

PIECE 4 : DEMANDE DE PERMIS D'EXPLOITATION ET DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

**EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES A DES FINS
GEOOTHERMIQUES – RENOVATION DE L'HOTEL DE VILLE
D'ANNECY (74)**

23 février 2026

ANNECY



Informations relatives au document

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Auteur(s)	Q. Beaumont
Version	C
Référence	GEO0509-NT03-C
Volumes	Rapport de 129 pages + 16 Annexes en 1 volume séparé de 132 pages

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Version	Date	Rédigé par	Vérifié par	Modifications
A	3-déc-2024	Q. Beaumont	S. Floriat / L. Demongodin	
B	3-avril-2025	Q. Beaumont	S. Floriat / L. Demongodin	Compléments apportés suite au courrier du 13/02/25 de la DREAL
C	23-fév-2026	Q. Beaumont	L. Demongodin	Modifications de forme uniquement pour présentation du dossier en enquête publique / annexes déplacées en volume séparé

DESTINATAIRES

Nom	Entité
CAPELLI Sébastien	EGIS Bâtiment Rhône-Alpes
ROMAIN Thomas	EGIS Bâtiment Rhône-Alpes
LACHAUX François	Mairie d'Annecy – Direction Construction et Patrimoine Bâti
VIDEMENT Soizic	Mairie d'Annecy – Direction Construction et Patrimoine Bâti

SOMMAIRE

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS	11
2	DOCUMENTS DE REFERENCE	17
3	IDENTIFICATION DU DEMANDEUR	18
4	JUSTIFICATION DES CAPACITES TECHNIQUES ET FINANCIERES DU DEMANDEUR	19
	4.1 Capacités financières	19
	4.2 Capacités techniques	21
5	DESCRIPTION DU PROJET	22
	5.1 Caractéristiques générales du projet	22
	5.2 Localisation géographique et cadastrale	23
	5.3 Exploitation prévisionnelle des eaux souterraines.....	24
	5.4 Justification du projet	28
	5.4.1 Choix d'un rejet au Canal du Thiou	28
	5.4.2 Choix de l'écart thermique	28
6	DUREE DU TITRE SOLLICITE	29
7	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	31
	7.1 Description de l'installation thermique.....	31
	7.1.1 Principe de fonctionnement.....	31
	7.1.1.1 Fonctionnement général.....	31
	7.1.1.2 Fonctionnement détaillé hiver.....	31
	7.1.1.3 Fonctionnement mi-saison	31
	7.1.1.4 Fonctionnement détaillé été	32
	7.1.1.5 Fonctionnement secours été.....	32
	7.1.2 Local technique	32
	7.1.3 PAC et fluide frigorigène.....	32
	7.1.4 Motivation du choix technique.....	34
	7.2 Description de l'installation de la chaudière commune au Groupe Scolaire / Crèche	34
	7.3 Description de l'installation géothermique	36
	7.3.1 Description des ouvrages de prélèvement en nappe	37
	7.3.1.1 Forage, équipements et essais hydrauliques	37
	7.3.1.2 Cave d'avant-puits.....	40
	7.3.1.3 Equipement hydrauliques des puits.....	40
	7.3.2 Description de l'ouvrage de rejet en rivière au Canal du Thiou.....	41
	7.3.3 Raccordement des ouvrages au local technique	41
	7.3.4 Description des outils de mesure.....	43
	7.3.5 Motivation du choix technique.....	44
	7.3.6 Entretien et maintenance des ouvrages	44
	7.3.6.1 Bilans de surveillance initiaux	44

7.3.6.2	Contrôles annuel et triennal des puits	45
7.3.6.3	Contrôles de l'ouvrage de rejet en rivière	45
8	PLANNING DES TRAVAUX.....	46
9	VOLUME D'EXPLOITATION.....	47
9.1	Définition d'un volume d'exploitation.....	47
9.2	Connexion hydraulique	48
10	GARANTIES FINANCIERES	50
11	DOCUMENT DE SANTE ET DE SECURITE	54
11.1	Document de santé et de sécurité afférent aux travaux	54
11.1.1	Analyse des risques et mesures de prévention	54
11.1.2	Moyens d'informations.....	56
11.1.2.1	Registre de sécurité.....	56
11.1.2.2	Consignes de sécurité	56
11.2	Document de santé et de sécurité en phase d'exploitation	57
11.2.1	Analyse des risques et mesures de prévention globales.....	57
11.2.2	Analyse des risques et mesures de prévention spécifiques	59
11.2.2.1	Protection des émanations de fluides frigorigènes.....	59
11.2.2.2	Cas de travaux de maintenance des forages.....	60
11.2.2.3	Cas de l'arrêt des travaux d'exploitation de la nappe (abandon).....	61
11.3	Compatibilité des risques industriels avec la sécurité publique et l'environnement.....	61
11.3.1	Dispositions relatives à l'environnement en phase travaux	61
11.3.2	Dispositions relatives à l'environnement en phase exploitation	62
12	ETUDE D'INCIDENCE.....	63
12.1	Etat initial.....	63
12.1.1	Population, sites et paysages	63
12.1.2	Climatologie	63
12.1.3	Topographie	63
12.1.4	Géologie	63
12.1.5	Hydrogéologie.....	66
12.1.5.1	Description de l'aquifère.....	66
12.1.5.2	Piézométrie.....	66
12.1.5.3	Caractéristiques hydrodynamiques	67
12.1.5.4	Qualité des eaux.....	67
12.1.5.5	Température des eaux	71
12.1.5.6	Exploitation de la nappe au voisinage du site	71
12.1.6	Hydrologie	72
12.1.6.1	Caractéristiques du Canal du Thiou	72
12.1.6.2	Fonctionnement de la régulation du niveau du Lac d'Annecy	73
12.1.6.3	Débits du Canal du Thiou.....	74
12.1.6.4	Températures.....	75
12.1.6.5	Contexte piscicole et état du Thiou.....	77
12.1.6.6	Usage de l'eau	78

12.1.7 Opérations de géothermie	78
12.1.8 Occupation des sols	80
12.1.9 Milieu naturel	81
12.1.9.1 Zonages environnementaux de protection ou d'inventaire	81
12.1.9.2 Natura 2000.....	83
12.1.10 Sites industriels	83
12.1.11 Sites classés, inscrits et autres monuments	85
12.1.12 Archéologie.....	87
12.1.13 Risques naturels et technologiques	88
12.1.14 Réseaux d'assainissement	88
12.1.15 Gestion des eaux pluviales	88
12.1.16 Qualité de l'air	90
12.1.17 Bruit.....	92
12.2 Compatibilités réglementaires	93
12.2.1 SDAGE	93
12.2.2 SAGE	93
12.2.3 Zone de Répartition des Eaux	93
12.2.4 Captage AEP	93
12.2.5 Plan de prévention des risques inondation	94
12.2.6 Plan local d'urbanisme.....	95
12.2.7 Directive Cadre Européenne.....	95
12.2.8 Article L.211-1 du Code de l'Environnement	96
12.2.9 Article D.211-10 du Code de l'Environnement	96
12.2.10 SRADDET Auvergne-Rhône-Alpes	97
12.2.11 PPA	98
12.2.12 SRCE Rhône-Alpes.....	98
12.3 Evaluation des incidences du projet	99
12.3.1 Sur l'environnement	99
12.3.1.1 Paysages : sites classés/inscrits ou monuments historiques	99
12.3.1.2 Urbanisme.....	101
12.3.1.3 Bruit.....	101
12.3.1.4 Air	101
12.3.1.5 Déchets.....	102
12.3.1.6 Stabilité des sols.....	103
12.3.2 Sur les eaux souterraines	103
12.3.2.1 Phase chantier	103
12.3.2.2 Phase exploitation	104
12.3.3 Sur les eaux superficielles.....	105
12.3.3.1 Phase travaux.....	105
12.3.3.2 Incidence quantitative en phase exploitation	105
12.3.3.3 Incidence qualitative en phase exploitation	106
12.3.3.4 Modélisation de l'incidence thermique du rejet.....	109
12.3.4 Sur le climat et vulnérabilité au changement climatique	117
12.3.5 Sur les sols	117

12.3.6	Sur le milieu naturel.....	117
12.3.7	Sur la sécurité publique.....	118
12.3.8	Incidences sismiques.....	119
13	MESURES PRISES POUR EVITER, REDUIRE ET COMPENSER	120
13.1	Mesures d'évitement.....	120
13.1.1	Déblais.....	120
13.1.2	Pollution de la nappe souterraine	120
13.1.3	Pollution par fluide frigorigène.....	120
13.1.4	Site classé.....	121
13.2	Mesures de réduction.....	121
13.2.1	Réduction de la consommation en énergie liée au type d'installation	121
13.2.2	Réduction du rejet thermique au Thiou.....	121
13.3	Mesures de compensation	122
14	RESUME NON TECHNIQUE	123
14.1	Généralités.....	123
14.2	Description du projet et des installations	124
14.3	Etat initial.....	124
14.4	Effets du projet	125
14.4.1	Impacts paysagers et urbanisme.....	125
14.4.2	Impacts sonores.....	125
14.4.3	Impacts sur l'air	125
14.4.4	Déchets.....	126
14.4.5	Impact sur les eaux souterraines	126
14.4.5.1	Phase travaux.....	126
14.4.5.2	Phase exploitation	126
14.4.6	Impact sur les eaux superficielles	127
14.4.6.1	Phase travaux.....	127
14.4.6.2	Phase exploitation	127
14.4.7	Impact de la pollution du sol	127
14.4.8	Evaluation des incidences sur les milieux naturels.....	127
14.5	Conclusion sur les effets du projet	128

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Localisation du projet	12
Figure 2 :	Localisation géographique du projet	23
Figure 3 :	Situation cadastrale du projet sur photographie aérienne	24
Figure 4 :	Appels de puissance chaud/froid annuels	27
Figure 5 :	Monotones chaud/froid du projet	27
Figure 6 :	Localisation du local technique de la PAC au rez-de-chaussée	33
Figure 7 :	Localisation du local de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche au sous-sol du bâtiment de la crèche	35
Figure 8 :	Schéma de principe du local de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche au sous-sol du bâtiment de la crèche	35
Figure 9 :	Coupe géologique et technique prévisionnelle des forages de prélèvement	39
Figure 10 :	Vue schématique en coupe de l'installation de la conduite de rejet au Thiou	42
Figure 11 :	Coupe technique prévisionnelle de l'ouvrage de rejet	43
Figure 12 :	Zone d'appel d'un puits de pompage	47
Figure 13 :	Volume d'exploitation sollicité	49
Figure 14 :	Localisation du projet sur fond de carte géologique 1/50000 ^{ème} du BRGM	64
Figure 15 :	Coupe lithologique et technique du forage de reconnaissance [1]	65
Figure 16 :	Chronique piézométrique au droit du forage de reconnaissance réalisé dans les Jardins de l'Europe depuis sa création en 2020 [2] et comparaison au niveaux du Lac d'Annecy mesuré au Pont de la Halle [4]	67
Figure 17 :	Synthèse de l'aptitude et des altérations définies par le SEQ – eaux souterraines pour un usage géothermique des eaux souterraines au droit du projet	71
Figure 18 :	Forages exploitant les eaux souterraines à proximité du projet et périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable	72
Figure 19 :	Chronique du niveau du Lac d'Annecy mesuré à l'échelle du Pont de la Halle sur la période 2000-2024 [4]	73
Figure 20 :	Chronique du débit du Canal du Thiou en amont de sa confluence avec le Vassé, et du débit total des canaux sur la période 2000-2024 [4]	74
Figure 21 :	Localisation des sondes thermiques des plages du lac d'Annecy proches du Thiou (source : SILA)	75
Figure 22 :	Chroniques de températures des plages du lac d'Annecy proche du Thiou (source : SILA)	76
Figure 23 :	Températures mensuelles moyennes des plages du lac d'Annecy proche du Thiou sur la période 2006-2023 (source : SILA)	76
Figure 24 :	Localisation des installations de géothermie à proximité du projet	79
Figure 25 :	Carte d'occupation des sols	80
Figure 26 :	Extrait du PLU d'Annecy approuvé le 23/03/2023	81
Figure 27 :	Localisation des zones environnementales à proximité du projet (source : INPN)	82
Figure 28 :	Localisation des ZNIEFF à proximité du projet (source : INPN)	82
Figure 29 :	Localisation des zones Natura 2000 à proximité du projet (source : INPN)	83
Figure 30 :	Localisation des sites BASOL et ICPE à proximité du projet (source : georisques.fr)	84
Figure 31 :	Localisation des sites CASIAS à proximité du projet (source : georisques.fr)	85
Figure 32 :	Extension du site classé des canaux du Thiou et du Vassé	86
Figure 33 :	Prises de vues du site classé des canaux du Thiou et du Vassé (source : site internet de la DREAL)	87
Figure 34 :	Modification et gestion des rejets d'eaux pluviales prévues sur l'emprise du projet de rénovation	89
Figure 35 :	Gestion de l'infiltration des rejets d'eaux pluviales prévue sur l'emprise du projet de rénovation	90
Figure 36 :	Localisation des stations de mesure de la qualité de l'air (source : Atmo Auvergne Rhône-Alpes)	91
Figure 37 :	Echelle de bruit dans l'environnement extérieur des habitations (source : PDPB d'Annecy)	92

Figure 38 :	Prises de vues au niveau des points de captage des eaux dans le site remarquable des Jardins de l'Europe.....	99
Figure 39 :	Prises de vues au niveau du point de rejet des eaux dans le site classé des canaux du Thiou et du Vassé.....	100
Figure 40:	Extrait du linéaire du Thiou modélisé dans le cadre de l'évaluation de l'impact thermique du rejet en rivière	109
Figure 41 :	Extrait du profil en long du Canal du Thiou d'après l'étude de 2011 du SILA [7]	110
Figure 42 :	Extrait de la carte géodésie sur le Thiou (IGN)	110
Figure 43 :	Courbe de tarage au droit du Thiou	111
Figure 44 :	Exemple d'un profil en long sur le Thiou.....	112
Figure 45 :	Température journalière moyenne retenue pour le Thiou sur 17 ans, basée sur les températures suivies sur les plages du Lac d'Annecy.....	112
Figure 46 :	Courbe de débit de la pompe d'injection de la station	113
Figure 47 :	Localisation des points de calcul (profils).....	114
Figure 48 :	Evolution de la température au point directement en aval du point du rejet.....	114
Figure 49 :	Evolution de l'impact de la température au point directement en aval du point du rejet	115
Figure 50 :	Evolution de l'impact de la température sur le profil en long du Thiou	116
Figure 51 :	Evolution de l'impact de la température par profil de calcul le long du Thiou.....	116

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Critère de la GMI et régime réglementaire applicable au projet	11
Tableau 2 : Réglementation relative au Code de l'Environnement concernant le projet	13
Tableau 3 : Rubrique de la réglementation ICPE concernant le projet	14
Tableau 4 : Contenu du présent rapport en lien avec la réglementation associée	17
Tableau 5 : Montants estimatifs liés aux travaux de géothermie	19
Tableau 6 : Plan de financement lié aux travaux de rénovation énergétique	19
Tableau 7 : Plan de financement de l'opération de rénovation de l'Hôtel de Ville	20
Tableau 8 : Références cadastrales et coordonnées prévisionnelles des forages de prélèvement en nappe et de l'ouvrage de rejet au Canal du Thiou	24
Tableau 9 : Fonctionnement prévisionnel de la future installation et répartition des besoins énergétiques, des débits d'exploitation et des volumes prélevés estimés	26
Tableau 10 : Coûts estimatifs d'investissement relatifs à l'installation géothermique	29
Tableau 11 : Coûts estimatifs d'exploitation relatifs à l'installation géothermique	30
Tableau 12 : Principales caractéristiques techniques et performances de la PAC	34
Tableau 13 : Coordonnées Lambert 93 du périmètre du volume d'exploitation	49
Tableau 14 : Estimation des garanties financières	53
Tableau 15 : Activités et risques associés lors de la phase travaux	54
Tableau 16 : Mesures de prévention lors de la phase travaux	56
Tableau 17 : Activités et risques associés en phase exploitation	57
Tableau 18 : Mesures de prévention en phase exploitation	58
Tableau 19 : Synthèse des paramètres analysés dans les eaux souterraines suite au prélèvement du 09/08/2024, en vue d'une caractérisation de la compatibilité des eaux avec un usage géothermique	69
Tableau 20 : Synthèse des paramètres complémentaires analysés dans les eaux souterraines suite au prélèvement du 09/08/2024, en vue d'une caractérisation de la compatibilité des eaux avec un rejet dans les eaux de surface	70
Tableau 21 : Intervalles correspondant aux différentes classes d'état pour les paramètres physico-chimiques généraux pour les cours d'eau (Extrait de l'arrêté du 25/01/2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surfaces)	78
Tableau 22 : Caractéristiques des installations de géothermie dans un rayon d'environ 1 km autour du projet	79
Tableau 23 : Qualité de l'air aux stations proches du projet (source : Atmo Auvergne Rhône-Alpes)	91
Tableau 24 : Compatibilité du projet avec les orientations du SDAGE Rhône-Méditerranée 2022-2027	94
Tableau 25 : Compatibilité du projet avec l'article L.211-1 du Code de l'Environnement	97
Tableau 26 : Comparaison du flux de rejet des eaux souterraines dans les eaux de surface aux niveaux seuils R1 pour les paramètres du tableau I de l'arrêté 09/082006, selon la rubrique 2.2.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement	108

ANNEXES SEPARÉES

- Annexe 1 : Décision de l'Autorité chargée de l'examen au cas par cas
- Annexe 2 : Attestation de propriété des terrains du projet de l'Hôtel de Ville par la Ville d'Annecy
- Annexe 3 : Délibération du Conseil Municipal de la Ville d'Annecy du 26/06/23 prenant acte du nouveau montant de l'autorisation de programme AP052 concernant la reconstruction de l'Hôtel de Ville avec l'utilisation de la géothermie
- Annexe 4 : Certifications des intervenants sur le projet
- Annexe 5 : Plan de situation des terrains concernés par la restructuration de l'Hôtel de Ville
- Annexe 6 : Etudes thermiques du bâtiment
- Annexe 7 : Plan d'implantation des forages
- Annexe 8 : Localisation des forages de prélèvement et de l'ouvrage de rejet sur plan cadastral normalisé
- Annexe 9 : Schéma de principe de production calorifique et frigorifique
- Annexe 10 : Synoptiques de distribution hydraulique de l'installation
- Annexe 11 : Localisation du local de la chaufferie gaz commune au Groupe Scolaire / Crèche au sous-sol du bâtiment de la crèche
- Annexe 12 : Rapport d'essais du dernier contrôle réglementaire concernant les rejets atmosphériques de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche
- Annexe 13 : Rapport de maintenance des centrales de détection de gaz de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche
- Annexe 14 : Certificats de ramonage des chaudières en fonctionnement de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche
- Annexe 15 : Résultats des analyses faites sur l'échantillon d'eau prélevé le 09/08/2024 dans le forage de reconnaissance des Jardins de l'Europe
- Annexe 16 : Planche photographique des implantations des ouvrages de captage et de l'ouvrage de rejet autour du site classé des Canaux du Thiou et du Vassé

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Dans le cadre du projet de rénovation de l'Hôtel de Ville d'Annecy, la Mairie d'Annecy souhaite utiliser la ressource en eau souterraine pour la production de chaleur et de froid du bâtiment d'une surface de 7750 m² comprenant des bureaux, salles de réunions, salons et atrium. Les besoins sont estimés à environ 360 kW pour la production de chaud et à environ 270 kW pour la production de froid, avec débit maximum d'exploitation de 54 m³/h.

L'environnement proche du projet est reporté Figure 1.

L'étude de préfaisabilité géothermique réalisée en 2020 par Artélia à la suite du forage de reconnaissance dans les Jardins de l'Europe avait conclu à la présence d'une nappe productive entre 5 et 10 m de profondeur. La réalisation de deux ou trois puits de captage des eaux souterraines dans les Jardins de l'Europe est en mesure de couvrir la totalité des besoins énergétiques du bâtiment.

Pour la solution de rejet des eaux pompées, un rejet en rivière au Canal du Thiou, exutoire du Lac d'Annecy, à proximité immédiate, est demandé. Ce choix est lié à la présence d'une nappe dont la profondeur (environ 1 m/TN) engendre des risques de débordement des eaux à la réinjection, pouvant être accentués en cas de colmatage des puits, ainsi que des risques de soulèvement des terrains argileux en tête de la nappe captive et de recyclage thermique entre les puits (faible emprise du projet par rapport au nombre de puits nécessaires). Le rejet nécessite ainsi la réalisation d'un percement du quai Napoléon du Canal du Thiou et d'un ouvrage de rejet en rivière.

Le projet de restructuration de l'Hôtel de Ville d'Annecy a pour objectif de répondre à de grands enjeux énergétiques : optimisation des déperditions superflues, performances des installations neuves, favoriser l'impact patrimonial. Les leviers d'optimisation énergétique se situent principalement sur les ressources de l'environnement immédiat, ainsi que sur la maîtrise de l'exploitation du bâtiment. La mise en place d'une solution de géothermie sur nappe s'intègre pleinement dans cet objectif et le rejet dans le Canal du Thiou a pour but de faciliter sa mise en œuvre.

Dans ces conditions, l'installation géothermique ne relève plus de la Géothermie de Minime Importance (GMI) définie par le décret 2015-15 du 8 janvier 2015, mais du Code Minier (Tableau 1).

Critère de la GMI	Caractéristiques du projet	Régime réglementaire applicable
Profondeur des forages inférieure à 200 m	La profondeur envisagée des puits de captage est de 10 m	GMI
Puissance thermique échangée sur la nappe inférieure à 500 kW	La puissance thermique maximale échangée est estimée à 360 kW en hiver et 270 kW en été	GMI
Température de l'eau prélevée inférieure à 25°C	La température de l'eau de nappe au droit du site est d'environ 13°C	GMI
Réinjection de la totalité des eaux prélevées dans le même aquifère	Les eaux souterraines pompées seront intégralement rejetées dans le Canal du Thiou, exutoire naturel du Lac d'Annecy, en lien direct avec la nappe d'accompagnement du Thiou	Permis d'exploitation de gîtes géothermiques au titre du Code Minier

Tableau 1 : Critère de la GMI et régime réglementaire applicable au projet



Figure 1 : Localisation du projet

La réinjection de la totalité des eaux pompées dans le même aquifère n'étant pas respectée, le projet est soumis à autorisation au titre du décret 2015-15 du 8 janvier 2015 et du décret 2006-649 du 2 juin 2006.

Le cadre réglementaire s'appliquant au projet est le suivant :

- Réglementation relative au Code Minier :
 - o Décret n°78-498 du 28 mars 1978, modifié par le décret n°2019-1518 du 30 décembre 2019 ;
 - o Décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers.
- Réglementation relative au Code de l'Environnement :
 - o Articles R.181-1 à D.181-57 relatifs à l'autorisation environnementale ;
 - o Articles R.181-12 à D.181-15-12 relatifs au dossier de demande d'autorisation environnementale ;
 - o Article R.122-5 relatif à l'étude d'impact ;
 - o Articles L.214.1 à L.214-6 et R.214-1, rubriques de la nomenclature Loir sur l'Eau (Tableau 2).

Rubrique	Description	Régime réglementaire applicable au projet
1.1.1.0	Sondage, forage, y compris les essais de pompage, 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 (Déclaration).	Déclaration Les forages de pompage ainsi que leur mode d'exploitation sont explicités et détaillés dans l'ensemble du dossier.
1.1.2.0	Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exclusion de nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé, le volume total prélevé étant : 1° Supérieur ou égal à 200 000 m ³ /an (Autorisation) ; 2° Supérieur à 10 000 m ³ / an mais inférieur à 200 000 m ³ /an (Déclaration).	Déclaration Le volume prélevé annuellement en nappe sera inférieur à 50 000 m ³ .
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 : 1° Supérieure ou égale à 10 000 m ³ /j ou à 25 % du débit moyen interannuel du cours d'eau (Autorisation) ; 2° Supérieure à 2 000 m ³ /j ou à 5 % du débit moyen interannuel du cours d'eau mais inférieure à 10 000 m ³ /j et à 25 % du débit moyen interannuel du cours d'eau (Déclaration).	Non concerné Le rejet au Canal du Thiou aura un débit maximum de 54 m ³ /h, soit moins de 1% du débit moyen du cours d'eau (8 m ³ /s) et moins de 3% du débit d'étiage (0,6 m ³ /s).
2.2.3.0	Rejet dans les eaux de surface, à l'exclusion des rejets réglementés au titre des autres rubriques de la présente nomenclature ou de la nomenclature des installations classées annexée à l'article R. 511-9, le flux total de pollution, le cas échéant avant traitement, étant supérieur ou égal au niveau de référence R1 pour l'un au moins des paramètres qui y figurent (Déclaration).	Non concerné Le flux de rejet des eaux souterraines respecte les niveaux de référence (cf. §12.3.3.3).
5.1.2.0	Travaux de recherche et d'exploitation de gîtes géothermiques (Autorisation).	Autorisation Objet du dossier de demande d'autorisation.

Tableau 2 : Réglementation relative au Code de l'Environnement concernant le projet

Conformément à l'article L. 162-11 du Code Minier, l'autorisation au titre du Code Minier vaut autorisation au titre de l'article L. 214-3 du Code de l'Environnement (Loi sur l'eau).

Dans ces conditions, le dossier réglementaire est soumis au permis d'exploitation de gîtes géothermiques au titre du Code Minier et du décret n° 78-498 du 28 mars 1978 (autorisation).

Le projet nécessite donc d'établir un dossier d'autorisation au titre du Code Minier comprenant :

- Une demande de permis d'exploitation d'un gîte géothermique (titre minier) conformément à l'article L. 134-1-1 du Code Minier ;
- Une demande d'ouverture de travaux miniers instruite comme une demande d'autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement, conformément à l'ordonnance n°2022-354.

Selon l'article R122-2 du code de l'environnement et son annexe, les projets de forages pour l'exploration de gîtes géothermiques, à l'exception des gîtes géothermiques de minime importance, doivent faire l'objet d'une demande d'examen au cas par cas préalable afin de savoir si le projet sera soumis à une étude d'impact complète (évaluation environnementale) ou simplement à une étude d'incidence (procédure moins lourde).

Une étude au cas par cas a été réalisée dans le cadre du projet en avril 2024. Celle-ci a été validée et l'autorité environnementale a statué dans son avis du 21/05/24 que le projet ne justifie pas la réalisation d'une étude d'évaluation environnementale (cf. décision en Annexe 1). Le dossier de demande d'autorisation environnementale du projet est donc constitué d'une étude d'incidence (et pas d'une étude d'impact).

Conformément à l'article 10.2 du décret n°78-498 du 28 mars 1978 : "La demande de permis d'exploitation et la demande d'autorisation d'ouverture des travaux miniers mentionnée au 3° de l'article 3 du décret n° 2006-649 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains peuvent être présentées simultanément. Dans ce cas, un dossier unique est constitué qui comprend les renseignements et documents mentionnés à l'article 10 du présent décret et par les dispositions mentionnées à l'article R. 181-15 du code de l'environnement".

Ce présent document constitue donc le dossier unique comprenant les éléments du Code Minier et du Code de l'Environnement. La liste de ces éléments et leur report dans le présent document sont synthétisés Tableau 4.

Le dossier est complété par l'ajout de la rubrique ICPE 2910 qui concerne l'exploitation d'installation de combustion de puissance thermique supérieure à 1 MW. L'Hôtel de Ville a fait l'objet d'une déclaration ICPE au titre de la rubrique 2910 le 26/08/2019 concernant la chaufferie commune au groupe scolaire Quai Jules Philippe voisin, à la crèche et à l'Hôtel de Ville. Bien que le projet de géothermie concerne l'ensemble des besoins énergétique du bâtiment de l'Hôtel de Ville, il est prévu en hiver la production de chaleur de secours via cette chaufferie existante si nécessaire.

Rubrique	Description	Régime réglementaire applicable au projet
2910-A	Combustion lorsque sont consommés exclusivement, seuls ou en mélange, du gaz naturel, des gaz de pétrole liquéfiés, du biométhane, du fioul domestique, du charbon, des fiouls lourds, de la biomasse (produits composés de matière végétale agricole ou forestière, déchets végétaux agricoles et forestiers ou de liège, déchets au sens de l'article L. 541-4-3 du code de l'environnement), déchets de bois des produits connexes de scierie et des chutes du travail mécanique de bois brut, ou du biogaz provenant d'installations classées sous la rubrique 2781-1, si la puissance thermique nominale totale de l'installation de combustion est supérieure ou égale à 1 MW mais inférieure à 20 MW.	Déclaration avec contrôle périodique effectué par un organisme agréé

Tableau 3 : Rubrique de la réglementation ICPE concernant le projet

Procédure concernée	Contenu détaillé	Paragraphe du rapport
Demande d'exploitation de gîtes géothermiques (cf. article 4 du décret n°78-498)	Art 4. Justification des capacités techniques	
	1° Les titres, diplômes et références professionnelles des cadres de l'entreprise chargés de la conduite et du suivi des travaux	\$4.2
	2° La liste des travaux auxquels l'entreprise en charge de la conduite et du suivi des travaux a participé au cours des 3 dernières années	\$4.2
	3° Un descriptif des moyens humains et techniques envisagés pour le suivi et l'exécution des travaux	\$4.2
	Art 4-1. Justification des capacités financières	
	1° Les comptes annuels des trois derniers exercices du demandeur	\$4.1
	2° Les engagements hors bilan du demandeur, les garanties et les cautions consenties par lui ainsi qu'une présentation des litiges en cours et des risques financiers pouvant en résulter pour le demandeur	\$4.1
	3° Les garanties et cautions dont bénéficie le demandeur	\$4.1
Existence d'une connexion hydraulique (cf. article 5 du décret n°78-498)	L'existence d'une connexion hydraulique	\$9.2
Autorisation de recherches (cf. article 7 du décret n°78-498)	I.1° L'identité du demandeur	\$3
	I.2° La justification des capacités techniques et financières du demandeur	\$4.1 et \$4.2
	I.3° La durée du titre sollicité	\$6
	I.4° Le programme des travaux et ses perspectives d'utilisation de l'énergie extraite sous forme thermique	\$5.1 et \$5.3
	I.5° Les limites et les justifications du périmètre de protection	\$9
	I.6° 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	\$4, \$12 et \$13
	I.7° L'importance, la nature et les caractéristiques des éventuels déversements et écoulements susceptibles de compromettre la qualité des eaux et les dispositions prévues pour éviter une altération de cette qualité	\$12 et \$13
	I.8° Les volumes d'exploitation et éventuellement les périmètres de protection	\$5.3 et \$9.1
	I.9° Une carte à une échelle qui ne peut être inférieure au 1/50000	\$1 et \$5.2
	I.10° Les coordonnées du périmètre de la demande	\$9.1
	II.1° L'emplacement, l'utilisation, la profondeur et les autres caractéristiques de chacun des forages	\$5.2 et \$7.3.1
	II.2° L'horizon géologique dans lequel doivent s'effectuer les captages	\$7.3.1
	II.3° La puissance thermique primaire dont l'extraction est envisagée, et le cas échéant, les débits instantanés maximaux et les volumes journaliers maximaux d'eau qui doivent circuler dans les forages	\$5.3
Titres d'exploitation de gîtes géothermiques (cf. article 8 du décret n°2019-1518)	Art 8-1. Justification d'une part des coûts	
	1° Les coûts de recherches	\$4.1
	2° Les coûts d'exploitation	\$4.1
	Art 8-2. Justification des revenus potentiels	
	1° Les éléments permettant d'apprécier les pertes et les revenus	\$4.1
2° Les revenus générés par l'exploitation des gîtes géothermiques et des substances connexes ainsi que sur les aides publiques perçues	\$4.1	

Procédure concernée	Contenu détaillé	Paragraphe du rapport
Permis d'exploitation (cf. article 10 du décret n°2019-1518)	1° La puissance thermique primaire pour laquelle le titre est demandé	§5.3
	2° 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	§4, §12 et §13
	3° La nature, l'importance et les caractéristiques des éventuels déversements et écoulements susceptibles de compromettre la qualité des eaux et les dispositions prévues pour éviter une altération de cette qualité	§12 et §13
	4° L'évaluation des coûts	§6
Constitution des garanties financières (cf. article 162-2 du décret n°2010-1389)	Estimation du chiffrage de l'ensemble des opérations définies à l'annexe II de l'arrêté du 26 juin 2024 relatif aux modalités de constitution des garanties financières	§10
Demande d'autorisation environnementale (cf. article R181-13 du Code de l'Environnement)	1° L'identité du demandeur	§3
	2° Un plan de situation du projet à l'échelle 1/25000, ou à défaut au 1/50000	§1 et §5.2
	3° Un document attestant que le pétitionnaire est le propriétaire du terrain	cf. Annexe 2
	4° Une description de la nature et du volume de l'activité, l'installation, l'ouvrage ou les travaux envisagés, de ses modalités d'exécution et de fonctionnement, des procédés mis en œuvre, ainsi que l'indication, selon le cas, de la ou les rubriques des nomenclatures ou bien du ou des items de l'article 3 du décret 2006-649 du 02/06/2006	§5, §7 et §1
	5° L'étude d'incidence environnementale	cf. ci-dessous
	6° La décision à l'issue de l'examen au cas par cas du projet que celui-ci n'est pas soumis à évaluation environnementale	§1 et cf. Annexe 1
	7° Les éléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension des pièces du dossier	cf. dossier et annexe
	8° Une note de présentation non technique	§14
Etude d'incidence environnementale (cf. article R181-14 du Code de l'Environnement)	1° L'état actuel du site sur lequel le projet doit être réalisé et de son environnement	§12.1
	2° Les incidences directes et indirectes, temporaires et permanentes du projet sur les sites intérêts eu égard à ses caractéristiques et à la sensibilité de son environnement	§12.3
	3° Les mesures envisagées pour éviter et réduire les effets négatifs notables du projet sur l'environnement et la santé, les compenser s'ils ne peuvent être évités ni réduits, ou à défaut la justification de cette impossibilité	§13
	4° Les mesures de suivi	§7.3.1.3, §7.3.4 et §10
	5° Les conditions de remise en état du site après exploitation	§11.2.2.3
	6° Un résumé non technique	§14
Complément à la demande d'autorisation environnementale lié à l'exploitation de gîtes géothermiques (cf. article D181-15-3 bis du Code de l'Environnement)	1° La justification que le demandeur a qualité pour présenter le dossier, c'est-à-dire assurer l'exploitation de l'installation	§4.2
	2° Un exposé relatif aux méthodes d'exploitation envisagées	§5.3
	3° Les documents de santé et de sécurité pour l'évaluation des risques prévu à l'article R.4121-1 du Code du travail	§10
	4° Les conditions de l'arrêt des travaux, à titre prévisionnel, et l'estimation de leur coût, ainsi que les interventions éventuelles en cas d'accident avant ou après la fermeture du site, en application de l'article 4.1 du décret 2010-1389	§10
	6° La compatibilité des risques industriels du projet avec la sécurité publique	§10
	7° Le montant des garanties financières	§10

Procédure concernée	Contenu détaillé	Paragraphe du rapport
Complément à la demande d'autorisation environnementale lié à la présence d'un site classé (cf. article D181-15-4 du Code de l'Environnement)	1° Une description générale du site classé accompagnée d'un plan de l'état existant	§12.1.11
	2° Le plan de situation du projet, mentionné à l'article R. 181-13, précise le périmètre du site classé	§12.1.11
	3° Un report des travaux projetés sur le plan cadastral à une échelle appropriée	cf. Annexe 8
	4° Un descriptif des travaux en site classé précisant la nature, la destination et les impacts du projet à réaliser accompagné d'un plan du projet et d'une analyse des impacts paysagers du projet	§7.3.2, §12.3.1.1 et cf. Annexe 7
	5° Un plan de masse et des coupes longitudinales adaptées à la nature du projet et à l'échelle du site	§7.3.2 et cf. Annexe 7
	6° La nature et la couleur des matériaux envisagés	Adapté à l'usage urbain
	7° Le traitement des clôtures ou aménagements et les éléments de végétation à conserver ou à créer	Non concerné
	8° Des documents photographiques permettant de situer le terrain respectivement dans l'environnement proche et si possible dans le paysage lointain. Les points et les angles des prises de vue sont reportés sur le plan de situation	cf. Annexe 16
	9° Des montages larges photographiques ou des dessins permettant d'évaluer dans de bonnes conditions les effets du projet sur le paysage en le situant notamment par rapport à son environnement immédiat et au périmètre du site classé	Rien ne dépassera du sol, matériaux adaptés à l'usage urbain, cf. Annexe 16

Tableau 4 : Contenu du présent rapport en lien avec la réglementation associée

2 DOCUMENTS DE REFERENCE

- [1] Etude de faisabilité géothermique, Ville d'Annecy, Sites des Jardins de l'Europe et du Haras – Artélia, Octobre 2020
- [2] Données piézométriques de la sonde automatique placée dans le forage de reconnaissance des Jardins de l'Europe, série 2020-2024 - Artélia, Septembre 2024
- [3] Restructuration de l'Hôtel de Ville d'Annecy – Documents DCE – EGIS, Juillet 2024
- [4] Relevés journaliers des débits et des cotes des niveaux d'eau aux échelles des canaux du Thiou et du Vassé sur la période 2000-2024, suivis dans le cadre de la régulation du Lac d'Annecy – Services technique de la Ville d'Annecy
- [5] Nivellement des vannes du Thiou situées entre le pont de la Halle et le pont Perrière, et en amont et en aval du pont de la République – Services technique de la Ville d'Annecy
- [6] Données de températures des eaux du Lac d'Annecy au niveau des plages d'Albigny et des Marquisats sur la période 2006-2023 – SILA Syndicat Mixte du Lac d'Annecy
- [7] Etude écologique relative au rétablissement d'un marnage sur le Lac d'Annecy – SILA Syndicat Mixte du Lac d'Annecy, décembre 2011

3 IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

ANNECY	Mairie d'Annecy
Adresse	1 Place de l'Hôtel de Ville – 74000 Annecy
Forme juridique	7210 – Commune et commune nouvelle
Activité principale exercée	84.11Z – Administration publique générale
Numéro SIRET	200 063 402 00016
Signataire de la demande d'autorisation	M. François ASTORG, Maire d'Annecy Tél. : Mail :
Représentant en charge du dossier	M. François LACHAUX, Directeur Construction et Patrimoine Bâti Tél. : 06 70 48 33 99 Mail : francois.lachaux@annecy.fr

Rédacteur du dossier réglementaire :

 egis	EGIS
Adresse	170 Avenue Thiers – Lyon 69006
Représentant	M. Quentin BEAUMONT
Courriel	quentin.beaumont@egis-group.com
Téléphone	07 85 88 92 44

4 JUSTIFICATION DES CAPACITES TECHNIQUES ET FINANCIERES DU DEMANDEUR

4.1 Capacités financières

Le maître d'ouvrage du projet est la ville d'Annecy, représenté par la direction de la construction et du patrimoine bâti. La ville d'Annecy demande le permis d'exploitation au titre du Code Minier.

Les ressources annuelles de la ville se composent :

- Du revenu de la dotation ;
- Des subventions qui peuvent lui être accordées ;
- Du produit des ventes et des rétributions perçues pour service rendu ;
- Du produit des ressources créées à titre exceptionnel ou liées à ses activités.

Les montants estimatifs liés aux travaux de géothermie sont présentés Tableau 5. Le plan de financement prévisionnel resserré autour des travaux énergétiques dans lequel s'inclut l'installation géothermique est présenté Tableau 6. A titre d'information complémentaire, le Tableau 7 présente le plan de financement de l'opération dans son entièreté (rénovation de l'Hôtel de Ville).

Nature des travaux	Coûts en €HT
Equipement de production de chauffage / froid (PAC)	120 000 €
Autres postes de dépenses en chaufferie	80 000 €
Système de gestion et de suivi	25 000 €
Equipement de captage géothermie (2 forages) y compris liaisons horizontales	270 000 €
Equipement de rejet en rivière y compris liaisons horizontales	155 000 €
Equipement de captage géothermie (1 forage supplémentaire)	70 000 €
Maitrise d'œuvre	100 000 €
Montant total	820 000 €

Tableau 5 : Montants estimatifs liés aux travaux de géothermie

Mode de financement	Montant en €HT
Coût total des travaux énergétiques	4 465 801 €
Fonds propres – autofinancement de la Ville d'Annecy	390 601 €
Aides privées (indemnités d'assurance suite à l'incendie)	2 545 200 €
Subvention de l'Etat – Fonds Vert 2023 - mesure de rénovation énergétique	350 000 €
Subvention de l'Etat – dont Fonds vert 2024 - mesure de rénovation énergétique	1 000 000 €
Subvention de la Région Auvergne Rhône-Alpes	180 000 €

Tableau 6 : Plan de financement lié aux travaux de rénovation énergétique

Mode de financement	Montant en €HT
Coût total des travaux énergétiques	25 000 000 €
Fonds propres – autofinancement de la Ville d'Annecy	8 510 000 €
Aides privées (indemnités d'assurance suite à l'incendie)	14 140 000 €
Subvention de l'Etat – Fonds Vert 2023 - mesure de rénovation énergétique	350 000 €
Subvention de l'Etat – dont Fonds Vert 2024 - mesure de rénovation énergétique	1 000 000 €
Subvention de la Région Auvergne Rhône-Alpes	1 000 000 €

Tableau 7 : Plan de financement de l'opération de rénovation de l'Hôtel de Ville

L'installation de géothermie ne générera pas de revenus dans son exploitation.

L'ensemble des dépenses prévisionnelles estimées ont été prises en comptes dans les frais des années à venir.

Par ailleurs, les coûts de fonctionnement de la solution géothermie seront moindres par rapport à une solution de référence (chaud avec le gaz et froid avec PAC sur Air) et permettront ainsi d'alléger la facture énergétique.

Il n'existe pas d'engagement hors bilan, d'autres garanties, emprunts ou cautions consentis. Le projet est financé en totalité par des subventions et des fonds propres. Les travaux n'ayant pas démarrés, il n'existe pas de litiges en cours ou cautions. Le risque financier apparait comme limité en raison de la qualité du maître d'ouvrage : la Ville d'Annecy.

Une délibération du conseil municipal de la Ville d'Annecy du 26 juin 2023 est présentée en Annexe 3. Elle atteste que le conseil municipal a acté le nouveau montant de l'augmentation de programme (AP052) relatif à la reconstruction de l'Hôtel de Ville d'Annecy pour un montant de 30 M€. Il est mentionné que le projet prévoit l'utilisation des énergies renouvelables, notamment la géothermie. Le conseil municipal a donc été informé du projet d'installation géothermique, des frais estimatifs d'exploitation et d'entretien des ouvrages, et également des frais de fermeture des ouvrages et de remise en état en cas d'abandon de ceux-ci (rebouchage des ouvrages). La Ville d'Annecy s'engage à assurer l'ensemble de ces frais.

Au bénéfice de ces éléments, il apparaît que la Ville d'Annecy dispose des capacités financières lui permettant de faire face aux obligations réglementaires pour assurer l'exploitation, la maintenance et l'éventuelle mise à l'arrêt des installations de géothermie, en application même des dispositions du décret n° 78-498 du 28 mars 1978 et du décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 qui prévoient et encadrent la délivrance d'un permis d'exploiter un gite géothermique dans le cadre de la police des mines.

4.2 Capacités techniques

La ville d'Annecy ne dispose pas des compétences techniques pour la réalisation des études et travaux nécessaires à la réalisation et la mise en production des forages géothermiques.

Dans le cadre de ce projet, la ville d'Annecy a désigné :

- Un maître d'œuvre de conception et d'exécution pour piloter les travaux d'aménagement/construction du site (Architecte Pierre Louis FALOCI) ;
- Des bureaux d'études tous corps d'état, structures et acoustiques, pour tout ce qui concerne les volets structures et chauffage / climatisation (EGIS BÂTIMENTS Rhône-Alpes / PLANTIER / ACOUSTB) ;
- Un bureau d'études en hydrogéologie, pour tout ce qui concerne le dimensionnement et le suivi des travaux de forages (EGIS STRUCTURES & ENVIRONNEMENT) ;
- Une entreprise de forages, pour tout ce qui concerne la réalisation des travaux de forages et de l'ouvrage de rejet en rivière (non définie à ce jour), qualifiée RGE, selon la norme NFX10-999 ;
- Une entreprise spécialisée pour tous les aspects techniques qui relèvent de la maintenance des installations d'exploitation géothermique et de chauffage (non définie à ce jour).

Le bureau d'études EGIS STRUCTURES & ENVIRONNEMENT dispose de la qualification « RGE » attribuée sur la base du référentiel de l'OPQIBI : 1007 Etudes des ressources géothermiques n°96101229-B valable jusqu'au 01/06/2025. Il dispose également de la qualification 1005 Etude en hydrogéologie.

Le bureau d'études EGIS BÂTIMENTS Rhône-Alpes dispose notamment des qualifications OPQIBI (n°78120146 valable jusqu'au 01/08/2025) suivantes :

- 1312 Etude d'installations courantes de chauffage et de VMC ;
- 1313 Etude d'installations complexes de chauffage et de VMC ;
- 1322 Ingénierie en génie climatique courant ;
- 1323 Ingénierie en génie climatique complexe.

L'ensemble des certifications et références mentionnées sont présentées en Annexe 4.

Il peut également s'appuyer sur les collaborateurs en interne dans les autres sociétés d'EGIS BÂTIMENTS (Ile-de-France, Centre-Ouest, Nord-Est et Sud), qui possèdent les qualifications OPQIBI suivantes :

- 1314 Etude d'installations frigorifiques et de climatisation courantes ;
- 1315 Etude d'installations frigorifiques et de climatisation complexes ;
- 2013 Ingénierie des installations de production utilisant l'énergie géothermique.

Conformément au point III de l'article 8-2 du décret n°78-498, afin de justifier du caractère d'opérateur efficace, une entreprise sera missionnée par le maître d'ouvrage afin de procéder à l'exploitation et au contrôle de l'installation géothermique.

L'entreprise en charge de l'exploitation n'est pas encore désignée à ce stade du projet. Dans le cadre de la consultation, un point de vigilance sera porté afin de vérifier les capacités techniques de cette dernière. De même, dans le cadre de la passation du contrat, l'arrêté préfectoral pourra être annexé afin que l'entreprise s'engage sur le respect et la mise en œuvre des éléments prévus par ce dernier.

De plus, des moyens de surveillance seront installés (cf. §7.3.4).

Concernant la chaufferie gaz commune au Groupe Scolaire / Crèche, situé au sous-sol du bâtiment de la crèche et qui pourra servir de production de secours en hiver, celle-ci est gérée par une entreprise compétente pour ce genre d'installation (Dalkia depuis 2023) et fait l'objet de contrôles périodiques comme prévu par la réglementation par un organisme agréé (Apave).

5 DESCRIPTION DU PROJET

5.1 Caractéristiques générales du projet

Suite à l'incendie de l'Hôtel de Ville d'Annecy le 14 novembre 2019, la ville souhaite reconstruire et réhabiliter l'ensemble de l'édifice tout en respectant le patrimoine bâti historique du lieu, ainsi que réaménager les espaces extérieurs (Annexe 5).

Le projet consiste en une restructuration profonde de l'existant, hors murs extérieurs conservés. Côtés intérieurs, des adaptations majeures sont nécessaires. Hormis la cage d'escalier monumentale non modifiée, les autres escaliers et ascenseurs seront reconstruits. Le projet prévoit également la démolition de façades sur patio et des renforts en sous-œuvre, compte tenu des structures porteuses existantes démolies ou modifiées. La couverture existante a été détruite lors du sinistre et est recrée entièrement (charpente métallique et verrière entièrement refaite à une altimétrie plus haute que l'existante).

Les travaux principaux sur les façades sont :

- Ravalement des murs de façades en pierre existants ;
- Enduits extérieurs et intérieurs côté patio ;
- Peinture des différents ouvrages ;
- Remplacement des menuiseries extérieures existantes ;
- Ajout d'occultation ;
- Isolation par l'intérieur des locaux.

Le permis de construire (n° PC 0 74 010 23 00039) a été déposé le 29 mars 2023. Il a été approuvé le 18 juillet 2023 (n° AT 074 010 23 00052).

La construction de ce projet est soumise à la réglementation thermique sur l'existant (arrêté du 3 mai 2007 modifié par l'arrêté du 22 mars 2017 relatif à la réglementation thermique sur l'existant par élément). L'ensemble des études thermiques relatives à la réglementation RT 2012 sont présentées en Annexe 6.

La modification de l'arrêté du 22 mars 2017 permet d'apporter un niveau de performance supérieur aux exigences garde-fou de la RT existant, notamment sur les exigences suivantes :

- Les parois opaques : murs, toiture, planchers
- Les parois vitrées
- Le chauffage
- L'eau chaude sanitaire
- Le refroidissement
- La ventilation
- L'éclairage
- Les ENR

Dans une démarche de qualité environnementale et de performance énergétique, le bâtiment doit fonctionner sur des installations de géothermie afin de répondre aux besoins en chauffage et rafraîchissement.

L'installation fonctionnera à partir de deux ou trois forages de prélèvement en nappe dans les Jardins de l'Europe et d'un ouvrage de rejet dans le Canal du Thiou, exutoire naturel du Lac d'Annecy, à proximité immédiate.

Les caractéristiques du projet sont les suivantes :

- Champ d'application : ouverture de travaux d'exploitation des gîtes géothermiques mentionnés à l'article L. 112-1 du code minier, à l'exception de l'ouverture de travaux d'exploitation des gîtes géothermiques de minime importance ;
- Puissance primaire : 300 kW injectée en hiver et 440 kW prélevée en été ;
- Ecart thermique sur eau de nappe :
 - o + 7°C en période estivale,
 - o – 5°C en période hivernale,
- Débit de prélèvement et de rejet de pointe : 54 m³/h ;
- Les volumes d'eaux exploités en nappe sont estimés à :
 - o 22 000 m³ en hiver ;
 - o 26 500 m³ en été ;
 - o Soit un total sur l'année inférieur à 50 000 m³.

5.2 Localisation géographique et cadastrale

Le projet géothermique est situé sur la commune d'Anney, en zone urbanisée, à proximité immédiate du Lac d'Anney et du Canal du Thiou, exutoire naturel du lac (cf. Figure 1, Figure 2 et Figure 3). L'altitude moyenne est d'environ 448 m NGF.



Figure 2 : Localisation géographique du projet



Figure 3 : Situation cadastrale du projet sur photographie aérienne

Les forages de prélèvement sont prévus au droit des Jardins de l'Europe dans des zones enherbées ou en graviers stabilisés, au centre de la parcelle, et l'ouvrage de rejet en rivière au droit du Quai Napoléon du Canal du Thiou, à proximité du Pont des Halles, au Sud-Ouest de la parcelle (Figure 3 et Annexe 7).

La référence cadastrale prévisionnelle des ouvrages est présentée Tableau 8. L'Annexe 8 présente la projection des ouvrages de prélèvement et de rejet sur un extrait de carte cadastrale.

Ouvrage	X L93 (m)	Y L93 (m)	Z sol (m NGF)	Parcelle cadastrale
Captage 1	942 783	6 538 092	448	N° 24 section BX Annecy
Captage 2	942 685	6 538 096		
Captage 3	942 732	6 538 163		
Rejet au Thiou	942 574	6 537 999		

Tableau 8 : Références cadastrales et coordonnées prévisionnelles des forages de prélèvement en nappe et de l'ouvrage de rejet au Canal du Thiou

5.3 Exploitation prévisionnelle des eaux souterraines

La production de chaleur et de froid est assurée en totalité par une production individuelle à créer. Cette production a pour origine deux à trois puits de captage de géothermie sur eau de nappe. La pompe à chaleur eau/eau, située dans le local technique situé au Nord-Ouest du bâtiment au rez-de-chaussée, permet d'assurer la production de chaud et/ou froid. Le rejet des eaux s'effectue via un ouvrage de rejet au Canal du Thiou.

Les besoins identifiés pour les bâtiments sont de type chauffage en hiver et géocooling en priorité sur la période estivale, avec rafraîchissement (groupe froid) possible en mode canicule prolongée. L'option géocooling permettra de subvenir aux besoins sur les périodes de mi-saison et estivales courantes, tandis que l'option rafraîchissement qui s'avère dimensionnante sera utilisée en cas de canicule persistante ou dégradation du confort dans le bâtiment. Le captage sur nappe sera ainsi minimisé à la mi-saison. En hiver, il est prévu une production de chaleur de secours avec pour origine la chaufferie existante du bâtiment Groupe Scolaire / Crèche.

La production d'ECS sera électrique. Pour limiter les consommations liées au maintien en température d'une boucle d'eau qui ne sera pas utilisée régulièrement, le choix s'est porté sur une production décentralisée avec des ballons électriques à accumulation placés au plus près des points d'utilisation.

Les rapports des études thermiques sur le chauffage et la climatisation, relatives à la réglementation RT existant, sont reportés en Annexe 6.

Les caractéristiques principales du fonctionnement prévisionnel de l'installation sont reportées Tableau 9.

Les puissances nécessaires pour couvrir les besoins en chaud et froid annuels ont été premièrement estimés sans prise en compte de l'occupation du bâtiment. Elles permettent de prendre en compte les surpuissances réglementaires et nécessaires au bon fonctionnement de l'installation pour couvrir la totalité des besoins.

La puissance maximale à fournir sera de 372 kW en chaud en période hivernale et de 337 kW en froid en période estivale. Les puissances maximales échangées avec la nappe seront de l'ordre de 300 kW en hiver et de 340 kW en été dans le cas d'un fonctionnement en géocooling (by-pass de la PAC) ou de 440 kW dans le cas d'un fonctionnement en rafraîchissement.

Le débit de pointe de l'installation sera de 54 m³/h en été dans le cas d'un fonctionnement en rafraîchissement. L'écart de température sera de +7°C en été et de -5°C en hiver.

Les besoins énergétiques ont été estimés par une simulation thermique dynamique. Il a été considéré une hypothèse de besoins en chaud similaires à une année 2020 et de besoins en froid projetés sur un scénario 2050. Une marge supplémentaire de 10% a été retenue sur ces besoins afin de prendre en compte l'adaptation de la production des besoins aux débits de pompage (valeur seuil) et les besoins non pris en compte dans la STD, notamment le fonctionnement des batteries de centrale de traitement d'air (CTA). Les appels de puissance en chaud et en froid sur une année sont présentés en Figure 4 et les monotones de ces besoins sont présentés en Figure 5.

Les puits de captages seront équipés chacun d'une pompe immergée permettant de répondre au débit de pointe envisagé (environ 55 m³/h), avec un fonctionnement alterné ou simultané de celles-ci dans les puits. Toutefois, les plages de débits nécessaires pour couvrir les besoins étant larges (de quelques unités voire moins au débit de pointe), les pompes qui seront mises en place ne seront pas à même de fournir de très faibles débits. Ceci constitue un frein technique même avec la mise en place d'un variateur de vitesse permettant de régler les débits de fonctionnement des pompes.

Ainsi, il a été considéré que sur les périodes de fonctionnement estivale ou hivernale, lorsqu'un besoin énergétique est identifié alors le débit de fonctionnement de la pompe ne peut être inférieur à 6 m³/h. Cette valeur représente environ 10% des pompes immergées qui seront mises en place dans les puits de captages, valeur classique de fonctionnement minimal d'une pompe. Le delta de température appliqué sur les eaux pompées sera alors adapté par la PAC pour couvrir le besoin (maximum de -5°C en hiver et +7°C en été). En dehors de ces périodes (novembre à mars pour la production de chaud et mai à septembre pour la production de froid), le débit d'exploitation est considéré comme nul ou limité, en particulier en avril et octobre si le besoin est inférieur à 50 kW.

Les volumes d'eaux prélevés sont alors estimés à 22 000 m³ en hiver et 26 500 m³ en été, soit moins de 50 000 m³ à l'année.

Période	Hivernale	Estivale
Durée	Environ 5 mois de novembre à mars	Environ 5 mois de mai à septembre
Fonctionnement	Chauffage	Rafratchissement ou géocooling (de préférence)
Puissance maximale à fournir par la PAC (kW)	372	337
Puissance maximale échangée sur la nappe (kW)	298	438 337 (géocooling)
Energie fournie coté bâtiment (MWh)	102	73
Energie prélevée coté sous-sol (MWh)	81	95
Ecart thermique maximal (°C)	-5	+7
Débit maximal (m ³ /h)	49	54 42 (géocooling)
Débit moyen (m ³ /h)	9	8
Volume prélevé (m ³)	22 000	26 500

	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Puissance maximale échangée sur la nappe (kW)	263	243	144	50	189	318	349	305	221	54	151	285
Ecart thermique maximal (°C)	-5	-5	-5	-5/+7	+7	+7	+7	+7	+7	-5/+7	-5	-5
Energie prélevée (MWh)	26	17	6	0,2	0,3	0	0	0	0	0,3	10	22
Energie rejetée (MWh)	0	0	0	1	4	23	35	25	7	1	0	0
Débit maximal (m ³ /h)	45	42	25	6	23	39	43	38	27	6	26	49
Débit moyen (m ³ /h)	10	9	7	1	6	8	10	8	7	1	8	10
Nombre de jours	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Volume prélevé (m ³)	6400	4600	2250	200	2700	6000	7400	6200	4000	200	2900	5650

Tableau 9 : Fonctionnement prévisionnel de la future installation et répartition des besoins énergétiques, des débits d'exploitation et des volumes prélevés estimés

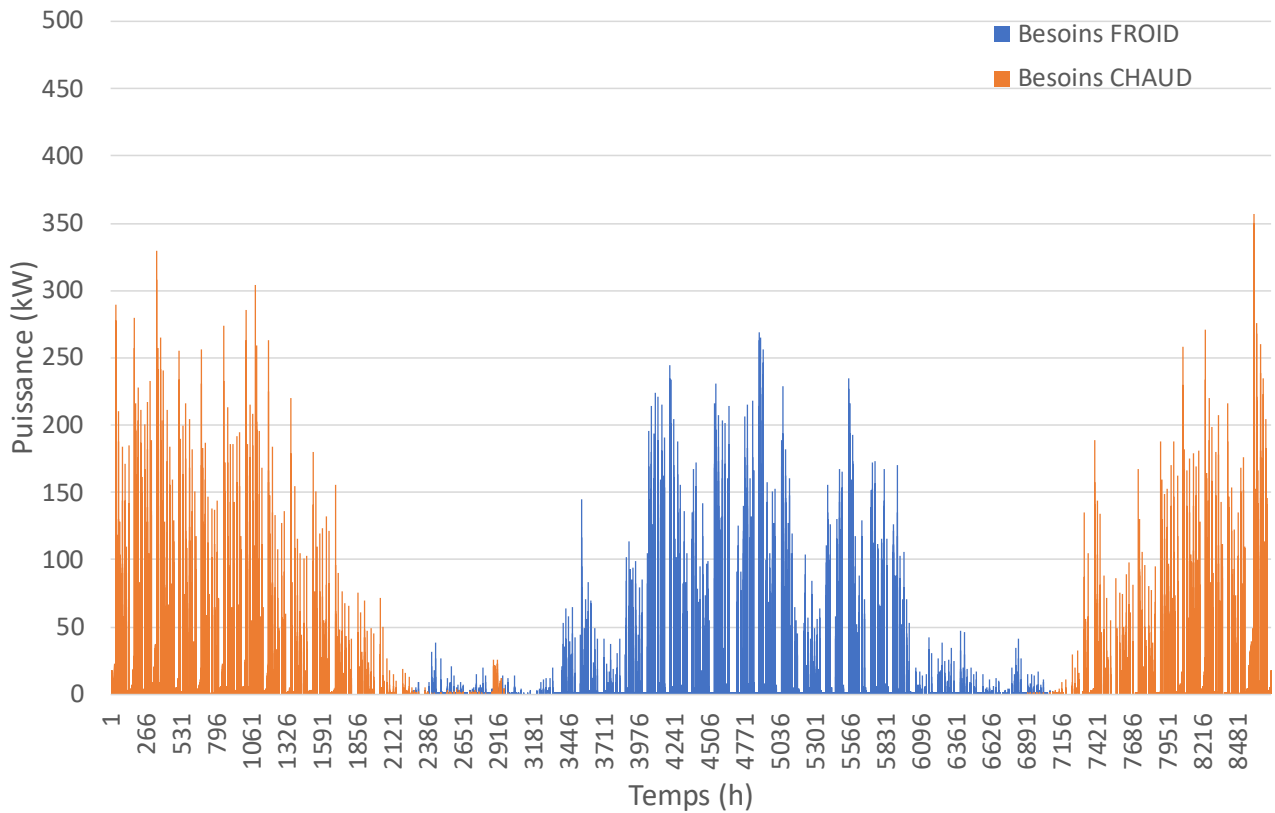


Figure 4 : Appels de puissance chaud/froid annuels

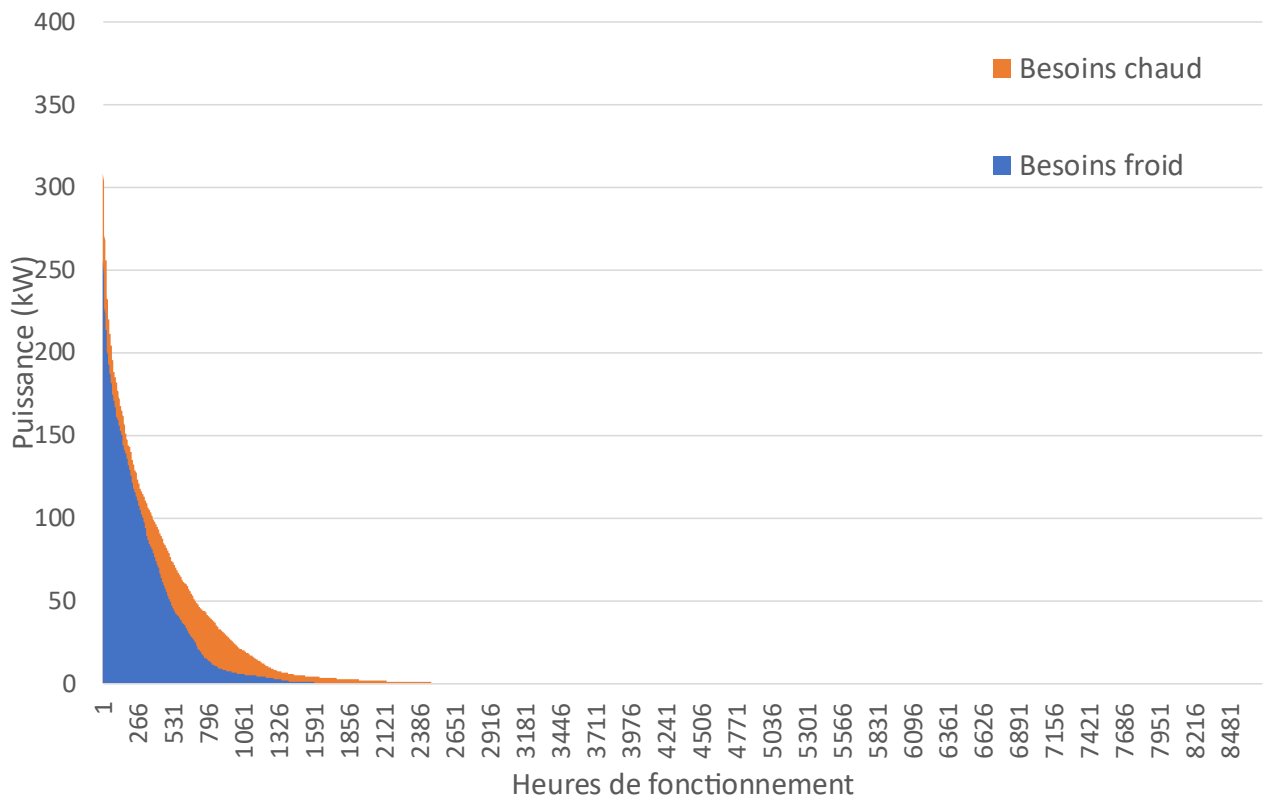


Figure 5 : Monotones chaud/froid du projet

5.4 Justification du projet

5.4.1 Choix d'un rejet au Canal du Thiou

Le principe de fonctionnement retenu pour le projet est de réinjecter l'intégralité des eaux prélevées dans le Canal du Thiou. 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 lié à une faible emprise du projet par rapport au nombre de puits nécessaires en pompage et en injection), n'impactant ainsi pas son rendement et de ne pas créer d'impact thermique sur les avoisinants.

Cette solution permet une restitution des eaux souterraines pompées directement au milieu naturel plutôt qu'au réseau d'eau d'assainissement. En effet, le Canal du Thiou constitue un exutoire naturel du Lac d'Annecy qui est en lien direct avec les eaux souterraines prélevées au droit des Jardins de l'Europe. Les eaux souterraines de la plaine alluviale d'Annecy s'écoulent en direction du Nord/Nord-Ouest et sont drainées en aval par le Fier. Le Thiou est un affluent du Fier et est en lien avec la nappe des eaux souterraines, notamment en aval du centre-ville d'Annecy où il est largement canalisé.

Cette solution est techniquement plus facile à mettre en œuvre et permet une sécurisation de l'installation sur le long terme. En effet, la nappe en lien avec le lac est située à une profondeur d'environ 1 m/TN (soit environ le niveau du lac), et présente un caractère captif sous un recouvrement de 5 m d'argiles. Une injection des eaux dans l'horizon productif de la nappe (entre 5 et 10 m de profondeur) engendrerait des risques de débordement des eaux à la réinjection, pouvant être accentués en cas de colmatage des puits, ainsi que des risques de soulèvement des terrains argileux en tête de la nappe captive.

Enfin, la solution de rejeter les eaux vers le Canal du Thiou est économiquement plus intéressante pour le projet, notamment au niveau de l'accessibilité et des frais d'entretien qui peuvent être importants en cas de colmatage régulier des ouvrages de rejet en nappe.

5.4.2 Choix de l'écart thermique

Les écarts thermiques ont été retenus afin d'adapter les besoins en débit de puisage potentiel sur la ressource d'une part, c'est-à-dire pour notamment limiter les débits maximaux mis en œuvre, et d'autre part de manière à limiter les écarts de températures entre l'eau rejetée à la rivière et les eaux du Canal du Thiou. L'objectif est de s'approcher au plus près de la température du Thiou afin d'impacter le moins possible la population piscicole au niveau de l'ouvrage de rejet dans le Thiou.

Les données de températures disponibles depuis 2006 sur les différentes plages du Lac d'Annecy montrent une bonne cohérence entre les températures des eaux, laissant supposer que la température du Thiou en est assez proche (cf. §12.1.6.4). Les températures oscillent globalement entre 4/5°C et 28/29°C. Il peut être considéré que la température moyenne mensuelle des eaux du Thiou oscille entre environ 5°C en hiver et environ 20°C en été.

La température des eaux souterraines est quant à elle estimée à environ 13°C (cf. mesure en mai 2020 et août 2024, §12.1.5.5). Par mesure de sécurité, une hypothèse d'une eau à 14°C a été retenue en été, et une hypothèse d'une eau à 10°C en hiver.

Ainsi, en période hivernale, un delta de température maximal de -5°C à partir d'une eau de nappe à 10°C, entrainera un rejet d'eau dans le Thiou à une température de l'ordre de 5°C, soit du même ordre de grandeur que les températures moyennes atteintes en hiver.

En période estivale, un delta de température maximal de +7°C à partir d'une eau de nappe à 14°C, entrainera un rejet d'eau dans le Thiou à une température de l'ordre de 21°C, soit du même ordre de grandeur que les températures moyennes atteintes en été.

6 DUREE DU TITRE SOLLICITE

Conformément à l'article 10.7 du décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherche et d'exploitation de géothermie et en application de l'article L. 134-4 du code minier, la durée du permis d'exploitation sollicitée doit être justifiée en tenant compte des conditions d'amortissement du projet. Cette durée doit prendre en compte les coûts de recherche et d'exploitation de l'installation géothermique et l'équilibre économique du projet.

D'après les études menées, les coûts d'investissement ainsi que les frais d'exploitation et d'entretien sont présentés dans les Tableau 10 et Tableau 11.

Poste d'investissement	Coûts estimatifs (€HT)
Reconnaisances	
Forage de reconnaissance et essais hydrauliques réalisés en 2020	20 800 €
Analyses d'eau et suivi piézométrique	17 025 €
Total Reconnaissances	€
Travaux pour une solution à 2 forages de captage	
Réalisation de 2 forages de captage	50 000 €
Essais hydrauliques et diagraphies des 2 forages de captage	30 000 €
Equipements hydrauliques des 2 forages de captage	20 000 €
Equipement des caves d'avant-puits des 2 forages de captage	40 000 €
Liaisons horizontales (tranchées et canalisations) : raccordement des forages de captage au local technique de la PAC	130 000 €
Ouvrage de rejet au Canal du Thiou	80 000 €
Liaisons horizontales (tranchées et canalisations) : raccordement de l'ouvrage de rejet au local technique de la PAC	75 000 €
Total Travaux pour une solution à 2 forages de captage	425 000 €
Travaux pour un forage de captage supplémentaire	
Réalisation d'un forage de captage supplémentaire	20 000 €
Essais hydrauliques et diagraphies du forage de captage supplémentaire	20 000 €
Equipements hydrauliques du forage de captage supplémentaire	10 000 €
Equipement de la cave d'avant-puits du forage de captage supplémentaire	20 000 €
Total Travaux pour un forage de captage supplémentaire	70 000 €
Travaux pour la production de chauffage / froid	
Equipement de production (PAC)	120 000 €
Autres postes de dépenses en chaufferie	80 000 €
Système de gestion et de suivi	25 000 €
Total Travaux pour la production de chauffage / froid	225 000 €
Divers (Etudes, MOE, Contrôles)	100 000 €
TOTAL €HT	857 825 €

Tableau 10 : Coûts estimatifs d'investissement relatifs à l'installation géothermique

Poste d'exploitation	Coûts estimatifs (€HT)
Surveillance tri-annuelle	3 000 €
Inspection caméra vidéo tous les 3 à 5 ans	3 000 €
Nettoyage tous les 5 à 10 ans	15 000 €
Renouvellement de pompe tous les 10 à 15 ans	15 000 €
TOTAL €HT par an sur 30 ans	6 000 €

Tableau 11 : Coûts estimatifs d'exploitation relatifs à l'installation géothermique

A ce stade du projet, l'entreprise qui aura la charge de la mise en place, du suivi et de la gestion de l'installation géothermique sur les premières années de fonctionnement n'a pas encore été déterminée. Ainsi, les différents frais d'investissement, d'exploitation annuelle et d'entretien présentés restent des frais estimatifs.

L'objectif de l'ensemble de ces investissements est de conserver sur le long terme l'installation géothermique pour répondre aux besoins de chauffage et de rafraîchissement au sein du bâtiment.

Le temps de retour sur investissement du projet est estimé supérieur à 20 ans selon différentes hypothèses retenues, par rapport à une solution de référence de type PAC Air-Eau, et considérant que le surinvestissement de la solution géothermie concerne principalement les investissements liés aux travaux des 2 forages de captage et de l'ouvrage de rejet en rivière.

Conformément aux dispositions de l'article L134-4 du Code Minier, en raison :

- De la durée d'amortissement estimée supérieure à 20 ans selon les hypothèses prises ;
- Des investissements importants qui sont et seront engagés dès les phases étude, conception et mise en place de l'installation ;
- De la durée de vie théorique des équipements d'une installation géothermique, qui varie de 10 à 20 ans, voire 25-30 ans pour une PAC géothermique ;
- Du renouvellement des équipements et de l'optimisation du coût de remplacement des équipements (pour une durée de vie d'équipement de 15 ans, avec un renouvellement, l'équipement pourra être fonctionnel sur 30 ans) ;
- De la fluctuation du prix de l'énergie ;
- De la pérennité de l'Hôtel de Ville d'Annecy ;
- Des conditions financières du pétitionnaire permettant d'assurer l'exploitation de l'installation ;
- De l'intérêt des pouvoirs publics pour la géothermie dont les modalités d'autorisation ont été simplifiées en 2019 pour en assurer le développement (voir notamment le rapport au Président de la République pour l'ordonnance n 2019-784 du 24 juillet 2019) ;

La durée du titre sollicitée correspond à la période maximale autorisée (du décret n°78-498), soit 30 ans, afin de permettre de sécuriser l'économie du projet quel que soit le contexte énergétique futur.

7 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS

7.1 Description de l'installation thermique

7.1.1 Principe de fonctionnement

7.1.1.1 Fonctionnement général

La production de chaleur et de froid est assurée en totalité par une production individuelle à créer. Cette production a pour origine deux à trois puits de captage de géothermie sur eau de nappe. La pompe à chaleur eau/eau, située dans le local technique situé au Nord-Ouest du bâtiment au rez-de-chaussée, permet d'assurer la production de chaud et/ou froid. Le rejet des eaux s'effectue via un ouvrage de rejet au Canal du Thiou.

Il est prévu deux échangeurs avec la PAC pour assurer un fonctionnement chaud / géocooling (prélèvement d'énergie) ou froid (rejet d'énergie), ou bien un fonctionnement simultané chaud/froid. Dans tous les cas, le fonctionnement en géocooling est prioritaire par rapport au fonctionnement en PAC réversible en été afin de limiter les débits de rejet en période estivale. Le fonctionnement en réversibilité de la PAC est un mode de secours en cas de manque avéré de puissance côté intérieur ou de température d'eau de nappe non exploitable côté intérieur. Afin d'appuyer ce fonctionnement, l'ensemble des équipements intérieurs (batteries de Centrales de Traitement d'Air, batteries de ventilo-convecteurs notamment) sont dimensionnés sur les régimes de température adaptés au géocooling.

Le régime de distribution intérieur est de 45°C/40°C en chaud, 17/22°C en géocooling, potentiellement 7/12°C en mode eau glacée pour le primaire eau glacée si nécessaire en mode canicule prolongée.

Il est prévu une production de chaleur de secours avec pour origine, la chaufferie gaz existante du bâtiment Groupe Scolaire / Crèche (régime d'eau 80/60°C), situé au Nord du bâtiment.

Depuis le local technique, un réseau chaud et un réseau froid desserviront les colonnes montantes de part et d'autre du bâtiment. La distribution est intégralement calorifugée de classe 4 et dessert les plateaux par alimentation des ventilo-convecteurs posés par trame. Les espaces sont majoritairement traités par des ventilo-convecteurs. Certains par radiateurs ou via les centrales de traitement d'air.

Les schémas de principe de production calorifique et frigorifique ainsi que les synoptiques de distribution hydraulique de l'installation sont reportés en Annexe 9 et Annexe 10.

7.1.1.2 Fonctionnement détaillé hiver

En hiver, la pompe à chaleur est en mode chaud, réchauffant les retours du réseau chaud pour atteindre la consigne du réseau (selon loi d'eau). Les pompes auxiliaires (évaporateur et condenseur) sont asservies au fonctionnement de la PAC. L'échangeur sur nappe « Rejet PAC » est irrigué par des pompes de charge côté évaporateur et par les pompes immergées côté forage. L'échangeur sur nappe « Géocooling » est fermé. Le débit de pompage dans la nappe en mode chaud est régulé pour obtenir un écart de température sur l'échangeur « Rejet PAC » de -5°C maximum.

7.1.1.3 Fonctionnement mi-saison

En mi-saison, où lorsque des besoins chaud et froid intérieurs au bâtiment peuvent être simultanés, la PAC fonctionne en 4 tubes. C'est-à-dire que si le besoin majoritaire dans le bâtiment est en froid, le chaud est réinjecté dans les réseaux intérieurs au bâtiment sans rejet sur la nappe. Le fonctionnement est également possible de manière inverse.

Dans les cas où un déséquilibre est marqué entre le froid et le chaud, le complément sera réalisé soit par le géocooling en mode froid, soit le rejet froid sera réalisé sur la nappe en mode chaud.

7.1.1.4 Fonctionnement détaillé été

En été, la priorité est donnée au géocooling (by-pass de la PAC). L'échangeur sur nappe « Géocooling » est irrigué par des pompes primaires géocooling et par les pompes immergées côté forage. L'échangeur sur nappe « Rejet PAC » est fermé. Le débit de pompage dans la nappe en mode froid est régulé pour obtenir un écart de température sur l'échangeur « Géocooling » de 7°C maximum.

7.1.1.5 Fonctionnement secours été

En cas de canicule prolongée et de non atteinte de la consigne, un mode été priorité PAC est mis en œuvre. Les pompes auxiliaires (évaporateur et condenseur) sont asservies au fonctionnement de la PAC. L'échangeur sur nappe « Rejet PAC » est irrigué par des pompes de charges côté évaporateur et par les pompes immergées côté forage. L'échangeur sur nappe « Géocooling » est fermé. Le débit de pompage dans la nappe en mode froid est régulé pour obtenir un écart de température sur l'échangeur « Rejet PAC » de 7°C maximum.

L'appoint de chaleur est fourni par la chaufferie Gaz centralisée existante (via la vanne 3 voies générale).

7.1.2 Local technique

Le local technique de l'installation thermique se situe au rez-de-chaussée (cf. localisation Figure 6). Sa superficie est de 50,9 m², avec un niveau prévu à 448,47 m NGF.

L'accès au local sera fermé et réservé exclusivement aux personnels techniques habilités à pénétrer (personnels formés aux installations et pompiers).

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

7.1.3 PAC et fluide frigorigène

Il est envisagé l'utilisation d'une seule pompe à chaleur eau/eau qui fonctionnera avec le fluide frigorigène HFO R-1234ze (HFO=HydroFluoro-Oléfine).

La puissance frigorifique est de 340 kW et la puissance de chauffage est de 370 kW. L'efficacité énergétique de refroidissement saisonnière (SEER) est supérieure à 8 et l'efficacité saisonnière de chauffage (SCOP) est supérieure à 5.

La variation de puissance est réalisée via un tiroir de régulation au niveau du compresseur à vis qui permet de faire varier la pression et la puissance de sortie de manière précise et adaptée au besoin du bâtiment.

Le fonctionnement de la pompe en place dans le forage de prélèvement est asservi au fonctionnement de la pompe à chaleur : l'arrêt de la pompe à chaleur engendre l'arrêt de la pompe primaire, et de la même façon la remise en marche de la pompe à chaleur nécessite une mise en route préalable de la pompe.

Les principales caractéristiques techniques et performances des équipements de production sont présentées dans le Tableau 12.

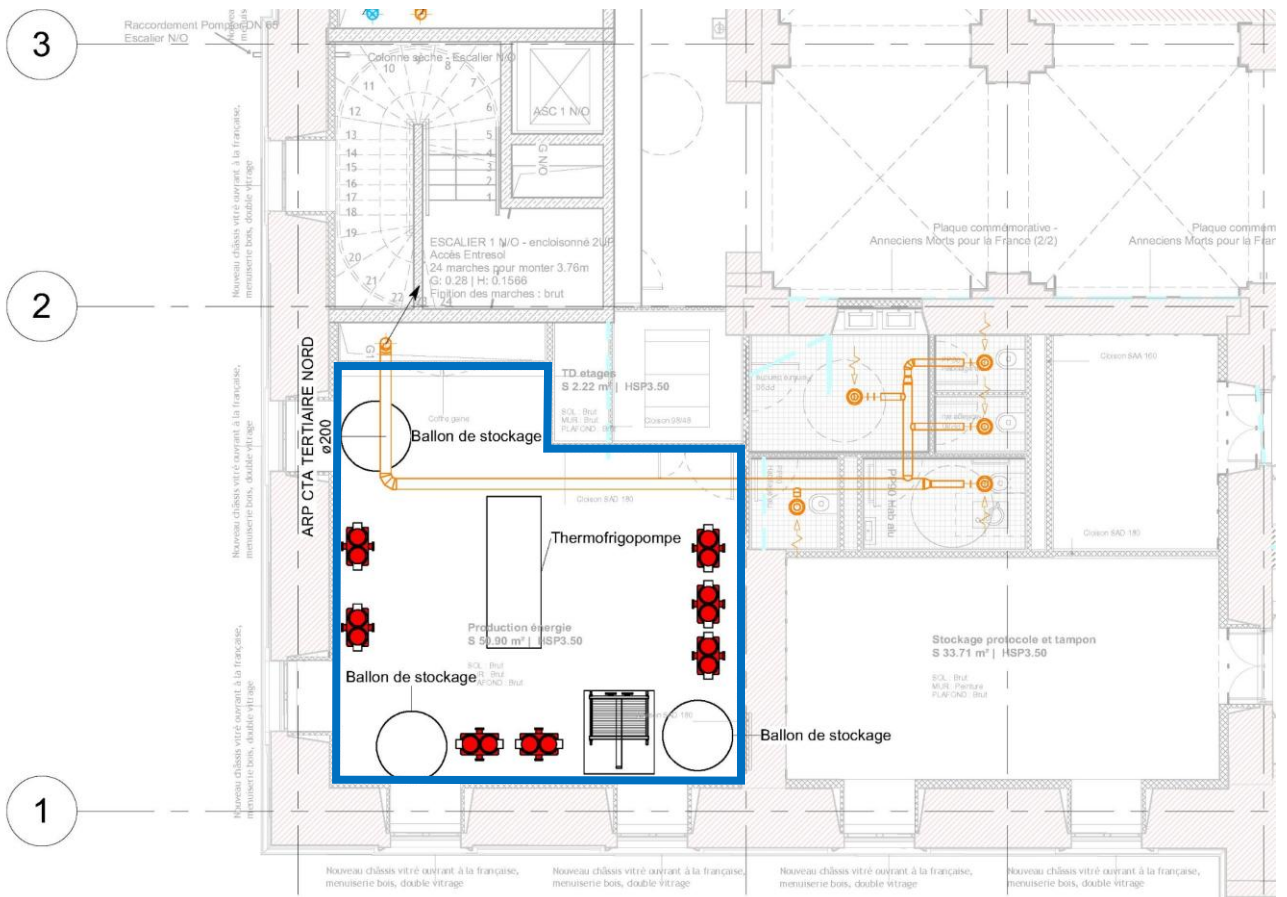
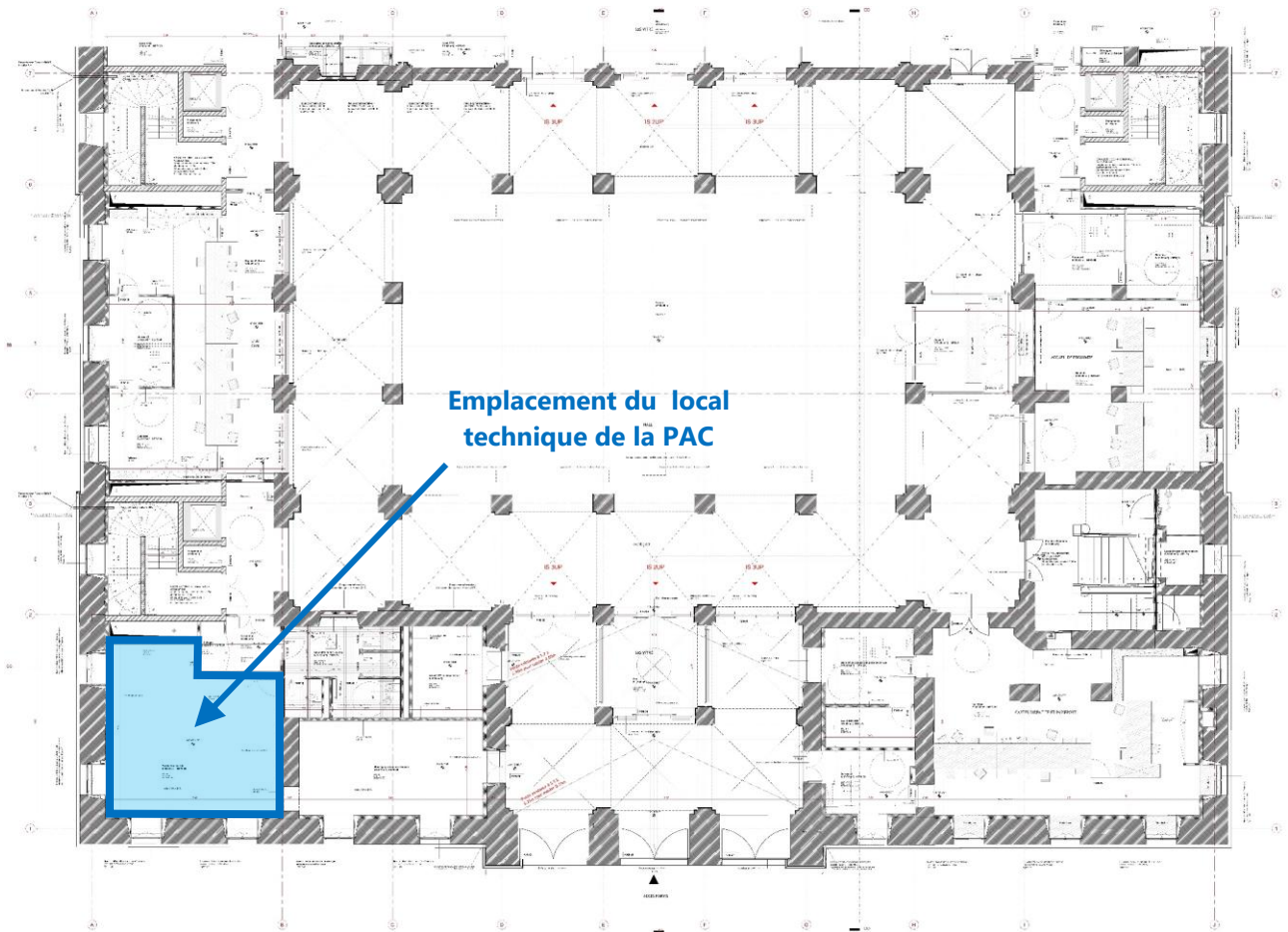


Figure 6 : Localisation du local technique de la PAC au rez-de-chaussée

Usage	Chauffage	Froid
Type d'équipement	PAC Eau/Eau chaud froid (réversible)	PAC Eau/Eau chaud froid (réversible)
Puissance thermique / frigorifique (kW)	370	340
COP / EER normé selon EN 14511-2	6.55	5.74
COP / EER à la température de fonctionnement du projet	4.81	3.88
Température de fonctionnement à l'évaporateur (°C)	7/12	7/12
Température de fonctionnement au condenseur (°C)	45/40	45/40
Type de fluide frigorigène	R-1234ZE / HFO	R-1234ZE / HFO
Masse de fluide frigorigène	130 kg (PAC commune chaud froid)	130 kg (PAC commune chaud froid)
Débit de fluide à l'évaporateur (l/s)	18.9	18.9
Débit de fluide au condenseur (l/s)	23.7	23.7

Tableau 12 : Principales caractéristiques techniques et performances de la PAC

7.1.4 Motivation du choix technique

Le projet n'a pas fait l'objet d'une étude de faisabilité énergétique étant donné qu'il n'y a aucune obligation réglementaire. Le choix de la géothermie s'est orienté naturellement du fait de :

- La disponibilité importante de la ressource, localement ;
- Le programme du projet qui oriente la conception sur cette solution.

Néanmoins, pour l'atteinte des seuils du décret tertiaire, la mise en œuvre d'une solution de pompe à chaleur est prépondérante pour la diminution des consommations d'énergie et la baisse des émissions de carbone liées à la production de chaleur et de froid pour un bâtiment tertiaire.

La solution alternative aurait été une production par PAC Air/Eau, néanmoins, les surfaces techniques extérieures disponibles pour ce type de solution sont insuffisantes sur ce projet, sans dégrader, d'une part, la qualité architecturale et d'autre part, la qualité patrimoniale de la zone géographique.

7.2 Description de l'installation de la chaudière commune au Groupe Scolaire / Crèche

En hiver, une production de chaleur de secours sera possible via la chaufferie existante du bâtiment Groupe Scolaire / Crèche voisins. Cette chaufferie alimentait auparavant directement l'Hôtel de Ville en chaud.

Le local de la chaufferie est situé au sous-sol (semi enterré) du bâtiment de la crèche (Figure 7). Il se compose de 3 chaudières en cascade modèle Varino Grande 450 kW de chez Atlantic Guillot, ainsi que des brûleurs associés (Evod 350-450).

Le schéma de principe de production affiché dans le local de la chaufferie est reporté Figure 8.



Figure 7 : Localisation du local de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche au sous-sol du bâtiment de la crèche

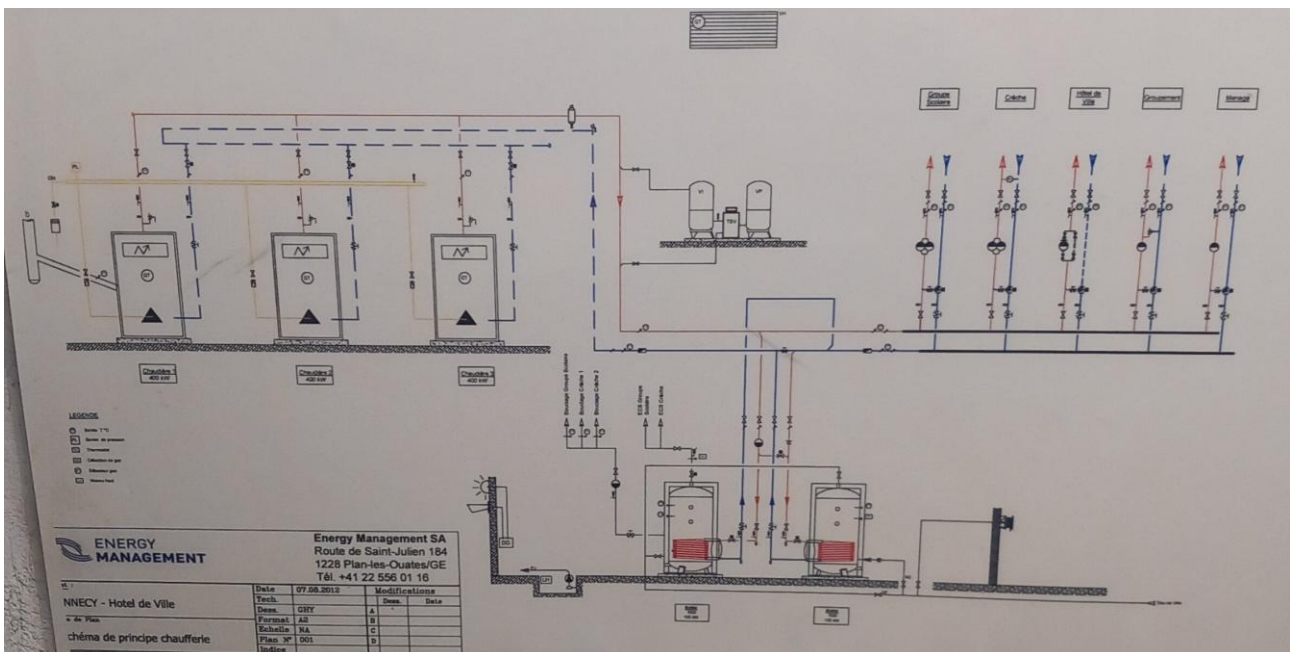


Figure 8 : Schéma de principe du local de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche au sous-sol du bâtiment de la crèche

L'installation est exploitée par Dalkia depuis 2023. Elle fait l'objet d'un contrôle réglementaire par un organisme agréé par le ministère en charge des installations classées et conformément à l'arrêté du 2 octobre 2009 relatif au contrôle des chaudières dont la puissance nominale est supérieure à 400 kW et inférieure à 20 MW.

Le dernier rapport des contrôles périodiques sur les rejets atmosphériques réalisés par Apave Exploitation est reporté en Annexe 12. Les investigations montrent une conformité sur les gaz rejetés en cheminée, une absence d'écarts aux normes et donc des exigences respectées.

Les autres éléments d'entretien de l'installation sont les suivants :

- Contrôle annuel sur les centrales de détection de gaz (rapport de maintenance en Annexe 13) ;
- Livret de chaufferie présent sur site dans lequel l'exploitant renseigne toutes les interventions sur les installations CVC ;
- Ramonage annuel des chaudières en fonctionnement (certificat en Annexe 14) ;
- Vérification annuelle des extincteurs.

Le local de la chaufferie est fermé à clé, accessible uniquement à certaines personnes de la mairie et à l'exploitant Dalkia. Seules les personnes équipées d'un détecteur de monoxyde de carbone sont autorisées à se rendre en chaufferie.

7.3 Description de l'installation géothermique

L'étude de préfaisabilité géothermique réalisée en 2020 par Artélia à la suite du forage de reconnaissance dans les Jardins de l'Europe avait conclu à la présence d'une nappe productive entre 5 et 10 m de profondeur.

Les résultats des investigations ont permis de définir la nécessité de réaliser deux ou trois puits de captage des eaux souterraines des alluvions de la Plaine d'Annecy dans les Jardins de l'Europe. Ils permettront de couvrir la totalité des besoins énergétiques du bâtiment, avec un fonctionnement en simultané ou en alternance, chacun permettant de couvrir la totalité du débit de pointe demandé (54 m³/h). Le troisième puits sera réalisé dans le cas où la productivité sur les deux premiers serait insuffisante.

Le rejet des eaux pompées sera quant à lui fait en rivière, au Canal du Thiou, exutoire du Lac d'Annecy, à proximité immédiate (au niveau du Quai Napoléon III) afin d'éviter toute mise en pression des argiles (épaisseur de 5 m) recouvrant la nappe captive et/ou débordement des eaux à la réinjection (nappe peu profonde et risque de colmatage).

Les forages de captage et l'ouvrage de rejet seront implantés dans des espaces publics. Leur accès sera fermé.

Le permis de construire des bâtiments a été approuvé le 18/07/2023. Le début du chantier est prévu en février 2025 et la livraison prévisionnelle de bâtiment en février 2027. A ce jour, les travaux de forage sont envisagés pour avril 2026.

L'implantation finale précise des forages sera arrêtée en concertation avec le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et l'Entreprise durant la phase de préparation, en fonction des caractéristiques géométriques de la machine de forage utilisée et de l'environnement chantier, en dehors des surfaces bâties et restant accessible pour toute opération future (cf. Figure 3 et Annexe 7).

7.3.1 Description des ouvrages de prélèvement en nappe

7.3.1.1 Forage, équipements et essais hydrauliques

La méthode de foration nécessaire à la réalisation de ces ouvrages de prélèvement sera laissée libre, à l'appréciation de l'entreprise de forage en charge des travaux, tenant compte des différents horizons géologiques présents au droit du site (argiles sur 5 m et horizons sablo-graveleux) et des diamètres de tubage et de foration recherchés.

Elle consistera en un curage du forage avec tubage de soutènement provisoire. Après la mise en place de l'équipement définitif, l'espace annulaire entre les tubages définitifs et les tubes de soutènement provisoires est comblé par du gravier filtre, puis par une cimentation de tête afin d'isoler l'aquifère capté des infiltrations de surface. Au cours de ces phases de comblement, les tubes de soutènement sont progressivement retirés.

Les forages sont dimensionnés pour être chacun en capacité de couvrir le débit d'exploitation maximum de l'installation, soit 54 m³/h en pointe. La productivité de l'aquifère permettra de conserver le caractère captif de la nappe des alluvions sous le recouvrement argileux (épaisseur de 5 m).

En effet, le pompage d'essai réalisé sur le forage de reconnaissance en mai 2020 avec un débit de 15,9 m³/h et sur une durée de 4 heures a permis d'observer un début de stabilisation du niveau dynamique au bout de 3,5 heures avec un rabattement maximal de 0,37 m, soit un débit spécifique de l'ordre de 40 m³/h/m. L'interprétation des données proposée par ARTELIA dans le cadre de la préfaisabilité conduit à retenir une transmissivité de $1,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, soit en considérant une nappe de 5 m d'épaisseur une perméabilité $K=3,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$. Sur cette base, en exploitation, le rabattement de la nappe au voisinage direct du pompage serait au maximum de l'ordre de 1,5 m pour un débit de pompage de 50 m³/h, soit un niveau d'eau attendu entre 2,5 et 3 m/TN.

Les coupes géologiques et techniques prévisionnelles des ouvrages de prélèvement sont présentées Figure 9. Les cotes de foration et des équipements sont indicatives et seront adaptées en fonction des profondeurs des terrains effectivement rencontrés (profondeur des horizons argileux et épaisseur des horizons productifs). Les cotes d'arrêt de foration, de tubage et de mise en place des crépines précises seront déterminées en accord avec le maître d'œuvre.

La lithologie au droit du projet, reconnue dans le cadre du forage de reconnaissance, est la suivante :

- De 0 à 0,5 m/TN : remblais plus ou moins graveleux ;
- De 0,5 à 5,5 m/TN : argiles plastiques grises avec recouvrement limoneux en tête et plus limoneuse à la base ;
- De 5,5 à 10,5 m/TN : sables plus ou moins graveleux avec horizons plus ou moins fins potentiels ;
- Au-delà de 10,5 m/TN : matériaux vasards et sablo-limoneux.

Les principales caractéristiques des forages envisagés sont les suivantes :

- Aquifère sollicité : nappe des alluvions de la Plaine d'Annecy ;
- Niveau statique de la nappe : environ 1 m/TN ;
- Forage en diamètre Ø344 mm minimum de 0 à 11 m/TN, avec mise en place de tubes de soutènement provisoires ;
- Tubage pleins et crépinés Ø244 mm minimum en acier inox AISI 304 L ;
- Centreurs.

La coupe technique prévisionnelle est la suivante :

- 0 à 5,5 m/TN : tubage plein en acier inox DN 244 mm, qui sera recépé et dépassera d'une cinquantaine de centimètre le fond du regard de visite ;
- 5,5 à 10,5 m/TN : tubage crépiné en acier inox DN 244 mm, fil enroulé, slot 1 mm ;
- 10,5 à 11 m/TN : tubage plein en acier inox DN 244 mm (tube décanteur), fond plat.

L'espace annulaire sera composé comme suit :

- Cimentation de tête de la base du regard de visite à 4,5 m/TN (cimentation par injection d'un coulis) ;
- Bouchon d'argile de 4,5 à 5 m/TN ;
- Massif filtrant de 5 à 11 m : graviers filtre siliceux roulés et lavés 2/4 mm, soit environ 0,3 m³ de gravier.

Afin d'éviter toute infiltration d'eau souillée dans la nappe, les équipements de tête seront contenus dans un tampon fonte étanche et verrouillable.

En considérant une foration en DN350 mm, le volume global de déblais extraits lors de la réalisation des forages sera de l'ordre de 1 m³. Les déblais et cuttings de forage seront évacués vers un centre d'élimination en filière adaptée, selon la réglementation en vigueur.

À la suite des travaux de forage, des pompages de développement et des pompages d'essai seront effectués indépendamment sur chacun des ouvrages. A ce jour, le programme d'essai envisagé est le suivant :

- Un développement des ouvrages sera réalisé sur une durée de l'ordre de 12 heures, par pompage à débit croissant avec des « pistonages » provoqués par des marches-arrêts de la pompe. Les débits prévisionnels sont les suivants : 10, 20, 40 et 60 m³/h. Ainsi le volume global pompé en nappe lors du développement des 3 ouvrages sera de l'ordre de 1600 m³.
- Après développement, un pompage par paliers enchaînés d'une heure sera réalisé sur chacun des ouvrages. Les débits prévisionnels sont les suivants : 10, 20, 40 et 60 m³/h. Ainsi, le volume global pompé en nappe lors des essais par paliers des 3 ouvrages sera de l'ordre de 400 m³.
- Après les pompages par paliers, un pompage longue durée sera réalisé sur chaque ouvrage. Son déroulement prévisionnel est le suivant : pompage à 60 m³/h pendant 24 heures. Le volume global pompé dans la nappe à la suite des pompages de longue durée des 3 ouvrages sera de l'ordre de 4400 m³.
- A l'issue des pompages de développement et des pompages d'essais par paliers et longue durée, un pompage vraie grandeur à 60 m³/h d'une durée de 24 heures sera réalisé avec pompage réparti dans les forages de prélèvement et réinjection dans l'ouvrage de rejet au Thiou (si celui-ci a pu être réalisé dans un planning compatible, à défaut le rejet se fera au réseau d'assainissement après accord du gestionnaire).

Le volume global pompé dans la nappe à la suite du pompage vraie grandeur sera de l'ordre de 8 000 m³. Il est important de noter que le programme de pompage indiqué ci-dessus devra être adapté en fonction des rabattements et de la productivité réelle des forages.

Les eaux pompées seront rejetées après décantation dans le réseau d'assainissement après vérification que celui-ci le permet et autorisation du service compétent. L'obtention des autorisations nécessaires sont à la charge de l'entreprise de forage. Les eaux doivent être claires et exemptes de toute pollution.

Un prélèvement pour analyse chimique et bactériologique des eaux sera réalisé à la fin de chaque pompage longue durée sur chaque forage.

Les travaux seront réalisés selon la norme en vigueur (NF-X10-999) et suivis par un maître d'œuvre spécialisé dans le domaine de l'hydrogéologie.

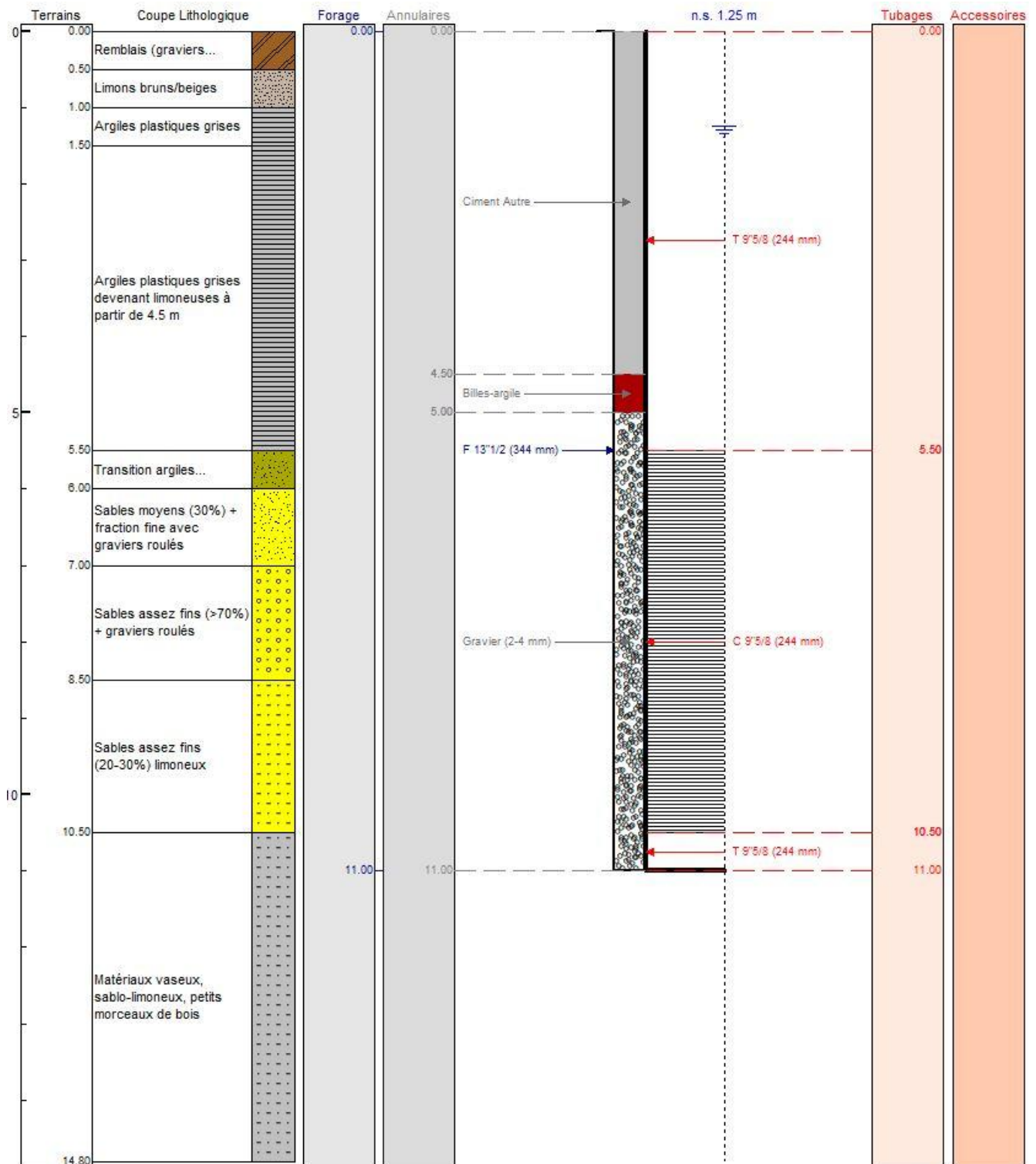


Figure 9 : Coupe géologique et technique prévisionnelle des forages de prélèvement

7.3.1.2 Cave d'avant-puits

Les forages seront protégés notamment des ruissellements et de toute introduction d'eau de surface éventuellement chargée en matières solides. Pour cela, il sera créé un regard enterré parfaitement étanche au niveau de chaque forage, ayant des dimensions maximums d'environ 3x2m et une profondeur d'environ 1,5 m.

Cet avant-puits sera constitué d'éléments préfabriqués étanches, ancré dans une dalle basse en béton d'épaisseur minimale 200 mm ancrée dans la cimentation de tête du forage. Des réservations seront prévues pour le passage des fourreaux électriques (courants forts, courants faibles et communications).

L'accès se fera via une échelle et des capots étanches à ras du sol. Selon leur dimension, une dalle haute en béton d'épaisseur minimale 200 mm sera créée. La tête de puits sera accessible depuis la surface pour les futures opérations de maintenance.

Le tubage du forage dépassera au minimum de 0,2 m du fond de la cave d'avant-puits.

Après réalisation des avant-puits, un nivellement des ouvrages (terrain naturel /capot et repère de mesure / tubage) sera effectué afin de connaître précisément les niveaux de nappe mesurés.

7.3.1.3 Equipement hydrauliques des puits

Les équipements décrits ci-dessous seront mis en en place :

- Une pompe immergée, type Grundfos SP 60-4, SP 46-3 ou similaire, permettant le fonctionnement au débit maximum d'exploitation (54 m³/h) avec une HMT suffisante pour compenser les pertes de charge du circuit (estimée à ce stade à 30 m maximum). L'aspiration sera positionnée vers 6,5 m/TN, à ajuster en fonction du résultat des différents essais (top de la pompe vers 5,2 m/TN, pour un niveau en rabattement attendu aux alentours de 2,7 m/TN, à niveau piézométrique initial équivalent à celui mesuré en mai 2020) ;
- Une colonne d'exhaure inox DN100 ;
- Une tête étanche inox DN250 avec sorties presse-étoupe étanches, vanne papillon, joints, boulonnerie et purgeur d'air ;
- Deux tubes guide sonde : un pour les mesures manuelles, un pour les sondes de suivi et d'alerte du niveau ;
- Une sonde de suivi du niveau d'eau et une sonde d'alerte de niveau pour arrêter la pompe en cas de niveau trop bas ;
- Une vanne de sectionnement pour permettre les opérations de maintenance et d'entretien ;
- Un manomètre afin de suivre la pression d'eau dans la conduite de départ vers le local PAC, ainsi qu'un transmetteur de pression ;
- Un robinet de prélèvement flammable ;
- Un clapet anti-retour.

La pompe immergée du forage de production sera équipée d'un variateur de fréquence de façon à adapter le débit aux besoins thermiques.

7.3.2 Description de l'ouvrage de rejet en rivière au Canal du Thiou

Le rejet consiste en l'installation d'une conduite DN150 dans le quai Napoléon III, avec clapet anti-retour verrouillable. Cette conduite permettra l'évacuation des eaux prélevées dans les ouvrages de captage, après leur passage par l'échangeur thermique.

Le haut de la conduite se situera à au moins 15 cm au-dessous de la cote d'eau minimale retenue pour le projet, correspondant au niveau d'étiage décennal pour l'horizon 2070 (prise en compte des effets du réchauffement climatique), soit 445,87 m NGF. En effet, d'après les informations fournies par la mairie d'Annecy, une étude récente tend à montrer que le niveau du lac pourrait subir une baisse des niveaux moyens à la fin de l'étiage (octobre) de l'ordre de -46% (soit -26 cm par rapport à l'altitude 0 de l'échelle du Pont de la Halle de 446,17 m NGF). A l'heure actuelle, le niveau d'eau pour l'étiage est de 69 cm à cet endroit, et le niveau d'étiage décennal est de 30 cm. Celui-ci sera de -34 cm à l'échelle à l'horizon 2070-2100, soit 445,87 m NGF.

L'installation du rejet dans le canal du Thiou (Figure 10) nécessitera l'intervention d'un foreur côté quai et côté Thiou, avec la réalisation temporaire d'une tranchée dans le premier cas et la mise en place d'un batardeau dans le second. Côté Thiou, un pompage sera maintenu dans le batardeau avec rejet au Thiou pour la phase travaux afin de permettre le travail à sec.

Les travaux seront réalisés en période d'étiage afin de limiter la hauteur d'eau coté Thiou. Le batardeau en acier présentera les dimensions suivantes : environ 2 m de largeur sur 2,5 m de haut, et profondeur de 3,1 m (emprise < 10 m²). Coté terre, la tranchée d'environ 1,5 m de large sera réalisée jusqu'à la cote du fond du lit du cours d'eau, soit à une profondeur d'environ 2,8 m. L'ouvrage sera composé d'une chambre de refoulement permettant de dissiper l'énergie (chute dans le profil en long) avec regard visitable coté quai.

L'ouvrage sera réalisé selon les règles de l'art. Les matériaux excavés (revêtement, remblais) seront évacués en décharge de filière adaptée.

Le mur du quai fera l'objet d'un carottage depuis le Thiou. L'étanchéité du mur du quai sera reprise en fin de travaux, après mise en place de la conduite et d'un clapet anti-retour verrouillable.

L'ouvrage de rejet réalisé n'est pas de nature à créer un obstacle à l'écoulement des eaux ou à la continuité écologique, ni à modifier le profil en long ou en travers du Canal du Thiou (Figure 11).

7.3.3 Raccordement des ouvrages au local technique

Le raccordement entre les forages de captage et le local technique sera réalisé au moyen de canalisations en PEHD DN100 PN16. Les canalisations depuis les captages seront regroupées dans un regard intermédiaire par une canalisation de plus gros diamètre en direction du local technique (PEHD DN150 PN16).

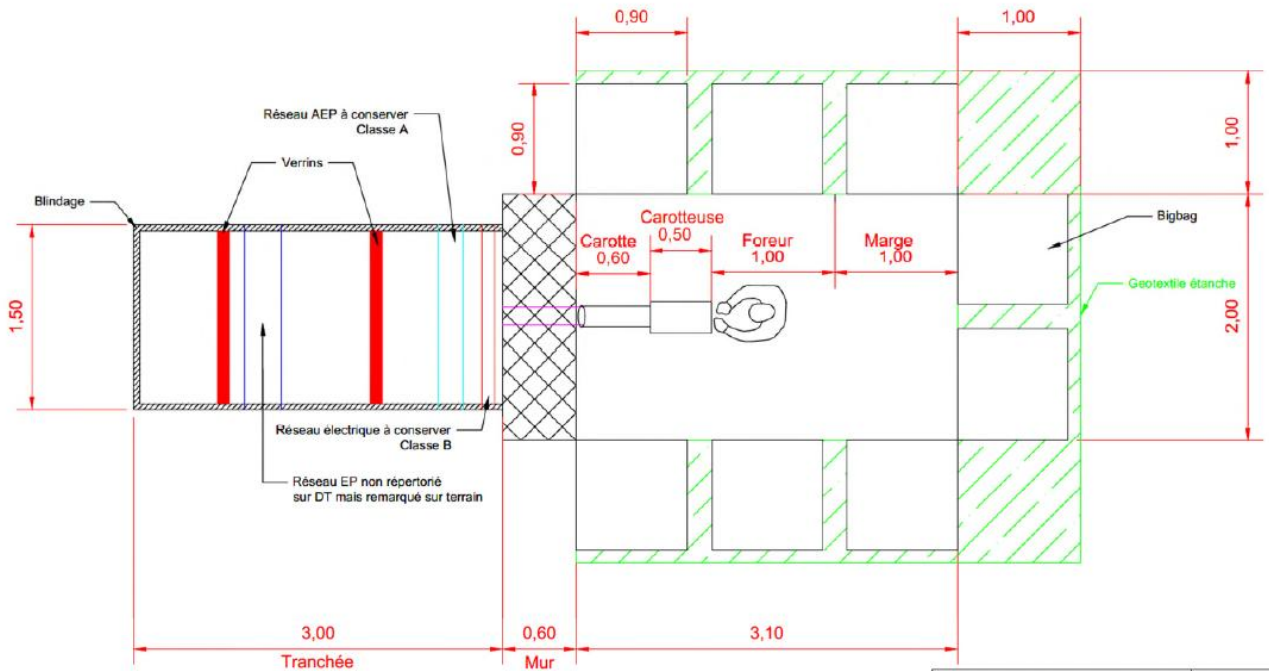
Le raccordement du local technique à l'ouvrage de rejet en rivière sera réalisé au moyen de canalisations en PEHD DN150 PN16.

Les canalisations seront disposées dans des tranchées peu profondes (de l'ordre de 1 m de profondeur) permettant la mise hors gel des conduites. Les tranchées comprendront également les câbles d'alimentation électrique CFA et CFO.

Les différents cheminements sont représentés en Annexe 7.

Quai Napoléon III

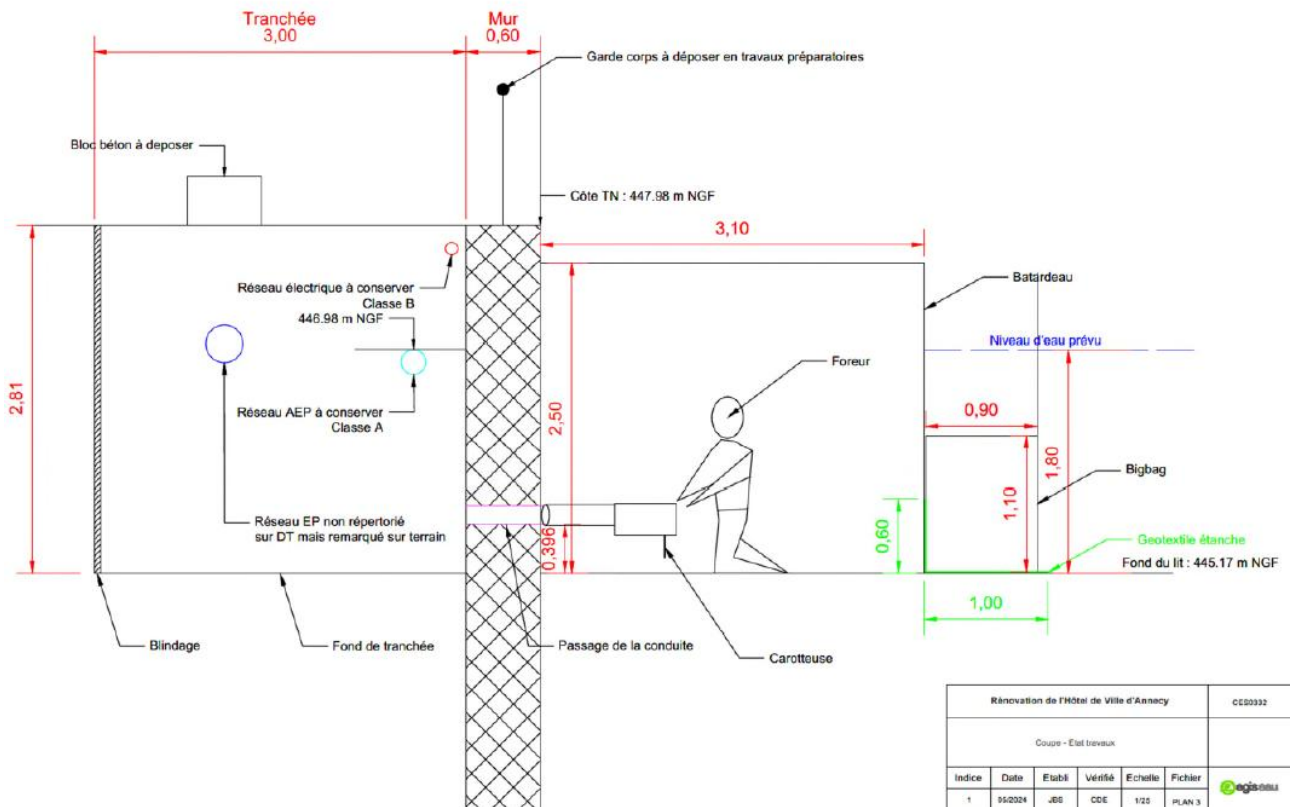
Rivière Thiou



Rénovation de l'Hôtel de Ville d'Annecy						CE90332
Vue en plan - Etat travaux						
Indice	Date	Etabli	Vérifié	Echelle	Fichier	
1	05/2024	JBS	CDE	1/25	PLAN 2	

Quai Napoléon III

Rivière Thiou

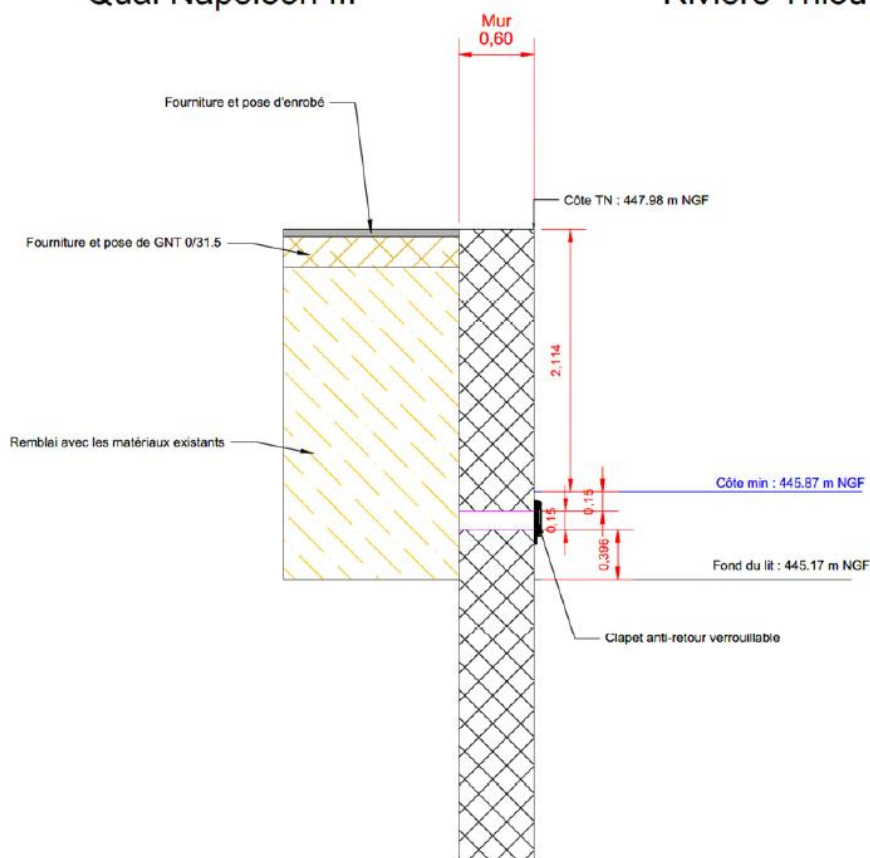


Rénovation de l'Hôtel de Ville d'Annecy						CE90332
Coupe - Etat travaux						
Indice	Date	Etabli	Vérifié	Echelle	Fichier	
1	05/2024	JBS	CDE	1/25	PLAN 3	

Figure 10 : Vue schématique en coupe de l'installation de la conduite de rejet au Thiou

Quai Napoléon III

Rivière Thiou



Rénovation de l'Hôtel de Ville d'Annecy						CC0332
Coupe - Etai final						
Indice	Date	Établi	Vérifié	Echelle	Fichier	
1	05/2024	JRS	CDE	1/25	PLAN 4	

Figure 11 : Coupe technique prévisionnelle de l'ouvrage de rejet

7.3.4 Description des outils de mesure

Les équipements de la boucle géothermale sont constitués de :

- Dans les forages de captage :
 - o 1 capteur de pression pour la mesure du niveau d'eau de la nappe ;
 - o 1 capteur d'alerte de niveau bas pour permettre l'arrêt de la pompe et éviter sa détérioration ;
- Dans les caves d'avant-puits des forages de captage :
 - o 1 manomètre et un pressostat pour permettre la lecture et la transmission de la pression en tête de colonne ;
 - o 1 robinet de prélèvement flammable pour permettre le prélèvement des eaux pompées et analyses ;
- Sur la canalisation d'amenée vers et de retour depuis les échangeurs alimentant la pompe à chaleur :
 - o 1 compteur de calorie afin de suivre les performances du système ;
 - o 1 compteur volumétrique sans possibilité de remise à 0 ;
 - o 1 débitmètre électromagnétique ;
 - o 1 filtre à particules en amont de l'échangeur, adapté à la qualité de l'eau pompée (protection contre le colmatage des échangeurs et diminution des fines en rejet) ;
 - o 1 robinet de prélèvement en amont et en aval du filtre ;

- En amont et aval des échangeurs alimentant la pompe à chaleur, de part et d'autre :
 - o 1 capteur de température pour le calcul du delta T de l'installation thermique ;
 - o 1 capteur de pression ;
- Pour le suivi des performances du systèmes :
 - o Compteurs électriques sur l'alimentation des PACs ;
 - o Compteurs électriques sur les auxiliaires (pompe de forage, circulateurs).

Le fonctionnement de l'installation sera suivi. L'ensemble de ces organes, hormis le compteur volumétrique, seront raccordés à une centrale d'acquisition (GTC) permettant l'enregistrement des données au pas de temps horaire. Les informations (mesures) seront transmises à la gestion technique du bâtiment (GTB) pour réguler le fonctionnement des différents systèmes de l'installation et informer des défauts et alarmes de fonctionnement, ainsi qu'assurer le suivi des performances.

Le compteur volumétrique sera relevé annuellement et les données seront consignées dans un fichier de suivi.

Chaque pompe sera gérée à distance et raccordée à la centrale de gestion automatique pour le réglage des débits de pompage en fonction des besoins énergétiques. La production sera adaptée aux besoins.

Les armoires électriques d'alimentation et de contrôle commande des divers équipements, ainsi que du variateur de vitesse de la pompe du captage, seront placées dans le local PAC.

7.3.5 Motivation du choix technique

Cette installation géothermique prévisionnelle, fonctionnant à partir de deux ou trois forages de prélèvement en nappe et d'un ouvrage de rejet en rivière, a été définie en raison du contexte géologique local et des résultats des investigations hydrogéologiques et des études menées en phase de faisabilité du projet.

La nappe contenue dans les horizons sableux des alluvions de la Plaine d'Annecy présente une bonne productivité et un caractère captif sous environ 5 m de recouvrement argileux.

Au vu des besoins du projet, le prélèvement d'eau pour un usage de géothermie est favorable. Le rejet dans le Canal du Thiou est quant à lui privilégié en raison de la faible profondeur de la nappe impliquant des difficultés de réinjection des eaux pompées et un risque de débordement des ouvrages à long terme en cas de colmatage de ceux-ci, ainsi qu'un risque de soulèvement des formations argileuses. De plus, il évite un recyclage thermique entre les ouvrages qui pourrait être important en cas de réinjection en nappe compte tenu du nombre de forages de rejet nécessaire et de l'emprise du projet.

7.3.6 Entretien et maintenance des ouvrages

7.3.6.1 Bilans de surveillance initiaux

Un bilan de surveillance sera effectué chaque trimestre pendant les deux premières années de fonctionnement. Ce bilan portera sur :

- Les paramètres d'exploitation (débits/rabattements/températures) ;
- La maintenance effectuée par l'exploitant.

Il permettra de réévaluer, si nécessaire, le régime d'exploitation.

Cette visite trimestrielle des installations fera l'objet d'un rapport annuel reprenant les relevés de tous les compteurs, mesures manuelles, contrôle des têtes de puits, vérification des filtres, présence de dépôts, opérations effectuées, etc.

La fréquence des bilans à réaliser par la suite sera adaptée en fonction des observations effectuées au cours de ces deux premières années.

Les équipements et sondes feront l'objet d'un nettoyage régulier. Le renouvellement du matériel de pompage est prévu tous les dix à quinze ans.

7.3.6.2 Contrôles annuel et triennal des puits

Un suivi annuel de chaque puits permet de vérifier et prévenir leur vieillissement :

- Contrôle des caractéristiques hydrauliques du puits, avec mise en œuvre d'un pompage par palier d'une heure avec pompes en place, suivi des niveaux dynamiques dans l'ouvrage, interprétation des résultats et comparaison avec les résultats antérieurs. Ces contrôles nécessiteront une interruption de la boucle et devront être prévus en période de faible demande ;
- Mesure in-situ de l'oxygène dissous, de la conductivité/température, du pH, du potentiel redox (Eh) ;
- Prélèvement d'eau pour analyse en laboratoire des paramètres permettant une caractérisation de la compatibilité des eaux à un usage géothermique et à un rejet dans les eaux de surface, comme ceux déjà analysés dans le cadre de ce dossier (cf. Tableau 19, Tableau 20, Tableau 26 et Annexe 15) ;
- Vérification de l'état de la tête de tubage (étanchéité) ;
- Evacuation des eaux stagnantes en fond d'avant-puits au moyen d'une pompe vide-cave ;
- Inspection par caméra vidéo après 1 an de fonctionnement.

Ces contrôles annuels ne nécessitent pas, a priori, l'intervention d'une entreprise de forage.

Ce suivi aura pour but de définir des consignes d'exploitation et d'entretien (débit de production maximal, minimal, température, régénération des puits).

En complément à ce suivi annuel, un contrôle tous les trois à cinq ans par caméra vidéo permettra de constater l'absence de détérioration de la structure du puits et d'observer le développement éventuel de dépôts de paroi et le vieillissement naturel de l'ouvrage. Enfin, toutes les anomalies et tous les retours d'information venant de l'ouvrage, outre les signaux de fonctionnement ou d'arrêt des pompes, sont à prendre en compte et seront consignés.

Des opérations de nettoyage du forage (avec développements complémentaires éventuels) sont à prévoir et anticiper. En effet, le vieillissement des forages d'eaux souterraines est un phénomène inéluctable, plus ou moins rapide, qui provoque un colmatage et une diminution progressive de leur rendement et qui nécessite donc un suivi et un entretien réguliers. La fréquence de ces travaux sera à adapter en fonction des observations.

Un accès aisé aux forages sera conservé pendant toute la durée de son exploitation.

7.3.6.3 Contrôles de l'ouvrage de rejet en rivière

L'ouvrage de rejet au Thiou nécessite simplement un entretien régulier avec un passage 2 fois par an pour :

- Vérifier l'état général de l'ouvrage, accessible par le regard coté quai ;
- Nettoyer systématiquement l'ouvrage de dissipation et les conduites (arrivée + exutoire) ;
- Analyser la qualité de l'eau et traiter l'eau le cas échéant (en lien avec l'analyse d'eau sur les eaux prélevées en nappe décrite précédemment) ;
- Vérifier le bon fonctionnement du clapet anti-retour.

8 PLANNING DES TRAVAUX

Les travaux consistent en la réalisation de 2 à 3 forages maximums de 11 m de profondeur, ainsi que les pompages d'essais associés, et la réalisation d'un ouvrage de rejet au Canal du Thiou sous le niveau de l'eau (perçement du quai).

Le planning prévisionnel des travaux est le suivant :

- Février 2025 : démarrage des travaux de rénovation de l'Hôtel de Ville ;
- Avril 2026 : réalisation des travaux de forage des captages et mise en œuvre des équipements de géothermie ;
- Mai/juin 2026 : réalisation des travaux de perçement du Quai Napoléon et de l'ouvrage de rejet au Thiou ;
- Mai/juin 2026 : réalisation des travaux de raccordement des ouvrages au local technique, tranchées dans le Jardin de l'Europe ;
- Juin 2026 : installation des échangeurs et pompes à chaleur, raccordement aux canalisations ;
- Février 2027 : livraison du projet.

La durée prévisionnelle pour la réalisation des deux forages y compris pompages d'essais pour valider la productivité de la nappe est de l'ordre de 1 mois. La durée prévisionnelle de réalisation de l'ouvrage de rejet est de l'ordre de 1 mois.

9 VOLUME D'EXPLOITATION

9.1 Définition d'un volume d'exploitation

Le volume d'exploitation doit permettre la protection de l'installation du projet pour son bon fonctionnement à long terme et de ne pas aggraver les impacts sur la ressource. Conformément à l'article 18 du décret n°78-498, toute installation relevant du régime de la géothermie de minime importance est interdite dans ce volume.

Pour définir le volume d'exploitation propre aux forages de l'installation géothermique du site, la méthodologie complète prescrite dans le guide du CEREMA n'a pas pu être appliquée (CEREMA, *Eviter les interférences des échangeurs géothermiques – Méthodologie pour déterminer le volume d'exploitation d'un gîte géothermique*, 2020). En effet, le rejet thermique se fera dans les eaux de surface du Canal du Thiou, et la proximité du lac avec les forages de prélèvement constitue une limite de recharge. Cela empêche d'inverser le sens des écoulements d'eau souterraine et de prendre en compte l'impact du rejet thermique sur les eaux souterraines.

La surface du volume d'exploitation a été définie de telle manière qu'elle corresponde à la zone d'appel des forages de captage de l'installation géothermique, fonctionnant chacun au débit maximum d'exploitation (54 m³/h).

La zone d'appel d'un puits est défini par les éléments suivants (Figure 12).

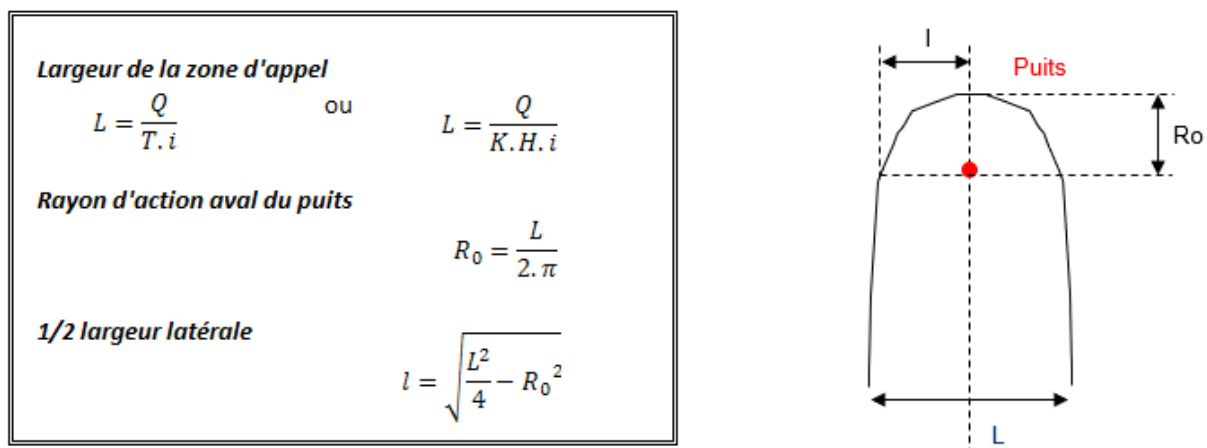


Figure 12 : Zone d'appel d'un puits de pompage

Le débit d'exploitation maximal de l'installation est de $Q = 54 \text{ m}^3/\text{h}$. L'interprétation des données issues du pompage d'essai réalisé sur le forage de reconnaissance en mai 2020, proposée par ARTELIA, conduit à retenir une transmissivité de $T = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Les eaux souterraines des alluvions de la Plaine d'Annecy s'écoulent vers l'Ouest/Nord-Ouest, selon la même direction que le Thiou. Cette nappe d'accompagnement du Thiou, alimentée par les eaux du lac, s'étend jusqu'au Fier qui est en position de drainage en aval hydraulique. Le gradient hydraulique moyen sous Annecy est estimé à environ $i = 1\%$ maximum entre la cote du plan d'eau du Lac d'Annecy et celle du Fier au niveau de sa confluence avec le Thiou.

Ainsi, la largeur de la zone d'appel serait de l'ordre d'une centaine de mètres, pour un rayon d'action aval du puits d'une vingtaine de mètres maximum.

Un captage d'une installation de géothermie de minime importance (limitée à un débit d'exploitation de 80 m³/h) qui viendrait s'implanter à proximité aurait quant à lui une largeur de zone d'appel d'environ 160 m et un rayon d'action de l'ordre de 25 m.

Compte tenu du fait que :

- Les implantations prévisionnelles des forages de captage sont situées à plus de 30 m des limites de la parcelle des Jardins de l'Europe ;
- Les implantations prévisionnelles des forages de captage sont situées à plus de 50 m d'une autre parcelle, c'est-à-dire soit vers l'aval hydraulique sur la presqu'île, soit au Nord et au Sud vers les rives opposées respectivement au Canal du Vassé et au Canal du Thiou, seules parcelles où une exploitation géothermique pourrait venir s'implanter ;
- Les zones d'appel des puits de pompage seront donc intégralement situées sous les Jardins de l'Europe, le Canal du Vassé (pour le puits prévu le plus au Nord du projet) et le Lac d'Annecy ;
- L'exploitation est alimentée en direct par le Lac d'Annecy, en lien avec la nappe d'eau souterraine plus en amont au niveau du lac (sens d'écoulement vers l'Ouest/Nord-Ouest), qui constitue par ailleurs une limite d'alimentation et une réelle barrière face à une exploitation qui serait située en rive opposée ;
- Le risque le plus important ne pourrait provenir que d'une exploitation venant s'installer en amont du projet, ce qui paraît improbable du fait de la présence du lac, ses abords immédiats dans le secteur étant par ailleurs classés au patrimoine mondial de l'UNESCO ;
- L'implantation d'une géothermie de minime importance (limitée à 80 m³/h) pourrait avoir dans les mêmes conditions une influence latérale de l'ordre de 80 m, mais qu'au vu des caractéristiques des environs :
 - o L'implantation d'un puits de rejet ne serait pas possible en amont des forages de captage, si elle était techniquement envisagée (car présentant les mêmes risques que pour le projet) ;
 - o L'implantation de puits au niveau du jardin Le Pâquier est très peu probable (pas de construction hormis celle de l'Union Bouliste Annecienne), et encore moins à cette distance ;
 - o L'implantation d'une installation de géothermie n'est pas envisagée pour le groupe scolaire Quai Jules Philippe ;
 - o L'implantation de puits en rive opposée au Canal du Thiou serait à plus de 130 m des puits de captage envisagés du projet.

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

- Compris entre 448 et 437 m NGF : altimétries de la cote du terrain naturel et correspondant à une estimation du toit des matériaux vasards peu productifs dans le secteur et non sollicités dans le cadre du projet. Ces cotes correspondent ainsi aux formations sableuses de la nappe alluviale de la Plaine d'Annecy, classée dans la masse d'eau BD LISA 712HA01 « Alluvions de la cluse d'Annecy » ;
- Un périmètre, comprenant les parcelles suivantes de la presqu'île des Jardins de l'Europe :
 - o Projet : n° 7 et n° 24 section BX d'Annecy
 - o Groupe scolaire : n° 19, n° 22 et n° 23 section BX d'Annecy.

Conformément à l'article L134-6 du Code Minier, il est demandé qu'un droit exclusif d'exploitation soit conféré dans l'emprise de ce volume d'exploitation.

9.2 Connexion hydraulique

Le gîte géothermique faisant l'objet de la demande de titre minier n'est pas en communication avec un gîte couvert par un titre de géothermie existant.

Le volume d'exploitation pour une géothermie de basse température connu le plus proche est celui du Syndicat Mixte d'Alp'Arc sur les communes d'Aiton et Bourgneuf, situé à plus de 30 km au Sud. Il vise les alluvions de l'Arc.

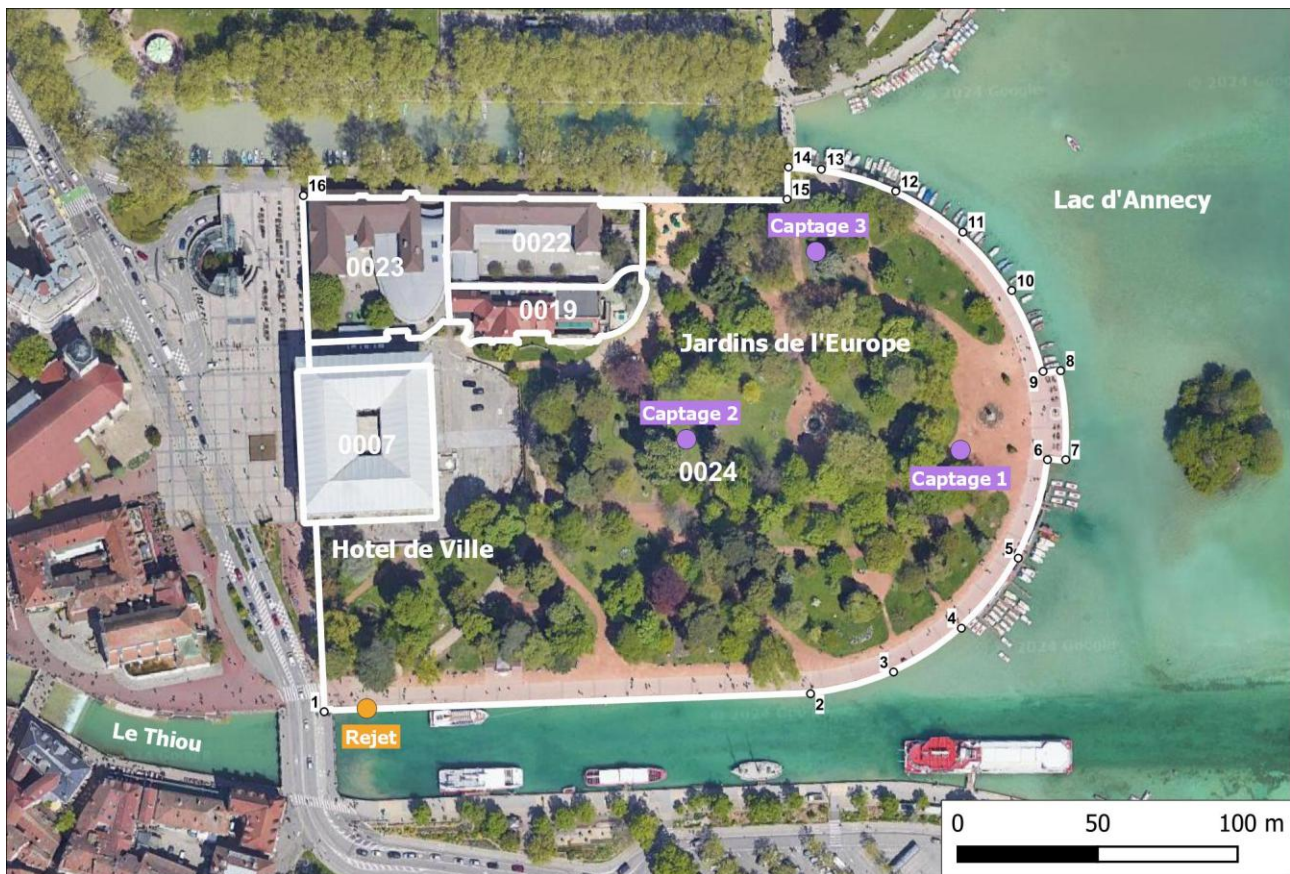


Figure 13 : Volume d'exploitation sollicité

Point	X L93 (m)	Y L93 (m)
1	942 555	6 537 998
2	942 730	6 538 005
3	942 760	6 538 012
4	942 785	6 538 028
5	942 805	6 538 053
6	942 815	6 538 088
7	942 820	6 538 088
8	942 820	6 538 120
9	942 815	6 538 120
10	942 805	6 538 149
11	942 785	6 538 170
12	942 760	6 538 184
13	942 735	6 538 192
14	942 720	6 538 193
15	942 720	6 538 181
16	942 545	6 538 183

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

10 GARANTIES FINANCIERES

L'autorisation d'ouverture de travaux miniers est soumise à la constitution de garanties financières, destinées à assurer, suivant la nature et l'importance des dangers ou inconvénients que ces travaux peuvent représenter :

- Les mesures d'arrêt des travaux à réaliser, lorsque l'installation cesse d'être utilisée pour l'exploitation ;
- La surveillance du site et le maintien en sécurité des installations ;
- Les interventions éventuelles en cas d'accident avant ou après la fermeture du site.

Le montant des garanties financières est évalué en considérant toutes les opérations qu'il conviendrait de mettre en œuvre en cas d'abandon du site. Elles sont évaluées dans le Tableau 14 suivant.

Opérations	Modalité de mise en œuvre (tapes, études, diagnostics et autorisations préalables, durée)	Coût
I. - Liste des opérations à chiffrer dans le cadre des mesures d'arrêt des travaux miniers		
1° Réalisation des documents et plans requis par la procédure d'arrêt ou d'abandon des travaux	Un cahier des charges pour le travail de préparation et de réalisation des travaux de comblement des forages de captage et de l'ouvrage de rejet, ainsi que l'ensemble des formalités afférentes auprès des autorités compétentes, sera réalisé.	5 k€
2° Prestation de maîtrise d'œuvre des opérations à mener	Une sélection des entreprises spécialisées pour la réalisation de ces travaux sera effectuée par un maître d'œuvre, ainsi que le suivi des travaux jusqu'à leur réception. En particulier pour les forages de captages, il sera veillé à retenir une entreprise de forage RGE respectant les règles de l'art pour le comblement de forage afin d'éviter toutes pollutions des eaux souterraines.	5 k€
3° Opérations à prévoir pour l'installation et le repli du chantier	Préalablement à leur comblement, les forages de captages seront déséquipés des installations électriques et hydrauliques (pompe, colonnes verticales, appareils de mesure...). Ces opérations seront réalisées par des entreprises spécialisées.	5 k€
4° Opérations à prévoir pour l'évacuation des déchets et produits dangereux conditionnés	Dans le cas présent, si l'exploitation de l'installation géothermique est abandonnée, les pompes à chaleur seront vidangées de leur fluide frigorigène et la PAC démantelée. Les fluides frigorigènes contenus dans la pompe à chaleur seront collectés dans leur intégralité soit pour être remis aux distributeurs (le fluide frigorigène récupéré ainsi que les emballages ayant contenu des fluides frigorigènes), soit pour faire traiter sous leur responsabilité ce fluide et ces emballages (articles R 543-88 et R 543-92 du Code de l'Environnement).	15 k€
5° Opérations de retrait ou de mise en sécurité des tuyauteries et canalisations souterraines	Les canalisations souterraines entre les puits de captage / l'ouvrage de rejet et le local PAC seront en PEHD. Elles n'auront aucune incidences sur l'environnement. Elles seront vidangées et pourront être laissées en l'état ou retirées. Les regards d'accès aux chambres intermédiaires seront comblés.	20 k€
6° Opérations de mise en sécurité durable des ouvrages débouchant au jour - ODJ : études et travaux préparatoires en amont de la mise en sécurité, travaux de mise en sécurité	Les forages de captages seront situés dans des caves d'avant-puits enterrées avec capot d'accès étanche et fermé à ras du sol dans l'espace public des Jardins de l'Europe. En fonction de la nécessité de conserver ou non les regards de visite, ces derniers seront conservés ou comblés par cimentation.	5 k€

Opérations	Modalité de mise en œuvre (tapes, études, diagnostics et autorisations préalables, durée)	Coût
I. - Liste des opérations à chiffrer dans le cadre des mesures d'arrêt des travaux miniers		
<p>7° Pour les travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières ou de gîtes géothermiques, ainsi que pour les stockages souterrains, la réalisation du programme de fermeture des puits</p>	<p>Les forages de captage seront comblés selon les règles de l'art et la norme NF X 10-999 d'août 2014, permettant de garantir l'absence de circulation d'eau depuis la surface et l'absence de transfert de pollution et selon la réglementation en vigueur (arrêté ministériel du 11 septembre 2003). La partie crépinée sera comblée de graviers filtres siliceux et désinfectés (entre environ 11 et 5 m de profondeur) afin de reconstituer un milieu poreux, puis un bouchon d'argile d'une épaisseur de 0,5 à 1 mètre sera mis en place. Ensuite une cimentation sera réalisée depuis environ 4,5 m de profondeur, afin de créer une étanchéité et de condamner l'accès à ces ouvrages. Ces opérations de comblement seront réalisées après avoir réalisé la déclaration d'abandon d'ouvrage aux autorités compétentes. La durée des travaux de comblement est estimée à 3 semaines pour les puits et 2 semaines pour l'ouvrage de rejet en rivière.</p>	20 k€
<p>8° Mise en sécurité des fronts de fosses à ciel ouvert (purge et abattage de blocs instables, réalisation de contreforts, ancrage de blocs, pose de filets plaqués, gunitage...)</p>	<p>Le projet prévoit l'exploitation de la ressource géothermique constituée par les eaux souterraines, à l'aide de forages de captage.</p>	Non concerné
<p>9° Opérations de stabilisation géotechnique des verses, terrils, dépôts, et fosses à ciel ouvert en terrain meuble (drainage, remodelage des pentes, pose de géomembranes, enrochements, revégétalisation...)</p>	<p>Aucune excavation à ciel ouvert n'est prévue.</p> <p>Aucun dépôt ou talus pouvant être sujet à un risque de stabilité n'est prévu.</p>	Non concerné
<p>10° Opérations de stabilisation des galeries ou cavités souterraines (par exemple : remblayage, renforcement/création de piliers)</p>	<p>Aucune galerie ou cavité raccordée aux puits n'est prévue.</p>	Non concerné
<p>11° Toute autre opération à prévoir pour la mise en sécurité des installations et identifiée lors de la réalisation du mémoire en application du chapitre III du titre VI du livre Ier du code minier</p>	<p>L'arrêt de l'installation ne nécessite pas d'autres mise en sécurité que celles citées précédemment.</p>	Non concerné
<p>12° Mise en œuvre de mesures de gestion des eaux, des effluents, des boues et des déchets issus du site</p>	<p>Le projet ne prévoit pas la création de boues, d'effluents ou de déchets. Les caves d'avant-puits prévues sont étanches et fermées. Elles pourront être cimentées. Elles empêcheront l'infiltration d'eau de surface. La gestion des eaux de l'espace public des Jardins de l'Europe ne sera pas modifiée. L'ouvrage de rejet au Thiou, rebouché, ne modifiera pas le profil du Canal et la circulation des eaux de surface.</p>	Non concerné
<p>13° Mise en œuvre de mesures de protection des eaux souterraines</p>	<p>Les forages de captage seront comblés selon les règles de l'art et la norme NF X 10-999 d'août 2014, permettant de garantir l'absence de circulation d'eau depuis la surface et l'absence de transfert de pollution et selon la réglementation en vigueur (arrêté ministériel du 11 septembre 2003).</p>	<p>Le programme prévu au 7° permet de répondre à cet objectif</p>

Opérations	Modalité de mise en œuvre (tapes, études, diagnostics et autorisations préalables, durée)	Coût
I. - Liste des opérations à chiffrer dans le cadre des mesures d'arrêt des travaux miniers		
14° Mise en œuvre des moyens pour faire cesser de façon générale les désordres et nuisances de toute nature engendrés par ses activités et pour prévenir les risques de survenance de tels désordres en application de l'article L. 163-3 du code minier	L'exploitation de la géothermie de surface n'amène pas de désordre et de nuisance. Une fois les ouvrages comblés, il n'y aura plus d'interactions entre la surface et les eaux souterraines. L'installation ne sera pas de nature à activer des désordres ou des nuisances. Les formations géologiques concernées (sables et graviers alluvionnaires) ne sont pas sujet à ces phénomènes.	Non concerné
II. - Liste des opérations à chiffrer pour la surveillance du site et le maintien en sécurité des installations pendant la période couvrant la phase de mise en œuvre des travaux jusqu'à la fin des travaux miniers, ainsi que le suivi réalisé pendant les dix premières années suivant la mise à l'arrêt ou la fin de l'exploitation		
1° Surveillance de l'environnement et de l'exposition des populations sur une période couvrant la mise en œuvre des travaux jusqu'à la fin de l'exploitation, incluant la mise en place, l'entretien et la mise en sécurité des équipements et instrumentations nécessaires, ainsi que les opérations de prélèvement et d'analyses requises, dans les milieux concernés	L'installation finale comblée selon les règles de l'art est inactive et totalement inerte vis-à-vis de l'environnement et ne requiert pas de moyens de surveillance particuliers.	Non concerné
2° Clôture du site et limitation de l'accès	Cette mesure est sans objet dans la mesure où l'installation se trouve dans un espace public accessible, mais que les caves d'avant-puits ou regard d'accès à l'ouvrage de rejet seront fermées et/ou comblées.	Non concerné
3° Surveillance du site (gardiennage, surveillance à distance)	Une visite semestrielle des ouvrages pendant une période de suivi de 5 ans à l'issue des travaux de fermeture doit permettre de garantir l'innocuité totale de l'ancienne installation géothermique sur l'environnement du système.	5 k€
4° Maintien en sécurité des installations sur une période couvrant la mise en œuvre des travaux jusqu'à la fin de l'exploitation, incluant la mise en place, la garantie de l'intégrité et l'entretien des équipements et instrumentations nécessaires	Les ouvrages ne sont pas artésiens. La vanne de la tête de puits sera fermée et l'ouvrage sera équipé d'un capot de tête fermé. L'ouvrage sera mis ainsi en sécurité.	Non concerné
5° Dépenses prises en compte pour le calcul des sommes mentionnées aux articles L. 163-11 et L. 174-2 du code minier en application de l'arrêté du 23 août 2005 susvisé	L'article L.163-11 a déjà été visé et est sans objet. Lors du transfert à l'Etat (article L. 174-2 du code minier), en vertu du précédent point, il n'y a donc pas de versement d'une somme en lien avec la surveillance et la prévention des risques.	Non concerné

Opérations	Modalité de mise en œuvre (tapes, études, diagnostics et autorisations préalables, durée)	Coût
III. - Liste des opérations à chiffrer pour les interventions éventuelles, en cas d'accident, survenant avant ou après la fermeture, susceptible d'entraîner, pour les intérêts mentionnés à l'article L. 161-1 du code de minier, des conséquences graves, qu'elles soient immédiates ou différées		
<p>1° Opérations nécessaires aux interventions en cas d'accidents susceptibles d'entraîner des conséquences graves (y compris maintien des accès aux zones à risques et des fonctionnalités des équipements requis pour l'intervention après l'arrêté préfectoral donnant acte de la fin de la police des mines). Ces opérations sont définies en cohérence avec le document prévu au 6° de l'article D. 181-15-3 bis du code de l'environnement relatif à la compatibilité des risques industriels du projet avec la sécurité publique et, le cas échéant, avec l'étude de dangers</p>	<p>Une fois scellés, les ouvrages ne présentent plus de risque et ne sont plus accessibles pour des mesures. Il n'y a donc pas d'opération prévue en lien avec d'éventuels accidents, ni de mesures de surveillance.</p> <p>L'installation abandonnée dans les règles de l'art est inerte et n'est pas de nature à créer des accidents.</p> <p>En exploitation, l'installation fait l'objet de contrôle d'entretien et de maintenance régulière permettant d'assurer son bon fonctionnement et l'absence d'accident ou d'impact. L'installation utilisant la ressource géothermique des eaux souterraines contenues dans des alluvions n'est pas de nature à engendrer des accidents dans le cadre de son exploitation.</p>	Non concerné
<p>2° Mesures de surveillance de l'environnement en application de l'article L. 163-4 du code minier, incluant la mise en place, l'entretien et la mise en sécurité des équipements et de l'instrumentation nécessaires, les opérations de prélèvement et d'analyses requises, dans les milieux concernés</p>		Non concerné

Tableau 14 : Estimation des garanties financières

Le coût du rebouchage des 3 forages de captage est estimé à environ 20 000 € HT et le coût de comblement de l'ouvrage de rejet à environ 10 000 € HT.

Le montant total des garanties financières selon les éléments décrits au Tableau 14 est estimé à 80 000 € HT au total.

11 DOCUMENT DE SANTE ET DE SECURITE

Le Maître d’Ouvrage réalisera un Plan de Prévention et de Secours (P.P.S.) pour la période des travaux, puis un P.P.S. spécifique à la phase d’exploitation. Ces documents fixeront les principes et les modalités d’organisation relatives à la sécurité et à la santé en application du Code Minier et du Code du Travail. Le Maître d’Ouvrage prendra ses dispositions pour organiser la mission de coordination de la sécurité et de la santé sur le site.

Les P.P.S. seront constitués du Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (P.P.S.P.S.) de chacune des entreprises intervenant sur le site en phase travaux ou en phase d’exploitation. Ils définiront :

- Les intervenants ;
- L’organisation des travaux ;
- L’impact sur l’environnement ;
- Les règles de sécurité ;
- L’analyse et la prévention des risques.

Le Maître d’œuvre vérifiera l’existence de ces documents et leur application.

11.1 Document de santé et de sécurité afférent aux travaux

11.1.1 Analyse des risques et mesures de prévention

Les activités et les risques associés aux travaux sont décrits Tableau 15. Pour chacun de ces risques, les mesures de prévention seront mises en place sur le chantier (cf. Tableau 16).

Situation de travail	Risques liés															
	Circulations piétonnes	Activité physique	Manutention mécanique	Conduite d’engins / véhicules	Effondrements / chutes d’objets	Outils	Nuisances sonores	Physico-chimique	Incendie, explosion	Electricité	Manque d’hygiène	Intervention entreprise extérieure	Manque de formation	Fluide sous pression	Manque de protection individuelle	Comportement individuel
Circulations																
Circulation sur voiries				X			X		X			X	X			X
Circulation des personnes	X			X								X				X
Transport du matériel	X			X			X		X			X	X			X
Exécution des forages																
Foration	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X		X	X	X
Equipement	X	X	X		X	X		X	X		X	X			X	X
Complétion	X	X	X		X	X		X			X	X			X	X
Exécution des pompages																
Pompage	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X		X	X	X

Tableau 15 : Activités et risques associés lors de la phase travaux

Mesures liées au mode opératoire	
Foration	Mise en place de balisage adapté Vérification du bon fonctionnement des engins Port des EPI Personnel formé et habilité Vérification et contrôles périodiques des machines de forage
Equipement	Mise en place de balisage adapté Vérification des outillages nécessaires à la mise en œuvre Port des EPI Personnel formé et habilité
Complétion	
Pompage	
Mesures liées aux risques significatifs	
Circulation piétonne	Sensibilisation du personnel Organisation des accès et de la circulation
Activité physique	Sensibilisation du personnel (gestes et postures) Fourniture et port des EPI adaptés Manipulations lentes et soignées Organisation des accès et de la circulation pour la manutention
Manutention mécanique	Sensibilisation aux risques de manutentions Fourniture et port des EPI adaptés Vérification des outillages nécessaires à la mise en œuvre Manipulations lentes et soignées Organisation des accès et de la circulation pour la manutention
Conduite d'engins / véhicules	Personnel formé et habilité Sensibilisation aux risques de circulation Respect du code de la route Organisation des accès et de la circulation Nettoyer régulièrement les accès et les zones de travail
Effondrements / chutes d'objets	Sensibilisation aux risques de chutes d'objets Vérifier l'état du matériel et des outils
Outils	Vérifier et maintenir le bon fonctionnement des outils et des machines Port des EPI Sensibilisation du personnel
Nuisances sonores	Vérifier et maintenir le bon fonctionnement des outils et des machines Port des EPI
Physico-chimique	Vérifier et maintenir le bon fonctionnement des outils et des machines Port des EPI Respect des FDS
Incendie, explosion	Vérifier et maintenir le bon fonctionnement des outils et des machines Sensibilisation aux risques d'incendie et d'explosion Présence d'extincteurs sur le chantier
Electricité	Vérifier et maintenir le bon fonctionnement des outils et des machines Sensibilisation aux risques d'électrocution Sensibilisation du personnel
Manque d'hygiène	Sensibilisation du personnel Port des EPI Maintenance de l'hygiène des vêtements de travail Nettoyer régulièrement les accès et les zones de travail

Mesures liées aux risques significatifs	
Intervention entreprise extérieure	Sensibilisation du personnel à la coactivité
Manque de formation	Utilisation de personnel qualifié Formation continue du personnel
Fluide sous pression	Vérifier et maintenir le bon fonctionnement des outils et des machines Sensibilisation aux risques de rupture de flexibles sous pression Présence de kit anti-pollution sur les chantiers
Manque de protection individuelle	Sensibilisation du personnel au port des EPI Fournir et faire porter les EPI adaptés
Comportement individuel	Sensibilisation du personnel Personnel formé et habilité

Tableau 16 : Mesures de prévention lors de la phase travaux

11.1.2 Moyens d'informations

11.1.2.1 Registre de sécurité

Un registre de sécurité sera tenu à jour et mis à la disposition de l'Administration pendant toute la durée du chantier. Il comprend les notices d'utilisation des engins présents sur le chantier avec leurs certificats de conformité et leurs rapports de révision.

11.1.2.2 Consignes de sécurité

Une information sur les règles de sécurité habituelles, devant se dérouler pendant les horaires de travail, sera dispensée par le chef de chantier forage ou le superviseur de forage à tout le personnel intervenant sur le chantier.

Lors de la circulation sur le site, la réglementation routière sera respectée et la vitesse réduite afin de limiter les risques d'accident et les nuisances pour les riverains et les autres usagers (visibilité réduite, bruits, poussière...).

Les consignes de sécurité seront affichées en permanence sur le site.

Les documents suivants seront affichés dans le bureau du Chef de chantier ou seront mis à disposition de l'équipe de forage :

- Un plan des moyens de lutte contre l'incendie ;
- La liste des noms des personnes et services à contacter en cas d'accident :
 - o Pompiers ;
 - o Services médicaux d'urgence (SAMU ou SMUR) ;
 - o Services du Maître d'Ouvrage ou de son délégué ;
 - o Services du Maître d'œuvre ;
 - o Services de l'Entrepreneur.

11.2 Document de santé et de sécurité en phase d'exploitation

11.2.1 Analyse des risques et mesures de prévention globales

Les activités et les risques associés sont décrits Tableau 17. Pour chacun de ces risques, les mesures de prévention seront mises en place sur le site (cf. Tableau 18).

Situation de travail	Risques liés															
	Circulations piétonnes	Activité physique	Manutention mécanique	Conduite d'engins / véhicules	Effondrements / chutes d'objets	Outils	Nuisances sonores	Physico-chimique	Incendie, explosion	Electricité	Manque d'hygiène	Intervention entreprise extérieure	Manque de formation	Fluide sous pression	Manque de protection individuelle	Comportement individuel
Circulations																
Circulation sur voiries				X			X		X			X	X			X
Circulation des personnes	X			X								X				X
Suivi et contrôle	X						X		X			X	X		X	X
Maintenance	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tableau 17 : Activités et risques associés en phase exploitation

Mesures liées au mode opératoire	
Suivi et contrôle	Vérifier le bon fonctionnement des engins Port des EPI Personnel formé et habilité Vérification et contrôles périodiques des machines d'exploitation
Maintenance	Mise en place de balisage adapté Vérifier le bon fonctionnement des engins Vérifier les outillages nécessaires à la mise en œuvre Port des EPI Personnel formé et habilité Vérification et contrôles périodiques des machines de levage
Mesures liées aux risques significatifs	
Circulation piétonne	Sensibilisation du personnel Organisation des accès et de la circulation
Activité physique	Sensibilisation du personnel (gestes et postures) Fourniture et port des EPI adaptés Manipulations lentes et soignées Organisation des accès et de la circulation pour la manutention
Manutention mécanique	Sensibilisation aux risques de manutentions Fourniture et port des EPI adaptés Vérifier les outillages nécessaires à la mise en œuvre Manipulations lentes et soignées Organisation des accès et de la circulation pour la manutention

Mesures liées aux risques significatifs	
Conduite d'engins / véhicules	Personnel formé et habilité Sensibilisation aux risques de circulation Respect du code de la route Organisation des accès et de la circulation Nettoyer régulièrement les accès et les zones de travail
Effondrements / chutes d'objets	Sensibilisation aux risques de chutes d'objets Vérifier l'état du matériel et des outils
Outils	Vérifier et maintenir le bon fonctionnement des outils et des machines Port des EPI Sensibilisation du personnel
Nuisances sonores	Vérifier et maintenir le bon fonctionnement des outils et des machines Port des EPI
Physico-chimique	Vérifier et maintenir le bon fonctionnement des outils et des machines Port des EPI Respect des FDS
Incendie, explosion	Vérifier et maintenir le bon fonctionnement des outils et des machines Sensibilisation aux risques d'incendie et d'explosion Présence d'extincteurs sur le chantier
Electricité	Vérifier et maintenir le bon fonctionnement des outils et des machines Sensibilisation aux risques d'électrocution Sensibilisation du personnel
Manque d'hygiène	Sensibilisation du personnel Port des EPI Maintenance de l'hygiène des vêtements de travail Nettoyer régulièrement les accès et les zones de travail
Intervention entreprise extérieure	Sensibilisation du personnel à la coactivité
Manque de formation	Utilisation de personnel qualifié Formation continue du personnel
Fluide sous pression	Vérifier et maintenir le bon fonctionnement des outils et des machines Sensibilisation aux risques de rupture de flexibles sous pression Présence de kit anti-pollution sur les chantiers
Manque de protection individuelle	Sensibilisation du personnel au port des EPI Fournir et faire porter les EPI adaptés
Comportement individuel	Sensibilisation du personnel Personnel formé et habilité

Tableau 18 : Mesures de prévention en phase exploitation

11.2.2 Analyse des risques et mesures de prévention spécifiques

Les risques induits par l'exploitation des forages géothermiques sont principalement liés :

- A l'émanation de fluides frigorigènes des pompes à chaleur ;
- Aux travaux de maintenance des forages.

11.2.2.1 Protection des émanations de fluides frigorigènes

Les mesures de détection de fluide frigorigène ainsi que les contrôles d'étanchéité de l'installation seront conformes aux textes réglementaires (arrêté du 29 février 2016).

La mise en place d'un détecteur de fuite de fluide frigorigène est dépendant des caractéristiques des PAC installées (tonnes équivalent CO₂, volume de fluide frigorigène présent dans la PAC), non connues à ce jour.

A noter que le fluide utilisé (R1234ze) est un fluide non chloré qui présente un pouvoir de réchauffement global inférieur à 6. Il est également classé A2L, donc non toxique et faiblement inflammable.

Les locaux dédiés aux pompes à chaleur seront accessibles uniquement au personnel technique habilité. Toutes les dispositions seront prises pour respecter les contrôles périodiques de fuite de fluide frigorigène dans ces locaux, conformément à l'art.4 §3 de la Réglementation européenne n° 517/2014.

Les contrôles d'étanchéité périodiques des équipements prévus par la Réglementation européenne seront conduits avec des appareils dont la sensibilité sera inférieure à 5 g/an.

Les locaux des PAC sont considérés par la norme NF EN 378 comme des salles des machines et à ce titre, ils doivent donc être ventilés. La quantité totale de fluide frigorigène dans les locaux étant supérieure à 25 kg, il sera mis en place une extraction d'urgence conforme à la partie 3 de la norme précitée. Le ventilateur servira à la fois à la ventilation d'urgence du local et également à la ventilation du local.

La commande du ventilateur sera gérée de deux manières indépendantes :

- Par un thermostat positionné judicieusement dans le local technique afin d'évacuer les calories du local ;
- Par un système de sécurité conforme à la NF EN 378 et décrit ci-dessous (marche d'urgence).

La marche d'urgence sera déclenchée par un détecteur de fluide frigorigène positionné à proximité de la PAC. En cas de dépassement du seuil, il sera procédé à :

- Mise en marche forcée du ventilateur d'urgence ;
- Déclenchement d'un signal sonore et lumineux dans le local technique ainsi qu'à proximité de chaque accès au local ;
- Remonté de l'information à la GTC (=Gestion Technique Centralisée).

Les installations envisagées seront dotées de moyens de surveillance et d'intervention adaptés aux risques et conformes aux normes en vigueur.

Les principaux moyens qui seront mis en œuvre pour parer à toute éventualité en cas de sinistre (incendie, explosion, pollution accidentelle) sont les suivants :

Moyens de surveillance :

- Détection de fluide frigorigène et incendie dans les locaux techniques ;
- Instruments de contrôle des débits, températures et pressions ;
- Télésurveillance de l'installation par GTC avec possibilité de renvoi vers un système de télésurveillance ;
- Maintenance des installations par une entreprise habilitée et spécialisée ;
- Mise à jour régulière du document de sécurité.

Moyens de prévention et d'intervention :

- Coffrets de coupure « force » et « éclairage » situés aux entrées du local ;
- Plans de secours et consignes de sécurité affichés dans le local technique ;
- Accès au local strictement réservé aux personnes habilitées et formées ;
- Equipements de lutte contre l'incendie avec extincteurs à CO₂ pour feu électrique ;
- Equipements limitant la propagation d'incendie avec parois du local coupe-feu 2h ;
- Ventilation du local asservie à la détection de fluide frigorigène ;
- Mise en place d'un signal sonore et lumineux dans le local et à chaque accès.

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.

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).

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.

11.2.2.2 Cas de travaux de maintenance des forages

Les interventions que l'exploitant est susceptible de faire réaliser par une entreprise extérieure sur les forages sous la supervision d'un Maître d'œuvre sont les suivantes :

- Manœuvres de remplacement de pompe immergée ;
- Réalisation périodique de diagraphies de contrôle ;
- Travaux de maintenance ou de réparation des forages.

A cette occasion, un document de sécurité spécifique sera établi par l'entrepreneur en charge des travaux décrivant le programme technique et l'ensemble des mesures et des moyens mis en œuvre pour assurer la sécurité des biens et des personnes pendant la phase d'intervention (PPSPS).

11.2.2.3 Cas de l'arrêt des travaux d'exploitation de la nappe (abandon)

Si pour une raison quelconque, le propriétaire décide d'abandonner l'exploitation de son installation géothermique, les pompes à chaleur seront vidangées de leur fluide frigorigène et les ouvrages seront comblés.

Les fluides frigorigènes contenus dans la pompe à chaleur seront collectés dans leur intégralité pour être :

- Soit remis aux distributeurs (le fluide frigorigène récupéré ainsi que les emballages ayant contenu des fluides frigorigènes) ;
- Soit faire traiter sous leur responsabilité ce fluide et ces emballages (articles R 543-88 et R 543-92 du Code de l'Environnement).

Les forages de captage seront comblés selon les règles de l'art et la norme NF X 10-999 d'août 2014, permettant de garantir l'absence de circulation d'eau et l'absence de transfert de pollution et selon la réglementation en vigueur (arrêté ministériel du 11 septembre 2003). La partie crépinée sera comblée de graviers filtres siliceux (entre environ 11 et 5 m de profondeur) afin de reconstituer un milieu poreux, puis un bouchon d'argile d'une épaisseur de 0,5 à 1 mètre sera mis en place. Ensuite une cimentation sera réalisée depuis environ 4,5 m de profondeur, afin de créer une étanchéité et de condamner l'accès à ces ouvrages.

Préalablement à leur comblement, les forages de captages seront déséquipés des installations électriques et hydrauliques (pompe, colonnes verticales, appareils de mesure...). En fonction de la nécessité de conserver ou non les regards de visite, ces derniers seront conservés ou comblés par cimentation.

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

Lorsque le Maître d'Ouvrage décidera de l'arrêt partiel ou total de l'exploitation géothermique, que ce soit pour des raisons techniques, économiques ou autres, il en informera l'autorité administrative et mettra en place toute mesure destinée à prévenir les désordres pouvant survenir lors de l'arrêt de l'exploitation.

Il est à noter que le coût du rebouchage des 3 forages (environ 20 000 € HT maximum) et de comblement de l'ouvrage de rejet (environ 10 000 € H.T. maximum) est compatible avec les capacités financières du Maître d'Ouvrage.

11.3 Compatibilité des risques industriels avec la sécurité publique et l'environnement

11.3.1 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 générera 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.

11.3.2 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 ;
- Nuisances sonores.

Les mesures de prévention adaptées pour limiter ces risques sont :

- Les ouvrages seront situés dans des regards verrouillés. Ils seront uniquement accessibles aux personnes habilitées. Le tampon de fermeture du regard sera étanche.
- Les forages de captage auront une cimentation annulaire pour éviter des infiltrations par l'espace interannulaire, sur une hauteur de 4 mètres minimum. La mise en place de la cimentation permet surtout de créer une étanchéité vis-à-vis des pollutions ou d'infiltrations venant de l'extérieur pouvant s'écouler entre le tube inox et le terrain naturel. La tête du tubage sera surélevée par apport à la base de la cave d'avant-puits et sera fermée par une bride étanche pour empêcher l'infiltration des eaux superficielles.
- La canalisation de sortie de l'ouvrage de rejet au Thiou sera équipée d'un clapet anti-retour pour que rien ne puisse retourner dans les circuits.
- L'installation dispose d'un circuit intermédiaire et d'échangeurs (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 un local technique fermé au rez-de-chaussée.

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

- Compteur volumétrique : il permettra de connaître les volumes et débits totaux prélevés. Un débitmètre pourra être installé sur chaque canalisation d'arrivée des ouvrages de captage pour connaître le débit instantané, si une nécessité d'optimiser la répartition des débits pompés dans chaque ouvrage était identifiée. Cela permettra par ailleurs de suivre l'évolution des caractéristiques de chaque ouvrage (avec la mesure du niveau d'eau dans chaque ouvrage).
- 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 des niveaux d'eau : les forages seront munis d'une sonde de niveau d'eau.
- Maintenance : la maintenance sera assurée par une entreprise spécialisée.

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

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

12 ETUDE D'INCIDENCE

12.1 Etat initial

12.1.1 Population, sites et paysages

Le site du projet est localisé en zone urbaine dense au sein de la ville d'Annecy, au niveau de la presqu'île des Jardins de l'Europe. Il est bordé à l'Est par le Lac d'Annecy, à l'Ouest par la départementale D1508, au Nord par le Canal du Vassé et au Sud par le Canal du Thiou.

La commune d'Annecy est localisée en zone de montagne pour l'agriculture et l'urbanisme, et est soumise à la loi littoral.

12.1.2 Climatologie

Le climat de la région annécienne est de type continental montagnard, caractérisé par une humidité marquée. Les hivers sont froids et neigeux et la saison estivale est douce avec parfois des épisodes orageux. L'intersaison, en avril et octobre, peut également se révéler humide. Ces caractéristiques se trouvent sous l'influence des massifs environnants (Semnoz, Mont Veyrier, Bauges et Bornes), atténuées par la présence du lac. Avec son inertie thermique, le lac tempère les températures et les grands écarts que l'on peut observer à Grenoble ne se produisent pas à Annecy qui bénéficie donc d'un microclimat très apprécié.

Le réchauffement climatique entraîne des étés plus chauds, des hivers moins froids, une pluviométrie en baisse, une neige moins importante sur les sommets, des épisodes climatiques plus extrêmes... Le niveau du lac d'Annecy s'en souvient, notamment lors de l'été caniculaire de 2003 mais surtout en 2018, année historique où, après avoir connu un hiver pluvieux ayant entraîné une petite crue, le lac a atteint son niveau le plus bas depuis 1947.

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

- La température moyenne est de 11,1°C ;
- L'amplitude thermique entre janvier (mois le plus froid, 2,1°C en moyenne) et juillet (mois le plus chaud, 20,5°C en moyenne) est de 18,4°C ;
- La température maximale enregistrée est de 38,5°C en août 2003, la température minimale enregistrée est de -23°C en janvier 1971 ;
- La pluviométrie est de l'ordre de 1200 mm/an en moyenne, avec des moyennes mensuelles de l'ordre de 80 mm à 110 mm ;
- L'ensoleillement annuel moyen est de 2069 heures, soit environ 172 jours par an.

12.1.3 Topographie

Le site est localisé au droit de la plaine alluviale d'Annecy. Le terrain des Jardins de l'Europe est à une altitude d'environ 448 m NGF.

12.1.4 Géologie

L'agglomération moderne d'Annecy a été édifée sur une plaine alluviale qui s'étend entre le lac et la vallée du Fier, tandis que sa vieille ville s'appuie sur les reliefs rocheux de l'extrémité septentrionale du Semnoz. Les calcaires de l'anticlinal du Semnoz s'ennoient sous les alluvions en plongeant vers le Nord. Toutefois, il est vraisemblable que l'anticlinal calcaire ne se prolonge pas sous Annecy du fait des déplacements générés par la faille du Vuache.

D'après la carte géologique du BRGM au 1/50000^{ème} d'Annecy-Ugine (Figure 14), le site repose sur des alluvions de fonds de vallées, c'est-à-dire des alluvions fluviales modernes et lacustres de comblement des lacs de retrait würmien, surmontées ou non d'un voile d'alluvions fluviales terminales. Les alluvions lacustres sont généralement composées de fines voire d'argiles finement litées. Elles ne s'enrichissent en apports grossiers en partie supérieure qu'en passant aux deltas torrentiels axiaux ou latéraux.

La carte d'Annecy-Bonneville indique que le centre-ville au Nord de la presqu'île repose sur des dépôts quaternaires lacustres, correspondant à l'ancienne extension du lac d'Annecy comblée par le Fier. Les dépôts profonds sont constitués d'argiles et de limons lacustres. En surface, des cailloutis sableux d'origine fluviale viennent raviner les dépôts argileux lacustres.

Le forage BSS001SFSS le plus proche disponible dans la Banque du Sous-sol du BRGM indique un horizon de sables limoneux entre 5 et 14 m de profondeur environ, sous des argiles bleues et reposant sur ces mêmes argiles d'une épaisseur d'au moins 10 m.

Les forages plus éloignés indiquent des épaisseurs et des profondeurs variables d'horizons globalement sableux.

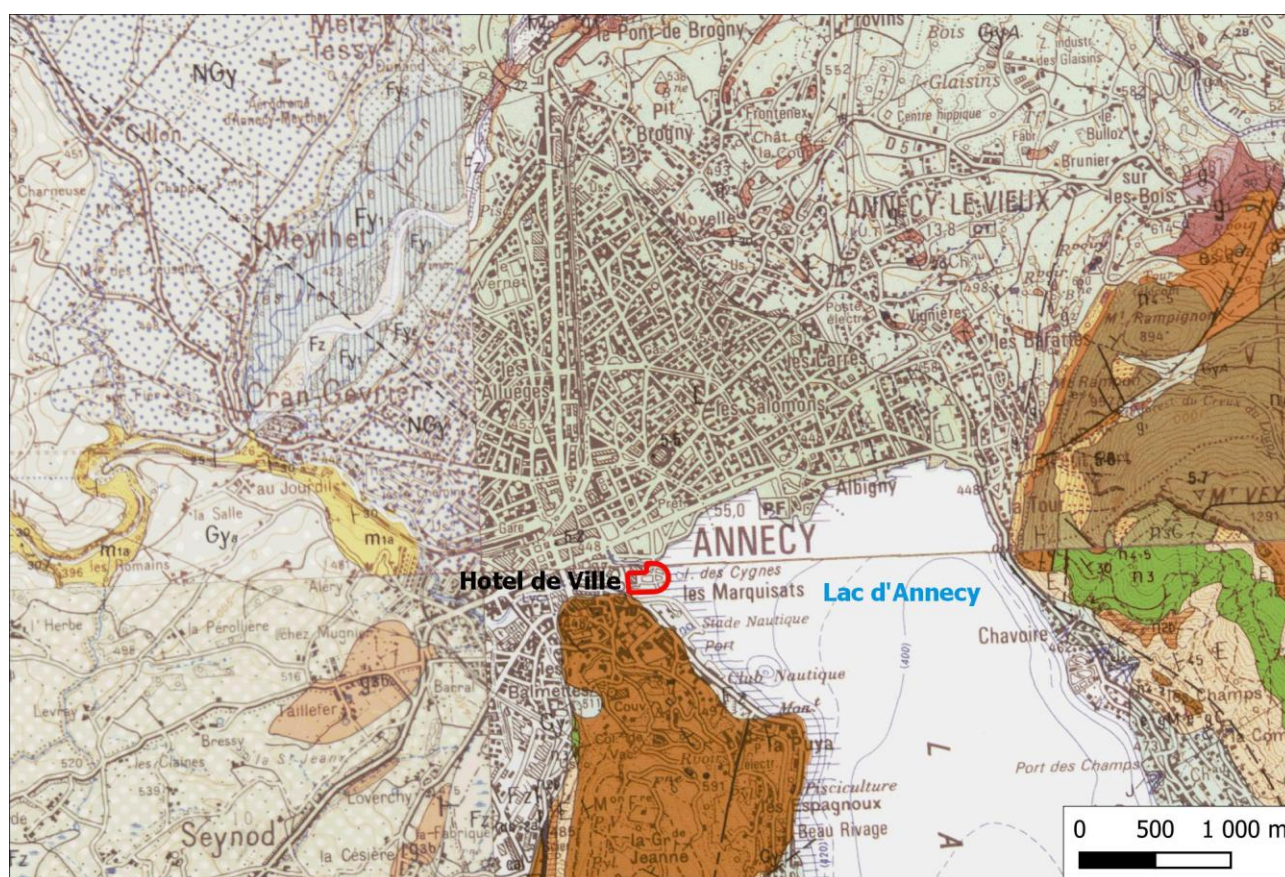


Figure 14 : Localisation du projet sur fond de carte géologique 1/50000^{ème} du BRGM

Les investigations menées dans le cadre de l'étude de préféabilité ARTELIA de 2020 [1] ont conduit à la réalisation d'un forage de reconnaissance et de deux pénétromètres dans l'emprise des Jardins de l'Europe où seront également implantés les ouvrages de production.

La coupe lithologique et technique du forage réalisé (Figure 15) permet d'identifier la nature des formations rencontrées. On note la présence de matériaux sablo-graveleux entre 5,5 et 10 mètres de profondeur, matériaux perméables abritant la nappe visée pour l'exploitation géothermique. Cet horizon producteur est surmonté par des argiles plastiques et limité à sa base par un horizon de matériaux vaseux et/ou sablo-limoneux. La nature et les profondeurs des terrains observés sont confirmées par les pénétromètres dont les relevés dénotent la présence d'une interface séparant des horizons de natures différentes entre 4,5 et 5,5 mètres de profondeur. Les argiles plastiques en tête sont caractérisées par une relative faible résistance mécanique comparée aux valeurs attendues pour cette lithologie.

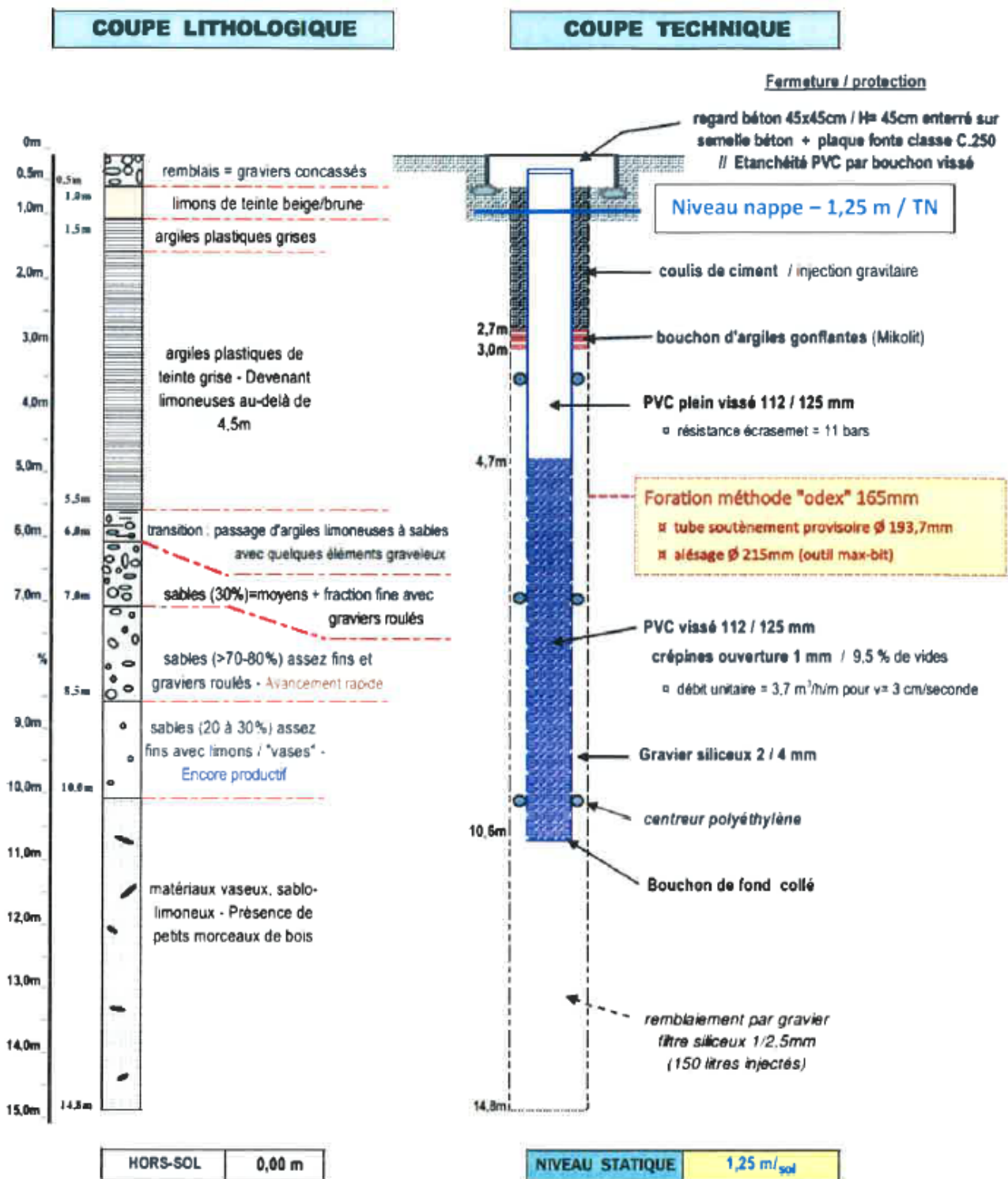


Figure 15 : Coupe lithologique et technique du forage de reconnaissance [1]

12.1.5 Hydrogéologie

12.1.5.1 Description de l'aquifère

Dans le secteur d'étude, les nappes ne se rencontrent de manière significative que dans les alluvions post-wurmiennes des grandes vallées, comme ici dans la basse vallée du Fier, à l'aval de Thônes. Ces alluvions y représentent le comblement de lacs de retrait wurmien installés dans des bassins surcreusés derrière des verrous. Les alluvions s'y ordonnent verticalement de bas en haut selon un schéma constant : argiles, silts, sables puis graviers. Ce schéma d'ensemble est perturbé localement par les apports latéraux (cônes de déjection), plus ou moins grossiers selon la nature du versant et la pente de différents torrents affluents. Les sables et graviers du haut de la formation et des cônes latéraux présentent seuls un intérêt hydrologique.

Au niveau de la plaine d'Annecy, les cailloutis sableux reposant sur les dépôts argileux lacustres constituent un réservoir aquifère avec une nappe présente à faible profondeur. Cette nappe peut être exploitée par des forages de 10 à 20 mètres de profondeur avec des débits variables selon les secteurs : 10 à 50 voire 200 m³/h (forage de l'Impérial Palace).

La masse d'eau BD Lisa à l'affleurement concernée par le projet est celle des « Alluvions de la cluse d'Annecy » répertoriée sous le code 712HA01.

12.1.5.2 Piézométrie

Les eaux souterraines de cette nappe s'écoulent vers l'Ouest/Nord-Ouest, selon la même direction que le Thiou. Cette nappe d'accompagnement du Thiou s'écoulant dans les alluvions de la plaine d'Annecy s'étend jusqu'au Fier qui est en position de drainage en aval hydraulique. La nappe est alimentée par les eaux du lac.

Il n'existe aucune carte piézométrique de cette nappe entre le lac et la vallée du Fier permettant de déterminer les conditions d'écoulement de la nappe (profondeur et gradient d'écoulement). Il peut simplement être estimé un gradient moyen sous Annecy de l'ordre de 1% entre la cote du plan d'eau du Lac d'Annecy et celle du Fier au niveau de sa confluence avec le Thiou.

Le niveau de nappe a été mesuré à -1,25 m/TN lors des investigations menées dans le cadre de l'étude de faisabilité ARTELIA de 2020 [1]. La couche d'argile plastique de 5 m d'épaisseur en tête joue le rôle d'éponte imperméable et permet la mise en charge de la nappe circulant dans la couche aquifère de sables et graviers, lui conférant un caractère captif.

Le niveau a ensuite été enregistré à l'aide d'une sonde automatique au pas horaire sur la période de juin 2020 à juin 2024 [2]. D'après les données fournies par Artélia et reportées en Figure 16, malgré deux périodes de près de 6 mois d'absence de mesures, il apparaît que :

- Le niveau moyen est de l'ordre de 446,85 m NGF, soit environ -1,25 m/TN ;
- Les fluctuations de niveau sont de l'ordre de plus ou moins 0,6 à 0,7 m ;
- Un niveau maximal de 447,53 m NGF a été atteint le 02/12/23, soit à environ 0,5 m/TN.

Le niveau d'eau est donc proche de la surface et en lien avec le niveau du lac, comme le montre la Figure 16 : les variations de la nappe suivent celles du niveau du lac, d'après les données de suivi de la régulation du lac fournies par les services techniques de la ville. Sur la période juin 2020 - juin 2024, le niveau du lac était de 446,92 m NGF (moyenne de 446,95 m NGF depuis 2000), contre 446,85 m NGF dans la nappe. Le niveau maximum sur le Lac depuis 2000 a été mesuré à 447,44 m NGF le 14/12/2023.

Ceci limite fortement les capacités de réinjection d'eau dans la nappe (risque de débordement important) et l'injection sous-pression risquerait d'entraîner le soulèvement des argiles en tête (faible résistance mécanique).

Compte-tenu de la présence du lac à proximité directe et sur une grande partie du périmètre des Jardins de l'Europe, le gradient de la nappe doit être très faible voire nul.

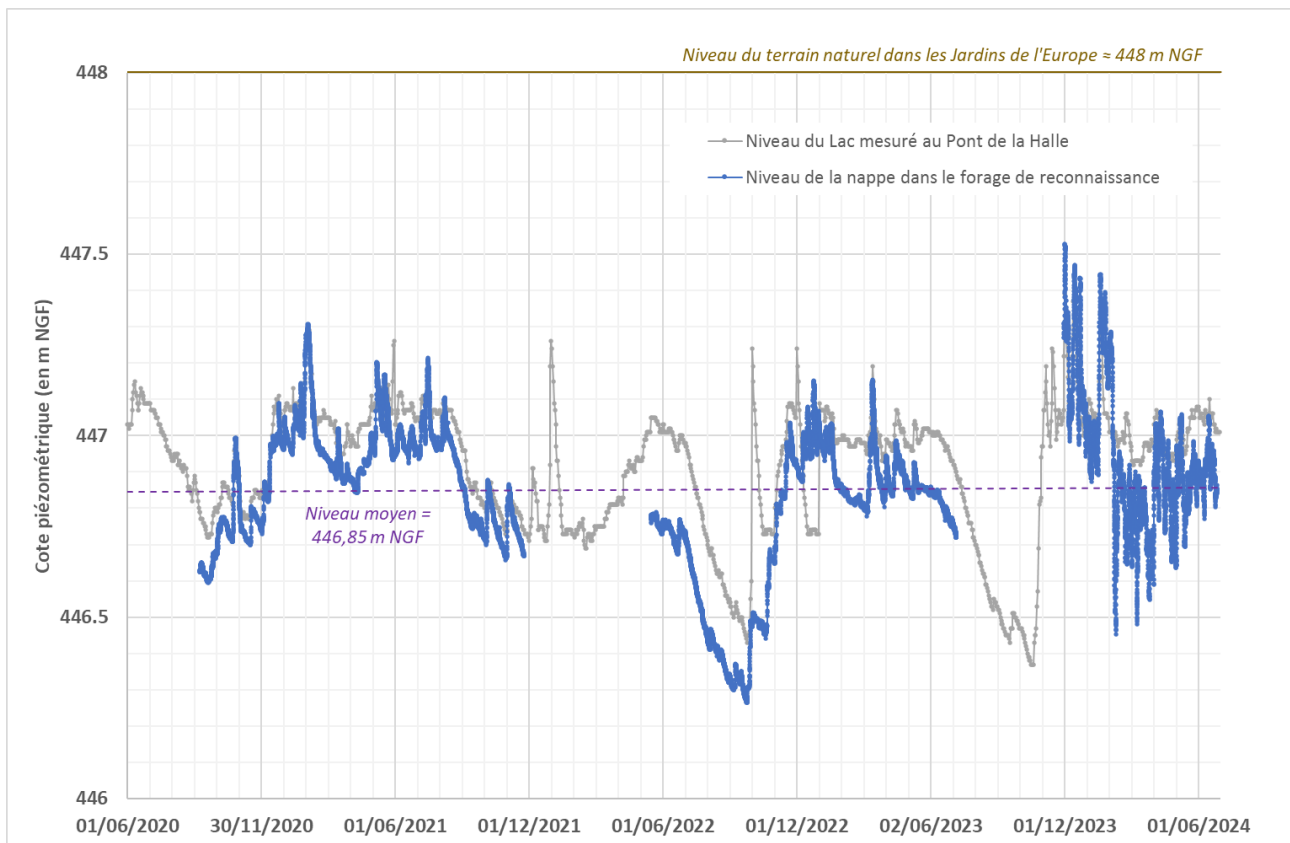


Figure 16 : Chronique piézométrique au droit du forage de reconnaissance réalisé dans les Jardins de l'Europe depuis sa création en 2020 [2] et comparaison au niveaux du Lac d'Annecy mesuré au Pont de la Halle [4]

12.1.5.3 Caractéristiques hydrodynamiques

Un pompage d'essai réalisé sur le forage de reconnaissance en mai 2020 avec un débit de $15,9 \text{ m}^3/\text{h}$ et sur une durée de 4 heures a permis d'observer un début de stabilisation du niveau dynamique au bout de 3,5 heures avec un rabattement maximal de 0,37 m, soit un débit spécifique de l'ordre de $40 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

L'interprétation des données proposée par ARTELIA conduit à retenir une transmissivité de $1,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, soit en considérant une nappe de 5 m d'épaisseur une perméabilité $K=3,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$. Sur cette base, l'étude de pré faisabilité conclut positivement dans la mesure où, en exploitation, le rabattement de la nappe au voisinage direct du pompage, serait au maximum de 1,38 m pour un débit de pompage de $50 \text{ m}^3/\text{h}$ (les pertes de charges n'étant pas prises en compte, cette valeur est à majorer pour évaluer le rabattement au sein de l'ouvrage).

Bien que l'aquifère présente effectivement une bonne perméabilité, sa faible épaisseur et son caractère captif limitent fortement sa capacité, particulièrement pour la réinjection. On note par ailleurs que le pompage d'essai réalisé au stade de la pré faisabilité présente un faible débit et une courte durée pour permettre une qualification hydrodynamique et qualitative optimale de la nappe.

12.1.5.4 Qualité des eaux

La qualité des eaux souterraines contenues dans les alluvions est généralement bonne pour tout type d'usage. Les eaux sont bicarbonatées calciques de dureté moyenne.

Une analyse d'eau a été réalisée sur un prélèvement d'eau fait par ARTELIA selon les règles de l'art dans le forage de reconnaissance le 9 août 2024. Une nouvelle campagne sera réalisée fin d'année 2024 pour confirmer la stabilisation des paramètres. Les principaux résultats d'analyses du laboratoire ABIOLAB sont repris Tableau 19 et Tableau 20 (analyses complètes disponibles en Annexe 15).

Les résultats ont été confrontés au Système d'Évaluation de la Qualité des Eaux souterraines (SEQ-ES), système de référence qui donne des indications sur l'aptitude à assurer certaines fonctionnalités des eaux (irrigation, industrie, eau potable, énergie). Le SEQ étant toutefois insuffisant pour apprécier de façon exhaustive la capacité d'une eau à répondre aux besoins géothermiques, il a été complété par le calcul de certains indices.

L'eau captée est une eau dure (34°F), de type bicarbonaté calcique. Le pH est proche de l'équilibre. La balance calco-carbonique est à l'équilibre. La turbidité de l'eau est correcte (2,8 NFU), comme la quantité de matière en suspension (<4,3 mg/l).

La minéralisation est moyennement élevée. La conductivité a été mesurée autour de 515 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entre 3 et 9 m de profondeur, puis autour de 660 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lors du prélèvement d'eau (durée 1h30). L'analyse au laboratoire indique une valeur de l'ordre de 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La concentration en manganèse reste très faible. En revanche, concernant la teneur en fer et notamment celle en fer dissous, proche de 2 mg/l, celle-ci est déjà importante et peut engendrer la précipitation d'oxyde de fer et favoriser le développement bactérien.

Au niveau bactériologique, l'eau ne présente pas de spores de bactéries micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs en nombre, ni de bactéries ferrugineuses.

Par ailleurs, le calcul des indices de Langelier, de Ryznar et de Larson donne les résultats suivants. Pour ces indices, les variations sont faibles même dans les plages de températures attendues en fonctionnement de l'installation géothermique (d'environ 5 à 20°C).

- Indice de Langelier, permettant d'évaluer l'importance de l'entartrage : proche de 0, indiquant une eau globalement à l'équilibre voire légèrement agressive – un indice inférieur à 0 indique une eau agressive, sous saturée tendant à dissoudre le CaCO_3 solide, un indice supérieur à 0, une eau sursaturée et tendant à précipiter des dépôts de CaCO_3 .
- Indice de Ryznar, permettant d'évaluer l'importance de l'entartrage ou de l'agressivité : environ 6 à 7,4, indiquant une eau globalement à l'équilibre et peu entartrante, voire avec une légère tendance à la corrosion ;
- Indice de Larson, permettant d'évaluer la tendance à la corrosion : 0, indiquant l'absence de tendance à la corrosion.

La nappe présente sous les Jardins de l'Europe est a priori un milieu réducteur (ce qui est cohérent avec une nappe captive) avec la présence des spores de micro-organismes anaérobies, ainsi que du Fer et du Manganèse dissous, et l'absence de nitrates, nitrites et sulfates. Notons toutefois que les paramètres d'oxygène dissous et de potentiel rédox ne sont pas représentatifs de ce genre de milieu : ceux-ci ont néanmoins été mesurés en laboratoire et non sur site.

En ce qui concerne les éléments traces (métaux lourds) et les molécules organiques mesurées, les concentrations sont globalement sous le seuil de quantification, excepté pour le Plomb et le Cadmium.

Au regard des analyses effectuées, la qualité des eaux souterraines est bonne puisque les paramètres respectent ou sont proches des limites et références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine suivant l'arrêté du 11/01/2007 reportées dans les Tableau 19 et Tableau 20. Ceci est déjà un gage de la bonne qualité des eaux qui seront rejetées au milieu récepteur, la rivière du Thiou.

Par ailleurs, l'eau présente ainsi une bonne aptitude à la géothermie (Figure 17), avec une très légère tendance à la corrosion. Un paramètre est toutefois à surveiller, il s'agit du fer dissous. Ainsi, il sera veillé à conserver le caractère captif de la nappe au droit des forages de production afin de ne pas changer les caractéristiques du milieu. Il sera veillé à ne pas oxygéner l'eau dans le réseau. Afin d'éviter la précipitation de fer et potentiellement une coloration des eaux au niveau du point de rejet en rivière, il sera étudié la mise en place d'un filtre à sables en amont de l'échangeur avant rejet.

Paramètres	Unité	Valeur	Limite ou référence de qualité *
pH sur site	-	6,6	
pH au laboratoire	-	7,0	[6,5 ; 9] (R)
Conductivité sur site	µS/cm	660	
Conductivité à 25°C au laboratoire	µS/cm	647	[200 ; 1100] (R)
CO2 dissous	mg/l	64,4	
Potentiel Rédox (Eh)	mV	207	
Turbidité	NTU	2,8	2 (R)
Matière en suspension (MES)	mg/l	<4,3	
Titre alcalimétrique complet (TAC)	°F	34,6	
Titre alcalimétrique (TA)	°F	0	
Magnésium (Mg)	mg/l	3,9	
Calcium (Ca)	mg/l	139	
Dureté totale (TH)	°F	34,0	
Carbonates (CO3)	mg/l	0	
Hydrogénocarbonates (HCO3)	mg/l	422	
Sodium (Na)	mg/l	4,4	200 (R)
Manganèse (Mn) dissous	mg/l	0,085	
Manganèse (Mn) total	mg/l	0,087	0,05 (R)
Fer (Fe) dissous	mg/l	1,9	
Fer (Fe) total	mg/l	2,5	0,2 (R)
Chlorures (Cl)	mg/l	7,5	250 (R)
Sulfates (SO4)	mg/l	<1	250 (R)
Fluorures (F)	mg/l	0,15	1,5 (L)
Bactéries ferrugineuses	-	Absence	
Spores de micro-organismes anaérobies sulfite-réducteurs	UFC/100ml	2	0 (R)

* Limites (L) et références (R) de qualité des eaux destinées à la consommation humaine selon l'arrêté du 11/01/2007

Tableau 19 : Synthèse des paramètres analysés dans les eaux souterraines suite au prélèvement du 09/08/2024, en vue d'une caractérisation de la compatibilité des eaux avec un usage géothermique

Paramètres	Unité	Valeur	Limite ou référence de qualité *
DBO5	mg/l	1,4	
DCO	mg/l	<10	
Azote (N) total	mg/l	2,0	
Nitrates (NO3)	mg/l	<0,5	50 (L)
Nitrites (NO2)	mg/l	<0,02	0,5 (L)
Phosphore (P) total	mg/l	0,025	
Composés organohalogénés absorbables sur charbon actif (AOX)	µgCl/l	<10	
Indice Hydrocarbures	mg/l	<0,1	1 (I)
Arsenic (As)	µg/l	<5	10 (L)
Mercure (Hg)	µg/l	<0,1	1 (L)
Cadmium (Cd)	µg/l	0,9	5 (L)
Plomb (Pb)	µg/l	6	10 (L)
Nickel (Ni)	µg/l	<5	20 (L)
Cuivre (Cu)	mg/l	<0,01	2 (L)
Chrome (Cr)	µg/l	<2	25 (L)
Zinc (Zn)	mg/l	<0,01	
Fluoranthène	ng/l	<5	100 (L)
Benzo(a)pyrène	ng/l	<5	10 (L)
Isoproturon	µg/l	<0,05	0,1 (L)
Nonylphénols	µg/l	<0,04	0,3 (R)
Octylphénol	µg/l	<0,04	0,1 (L)
DEHP	µg/l	<0,5	
Chlorpyrifos	µg/l	<0,005	0,1 (L)
2,4 MCPA	µg/l	<0,02	0,1 (L)

* Limites (L) et références (R) de qualité des eaux destinées à la consommation humaine, et limites (I) de qualité des eaux brutes de toutes origines utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine selon l'arrêté du 11/01/2007

Tableau 20 : Synthèse des paramètres complémentaires analysés dans les eaux souterraines suite au prélèvement du 09/08/2024, en vue d'une caractérisation de la compatibilité des eaux avec un rejet dans les eaux de surface

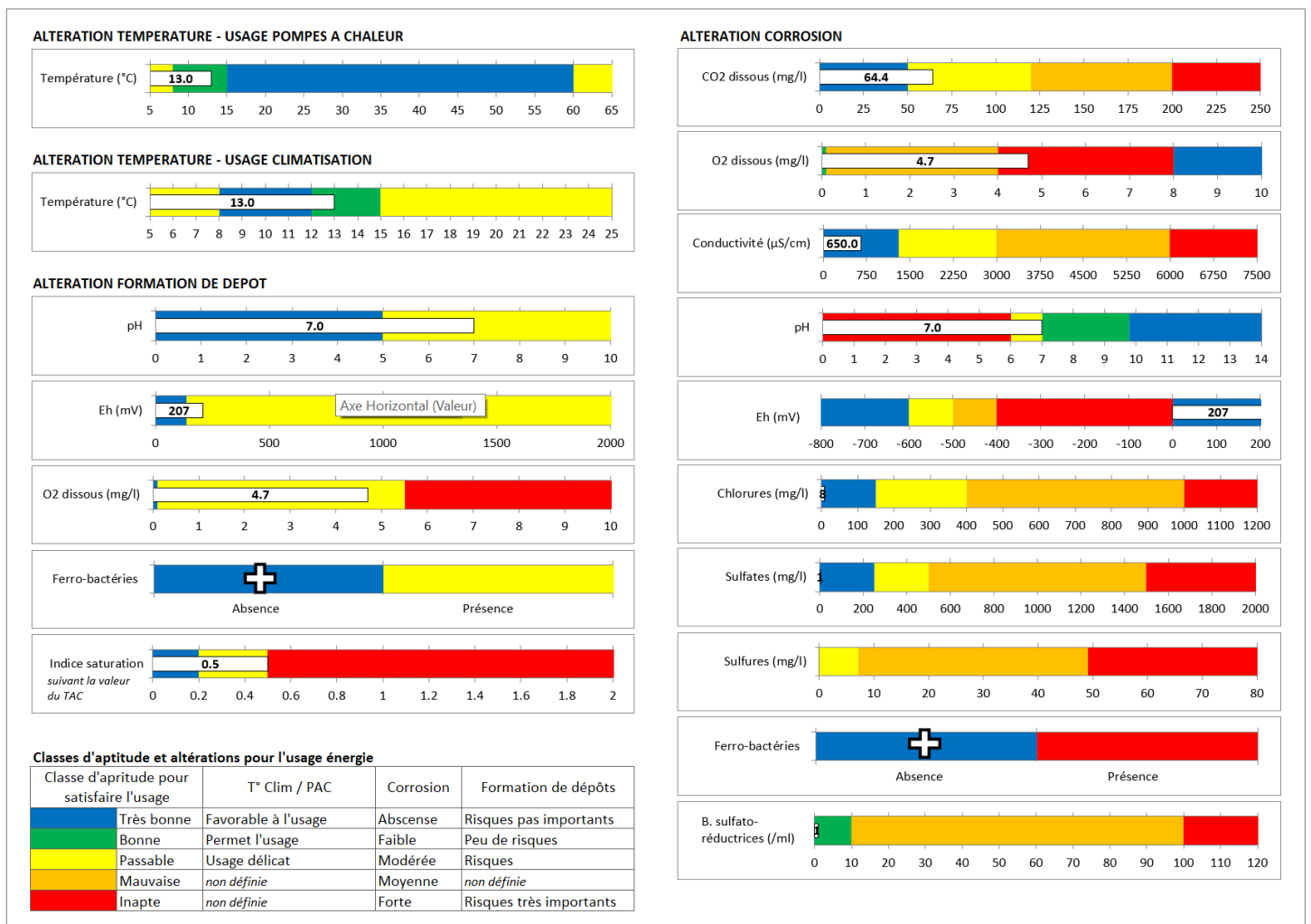


Figure 17 : Synthèse de l'aptitude et des altérations définies par le SEQ – eaux souterraines pour un usage géothermique des eaux souterraines au droit du projet

12.1.5.5 Température des eaux

La température des eaux pompées lors de l'essai de nappe de mai 2020 a été mesurée à 13°C environ.

Lors de la prise d'échantillon d'eau en août 2024, l'eau a été mesurée à environ 13°C entre 6 et 10 m de profondeur (soit au niveau des crépines du forage de reconnaissance sollicitant les formations productives de la nappe).

12.1.5.6 Exploitation de la nappe au voisinage du site

Les eaux souterraines sont peu exploitées sur le secteur d'Annecy (Figure 18). Des forages d'une vingtaine de mètres maximum sont localisés de l'Ouest de la gare à l'Impérial Palace, sans que leurs usages ne soient connus. Quelques forages sont destinés à un usage géothermique sur nappe, et d'autres sont projetés.

Les forages exploitants les eaux souterraines les plus importants sont ceux du champ captant d'Annecy destinés à l'alimentation en eau potable. Ils sont situés sur la rive opposée du Fier, situé en position de drainage de la nappe d'accompagnement passant sous Annecy et alimentée par le Lac.

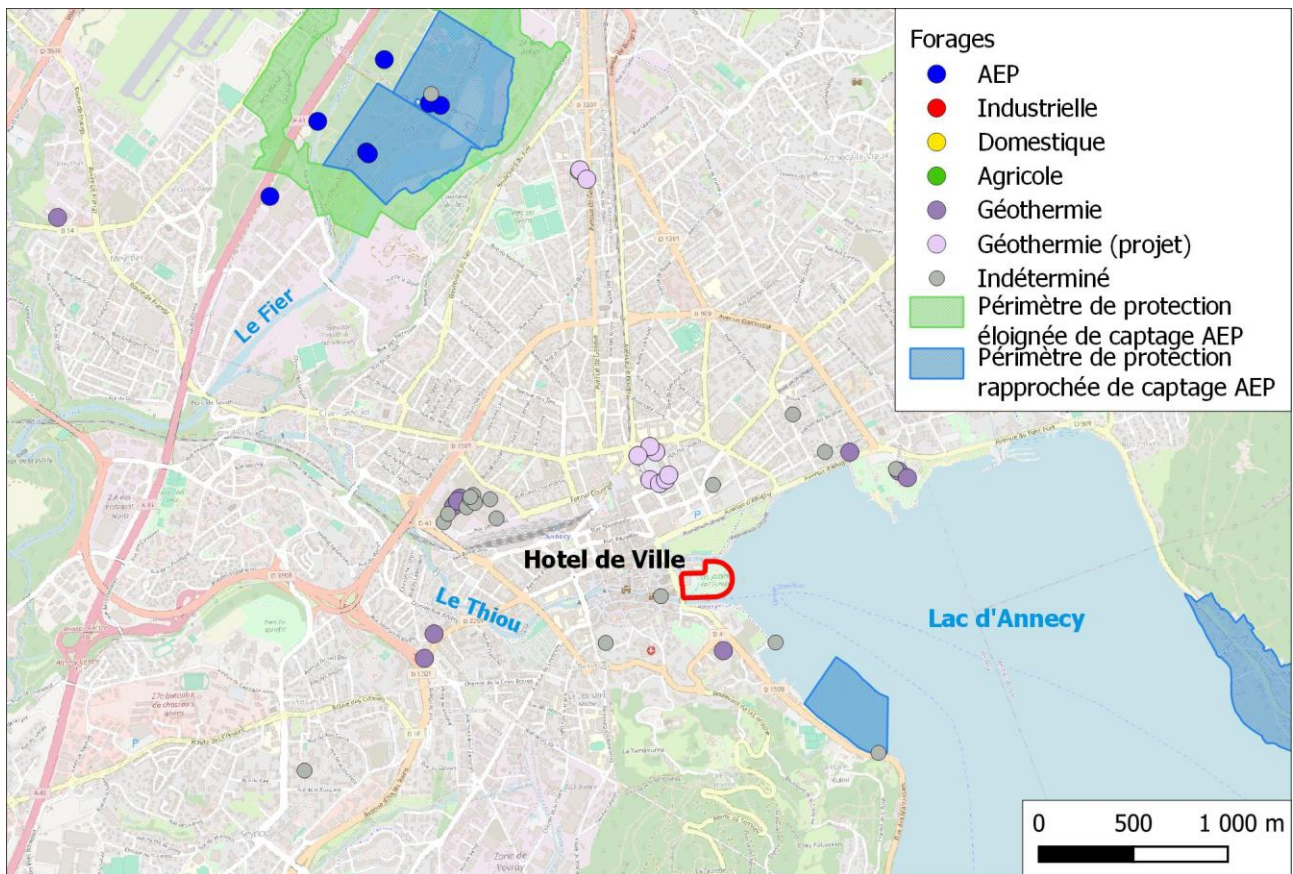


Figure 18 : Forages exploitant les eaux souterraines à proximité du projet et périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable

12.1.6 Hydrologie

Le projet est situé sur la presqu'île des Jardins de l'Europe, bordée à l'Est par le Lac d'Annecy, au Nord par le Canal du Vassé et au Sud par le Canal du Thiou. Les deux se rejoignent en aval pour former le Thiou affluent du Fier et du Rhône.

12.1.6.1 Caractéristiques du Canal du Thiou

Le Canal du Thiou est l'un des principaux exutoires naturels du Lac d'Annecy. Il est équipé d'une vanne unique de retenue se trouvant en amont du Pont Perrière entre le quai du Semnoz et le quai Perrière. Il s'agit d'une vanne clapet motorisée de 16 m de long.

La section de l'ouvrage est de 24 m² (16 m x 1,5 m). Son lit a fait l'objet de bétonnages, d'abord dans les années 1913-1914 entre le vannage et le secteur du Pont de la République, puis dans les années 60 autour et en amont du vannage. Aucun reprofilage du canal du Thiou n'a été réalisé depuis 1967. Les services techniques de la ville d'Annecy réalisent un entretien régulier du canal, ce qui permet de faire l'hypothèse que les conditions hydrauliques n'ont pas évolué. La courbe de tarage établie en 1968 reste encore valable.

La hauteur maximum de retenue est de 0,80 m. La vanne, installée en novembre 1965, permet un débit totalement libre des eaux du Lac. Son ouverture totale permet un débit maximum de 40 m³/s.

Cette vanne permet de gérer le niveau du lac, dont la responsabilité a été confiée par l'Etat à la Ville d'Annecy depuis la fin du XIX^{ème} siècle.

12.1.6.2 Fonctionnement de la régulation du niveau du Lac d'Annecy

Le niveau du lac se lit à l'échelle fixée au pont de la Halle, et dont le zéro est celui de l'eau le 26/08/1862 (446,17 m NGF). En amont du barrage, la cote maximum conventionnelle est de 80 cm (446,97 m NGF) par rapport au zéro de cette échelle, cote de consigne conservée de nos jours. De manière générale, il est défini qu'en période normale, quand il n'y a pas de risques de crues, la cote de consigne du Lac d'Annecy doit se situer entre 75 cm et 80 cm, et que la cote mini ne doit pas descendre en dessous de 60 cm (446,77 m NGF).

En période d'été, avec un ensoleillement normal et une température ambiante moyenne comprise entre 25°C et 30 °C, le niveau du lac baisse régulièrement d'un demi-centimètre tous les deux jours. Les services techniques de la ville d'Annecy doivent maintenir une réserve d'eau suffisante afin d'avoir un bon niveau du lac notamment pour les activités touristiques jusqu'à fin septembre. La cote de 80 cm, longtemps considérée comme une cote d'alerte ou de sécurité à ne pas dépasser quelle que soit la saison, peut alors être franchie. Un débit minimum d'eau dans les canaux du lac est compris entre 1 à 2 m³/s afin de garder l'esthétique et la propreté des canaux, ainsi qu'un débit suffisant pour les utilisateurs de l'eau du lac.

A l'inverse, en période d'hiver, à l'automne, ou en début de printemps, les services techniques en charge de la régulation doivent tenir compte et réagir en fonction des chutes et fontes des neiges, des pluies abondantes et des redoux où il est important de ne pas dépasser la cote 80 qui est alors à considérer à ce moment-là comme une cote d'alerte à ne pas atteindre.

Ainsi, l'ensemble des différentes contraintes ont conduit les services techniques de la ville d'Annecy à établir des seuils de sécurité à respecter en termes de cotes : une cote comprise entre 60 cm minimum et 70 cm maximum en période d'hiver, et une cote comprise entre 70 cm minimum et 90 cm maximum en période d'été.

Comme le montrent ces valeurs, la marge de manœuvre demeure relativement faible (20 à 30 cm), d'autant que le niveau du lac peut monter de 20 centimètres en une nuit et que la surface libre de la section d'évacuation des trois déversoirs du Lac d'Annecy n'est que de 45 m² pour un débit maxi de 51 m³/s, toutes vannes ouvertes.

Les données sur la régulation du lac récupérées auprès des services de la ville d'Annecy [4] indiquent sur la période 2000-2024 (Figure 19), une cote moyenne du lac de 446,95 m NGF.

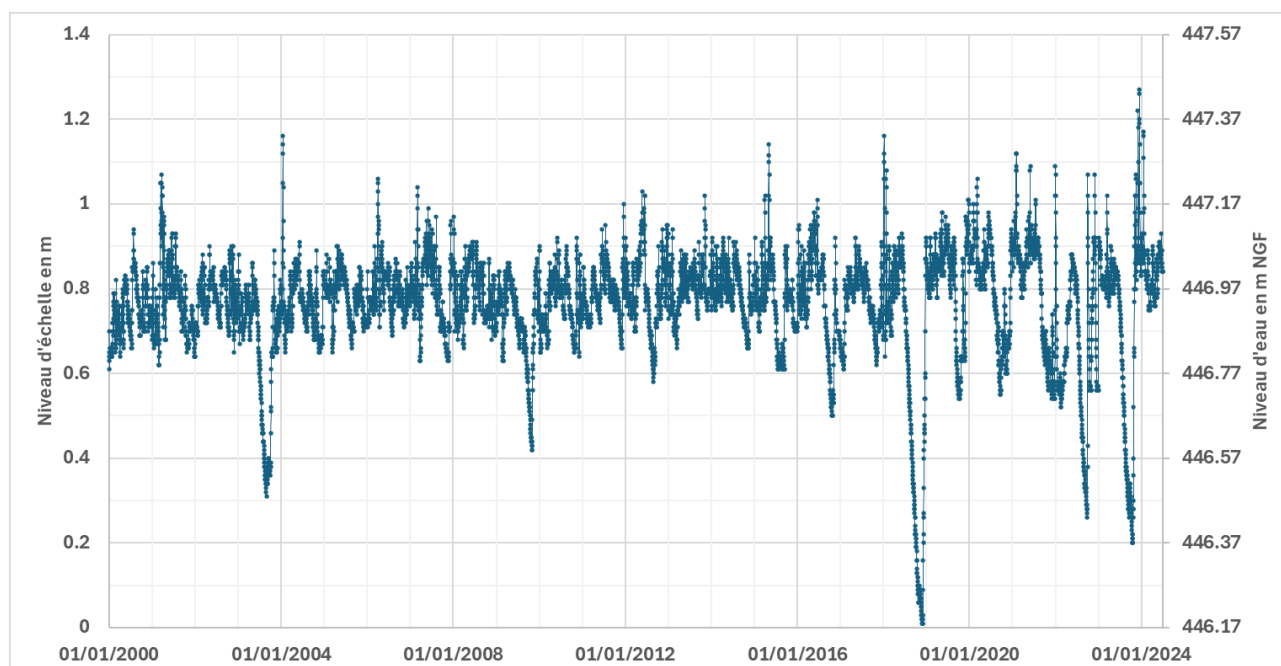


Figure 19 : Chronique du niveau du Lac d'Annecy mesuré à l'échelle du Pont de la Halle sur la période 2000-2024 [4]

12.1.6.3 Débits du Canal du Thiou

Bien que les débits du Thiou soient en partie artificiels en raison de la régulation de la cote du lac, le régime hydrologique des émissaires du lac peut être considéré de type nivo-pluvial, similaire à celui observé sur les affluents instrumentés du lac : les hautes eaux principales correspondent à la fonte nivale printanière, une seconde recrudescence des débits est observée à l'automne alors que l'étiage est enregistré en été.

À la suite des travaux de modernisation des ouvrages de régulation du lac et de recalibrage des canaux en 1965, le débit maximum qui peut transiter dans les canaux d'Annecy est évalué à 51,5 m³/s avec 40 m³/s pour le Canal du Thiou à lui-seul.

Les anciennes vannes situées plus en aval (vers le Pont de la République) n'interviennent pas directement sur le débit du Thiou mais doivent être manœuvrées pour être positionnées correctement par rapport au débit imposé par la vanne clapet. Elles sont totalement ouvertes en cas de crues pour atteindre le débit maximum recherché.

Dans cette configuration, les débits dans le canal du Thiou sont en écoulement libre et ils sont uniquement fonction de la cote du lac mesurée à l'échelle du Pont de la Halle. Les services de la ville d'Annecy utilisent une courbe de tarage établie entre 1965 et 1968 afin de faire correspondre les niveaux de l'échelle aux débits d'écoulements.

Le débit de crue du Canal du Thiou est de 40 à 45 m³/s. Le débit moyen de l'ordre de 8 m³/s. Le débit d'étiage de 0,6 m³/s.

Les données sur la gestion du Thiou récupérées auprès des services de la ville d'Annecy [4] permettent de conforter ces informations (Figure 20). Sur la période 2000-2024 :

- Le débit moyen est de l'ordre de 4,45 m³/s sur le Thiou amont (avant la confluence avec les canaux du Vassé et de Saint-Dominique), avec une médiane de 1,65 m³/s et des extrêmes de 0,008 m³/s (notamment en période d'étiage sévère ou lors d'opération de nettoyage) et de 31,22 m³/s ;
- Le débit moyen est de l'ordre de 7,60 m³/s sur le Thiou aval, avec une médiane de 3,85 m³/s et des extrêmes de 0,66 m³/s et de 50,37 m³/s.

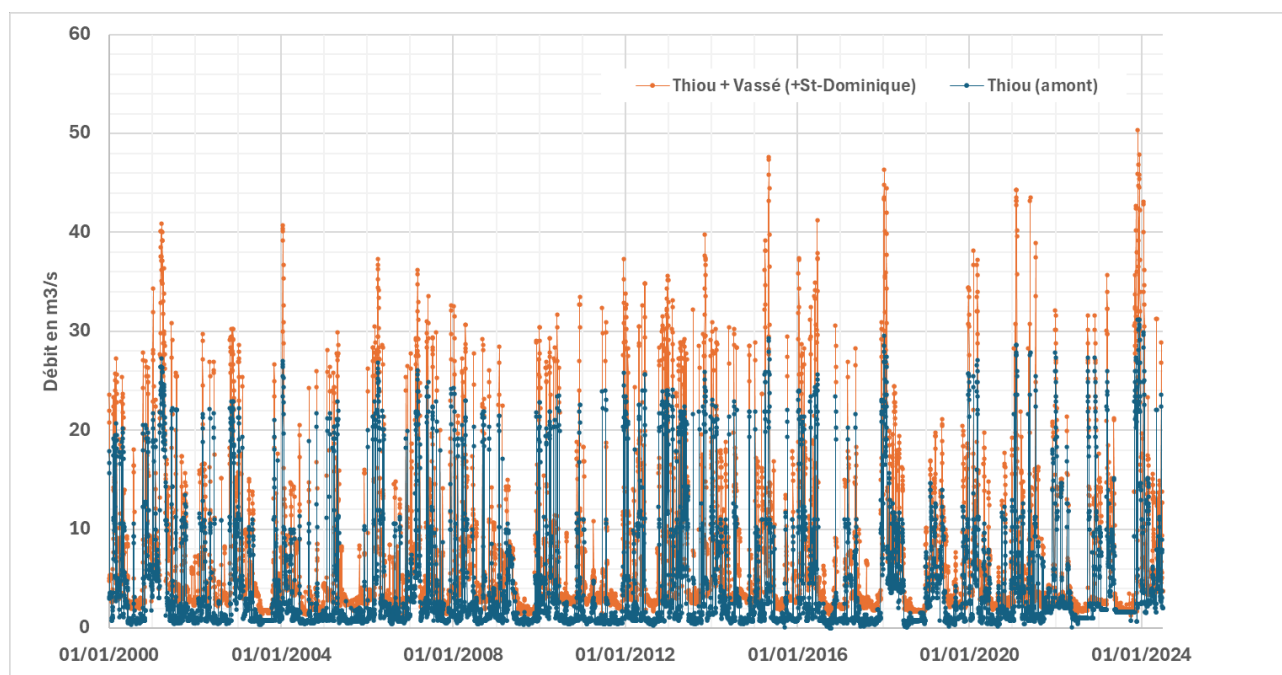


Figure 20 : Chronique du débit du Canal du Thiou en amont de sa confluence avec le Vassé, et du débit total des canaux sur la période 2000-2024 [4]

12.1.6.4 Températures

La température du lac oscille entre 6 °C en janvier et 22 °C en juillet. De juin à septembre, les températures de l'eau sont douces, agréables et compatibles avec les activités aquatiques.

Les données récupérées auprès du SILA (Syndicat Mixte du Lac d'Annecy) sur les sondes de température des plages d'Albigny et des Marquisats (Figure 21), permettent d'affiner les variations de température du Thiou. En effet, celui-ci constitue l'exutoire majeur du lac et est situé entre ces deux plages. Par ailleurs, du fait qu'il capte une faible hauteur d'eau en tête de la masse d'eau que représente le lac, il peut être considéré que la température des eaux est proche de celle des plages.

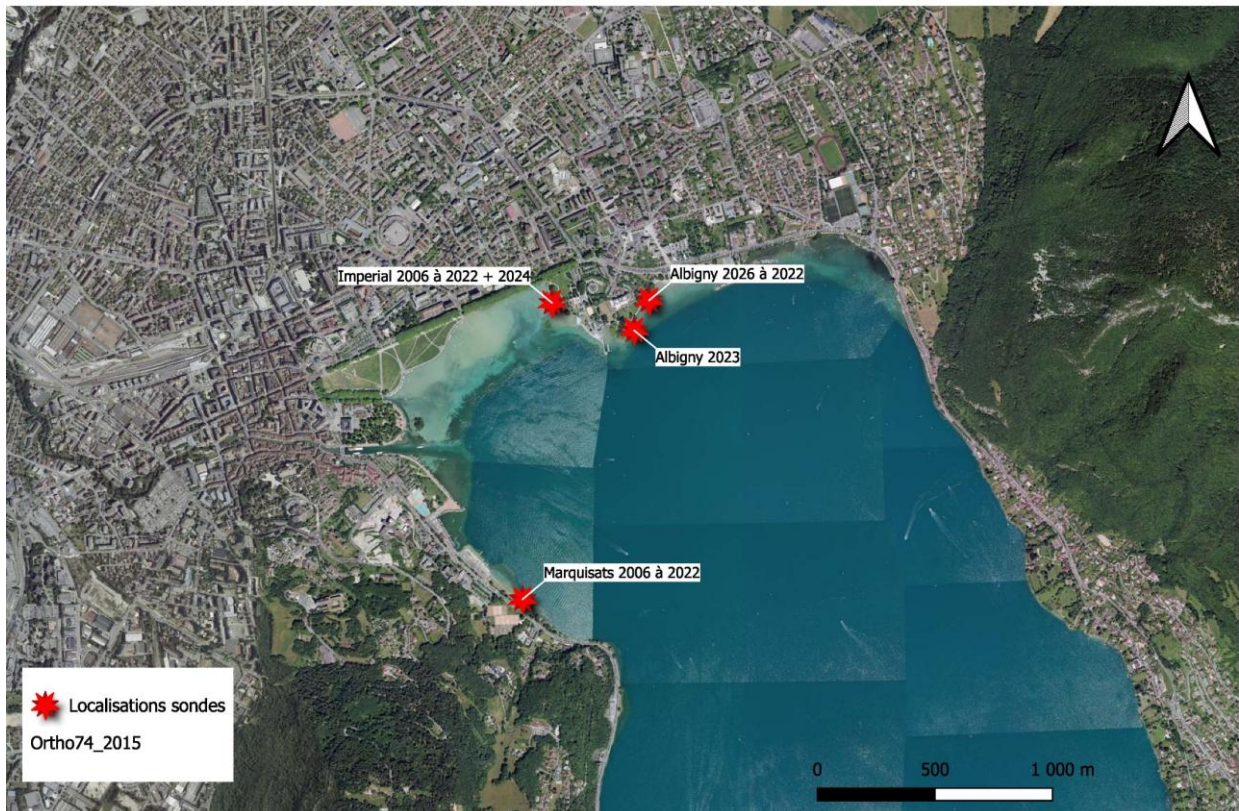


Figure 21 : Localisation des sondes thermiques des plages du lac d'Annecy proches du Thiou (source : SILA)

Les données disponibles depuis 2006 montrent une bonne cohérence entre les températures des eaux sur les différentes plages, laissant supposer que la température du Thiou en est assez proche (Figure 22). Les températures oscillent globalement entre 4/5°C et 28/29°C. La Figure 23 montre les moyennes mensuelles calculées sur la période 2006-2023 sur les différentes plages, montrant une nouvelle fois la cohérence entre les températures mesurées.

Il peut être considéré que la température des eaux du Thiou oscille entre environ 5°C en hiver et environ 20°C en été.

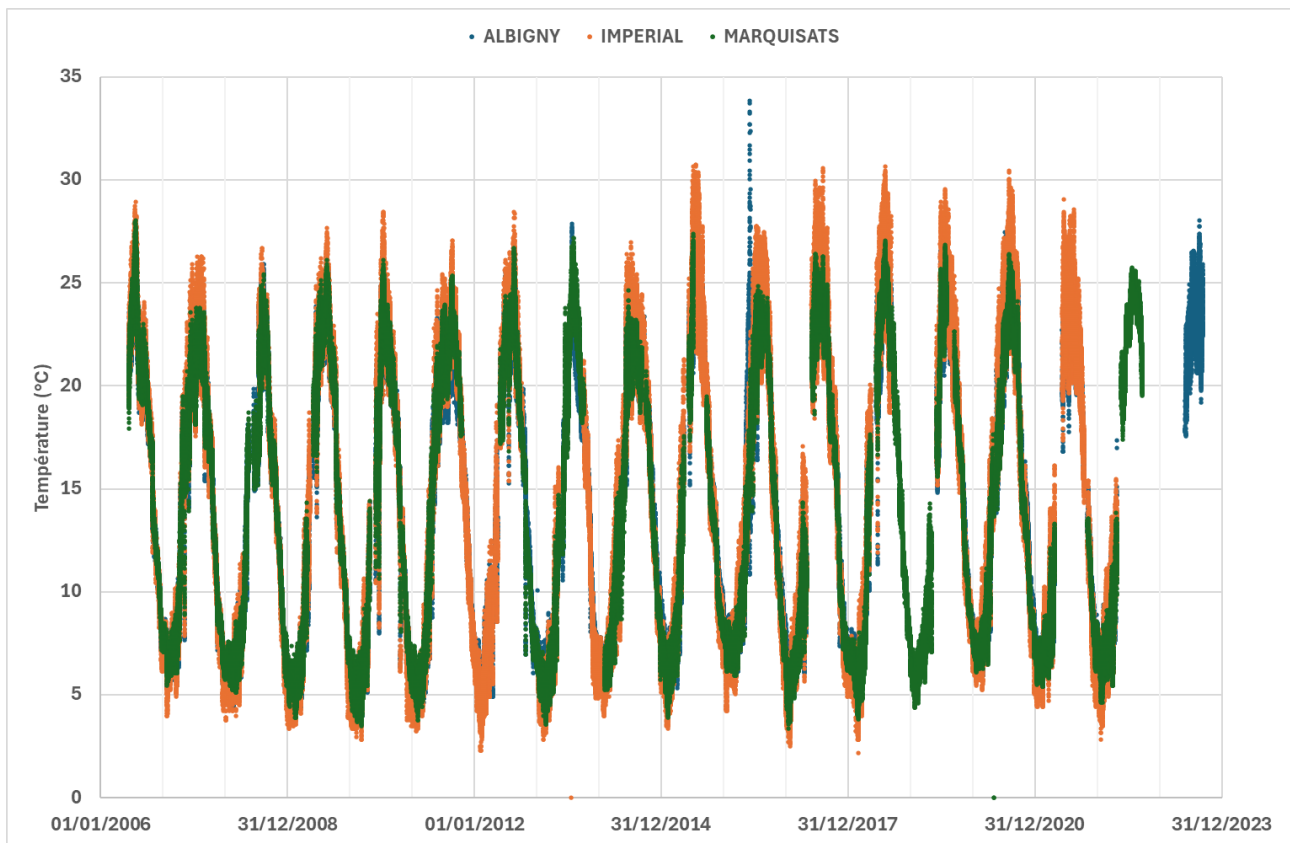


Figure 22 : Chroniques de températures des plages du lac d'Annecy proche du Thiou (source : SILA)

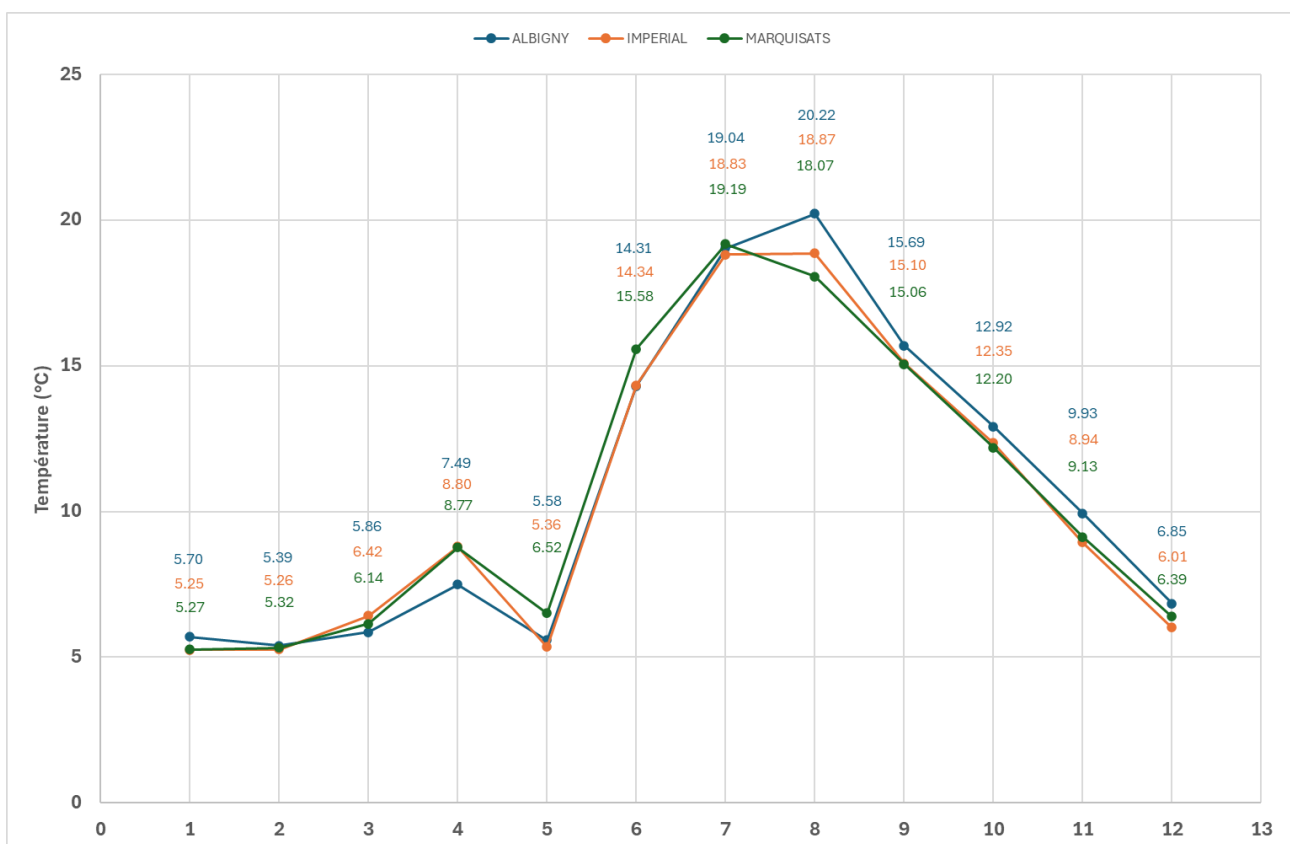


Figure 23 : Températures mensuelles moyennes des plages du lac d'Annecy proche du Thiou sur la période 2006-2023 (source : SILA)

12.1.6.5 Contexte piscicole et état du Thiou

Le contexte piscicole est une composante du réseau hydrographique délimitée par un critère biologique. Il est l'unité spatiale dans laquelle une population de poissons fonctionne de façon autonome. Il est établi pour une population repère dont les caractéristiques sont la représentativité du domaine piscicole et l'écotoxicité. Le contexte piscicole se définit selon le domaine piscicole et l'état fonctionnel du peuplement considéré. Il est lié à la zonation piscicole du cours d'eau. Trois types de peuplements ont été identifiés selon le potentiel originel du contexte piscicole :

- Salmonicole (S) : dans le domaine salmonicole, les caractéristiques naturelles du milieu conviennent aux exigences de la Truite fario et des espèces d'accompagnement ;
- Intermédiaire (I) : dans le domaine intermédiaire, les caractéristiques naturelles du milieu conviennent aux exigences de l'ombre commun et des cyprinidés d'eaux vives ;
- Cyprinicole (C) : dans le domaine cyprinicole, les caractéristiques naturelles du milieu conviennent aux exigences des cyprinidés d'eaux calmes et à leurs prédateurs (carnassiers).

Les eaux du Thiou sont catégorisées comme salmonicoles.

Une rivière exempte de substances toxiques et accueillant une biodiversité riche et variée est considérée en bon état. L'évaluation de l'état chimique et de l'état écologique des cours d'eau est réalisée grâce à la surveillance régulière de plusieurs centaines de paramètres. Le bon état d'un cours d'eau requiert non seulement une bonne qualité de l'eau, mais aussi un bon fonctionnement des milieux aquatiques, évalué à partir d'éléments de qualité biologique animaux (poissons, invertébrés) et végétaux (plantes aquatiques), physico-chimiques (phosphore, nitrate, pH) et hydromorphologiques (état des berges, continuité de la rivière, etc.). L'état d'un cours d'eau comprend deux aspects : un état chimique et un état écologique.

Les substances surveillées (33 prioritaires et 8 dangereuses) pour évaluer la qualité chimique d'un cours d'eau sont, en particulier, les pesticides, les métaux lourds, les hydrocarbures, les polychlorobiphényles (PCB), etc. La concentration de ces substances est comparée à des normes de qualité environnementale (NQE). Si la concentration de toutes les substances suivies est inférieure aux NQE, alors le cours d'eau est estimé en bon état chimique. Si une seule substance dépasse sa NQE, le cours d'eau n'atteint pas le bon état chimique. Deux classes sont définies : bon (respect) et pas bon (non-respect).

Pour évaluer l'état écologique d'un cours d'eau, les paramètres qui le constituent sont comparés à une situation dite « de référence », où l'influence des activités humaines serait nulle. Si l'écart des paramètres mesurés par rapport à la situation de référence reste faible, alors le cours d'eau est estimé en bon état écologique. Plus l'écart est grand, plus le cours d'eau est considéré comme dégradé, suivant les cinq classes suivantes : très bon, bon, moyen, médiocre et mauvais. La situation de référence tient compte des spécificités naturelles du cours d'eau : elle est par exemple différente pour un petit torrent de montagne et une rivière de plaine. Dans le cas de milieux trop fortement modifiés, il se peut que l'atteinte du bon état écologique soit impossible parce que le milieu ne fonctionne plus comme un milieu naturel. L'objectif est alors d'atteindre un bon potentiel écologique, dont les critères d'atteinte sont adaptés.

Trois types de paramètres sont mesurés :

- Les éléments de qualité biologique, à l'aide d'indices spécifiques, prennent en compte la présence ou l'absence de certaines espèces : les poissons, les invertébrés, les macrophytes (plantes aquatiques) et les diatomées (algues unicellulaires) ;
- Les éléments de qualité physico-chimique : par exemple la température, l'oxygène dissous ou les nutriments (nitrates, phosphore) ;
- Les éléments de qualité hydromorphologique, qui font référence aux caractéristiques morphologiques du cours d'eau et à sa dynamique hydrologique : variations de la largeur du lit, sinuosité, etc.

Les données disponibles sur la station du quartier de Cran-Gevrier 2 d'Annecy (en amont de la confluence avec le Thiou) depuis 1996 pour certains paramètres permettent d'avoir un aperçu de l'état du Thiou.

L'état chimique est bon depuis 2021. Le bon état n'était pas atteint sur la période 2010-2020 pour cause de présence de benzo(a)pyrène, de trichloroéthylène ou de benzo(b)fluoranthène.

L'état écologique n'est pas déterminé mais le potentiel écologique est considéré comme état moyen depuis 2018 ainsi qu'en 2016. Les autres années depuis 2010, il est considéré comme état bon. En particulier le critère température constituant un élément de la qualité physico-chimique est défini comme moyen en 2016 et depuis 2018.

Compte tenu des données de température disponibles sur les plages du Lac d'Annecy (cf. §12.1.6.4 et Figure 23), la qualité des eaux du Thiou peut être considérée en moyenne comme très bonne (température moyenne mensuelle variant entre 5 et 20°C). Au regard des maximums mensuels de température, elle peut toutefois être considérée comme médiocre à partir des mois de mai-juin à août-septembre. Le percentile 90% est de l'ordre de 23°C, soit un état moyen.

Température (°C)	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Eaux salmonicoles	≤ 20]20 ; 21,5]]21,5 ; 25]]25 ; 28]	> 28
Eaux cyprinicoles	≤ 24]24 ; 25,5]]25,5 ; 27]]27 ; 28]	> 28

Tableau 21 : Intervalles correspondant aux différentes classes d'état pour les paramètres physico-chimiques généraux pour les cours d'eau (Extrait de l'arrêté du 25/01/2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surfaces)

12.1.6.6 Usage de l'eau

Peu d'activités dépendent de ce cours d'eau.

En termes d'activité industrielle, seule une entreprise utilise actuellement les eaux du Thiou. Il s'agit de la Compagnie Alpine d'Aluminium, située à la confluence avec le Fier, spécialisée dans les traitements de surface et qui est autorisée à prélever 400 m³/h (soit environ 0,11 m³/s) et 5000 m³/j.

En termes d'hydroélectricité, 2 micro-centrales localisées dans le quartier Cran Gévrier sont actuellement exploitées par la COEXHYE :

- L'une de puissance brute maximale de 624 kW au droit de la chute dite des Forges, où l'exploitant est autorisé à turbiner 6 m³/s (débit réservé de 0,750 m³/s).
- L'autre de puissance brute maximale de 703 kW au droit de la chute dite des Papeteries autorisée à turbiner 7 m³/s (débit réservé de 0,750 m³/s).

12.1.7 Opérations de géothermie

Plusieurs installations de géothermie, en système ouvert ou fermé, sont présentes dans un rayon de l'ordre de 1 km autour du site étudié (cf. Figure 24). Très peu d'informations sont disponibles concernant les géologies recoupées et les débits d'exploitation (cf. Tableau 22).



Figure 24 : Localisation des installations de géothermie à proximité du projet

Identifiant BSS	Type de géothermie	Année de réalisation	Profondeur (m/sol)	Terrains / Aquifères	Distance au projet (m)
BSS004ESYV	Nappe	2019	-	-	290
BSS004HWGC	Nappe	2023	15	-	650
BSS004HWFS	Nappe	2023	11	-	650
BSS004HWGA	Nappe	2023	15	-	650
BSS004HWFQ	Nappe	2023	11	-	500
BSS004HWFY	Nappe	2023	30	-	500
BSS004HFWF	Nappe	2023	30	-	500
BSS004HWFU	Nappe	2023	13	-	500
BSS004EPVJ	Nappe	2000	20	-	880
BSS003JFEW	Nappe	1988	23	Formations gravo-sableuses	1030
BSS004ESYW	Nappe	2018	-	-	1030
BSS004FUCY, BSS004FUDA, BSS004FUDC, BSS004FUDE, BSS004FUDG, BSS004FUDJ, BSS004FUDK, BSS004FUDM, BSS004FUDN, BSS001SFWM	Sondes	2007	10 x 148	Limons, argiles, sables, graviers	280
BSS001SFVP à BSS001SFVU	Sondes	2007	6 x 97	Limons, argiles, sables, marnes, grès	500

Tableau 22 : Caractéristiques des installations de géothermie dans un rayon d'environ 1 km autour du projet

12.1.8 Occupation des sols

Le projet est implanté en contexte urbain dans la plaine alluviale d'Annecy (Figure 25). Les parcelles voisines sont déjà construites ou constituées d'espaces naturels (Figure 26), classées Ue : secteur de service public et d'intérêt collectif ; Uh : secteur de la Vieille Ville – habitat collectif moyen ; Ua : centre-ville – habitat collectif ou Na : zone naturelle de bords de lac et parcs significatifs ; Ni : lac et Thiou.

Dans le secteur, la nappe est située en moyenne à environ 1 m/TN. Elle est contenue dans des formations sablo-graveleuses perméables présentes entre 5 et 10 m/TN, en charge sous un recouvrement argileux d'environ 5 m. La nappe peut donc être considérée comme 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. Les forages de captage sont situés au sein de la zone Na du plan local d'urbanisme d'Annecy (Jardins de l'Europe). D'après son règlement, la zone permet l'installation d'ouvrages liés à l'aménagement de promenades, d'aires de jeux, d'équipements légers d'intérêt collectif et de services publics, dès lors qu'ils sont compatibles avec la vocation de la zone. L'ensemble de ces points ne sont pas des activités à risque pouvant générer une importante pollution de la nappe. Par ailleurs, les Jardins de l'Europe sont classés comme site patrimonial remarquable.

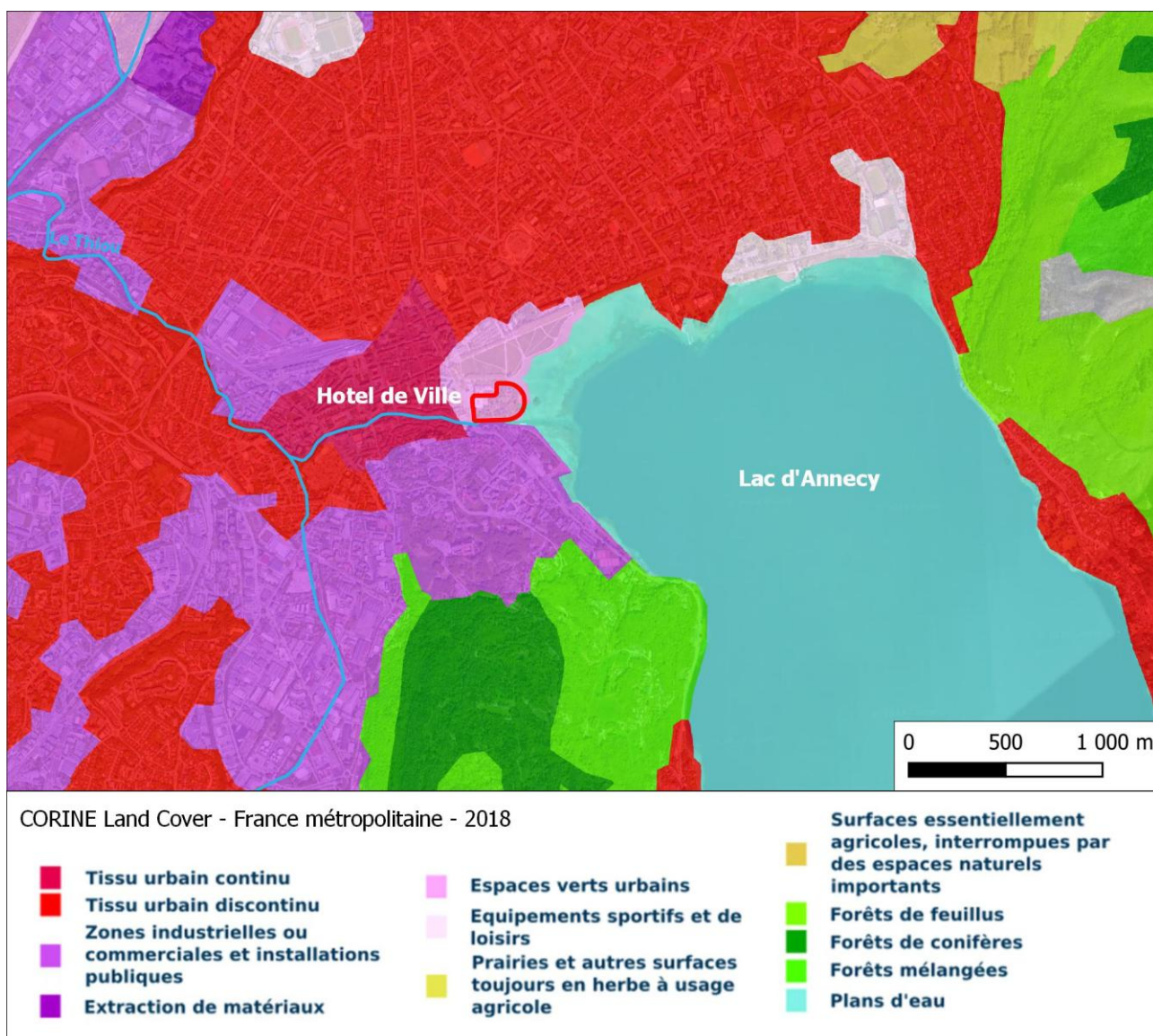


Figure 25 : Carte d'occupation des sols

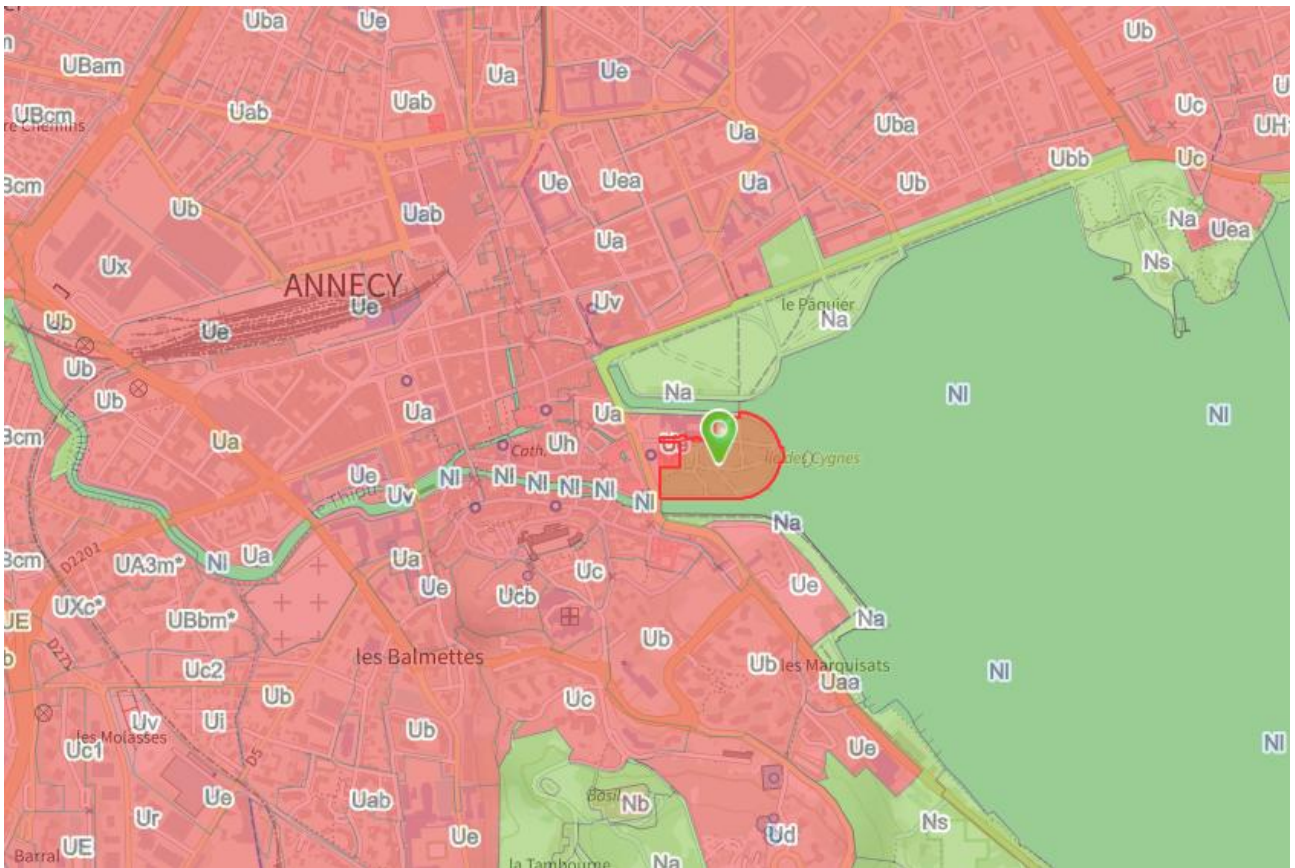


Figure 26 : Extrait du PLU d'Annecy approuvé le 23/03/2023

12.1.9 Milieu naturel

12.1.9.1 Zonages environnementaux de protection ou d'inventaire

Les milieux naturels font l'objet de recensements et/ou de cartographies ayant soit valeur réglementaire, avec prescriptions et interdictions strictes associées (Réserves naturelles, Parcs Naturels Régionaux, Arrêtés de Protection de Biotope, Forêts de protection, Zones RAMSAR), soit simple valeur d'inventaires (ZNIEFF, ZICO). Bien que non assorties d'interdictions strictes, les zones d'inventaires correspondent à des secteurs à sensibilité environnementale ou paysagère particulière.

Pour réaliser l'inventaire des zonages environnementaux à proximité du site d'étude, les données de l'institut national du patrimoine naturel (INPN) ont été utilisées. Les zones à regarder en priorité sont les arrêtés de protection de biotope (APB), les sites RAMSAR et les sites ZNIEFF.

D'après l'INPN, le site étudié se trouve en dehors de :

- Zones de protection de type APB (dans un rayon d'au moins 5 km, cf. Figure 27) ;
- Zones RAMSAR (dans un rayon d'au moins 5 km, cf. Figure 27) ;
- Zone ZICO (dans un rayon d'au moins 5 km, cf. Figure 27) ;
- ZNIEFF de type 1 (Figure 28) : la plus proche est à 1 km au Sud (Semnoz, flanc Ouest de l'extrémité de l'Aigle, 820031639) ;

Le site étudié se situe directement à l'Ouest d'une ZNIEFF de type 2 (Figure 28), Ensemble fonctionnel formé par le Lac d'Annecy et ses annexes, 820005231. Le projet n'aura aucune incidence sur cette zone, les prélèvements et le rejet seront maîtrisés au regard de la productivité de la nappe et du débit du cours d'eau concerné.

Le projet n'est pas localisé dans un périmètre de parcs ou de réserves.

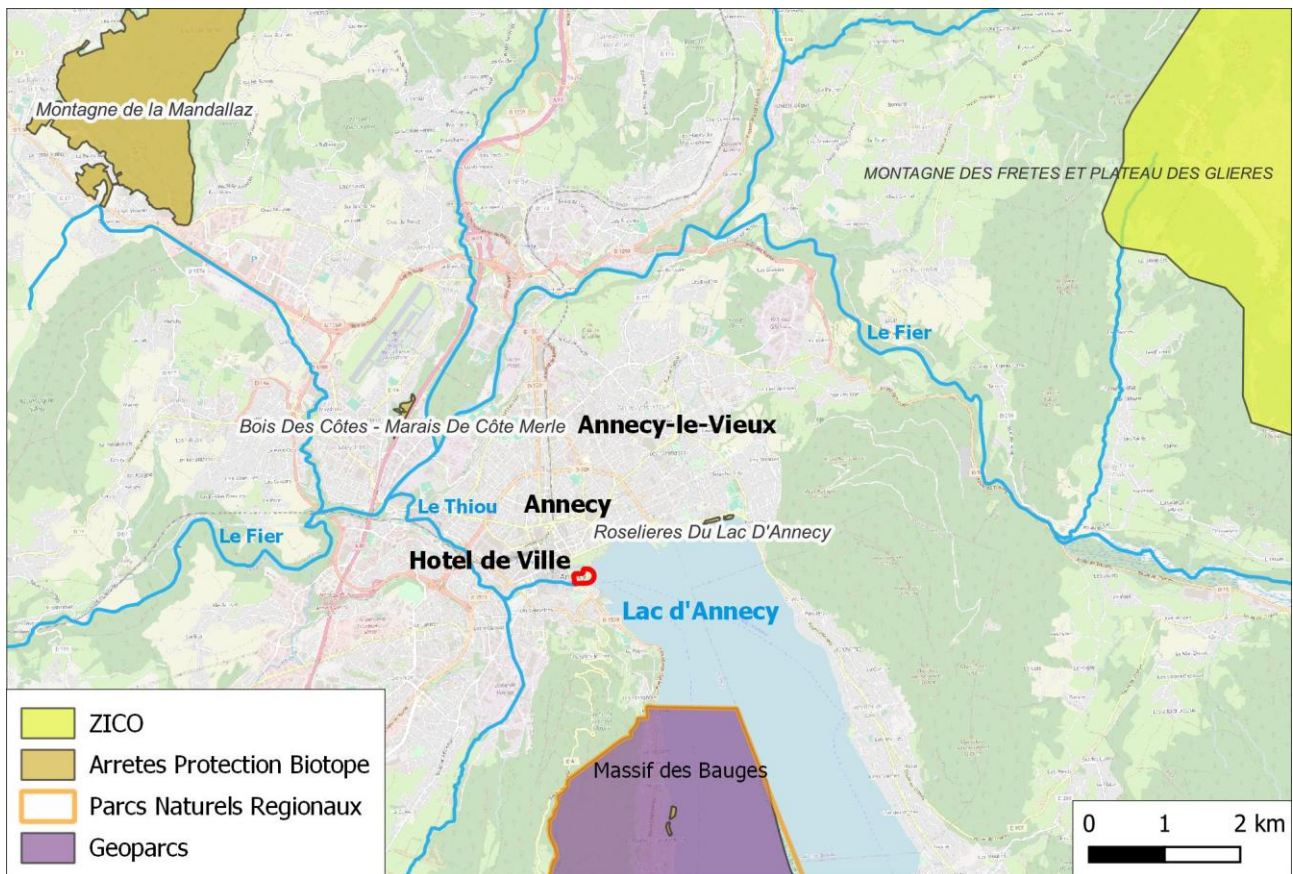


Figure 27 : Localisation des zones environnementales à proximité du projet (source : INPN)

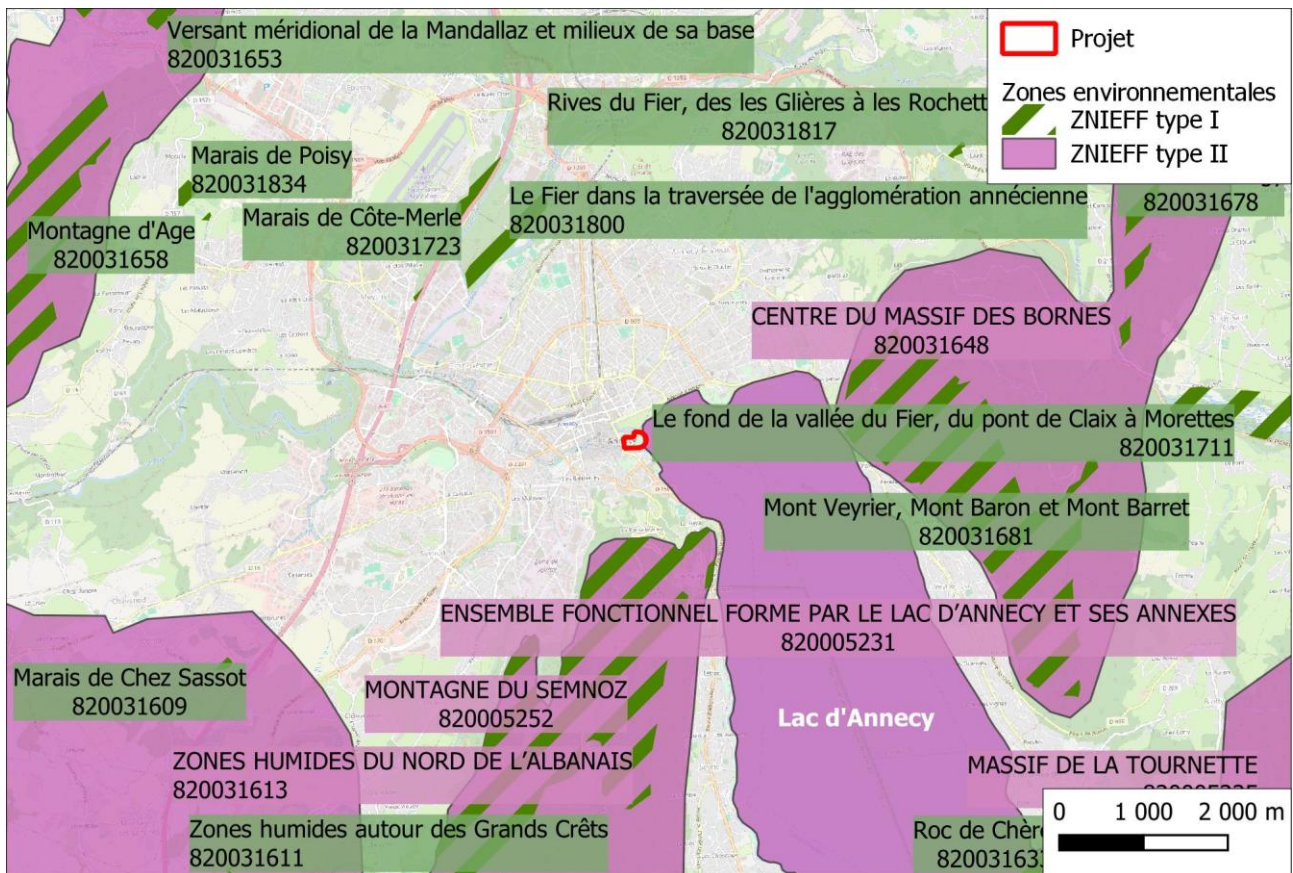


Figure 28 : Localisation des ZNIEFF à proximité du projet (source : INPN)

12.1.9.2 Natura 2000

Le réseau écologique européen Natura 2000 vise à préserver les espèces et les habitats menacés et/ou remarquables sur le territoire européen, dans un cadre global de développement durable. Ce dispositif doit permettre de protéger un échantillon représentatif des habitats et des espèces les plus menacés en Europe, en le faisant coexister de façon équilibrée avec les activités humaines. Deux types de zones interviennent dans le réseau Natura 2000 : les ZPS (zones de protection spéciales) et les ZSC (zones spéciales de conservation).

Le projet se situe hors de toute zone Natura 2000, dans un rayon d'au moins 5 km (Figure 29).

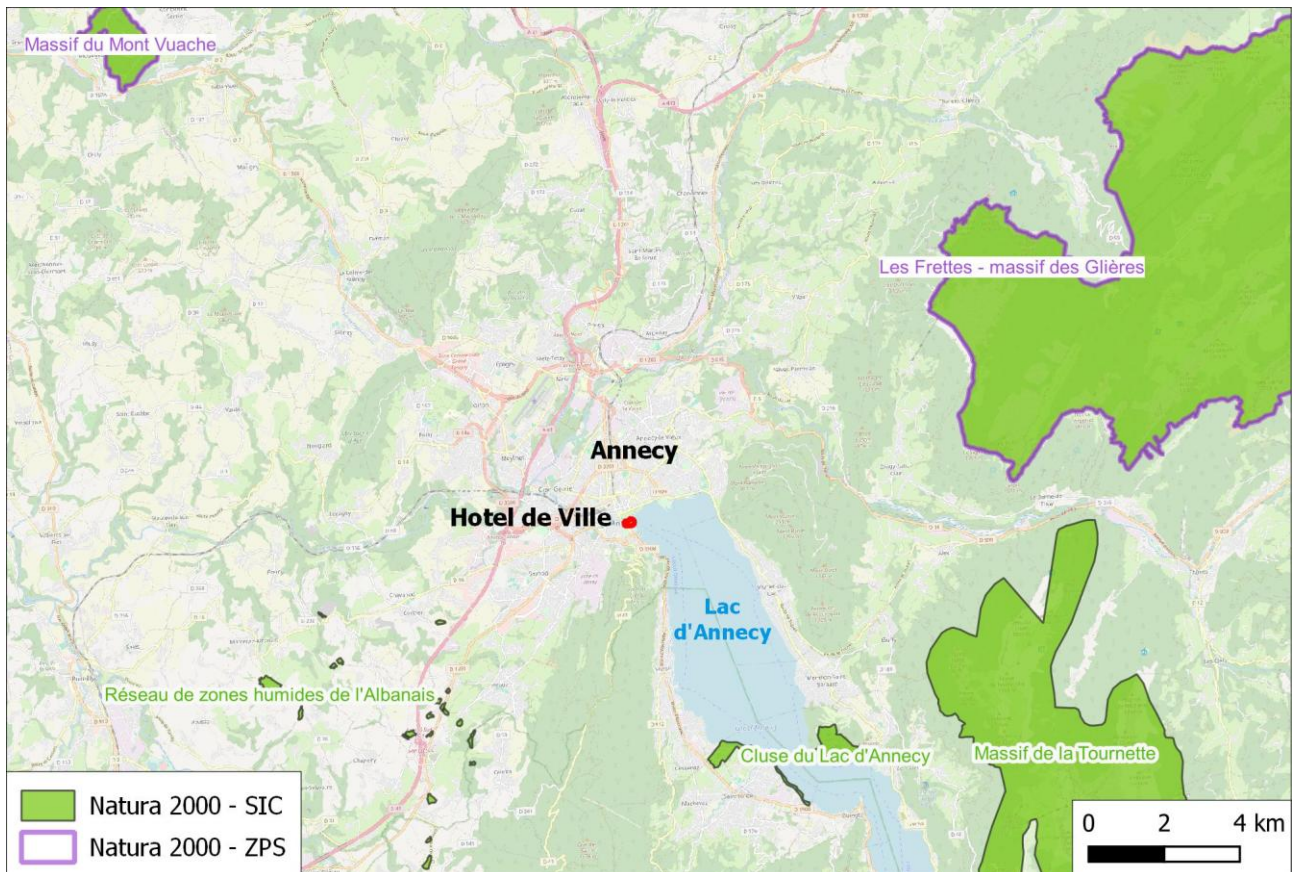


Figure 29 : Localisation des zones Natura 2000 à proximité du projet (source : INPN)

12.1.10 Sites industriels

BASOL est une base de données française qui, sous l'égide du ministère de l'Écologie, récolte et conserve la mémoire de plusieurs milliers de « sites et sols pollués (SSP) ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif ».

BASIAS est l'acronyme de « Base de données des anciens sites industriels et activités de services » (nouvellement nommé CASIAS, Carte des Anciens Sites Industriels et Activités de Services). C'est une base de données française qui rassemble les données issues des inventaires historiques régionaux qui recensaient des sites ayant pu mettre en œuvre des substances polluantes pour les sols et les nappes.

ICPE est l'acronyme de « Installation classée pour la protection de l'environnement ». Les ICPE peuvent avoir des impacts (pollution de l'eau, de l'air, des sols, etc.) et présenter des dangers (incendies, explosions, etc.) sur l'environnement. Pour ces raisons, elles sont soumises à des réglementations spécifiques.

Les sites BASOL les plus proches (Figure 30) se situent au Nord-Ouest du site, à environ 700 m (SSP0967901, ancienne station-service) et 900 m (SSP0008300, usine NTN-SNR roulements d'Anancy, spécialisée dans la fabrication de roulements à bille).

Les sites CASIAS les plus proches sont, entre 50 et 100 m au Sud, deux anciens garages (SSP4081615 et SSP4081641) et à une centaine de mètres à l'Ouest (Figure 31) : un ancien pressing (SSP4078111), une ancienne fabrique de cartouches de poudre de chasse (SSP4077769) et un dépôt de liquides inflammables pour la chaufferie d'un immeuble d'habitation (SSP4077768).

La Mairie d'Anancy est considérée comme une ICPE, non SEVESO et non couvert par la directive IED (source : georisques.gouv.fr, consulté en juillet 2024), en raison d'une présentation au public d'animaux d'espèces non domestiques. Notons que cette installation est référencée à l'adresse de la route du Crêt du Maure (ne correspondant pas au secteur d'étude) et que le PLU indique l'Hôtel de Ville en zone Ue où les ICPE sont interdites.

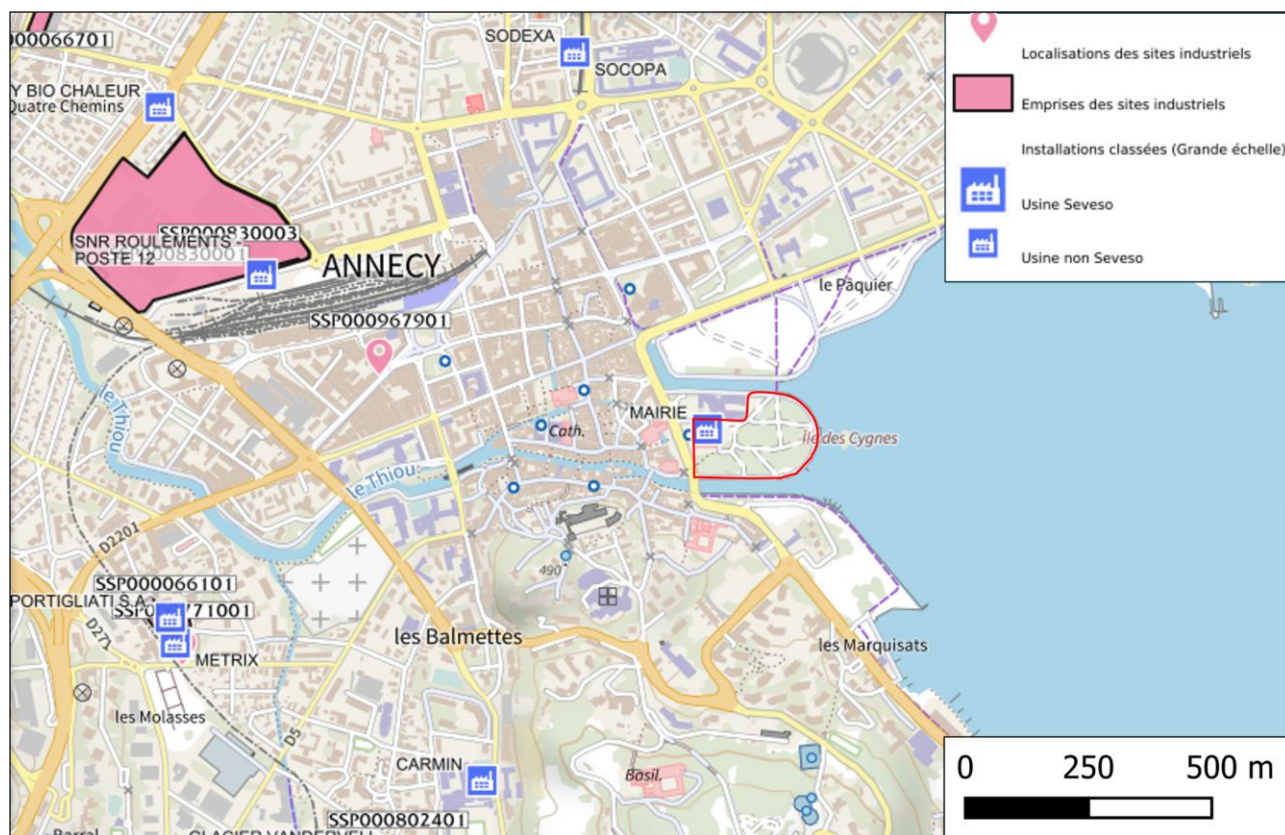


Figure 30 : Localisation des sites BASOL et ICPE à proximité du projet (source : georisques.fr)

Aucune source potentielle de pollution avérée n'est identifiée à proximité des ouvrages.

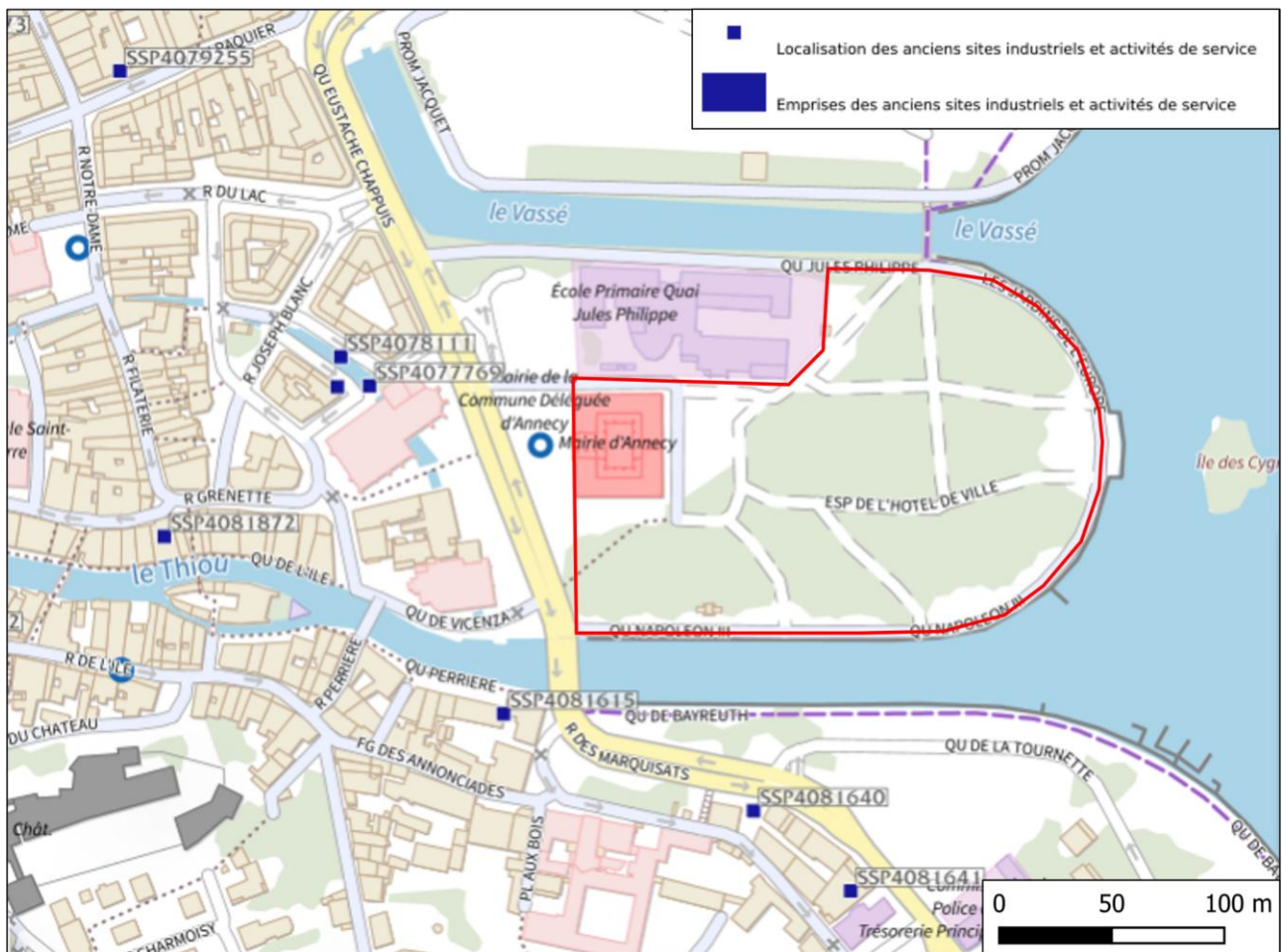


Figure 31 : Localisation des sites CASIAS à proximité du projet (source : georisques.fr)

12.1.11 Sites classés, inscrits et autres monuments

Les eaux seront pompées en nappe via des forages dans les Jardins de l'Europe, site patrimonial remarquable d'Anney.

Le rejet des eaux est prévu dans le Canal du Thiou. Celui-ci, et notamment le quai aux abords du projet, est un site classé au patrimoine mondial (intérêt pittoresque et artistique), par arrêté du 31/05/1939, qui protège les espaces comprenant le plan d'eau, les berges et le quai.

Le projet s'inscrit dans un périmètre de protection au titre des abords de monuments historiques : Centre-Ville, Hôtel de la préfecture, Monument aux Morts et Statue de Berthollet.

L'installation n'aura pas d'incidence sur ces sites, les ouvrages de prélèvement et canalisations associées seront enterrés. L'ouvrage de rejet se fera sous le niveau d'eau et ne sera pas visible.

Le projet n'est pas dans le périmètre d'un site inscrit.

Des prises de vues des zones d'implantation des captages et de l'ouvrage de rejet sont disponibles en Annexe 16.

Description du site classé :

Les sites classés racontent l'histoire des hommes qui ont construit ces paysages au fil du temps ; ils en sont la mémoire.

Le plan d'eau, les berges et les quais du Canal du Thiou jusqu'au Pont de la rue de la République et du Canal du Vassé, y compris leurs dérivations, à Annecy, sont classés parmi les Sites et Monuments Naturels de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque.

Le Thiou, principal exutoire, c'est-à-dire cours d'eau de sortie des eaux du Lac d'Annecy, a façonné l'urbanisme de la "Venise des Alpes" : il a d'abord servi aux entreprises industrielles pour entraîner les machines hydrauliques. Jusqu'à 300 moulins ont fonctionné dans les environs du lac pour moulinier le grain, tanner les peaux, fabriquer du papier ou travailler des métaux. Vers 1864, un système de vannes est inventé par l'ingénieur Marie François Sadi Carnot – qui sera élu président de la République en 1887 – pour dériver et contrôler les eaux de déversement du lac, ce qui augmente leur force motrice, au moment où se développent les filatures. Canalisé, le Thiou reste alors utilisé comme un égout à ciel ouvert. Peu à peu, le tourisme se développe dans les Alpes, lié à l'attrait des lacs. L'entrelacs des canaux font d'Annecy une destination privilégiée : les vieux couvents, les hôtels particuliers, les églises juxtaposent leurs styles architecturaux et leurs époques le long de l'eau. Jusqu'au Palais de l'Île, demeure seigneuriale tour à tour atelier monétaire, prison puis siège administratif et judiciaire, entouré des eaux du Thiou et classé monument historique depuis 1900. Le Canal du Vassé guide quant à lui ses eaux au milieu de parcs et d'allées ombragées, sous une rangée de platanes dont les branches forment une voûte végétale. L'atmosphère y est très différente de celle de la vieille ville, plus paisible et tranquille. Depuis le pont des Amours, l'île aux cygnes se détache sur le lac d'Annecy, cerné par les montagnes.

L'extension du périmètre du site classé est présenté Figure 32. Des prises de vues du site issues du site de la DREAL Auvergne Rhône-Alpes sont reportées Figure 33.

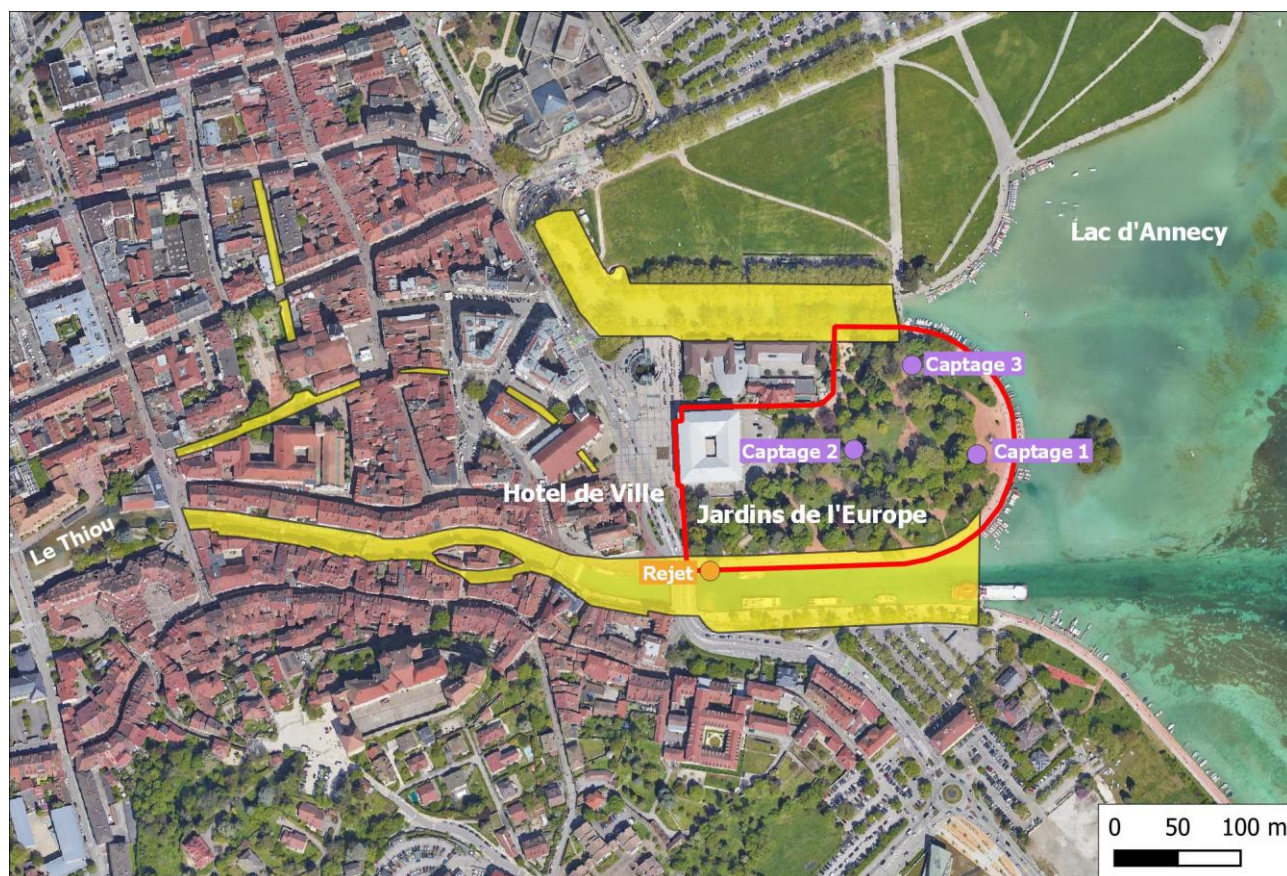


Figure 32 : Extension du site classé des canaux du Thiou et du Vassé



Figure 33 : Prises de vues du site classé des canaux du Thiou et du Vassé (source : site internet de la DREAL)

12.1.12 Archéologie

Le Canal du Thiou possède une sensibilité archéologique liée à l'ancien port de la ville. Des échanges en amont ont eu lieu avec la DRAC et notamment lors de l'obtention du permis de construire.

12.1.13 Risques naturels et technologiques

Compte tenu de la profondeur de la nappe (environ 1 m/TN), la presqu'île est localisée dans une zone potentiellement sujette aux débordements de nappe à fiabilité forte.

Annecy est concernée par un plan de prévention des risques inondations, approuvé le 29/01/2009. Toutefois, la presqu'île n'est pas concernée par l'aléa inondation et crue torrentielle et inondation.

Le secteur d'étude est inclus dans le périmètre du plan de prévention des risques du Dépôt Pétrolier de Haute Savoie (DPHS), situé à 1,8 km au Sud-Est, approuvé le 08/04/2011. Les risques concernent un effet thermique et de surpression en cas d'incident sur le dépôt.

Par ailleurs, d'après georisques.fr, il n'y a pas de canalisation de matières dangereuses (hydrocarbures, gaz ou produits chimiques) dans un rayon d'au moins 1 km autour du projet.

12.1.14 Réseaux d'assainissement

Aucune station d'épuration n'est présente dans un rayon d'au moins 1 km autour du projet (source : www.assainissement.developpement-durable.gouv.fr, consulté en juillet 2024).

Conformément aux prescriptions de l'article 4 de l'arrêté du 11 septembre 2003, les forages de captage situés dans les Jardins de l'Europe seront à plus de 35 m des réseaux d'assainissement.

Néanmoins, les mesures suivantes permettent de garantir un bon niveau de protection des eaux souterraines avant rejet en rivière :

- Les forages de captage seront équipés d'une tête étanche placée à 0,2 m minimum au-dessus du fond du regard de visite avec tampon étanche ;
- L'espace annulaire des forages sera cimenté sur une épaisseur d'environ 4 m permettant une étanchéité.

Ces dispositions doivent permettre d'éviter toute infiltration d'eau superficielle potentiellement contaminée.

12.1.15 Gestion des eaux pluviales

Les eaux pluviales du projet de rénovation de l'Hôtel de Ville sont captées en toiture au niveau du bâtiment et rejetées dans le réseau d'eaux pluviales existant pour la majorité (rejets inchangés) ou stockées dans un bassin de récupération enterré avant infiltration ou revalorisation pour l'arrosage.

Au niveau des voiries, sur les parties de rejets inchangés, les eaux pluviales sont rejetées dans le réseau existant. Sur les parties modifiées, elles seront soit réinfiltrées directement (désimperméabilisation des places de stationnement par exemple) ou stockées dans un bassin d'infiltration.

Le reste des eaux pluviales (voiries piétonnes et jardin) est dirigée vers des jardins de pluie (zone d'infiltration).

La Figure 34 présente les modifications prévues dans la gestion des rejets d'eaux pluviales.

La Figure 35 présente les réseaux mis en place sur les bassins versants dont les eaux pluviales sont à gérer.

Les ouvrages du bassin versant 1 seront composés d'un ouvrage tampon de récupération des eaux de toiture d'un volume de 30 m³, avec surverse dans un bassin d'infiltration de 35 m³ récoltant également les eaux de surface.

L'ouvrage du bassin versant 2 sera composé d'un jardin de pluie pour un volume de stockage de 56 m³.

Le volume d'eau géré par infiltration sera donc de 91 m³, permettant de répondre à un niveau de service de l'ouvrage N3 (pluies fortes), soit un objectif de gestion des eaux pluviales de maîtrise des inondations (périodes de retour de 10 à 50 ans). Une surverse sera mise en place en direction des réseaux existants.

En dehors de l'emprise des terrains concernés par la restructuration de l'Hôtel de Ville (cf. Annexe 5), les eaux pluviales des Jardins de l'Europe sont en grande partie en infiltration directe en relation avec les espaces paysagers. Au niveau des cheminements piétons en stabilisé, des regards de récupération des eaux pluviales sont raccordés au réseau d'eaux pluviales existant.

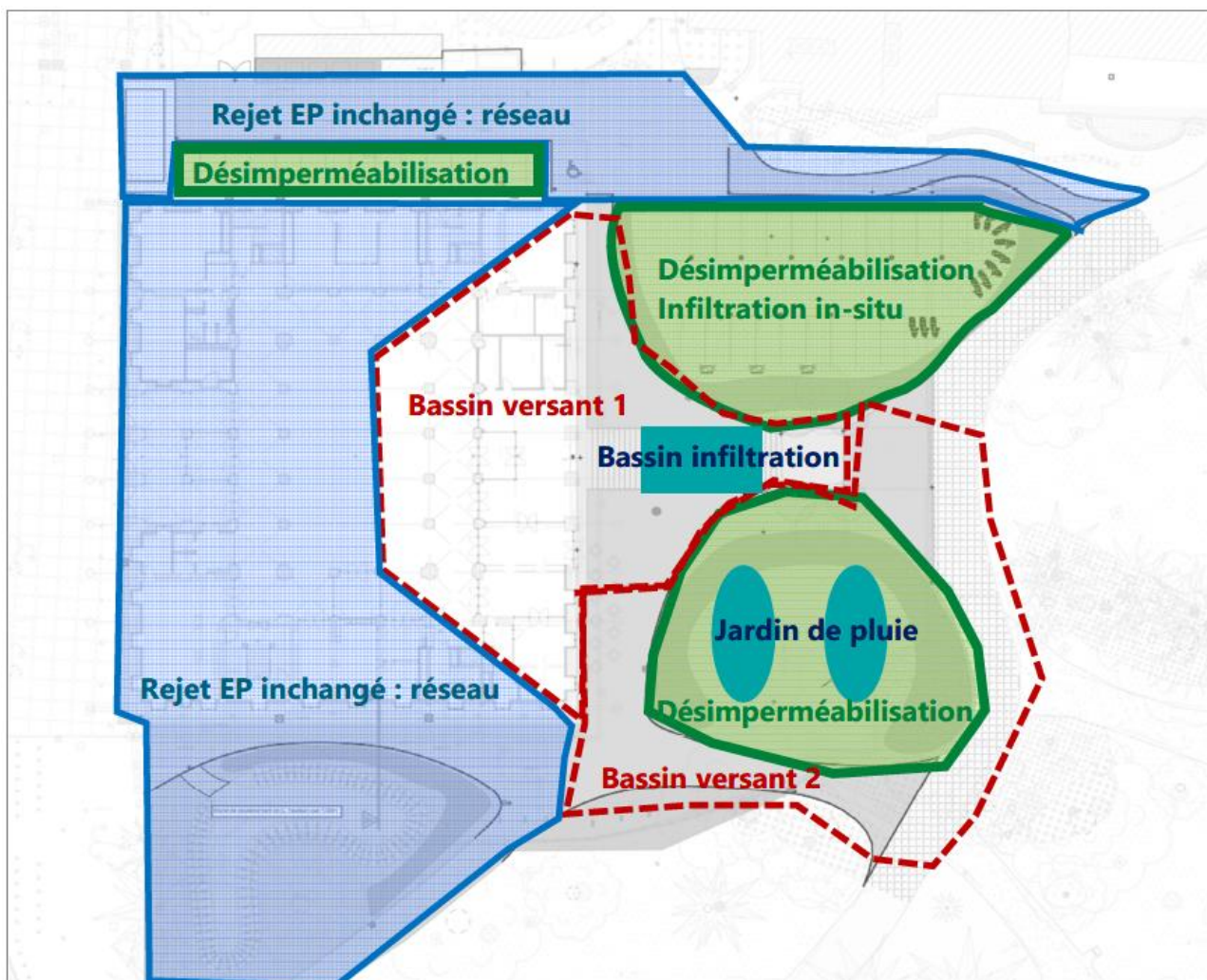


Figure 34 : Modification et gestion des rejets d'eaux pluviales prévues sur l'emprise du projet de rénovation

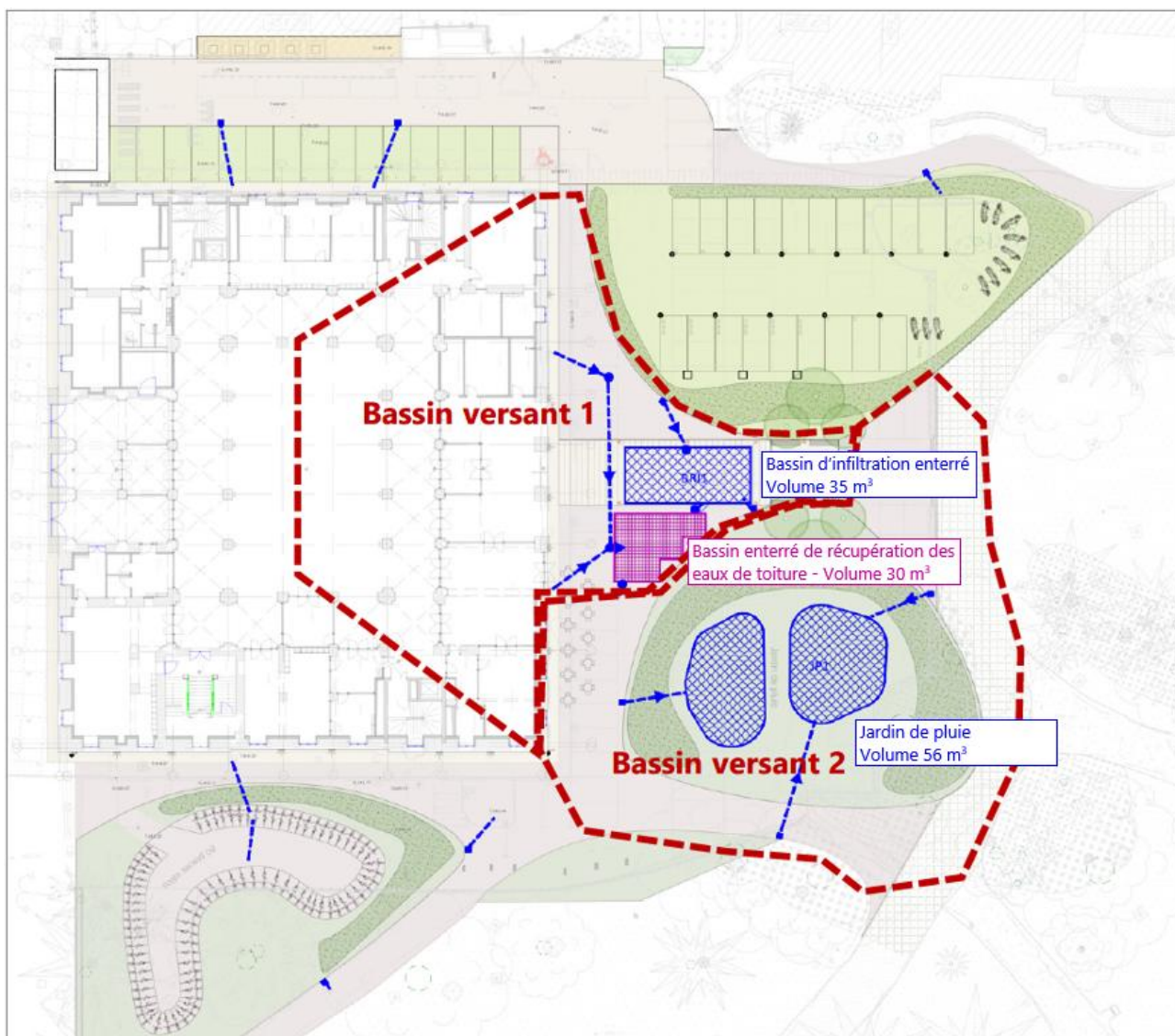


Figure 35 : Gestion de l'infiltration des rejets d'eaux pluviales prévue sur l'emprise du projet de rénovation

12.1.16 Qualité de l'air

Il existe trois stations permanentes du réseau « Atmo Auvergne Rhône-Alpes » de mesure de la qualité de l'air à proximité du projet (Figure 36) :

- La station « Anncy Loverchy » située à environ 1 km à l'Ouest/Sud-Ouest du site ;
- La station « Anncy Rode » située à environ 1,4 km au Nord-Ouest du site ;
- La station « Novel » située à environ 2 km au Nord du site.

Les résultats des paramètres analysés sur ces stations au cours des 5 dernières années sont inférieurs aux valeurs limites définies selon l'article R.221-1 du Code de l'Environnement (Tableau 23). La valeur limite correspond à un niveau à atteindre afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Ils sont mêmes inférieurs ou proches (pour le paramètres particules PM_{2,5}) aux objectifs de qualité du même article. L'objectif de qualité est un niveau à atteindre à long terme et à maintenir, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

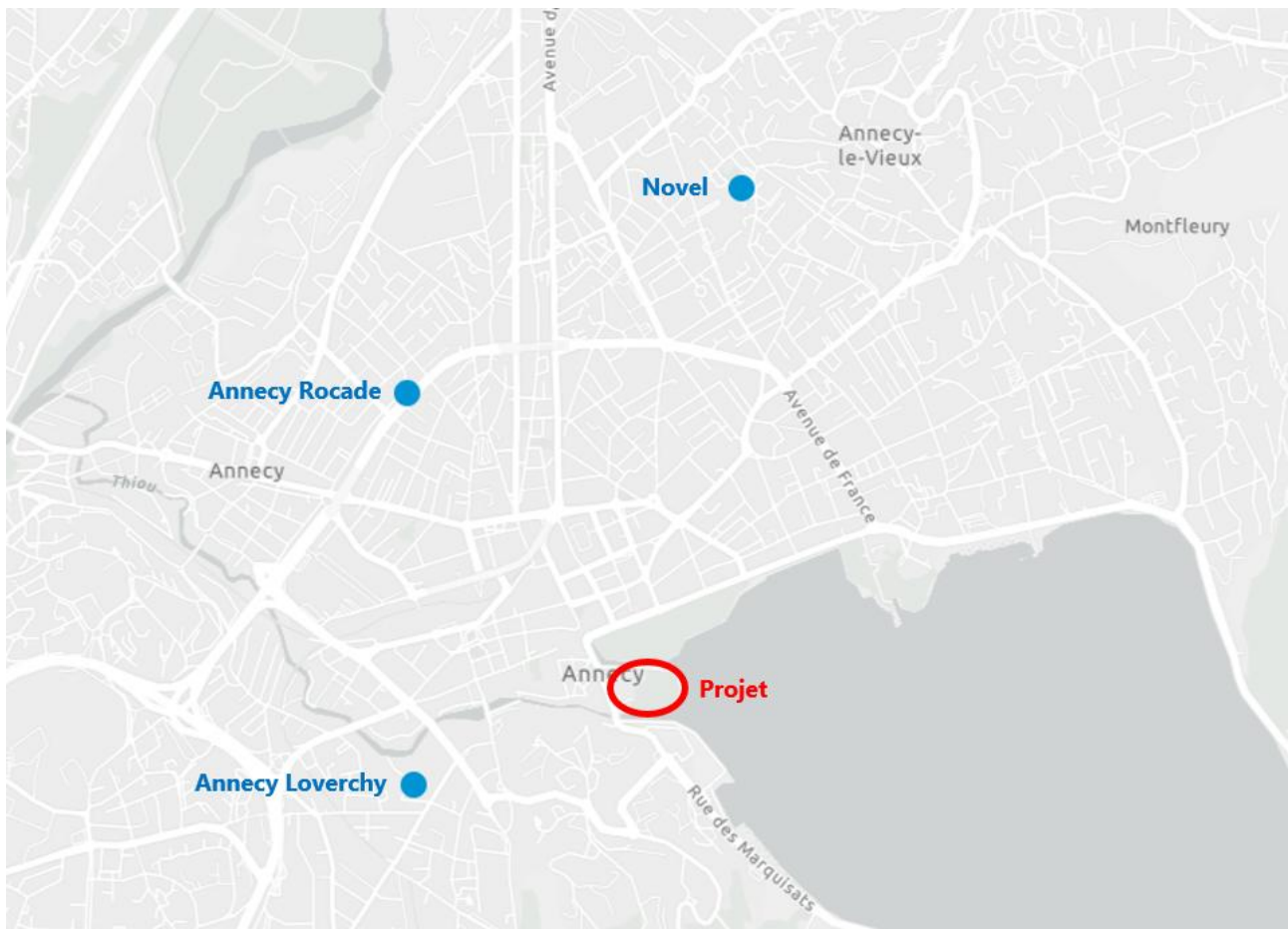


Figure 36 : Localisation des stations de mesure de la qualité de l'air (source : Atmo Auvergne Rhône-Alpes)

Polluant	2019	2020	2021	2022	2023
Annecy Loverchy					
Dioxyde d'azote NO ₂ (µg/m ³)	22.5	17.6	19.3	20.2	19.2
Ozone O ₃ (µg/m ³)	45.0	42.7	41.7	47.4	42.9
Particules PM10µm (µg/m ³)	17.3	17.0	17.6	19.6	18.0
Particules PM2,5µm (µg/m ³)	8.8	7.8	9.6	11.2	-
Annecy Rocade					
Dioxyde d'azote NO ₂ (µg/m ³)	32.9	27.7	26.4	27.6	24.7
Particules PM10µm (µg/m ³)	21.4	20.3	19.3	20.5	18.0
Novel					
Dioxyde d'azote NO ₂ (µg/m ³)	15.5	13.8	13.1	13.8	12.2
Ozone O ₃ (µg/m ³)	54.8	52.0	51.9	52.5	52.3
Particules PM10µm (µg/m ³)	15.6	15.3	15.4	17.0	-

Objectif de qualité et valeur limite (en moyenne annuelle) selon l'art. R.221-1 du Code de l'Env.					
Dioxyde d'azote NO ₂ (µg/m ³)	40 / 40		Particules PM10µm (µg/m ³)	30 / 40	
Ozone O ₃ (µg/m ³)	Non spécifié		Particules PM2,5µm (µg/m ³)	10 / 25	

Tableau 23 : Qualité de l'air aux stations proches du projet (source : Atmo Auvergne Rhône-Alpes)

12.1.17 Bruit

Le secteur d'étude se présente comme une surface pratiquement plane, les reliefs étant formés par les bâtiments.

Le site des Jardins de l'Europe est bordé par :

- Le Lac d'Annecy à l'Est ;
- Le quai Jules Philippe, le canal du Vassé puis l'esplanade Le Pâquier (espace vert piéton) au Nord ;
- Le groupe scolaire Quai Jules Philippe au Nord-Ouest ;
- Le quai Napoléon III, le Canal du Thiou puis le quai de la Tourette (en grande partie piéton) au Sud ;
- L'Hôtel de Ville et son esplanade à l'Ouest.

L'Hôtel de Ville est quant à lui bordé à l'Ouest par la départementale D1508 (quai Eustache Chappuis).

La ville d'Annecy fait l'objet d'un plan de prévention du bruit dans l'environnement, publié en mars 2021. Le diagnostic a défini des zones bruyantes à enjeux et des zones calmes. La route du quai Eustache Chappuis passant devant l'Hôtel de Ville, axe routier le plus emprunté à proximité du projet, a été identifiée comme une zone bruyante mais à enjeu moyen du fait d'un nombre d'habitants soumis à des niveaux sonores supérieurs aux seuils réglementaires de l'ordre de 100 (valeur faible). Les Jardins de l'Europe, ainsi que Le Pâquier, ont eux été classés comme zone calme.

Ces éléments, la présence d'espace piéton, des canaux et du lac (circulation de bateaux à moteur), permettent de dire que l'ambiance sonore du site est modérée à relativement calme, au regard de l'échelle de bruit Figure 37 qui permet de qualifier les ambiances sonores, ressenties dans les habitats, qui sont générées par les bruits issus de l'extérieur et en particulier le trafic routier.

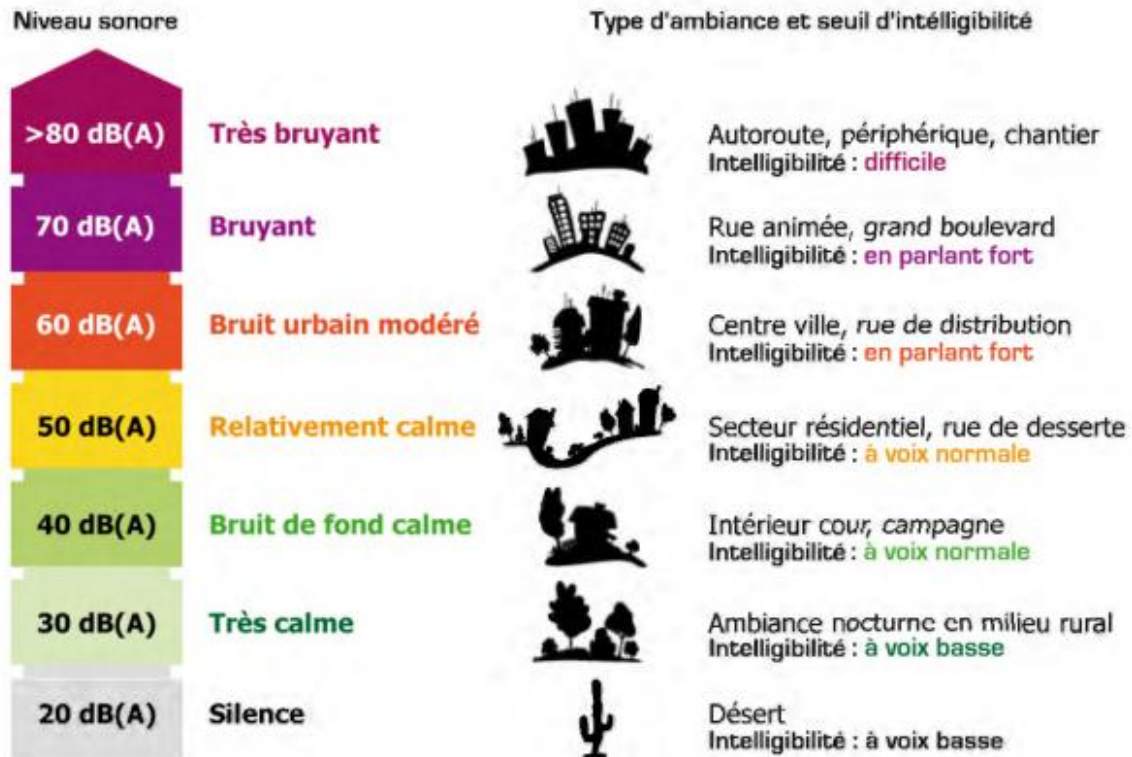


Figure 37 : Echelle de bruit dans l'environnement extérieur des habitations (source : PDPB d'Annecy)

12.2 Compatibilités réglementaires

12.2.1 SDAGE

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) est un document de planification et de gestion de la ressource en eau à l'échelle du bassin versant qui s'inscrit dans la directive européenne cadre sur l'eau. Il fixe pour six ans les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau et des objectifs en termes de qualité et de quantité des eaux qui permettent d'atteindre les objectifs attendus en matière de bon état des eaux.

Une fois arrêté par le bassin, le SDAGE devient un cadre légal et obligatoire avec lequel doivent être compatibles les décisions et les projets élaborés dans le domaine de l'eau. Les orientations fondamentales du SDAGE et les dispositions sont opposables aux décisions administratives dans le domaine de l'eau (réglementation locale, programme d'aide financières, etc.), aux SAGE et à certains documents tels que les plans locaux d'urbanisme, les schémas de cohérence territoriale et les schémas départementaux de carrière.

Le site est inclus dans le périmètre du SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée 2022-2027 (approuvé par arrêté préfectoral le 21/03/2022), dont les dispositions sont regroupées en 9 orientations fondamentales :

1. Adaptation au changement climatique ;
2. Prévention ;
3. Non dégradation ;
4. Enjeux sociaux et économiques ;
5. Gouvernance locale et gestion intégrée des enjeux ;
6. Lutte contre les pollutions ;
7. Fonctionnement des milieux aquatiques et des zones humides ;
8. Equilibre quantitatif ;
9. Gestion des inondations.

Le Tableau 24 présente l'analyse de la compatibilité du projet vis-à-vis des orientations fondamentales du SDAGE qui le concernent.

12.2.2 SAGE

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) est un outil de planification visant la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau. Déclinaison du SDAGE à une échelle plus locale, il vise à concilier la satisfaction et le développement des différents usages (eau potable, industrie, agriculture, ...) et la protection des milieux aquatiques et de la ressource en eau, en tenant compte des spécificités d'un territoire.

Le site n'est pas localisé dans le périmètre d'un SAGE.

12.2.3 Zone de Répartition des Eaux

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

Le projet ne se situe pas dans le périmètre d'une ZRE.

12.2.4 Captage AEP

Aucun captage AEP n'est présent dans un rayon d'au moins 1 km autour du projet (cf. Figure 18).

Orientation	Compatibilité du projet
1. Adaptation au changement climatique	La géothermie s'intègre dans cette orientation fondamentale. La production de chauffage et de rafraîchissement rentre dans une démarche de développement durable.
3. Non dégradation 6. Lutte contre les pollutions	<p>Les forages seront réalisés dans les règles de l'art, strictement selon les prescriptions techniques réglementaires notamment en matière de cimentation permettant l'isolement des aquifères traversés.</p> <p>Toutes les précautions sont mises en œuvre pour ne pas impacter la qualité des eaux souterraines.</p> <p>La qualité des eaux ne sera pas modifiée. Seul l'équilibre chimique de l'eau prélevée pourra être déplacé en raison de la modification de température de cette dernière. Cela n'altèrera pas significativement sa qualité, ni celle du Thiou, l'impact thermique étant réduit.</p> <p>Le rejet se fera au cours d'eau en lien avec la nappe d'accompagnement, à des volumes inférieurs à ceux mentionnés dans la rubrique 2.2.1.0 de l'article R214-1 du code de l'environnement.</p> <p>Le flux total de pollution rejetée dans les eaux de surface sera inférieur au niveau de référence R1 pour l'ensemble des paramètres y figurant, selon la rubrique 2.2.3.0 de l'article R214-1 du code de l'environnement.</p>
7. Fonctionnement des milieux aquatiques et des zones humides	Le site du projet n'abrite pas de milieux à forts enjeux environnementaux. Compte tenu de la nature des activités du projet et des dispositions prévues, aucune atteinte sur les milieux aquatiques n'est attendue.
8. Equilibre quantitatif	Les volumes prélevés seront faibles au regard de la productivité de la nappe, qui est en connexion directe avec les eaux du Lac d'Annecy. Les volumes prélevés seront intégralement rejetés au Thiou, exutoire naturel du lac, en lien avec la nappe alluviale d'Annecy, tous deux drainés en aval par le Fier.
9. Gestion des inondations	Le projet n'impacte pas les risques d'inondation. Les rejets au Thiou seront limités. L'ouvrage de rejet sera d'une emprise très réduite et ne fera pas obstacle à l'écoulement.

Tableau 24 : Compatibilité du projet avec les orientations du SDAGE Rhône-Méditerranée 2022-2027

12.2.5 Plan de prévention des risques inondation

Annecy est concernée par un plan de prévention des risques inondations, approuvé le 29/01/2009. Toutefois, la presqu'île n'est pas concernée par l'aléa inondation et crue torrentielle et inondation.

On notera néanmoins que compte tenu de la profondeur de la nappe (environ 1 m/TN), la presqu'île est localisée dans une zone potentiellement sujette aux débordements de nappe à fiabilité forte.

Le rejet des eaux pompées en nappe au Canal du Thiou a pour but de faciliter la mise en place de l'installation géothermique et de ne pas accentuer les effets de remontée de nappe. En effet, une réinjection des eaux en nappe pourrait entraîner des risques de débordement des eaux dans les forages de rejet, ainsi qu'un soulèvement des formations argileuses en tête.

12.2.6 Plan local d'urbanisme

Le projet est implanté en contexte urbain. Selon le PLU d'Annecy approuvé le 23/03/2023, les parcelles sont classées :

- Ue pour l'Hôtel de Ville (parcelle BX n°7) : secteur de service public et d'intérêt collectif ;
- Na pour les Jardins de l'Europe (parcelle BX n°24, où les forages de captage seront implantés) : zone naturelle de bords de lac et parcs significatifs ;
- Ni pour le Canal du Thiou (où l'ouvrage de rejet percera le quai avec la parcelle BX n°24) : lac et Thiou.

En particulier, le règlement précise :

- Sur la zone Na :
 - o Il est possible d'installer des ouvrages liés à l'aménagement de promenades, d'aires de jeux, d'équipements légers d'intérêt collectif et de services publics, dès lors qu'ils sont compatibles avec la vocation de la zone.
 - o Les raccordements électriques et de réseaux de communication doivent se faire en souterrain.
 - o Tout aménagement ne doit pas faire obstacle au libre écoulement des eaux pluviales.
- Sur la zone Ni :
 - o Il est possible d'installer des équipements d'intérêts collectif et de service public dès lors qu'ils sont compatibles avec la vocation de la zone.
 - o Les constructions, installations et divers modes d'occupation et d'utilisation du sol ne doivent pas par leur dimension, leur implantation ou leur aspect extérieur, porter atteinte au caractère ou à l'intérêt des lieux avoisinants, aux sites, aux paysages naturels ou urbains, aux perspectives monumentales.
 - o Les raccordements électriques et de réseaux de communication doivent se faire en souterrain.
 - o Tout aménagement ne doit pas faire obstacle au libre écoulement des eaux pluviales.

Le projet ne va pas à l'encontre de ces points.

12.2.7 Directive Cadre Européenne

La Directive Cadre Européenne définit deux principes :

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

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

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

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

Le projet est compatible avec les objectifs de la Directive Cadre Européenne qui visent, entre autres, à améliorer et protéger les eaux souterraines et à promouvoir un usage durable de l'eau car, tant au niveau quantitatif que qualitatif, les incidences sur le milieu récepteur sont très faibles.

L'exploitation projetée respecte les objectifs et principes de la Directive Cadre Européenne.

12.2.8 Article L.211-1 du Code de l'Environnement

L'article L.211-1 du Code de l'Environnement a pour objet une gestion équilibrée de la ressource en eau.

Cette gestion équilibrée vise à assurer :

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

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

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

Le projet est compatible avec les objectifs de l'article L.211-1 du code de l'environnement dans la mesure où il ne dégrade pas les eaux souterraines (Tableau 25).

12.2.9 Article D.211-10 du Code de l'Environnement

Les eaux souterraines seront rejetées au cours d'eau du Thiou, exutoire naturel du Lac d'Annecy. 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 Thiou contenue dans les alluvions de la Plaine d'Annecy, qui est au droit du projet alimentée par le Lac d'Annecy, situé à quelques mètres des forages de captage, et qui est drainé en aval par le Fier, dont le Thiou est un affluent.

Les caractéristiques physicochimiques des eaux seront donc probablement très proches de celles du lac.

Une analyse effectuée sur un prélèvement d'eau souterraine du 09/08/24 (cf. §12.1.5.4 et §12.3.3.3) met en évidence une eau de très bonne qualité.

Objectif de l'article L.211-1	Compatibilité du projet
1. Préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides	Le site du projet n'abrite pas de milieux à forts enjeux environnementaux. Compte tenu de la nature des activités du projet et des dispositions prévues, aucune atteinte sur les milieux aquatiques n'est attendue.
2. Protection des eaux et la lutte contre toute pollution par déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et plus généralement par tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse des eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales 3. Restauration de la qualité de ces eaux et leur régénération 4. Développement et protection de la ressource en eau	Les forages seront réalisés dans les règles de l'art, strictement selon les prescriptions techniques réglementaires notamment en matière de cimentation permettant l'isolement des aquifères traversés. Toutes les précautions sont mises en œuvre pour ne pas impacter la qualité des eaux souterraines. La qualité des eaux ne sera pas modifiée. Seul l'équilibre chimique de l'eau prélevée pourra être déplacé en raison de la modification de température de cette dernière. Cela n'altèrera pas significativement sa qualité, ni celle du Thiou, l'impact thermique étant réduit. Le rejet se fera au cours d'eau en lien avec la nappe d'accompagnement, à des volumes inférieurs à ceux mentionnés dans la rubrique 2.2.1.0 de l'article R214-1 du code de l'environnement. Le flux total de pollution rejetée dans les eaux de surface sera inférieur au niveau de référence R1 pour l'ensemble des paramètres figurant, selon la rubrique 2.2.3.0 de l'article R214-1 du code de l'environnement. Les volumes prélevés seront faibles au regard de la productivité de la nappe, qui est en connexion directe avec les eaux du Lac d'Annecy. Les volumes prélevés seront intégralement rejetés au Thiou, exutoire naturel du lac, en lien avec la nappe alluviale d'Annecy, ces deux drainés en aval par le Fier.
5. Valorisation de l'eau comme ressource économique et, en particulier, pour le développement de la production d'électricité d'origine renouvelable ainsi que la répartition de cette ressource.	Le projet valorise la ressource en utilisant les eaux souterraines pour l'alimentation d'une installation thermique.

Tableau 25 : Compatibilité du projet avec l'article L.211-1 du Code de l'Environnement

12.2.10 SRADDET Auvergne-Rhône-Alpes

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

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

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

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

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

12.2.11 PPA

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

Le projet n'est pas situé dans le périmètre d'un PPA de la région Auvergne Rhône-Alpes.

12.2.12 SRCE Rhône-Alpes

L'objectif du Schéma Régional de Cohérence Ecologique (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 : 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 : 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 : préserver les éléments fixes du paysage, en tenant compte des enjeux paysagers.

Le projet est situé en milieu urbain et en site remarquable ou classé. Les forages de captage seront enterrés et l'ouvrage de rejet sera disposé de manière à rejeter les eaux sous le niveau du Canal du Thiou. Ils n'auront pas d'impact sur le paysage.

En conclusion, le projet est compatible avec les objectifs du SRCE Rhône Alpes. Le point de rejet, qui sera très ponctuel ne formera pas de barrière ou barrage pour la faune / flore.

Par ailleurs, selon la cartographie du SRCE de la Région Rhône Alpes, le projet ne semble pas situé au sein d'une trame Bleue (corridor écologique aquatique).

12.3 Evaluation des incidences du projet

Les éléments présentés ci-après concernent l'impact de la mise en place de l'installation géothermique du projet et de son exploitation (phase travaux et phase d'exploitation).

12.3.1 Sur l'environnement

12.3.1.1 Paysages : sites classés/inscrits ou monuments historiques

Les travaux de forages nécessitent l'utilisation d'une grue et d'une benne preneuse. Ainsi l'impact visuel durant les travaux a été et sera proche d'un impact paysager généré par un petit chantier de construction de bâtiment.

En exploitation, les eaux seront pompées en nappe via des forages dans les Jardins de l'Europe, site patrimonial remarquable d'Annecy (cf. implantations Figure 32 et Figure 38). Les têtes de forages seront enterrées dans des regards dont la trappe d'accès sera située à ras du sol. Les canalisations depuis les puits de prélèvement jusqu'au local technique du bâtiment de l'Hôtel de Ville seront enterrées sous les chemins du parc, restaurés à l'identique. Aucun élément ne dépassera du sol et ne viendra dénaturer le site patrimonial remarquable.



Figure 38 : Prises de vues au niveau des points de captage des eaux dans le site remarquable des Jardins de l'Europe

L'installation n'aura pas d'incidence sur ce site remarquable ni sur le site inscrit du lac d'Annecy à proximité, ni sur les monuments historiques tels que le Centre-Ville, l'Hôtel de la préfecture, le Monument aux Morts ou la Statue de Berthollet.

Le rejet des eaux est prévu au niveau du quai du Canal du Thiou (cf. implantation Figure 32 et Figure 39), site classé au patrimoine mondial (intérêt pittoresque et artistique). L'ouvrage de rejet sera sous le niveau du quai coté quai, accessible par un regard à ras du sol, et composé d'émissaire sous le niveau d'eau coté Thiou après percement du quai, et ne sera pas visible. L'installation n'aura pas d'incidence paysagère sur le site classé.



Figure 39 : Prises de vues au niveau du point de rejet des eaux dans le site classé des canaux du Thiou et du Vassé

D'autres prises de vues des zones d'implantation des captages et de l'ouvrage de rejet sont disponibles en Annexe 16.

Concernant la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche, qui pourra produire en secours en hiver du chaud pour l'Hôtel de Ville, celle-ci étant située au sous-sol du bâtiment de la crèche déjà existant, elle n'est pas de nature à dénaturer les sites remarquable et classé.

12.3.1.2 Urbanisme

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

Aucune modification sur les activités humaines n'est attendue.

12.3.1.3 Bruit

Les engins utilisés lors de la foration sont similaires à ceux habituellement utilisés sur les chantiers de construction de bâtiments, conformes à la réglementation sur les objets bruyants (niveau sonore estimé de la machine de forage : 50dB(A) à 10 m.

Le trafic engendré par les travaux sera faible : amené et repli du matériel.

La technique de forage qui devrait être utilisée (grue et benne preneuse et/ou tarière) ne génère pas de vibration. Dans le cas contraire, les vibrations seront mineures et uniquement ressenties à proximité immédiate du forage durant les travaux. De même lors des travaux de percement de l'ouvrage de rejet au Thiou.

Lors des pompages, le groupe électrogène utilisé pour le fonctionnement des pompes immergées sera insonorisé.

Les travaux seront réalisés en journée sur des horaires de travail type (8h – 18h) et sur une durée limitée.

Les travaux auront lieu sur la presqu'île des Jardins de l'Europe, éloignée des habitations à plus forte densité du secteur (environ 100 habitants à proximité immédiate selon le plan de prévention du bruit).

Le chantier n'aura donc pas plus d'impact sonore qu'un chantier habituel de travaux publics.

En phase d'exploitation, les installations thermiques installées dans les locaux techniques isolés ne créeront pas de gêne acoustique. Les nuisances sonores à l'extérieur du local respecteront le Code de la Santé publique. Les pompes immergées ne font pas de bruit en surface. Le rejet d'eau se fait sous le niveau du Canal du Thiou.

De même concernant les chaudières de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche, qui pourront produire en secours en hiver du chaud pour l'Hôtel de Ville, celles-ci étant situées au sous-sol du bâtiment de la crèche déjà existant, elles ne créeront pas de nuisances sonores à l'extérieur du local.

12.3.1.4 Air

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

D'une manière générale, dans le cas de ce type de travaux, ces émissions sont ponctuelles et limitées dans le temps (durée du chantier de l'ordre de 1 mois).

Les gaz d'échappement sont limités par l'entretien régulier des engins à moteur qui seront conformes à la législation en vigueur. Le trafic engendré par la phase travaux sera limité à l'approvisionnement du matériel.

La foration générera très peu de poussières puisque les matériaux excavés seront vite saturés en eau (profondeur de la nappe à 1m/TN).

En phase d'exploitation, aucune émission n'est prévue. La ventilation des locaux techniques sera dimensionnée conformément à la norme NFE 35-400. Elle sera dimensionnée en fonction de la masse de fluide frigorigène contenue dans le groupe. 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.

Le fluide frigorigène employé sera de HFO (R1234ze faiblement inflammable catégorie A2L à toxicité faible). Le choix de l'utilisation d'un fluide frigorigène à Potentiel de Réchauffement Planétaire (PRP ou GWP) inférieur à 6 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.

Concernant les chaudières de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche, situées au sous-sol du bâtiment de la crèche déjà existant et qui pourront produire en secours en hiver du chaud pour l'Hôtel de Ville, celles-ci font l'objet de contrôles périodiques par un organisme agréé conformément à la réglementation en vigueur. Le dernier rapport des contrôles périodiques sur les rejets atmosphériques réalisés par Apave Exploitation (Annexe 12), montre une conformité sur les gaz rejetés en cheminée, une absence d'écarts aux normes et donc des exigences respectées.

12.3.1.5 Déchets

D'une manière générale, dans le cas de ce type de travaux, les principaux déchets produits par le projet sont :

- Les cuttings (terres extraites en foration) ;
- Les boues de forage si la technique le nécessite ;
- Les bidons usagés des produits nécessaires au fonctionnement des installations de forage (fuel, graisses, hydrocarbures) ;
- Des déchets divers comme : emballages, plastiques, sacs, ferrailles, bois, morceaux de tubes, bidons...

Les cuttings de forages, comme les boues de forages traitées, sont classiquement évacués par benne en décharge adaptée.

Lors de la foration, si une pollution est suspectée (aspects visuel et olfactif), les déblais seront placés en benne étanche, analysés et évacués vers la filière de traitement adaptée.

En retenant une profondeur de forage de 11 m/TN et un diamètre de foration de l'ordre de 350mm, le volume extrait sur le total des 3 forages serait de 1,1 m³.

La tranchée réalisée en arrière du quai Napoléon pour la réalisation de l'ouvrage de rejet au Canal du Thiou engendrerait un volume de 12,7 m³.

Les autres déchets seront évacués dans les centres de tri adaptés.

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

Concernant les chaudières de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche, situées au sous-sol du bâtiment de la crèche déjà existant et qui pourront produire en secours en hiver du chaud pour l'Hôtel de Ville, celles-ci font l'objet d'une évacuation des condensats acides produits lors de la combustion du gaz et d'un traitement en filière adaptée prévue par la réglementation.

12.3.1.6 Stabilité des sols

La technique de foration utilisera des tubages de soutènement provisoires pour la réalisation des forages et des parois de soutènement provisoires pour la tranchée de l'ouvrage de rejet. Ils permettent de tenir le terrain au cours des travaux. Ainsi, il n'y a pas de risque de création de cavités et d'éboulement du terrain alluvionnaire.

12.3.2 Sur les eaux souterraines

L'installation de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche, situées au sous-sol du bâtiment de la crèche déjà existant et qui pourront produire en secours en hiver du chaud pour l'Hôtel de Ville, n'est pas de nature à impacter les eaux souterraines.

La nappe contenue dans l'horizon productif entre 5 et 10 m de profondeur visé par les puits de captage de l'installation géothermique est située à environ 1 m/TN : elle est captive sous une épaisseur de recouvrement d'environ 5 m d'argiles. La nappe peut donc être considérée comme moyennement vulnérable.

12.3.2.1 Phase chantier

La méthode de foration choisie n'est pas encore définie. Elle est laissée à l'appréciation de l'entreprise de forage qui sera en charge des travaux, du fait de la présence de matériaux argileux sur 5 m d'épaisseur au-dessus des formations sableuses productives. Toutefois, l'emploi d'une technique de foration à la boue ne sera pas retenue pour la foration de l'aquifère cible. Elle ne générera donc aucun impact qualitatif sur la nappe.

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

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

Les risques de pollution de la nappe par l'extérieur seront limités. En effet, le chantier sera clôturé et balisé, aucun engin ou personne ne sera présent sur le site sans autorisation. Les travaux seront exécutés en respectant toutes les mesures de protection pour l'environnement par une entreprise de forage qualifiée RGE forage. De plus, en fin de journée ou en arrêt de foration, les forages seront couverts afin d'éviter toute intrusion polluante dans la nappe superficielle.

À la suite des travaux de forages, des pompages de développement et des pompages d'essais seront effectués indépendamment sur chacun des ouvrages. A ce jour, le programme d'essai envisagé est le suivant :

- Le développement des ouvrages sera réalisé sur une durée de l'ordre de 12h par pompage à débit croissant avec des « pistonages » provoqués par des marches-arrêts de la pompe. Les débits prévisionnels sont les suivants : 10, 20, 40 et 60 m³/h. Ainsi le volume global pompé en nappe lors du développement des 3 ouvrages sera de l'ordre de 1600 m³.
- Après développement, un pompage par paliers enchaînés d'une heure sera réalisé sur chacun des ouvrages. Les débits prévisionnels sont les suivants : 10, 20, 40 et 60 m³/h. Ainsi, le volume global pompé en nappe lors des essais par paliers des 3 ouvrages sera de l'ordre de 400 m³.
- Après les pompages par paliers, un pompage longue durée sera réalisé sur chaque ouvrage. Son déroulement prévisionnel est le suivant : pompage à 60 m³/h pendant 24h. Le volume global pompé dans la nappe à la suite des pompages de longue durée des 3 ouvrages sera de l'ordre de 4400 m³.
- A l'issue des pompages de développement et d'essais par paliers et longue durée, un pompage vraie grandeur à 60 m³/h d'une durée de 24h sera réalisé avec pompage réparti dans les forages de prélèvement et réinjection dans l'ouvrage de rejet au Thiou (si celui-ci a pu être réalisé dans un planning compatible, à défaut le rejet se fera au réseau d'assainissement après accord du gestionnaire).

Le volume global pompé dans la nappe à la suite du pompage vraie grandeur sera de l'ordre de 8 000 m³. Il est important de noter que le programme de pompage indiqué ci-dessus devra être adapté en fonction des rabattements et de la productivité réelle des forages.

Les eaux pompées seront rejetées après décantation dans le réseau d'assainissement après vérification que celui-ci le permet et autorisation du service compétent. L'obtention des autorisations nécessaires est à la charge de l'entreprise de forage. Les eaux seront claires et exemptes de toute pollution.

Un prélèvement pour analyse chimique et bactériologique des eaux sera réalisé à la fin de chaque pompage longue durée, sur chaque forage.

Cette incidence est très ponctuelle et limitée compte tenu des volumes d'eau utilisés pour les travaux au regard de la productivité de la nappe et de proximité du lac d'Annecy en connexion directe.

12.3.2.2 Phase exploitation

Les risques de pollution de la nappe seront très limités dans la mesure où les puits de captage seront équipés d'une tête étanche (bride étanche sur le tubage) dépassant d'au moins 0,2 m le fond de la cave d'avant-puits équipée d'un capot étanche. De plus, l'espace annulaire du puits sera cimenté sur une épaisseur d'environ 4 m, évitant ainsi toute infiltration d'eau potentiellement polluée.

Les incidences hydrodynamiques sur la nappe et les avoisinants seront faibles pour les raisons suivantes :

- Les résultats du pompage d'essai réalisé sur le forage de reconnaissance en mai 2020 (ARTELIA) ont mis en évidence une bonne productivité de la nappe, avec un débit spécifique de l'ordre de 40 m³/h/m et une transmissivité de $1,6 \cdot 10^{-2}$ m²/s, soit en considérant une nappe de 5 m d'épaisseur une perméabilité $K=3,2 \cdot 10^{-3}$ m/s. En exploitation au débit maximum de 54 m³/h, le rabattement de la nappe au voisinage direct du pompage serait au maximum de l'ordre de 1,5 m, soit un niveau d'eau attendu entre 2,5 et 3 m/TN permettant de conserver le caractère captif de la nappe.
- La largeur de la zone d'appel de chaque forage serait de l'ordre d'une centaine de mètres, pour un rayon d'action aval du puits d'une vingtaine de mètres maximum.
- Les implantations prévisionnelles des forages de captage sont situées à plus de 50 m d'une autre parcelle.
- Les installations avoisinantes exploitant les eaux souterraines sont localisées à plus de 300 du projet.
- L'exploitation est alimentée en direct par le Lac d'Annecy, en lien avec la nappe d'eau souterraine plus en amont au niveau du lac (sens d'écoulement vers l'Ouest/Nord-Ouest), qui constitue par ailleurs une limite d'alimentation.
- Le fonctionnement de l'installation au débit maximum d'exploitation n'est prévu que quelques heures dans l'année. Le débit moyen annuel est de l'ordre de 10 m³/h.

Le bilan sur la nappe sera déficitaire. Il est estimé à moins de 50 000 m³/an. Toutefois, les eaux prélevées proviennent de la nappe d'accompagnement du Thiou, la plaine alluviale d'Annecy, qui est alimentée par le Lac d'Annecy en amont hydraulique immédiat du projet. La plaine alluviale d'Annecy est drainée plus en aval par le Fier, où le Thiou se jette à 3,5 km en aval du projet, après Cran-Gevrier. 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.

Aucun prélèvement sur le réseau d'eau potable, ni rejet d'eau au réseau d'assainissement ne sera réalisé pour l'exploitation de la ressource à usage géothermique.

Les incidences thermiques du projet sur les eaux souterraines, ainsi que sur la qualité des eaux, sont nulles dans la mesure où le rejet des eaux pompées s'effectue dans les eaux de surface après échange thermique.

12.3.3 Sur les eaux superficielles

L'installation de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche, situées au sous-sol du bâtiment de la crèche déjà existant et qui pourront produire en secours en hiver du chaud pour l'Hôtel de Ville, n'est pas de nature à impacter les eaux superficielles.

12.3.3.1 Phase travaux

L'installation du rejet dans le canal du Thiou nécessitera l'intervention d'un foreur côté quai et côté Thiou, avec la réalisation temporaire d'une tranchée dans le premier cas et la mise en place d'un batardeau dans le second. Côté Thiou, un pompage sera maintenu dans le batardeau avec rejet au Thiou pour la phase travaux afin de permettre le travail à sec et le carottage du quai (dans le cas d'un défaut d'étanchéité du batardeau).

Les travaux seront réalisés en période d'étiage afin de limiter la hauteur d'eau coté Thiou. Le batardeau en acier présentera les dimensions suivantes : environ 2 m de largeur sur 2,5 m de haut, et une profondeur de 3,1 m (emprise < 10 m²). Le batardeau temporaire n'est pas de nature à créer un obstacle à l'écoulement des eaux ou à la continuité écologique en période d'étiage.

Les potentiels impacts sur le milieu seront réduits du fait de la mise en place :

- D'un chantier clôturé et balisé avec signalétique adaptée ;
- D'un dispositif de stockage, de protection et de collecte des éventuelles fuites d'hydrocarbures et autres produits potentiellement polluants ;
- De moyens d'évacuation des déblais et des eaux issues de la fouille travaux ;
- D'un batardeau coté Thiou avec un pompage afin de travailler au sec et éviter toute pollution des eaux.
- Utilisation de matériel conforme CE, entretenu et en bon état de propreté.

Les risques de pollution par l'extérieur seront limités. En effet, le chantier sera clôturé et balisé, aucun engin ou personne ne sera présent sur le site sans autorisation. Les travaux seront exécutés en respectant toutes les mesures de protection pour l'environnement, selon les règles de l'art et par une entreprise de forage qualifiée RGE forage.

Les eaux éventuellement pompées dans l'enceinte du batardeau provisoire seront rejetées après décantation dans le réseau d'assainissement, après vérification que celui-ci le permet et autorisation du service compétent.

Les travaux de réalisation de l'ouvrage de rejet au Thiou ne généreront aucun impact qualitatif ou quantitatif sur les eaux.

Concernant le rejet des eaux de pompage en phase travaux au réseau d'assainissement (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 du gestionnaire du réseau par l'entreprise en charge des travaux.

12.3.3.2 Incidence quantitative en phase exploitation

Le site d'implantation des forages de captage et de l'ouvrage de rejet au Canal du Thiou est localisé en dehors de toutes zones d'inondation ou de crue, et de toutes zones de risques de mouvements de terrains / cavités.

Le rejet au Canal aura un débit maximum de 54 m³/h, soit moins de 1% du débit moyen du cours d'eau (8 m³/s) et moins de 3% du débit d'étiage (0,6 m³/s). Le débit moyen d'exploitation sera de l'ordre de 10 m³/h (cf. Tableau 9).

L'emprise de l'ouvrage de rejet dans le cours d'eau du Canal du Thiou (perçement du quai) sera limitée. Il n'est pas de nature à modifier les écoulements d'eau, ni le profil en long ou en travers du Canal du Thiou, ou à créer un obstacle à l'écoulement des eaux.

12.3.3.3 Incidence qualitative en phase exploitation

La mauvaise qualité d'une rivière nuit à la vie de la biodiversité qui s'y déploie, et peut même provoquer la disparition des espèces les plus sensibles. Dans ce cas, seules les espèces les plus résistantes survivent dans un cours d'eau de mauvaise qualité, qui devient alors pauvre en diversité. La santé et la sécurité des personnes peuvent aussi être menacées (développement de bactéries ou d'algues microscopiques potentiellement toxiques). Plus largement, tous les usages de l'eau et des cours d'eau peuvent être affectés par un mauvais état (pêche et consommation de poissons, abreuvement du bétail, développement de végétaux envahissants et transport fluvial, etc.).

Aucune zone de pollution ou aucun site pollué ou potentiellement pollué n'est identifié à proximité de la zone de captage des eaux souterraines. La qualité des eaux pompées en nappe, en lien direct avec le Lac, est proche de celle des eaux du Lac.

De plus, la conception et la protection des puits de captage (développement des ouvrages, cimentation annulaire, massif filtrant, nature des matériaux mis en œuvre – inox, fermeture du sommet du tubage plein, tampon de fermeture étanche du regard de visite) permettront de préserver la qualité des eaux souterraines pompées :

- Une eau claire sans particules en suspension sera prélevée et donc le rejet sera constitué d'une eau claire et sans particules, d'autant plus que l'eau aura au préalable alimenté l'installation thermique et sera donc passée sur différents filtres et échangeurs ;
- Toute problématique de contamination de la nappe par des eaux superficielles sera évitée.

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

Les eaux souterraines ont fait l'objet d'une analyse en laboratoire (cf. §12.1.5.4) pour vérifier la compatibilité des eaux souterraines avec la rubrique 2.2.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement concernant le rejet dans les eaux de surface avec un flux de pollution pour au moins un paramètre supérieur au niveau de référence R1.

Selon l'arrêté du 09/08/2006, la qualité des rejets dans les eaux de surface est appréciée au regard des seuils de la rubrique 2.2.3.0 de la nomenclature dont le niveau de référence R1 est ainsi défini pour les paramètres du tableau I :

- Lorsque le débit moyen annuel journalier du milieu récepteur est connu, le flux R1 retenu pour un paramètre donné est égal à la valeur de ce débit multiplié par la norme de qualité environnementale de ce paramètre, exprimée en concentration moyenne annuelle dans l'eau. Pour le mercure, en l'absence d'une norme en concentration moyenne annuelle, le calcul est effectué à partir de la concentration maximale admissible. Les valeurs des normes de qualité environnementales sont consultables aux annexes 3 et 8 de l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié susvisé ;
- Lorsque le débit du milieu récepteur n'est pas connu ou que le paramètre ne possède pas de norme de qualité environnementale dans l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié susvisé, le niveau de référence R1 est celui du tableau I.

Les paramètres issus du Tableau 20 sont repris dans le Tableau 26 ci-dessous afin de comparer les teneurs aux niveaux de référence R1, considérant soit un rejet maximum au débit de pointe de l'installation (54 m³/h) sur une durée de 24 heures (hypothèse la plus sécuritaire, ce débit servant à couvrir occasionnellement des appels de puissance en période de pointe), soit un volume rejeté sur 24h glissante de 480 m³ (valeur issue des résultats des études thermiques du projet). Le débit moyen annuel journalier du milieu récepteur, le Thiou en amont de sa confluence avec les canaux du Vassé et du Saint-Dominique, est de l'ordre de 4,45 m³/s sur la période 2000-2024 (cf. §12.1.6.3).

Pour l'ensemble des paramètres, excepté le paramètre sur les Matières Inhibitrices, le flux de rejet respecte bien les niveaux de référence R1. Concernant la teneur en équitox, il est à noter que la valeur par défaut retenue est égale au seuil de quantification du laboratoire. Elle ne peut être estimée plus finement. Toutefois, il convient de préciser qu'une valeur inférieure à 1,1 équitox/m³ est un signe de faible toxicité globale et indiquant que l'eau ne présente probablement pas de danger significatif pour les organismes aquatiques ou pour la consommation humaine.

De plus, ce paramètre peut être mis en lien avec le paramètre Daphnies CE50 - 24h (cf. Tableau 20), qui représente la concentration d'une substance qui provoque un effet (généralement immobilisation ou mort) chez 50% des daphnies (petits crustacés d'eau douce souvent utilisés comme organismes modèles dans les tests de toxicité aquatique), après 24 heures d'exposition. La valeur issue de l'analyse est supérieure à 90%, ce qui indique une faible toxicité et un bon indicateur de la qualité de l'eau, suggérant qu'elle est probablement sûre pour les organismes aquatiques et les usages courants. En d'autres termes, une concentration élevée en substance toxique est nécessaire pour provoquer un effet ou la concentration de substances toxiques dans l'échantillon d'eau est très faible.

Si les résultats de Daphnies CE50 - 24h montrent une faible toxicité, cela peut suggérer que les concentrations de matières inhibitrices sont également faibles, même si elles ne peuvent pas être quantifiées précisément.

Etant donné la faible toxicité observée, il est raisonnable de conclure que les rejets sont conformes aux exigences réglementaires, même si la concentration en équitox ne peut être quantifiée précisément. Le calcul proposé au Tableau 26 est manifestement majorant en retenant le seuil de quantification du laboratoire.

Enfin, il convient de rappeler que les résultats d'analyses d'eau menées mettent en avant des teneurs des paramètres qui respectent ou sont proches des limites et références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine suivant l'arrêté du 11/01/2007 (cf. §12.1.5.4, Tableau 19 et Tableau 20), témoignant d'une bonne qualité de l'eau.

L'incidence du rejet des eaux dans les eaux de surface sera donc négligeable.

Paramètres	Valeur retenue * pour les eaux souterraines	NQE en moyenne annuelle **	Niveau R1 retenu ***	Calcul du flux de rejet ****
Matière en suspension (MES)	<4,3mg/l		9 kg/j	5,6 kg/j
DBO5	1,4 mg/l		9 kg/j	1,8 kg/j
DCO	<10 mg/l		12 kg/j	13,0 ou 4,8 kg/j
Matières inhibitrices (teneur en équitox)	<1.11 équitox/m ³		25 équitox/j	1 439 ou 533 équitox/j
Azote (N) total	2,0 mg/l		1,2 kg/j	2,6 ou 1,0 kg/j
Phosphore (P) total	0,025 mg/l		0,3 kg/j	0,03 kg/j
Composés organohalogénés absorbables sur charbon actif (AOX)	<10 µgCl/l		7,5 g/j	13,0 ou 4,8 g/j
Indice Hydrocarbures	<0,1 mg/l		0,1 kg/j	0,13 ou 0,05kg/j
Escherichia coli	Non concerné		1010 Escherichia coli/j	
Sels dissous	488 mg/l		1 t/j	0,63 t/j
Arsenic (As)	<5 µg/l	0,83 µg/l	319 118 mg/j	6 480 mg/j
Mercure (Hg)	<0,1 µg/l	0,07 µg/l	26 914 mg/j	130 mg/j
Cadmium (Cd)	0,9 µg/l	0,15 µg/l	57 672 mg/j	1 166 mg/j
Plomb (Pb)	6 µg/l	1,2 µg/l	461 376 mg/j	7 776 mg/j
Nickel (Ni)	<5 µg/l	4 µg/l	1 537 920 mg/j	6 480 mg/j
Cuivre (Cu)	<0,01 mg/l	1 µg/l	384 480 mg/j	12 960 mg/j
Chrome (Cr)	<2 µg/l	3,4 µg/l	1 307 232 mg/j	2 592 mg/j
Zinc (Zn)	<0,01 mg/l	7,8 µg/l	2 998 944 mg/j	12 960 mg/j
Fluoranthène	<5 ng/l	0,063 µg/l	2 422 mg/j	6,5 mg/j
Benzo(a)pyrène	<5 ng/l	0,00017 µg/l	65 mg/j	6,5 mg/j
Isoproturon	<0,05 µg/l	0,3 µg/l	115 344 mg/j	65 mg/j
Nonylphénols	<0,04 µg/l	0,3 µg/l	115 344 mg/j	52 mg/j
Octylphénol	<0,04 µg/l	0,1 µg/l	38 448 mg/j	52 mg/j
DEHP	<0,5 µg/l	1,3 µg/l	499 824 mg/j	648 mg/j
Trichlorométhane	en cours		961 200 mg/j	
Chlorpyrifos	<0,005 µg/l	0,03 µg/l	11 534 mg/j	6,5 mg/j
2,4 MCPA	<0,02 µg/l		750 mg/j	26 mg/j

* Dans le cas où la concentration est inférieure au seuil de quantification du laboratoire, ce dernier a été retenu comme valeur sécuritaire par défaut. La teneur en sels dissous a été estimée à partir de la conductivité des eaux souterraines et des caractéristiques des eaux (facteur de conversion $k = 0,754$). Le paramètre Escherichia Coli n'est pas concerné car le rejet des eaux souterraines en rivière est situé à plus de 1km d'une prise d'eau potable ou d'une zone de baignade.

** Norme de qualité environnementale selon l'arrêté du 25 janvier 2010 – concentration maximale admissible pour le mercure.

*** Valeur du niveau R1 du Tableau 1 de l'arrêté du 09/08/2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface relevant de la rubrique 2.2.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R.214-1 du code de l'environnement, si le paramètre ne possède pas de NQE. Dans le cas contraire, le niveau R1 est calculé en multipliant le débit moyen annuel journalier (en m³/j) par la concentration moyenne annuelle du paramètre définie à l'arrêté du 25 janvier 2010.

**** Les valeurs calculées tiennent compte par défaut d'un débit d'exploitation de l'installation géothermique de 54 m³/h sur 24h, soit un volume de 1296 m³ par jour. Ce calcul est majorant car cela n'est pas représentatif de l'exploitation envisagée. Dans le cas où le flux dépasse le seuil R1, un second calcul est fait en retenant le volume rejeté sur 24h à partir des résultats des études thermiques du projet, majoré de 10%, soit 480 m³.

Tableau 26 : Comparaison du flux de rejet des eaux souterraines dans les eaux de surface aux niveaux seuils R1 pour les paramètres du tableau I de l'arrêté 09/082006, selon la rubrique 2.2.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement

12.3.3.4 Modélisation de l'incidence thermique du rejet

(a) Construction du modèle hydraulique

Avant d'analyser l'impact potentiel du rejet sur la température du Thiou, il est nécessaire de mettre en place un modèle hydraulique représentant le Canal du Thiou. Pour cela, un modèle HEC-RAS a été déployé sur environ 1 600 mètres (Figure 40). Ce modèle commence à la jonction entre le lac d'Annecy et le Thiou et s'étend en amont jusqu'au pont de la promenade Sainte-Thérèse du Québec. Il inclut également la partie aval du Vassé sur 250 mètres.

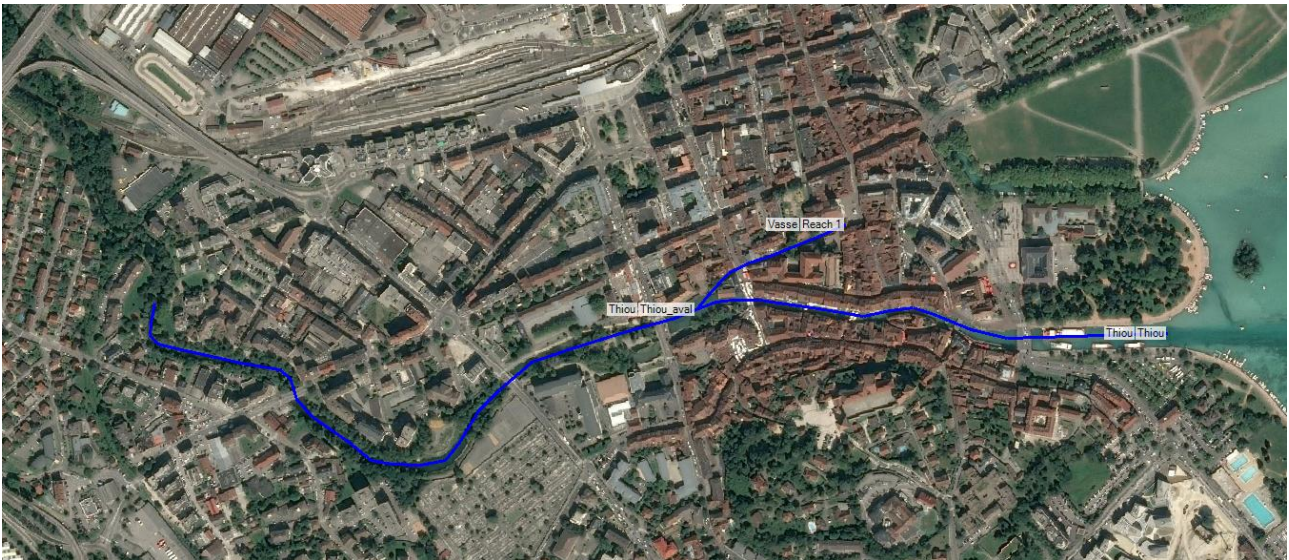


Figure 40: Extrait du linéaire du Thiou modélisé dans le cadre de l'évaluation de l'impact thermique du rejet en rivière

(i) Topographie utilisée

Le choix a été fait de modéliser le Thiou et le Vassé en 1D, basé sur des profils en travers. Ce choix se justifie par l'uniformité du Canal du Thiou dans sa partie amont et la régulation du débit du Thiou avec le lac d'Annecy, empêchant tout débordement.

Le profil en long du Thiou et les dimensions du canal dans la section bétonnée sont basés sur la Figure 41 issue d'une étude du SILA sur le marnage du Lac [7] et les nivellements des vannes entre le pont de la Halle et le pont Perrière, ainsi qu'en amont et en aval du pont de la République fournis par les services techniques de la ville d'Annecy [5]. Ces derniers ont également été comparés et utilisés, notamment pour la partie aval du Thiou, avec les cartes réalisées à la main des cours d'eau français par l'IGN (Figure 42).

Concernant les ouvrages, seuls les ponts de la Halle et de la République qui sont les deux ouvrages significatifs de la zone, ont été représentés. La vanne de régulation du niveau du lac entre le pont de la Halle et le pont Perrière n'a pas été représenté (hypothèse sécuritaire), car elle ne constitue pas en soit un obstacle majeur aux écoulements, la hauteur de chute du seuil étant par ailleurs assez faible.

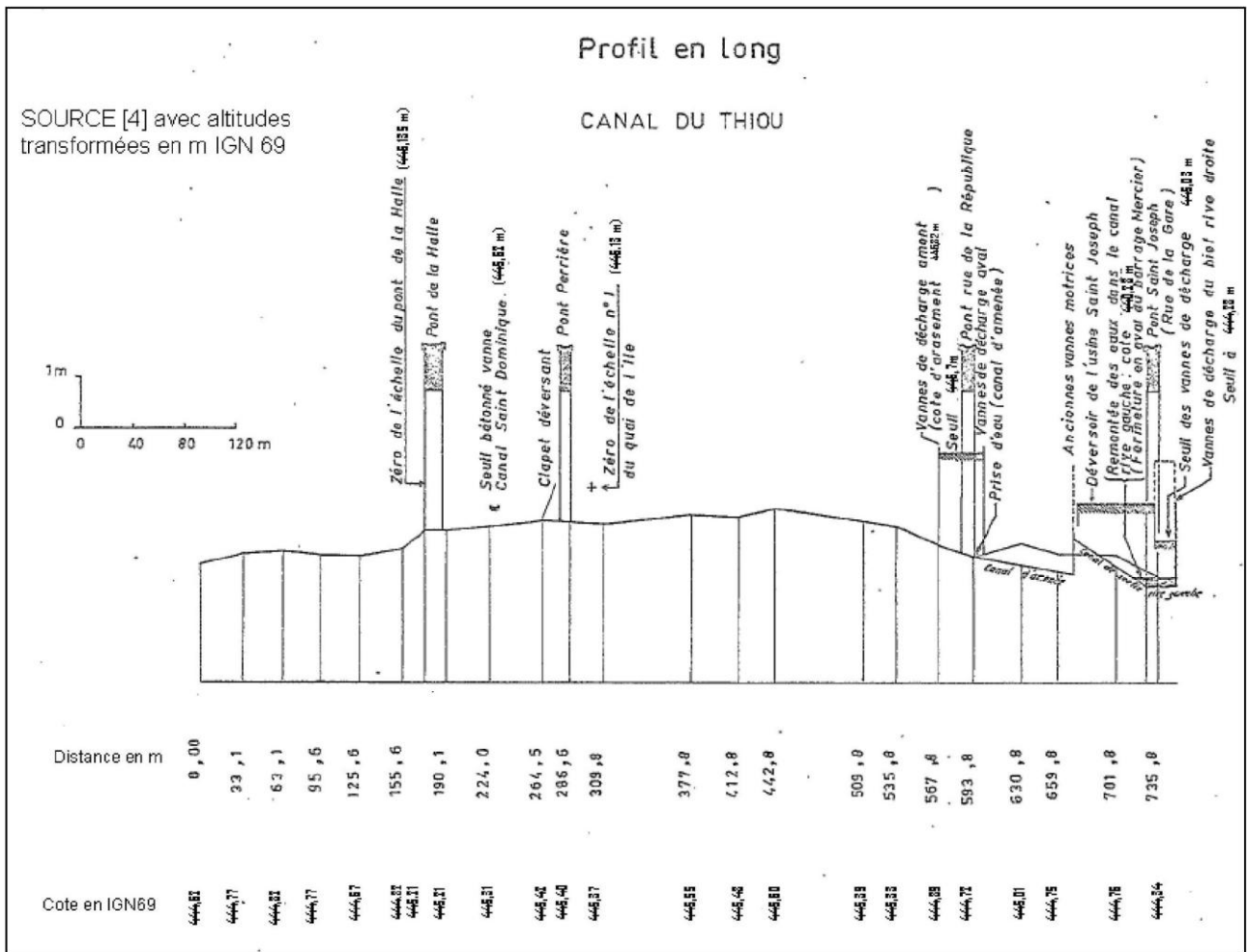


Figure 41 : Extrait du profil en long du Canal du Thiou d'après l'étude de 2011 du SILA [7]

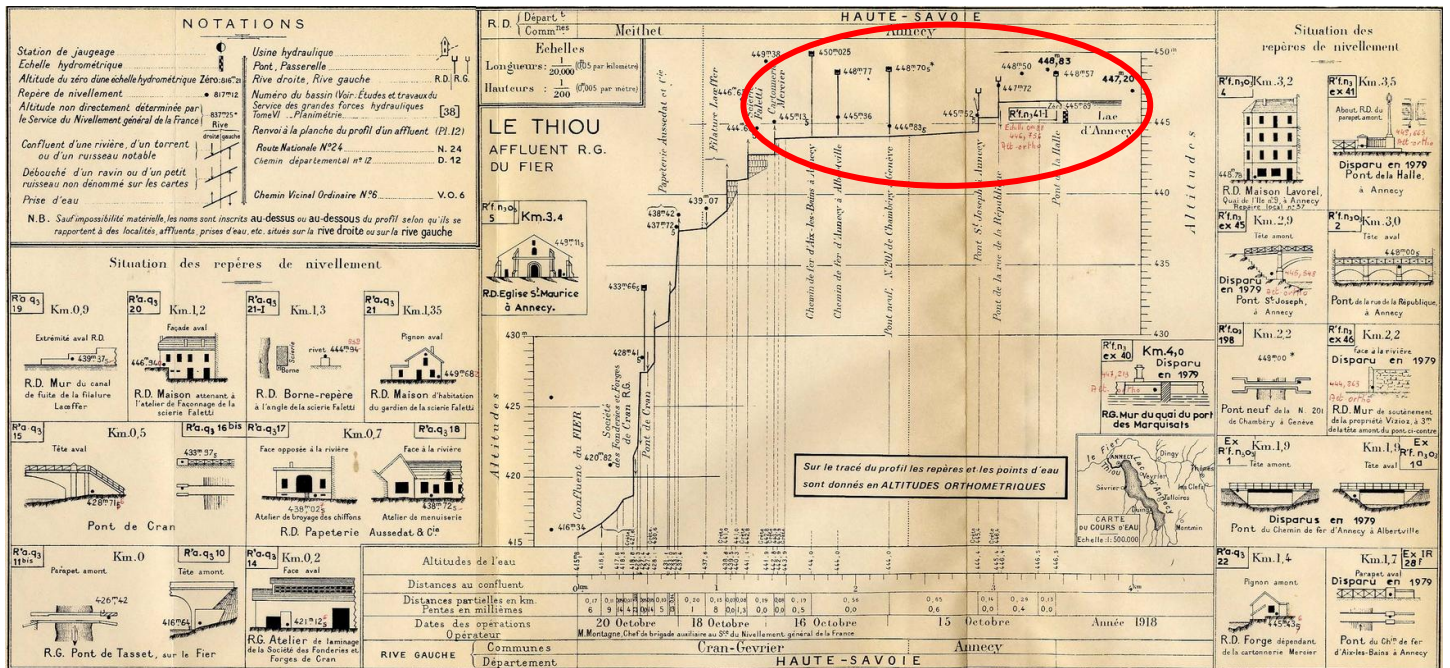


Figure 42 : Extrait de la carte géodésie sur le Thiou (IGN)

(ii) Conditions aux limites et hypothèses de modélisation

■ Condition limite amont : Côte d'eau (Stage Hydrograph)

Le débit dans le Thiou est lié à la hauteur d'eau du lac d'Annecy qui est régulé via une vanne située entre le pont de la Halle et le pont Perrière (cf. §12.1.6). Ainsi, il est possible de déterminer le débit transitant dans le Thiou en fonction de la cote de hauteur du lac lue à l'échelle du pont de la Halle. Pour cette étude, les données de hauteur et de débit ont été fournies pour la période du 1er janvier 2000 au 30 juin 2024 avec un pas de temps journalier [4] (cf. §12.1.6.3). Il est ainsi possible d'en déduire une courbe de tarage du Thiou (Figure 43).

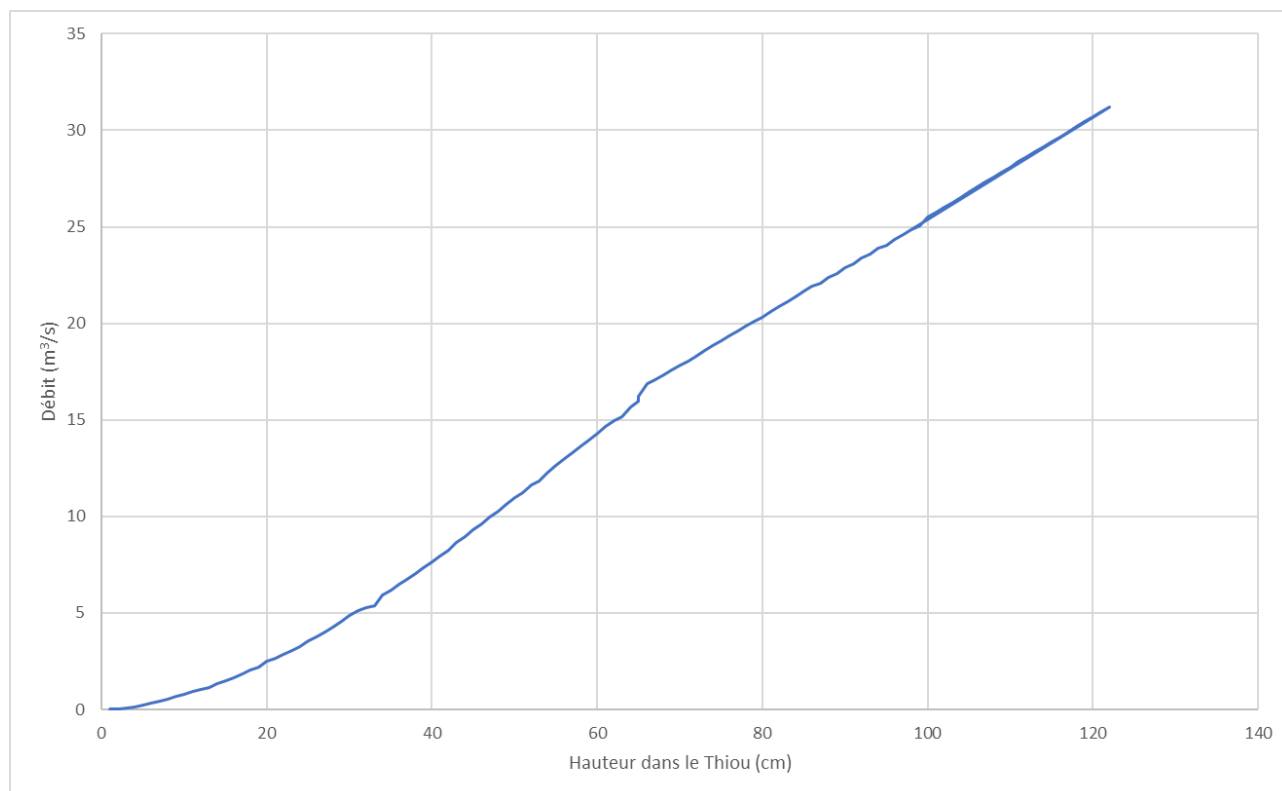


Figure 43 : Courbe de tarage au droit du Thiou

■ Condition limite aval : Pente (Normal Depth)

■ Coefficients de rugosité :

Un coefficient de rugosité uniforme de 50 a été retenu pour la partie amont bétonnée du Thiou. Pour le tronçon aval plus naturel, un coefficient de 30 a été utilisé.

(iii) Résultats du modèle hydraulique

Le modèle hydraulique présente des résultats stables avec une marge d'erreur inférieure à 0.01%. Les résultats sont cohérents avec les données d'entrée, et aucun débordement n'a été observé pendant toute la durée de simulation. Un profil en long du Thiou type est présenté en Figure 44.

Le modèle est jugé suffisamment stable et cohérent pour passer à l'application du module de température.

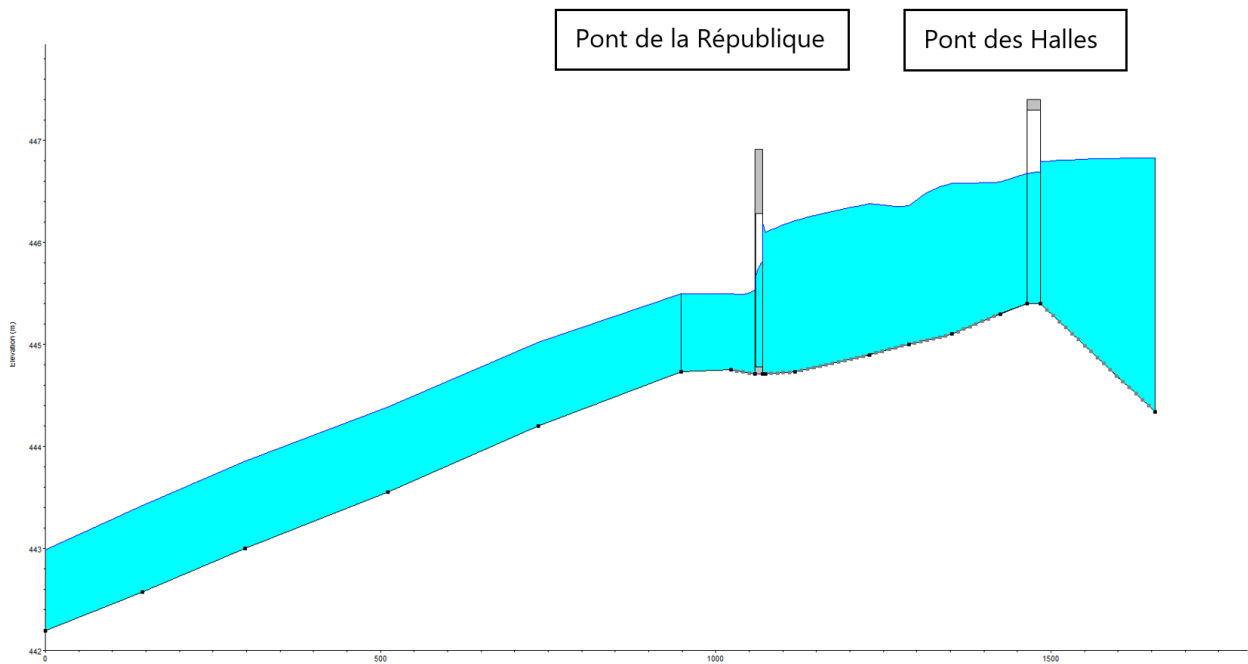


Figure 44 : Exemple d'un profil en long sur le Thiou

(b) Mise en place du module température

(i) Température du Thiou

Trois stations de température sont situées sur les plages du lac d'Annecy et fournissent des données toutes les 30 minutes pour la période du 14 juin 2006 au 31 décembre 2023 (cf. Figure 21 et §12.1.6.4).

La température a été moyennée par jour pour chaque station, puis une nouvelle moyenne a été calculée pour obtenir une valeur finale. Les résultats sont présentés Figure 45.

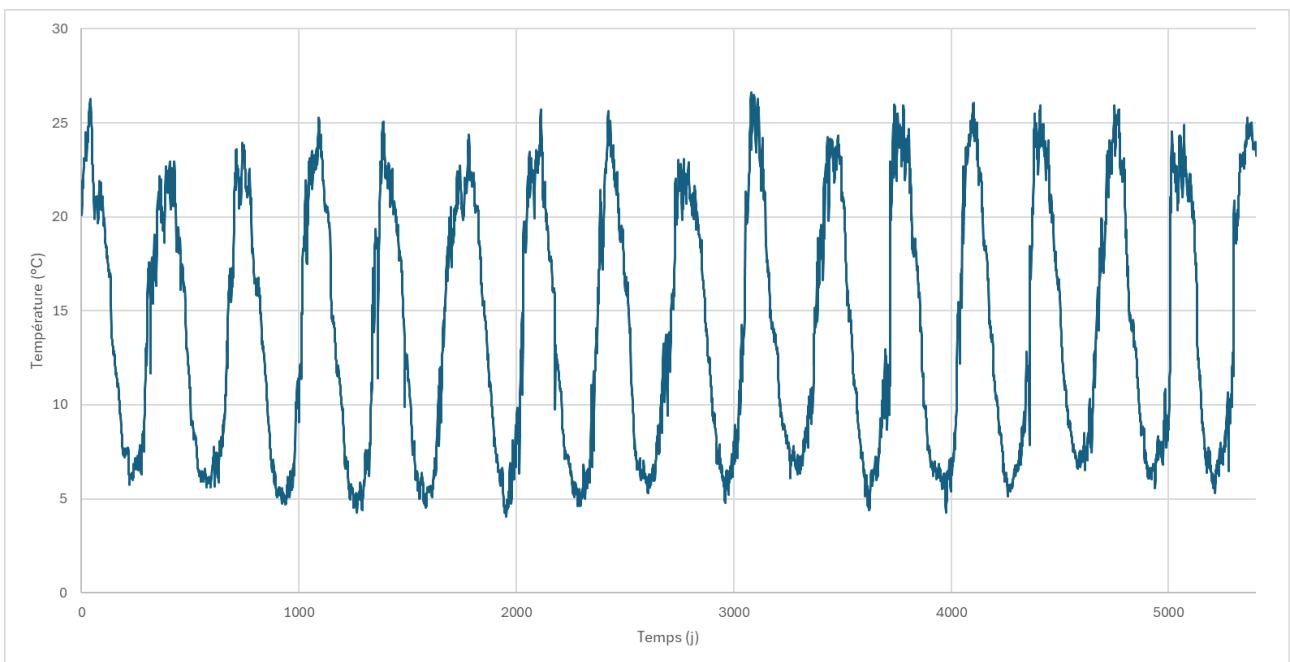


Figure 45 : Température journalière moyenne retenue pour le Thiou sur 17 ans, basée sur les températures suivies sur les plages du Lac d'Annecy

(ii) Température du rejet

La température du rejet a été définie sur une année. Pour être conservateur dans la modélisation, un delta de température de minimum 2°C par rapport à la température de la nappe a été retenu (en deçà, la PAC peut ne pas fonctionner et l'installation être arrêtée). Celle-ci est retenue à 10°C en hiver et à 14 °C en été. Ainsi, le rejet est plus froid que le Thiou en hiver (delta entre -2 et -5°C maximum) et plus chaud en été (delta de +2 à +7°C maximum).

Le débit d'injection de la pompe a également été défini sur une échelle annuelle, avec une inactivité en avril et octobre (mi-saison, besoins énergétiques faibles). Un talon de 6 m³/h est également retenu (hypothèse sécuritaire) du fait d'une limite technique de la pompe immergée prélevant les eaux souterraines. Les débits d'injection sont présentés Figure 46.

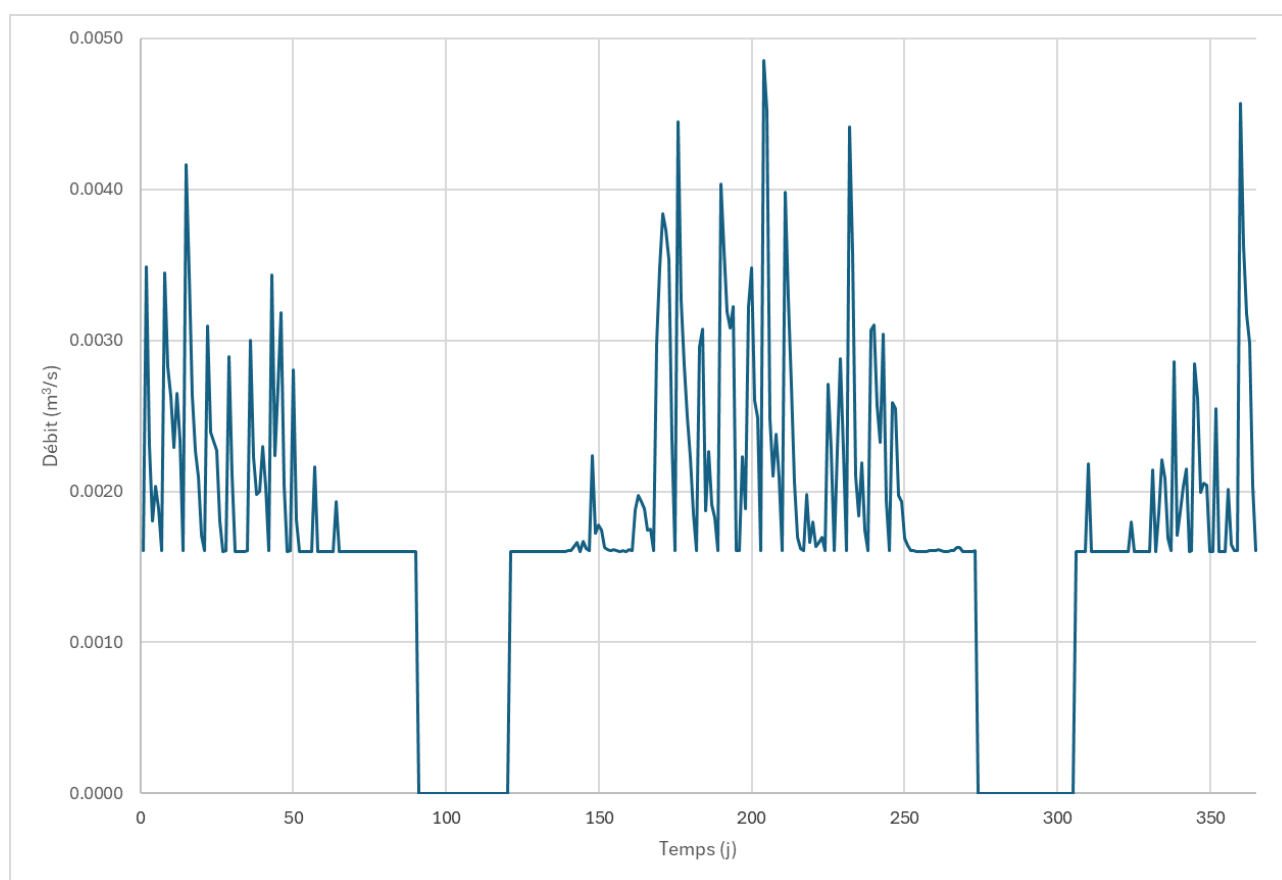


Figure 46 : Courbe de débit de la pompe d'injection de la station

(iii) Module température HEC-RAS

Le logiciel de modélisation hydraulique propose un module de calcul de divers paramètres physico-chimiques, dont la température. Le module "Full Energy Budget" a été choisi.

Le module de température du "Full Energy Budget" calcule la densité de flux de chaleur nette basée sur la densité de flux de chaleur latente (évaporation et condensation), la densité de flux de chaleur sensible (conduction) et la conduction du lit. La densité de flux de chaleur nette est la somme de ces termes. Le changement de température de l'eau dû à un changement de flux de chaleur est ensuite calculé.

$$\frac{\partial T_w}{\partial t} = \frac{A_s}{V} \cdot \frac{q_{net}}{\rho_w \cdot C_{pw}}$$

Avec :

- T_w : température de l'eau dans une cellule de qualité d'eau entièrement mélangée, en °C ;
- t : temps, en seconde ;
- ρ_w : densité de l'eau, en kg/m^3 ;
- C_{pw} : capacité thermique spécifique de l'eau, en $\text{J.kg/m}^3.\text{°C}$;
- V : volume d'une cellule de qualité d'eau, en m^3 ;
- A_s : superficie d'une cellule de qualité d'eau, en m^2 ;
- q_{net} : flux thermique net aux interfaces air-eau et sédiment-eau, en W/m^2 .

Ce module permet donc d'intégrer les différences de température entre les deux points de calculs (profils) selon les chroniques de débits fournies par le modèle hydraulique.

Ainsi le Thiou sur sa partie amont a été divisé en 64 points de calculs (tous les 5 m en moyenne) avec l'injection du rejet des eaux souterraines après passage dans l'échangeur à partir du 16^{ème} point (Figure 47).

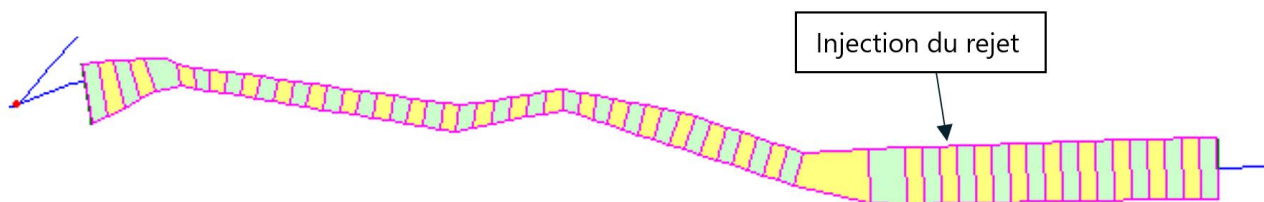


Figure 47 : Localisation des points de calcul (profils)

(c) Résultats de la simulation thermique

La Figure 48 présente l'évolution de la température dans le Thiou au niveau du point de calcul, directement en aval de l'injection des eaux dans la rivière (17^{ème} profil, point en aval immédiat).

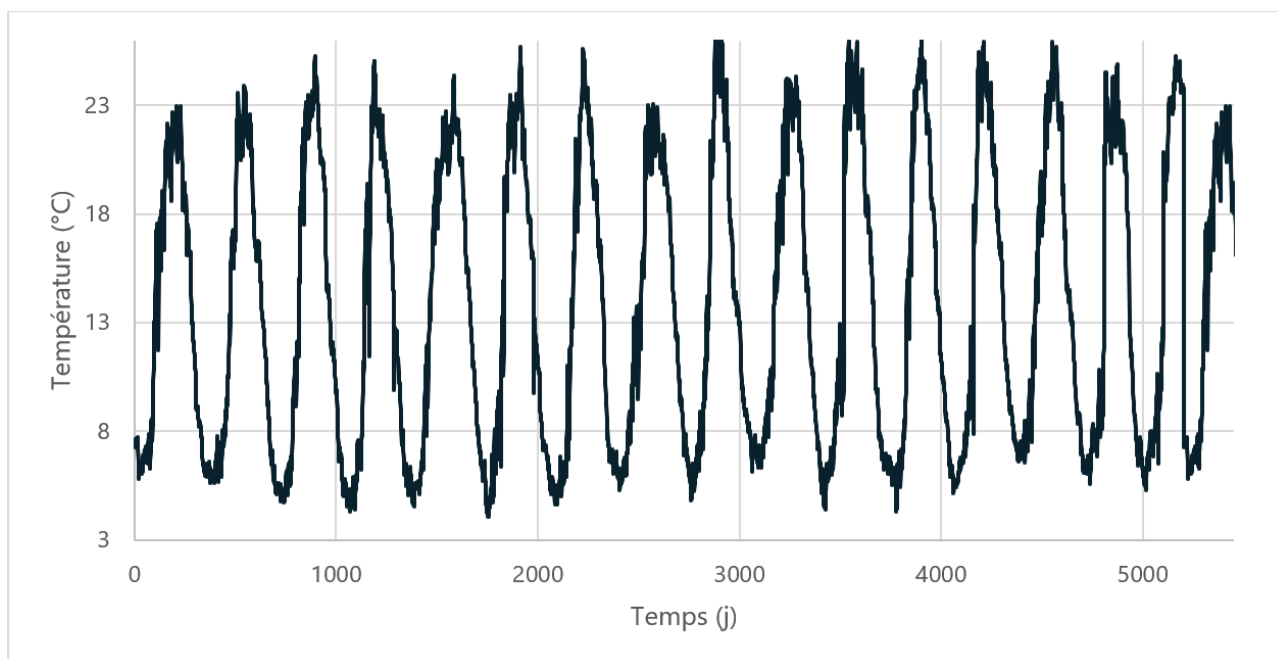


Figure 48 : Evolution de la température au point directement en aval du point du rejet

Pour évaluer l'impact généré par le rejet, la courbe de la Figure 45 a été soustraite à celle de la Figure 48. La courbe résultante montre directement le changement de température induit par le rejet (Figure 49).

Les valeurs sont principalement comprises **entre 0,004 et -0,004°C**, indiquant un impact négligeable sur le cours d'eau du Thiou et donc sur ses espèces piscicoles.

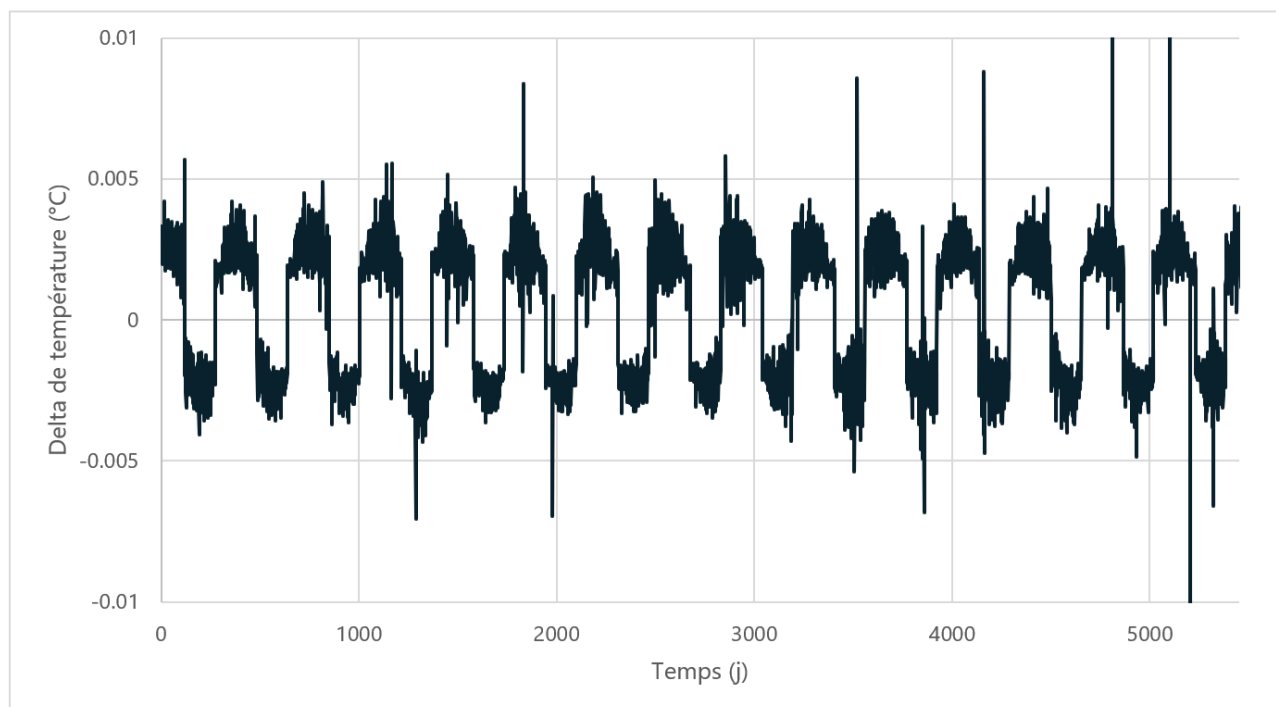


Figure 49 : Evolution de l'impact de la température au point directement en aval du point du rejet

Les premiers résultats du modèle suggèrent un impact pratiquement nul.

Il a donc été décidé de simuler le scénario le plus défavorable possible et d'analyser son impact. Ce scénario se produirait selon les critères suivants :

- Un faible débit dans le Thiou, égal au débit d'étiage de $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$, signifiant moins de dilution du rejet ;
- Un delta de température entre les eaux prélevées en nappe et celles rejetées au Thiou le plus important possible, soit $+7^\circ\text{C}$ en période estivale lorsque la nappe peut atteindre une température de 14°C , soit un rejet d'eau à 21°C – la température moyenne du Thiou sur la période estivale étant retenue à $23,3^\circ\text{C}$;
- Un débit de pompe maximal de $54 \text{ m}^3/\text{h}$ soit $0,015 \text{ m}^3/\text{s}$, signifiant un plus gros volume de rejet.

Les résultats de cette simulation sont présentés Figure 50 et Figure 51.

Il est notable que même avec des paramètres extrêmes, l'impact sur la température du Thiou est de maximum $0,01^\circ\text{C}$, ce qui est négligeable et insuffisant pour affecter les espèces piscicoles. Par conséquent, il ne semble pas pertinent d'effectuer d'autres tests supplémentaires, car le scénario le plus défavorable s'est avéré peu impactant.

Dans ces conditions, il est possible de conclure que le rejet étudié n'impacte pas la température du canal du Thiou.

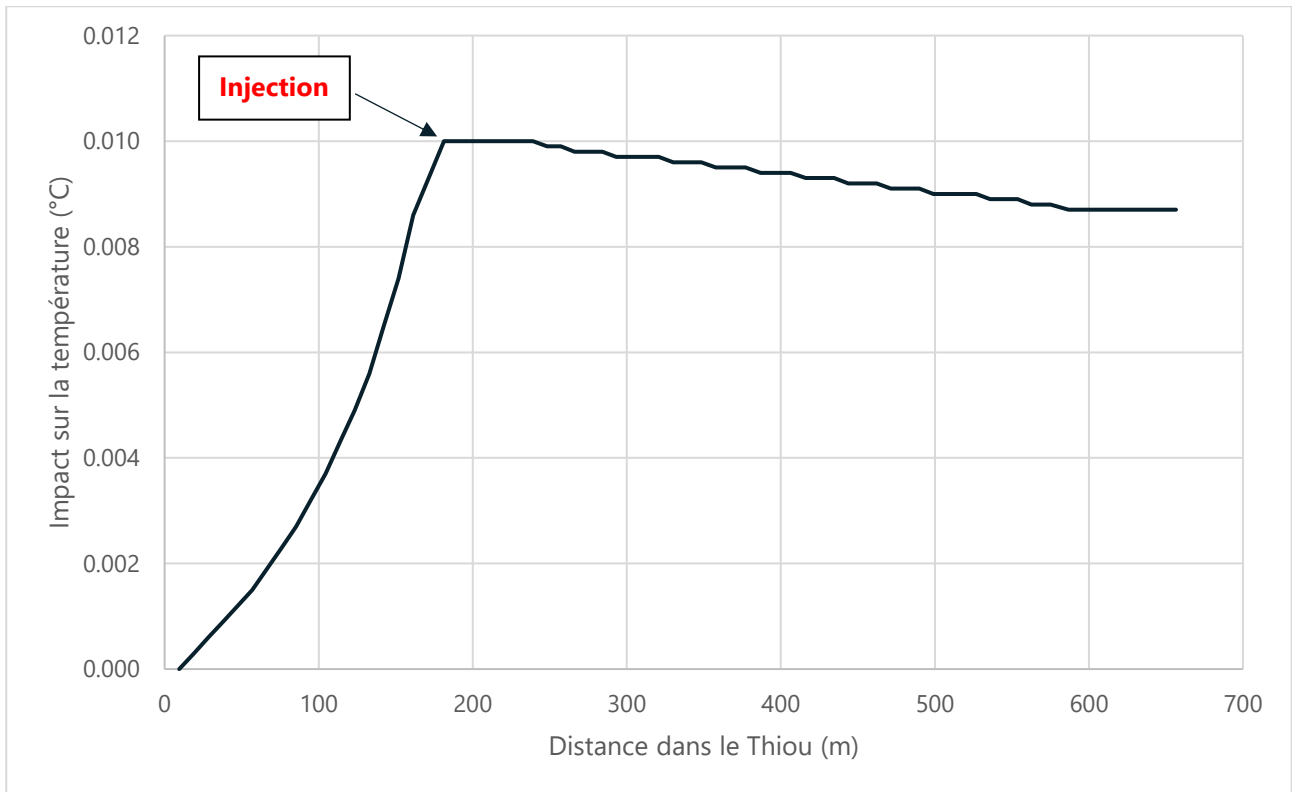


Figure 50 : Evolution de l'impact de la température sur le profil en long du Thiou

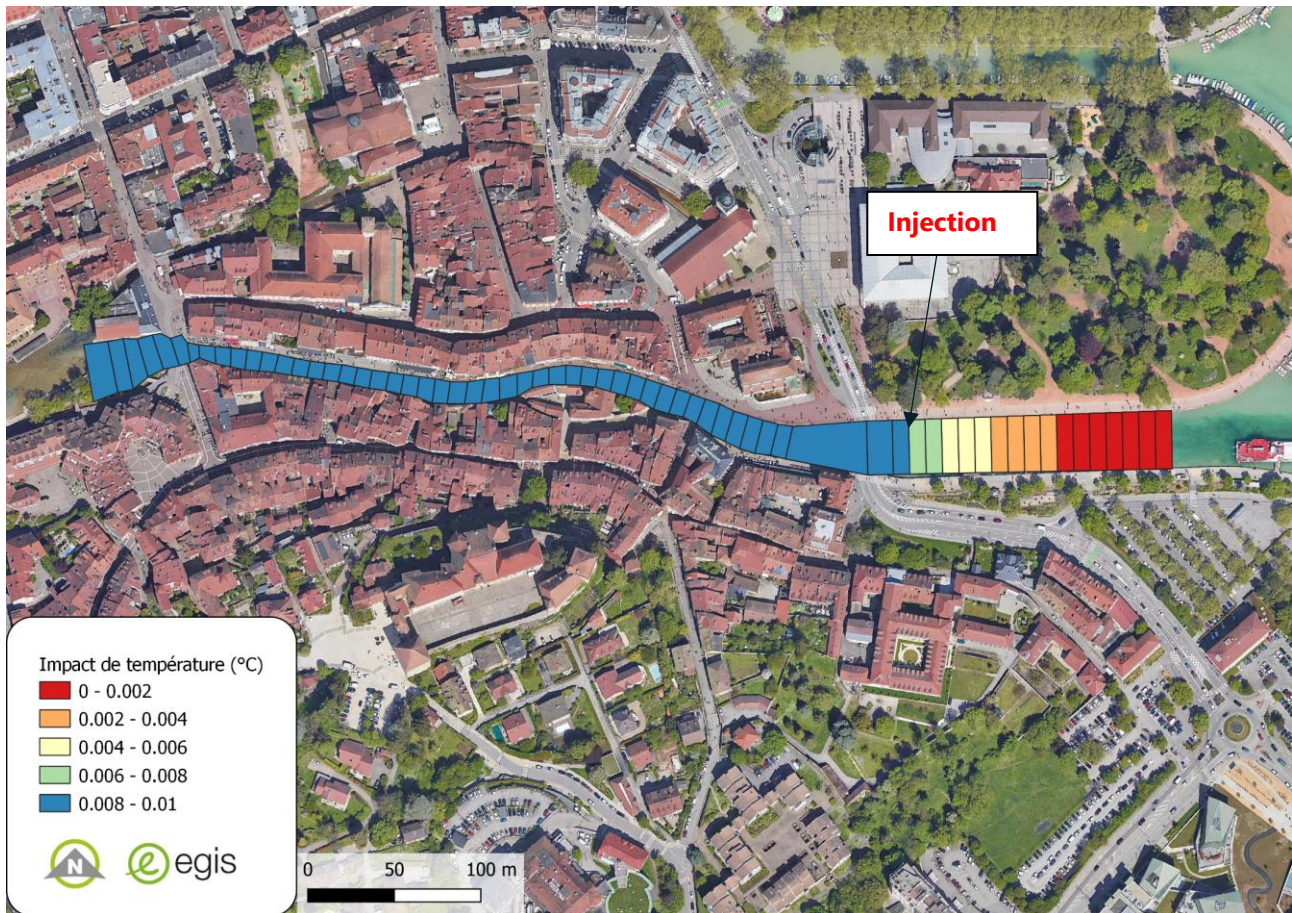


Figure 51 : Evolution de l'impact de la température par profil de calcul le long du Thiou

12.3.4 Sur le climat et vulnérabilité au changement climatique

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

Cette ressource est :

- Ecologique. Son mode d'exploitation n'engendre que peu d'émissions de gaz à effet de serre (CO₂...) ; les seules consommations d'électricité sont liées au fonctionnement de la pompe hydraulique et de la pompe à chaleur.
- Locale. La géothermie, par nature, est consommée là où elle est produite. Elle a donc l'avantage de n'engendrer aucune perte d'énergie, ni de pollution liée à son transport.
- Renouvelable. La géothermie ne se vide pas de son réservoir au fur et à mesure que l'on s'en sert. L'eau présente dans l'aquifère se recharge naturellement par les précipitations et les apports des cours d'eau.

L'incidence du projet sur le climat est donc très réduite par rapport à d'autres installations énergétiques (électriques, gaz, ...). Elle permettra même de réduire l'utilisation d'énergie fossile en réduisant la consommation de gaz au niveau de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche (située au niveau de la crèche) qui alimentait auparavant en chaud l'Hôtel de Ville. Celle-ci sera uniquement utilisée en période hivernale pour la production de chaud en secours, en cas de nécessité.

Les projections climatiques ont été prises en compte dans les calculs thermiques des besoins en rafraîchissement à un horizon 2050. Le débit d'exploitation maximal de l'installation (54 m³/h) est basé sur un fonctionnement en rafraîchissement pur dans le cadre de ce scénario (au lieu du géocooling envisagé préférentiellement).

En considérant que la température des eaux souterraines augmente autant que la température atmosphérique (cas très sécuritaire au vu de la présence du lac jouant le rôle de réserve tampon), d'après les données du DRIAS ou du projet Explore 2070, l'augmentation de la température des eaux souterraines d'ici 30 ans (durée du titre sollicité) serait de l'ordre de 2,5°C. Une telle augmentation est acceptable pour les pompes à chaleur commercialisées de nos jours, qui ont la capacité de fonctionner avec des températures des eaux souterraines de plusieurs degrés supérieures à celle mesurée sur ces dernières années.

12.3.5 Sur les sols

Il n'y aura pas de prélèvement de matériaux, excepté en phase travaux pour la réalisation de forages ou de tranchées (estimation de 1,1 m³ pour les forages et de 12,7 m³ pour la tranchée en arrière du quai Napoléon pour l'ouvrage de rejet).

En phase travaux, toutes les mesures seront prises pour éviter la pollution des sols par les engins de chantiers (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, etc.) et les déchets liés aux travaux (cf. paragraphes précédents). Les déblais produits par les travaux seront envoyés dans un centre adapté.

En phase exploitation, les sols ne seront pas remaniés.

12.3.6 Sur le milieu naturel

L'implantation des zones naturelles Natura 2000 et des ZNIEFF de type I et II les placent hors de toute influence potentielle du projet géothermique.

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

Le projet ne fait pas l'objet de consommation d'espaces naturels, agricoles ou forestiers.

Aucune perturbation, dégradation ou destruction sur la biodiversité existante (faune, flore, habitats, continuité écologique) n'est attendue. L'emprise de l'ouvrage de rejet dans le cours d'eau du Canal du Thiou (perçement du quai) sera limitée.

Le rejet au Canal aura un débit maximum de 54 m³/h, soit moins de 1% du débit moyen du cours d'eau (8 m³/s) et moins de 3% du débit d'étiage (0,6 m³/s).

La qualité des eaux pompées et rejetées ne sera pas modifiée (hormis la température). Une analyse d'eau confirme l'absence de polluant rejeté au titre de la rubrique 2.2.3.0 (cf. §12.3.3.3 et §12.1.5.4).

L'impact thermique du rejet des eaux en rivière a été évalué comme négligeable dès 5 m du point de rejet (cf. §12.3.3.4).

Impact sur la faune et la flore

Dans le cas d'un rejet au Thiou, la modification des températures des eaux de surface du fait d'un rejet d'eau chaude 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.

Toutefois, notons que le rejet au Thiou s'effectuera dans le Canal du Thiou, au niveau du quai Napoléon III avant le Pont des Halles, ouvrage bétonné et maçonné sur une longueur d'environ 600 à 700 m depuis le Lac d'Annecy. Il fait l'objet d'un nettoyage mécanique (lance incendie et ramassage dans le lit) en fonction de son état, de 1 à 5 fois par an, afin de garantir un bon état visuel et sanitaire.

De plus, l'impact thermique jugé négligeable n'aura pas d'incidence sur le contexte piscicole du Thiou (cf. §12.1.6.5). En particulier, les gammes de températures optimales et de résistance à la température pour les populations juvéniles et adultes ne seront pas modifiées. Les hausses de températures élevées seront très localisées.

Le projet n'aura donc pas d'impact sur la faune et la flore piscicole.

Concernant les chaudières de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche, situées au sous-sol du bâtiment de la crèche déjà existant et qui pourront produire en secours en hiver du chaud pour l'Hôtel de Ville, celles-ci font l'objet de contrôles périodiques par un organisme agréé conformément à la réglementation en vigueur. Le dernier rapport des contrôles périodiques sur les rejets atmosphériques réalisés par Apave Exploitation (Annexe 12), montre une conformité sur les gaz rejetés en cheminée, une absence d'écarts aux normes et donc des exigences respectées.

12.3.7 Sur la sécurité publique

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

Les forages de prélèvement et leurs équipements de tête seront contenus dans un regard de visite étanche et verrouillable, ce qui exclut tout accès de personnes étrangères aux services.

L'ouvrage de rejet présentera les équipements nécessaires pour permettre une fermeture étanche de son accès coté quai.

Les échangeurs seront placés dans un local technique qui sera verrouillé et dont l'accès sera réservé exclusivement aux personnels techniques habilités. De nombreuses mesures de sécurité seront mises en œuvre dans le local technique (ventilation, étanchéité, coupure de l'installation en cas de pression trop basse ou trop haute dans le réseau géothermique, etc.).

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).

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

Concernant les chaudières de la chaufferie commune au Groupe Scolaire / Crèche, situées au sous-sol du bâtiment de la crèche déjà existant et qui pourront produire en secours en hiver du chaud pour l'Hôtel de Ville, celles-ci font l'objet de contrôles périodiques par un organisme agréé conformément à la réglementation en vigueur. Le dernier rapport des contrôles périodiques sur les rejets atmosphériques réalisés par Apave Exploitation (Annexe 12), montre une conformité sur les gaz rejetés en cheminée, une absence d'écarts aux normes et donc des exigences respectées.

Les autres éléments d'entretien de l'installation sont les suivants :

- Contrôle annuel sur les centrales de détection de gaz (rapport de maintenance en Annexe 13) ;
- Livret de chaufferie présent sur site dans lequel l'exploitant renseigne toutes les interventions sur les installations CVC ;
- Ramonage annuel des chaudières en fonctionnement (certificat en Annexe 14) ;
- Vérification annuelle des extincteurs.

Le local de la chaufferie est fermé à clé, accessible uniquement à certaines personnes de la mairie et à l'exploitant Dalkia. Seules les personnes équipées d'un détecteur de monoxyde de carbone sont autorisées à se rendre en chaufferie.

12.3.8 Incidences sismiques

La géologie au droit du projet est déjà connue et a fait l'objet de reconnaissances préalables jusqu'à la profondeur envisagée par les puits de captages (15 m maximum). Il n'est pas prévu de reconnaissances supplémentaires dans le cadre du projet pour connaître la géologie ou l'impact des travaux sur les terrains.

La géologie sera par ailleurs identifiée lors du levé de la coupe lithologique par un ingénieur hydrogéologue après la phase de réalisation de chaque forage par l'entreprise de forage. Des échantillons seront pris et conservés à minima tous les mètres et à chaque changement de faciès.

L'exploitation des eaux souterraines pour un usage géothermique via des puits de captage de 11 mètres de profondeur dans des alluvions n'est pas de nature à provoquer des mouvements de terrain ou des fracturations. Contrairement à la géothermie profonde qui implique des forages dans des roches et qui peuvent entraîner des séismes induits, la géothermie de surface exploite des ressources à faible profondeur, à faible débit, à faible température et delta de température, minimisant ainsi les perturbations souterraines. Les alluvions, dépôts de sédiments, permettent une exploitation plus douce et moins invasive.

Par conséquent, les risques sismiques associés à cette pratique sont considérablement réduits, rendant cette méthode de captage beaucoup plus sûre pour les environnements urbains et les zones sensibles.

13 MESURES PRISES POUR EVITER, REDUIRE ET COMPENSER

13.1 Mesures d'évitement

13.1.1 Déblais

Les déblais seront stockés en benne et évacués vers une décharge à filière appropriée. Ils n'auront pas d'impact notable sur l'environnement.

13.1.2 Pollution de la nappe souterraine

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

Les travaux seront exécutés en respectant toutes les mesures de protection pour l'environnement par une entreprise de forage qualifiée RGE forage.

L'introduction d'eaux superficielles et de ruissellement sera empêchée. Afin d'éviter toute infiltration d'eau souillée dans la nappe, les têtes de forages de prélèvement se situeront dans des regards béton, protégés par une tête de puits étanche. De plus, les regards seront fermés par un tampon fonte étanche et verrouillable. L'accès au tampon et local technique sera accessible aux seules personnes techniques habilitées. Par ailleurs, la cimentation annulaire d'environ 4 m renforce l'étanchéité entre la partie haute du forage et l'intérieur du forage et empêche ainsi tout échange entre les eaux superficielles et les eaux souterraines.

Dans le local technique, il y aura déconnexion des circuits primaire et secondaire à l'aide d'un échangeur. Il n'y aura pas d'échange direct entre le circuit d'eau de nappe et le circuit primaire constitué de fluide frigorigène. Aucune pollution ne peut s'introduire dans ce circuit et contaminer les eaux souterraines.

Afin de contrôler l'exploitation de l'installation et l'incidence sur le milieu, il est prévu la mise en œuvre des appareils suivants :

- Compteur d'eau ;
- Capteurs de niveau d'eau dans les forages de prélèvement ;
- Capteurs de température en amont et aval de l'échangeur alimentant les pompes à chaleur.

Les appareils seront raccordés à une GTC permettant un relevé horaire des données et leur enregistrement.

Annuellement, dans le cadre des contrôles d'entretien et de maintenance (cf. §7.3.6), une analyse physico-chimique sera réalisée. Les paramètres analysés seront ceux permettant une caractérisation de la compatibilité des eaux à un usage géothermique et à un rejet dans les eaux de surface, comme ceux déjà analysés dans le cadre de ce dossier (cf. Tableau 19, Tableau 20, Tableau 26 et Annexe 15).

13.1.3 Pollution par fluide frigorigène

A ce stade du projet, le modèle des pompes à chaleur qui sera installé n'est pas encore défini.

Seul le type de fluide frigorigène est connu à ce stade des études : HFO (HydroFluoro-Oléfines). Ce sont des fluides frigorigènes de 4ème génération. Ils présentent des alternatives à faible GWP (Global Warming Potential) qui réduisent l'impact environnemental tout en proposant une efficacité énergétique.

Les mesures de détection de fluide frigorigène ainsi que les contrôles d'étanchéité de l'installation seront conformes aux textes réglementaires (Arrêté du 29 février 2016).

La mise en place d'un détecteur de fuite de fluide frigorigène est dépendant des caractéristiques des PAC installées (tonnes équivalent CO₂, volume de fluide frigorigène présent dans la PAC), non connues à ce jour.

Le fluide frigorigène concerné par le projet est de type HFO R-1234ze. Ce fluide est pur et ne détruit pas la couche d'ozone.

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

13.1.4 Site classé

Les forages de captage seront positionnés sous des capots à ras de sol dans les Jardins de l'Europe. L'ouvrage de rejet sera positionné dans un capot à ras du sol coté quai Napoléon. Coté Canal du Thiou, le percement du quai sera non visible, la conduite placée sous le fil d'eau du Thiou. Les canalisations seront placées sous les chemins du parc, restaurés à l'identique.

Aucun impact paysager ne viendra dénaturer le site patrimonial remarquable des Jardins de l'Europe et le site classé du Canal du Thiou (en particulier le quai Napoléon).

13.2 Mesures de réduction

13.2.1 Réduction de la consommation en énergie liée au type d'installation

Au vu des coûts du gaz et dans un souci de préservation de l'environnement, la solution de géothermie a été étudiée afin de se substituer à l'installation gaz utilisée pour répondre au besoin de chauffage.

Les bâtiments nécessitant une consommation de froid en été et de chaud en hiver, afin de satisfaire le confort de l'ensemble des utilisateurs, le choix technique a été de pouvoir produire du chaud et du froid au moyen d'une installation unique.

La solution de géothermie avec PAC Eau/Eau et prélèvement en nappe est la solution la plus appropriée au projet. Cette solution est peu énergivore et présente un coût d'investissement et d'exploitation raisonnable.

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

De plus, la géothermie sur nappe présente des avantages spécifiques appréciables :

- Ecologique : elle fait appel à des ressources renouvelables, les calories du sous-sol. Son mode d'exploitation n'engendre que peu d'émissions de gazs à effet de serre (CO₂...) ; les seules consommations d'électricité sont liées au fonctionnement de la pompe hydraulique et de la pompe à chaleur.
- Locale : elle est, par nature, consommée là où elle est produite. Elle a donc l'avantage de n'engendrer aucune perte d'énergie, ni de pollution liées à son transport.
- Renouvelable : elle ne se vide pas de son réservoir au fur et à mesure que l'on s'en sert. L'eau présente dans l'aquifère se recharge naturellement par les précipitations et les apports des cours d'eau.
- Economique : au regard des autres systèmes de production classique à énergie fossile.

13.2.2 Réduction du rejet thermique au Thiou

Les écarts thermiques entre les eaux pompées en nappe et les eaux rejetées en rivière pour le fonctionnement de l'installation ont été retenus afin d'adapter les besoins en débit de puisage potentiel sur la ressource d'une part, c'est-à-dire pour notamment limiter les débits maximaux mis en œuvre, et d'autre part de manière à limiter les écarts de températures entre l'eau rejetée à la rivière et les eaux du Canal du Thiou.

L'objectif est de s'approcher au plus de la température du Thiou afin d'impacter le moins possible la population piscicole au niveau de l'ouvrage de rejet dans le Thiou, et ce compte tenu des températures moyennes du Thiou et des eaux souterraines.

Aussi, les rejets auront une température maximum proche des températures moyennes maximales du Thiou suivant les périodes estivales ou hivernales. Il a par ailleurs été estimé par modélisation que l'impact du rejet sera négligeable sur le Thiou, même dans des conditions défavorables.

13.3 Mesures de compensation

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

14 RESUME NON TECHNIQUE

14.1 Généralités

Dans le cadre du projet de rénovation de l'Hôtel de Ville d'Annecy, la Mairie d'Annecy souhaite utiliser la ressource en eau souterraine pour la production de chaleur et de froid du bâtiment comprenant des bureaux, salles de réunions, salons et atrium.

L'étude de préfaisabilité géothermique réalisée en 2020 par Artélia à la suite du forage de reconnaissance dans les Jardins de l'Europe avait conclu à la présence d'une nappe productive entre 5 et 10 m de profondeur. La réalisation de deux ou trois puits de captage des eaux souterraines dans les Jardins de l'Europe est en mesure de couvrir la totalité des besoins énergétiques du bâtiment.

Pour la solution de rejet des eaux pompées, un rejet en rivière au Canal du Thiou, exutoire du Lac d'Annecy, à proximité immédiate, est demandé. Ce choix est lié à la présence d'une nappe dont la profondeur (environ 1 m/TN) engendre des risques de débordement des eaux à la réinjection, pouvant être accentués en cas de colmatage des puits, ainsi que des risques de soulèvement des terrains argileux en tête de la nappe captive et de recyclage thermique entre les puits (faible empreise du projet par rapport au nombre de puits nécessaire). Le rejet nécessite ainsi la réalisation d'un percement du quai Napoléon du Canal du Thiou et d'un ouvrage de rejet en rivière.

Le projet de restructuration de l'Hôtel de Ville d'Annecy a pour objectif de répondre à de grands enjeux énergétiques : restructuration profonde de l'existant, optimisation des déperditions superflues, performances des installations neuves, favoriser l'impact patrimonial. Les leviers d'optimisation énergétique se situent principalement sur les ressources de l'environnement immédiat, ainsi que sur la maîtrise de l'exploitation du bâtiment. La mise en place d'une solution de géothermie sur nappe s'intègre pleinement dans cet objectif, et le rejet dans le Canal du Thiou a pour but de faciliter sa mise en œuvre.

Dans ces conditions, l'installation géothermique ne relève plus de la Géothermie de Minime Importance (GMI) définie par le décret 2015-15 du 8 janvier 2015. La réinjection de la totalité des eaux pompées dans le même aquifère n'étant pas respectée, le projet est soumis à autorisation au titre du décret 2015-15 du 8 janvier 2015 et du décret 2006-649 du 2 juin 2006 (code minier).

La Ville d'Annecy dispose des capacités financières lui permettant de faire face aux obligations réglementaires pour assurer l'exploitation, la maintenance et l'éventuelle mise à l'arrêt des installations de géothermie, en application même des dispositions du décret n° 78-498 du 28 mars 1978 et du décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 qui prévoient et encadrent la délivrance d'un permis d'exploiter un gîte géothermique dans le cadre de la police des mines.

Les capacités techniques pour la mise en œuvre de ce projet sont apportées par des bureaux d'études et des entreprises qualifiés.

Le début du chantier de rénovation est prévu en février 2025 et la livraison prévisionnelle du bâtiment en février 2027. A ce jour, les travaux de forage sont envisagés pour avril 2026.

La durée du titre sollicitée correspond à la période maximale autorisée (du décret n°78-498), soit 30 ans, afin de permettre de sécuriser l'économie du projet quel que soit le contexte énergétique futur.

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

- Compris entre 448 et 437 m NGF : altimétries de la cote du terrain naturel et correspondant à une estimation du toit des matériaux vasards peu productif dans le secteur et non sollicité dans le cadre du projet. Ces cotes correspondent ainsi aux formations sableuses de la nappe alluviale de la Plaine d'Annecy, classée dans la masse d'eau BD LISA 712HA01 « Alluvions de la cluse d'Annecy » ;
- Un périmètre se limitant aux parcelles de la presqu'île des Jardins de l'Europe : n° 7, n° 19, n° 22, n° 23 et n° 24 section BX d'Annecy.

14.2 Description du projet et des installations

La production de chaleur et de froid est assurée en totalité par une production individuelle à créer. Cette production a pour origine deux à trois puits de captage de géothermie sur eau de nappe. La pompe à chaleur eau/eau, située dans le local technique situé au Nord-Ouest du bâtiment au rez-de-chaussée, permet d'assurer la production de chaud et/ou froid. Le rejet des eaux s'effectue via un ouvrage de rejet au Canal du Thiou.

Les forages de prélèvement sont prévus au droit des Jardins de l'Europe dans des zones enherbées ou en graviers stabilisés, au centre de la parcelle, et l'ouvrage de rejet en rivière au droit du Quai Napoléon du Canal du Thiou, à proximité du Pont des Halles, au Sud-Ouest de la parcelle.

Les résultats des investigations ont permis de définir la nécessité de réaliser deux ou trois puits de captage des eaux souterraines des alluvions de la Plaine d'Annecy dans les Jardins de l'Europe (entre 5 et 10 m de profondeur). Ils permettront de couvrir la totalité des besoins énergétiques du bâtiment, avec un fonctionnement en simultané ou en alternance, chacun permettant de couvrir la totalité du débit de pointe demandé. Le troisième puits sera réalisé dans le cas où la productivité sur les deux premiers serait insuffisante.

Le haut de la conduite de rejet dans le Thiou se situera à au moins 15 cm au-dessous de la cote d'eau minimale retenue pour le projet, correspondant au niveau d'étiage décennale pour l'horizon 2070 (prise en compte des effets du réchauffement climatique).

Les besoins identifiés pour les bâtiments sont de type chauffage en hiver et géocooling en priorité sur la période estivale, avec rafraîchissement (groupe froid) possible en mode canicule prolongée. L'option géocooling permettra de subvenir aux besoins sur les périodes de mi-saison et estivales courantes, tandis que l'option rafraîchissement qui s'avère dimensionnante sera utilisée en cas de canicule persistante ou dégradation du confort dans le bâtiment. Le captage sur nappe sera ainsi minimisé à la mi-saison. En hiver, il est prévu une production de chaleur de secours avec pour origine, la chaufferie existante du bâtiment Groupe Scolaire / Crèche.

La puissance maximale à fournir sera de 372 kW en chaud en période hivernale et de 337 kW en froid en période estivale. Les puissances maximales échangées avec la nappe seront de l'ordre de 300 kW en hiver et de 340 kW en été dans le cas d'un fonctionnement en géocooling (by-pass de la PAC) ou de 440 kW dans le cas d'un fonctionnement en rafraîchissement.

Le débit de pointe de l'installation sera de 54 m³/h en été dans le cas d'un fonctionnement en rafraîchissement. L'écart de température sera de +7°C en été et de -5°C en hiver.

Les volumes d'eaux prélevés sont estimés à 22 000 m³ en hiver et 26 500 m³ en été, soit moins de 50 000 m³ à l'année.

14.3 Etat initial

Le projet est situé en zone urbaine au sein de la ville d'Annecy. Les forages seront situés en dehors de tout périmètre de protection de captage AEP.

Les forages solliciteront les formations de la plaine alluviale d'Annecy, s'étendant entre le lac et la vallée du Fier. Les formations alluvionnaires sont le siège de la nappe de la plaine d'Annecy, productives entre 5 et 10 m de profondeur au droit du site. Le niveau de l'eau moyen suit celui du lac, soit vers 1,25 m de profondeur, donc en charge sous environ 5 m d'argiles. Les eaux présentent un faciès bicarbonaté calcique, de dureté moyenne, et sont compatibles avec un usage géothermique et avec un rejet dans les eaux de surface.

Le site est concerné par le SDAGE Rhône – Méditerranée. Aucune zone Natura 2000, ni ZNIEFF de type I et II n'est concernée par le projet. Aucune source potentielle de pollution avérée n'est identifiée à proximité des ouvrages.

Dans le secteur d'étude, les ouvrages répertoriés sont utilisés principalement pour des besoins géothermiques (nappe ou sondes).

Il n'existe pas de connexion hydraulique avec un autre gîte géothermique.

Le Canal du Thiou voit son débit régulé par une vanne en aval du Pont de la Halle, permettant également de réguler le niveau du lac. Le débit moyen sur la partie amont est de 4,5 m³/s, le débit d'étiage de 0,6 m³/s. Son lit est bétonné depuis le lac d'Annecy sur une distance de l'ordre de 600 m, permettant des opérations de nettoyage quelques fois par an (pour un aspect sanitaire et visuel). Sa température oscille entre environ 5°C en hiver et environ 20°C en été. Les eaux du Thiou sont catégorisées comme salmonicoles.

Les eaux seront pompées en nappe via des forages dans les Jardins de l'Europe, site patrimonial remarquable d'Annecy. Le rejet des eaux est prévu dans le Canal du Thiou. Celui-ci, et notamment le quai aux abords du projet, est un site classé au patrimoine mondial (intérêt pittoresque et artistique), par arrêté du 31/05/1939, qui protège les espaces comprenant le plan d'eau, les berges et le quai.

14.4 Effets du projet

Au vu des impacts réels ou potentiels, l'étude présente l'analyse des effets temporaires causés en phase travaux et des effets permanents causés par la phase exploitation.

14.4.1 Impacts paysagers et urbanisme

Les travaux de forages nécessitent l'utilisation d'une grue et d'une benne preneuse. Ainsi l'impact visuel durant les travaux est proche d'un impact paysager généré par un chantier de construction de bâtiment.

Les équipements thermiques qui seront positionnés dans le local technique ou les forages de prélèvement et de réinjection positionnés sous des capots situés à ras de sol ou sous le niveau d'eau du Thiou, n'auront aucun impact paysager particulier. Aucun élément ne dépassera du sol et ne viendra dénaturer le site patrimonial remarquable, ni le site classé.

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

14.4.2 Impacts sonores

La technique de foration utilise les mêmes engins que ceux habituellement utilisés sur les chantiers de construction de bâtiments (niveau sonore estimé de la machine de forage : 50dB(A) à 10 m). Le chantier n'aura donc pas plus d'impact sonore qu'un chantier habituel de travaux publics.

La technique ne génère pas de vibration.

En phase d'exploitation, les installations thermiques seront installées dans le local technique. Des isolations acoustiques seront mises en place. Les pompes immergées ne font pas de bruit en surface. Le rejet d'eau se fait sous le niveau du Canal du Thiou.

14.4.3 Impacts sur l'air

Les principales sources d'émissions atmosphériques seront liées aux travaux de forage : émissions gazeuses (gaz d'échappements des moteurs diesel) liées au matériel utilisé et à leur approvisionnement.

D'une manière générale, dans le cas de ce type de travaux, ces émissions sont ponctuelles et limitées dans le temps (durée du chantier de l'ordre de quelques semaines pour chacun des forages).

La méthode de foration génèrera très peu de poussières puisque les matériaux seront vite saturés en eau.

En phase exploitation, les mesures de détection de fluide frigorigène ainsi que les contrôles d'étanchéité de l'installation seront conformes aux textes réglementaires (arrêté du 29 février 2016).

La mise en place d'un détecteur de fuite de fluide frigorigène sera prévue suivant les caractéristiques des PAC installées (tonnes équivalent CO₂, volume de fluide frigorigène présent dans la PAC).

14.4.4 Déchets

D'une manière générale, dans le cas de ce type de travaux, les principaux déchets produits par le projet sont les cuttings (terres extraites en foration), les bidons usagés des produits nécessaires au fonctionnement des installations de forage (fuel, graisses, hydrocarbures), et des déchets divers comme : emballages, plastiques, sacs, ferrailles, bois, morceaux de tubes, bidons...

Les déchets seront traités, triés et évacués dans des centres de tri adaptés.

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

14.4.5 Impact sur les eaux souterraines

14.4.5.1 Phase travaux

La méthode de foration choisie ne génèrera aucun impact qualitatif sur la nappe (pas de boue de forage).

Les risques de pollution de la nappe par l'extérieur seront limités. En effet, le chantier sera clôturé et balisé, aucun engin ou personne ne sera présent sur le site sans autorisation. De plus, en fin de journée ou en arrêt de foration, la tête de forage sera protégée afin d'éviter toute intrusion polluante dans la nappe superficielle.

L'incidence quantitative de la phase chantier est très ponctuelle et limitée compte tenu des volumes d'eau utilisés pour les travaux (phase de développement des forages et de pompages d'essais).

14.4.5.2 Phase exploitation

La conception des ouvrages permettra d'éviter toute introduction d'éléments dans les eaux souterraines. En effet, ceux-ci présenteront un regard de tête avec tampon et étanche et verrouillable, une fermeture étanche de la tête des tubages (bride/contre bride), un regard de visite cimenté sur le fond, ainsi qu'une cimentation annulaire sur plusieurs mètres.

Les incidences sur les niveaux seront faibles du fait d'une bonne productivité des formations sollicitées, de la proximité immédiate du lac d'Annecy en relation avec les eaux souterraines, de l'éloignement des installations exploitant les eaux souterraines et du fonctionnement de l'installation à un débit moyen de 10 m³/h (le débit maximum n'étant prévu que pour les pics de besoins).

Le bilan sur la nappe sera déficitaire. Il est estimé à moins de 50 000 m³/an. Toutefois, les eaux prélevées proviennent de la nappe d'accompagnement du Thiou, la plaine alluviale d'Annecy, qui est alimentée par le Lac d'Annecy en amont hydraulique immédiat du projet. La plaine alluviale d'Annecy est drainée plus en aval par le Fier, où le Thiou se jette à 3,5 km en aval du projet, après Cran-Gevrier. 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.

Les incidences thermiques du projet sur les eaux souterraines, ainsi que sur la qualité des eaux, sont nulles dans la mesure où le rejet des eaux pompées s'effectue dans les eaux de surface après échange thermique.

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

14.4.6 Impact sur les eaux superficielles

14.4.6.1 Phase travaux

L'installation du rejet dans le canal du Thiou nécessitera l'intervention d'un foreur côté quai et côté Thiou, avec la réalisation temporaire d'une tranchée dans le premier cas et la mise en place d'un batardeau dans le second. Côté Thiou, un pompage sera maintenu dans le batardeau avec rejet au Thiou pour la phase travaux afin de permettre le travail à sec et le carottage du quai (dans le cas d'un défaut d'étanchéité du batardeau).

Les travaux seront réalisés en période d'étiage afin de limiter la hauteur d'eau coté Thiou. Le batardeau temporaire n'est pas de nature à créer un obstacle à l'écoulement des eaux ou à la continuité écologique en période d'étiage.

Les risques de pollution par l'extérieur seront limités. En effet, le chantier sera clôturé et balisé, aucun engin ou personne ne sera présent sur le site sans autorisation. Les travaux seront exécutés en respectant toutes les mesures de protection pour l'environnement, selon les règles de l'art.

Les eaux éventuellement pompées dans l'enceinte du batardeau provisoire seront rejetées après décantation dans le réseau d'assainissement.

Les travaux de réalisation de l'ouvrage de rejet au Thiou ne généreront aucun impact qualitatif ou quantitatif sur les eaux.

14.4.6.2 Phase exploitation

L'emprise de l'ouvrage de rejet dans le cours d'eau du Canal du Thiou (perçement du quai) sera limitée. Il n'est pas de nature à modifier les écoulements d'eau, ni le profil en long ou en travers du Canal du Thiou, ou à créer un obstacle à l'écoulement des eaux. Le rejet au Canal aura un débit maximum de 54 m³/h, soit moins de 1% du débit moyen du cours d'eau et moins de 3% du débit d'étiage.

Aucune zone de pollution ou site pollué ou potentiellement pollué n'est identifié à proximité de la zone de captage des eaux souterraines. La qualité des eaux pompées en nappe, en lien direct avec le Lac, est proche de celle des eaux du Lac.

Les paramètres analysés sur les eaux souterraines montrent une compatibilité de eaux avec un rejet dans les eaux de surface au titre de la rubrique 2.2.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement, et une très faible toxicité des eaux. L'incidence du rejet des eaux dans les eaux de surfaces sera donc négligeable.

L'incidence du rejet thermique en rivière a été modélisée. Les résultats montre que, même avec des paramètres extrêmes, l'impact sur la température du Thiou est de maximum 0,01°C, ce qui est négligeable et insuffisant pour affecter les espèces piscicoles. Le rejet étudié n'impacte pas la température du canal du Thiou.

14.4.7 Impact de la pollution du sol

En phase travaux, toutes les mesures seront prises pour éviter la pollution des sols par les engins de chantier et les déchets liés aux travaux. Les déblais produits par les travaux seront envoyés dans un centre adapté.

En phase exploitation, les sols ne seront pas remaniés.

14.4.8 Evaluation des incidences sur les milieux naturels

Aucune zone Natura 2000, ni ZNIEFF de type I et II n'est concernée par le projet.

Le projet n'aura donc pas d'impact sur la faune et la flore piscicole, l'impact thermique étant jugé négligeable. En particulier, les gammes de températures optimales et de résistance à la température pour les populations juvéniles et adultes ne seront pas modifiées. Les hausses de températures élevées seront très localisées.

Le rejet au Thiou s'effectuera dans le Canal du Thiou, au niveau du quai Napoléon III avant le Pont des Halles, ouvrage bétonné et maçonné sur une longueur d'environ 600 à 700 m depuis le Lac d'Annecy. Il fait l'objet de nettoyage mécanique (lance incendie et ramassage dans le lit) en fonction de son état, de 1 à 5 fois par an, afin de garantir un bon état visuel et sanitaire.

14.5 Conclusion sur les effets du projet

L'étude d'incidence est conforme et répond à toutes les incidences possibles du projet en phase travaux et exploitation. D'un point de vue paysager et urbanistique, et de même que pour l'impact sonore, les travaux seront temporaires et les impacts en phase exploitation sont minimes. Pour ce qui est de la pollution de l'air, la phase travaux sera ponctuelle et en phase d'exploitation, l'installation thermique sera contrôlée. En phase d'exploitation, aucun déchet ne sera produit.

Pour ce qui est de l'impact sur les eaux souterraines et les eaux de surface, en phase travaux, les mesures nécessaires seront prises pour éviter toute pollution de la nappe ou de la rivière. Le développement des forages ainsi que les pompes d'essais auront un impact quantitatif très ponctuel.

En phase exploitation, l'eau prélevée par les forages de prélèvement sera intégralement rejetée dans le Thiou, exutoire naturel du lac d'Annecy, en lien avec la nappe de la plaine alluviale drainée plus en aval par le Fier où se jette le Thiou.

Les incidences hydrauliques seront négligeables compte tenu de la proximité du lac en connexion hydraulique avec la nappe. D'après la modélisation hydraulique, l'impact thermique en rivière sera négligeable et ne nuira pas à la faune et flore piscicole.

Concernant la qualité des sols, les mesures nécessaires seront prises en phase travaux pour éviter toute pollution de la nappe.

Les structures et ouvrages voisins n'ont pas lieu d'être impactés par les travaux de forages et l'exploitation de l'installation géothermique.

Les équipements de l'installation géothermique qui seront positionnés dans le local technique ou les forages de prélèvement et de réinjection positionnés sous des capots situés à ras de sol ou sous le niveau d'eau du Thiou, n'auront aucun impact paysager particulier. Aucun élément ne dépassera du sol et ne viendra dénaturer le site patrimonial remarquable des Jardins de l'Europe, ni le site classé du Canal du Thiou.

Enfin, aucune zone naturelle Natura 2000 ou ZNIEFF de type I ou II n'est concernée par le projet.

Direction de la communication et des affaires publiques

communication.egis@egis.fr

www.egis-group.com

