrication, ...)
8	RHA6913668	LYON	CNRS (CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE)	Laboratoire du Génie des Protéines, utilisation de sources radioactives scellées.		Stockage de produits chimiques (minéraux, organiques, notamment ceux qui ne sont pas associés à leur fabrication, ...), Utilisation de sources radioactives et stockage de substances radioactives (solides, liquides ou gazeuses)
9	RHA6902247	LYON	SPCM et Uginé Kuhlmann, anc. Sté des Produits Chimiques et Matières Colorantes de Mulhouse, anc. CFCPISE, anc. Manufacture Lyonnaise de Matières Colorantes, anc. VIGNON, anc. GUINON, MARNAS et Bonnet	Fabrique de colorants, usine chimique	Activité terminée	Fabrication de colorants et de pigments et d'encre, Fabrication de produits chimiques à usage industriel, fusion, dépôts de goudron, bitume, asphalte, brai, Fabrication de colorants et de pigments et d'encre, Dépôt de liquides inflammables
10	RHA6902201	LYON	Ets CHOLAT et Cie	Dépôt de Liquides Inflammables dans une manufacture de produits chimiques	Ne sait pas	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.), Fabrication de produits chimiques de base, de produits azotés et d'engrais, de matières plastiques de base et de caoutchouc synthétique
11	RHA6905328	LYON	Sté Pipeline méditerranée Rhône (SPM.R) anc. Sté La Mure	Dépôt de substances radioactives		Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.), Utilisation de sources radioactives et stockage de substances radioactives (solides, liquides ou gazeuses)
12	RHA6905325	LYON	Ets Thévenin et Ducrot SA	Stockage d'hydrocarbures		Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
13	RHA6906728	LYON	Sté Rhone Alpes Fraction	Station service interne		Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
14	RHA6905564	LYON	Société des Dragages Rhône - Saône	Station service interne (Pétrole Assistance pour la Sté des Dragages Rhône-Saône)	Ne sait pas	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.), Transformateur (PCB, pyralène, ...)
15	RHA6909253	LYON	Jules FAVRE	Fabrique de cordes harmoniques		Autres activités manufacturières n.c.a. (crin, brosse, duvet, horlogerie, objets et bijoux fantaisie, ...)
16	RHA6908827	LYON	Ets J. FAURE; anc. Sté VITTORIO	Récupération de vieux métaux	Ne sait pas	Démantèlement d'épaves, récupération de matières métalliques recyclables (ferraille, casse auto...), Forge, marteaux mécaniques, emboutissage, estampage, matricage découpage ; métallurgie des poudres, Démantèlement d'épaves, récupération
17	RHA6900461	LYON	Sté du Marché aux Cuirs	Dépôt de cuirs verts		Apprêt et tannage des cuirs ; préparation et teinture des fourrures et cuirs (tannerie, mégisserie, corroierie, peaux vertes ou bleues)
18	RHA6900450	LYON	FAILLEBIN Léon	Porcherie, dépôt d'os verts et atelier de blanchiment de chiffons	Activité terminée	Démantèlement d'épaves, récupération de matières métalliques recyclables (ferraille, casse auto...), Blanchisserie-teinturerie (gros, ou détail lorsque les pressings de quartier sont retenus par le Comité de pilotage de l'HR) ; blanchissement
19	RHA6900486	LYON	Sté Nouvelle des Etablissements SILVESTRE (ou SYLVESTRE) (SA); anc. Sté Commerciale des Crins	Fabrique de produits de synthèse (pesticides); anc. Fabrication et teinture de crins artificiels	Activité terminée	Fabrication et/ou stockage de pesticides et d'autres produits agrochimiques (phytosanitaires, fongicides, insecticides, ...), Ennoblement textile (teinture, impression, ...), Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.), Fabrication et/ou stockage de pestice
20	RHA6900463	LYON	Compagnie Royale Asturienne des Mines	Travail des métaux (atelier de décoration métallique) avec fonderie de métaux neufs	Ne sait pas	Forge, marteaux mécaniques, emboutissage, estampage, matricage découpage ; métallurgie des poudres, Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.), Fonderie
21	RHA6901087	LYON	DEFAY Jean Baptiste	Fabrique de colle et de suif	Ne sait pas	Fabrication d'autres produits chimiques n.c.a.
22	RHA6900502	LYON	OSI (ou OXY) René Entreprise	Récupération de vieux métaux, chiffons et papiers	Activité terminée	Démantèlement d'épaves, récupération de matières métalliques recyclables (ferraille, casse auto...), Démantèlement d'épaves, récupération de matières métalliques recyclables (ferraille, casse auto...), Récupération de déchets triés
23	RHA6901971	LYON	Sté Laboratoire AGUETTANT	Produits chimiques et pharmaceutiques	Activité terminée	Fabrication et préparation de produits abrasifs et de produits minéraux non métalliques n.c.a., Fabrication et/ou stockage (sans application) de peintures, vernis, encres et mastics ou solvants, Fabrication et/ou stockage de pesticides et d'autres produ
24	RHA6901240	LYON	Sté (les Vernis) MERVILLE et MORGAN	Dépôts de produits chimiques, Fabrication et stockage des vernis et solvants.	Ne sait pas	Fabrication et/ou stockage (sans application) de peintures, vernis, encres et mastics ou solvants

Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)



Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

Annexe 15 : Fiche de caractérisation de la Masse d'eau et objectifs de qualité

(7 pages)

Date impression fiche : 12/12/2014

1. IDENTIFICATION ET LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

Correspond à tout ou partie de(s) ME V1 suivante(s):

Code ME V1	Libellé ME souterraines V1
FRDG325	Alluvions du Rhône entre le confluent de la Saône et de l'Isère + alluvions du Garon

Code(s) SYNTHESE RMC et BDLISA concerné(s)

Code SYNTHESE	Code BDLISA	Libellé ENTITE
151G	750AG01	Alluvions de la presqu'île de Lyon en amont de la confluence Saône-Rhône
152B3	750AG06	Alluvions en rive gauche du Rhône entre la confluence des canaux de Miribel-Jonage et Solaize
621C	750AG52	Alluvions en rive droite du Rhône au Sud de Lyon entre La Mulatière et Irigny

Superficie de l'aire d'extension (km2) :

totale	à l'affleurement	sous couverture
49.31	49.31	0

Type de masse d'eau souterraine :

Alluviale

Limites géographiques de la masse d'eau

La masse d'eau est globalement orientée nord-sud et limitée :

- à l'est (du nord vers le sud) : par l'île de Miribel-Jonage puis les alluvions fluvioglaciaires qui remplissent la plaine de l'Est lyonnais sur une ligne passant par Villeurbanne, Vénissieux, Saint-Symphorien-d'Ozon, Solaize et rejoignant le Rhône à Sérézin-du-Rhône.

- à l'ouest (du nord vers le sud) : par le relief de Caluire et Cuire puis les Berges de Saône, passe à l'ouest des alluvions de Pierre Bénite et Saint-Genix-Laval et longe de nouveau le Rhône au verrou d'Irigny.

La masse d'eau s'arrête au sud de Feyzin.

Qualité de l'information :

Qualité : bonne

Source : expertise

Département(s)

N°	Superficie concernée (km2)
69	49.31

District gestionnaire :

Rhône et côtiers méditerranéens (bassin Rhône-Méditerranée-Corse)

Trans-Frontières :

Etat membre :

Autre état :

Trans-districts :

Surface dans le district (km2) :

Surface hors district (km2) :

District :

Caractéristiques principales de la masse d'eau souterraine :

Libre seul

Caractéristiques secondaires de la masse d'eau souterraine

Karst	Frange litorale avec risque d'intrusion saline	Regroupement d'entités disjointes	Existence de Zone(s) Protégée(s)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

***Avertissement : pour les ME de type imperméable localement aquifère, les chapitres suivants s'attachent à ne décrire que les caractéristiques des quelques systèmes aquifères pouvant localement exister**

**2. DESCRIPTION DE LA MASSE D'EAU SOUTERRAINE
CARACTERISTIQUES INTRINSEQUES****2.1. DESCRIPTION DU SOUS-SOL****2.1.1 DESCRIPTION DE LA ZONE SATUREE**

2.1.1.1 Caractéristiques géologiques et géométriques des réservoirs souterrains

L'agglomération lyonnaise repose sur les dépôts quaternaires fluviatiles associés au Rhône et limités en profondeur par les sables et grès molassiques du Miocène.

Ces alluvions modernes sont généralement perméables et assez grossières : sable (60 à 80 %), graviers (40 à 6 %) et galets (10 à 30 %) (valeurs BRGM). Des niveaux argileux assez fréquents et d'extension relativement limitée mettent en évidence une assez grande hétérogénéité des sédiments qui peuvent varier latéralement et verticalement. L'épaisseur moyenne des alluvions varie de 15 à 20 m mais peut atteindre une cinquantaine de mètres dans les surcreusements comblés d'alluvions.

La formation alluviale aquifère de la masse d'eau repose sur la formation également aquifère de la molasse, à l'exception de la rive droite de la Saône et de l'aval de la confluence Rhône-Saône, reposant sur le socle (Primaire) et/ou sa couverture (Secondaire) des Monts du Lyonnais.

Qualité de l'information :

Qualité : bonne

Source : expertise

Lithologie dominante de la masse d'eau

Alluvions graveleuses (graviers, sables)

2.1.1.2 Caractéristiques géométriques et hydrodynamiques des limites de la masse d'eau

La masse d'eau est entièrement de niveau 1 (affleurante). Elle repose sur les masses d'eau de niveau 2 :

- du Miocène sous couverture Lyonnais et sud Dombes (code FRDG240) / alimentation suspectée ;
- du socle du Monts du Lyonnais, beaujolais, maconnais et chalonnais BV Saône (code FRDG611) / alimentation.

Cette masse d'eau est dans la continuité hydraulique et hydrogéologique de la masse d'eau des alluvions du Rhône - Ile de Miribel - Jonage (code FRDG338) / alimentation et des alluvions fluvioglaaciaires de la masse d'eau des couloirs de l'Est lyonnais (code FRDG334) / alimentation. L'exutoire de la présente masse d'eau est formé par celle du Rhône depuis le Gier jusqu'à l'Isère (code FRDG395) / drainage.

Elle est bordée :

- au nord : Formations plio-quaternaires de la Dombes (code FRDG177) / alimentation
 - à l'est : les couloirs de l'Est lyonnais (Meyzieu, Décines, Mions) (code FRDG334) / alimentation
- et également le Miocène sous couverture Lyonnais et sud Dombes (code FRDG240) / alimentation
- à l'ouest : le socle du Monts du Lyonnais, beaujolais, maconnais et chalonnais BV Saône (code FRDG611) / alimentation
 - au sud : le socle Monts du Lyonnais sud, Pilat et Monts du Vivarais BV Rhône, Gier, Cance, Doux (code FRDG613) / alimentation

Qualité de l'information :

Qualité : bonne

Source : expertise

2.1.2 DESCRIPTION DES ECOULEMENTS**2.1.2.1 Recharges naturelles, aire d'alimentation et exutoires**

Les alluvions modernes du Rhône sont alimentées latéralement par le plateau de la Dombes, la nappe des couloirs fluvioglaiciaires de l'Est lyonnais, par la pluviométrie sur les zones non urbanisées (espaces verts) et par l'infiltration du Rhône.

Qualité de l'information :

Qualité : bonne

Source : expertise

Types de recharges : Pluviale Pertes Drainance Cours d'eau Artificielle

Si existence de recharge artificielle, commentaires

Il existe de nombreux puits de re-injection des débits d'exhaure utilisés pour la mise hors d'eau des nombreux ouvrages souterrains (notamment les parkings souterrains) dont certains sont implantés dans la molasse sous les alluvions (masse d'eau FRDG240). Ces réalimentations de la nappe alluviale supérieure représentent 12 Mm³/an (BRGM, 2006).

Des pompes à chaleur prélèvent puis rejettent dans la nappe (équilibre quantitatif, perturbation thermique).

Les pertes du réseau d'alimentation en eau potable représentent 10% du volume distribué sur l'agglomération, soit 3,3 Mm³/an répartis sur l'ensemble de l'agglomération lyonnaise (BRGM, 2006).

Les fuites du réseau d'assainissement sont estimées à environ 30 000 m³/jour sur l'agglomération lyonnaise (BRGM, 2006).

2.1.2.2 Etat(s) hydraulique(s) et type(s) d'écoulement(s)

Les alluvions modernes du Rhône abritent une nappe libre.

Type d'écoulement prépondérant : poreux

2.1.2.3 Piézométrie, gradient et direction d'écoulement

La nappe s'écoule d'abord de l'est vers l'ouest puis s'oriente plus nord-est sud-ouest. La piézométrie est très influencée localement par les nombreux puits de prélèvements, de rejets, par les ouvrages souterrains, parfois ancrés dans la molasse et qui font obstacle aux écoulements et par les systèmes de

drainage mis en place dans le secteur de Gerland (drain CNR).

D'après la carte du BRGM de novembre 2004 (BRGM, 2004), les gradients hydrauliques sont les suivants :

- en partie amont de 0,14 %
- en partie aval de 0,35 %

Qualité de l'information :

Qualité : bonne

Source : expertise

2.1.2.4 Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert

La perméabilité des alluvions est bonne, comprise entre 5. 10⁻³ et 2. 10⁻² m/s.
Le coefficient d'emménagement est élevé, de l'ordre de 20 % (BRGM, 2004).

Qualité de l'information :

Qualité : bonne

Source : expertise

2.1.3 Description de la zone non saturée - Vulnérabilité

Absence de couverture naturelle imperméable. La couverture citadine confère une protection relative contre les infiltrations de surface.
La vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère reste forte.

***Avertissement : les 2 champs suivants ne sont renseignés que pour les ME présentant une homogénéité (essentiellement ME de type alluvionnaire)**

Epaisseur de la zone non saturée :

Perméabilité de la zone non saturée :

faible (e<5 m)

Très perméable : K > 10⁻³ m/s

qualité de l'information sur la ZNS :

bonne

source :

expertise

***Avertissement : la caractérisation des liens avec les eaux de surface et les zones humides n'est pas renseignée pour des ME globalement imperméables car non pertinente**

2.2 CONNEXIONS AVEC LES EAUX DE SURFACE ET LES ECOSYSTEMES TERRESTRES ASSOCIES

***Avertissement : pour les cours d'eau, la qualification de la relation avec la ME souterraine, rend compte de la relation la plus représentative à l'échelle de la ME de surface en situation d'étiage**

2.2.1 Caractérisation des échanges Masses d'eau Cours d'eau et masse d'eau souterraine :

Code ME cours d'eau	Libellé ME cours d'eau	Qualification Relation
FRDR1807b	La Saône de Villefranche sur Saône à la confluence avec le Rhône	Pérenne drainant
FRDR2005	Le Rhône du pont de Jons à la confluence Saône	Pérenne drainant
FRDR2006	Le Rhône de la confluence Saône à la confluence Isère	Pérenne drainant
FRDR2006a	Vieux Rhône de Vernaison	Pérenne drainant
FRDR482b	L' Yzeron de Charbonnières à la confluence avec le Rhône	Pérenne perdant

Commentaires :

Lors de ses crues, le Rhône peut alimenter la masse d'eau, les relations sont alors inversées.

qualité info cours d'eau :

bonne

Source :

expertise

2.2.2 Caractérisation des échanges Masses d'eau Plan d'eau et masse d'eau souterraine :

Commentaires :

qualité info plans d'eau :

Source :

2.2.3 Caractérisation des échanges Masses d'eau Eaux côtières ou de transition et masse d'eau souterraine :

Commentaires :

qualité info ECT :

Source :

2.2.4 Caractérisation des échanges ZP habitats et Oiseaux avec la masse d'eau souterraine :**2.2.5 Caractérisation des échanges Autres zones humides avec la masse d'eau souterraine :**

ID DIREN	ID SPN	Libellé	Référentiel	Qualification relation
2601	820000351	ENSEMBLE FONCTIONNEL FORME PAR LE MOYEN-RHONE ET SES ANNEXES FLUVIALES	ZNIEFF2	Avérée forte
26010023	820030245	Vieux-Rhône entre Pierre-Bénite et Grigny	ZNIEFF1	Avérée forte
6913	820004939	ENSEMBLE FORME PAR LE FLEUVE RHONE, SES LONES ET SES BROTTAUX A L'AMONT DE LYON	ZNIEFF2	Avérée forte
69130005	820031397	Bassin de Miribel-Jonage	ZNIEFF1	Avérée forte
69130007	820031395	Prairie de la Feyssine	ZNIEFF1	Avérée forte

Commentaires :

Les zones naturelles remarquables sont surtout associées au Rhône et à sa nappe d'accompagnement.

qualité info ZP/ZH :

bonne

Source : expertise

2.2.6 Liste des principaux exutoires :**2.3 ETAT DES CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LES CARACTERISTIQUES INTRINSEQUES**

L'état des connaissances sur l'ensemble de la masse d'eau est bon grâce aux études effectuées.

3. INTERET ECONOMIQUE ET ECOLOGIQUE DE LA RESSOURCE EN EAU**Intérêt écologique ressource et milieux aquatiques associés:**

Pas d'intérêts écologiques majeurs (zone essentiellement urbaine)

Intérêt économique ressource et milieux aquatiques associés:

- Nombreuses pompes à chaleur. Leur bon fonctionnement sera compromis si les pompages d'eau "froide" et rejets d'eau "chaude" deviennent trop importants (secteur de la Part-Dieu). Les rejets d'eau chaude perturbent la nappe et réchauffent les eaux souterraines ;
- nombreux ouvrages souterrains (parking souterrains, lignes de métro, fondations...), la perturbation des écoulements par ces ouvrages anthropiques provoquent régulièrement des problèmes d'inondation de sous-sols. ;
- pompages industriels de confinement ou rejet (barrière hydraulique) contre la pollution.

4. REGLEMENTATION ET OUTILS DE GESTION**4.1. Réglementation spécifique existante :**

- Zone vulnérable nitrates depuis Irigny jusqu'à la terminaison sud de la masse d'eau (partie aval).

4.2. Outil et modèle de gestion existant :

- modèle géologique 3D (avec intégration des ouvrages souterrains) développé par le BRGM ;
- modèle hydrogéologique visant à déterminer les impacts des crues du Rhône et de la Saône dans la nappe - développé par le BRGM fin 2006 ;
- réseau de surveillance piézométrique composé de 29 ouvrages ;
- inventaire des puits et pompes à chaleur (BRGM/DDT)

5. BESOINS DE CONNAISSANCE COMPLEMENTAIRE

- Il n'existe actuellement aucun suivi thermique généralisé sur la commune de Lyon ou sur le Grand Lyon malgré une exploitation poussée de la nappe ;
- Améliorer les connaissances sur les échanges de flux entre la nappe profonde du Miocène (masse d'eau du Miocène sous couverture Lyonnais et sud Dombes - code FRDG240) et la nappe superficielle des alluvions récentes du Rhône de la présente masse d'eau ;
- Installer un suivi de la qualité des eaux ;
- Les données du réseau piézométrique ne sont pas accessibles (sur ADES, il n'y a pas accès aux données piézométriques sur la masse d'eau mais seulement à des points de surveillance qualité) ;
- Synthèse sur la géométrie des formations (nombreuses données de forages).

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES PRINCIPALES

COUDERT (Jacques), NICOLAS (Jérôme), AMRAOUI (Nadia), SEGUIN (Jean-Jacques) - 2007 - Connaissance hydrogéologique du sous-sol
 Connaissance hydrogéologique du sous-sol de l'agglomération lyonnaise - XIVes journées techniques du Comité français d'hydrogéologie - Lyon 8-10 novembre 2007
 BURGEAP - 2007 - Etude de la nappe phréatique de Lyon - rapport d'étude - pour l'agglomération de Lyon

BRGM - 2006 - Connaissance hydrogéologique du sous-sol de l'agglomération lyonnaise - rapport d'étape phase 3 - Calage du modèle hydrodynamique en régime transitoire - pour la Communauté urbaine du Grand Lyon

BRGM - 2004 - Connaissance hydrogéologique du sous-sol de l'agglomération lyonnaise. Rapport d'étape. Phase 1 - pour la Communauté urbaine du Grand Lyon

BURGEAP - 2002 - Etude des possibilités d'exploitation d'une 3ème ressource pour l'AEP de la communauté urbaine de Lyon (69) - pour la Communauté urbaine du Grand Lyon, Direction de l'Eau

MONGEREAU (Noël) - 2001 - Géologie de Lyon -

DREAL (ex Service Régional de l'Aménagement des Eaux Rhône-Alpes et Direction Départementale de l'Agriculture 69) - 1981 - Synthèse hydrogéologique départementale du Rhône - aquifère n°5 -

BURGEAP, C.N.R. - 1968 - Les ressources en eau de la nappe alluviale du Rhône au sud de Lyon (entre Irigny et Ternay) -

7. EXISTENCE DE ZONES PROTEGEES AEP

Existence de prélèvements AEP > 10 m3/j
 ou desservant plus de 50 habitants

Enjeu ME ressources stratégiques pour
 AEP actuel ou futur

Zones stratégiques délimitées

Zones stratégiques restant à délimiter

Commentaires :

Identification de zones stratégiques pour l'AEP future

8. PRESSIONS ET IMPACTS SUR L'ETAT DES EAUX SOUTERRAINES

8.1 OCCUPATION GENERALE DES SOLS

Surfaces (d'après Corine Land Cover 2006) en % de la surface totale :

Territoires artificialisés	87 %	Territoires agricoles à faible impact potentiel	0.4 %
Zones urbaines	40.1	Prairies	0.4
Zones industrielles	37	Territoires à faible anthropisation	12 %
Infrastructures et transports	9.8	Forêts et milieux semi-naturels	0.7
Territoires agricoles à fort impact potentiel	0.3 %	Zones humides	0
Vignes	0	Surfaces en eau	11.7
Vergers	0		
Terres arables et cultures diverses	0.3		

Commentaires sur l'occupation générale des sols

8.2 VOLUMES PRELEVES EN 2010 répartis par usage (données Redevances Agence de l'Eau RMC)

Usage	Volume prélevé (m3)	Nombre de pts	% vol
Prélèvements agricoles	43000	1	0.1%
Prélèvements autres	25116600	16	29.9%
Prélèvements carrières	49200	3	0.1%
Prélèvements industriels	58826900	107	70.0%
Total	84 035 700		

8.3 TYPES DE PRESSIONS IDENTIFIEES

Type(s) de pression identifiée	Impact sur l'état des eaux souterraines	Origine RNAOE	Commentaires	Polluants à l'origine du RNAOE 2021
Pollutions ponctuelles	Fort	<input checked="" type="checkbox"/>		2963 Somme du tetrachloroéthylène trichloroéthylène 1780 Xylène 1753 Chlorure de vinyle 1497 Ethylbenzène 1286 Trichloroéthylène 1278 Toluène 1272 Tétrachloréthène 1162 Dichloroéthène-1,1 1161 Dichloroéthane-1,2 1114 Benzène
Prélèvements	Faible	<input type="checkbox"/>		

8.4 ETAT DE CONNAISSANCE SUR LES PRESSIONS

9. SYNTHESE EVALUATION RISQUE DE NON ATTEINTE DES OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX (RNAOE) 2021

Tendance évolution Pressions de pollution :	Stable	RNAOE QUALITE 2021
Délai renouvellement - datations et bilan données existantes 2013 (années) :	<10	oui
<hr/>		RNAOE QUANTITE 2021
Tendance évolution Pressions de prélèvements :		non

10. ETAT DES MILIEUX

10.1. EVALUATION ETAT QUANTITATIF révisé 2013

Etat quantitatif : Niveau de confiance de l'évaluation :

Commentaires :

10.2. EVALUATION ETAT CHIMIQUE révisé 2013

Etat chimique : Niveau de confiance de l'évaluation :

Commentaires :

Sur la période 2006-2011, 5 points avec des données qualité (5 points DCE), tous en état médiocre du fait de contamination par les solvants chlorés.

Si état quantitatif médiocre, raisons :

Si état chimique médiocre, raisons :

Qualité générale ensemble ME dégradée

Si impact ESU ou écosystèmes, type d'impact :

Paramètres à l'origine de l'état chimique médiocre

Code et libellé paramètre

2963 Somme du tetrachloroéthylène et du trichloroéthylène

1272 Tétrachloréthène

Commentaires sur les caractéristiques hydrochimiques générales

Commentaires sur existence éventuelle fond géochimique naturel

Liste des captages abandonnés sur la période 1998-2008

10.3 NIVEAU DE CONNAISSANCE SUR L'ETAT DES EAUX SOUTERRAINES

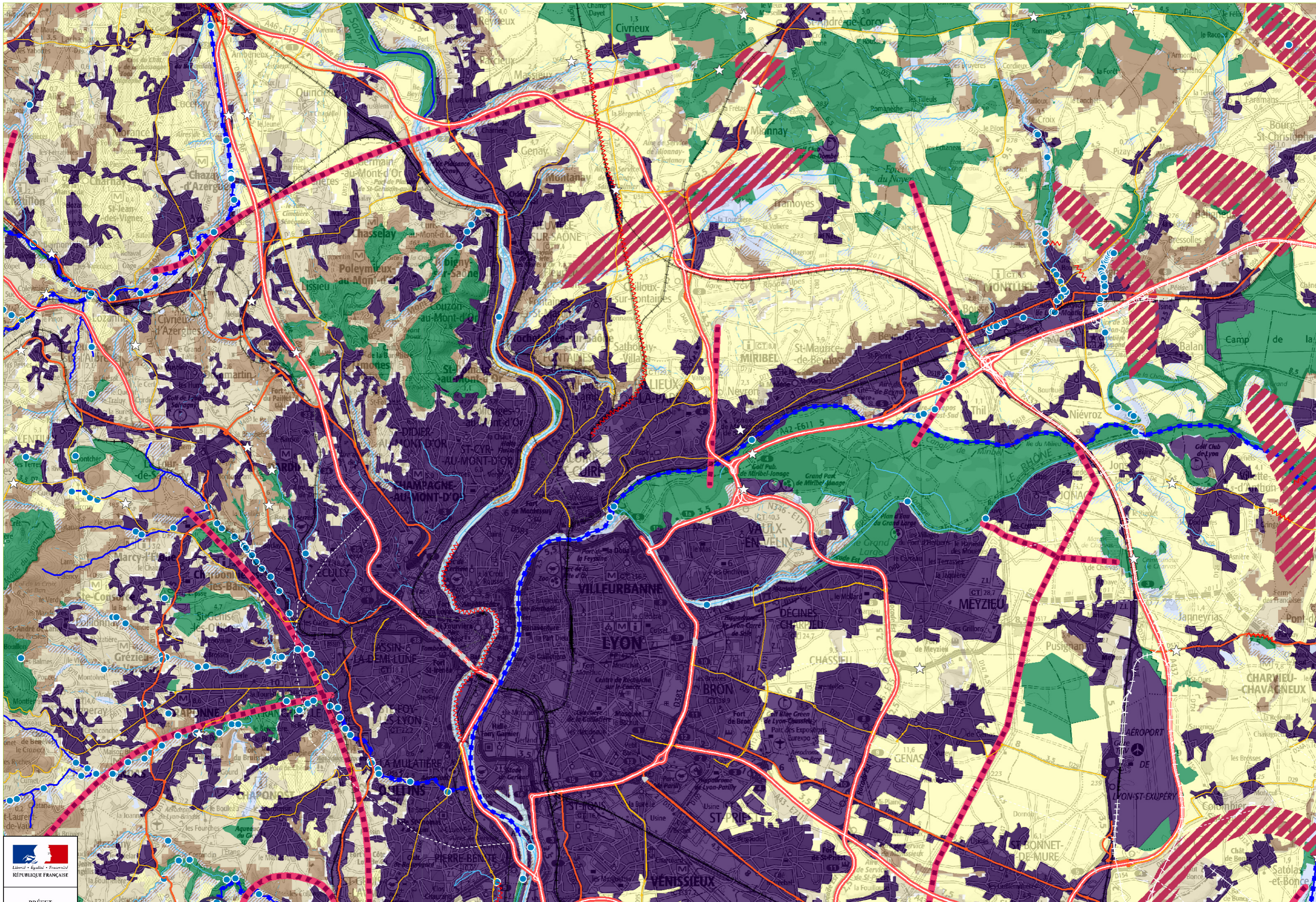
Création d'une centrale de production de froid - Décret n 2006-649 du 2 juin 2006 Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux - Dossier de demande de permis d'exploitation au titre du Code Minier – Décret n 78-498 du 28 mars 1978

Projet Skatepark à Lyon 7ème (69)

Chauffage urbain
GRANDLYON

Centre Métropole par  dalkia

**Annexe 16 : Extrait de la cartographie du SRCE de la
Région Rhône Alpes**



Les cartes sont exploitables au 1/100 000 et ne doivent pas faire l'objet de zooms pour leur interprétation

